

MODUL
BAHAN AJAR CETAK
KEPERAWATAN

BIOMEDIK DASAR

(ANATOMI, FISILOGI, BOKIMIA, FISIKA, BIOLOGI)



» Washudi
Tanto Hariyanto

BIOMEDIK DASAR
(ANATOMI, FISILOGI, BOKIMIA, FISIKA, BIOLOGI)



Pusdik SDM Kesehatan

Badan Pengembangan dan Pemberdayaan
Sumber Daya Manusia Kesehatan

Jl. Hang Jebat III Blok F3, Kebayoran Baru Jakarta Selatan - 12120
Telp. 021 726 0401, Fax. 021 726 0485, Email. pusdiknakes@yahoo.com



KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA

PUSAT PENDIDIKAN SUMBER DAYA MANUSIA KESEHATAN
BADAN PENGEMBANGAN DAN PEMBERDAYAAN SUMBER DAYA MANUSIA KESEHATAN

MODUL
BAHAN AJAR CETAK
KEPERAWATAN

BIOMEDIK DASAR

(ANATOMI, FISILOGI, BOKIMIA, FISIKA, BIOLOGI)

» Washudi
Tanto Hariyanto



KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA

PUSAT PENDIDIKAN SUMBER DAYA MANUSIA KESEHATAN
BADAN PENGEMBANGAN DAN PEMBERDAYAAN SUMBER DAYA MANUSIA KESEHATAN

Hak Cipta © dan Hak Penerbitan dilindungi Undang-undang

Cetakan pertama, Desember 2016

Penulis : *Washudi*

Pengembang Desain Instruksional: Ir. Mohmad Toha, M.Ed., Ph.D.

Desain oleh Tim P2M2 :

Kover & Ilustrasi : *Faisal Zamil*

Tata Letak : *Sapriyadi*

DAFTAR ISI

PENGANTAR MATA KULIAH	vii
BAB I: KONSEP DASAR SEL DALAM KEPERAWATAN	1
Topik 1.	
Pengertian, Struktur dan Fungsi Komponen Sel dan Jaringan	3
Latihan	22
Ringkasan	23
Tes 1	24
Topik 2.	
Pembelahan Sel	26
Latihan	30
Ringkasan	31
Tes 2	31
Topik 3.	
Genetika	34
Latihan	45
Ringkasan	46
Tes 3	46
KUNCI JAWABAN TES	51
DAFTAR PUSTAKA	56
BAB II: BIOMEKANIK BIOLISTRIK DAN FLUIDA	58
Topik 1.	
Biomekanika	60
Latihan	66
Ringkasan	67
Tes 1	67
Topik 2.	
Bioelektrik	68
Latihan	73
Tes 2	73

Topik 3.	
Fluida dan Cairan Tubuh	75
Latihan	81
Ringkasan	81
Tes 3	81
GLOSARIUM	83
BAB III: BIOOPTIK, BIOAKUSTIK, DAN BIOTHERMIK	85
Topik 1.	
Biooptik	87
Latihan	94
Tes 1	95
Topik 2.	
Bioakustik	96
Latihan	100
Ringkasan	100
Tes 2	100
Topik 3.	
Biothermik	101
Latihan	107
Tes 3	107
GLOSARIUM	108
BAB IV: KARBOHIDRAT PROTEIN LIPID	109
Topik 1.	
Proses Pencernaan dan Metabolisme Karbohidrat.....	111
Latihan	120
Ringkasan	122
Tes 1	123
Topik 2.	
Proses Pencernaan dan Metabolisme Protein	125
Latihan	133

Ringkasan	135
Tes 2	136
Topik 3.	
Proses Pencernaan dan Metabolisme Lipid	138
Latihan	147
Ringkasan	149
Tes 2	150
KUNCI JAWABAN TES	153
DAFTAR PUSTAKA	154
BAB V: ENZIM MINERAL VITAMIN	155
Topik 1.	
Enzim	156
Latihan	161
Ringkasan	161
Tes 1	162
Topik 2.	
Enzim Mineral Vitamin	165
Latihan	171
Ringkasan	172
Tes 2	172
Topik 3.	
Vitamin	175
Latihan	184
Ringkasan	184
Tes 3	184
KUNCI JAWABAN TES	187
DAFTAR PUSTAKA	188

BAB VI: ANATOMI FISILOGI SISTEM KARDIOVASKULER DAN SISTEM PERNAFASAN	189
Topik 1.	
Struktur dan Fungsi Sistem Kardiovaskuler	191
Latihan	197
Ringkasan	198
Tes 1	199
Topik 2.	
Anatomi Fisiologi Sistem Pernafasan (Respirasi)	201
Latihan	211
Ringkasan	212
Tes 2	213
BAB VII: ANATOMI FISILOGI SISTEM PENCERNAAN DAN SISTEM PERKEMIHAN	215
Topik 1.	
Anatomi dan Fisiologi Sistem Pencernaan	216
Latihan	228
Ringkasan	229
Tes 1	229
Topik 2.	
Anatomi dan Fisiologi Ginjal dan Saluran Perkemihan	231
Latihan	241
Ringkasan	242
Tes 2	243
BAB VIII: ANATOMI FISILOGI SISTEM SARAF DAN ENDOKRIN	245
Topik 1.	
Anatomi Sistem Persyarafan	246
Latihan	255
Ringkasan	256
Tes 1	257

Topik 2.	
Anatomi Fisiologi Sistem Endokrin	259
Latihan	274
Ringkasan	276
Tes 2	276
BAB IX: ANATOMI FISILOGI STRUKTUR FUNGSI DARAH DAN STRUKTUR FUNGSI KELENJAR GETAH BENING	278
Topik 1.	
Anatomi Fisiologi Darah dan Fungsinya	279
Latihan	286
Ringkasan	287
Tes 1	287
Topik 2.	
Struktur dan Fungsi Kelenjar Getah Bening	290
Latihan	296
Ringkasan	297
Tes 2	297
BAB X: STRUKTUR DAN FUNGSI REPRODUKSI SERTA TUMBUH KEMBANG JANIN	299
Topik 1.	
Struktur dan Fungsi Organ Reproduksi Wanita	301
Latihan	308
Ringkasan	309
Tes 1	309
Topik 2.	
Struktur dan Fungsi Organ Reproduksi Pria	311
Latihan	316
Ringkasan	317
Tes 2	317
Topik 3.	
Konsepsi dan Embriologi Dasar	320
Latihan	328
Ringkasan	329

Tes 3	329
KUNCI JAWABAN TES	331
DAFTAR PUSTAKA	334
BAB XI: STRUKTUR & FUNGSI RANGKA, OTOT DAN SENDI	335
Topik 1.	
Struktur & Fungsi Rangka (Skeletal)	336
Latihan	343
Ringkasan	344
Tes 1	344
Topik 2.	
Struktur dan Fungsi Sendi	347
Latihan	349
Ringkasan	350
Tes 2	351
Topik 3.	
Struktur dan Fungsi Otot	353
Latihan	358
Ringkasan	359
Tes 3	360
KUNCI JAWABAN TES	362
DAFTAR PUSTAKA	365
BAB XII: STRUKTUR DAN FUNGSI SENSORIK	335
Topik 1.	
Struktur dan Fungsi Penglihatan	368
Latihan	372
Ringkasan	373
Tes 1	373
Topik 2.	
Struktur dan Fungsi Pendengaran dan Penciuman	375
Latihan	383

Ringkasan	383
Tes 2	383
Topik 3.	
Struktur dan Fungsi Pengecapan dan Peraba (Kulit)	385
Latihan	392
Ringkasan	392
Tes 3	393
KUNCI JAWABAN TES	394
DAFTAR PUSTAKA	396

Pengantar Mata Kuliah

Mata kuliah Mutu Pelayanan Kebidanan dan Kebijakan Kesehatan (BIDN3301) yang memiliki bobot 2 SKS membahas tentang konsep dasar mutu pelayanan kesehatan dan kebidanan, standar mutu pelayanan kebidanan, indikator mutu pelayanan kebidanan, metode peningkatan mutu pelayanan kebidanan, masalah pelayanan kebidanan di tingkat pelayanan primer, dan kebijakan pemerintah dalam pelayanan kebidanan.

Mata kuliah bertujuan untuk memberikan pengetahuan kepada Anda agar dapat memahami konsep mutu pelayanan kesehatan umumnya dan mutu pelayanan kebidanan

khususnya dan dapat menerapkannya kepada masyarakat secara umum dan khususnya kepada pasien kebidanan dan keluarganya.

Materi mata kuliah ini diuraikan dalam enam Bab dan masing-masing Bab terdiri dari dua sampai tiga kegiatan belajar (TOPIK) dengan sistematika penyajian sebagai berikut.

Bab 1: Konsep Dasar Mutu Pelayanan Kesehatan Dan Kebidanan

Topik 1: Konsep dasar mutu pelayanan kesehatan

Topik 2: Program Menjaga Mutu

Topik 3: Bentuk Program Menjaga Mutu (*Quality Assurance*)

Bab 2: Standar Mutu Pelayanan Kebidanan

Topik 1: Konsep dasar standar dan *Standard Operating Prosedur* (SOP)

Topik 2: Standar mutu pelayanan kebidanan dari standar 1 s.d 24

Bab 3: Indikator Mutu Pelayanan Kebidanan

Topik 1: Disiplin dalam standar pelayanan kebidanan (SPK)

Topik 2: Standar *Outcome*

Topik 3: Indikator kinerja

Bab 4: Metode Peningkatan Mutu Pelayanan Kebidanan

Topik 1: Penilaian mutu pelayanan kebidanan

Topik 2: Penilaian mutu pelayanan kebidanan berdasarkan konsep PDCA

Topik 3: Pendekatan *Quality Assurance*

Bab 5: Masalah Pelayanan Kebidanan Di Tingkat Pelayanan Primer

Topik 1: Proses pemecahan masalah

Topik 2: Analisis situasi dan pengambilan keputusan

Bab 6: Kebijakan Pemerintah Dalam Pelayanan Kebidanan

Topik 1: Upaya kesehatan

Topik 2: Pembiayaan kesehatan

Topik 3: Sumber daya masyarakat kesehatan

Setelah mempelajari materi mata kuliah ini Anda diharapkan mampu menjelaskan dan menerapkan konsep dasar mutu pelayanan kesehatan dan kebidanan, standar mutu pelayanan kebidanan, indikator mutu pelayanan kebidanan, pelayanan kebidanan, metode peningkatan mutu pelayanan kebidanan, masalah pelayanan kebidanan di tingkat pelayanan primer, dan kebijakan pemerintah dalam pelayanan kebidanan.

BAB I

KONSEP DASAR SEL DALAM KEPERAWATAN

Washudi

PENDAHULUAN

Biologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang makhluk hidup. Dengan mempelajari biologi kita dapat mengetahui tentang lingkungan, tumbuhan, hewan, tubuh manusia dan masih banyak yang lainnya. Sesuai dengan profesi yang akan dijalani, seorang perawat haruslah mempunyai kemampuan juga pengetahuan biologi yang baik dan memadai sebagai penunjang profesi mereka di dalam melaksanakan tugas. Saat ini, Biologi mengalami perkembangan pesat sehingga banyak cabang ilmu baru yang sangat bermanfaat terutama biologi sel, biologi molekuler dan genetika. Dengan kemajuan di bidang ini besar sumbarnya penemuan bibit unggul, kultur jaringan dan perbaikan keturunan.

Bab 1 berjudul Konsep Dasar Sel dalam Biomedik ini membahas tentang pengantar biologi sel meliputi, pemahaman tentang pengertian sel; sejarah perkembangan teori-teori sel, bagian-bagian sel, struktur dan fungsinya, jaringan dan jenis jaringan. Selanjutnya, akan membahas pembelahan sel amitosis, mitosis dan meiosis, siklus sel dan deferensial sel. Pada bagian akhir akan membahas tentang. Genetika Dasar yang akan memberikan pengetahuan dan pemahaman tentang pengertian gen, keturunan.

Bab ini dikemas dalam tiga topik yang disusun dengan urutan sebagai berikut:

Topik 1: Pengertian, Struktur dan Fungsi Komponen Sel dan Jaringan

Topik 2: Pembelahan Sel

Topik 3: Genetika Dasar

Setelah mempelajari Bab 1 ini, peserta didik diharapkan mampu menjelaskan teori dasar sel dan jaringan, pembelahan mitosis, miosis, serta genetika dasar. Sebagai landasan dalam melaksanakan asuhan keperawatan.

Untuk memudahkan Anda mengikuti proses pembelajaran dalam Bab ini, agar dapat berjalan dengan baik maka Anda hendaknya mengikuti langkah-langkah belajar sebagai berikut:

1. Pahami dahulu pengetahuan dasar dan kepentingan biologi dalam aktivitas, sehari-hari Anda sebagai manusia dan calon perawat ahli madya.
2. Pelajari dahulu Topik 1, 2, dan 3 secara berurutan.
3. Baca dengan seksama materi yang disampaikan dan buatlah ringkasan materi yang dibahas.
4. Keberhasilan proses pembelajaran jarak jauh yang Anda jalani saat ini sangat tergantung pada kesungguhan Saudara dalam belajar dan mengerjakan latihan/tugas terkait materi yang dibahas, guna mempertahankan motivasi Saudara silakan belajar berkelompok dengan teman sejawat.

✂ ■ Biomedik Dasar ✂ ■

Baiklah Saudara peserta didik pembelajaran jarak jauh, selamat belajar semoga Anda sukses memahami pengetahuan yang diuraikan dalam mata kuliah ini untuk meningkatkan kemampuan Saudara dalam melayani masyarakat di tempat Saudara bekerja dengan baik.

Topik 1

Pengertian, Struktur dan Fungsi Komponen Sel dan Jaringan

Setelah menyelesaikan Unit Topik 1 diharapkan mampu menjelaskan teori dasar sel sebagai landasan dalam melaksanakan asuhan keperawatan.

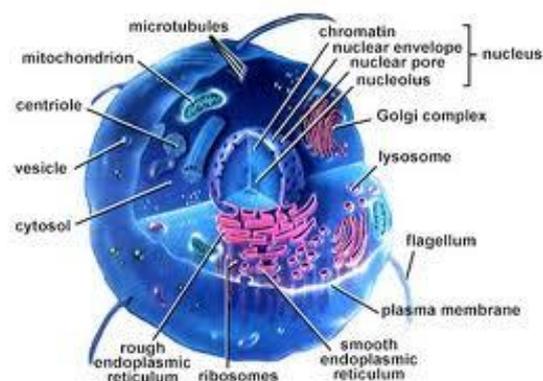
Setelah menyelesaikan Topik 1, diharapkan Anda dapat:

1. Menjelaskan pengertian sel.
2. Menjelaskan struktur dan fungsi organel sel.
3. Menjelaskan teori tentang sel.
4. Menjelaskan pengertian jaringan.
5. Menjelaskan struktur – fungsi jaringan.

1. PENGERTIAN SEL

Sel berasal dari kata latin *cella* yang berarti ruangan kecil. Ukuran sel bermacam-macam dan bentuk sel juga bermacam-macam. Meskipun ukuran sel sangat kecil, strukturnya sangat rumit dan masing-masing bagian sel memiliki fungsi khusus. Misalnya, mitokondria yang terdapat di dalam sel berfungsi sebagai penghasil energi, sedangkan lisosom berfungsi sebagai pencerna.

Sel merupakan unit terkecil dari makhluk hidup, yang dapat melaksanakan kehidupan. Sel disebut sebagai unit terkecil karena sudah tidak bisa dibagi-bagi lagi menjadi bagian yang lebih kecil yang berdiri sendiri. Sel dapat melakukan proses kehidupan seperti melakukan respirasi, perombakan, penyusunan, reproduksi melalui pembelahan sel, dan terhadap rangsangan. Sel disebut satuan struktural makhluk hidup. Sel juga disebut sebagai satuan fungsional makhluk hidup. Perkembangbiakan dilakukan melalui pembelahan sel dan pembelahan sel dilakukan baik oleh organisme bersel satu mengadakan pembelahan secara langsung sedangkan sel-sel pada organisme bersel banyak mengalami pembelahan secara mitosis. Sel mengandung materi *genetik*, yaitu materi penentu sifat-sifat makhluk hidup. Dengan adanya materi genetik, sifat makhluk hidup dapat diwariskan kepada keturunannya.



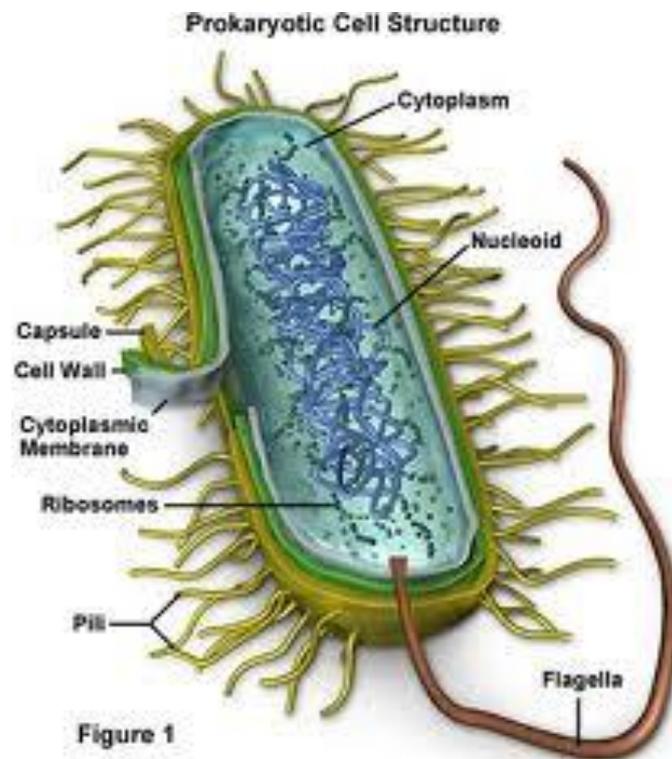
Gambar 1.1. Sel

1.1 Struktur Sel

Struktur sel dibagi menjadi struktur sel prokariotik dan eukariotik.

1.1.1 Struktur sel prokariotik

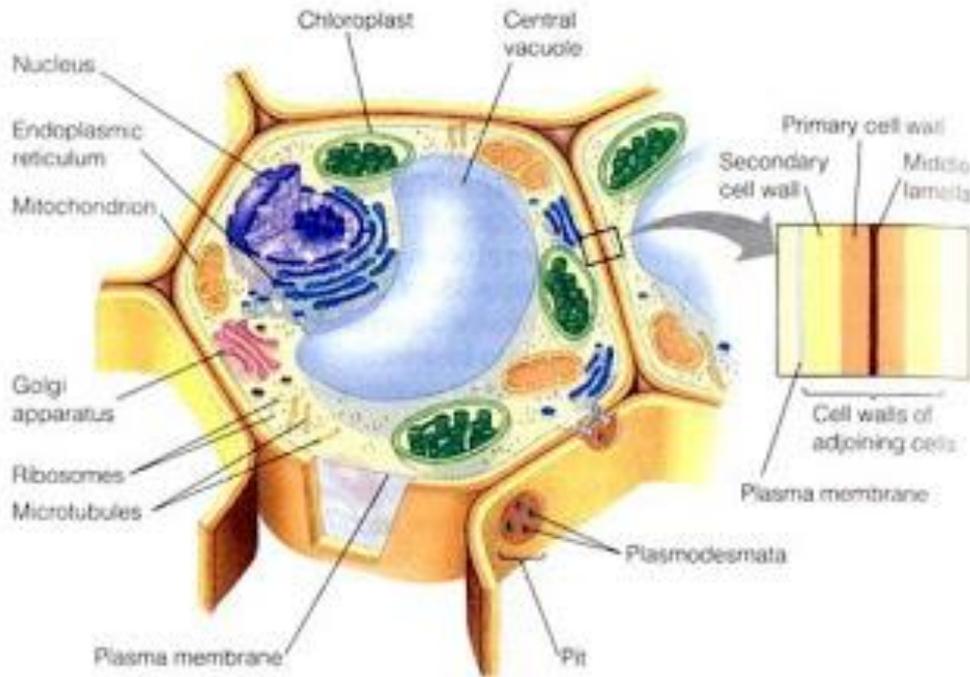
Semua sel prokariotik mempunyai membran plasma, nukleoid (berupa DNA dan RNA), dan sitoplasma yang mengandung ribosom. Sel prokariotik tidak memiliki membran inti karena tidak mempunyai membran inti maka bahan inti yang berada di dalam sel mengadakan kontak langsung dengan protoplasma. Ciri lain dari sel prokariotik adalah tidak memiliki sistem endomembran (embran dalam), seperti retikulum endoplasma dan kompleks golgi. Selain itu, sel prokariotik juga tidak memiliki mitokondria dan kloroplas, namun mempunyai struktur yang berfungsi sama, yaitu mesosom dan kromatofor. Adapun sel prokariotik meliputi sebagai berikut.



Gambar 1.2. Sel prokariotik

1.1.1.1 Dinding sel

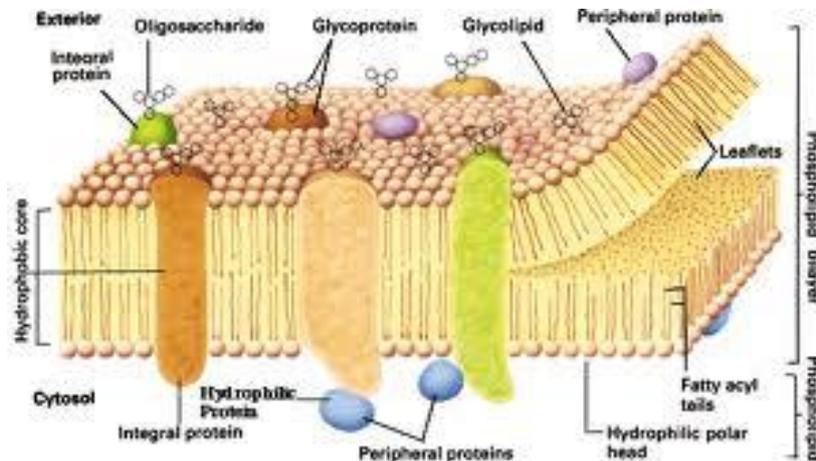
Dinding sel berfungsi sebagai pelindung dan pemberi bentuk yang tetap. Pada dinding sel terdapat pori-pori sebagai jalan keluar masuknya molekul-molekul.



Gambar 1.3. Dinding Sel

1.1.1.2 Membran plasma

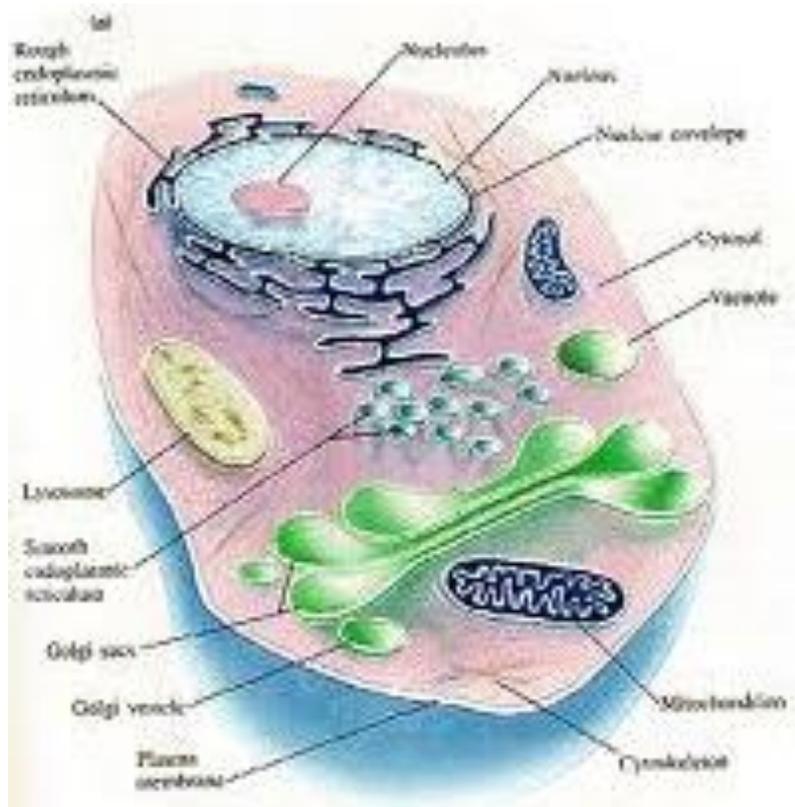
Membran sel atau membran plasma tersusun atas molekul lemak dan protein. Fungsinya sebagai pelindung molekuler sel terhadap lingkungan di sekitarnya, dengan jalan mengatur lalu lintas molekul dan ion-ion dari dan ke dalam sel.



Gambar 1.4. Membran Plasma

1.1.1.3 Sitoplasma

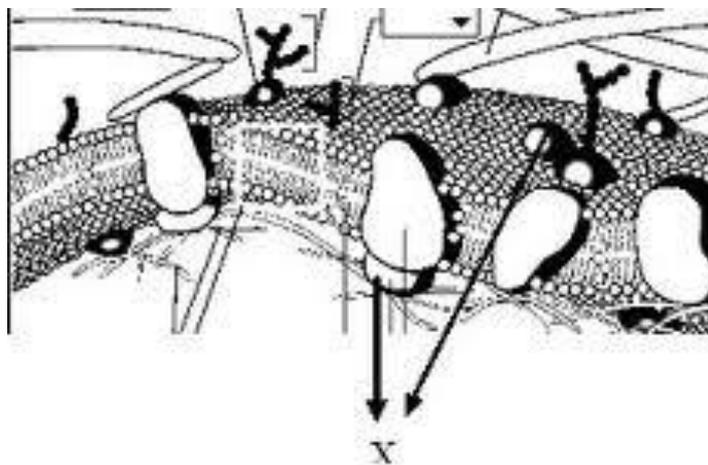
Sitoplasma tersusun atas air, protein, lemak, mineral, dan enzim-enzim di digunakan untuk mencerna makanan secara ekstraseluler dan untuk melakukan proses metabolisme sel. Metabolisme terdiri dari proses penyusunan (anabolisme) dan penguraian (katabolisme) zat-zat.



Gambar 1.5. Sitoplasma

1.1.1.4 Mesosom

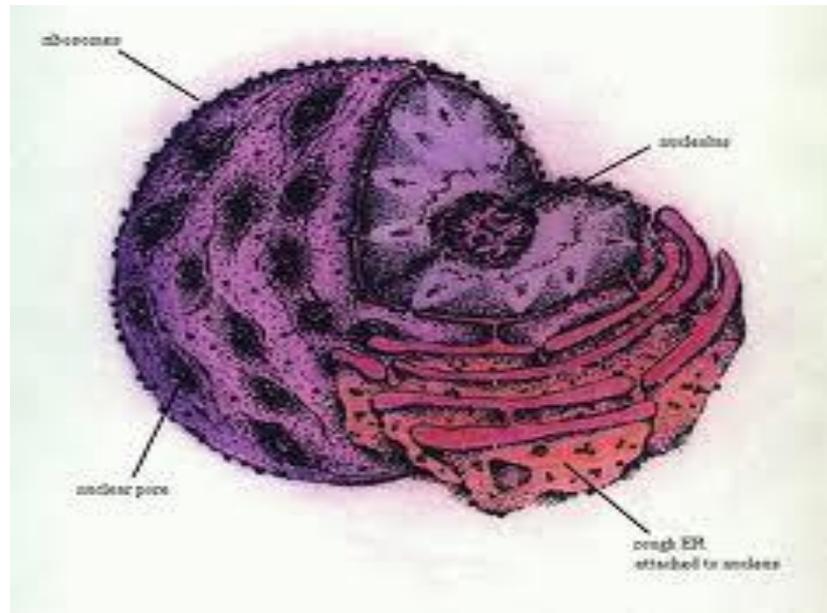
Pada tempat tertentu, membran plasma melekok ke dalam membentuk organel yang disebut mesosom. Mesosom berfungsi sebagai penghasil energi. Biasanya mesosom terletak di dekat dinding sel yang baru terbentuk pada saat pembelahan biner sel bakteri. Pada membran mesosom terdapat enzim-enzim pernapasan yang berperan dalam reaksi-reaksi oksidasi untuk menghasilkan energi.



Gambar 1.6. Mesosom

1.1.1.5 Ribosom

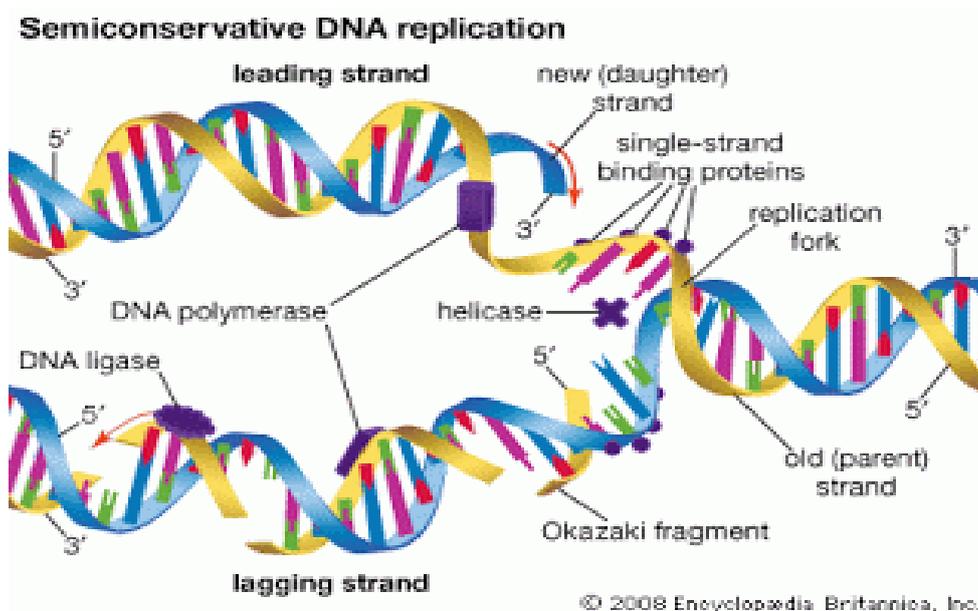
Ribosom merupakan organel tempat berlangsungnya sintesis protein.



Gambar 1.7 Ribosom

1.1.1.6 DNA

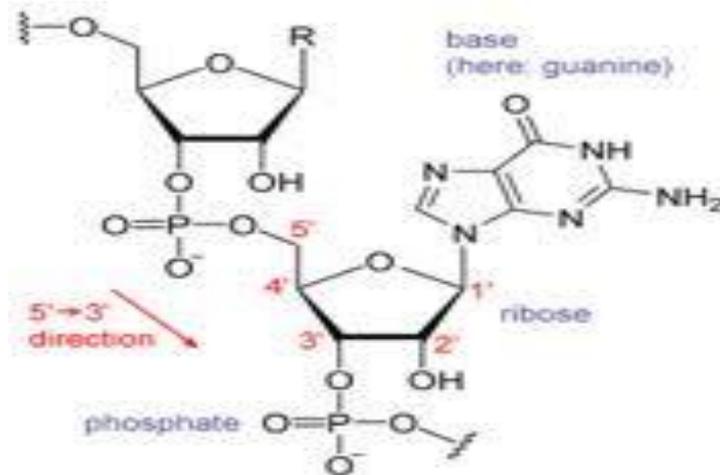
Asam deoksiribonukleat (deoxyribonucleic acid, disingkat DNA) merupakan persenyawaan yang tersusun atas gula deoksiribosa, fosfat, dan basa-basa nitrogen. DNA berfungsi sebagai pembawa informasi genetik, yakni sifat-sifat yang harus di wariskan kepada keturunannya.



Gambar 1.8. DNA

1.1.1.7 RNA

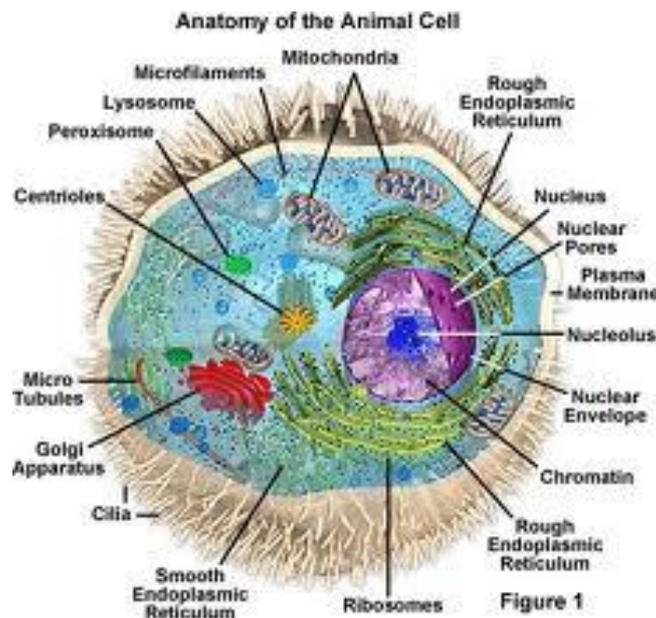
Asam ribonukleat (ribonucleic acid, disingkat RNA) merupakan persenyawaan hasil transkripsi DNA. Jadi bagian tertentu, DNA melakukan transkripsi (mengkopi diri) membentuk RNA. RNA membawa kode-kode genetik sesuai dengan pesanan DNA. Selanjutnya, kode-kode genetik itu akan diterjemahkan dalam bentuk urutan asam amino dalam proses sintesis protein.



Gambar 1.9. RNA

1.2 Struktur sel eukariotik

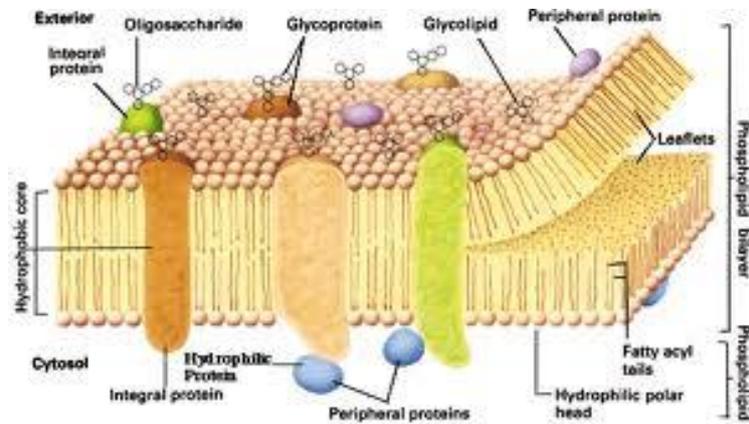
Perbedaan pokok antara sel prokariotik dan eukariotik adalah sel eukariotik memiliki membran inti, sedangkan sel prokariotik tidak. Selain itu sel, eukariotik memiliki sistem endomembran, yakni memiliki organel-organel bermembran seperti retikulum endoplasma, kompleks golgi, mitokondria, dan lisosom. Sel eukariotik juga memiliki sentriol, sedangkan sel prokariotik tidak. adapun sel eukariotik meliputi sebagai berikut:



Gambar 1.10. Sel Eukariotik

1.2.1 Membran plasma

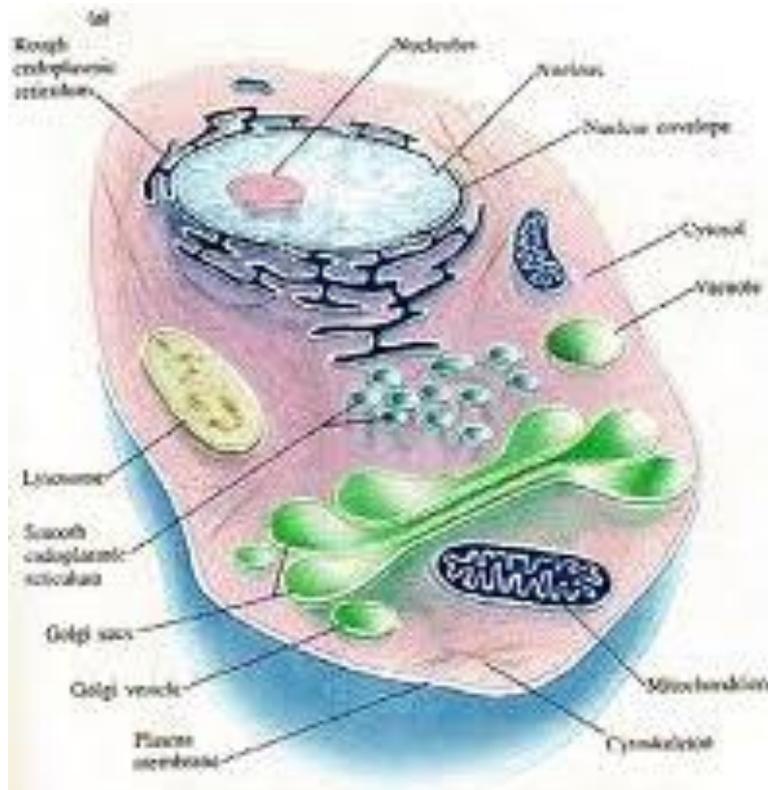
Membran plasma membatasi sel dengan lingkungan luar, bersifat semi/selektif permeabel, berfungsi mengatur pemasukan dan pengeluaran zat ke dalam dan ke luar sel dengan cara difusi, osmosis, dan transport aktif. Membran plasma disusun oleh fosfolipid, protein dan kolesterol.



Gambar 1.11. Membran plasma

1.2.2 Sitoplasma

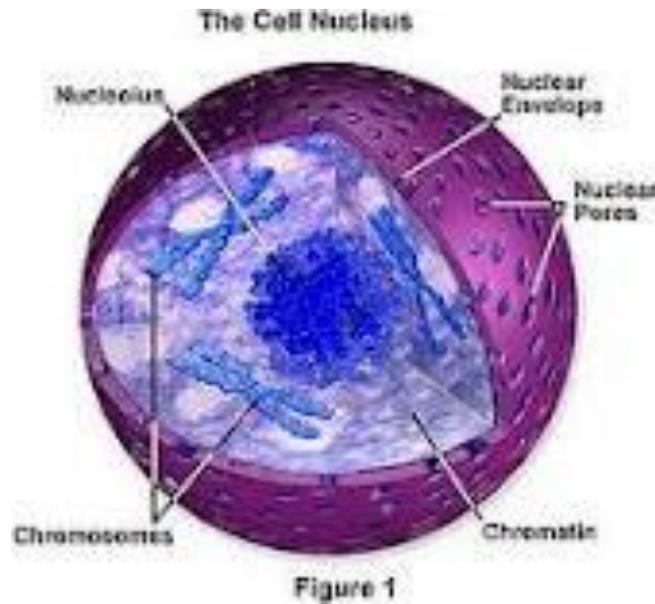
Sitoplasma merupakan cairan sel yang berada di luar inti, terdiri atas air dan zat-zat yang terlarut serta berbagai macam organel sel hidup.



Gambar 1.12. Sitoplasma

1.2.3 Nukleus

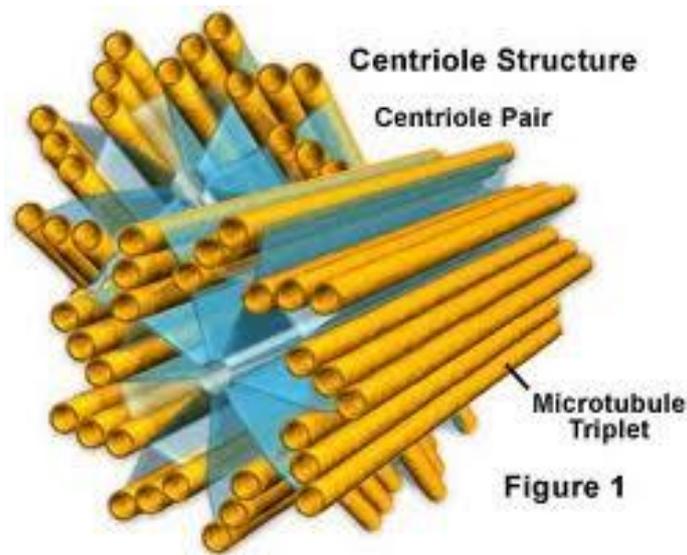
Inti sel atau nukleus merupakan organel terbesar yang berada di dalam sel nukleus berdiameter 10 mikrometer. Nukleus biasanya terletak di tengah sel dan berbentuk bulat dan oval.



Gambar 1.13. Nukleus

1.2.4 Sentriol

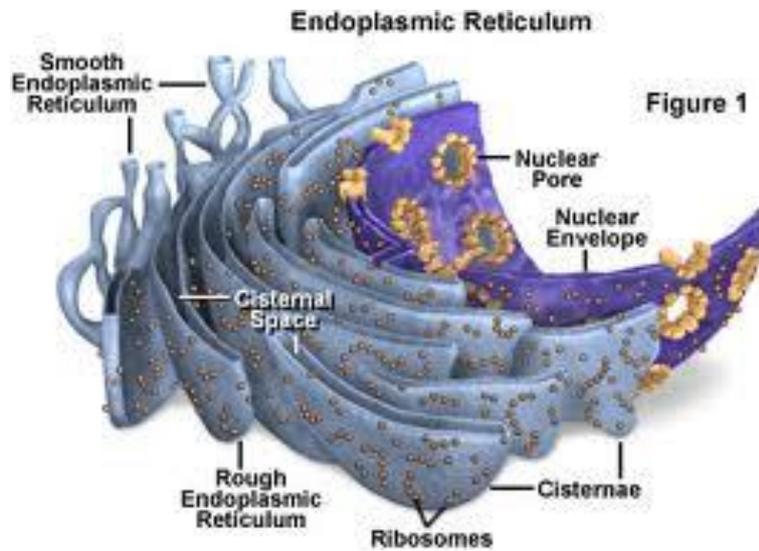
Sentriol merupakan organel yang dapat dilihat ketika sel mengadakan pembelahan. Pada fase tertentu dalam daur hidupnya sentriol memiliki silia atau flagela. Sentriol hanya dijumpai pada sel hewan, sedangkan pada sel tumbuhan tidak.



Gambar 1.14. Sentriol

1.2.5 Retikulum Endoplasma

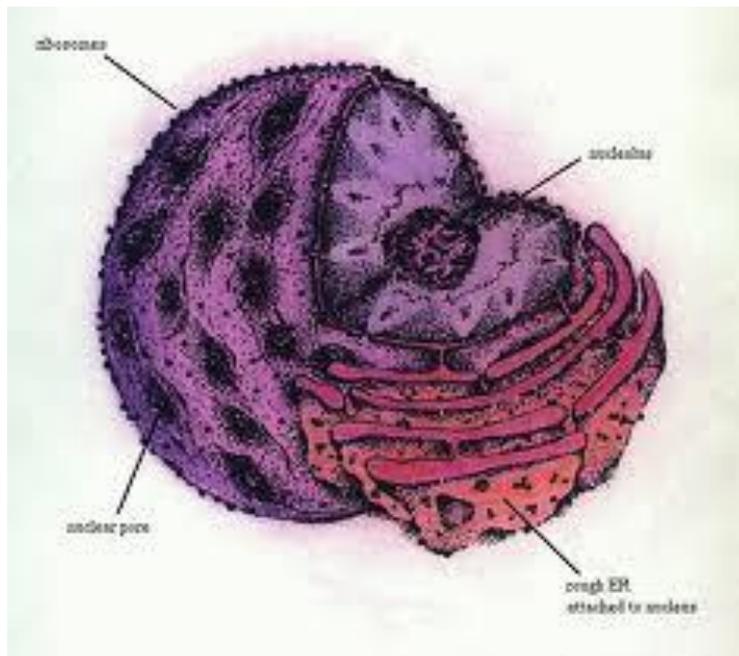
Retikulum berasal dari kata reticular yang berarti anyaman benang atau jalakarena letaknya memusat pada bagian dalam sitoplasma (endoplasma), maka disebut sebagai retikulum endoplasma (disingkat RE). RE hanya dijumpai di dalam sel eukariotik, baik sel hewan maupun sel tumbuhan.



Gambar 1.15. Retikulum Endoplasma

1.2.6 Ribosom

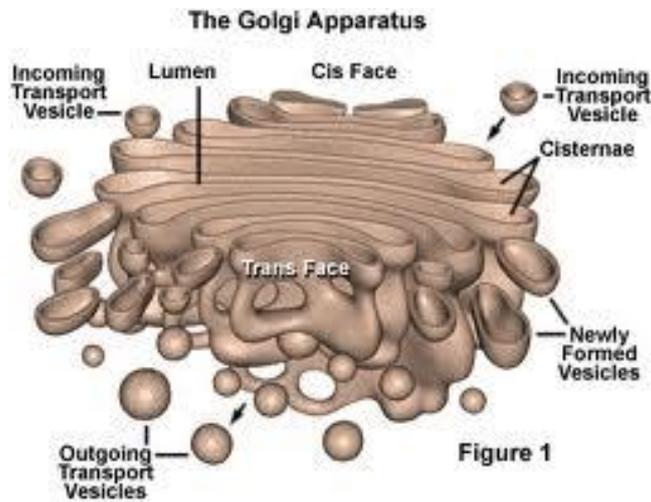
Ribosom tersusun atas RNA-ribosom (RNA-r) dan protein. Ribosom tidak memiliki membran.



Gambar 1.16. Ribosom

1.2.7 Kompleks golgi

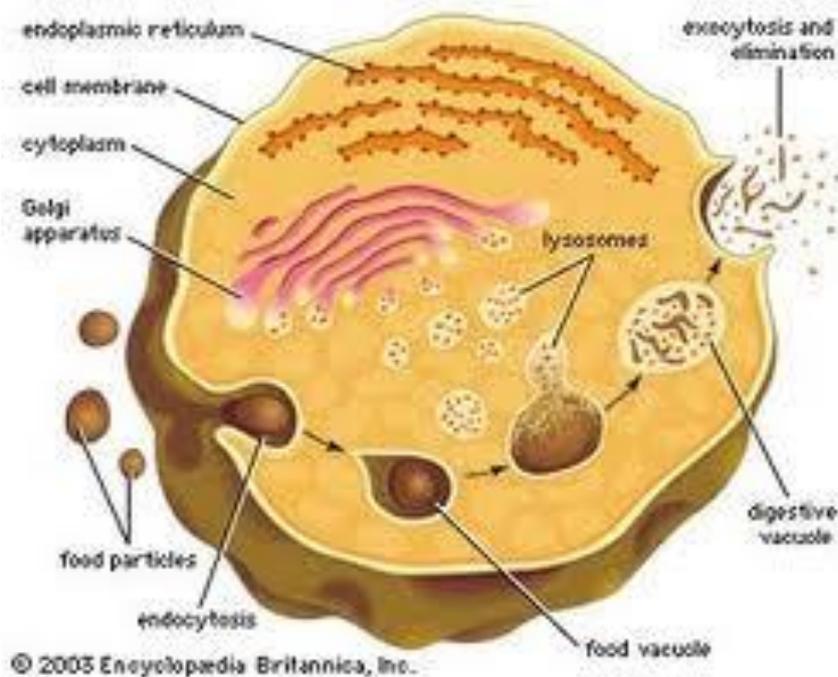
Kompleks golgi sering disebut golgi saja. Pada sel tumbuhan, kompleks golgi disebut diktiosom. Organel ini terletak di antara RE dan membran plasma.



Gambar 1.17. Kompleks Golgi

1.2.8 Lisosom

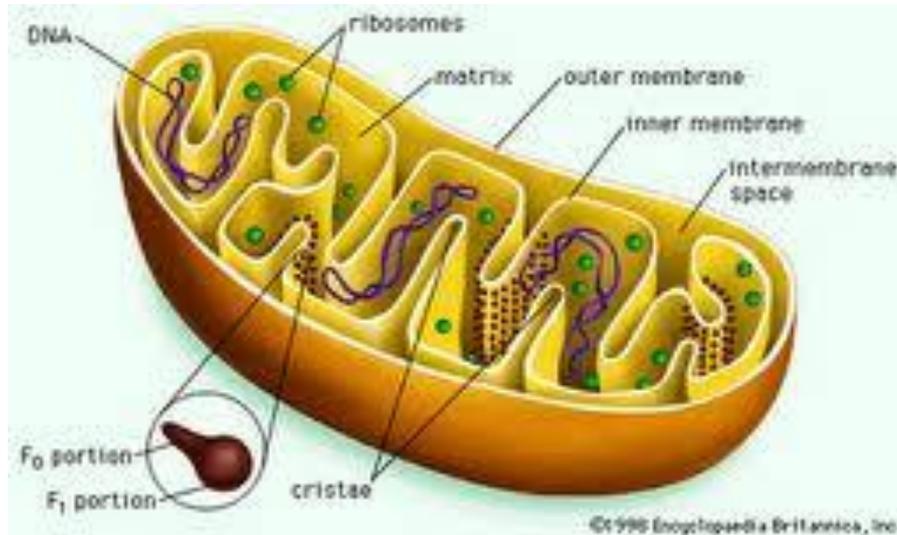
Lisosom (lyso = pencernaan, soma = tubuh) merupakan membran berbentuk kantong kecil yang berisi enzim hidrolitik yang disebut lisozim. Enzim ini berfungsi dalam pencernaan intrasel, yaitu mencerna zat-zat yang masuk dalam sel.



Gambar 1.18. Lisosom

1.2.9 Badan Mikro

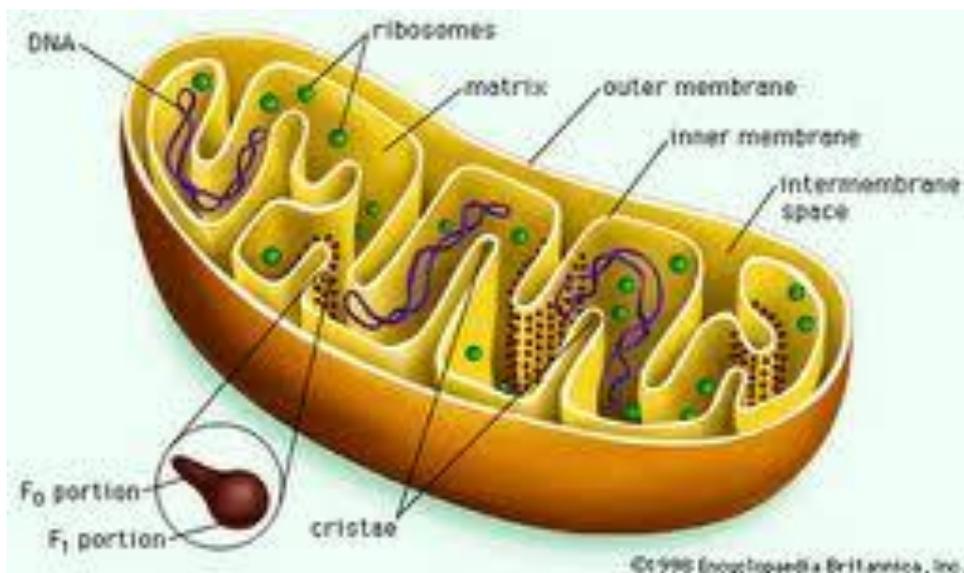
Badan mikro disebut karena ukurannya yang kecil, hanya bergaris tengah 0,3-1,5 mikro meter. Badan mikro terdiri atas peroksisom dan glioksisom.



Gambar 1.18. Badan mikro

1.2.10 Mitokondria

Mitokondria merupakan penghasil energi (ATP) karena berfungsi untuk respirasi. Secara umum dapat dikatakan bahwa mitokondria berbentuk butiran atau benang. Mitokondria mempunyai sifat plastis, artinya bentuknya mudah berubah. Ukurannya seperti bakteri dengan diameter 0,5-1 mikrometer dan panjang 3-10 mikrometer.

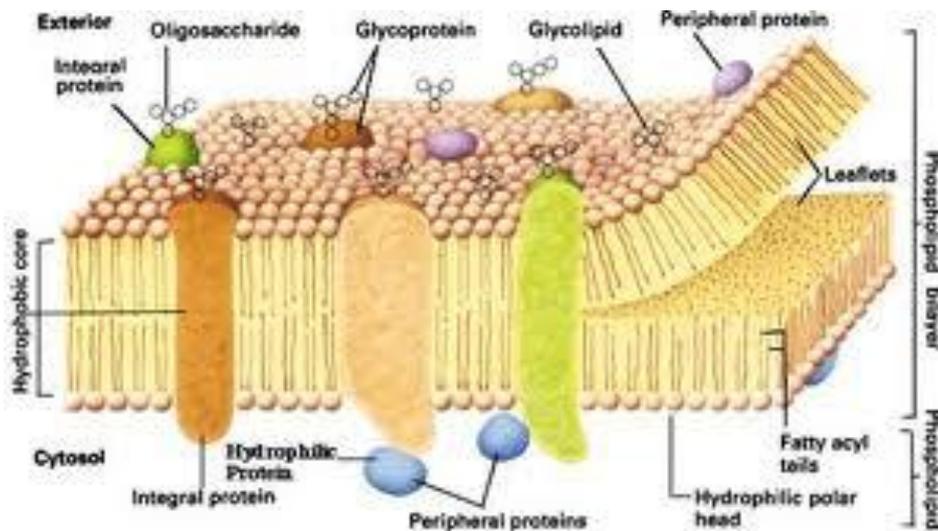


Gambar 1.20. Mitokondria

1.2.11 Mikrotubulus dan Mikrofilamen

Mikrotubulus merupakan organel berbentuk tabung atau pipa, yang panjangnya 2,5 mikrometer dengan diameter 25 nm. Tabung-tabung kecil itu tersusun atas protein yang dikenal sebagai tubulin.

Selain mikrotubulus, yang juga berperan dalam gerakan sel adalah mikrofilamen. Organel ini berbentuk benang-benang halus, tipis yang memanjang. Mikrofilamen tersusun atas dua macam protein, yaitu aktin dan miosin. Mikrofilamen banyak terdapat pada sel-sel otot, dan juga membentuk rangka dalam pada sel. Diameter mikrofilamen hanya 5 nm.



Gambar 1.21. Mikrotubulus dan mikrofilamen

2. SEL

2.1 Teori-teori Tentang Sel

Pada awalnya sel digambarkan pada tahun 1665 oleh seorang ilmuwan Inggris Robert Hooke yang telah meneliti irisan tipis gabus melalui mikroskop yang dirancangnya sendiri. Kata *sel* berasal dari kata bahasa Latin *cellula* yang berarti rongga/ruangan. Pada tahun 1835, sebelum teori sel menjadi lengkap, Jan Evangelista Purkyně melakukan pengamatan terhadap granula pada tanaman melalui mikroskop. Teori sel kemudian dikembangkan pada tahun 1839 oleh Matthias Jakob Schleiden dan Theodor Schwann yang mengatakan bahwa semua makhluk hidup atau organisme tersusun dari satu sel tunggal, yang disebut uniselular, atau lebih, yang disebut multiselular. Semua sel berasal dari sel yang telah ada sebelumnya. Di dalam sel terjadi fungsi-fungsi vital demi kelangsungan hidup organisme dan terdapat informasi mengenai regulasi fungsi tersebut yang dapat diteruskan pada generasi sel berikutnya.

- a. Robert Hooke (Inggris, 1665) meneliti sayatan gabus di bawah mikroskop. Hasil pengamatannya ditemukan rongga-rongga yang disebut sel (*cellula*).
- b. Hanstein (1880) menyatakan bahwa sel tidak hanya berarti cytos (tempat yang berongga), tetapi juga berarti cella (kantong yang berisi).

- c. Felix Durjadin (Prancis, 1835) meneliti beberapa jenis sel hidup dan menemukan isi dalam rongga sel tersebut yang penyusunnya disebut "Sarcode".
- d. Johannes Purkinje (1787-1869) mengadakan perubahan nama Sarcode menjadi Protoplasma.
- e. Matthias Schleiden (ahli botani) dan Theodore Schwann (ahli zoologi) tahun 1838 menemukan adanya kesamaan yang terdapat pada struktur tumbuhan dan hewan. Mereka mengajukan konsep bahwa makhluk hidup terdiri atas sel. Konsep yang diajukan tersebut menunjukkan bahwa sel merupakan satuan struktural makhluk hidup.
- f. Robert Brown (Scotlandia, 1831) menemukan benda kecil yang melayang-layang pada protoplasma yaitu inti (nucleus).
- g. Max Shultze (1825-1874) ahli anatomi menyatakan sel merupakan kesatuan fungsional makhluk hidup.
- h. Rudolf Virchow (1858) menyatakan bahwa setiap sel berasal dari sel sebelumnya (*omnis cellula ex cellula*).

2.2 STRUKTUR FUNGSI JARINGAN

2.2.1 Pengertian Jaringan

Jaringan adalah gabungan dari beberapa atau banyak sel yang memiliki fungsi yang sama dalam suatu ikatan.

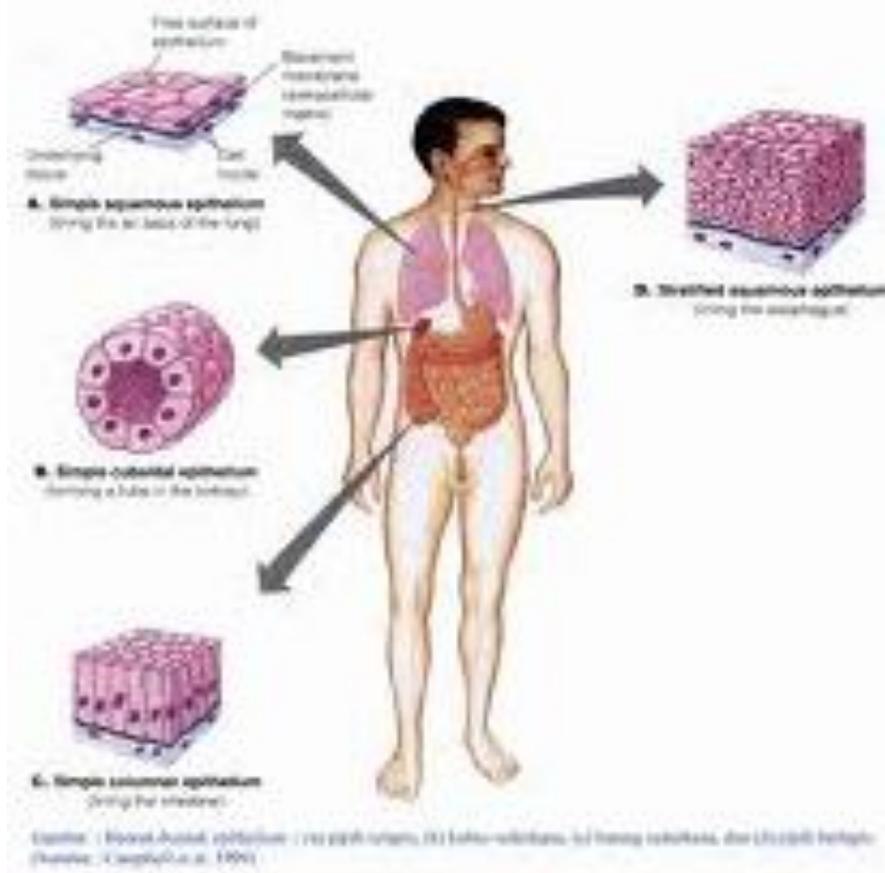
2.2.2 Struktur Jaringan

Jaringan penyusun tubuh dapat dikelompokkan menjadi 4 kelompok, yaitu jaringan epitelium, jaringan ikat, jaringan otot, dan jaringan saraf.

a. Jaringan Epitelium

Jaringan epitelium merupakan jaringan penutup permukaan tubuh, baik permukaan tubuh sebelah luar maupun sebelah dalam. Permukaan sebelah luar yang memiliki jaringan epitelium adalah kulit, sedangkan permukaan sebelah dalam tubuh yang mengandung epitelium adalah permukaan dalam usus, paru-paru, pembuluh darah, dan rongga tubuh. Jaringan epitelium dapat berasal dari perkembangan lapisan ektoderma, mesoderma atau endoderma. Nama epitelium sangat erat hubungannya dengan letaknya di dalam tubuh. Epitelium yang melapisi dinding dalam kapiler darah, pembuluh limfa, dan jantung disebut endotelium. Endotelium berasal dari perkembangan lapisan mesoderma. Sedangkan epitelium yang melapisi rongga tubuh, misalnya perikardium, pleura, dan peritoneum disebut mesotelium. Mesotelium juga berasal dari lapisan mesoderma. Sel-sel epitelium terikat satu dengan lainnya oleh zat pengikat (semen) antarsel, sehingga hampir tidak ada ruangan antarsel. Jaringan epitelium dapat dikelompokkan berdasarkan jumlah lapisan sel dan bentuknya, serta berdasarkan struktur dan fungsinya.

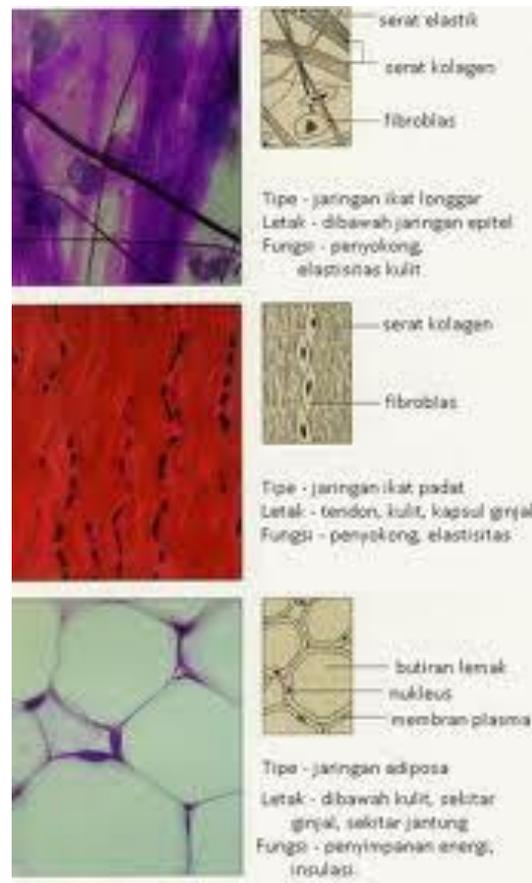
- 1) Epitelium berdasarkan jumlah lapisan sel dan bentuk
Dua kriteria yang digunakan untuk mengklasifikasikan epitelium adalah jumlah lapisan sel dan bentuknya. Berdasarkan jumlah lapisannya, epitelium dapat dibedakan menjadi epitelium sederhana dan epitelium berlapis. Epitelium sederhana adalah epitelium yang sel-selnya hanya selapis. Epitelium berlapis adalah epitelium yang terdiri atas beberapa lapis sel.
- 2) Epitelium berdasarkan struktur dan fungsi
Berdasarkan struktur dan fungsinya jaringan epitelium dibedakan menjadi dua, yaitu jaringan epitelium penutup dan jaringan epitelium kelenjar.
 - a) Jaringan epitelium penutup
Berperan melapisi permukaan tubuh dan jaringan lainnya, terdapat di permukaan tubuh, permukaan organ, melapisi rongga, atau merupakan lapisan di sebelah dalam dari saluran yang ada pada tubuh.
 - b) Jaringan Epitelium kelenjar
Tersusun oleh sel sel khusus yang mampu menghasilkan sekret atau getah cair. Getah cair ini berbeda dengan darah dan cairan antar sel. Berdasarkan cara kelenjar mensekresikan cairannya, kelenjar dibedakan menjadi dua, yaitu kelenjar eksokrin dan kelenjar endokrin.



Gambar 1.22. Jaringan epithelium

b. Jaringan Ikat

Ciri khusus jaringan ikat adalah memiliki komponen intaseluler yang disebut matriks. Matriks disekresikan oleh sel-sel jaringan ikat. Dengan demikian, secara garis besar, jaringan ikat terdiri atas sel-sel jaringan ikat dan matriks. Berdasarkan bentuk dan reaksi kimianya, serat pada matriks dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu serat kolagen, elastin, dan retikuler. Serat kolagen berupa berkas beranekaragam yang berwarna putih. Seratnya mempunyai daya regang yang tinggi dengan elastisitas yang rendah. Kolagen terdapat pada tendon. Serat elastin berwarna kuning dan lebih tipis dari serat kolagen. Seratnya mempunyai elastisitas tinggi. Terdapat pada pembuluh darah. Serat retikuler hampir sama dengan serat kolagen tetapi berukuran lebih kecil. Serat ini berperan dalam menghubungkan jaringan ikat dengan jaringan lain. Bahan dasar penyusun matriks adalah mukopolisakarida sulfat dan asam hialuronat. Bentuk bahan dasar ini adalah homogen setengah cair, jika kandungan asam hialuronat tinggi, matriks bersifat lentur. Sebaliknya, jika kandungan mukopolisakarida sulfatnya tinggi, matriks bersifat kaku. Bahan ini terdapat dalam sendi. Ada berbagai jenis sel yang tertanam dalam matriks dan memiliki berbagai fungsi, antara lain. Fibroblast (mensekresikan protein), makrofag (berbentuk tidak teratur dan khusus terdapat pembuluh darah), sel tiang (menghasilkan substansi heparin dan histamine), sel lemak (khusus untuk menyimpan sel lemak), sel darah putih (melawan patogen dan dapat bergerak bebas).



Gambar 1.23. Jaringan Ikat

1) Jaringan ikat longgar

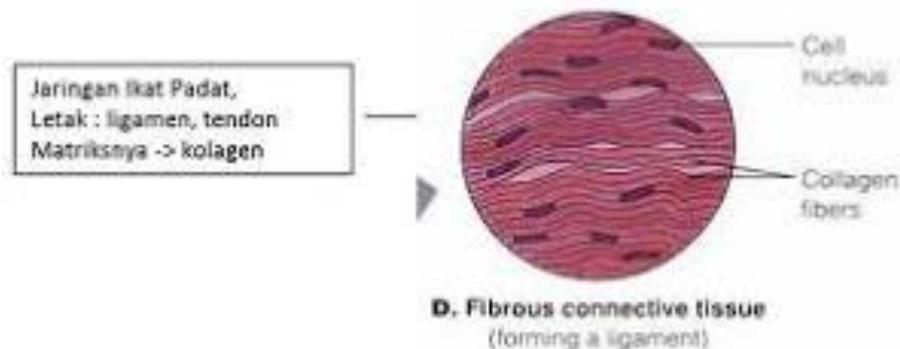
Susunan seratnya longgar dan memiliki banyak sustansi dasar. Fungsinya antara lain. Member bentuk organ dalam, misalnya sumsum tulang dan hati. Menyokong, mengelilingi, dan menghubungkan elemen dari seluruh jaringan lain, misalnya menyelubungi serat otot, melekatkan jaringan di bawah kulit.



Gambar 1.24 Jaringan Ikat Longgar

2) Jaringan ikat padat

Susunan selnya padat dan memiliki sedikit bahan dasar dan sedikit sel jaringan ikat. Jaringan ikat padat dibagi menjadi dua jenis, yaitu jaringan ikat padat tak teratur yang terdapat pada bagian dermis kulit dan pembungkus tulang, jaringan ikat pada teratur, yang terdapat pada tendon.

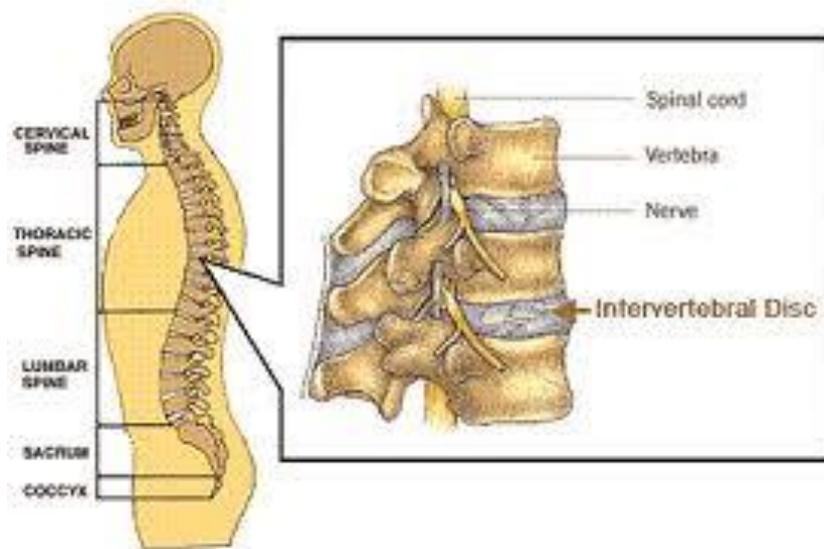


Gambar 1.25 Jaringan Ikat Padat

3. Jaringan tulang

a. Tulang rawan (Kartilago)

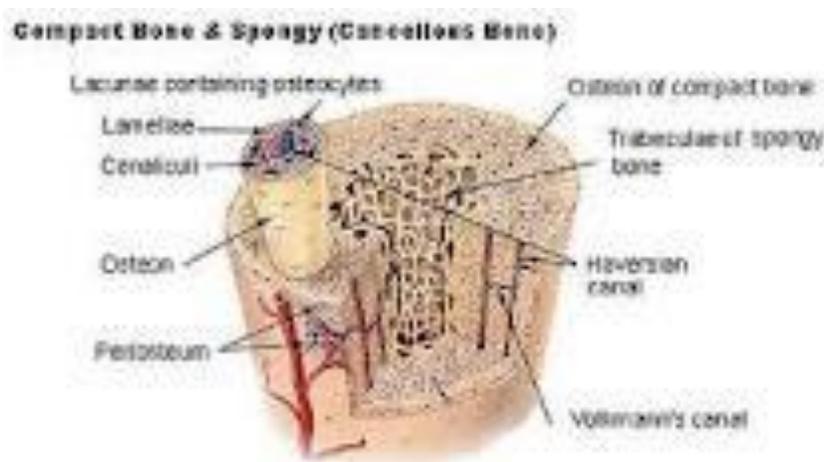
Ada tiga jenis tulang rawan yaitu tulang rawan hialin (memiliki serat kolagen yang tersebar dalam bentuk anyaman halus dan rapat), tulang rawan elastin (serat kolagen tidak tersebar dan bentuk serat elastic bergelombang), tulang rawan fibrosa (serat kolagen kasar dan tidak teratur, lakuna-lakunanya bulat atau bulat telur dan berisi sel-sel kondrosit).



Gambar 1.26. Kartilago

b. Tulang sejati (Osteon)

Sel tulang disebut osteosit. Osteosit terletak di dalam lacuna. Osteosit dibentuk oleh osteoblas. Antara osteosit yang satu dengan yang lain dihubungkan oleh kanalikuli. Matriks penyusun tulang adalah kolagen dan kalsium fosfat yang memperkeras matriks sehingga tulang lebih keras. Tulang tersusun atas unit-unit yang dinamakan system havers, setiap havers mengandung pembuluh darah. Tulang dibungkus oleh selaput yang disebut periosteum.



Gambar 1.27. Tulang Osteon

c. Darah

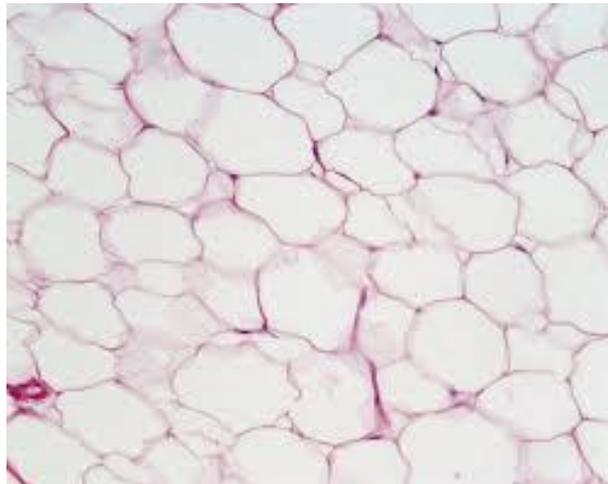
Sel darah meliputi sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan keping darah (trombosit). Sel darah merah berfungsi untuk mengangkut oksigen, sel darah putih berfungsi untuk melawan benda asing yang masuk ke dalam tubuh, sedangkan keping darah berperan dalam proses pembekuan darah. Sel darah putih terdiri atas monosit, limfosit, eosinofil, basofil, dan neutrofil.



Gambar 1.28. Darah

d. Jaringan adipose

Jaringan adipose adalah jaringan ikat yang terdiri atas sel-sel berukuran besar yang terspesialisasi untuk menyimpan lemak, disebut juga jaringan lemak. Jaringan ini berfungsi untuk menyimpan lemak sebagai cadangan makanan, mencegah hilangnya panas secara berlebihan dan sebagai pelindung jaringan yang ada di dalamnya. Jaringan ini terdistribusi di bawah kulit, di dalam tulang, rongga perut dan dada.



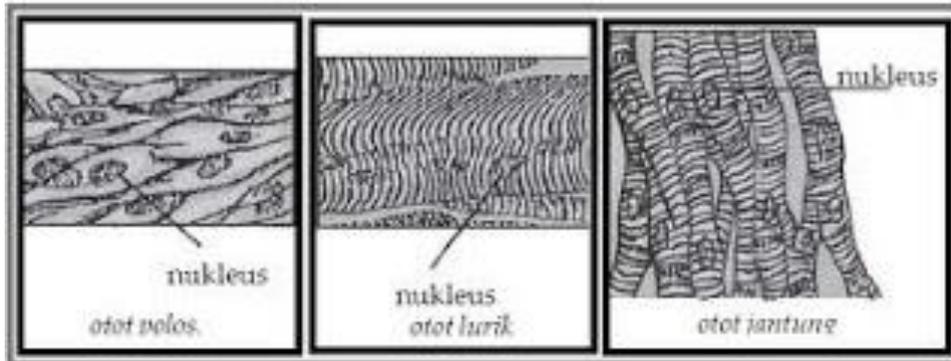
Gambar 1.29 Jaringan adipose

e. Jaringan otot

1. Otot polos

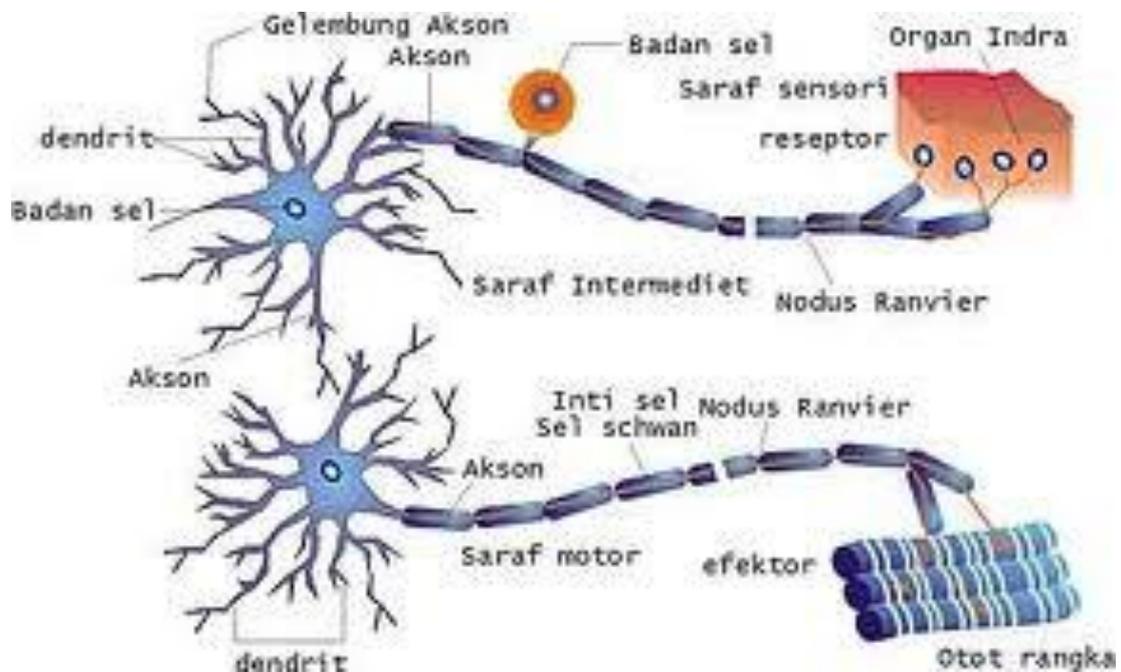
Sel berbentuk gelendong, memiliki satu inti yang terletak di bagian tengah. Kontraksi otot polos tidak di bawah pengaruh kesadaran sehingga disebut otot involunter. Contoh saluran pencernaan, kantong kemih, organ reproduksi, saluran pernapasan.

2. Otot lurik
Sel berbentuk silinder yang panjang dan tidak bercabang, memiliki banyak inti yang terletak di bagian tepi sel. Kontraksi otot lurik di bawah kesadaran sehingga disebut otot volunter. Contoh, otot melekat pada rangka.
3. Otot Jantung
Sel otot jantung membentuk rantai dan sering bercabang dua atau lebih membentuk sinsitium. Memiliki satu atau dua inti sel yang terletak di bagian tengah sel. Kontraksi tidak di bawah pengaruh kesadaran.



Gambar 1.30. Otot polos, otot lurik, otot jantung

4. Jaringan Saraf
 - a. Struktur sel saraf



Gambar 1.31. Struktur Saraf

b. Jenis sel saraf

Neuron sensori (aferen), berfungsi menyampaikan rangsangan dari organ penerima rangsangan (reseptor) kepada sistem saraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang). Neuron intermediate, berperan sebagai penghubung impuls saraf dari satu neuron ke neuron lain atau dari neuron motorik ke neuron sensorik. Neuron motor (eferen), berfungsi mengirimkan impuls dari sistem saraf pusat ke otot dan kelenjar yang akan melakukan respons tubuh. Pada umumnya, neuron motor menerima impuls dari neuron intermediet. Adakalanya impuls ditransmisikan dari neuron sensori ke neuron motor.

Jika Anda sudah memahami uraian materi di atas sekarang coba Anda kerjakan latihan soal di bawah ini. Jawablah pertanyaan di bawah ini berdasarkan bacaan di atas.

Latihan

- 1) Apa perbedaan sel prokariotik dan eukariotik?
- 2) Apa perbedaan sel dengan jaringan?
- 3) Sebutkan pembagian sel dan jaringan?

Petunjuk Jawaban Latihan

1. Perbedaan sel prokariotik dan eukariotik

Tabel Perbedaan sel prokariotik dan eukariotik

No	PROKARIOTIK	EUKARIOTIK
1	Tidak memiliki inti yang sebenarnya, materi inti tersebar dalam sitoplasma karena tidak mempunyai membran inti	Memiliki nukleus yang sebenarnya karena materi inti dilindungi oleh membran inti
2	Memiliki DNA yang lebih sederhana, lebih sedikit mengandung pasangan basa nukleotida, berbentuk sirkuler	Memiliki DNA yang lebih kompleks, lebih banyak mengandung pasangan basa nukleotida, sehingga harus digulung pada protein histon (ada histonnya)
3	Hanya memiliki kromosom tunggal	Memiliki kromosom lebih dari 1 (satu)
4	Tidak memiliki intron, hanya ekson	Memiliki intron dan ekson
5	Memiliki operon	Tidak memiliki operon
6	Proses transkripsi dan translasi dapat terjadi secara simultan	Transkripsi terjadi di inti, dan translasi terjadi di sitoplasma. Keduanya tidak dapat berjalan secara bersamaan.
7	Proses transkripsi terjadi lebih sederhana	Transkripsi lebih rumit terjadi, dikarenakan akses RNA polymerase terhadap DNA lebih lama akibat DNA dikemas secara kompak dengan protein histon
8	Proses regulasi sintesis protein lebih sederhana	Proses regulasi sintesis proteinnya lebih kompleks

2) Perbedaan sel dan jaringan

Sel adalah unit terkecil dari makhluk hidup. Bagian sel dibagi 3 bagian penting, yaitu:

- a) Membran sel adalah selaput yang membungkus seluruh isi sel.
- b) Inti sel (nucleus) merupakan bagian utama yang mengatur seluruh kegiatan pada sel.
- c) Sitoplasma adalah bagian yang mengisi seluruh bagian sel antara yang berada di dalam Membran dan di luar Inti sel. Jaringan adalah kumpulan dari beberapa sel yang sejenis dan memiliki fungsi yang sama.

Salah satu perbedaan utama dari sel dan jaringan yang jelas adalah ukuran mereka. Sel berukuran mikroskopis sementara jaringan jauh lebih besar karena terdiri dari sejumlah sel. Umumnya, sel adalah sesuatu yang sangat kecil sehingga menjadi tak terlihat dengan mata telanjang. Namun dalam situasi yang tepat, ada sel-sel yang dapat dilihat. Terlihat dengan mata telanjang karena, satu sel dapat terdiri dari struktur bahkan kecil sekali yang bekerja sama untuk mempertahankan operasi mereka sendiri.

3) Pembagian sel dan jaringan

- a) Dalam hal struktur, sel dibagi menjadi unit subseluler, yaitu: membran sel, sitoskeleton, materi genetik, dan organel. Di luar membran sel atau dinding sel (untuk sel tanaman), adalah struktur seperti kapsul, flagela dan fimbriae (pili). Di sisi lain, jaringan menunjukkan perbedaan struktural yang dibawa oleh kedua fenomena seluler dan bahkan ekstraseluler.
- b) Sel memiliki dua jenis yang berbeda: sel eukariotik dan sel prokariotik. Sel prokariotik adalah mandiri di alam sementara sel eukariotik adalah sel makhluk multiseluler. Sebaliknya, jaringan memiliki empat jenis yang dikenal: jaringan epitel, jaringan saraf, jaringan otot, dan jaringan ikat.
- c) Jaringan terdiri dari: jaringan epitel, ikat, lemak, tulang, otot, syaraf, darah.

Ringkasan

Sel merupakan cikal bakal makhluk hidup yang tentu saja memiliki peranan serta fungsi penting dalam setiap makhluk hidup. Banyak ilmuwan yang meneliti mengenai sel karena memang sel merupakan salah satu kajian ilmu terpenting di dalam biologi. Sel terdiri dari organel-organel sel yang mempunyai fungsi dan ciri khas masing-masing demi kelangsungan fungsi sel.

Tes 1

- 1) Istilah *omnis cellula e cellula* atau setiap sel berasal dari sel. Merupakan pendapat yang dikemukakan oleh
 - A. Robert Hooke
 - B. Antonie Van Leeuwenhoek
 - C. Rudolf Virchow
 - D. Robert Brown
 - E. Schleiden dan Schwann

- 2) Sel yang telah memiliki membran inti disebut
 - A. Sel Eukariot
 - B. Sel Prokariot
 - C. Sel Hewan
 - D. Sel Tumbuhan
 - E. Sitosol

- 3) Inti sel berfungsi sebagai
 - A. Sintesis protein
 - B. Transportasi zat
 - C. Respirasi
 - D. Pembawa sifat keturunan
 - E. Sekresi

- 4) Organel sel yang memiliki fungsi sebagai alat transportasi zat dari luar sel ke dalam sel atau sebaliknya, adalah
 - A. Ribosom
 - B. Lisosom
 - C. Vakuola
 - D. Mitokondria
 - E. Membran sel

- 5) Organel sel yang hanya dimiliki sel tumbuhan yaitu, *kecuali*
 - A. Dinding sel
 - B. Sentriol
 - C. Kloroplas
 - D. Nukleus
 - E. Ribosom

- 6) Ribosom berfungsi sebagai
 - A. Sekresi
 - B. Respirasi
 - C. Sintesis protein
 - D. Pembawa sifat keturunan
 - E. Transportasi zat

- 7) Sel tumbuhan memiliki bentuk sel yang tetap dan terstruktur karena memiliki
- A. Dinding sel
 - B. Sentriol
 - C. Ribosom
 - D. Lisosom
 - E. Nukleus
- 8) Organel sel yang berfungsi menghancurkan organel sel lain yang sudah tidak berfungsi yaitu
- A. Lisosom
 - B. Sentrosom
 - C. Kromosom
 - D. Osmosom
 - E. Ribosom
- 9) Transportasi zat dari larutan berkonsentrasi rendah ke larutan berkonsentrasi tinggi melalui membran selektif permeabel disebut
- A. Fagositosis
 - B. Pinositosis
 - C. Eksositosis
 - D. Osmosis
 - E. Difusi
- 10) Transportasi molekul yang menuruni gradien konsentrasi dengan menggunakan energi berupa ATP disebut
- A. Endositosis
 - B. Pinositosis
 - C. Transpor pasif
 - D. Transpor aktif
 - E. Eksositosis

Topik 2

Pembelahan Sel

Setelah menyelesaikan Unit Topik 2 diharapkan mampu menjelaskan pembelahan sel sebagai landasan dalam melaksanakan asuhan keperawatan.

Setelah menyelesaikan Topik 2, diharapkan Anda dapat:

1. Menjelaskan pembelahan sel pada prokariotik, eukariotik.
2. Menjelaskan struktur sel.
3. Menjelaskan siklus sel.
4. Menjelaskan bagian type pembelahan.

Pembelahan sel adalah suatu proses di mana material seluler dibagi ke dalam dua sel anak. Pada organisme tersebut, yang umumnya dimulai dari satu sel tunggal. Pembelahan sel juga merupakan suatu proses di mana jaringan yang telah rusak diganti dan diperbaiki. Sel mempunyai kemampuan untuk memperbanyak diri dengan melakukan pembelahan. Pada hewan uniseluler cara ini digunakan sebagai alat reproduksi, sedangkan pada hewan multi-seluler cara ini digunakan dalam memperbanyak sel somatis untuk pertumbuhan dan pada sel gamet untuk proses pewarisan keturunan hingga akhirnya membantu membentuk individu baru. Ada dua macam pembelahan sel, yaitu pembelahan secara langsung 'amitosis' dan pembelahan secara tidak langsung 'mitosis dan meiosis'.

2.1 PEMBELAHAN SEL PADA PROKARIOTIK

Pada sel prokariotik, materi genetik tersebar di dalam suatu badan serupa inti yang tidak dikelilingi oleh membran. Mikroorganisme yang prokariotik, misalnya bakteri dan alga hijau-biru. Proses pembelahan sel pada sel prokariotik berbeda dengan pembelahan sel pada eukariotik. Pada prokariotik pembelahan sel berlangsung secara sederhana yang meliputi proses pertumbuhan sel, duplikasi materi genetik, pembagian kromosom, dan pembelahan sitoplasma yang didahului dengan pembentukan dinding sel baru. Proses pembelahan yang demikian dinamakan amitosis. Amitosis adalah pembelahan sel secara langsung tanpa melibatkan kromosom, contohnya pada sel bakteri. Ciri-ciri sel prokariotik adalah bahan genetik (DNA) tidak terstruktur dalam bentuk nukleus, DNA terdapat pada nukleolit yang tidak terselubungi oleh membran. Secara umum sel prokariotik memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan sel eukariotik. Setiap prokariotik merupakan sel tunggal, tetapi akan sering terlihat dalam tipe rantai, agregat, atau kelompok sel yang jumlahnya ratusan.

2.2 PEMBELAHAN SEL PADA EUKARIOTIK

Pada sel-sel eukariotik, hal pembagian material genetik secara persis sama adalah lebih kompleks. Sebuah sel eukariotik mengandung kira-kira 1000 kali lebih banyak DNA dibanding sebuah sel prokariotik. Di samping itu, DNA ini berbentuk linea, membentuk sejumlah

kromosom yang jelas berbeda. Sebagai contoh, sel-sel somatik (tubuh) manusia mempunyai 46 kromosom, masing-masing berbeda satu sama lainnya. Pada saat sel-sel ini membelah, setiap sel anak harus menerima satu duplikat dan hanya satu dari setiap 46 kromosom. Di samping itu, sel-sel eukariotik mengandung berbagai macam organela dan ini juga harus dibagi secara merata di antara sel-sel anak. Pada sel eukariotik memiliki inti sel yang sangat kompleks dengan selubung inti yang terdiri dari dua membran. Sel-sel pada tubuh hewan dan tumbuhan termasuk dalam golongan sel eukariotik. Mikroorganisme yang eukariotik, misalnya protozoa, protista, dan semua jamur.

2.3 SIKLUS SEL

Sel-sel mengalami pembelahan melalui serangkaian proses yang terjadi berulang kali dari pertumbuhan ke pembelahan, yang dikenal sebagai siklus sel, siklus sel terdiri atas lima fase utama: G1, S, G2, mitosis, dan sitokinesis. Durasi (lamanya) masing-masing fase dari siklus ini bervariasi dari beberapa jam sampai beberapa hari, bergantung dari tipe sel dan faktor-faktor luar seperti suhu dan nutrisi yang tersedia. Siklus sel merupakan serangkaian kejadian dengan urutan tertentu berupa duplikasi kromosom sel dan organel di dalamnya yang mengarah ke pembelahan sel. Pada eukariotik (sel bernukleus), proses perbanyakan atau sintesis bahan genetik terjadi sebelum berlangsungnya proses pembelahan sel, mitosis atau meiosis. Sel yang mempunyai kemampuan membelah adalah sel “muda” atau sel immature yang belum memiliki fungsi tertentu. Pada kondisi lingkungan yang mendukung sel akan memasuki siklus sel dan menghasilkan 2 sel identik. Sel yang tidak lagi membelah akan keluar dari siklus dan berdeferensiasi menjadi sel yang mature dengan struktur dan fungsi tertentu. Pada dasarnya siklus sel terdapat 2 fase utama yaitu fase S (DNA sintesis) dan fase M (Mitosis). Pada fase S terjadi duplikasi kromosom, organel dan protein interseluler dan pada fase M terjadi pemisahan kromosom dan pembelahan sel. Sebagian besar sel memerlukan waktu ekstra untuk proses sintesis sehingga pada siklus sel terdapat ekstra fase Gap yaitu Gap 1 antara fase M dan fase S serta Gap 2 antara fase S dan Mitosis. Hal ini mendasari pembagian fase menjadi 4 fase yaitu Fase G1, Fase S, Fase G2 (ketiganya disebut Interfase) dan fase M (mitosis dan sitokinesis). Interfase adalah fase istirahat, sel ini sebenarnya sangat aktif secara biokimia walaupun terlihat tidak ada perubahan morfologi (waktu lama, 23 jam dalam 1 siklus 24 jam). M phase (mitosis) merupakan inti dari siklus sel dan secara morfologi terjadi perubahan yang jelas teramati berupa kromosom yang tertarik ke kutub, sitogenesis dan akhirnya sel terbagi menjadi dua (waktu cepat, 1 jam dalam 1 siklus 24 jam). Fase G1 dan G2 bukan hanya sebagai ekstra waktu proses sintesis namun juga berperan sebagai ekstra waktu bagi sel untuk memonitor kondisi lingkungan internal dan eksternal sebelum masuk ke fase S dan M. Jika kondisi lingkungan tidak mendukung maka sel berhenti berprogress pada G1 dan bahkan memasuki kondisi resting state pada G0 (G zero). G0 ini dapat berlangsung selama berhari-hari, bertahun-tahun atau sampai sel mati. Jika kondisi lingkungan mendukung dan terdapat sinyal untuk tumbuh maka sel akan memulai proses pada suatu titik akhir G1 yang disebut titik “Start”. Setelah melalui titik ini sel akan

mulai masuk fase S ditandai dengan Replikasi DNA yang terus berlangsung bahkan walau signal pertumbuhan dan pembelahan sudah tidak ada.

2.4 BAGIAN TIPE PEMBELAHAN SEL

2.4.1 Amitosis

Adalah pembelahan inti secara langsung diikuti dengan pembelahan sitoplasma. Proses pembelahan sel pada sel prokariotik berbeda dengan pembelahan sel pada eukariotik. Pada prokariotik pembelahan sel berlangsung secara sederhana yang meliputi proses pertumbuhan sel, duplikasi materi genetik, pembagian kromosom, dan pembelahan sitoplasma yang didahului dengan pembentukan dinding sel baru. Proses pembelahan yang demikian dinamakan amitosis, amitosis adalah pembelahan sel secara langsung tanpa melibatkan kromosom, contohnya pada sel bakteri. Kromosom hasil duplikasi, awalnya akan menempel pada membrane plasma. Selanjutnya, akan terjadi pertumbuhan antara dua tempat perlekatan kromosom untuk melakukan pemisahan materi inti. Kemudian akan terjadi sitokenesis yang diikuti dengan terbentuknya dinding sel baru hingga dua sel anakan terbentuk, pembelahan yang demikian juga sering disebut dengan pembelahan biner (binary fision) atau pembelahan sel secara langsung.

2.4.2 Mitosis

Mitosis adalah proses pembagian genom yang telah digandakan oleh sel ke dua sel identik yang dihasilkan oleh pembelahan sel. Mitosis umumnya diikuti sitokinesis yang membagi sitoplasma dan membran sel. Proses ini menghasilkan dua sel anak yang identik, yang memiliki distribusi organel dan komponen sel yang nyaris sama. Mitosis dan sitokenesis merupakan fasa mitosis (fase M) pada siklus sel, di mana sel awal terbagi menjadi dua sel anakan yang memiliki genetik yang sama dengan sel awal.

Hasil utama dari mitosis adalah pembagian genom sel awal kepada dua sel anakan. Genom terdiri dari sejumlah kromosom, yaitu kompleks DNA yang berpilin rapat yang mengandung informasi genetik vital untuk menjalankan fungsi sel secara benar. Karena tiap sel anakan harus identik secara genetik dengan sel awal, sel awal harus menggandakan tiap kromosom sebelum melakukan mitosis. Proses penggandaan terjadi pada pertengahan interfase, yaitu fase sebelum fase mitosis pada siklus sel. Setelah penggandaan, tiap kromosom memiliki kopi identik yang disebut sister chromatid, yang berlekatan pada daerah kromosom yang disebut sentromer. Sister chromatid itu sendiri tidak dianggap sebagai kromosom. Mitosis adalah cara reproduksi sel dimana sel membelah melalui tahap-tahap yang teratur, yaitu Profase -Metafase-Anafase-Telofase. Antara tahap telofase ke tahap profase berikutnya terdapat masa istirahat sel yang dinamakan Interfase (tahap ini tidak termasuk tahap pembelahan sel). Pada tahap interfase inti sel melakukan sintesis bahan-bahan inti.

Proses mitosis secara konvensional dibagi 6 fase yaitu interfase, profase, prometafase, metafase, anafase, dan telofase (awal dan akhir). Profase biasanya merupakan fase terpanjang, dengan mengambil waktu kurang lebih 60% dari keseluruhan waktu yang

dibutuhkan dalam mitosis. Selama pembelahan mitosis yang berlangsung pada sel hewan dan sel tumbuhan.

Hasil mitosis:

- a. Satu sel induk yang diploid ($2n$) menjadi 2 sel anakan yang masing-masing diploid.
- b. Jumlah kromosom sel anak sama dengan jumlah kromosom sel induknya.

2.4.3 Meiosis

Meiosis adalah salah satu cara sel untuk mengalami pembelahan. Ciri pembelahan

- a. Terjadi di sel kelamin
- b. Jumlah sel anaknya 4
- c. Jumlah kromosom $1/2$ induknya
- d. Pembelahan terjadi 2 kali

Meiosis hanya terjadi pada fase reproduksi seksual atau pada jaringan nuftah. Pada meiosis, terjadi perpasangan dari kromosom homolog serta terjadi pengurangan jumlah kromosom induk terhadap sel anak. Di samping itu, pada meiosis terjadi dua kali periode pembelahan sel, yaitu pembelahan meiosis I dan pembelahan meiosis II.

Hasil meiosis:

- a. Satu sel induk yang diploid ($2n$) menjadi 4 sel anakan yang masing-masing haploid (n).
- b. Jumlah kromosom sel anak setengah dari jumlah kromosom sel induknya.
- c. Pembelahan meiosis hanya terjadi pada sel-sel gamet seperti sperma dan ovum.

Tujuan pembelahan sel secara tidak langsung yaitu:

- a. mitosis : regenerasi
- b. miosis : mengurangi kromosom ($2n$ $46x/x/y$ diploid menjadi $1n$ $23x/y$ haploid).

2.4.4 PENYEBAB DIFERENSIASI

- a. Polaritas pada saat pembelahan sel tidak merata. Perbedaan tersebut disebabkan karena penyebaran senyawa tertentu di dalam plasma tidak merata. Pada kutub yang satu konsentrasinya rendah, sedangkan di kutub yang lain konsentrasinya tinggi.
- b. Pembelahan sel tidak setara. Dinding pemisah sel terbentuk tidak di tengah-tengah sehingga dihasilkan 2 sel yang tidak sama besar. Awal yang tidak sama dari 2 sel anakan ini tentu menyebabkan perbedaan aktivitas metabolisme sehingga salah satu sel anak dapat membelah lagi sedangkan yang lain tidak mampu lagi.
- c. Letak sel dalam jaringan. (digunakan dalam teknik kultur jaringan).
- d. Faktor Hormon. Diperlukan dalam jumlah sedikit, karena tidak berpengaruh secara langsung dan kerjanya relatif lambat.
- e. Faktor lingkungan (cahaya, suhu, ketersediaan air, oksigen, dan lain-lain).

Semua sel yang telah mengalami diferensiasi, asal masih hidup bersifat totipotens. Artinya: bila lingkungan sesuai dapat tumbuh membentuk individu baru. Khusus dalam

kaitannya dengan diferensiasi sel pada hewan atau manusia, setelah zigot terbentuk akan berkembang menjadi morula dan kemudian berkembang lagi menjadi blastula. Blastula kemudian akan berkembang lagi menjadi gastrula. Pada tahap gastrula inilah akan terbentuk 3 lapisan baru yaitu: Ektoderm, Mesoderm, dan Endoderm. Ektoderm akan berdiferensiasi menjadi kulit, rambut, sistem saraf dan alat indera. Mesoderm akan berdiferensiasi menjadi otot, rangka, alat reproduksi, alat peredaran darah dan alat ekskresi. Sedangkan endoderm akan berdiferensiasi menjadi alat pencernaan dan alat pernapasan seperti paru-paru.

Jika Anda sudah memahami uraian materi di atas sekarang coba Anda kerjakan latihan soal di bawah ini. Jawablah pertanyaan di bawah ini berdasarkan bacaan di atas.

Latihan

- 1) Jelaskan dan berikan contoh amitosis!
- 2) Jelaskan dan berikan contoh miosis!
- 3) Jelaskan dan berikan contoh mitosis!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Pembelahan pada sel prokariotik dikenal dengan pembelahan biner yang artinya pembelahan ini berlangsung secara sederhana dan spontan. Proses pembelahan ini juga dikenal dengan proses pembelahan amitosis. Amitosis artinya pembelahan yang tidak melibatkan kromosom. Pembelahan biner dapat ditemukan pada sel bakteri, proses pertumbuhan sel, duplikasi materi genetik, pembagian kromosom, dan pembelahan sitoplasma. Pada pembelahan biner, kromosom diduplikasi dan akan menempel pada membrane plasma. Kemudian akan terjadi pertumbuhan di antara dua tempat pelekatan kromosom tersebut. Hal ini untuk melakukan pemisahan inti. Sitokinesis dan pembentukan dinding sel kemudian terbentuk sehingga 2 sel anak terbentuk.
Contoh : pembiakan pada organisme bersel satu
- 2) Pembelahan reduksi itu Miosis mengurangi jumlah kromosom yang dulunya $2n$ (diploid) jadi hanya n (haploid). Tujuan miosis adalah untuk menjaga jumlah kromosom selalu tetap tiap generasi. Interfase bukan bagian dari Reproduksi sel Baik Mitosis /maupun Miosis karena Interfase itu fase istirahat tidak membelah. Contohnya adalah pembelahan yang terjadi pada sel gamet. Sel gamet memiliki n (haploid) bukan $2n$ (diploid).
- 3) Mitosis terjadi untuk memperbanyak jumlah sel dengan isi sel tetap ($2n$), semua pembelahan sel tubuh (somatic) merupakan mitosis. Tahapan terdiri dari profase, metafase, anaphase, telofase, sitokinesis. Ketika kromosom di equator saling berhadapan pada satu sentromer (metafase), segera akan memisah untuk pergi ke kutub masing-masing sehingga (anafase) jika terbentuk 2 sel (telofase) materi genetik ke dua sel tersebut sudah terbentuk. Interfase bukan bagian dari Reproduksi sel baik Mitosis

/maupun Miosis karena Interfase itu fase istirahat tidak membelah. Pembelahan terjadi satu kali dan sifatnya sama dengan sel induk.

Ringkasan

Sel melakukan reproduksi layaknya makhluk hidup. Baik secara amitosis, mitosis, meiosis. Banyak sekali kegunaan reproduksi ini seperti, pada sel meristem tumbuhan berfungsi untuk pertumbuhan, sedangkan pada sel epitel manusia untuk menggantikan sel-sel yang rusak atau sudah tua dan lainnya.

Tes 2

- 1) Perhatikan proses tahapan pembelahan sel! Tahapan di bawah ini merupakan tahapan pembelahan pada proses profase I meiosis dan berlangsung pada beberapa subfase, yaitu:
 1. Pakiten
 2. Diakinesis
 3. Diploten
 4. Leptoten
 5. ZigotenManakah urutan yang benar dari proses Profase I meiosis
 - A. 4-1-5-3-2
 - B. 4-5-3-2-1
 - C. 4-3-2-1-5
 - D. 4-2-3-1-5
 - E. 4-5-1-3-2

- 2) Peristiwa yang terjadi pada profase dari meiosis I adalah
 - A. Membelahnya sentromer menjadi 2
 - B. Meleburnya dinding inti
 - C. Terbentuknya benang-benang kromatin
 - D. Bergantinya kromatid ke arah kutub
 - E. Berkumpulnya kromosom di bidang equator

- 3) Pada pembelahan meiosis terjadi peristiwa berikut:
 - Pemisahan kromatid yang membentuk kromosom
 - Gerakan kromatid ke kutub-kutub yang letaknya berlawananPeristiwa tersebut terjadi pada tahap
 - A. Metafase I
 - B. Telofase I
 - C. Anafase I
 - D. Metafase II
 - E. Anaphase II

- 4) Pada pembelahan meiosis II mikrosporogenesis akan terbentuk
- A. 2 mikrospora haploid
 - B. 2 mikrospora diploid
 - C. 2 mikrospora triploid
 - D. 4 mikrospora haploid
 - E. 4 mikrospora diploid
- 5) Mana pernyataan di bawah ini yang benar antara fase profase I meiosis
- A. Diploten - Perubahan kromatin jadi kromosom
 - B. Zigoten - Kromosom homolog saling berpasangan membentuk sinapsis
 - C. Pakiten - Terjadi pindah silang
 - D. Diakinesis - Pembentukan tetrad
 - E. Leptoten - Kromosom menuju equator
- 6) Pada fase manakah terjadinya sintesis protein /replikasi DNA
- A. G 1
 - B. S
 - C. G 2
 - D. Anafase
 - E. Metafase
- 7) Pada pembelahan sel mitosis, pemisahan kromatid dari sentromer terjadi pada
- A. profase
 - B. metafase
 - C. anafase
 - D. telofase
 - E. interfase
- 8) Tujuan pembelahan meiosis adalah
- A. mengganti sel-sel yang rusak dan usang
 - B. membentuk sel-sel tubuh organisme
 - C. pembiakan pada organisme bersel satu
 - D. menjaga jumlah kromosom selalu tetap tiap generasi
 - E. pertumbuhan pada daerah titik tumbuh
- 9) Pindah silang terjadi antara kromatid dari kromosom homolognya. Hal ini sering terjadi pada fase
- A. Profase
 - B. Metaphase
 - C. Anafase
 - D. Telofase
 - E. Interfase

- 10) Fase metaphase mempunyai ciri-ciri sebagai berikut!
- A. Kromosom mulai tampak jelas, selaput inti menghilang
 - B. Terbentuk benang gelendong dan kromosom tersusun pada bidang pembelahan
 - C. Kromosom bergerak ke arah kutub melalui benang gelendong
 - D. Plasma sel mengalami penyempitan di bagian equator
 - E. Plasma sel membentuk sekat di bagian ekuator

Topik 3

Genetika

Setelah menyelesaikan Unit Topik 3 diharapkan mampu menjelaskan teori dasar genetikasebagai landasan dalam melaksanakan asuhan keperawatan.

Setelah menyelesaikan Topik 3, diharapkan Anda dapat:

1. Menjelaskan pengertian dasar pewarisan Mendel.
2. Menjelaskan terminologi.
3. Menjelaskan hukum segregasi.
4. Menjelaskan hukum pemilihan bebas.
5. Menjelaskan formulasi matematika pada berbagai jenis persilangan.

3.1 PENGERTIAN DAN DASAR-DASAR PEWARISAN MENDEL

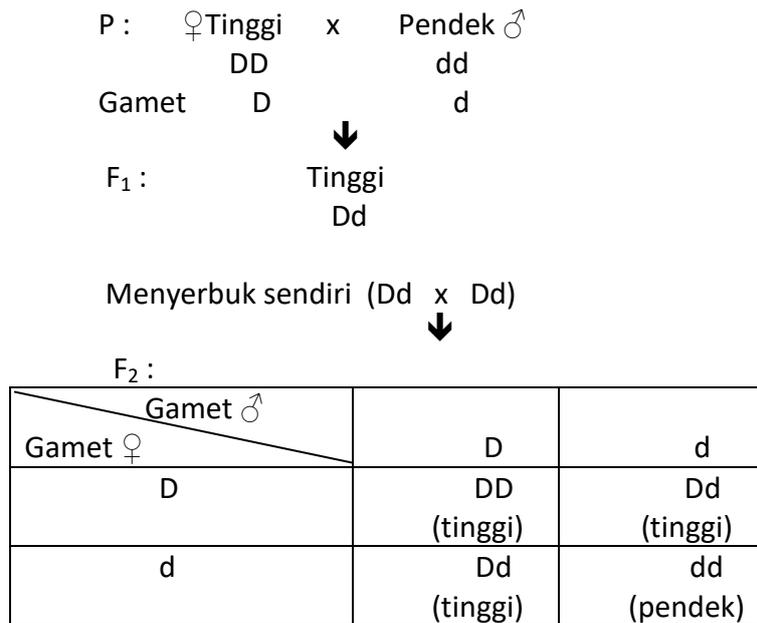
Hukum Mendel merupakan teori yang dikemukakan oleh bapak genetika Gregor Mendel yang mengemukakan tentang prinsip-prinsip penurunan sifat pada organisme. Bahwa sifat menurun dibawa oleh faktor penentu (gen) dan ditentukan oleh separuh induk jantan (sperma) dan separuh dari induk betina (ovum). Seorang biarawan dari Austria, bernama Gregor Johann Mendel, menjelang akhir abad ke-19 melakukan serangkaian percobaan persilangan pada kacang ercis (*Pisum sativum*).

Dari percobaan yang dilakukannya selama bertahun-tahun tersebut Mendel berhasil menemukan prinsip-prinsip pewarisan sifat, yang kemudian menjadi landasan utama bagi perkembangan genetika sebagai suatu cabang ilmu pengetahuan. Berkat karyanya inilah, Mendel diakui sebagai Bapak Genetika. Mendel memilih kacang ercis sebagai bahan percobaannya, terutama karena tanaman ini memiliki beberapa pasang sifat yang sangat mencolok perbedaannya, misalnya warna bunganya mudah sekali untuk dibedakan antara yang ungu dan yang putih. Selain itu, kacang ercis merupakan tanaman yang dapat menyerbuk sendiri, dan dengan bantuan manusia, dapat juga menyerbuk silang. Hal ini disebabkan oleh adanya bunga sempurna, yaitu bunga yang mempunyai alat kelamin jantan dan betina. Pertimbangan lainnya adalah bahwa kacang ercis memiliki daur hidup yang relatif pendek, serta mudah untuk ditumbuhkan dan dipelihara. Mendel juga beruntung, karena secara kebetulan kacang ercis yang digunakannya merupakan tanaman diploid (mempunyai dua perangkat kromosom). Seandainya ia menggunakan organisme poliploid, maka ia tidak akan memperoleh hasil persilangan yang sederhana dan mudah untuk dianalisis.

Pada salah satu percobaannya Mendel menyilangkan tanaman kacang ercis yang tinggi dengan yang pendek. Tanaman yang dipilih adalah tanaman galur murni, yaitu tanaman yang kalau menyerbuk sendiri tidak akan menghasilkan tanaman yang berbeda dengannya. Dalam hal ini tanaman tinggi akan tetap menghasilkan tanaman tinggi. Begitu juga tanaman pendek akan selalu menghasilkan tanaman pendek. Dengan menyilangkan galur murni tinggi dengan galur murni pendek, Mendel mendapatkan tanaman yang semuanya tinggi. Selanjutnya,

tanaman tinggi hasil persilangan ini dibiarkan menyerbuk sendiri. Ternyata keturunannya memperlihatkan nisbah (perbandingan) tanaman tinggi terhadap tanaman pendek sebesar 3 : 1. Secara skema, percobaan Mendel dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai contoh:

Ketua (parental), disingkat P. Hasil persilangannya merupakan keturunan (filial) generasi pertama, disingkat F₁. Persilangan sesama individu F₁ menghasilkan keturunan generasi ke dua, disingkat F₂. Tanaman tinggi pada generasi P dilambangkan dengan DD, sedang tanaman pendek dd. Sementara itu, tanaman tinggi yang diperoleh pada generasi F₁ dilambangkan dengan Dd.



Keturunan dengan nisbah; Tinggi (D-) : pendek (dd) = 3 : 1
 DD : Dd : dd = 1 : 2 : 1

Gambar 2.1. Diagram persilangan monohibrid untuk sifat tinggi tanaman

Pada diagram persilangan monohibrid tersebut di atas, nampak bahwa untuk menghasilkan individu Dd pada F₁, maka baik DD maupun dd pada generasi P membentuk gamet (sel kelamin). Individu DD membentuk gamet D, sedang individu dd membentuk gamet d. Dengan demikian, individu Dd pada F₁ merupakan hasil penggabungan kedua gamet tersebut. Begitu pula halnya, ketika sesama individu Dd ini melakukan penyerbukan sendiri untuk menghasilkan F₂, maka masing-masing akan membentuk gamet terlebih dahulu. Gamet yang dihasilkan oleh individu Dd ada dua macam, yaitu D dan d. Selanjutnya, dari kombinasi gamet-gamet tersebut diperoleh individu-individu generasi F₂ dengan nisbah DD : Dd : dd = 1 : 2 : 1. Jika DD dan dd dikelompokkan menjadi satu (karena sama-sama melambangkan individu tinggi), maka nisbah tersebut menjadi D : dd = 3 : 1. Pewarisan suatu sifat ditentukan oleh pewarisan materi tertentu, yang dalam contoh tersebut dilambangkan dengan D atau d. Mendel menyebut materi yang diwariskan ini sebagai faktor

keturunan (herediter), yang pada perkembangan berikutnya hingga sekarang dinamakan gen.

3.1.1 Terminologi

Ada beberapa istilah yang perlu diketahui untuk menjelaskan prinsip-prinsip pewarisan sifat. Seperti telah disebutkan di atas, P adalah individu tetua, F1 adalah keturunan generasi pertama, dan F2 adalah keturunan generasi ke dua. Selanjutnya, gen D dikatakan sebagai gen atau alel dominan, sedang gen d merupakan gen atau alel resesif. Alel adalah bentuk alternatif suatu gen yang terdapat pada lokus (tempat) tertentu. Gen D dikatakan dominan terhadap gen d, karena ekspresi gen D akan menutupi ekspresi gen d jika keduanya terdapat bersama-sama dalam satu individu (Dd). Dengan demikian, gen dominan adalah gen yang ekspresinya menutupi ekspresi alelnya. Sebaliknya, gen resesif adalah gen yang ekspresinya ditutupi oleh ekspresi alelnya. Individu Dd dinamakan individu heterozigot, sedang individu DD dan dd masing-masing disebut sebagai individu homozigot dominan dan homozigot resesif. Sifat-sifat yang dapat langsung diamati pada individu-individu tersebut, yakni tinggi atau pendek, dinamakan fenotipe. Jadi, fenotipe adalah ekspresi gen yang langsung dapat diamati sebagai suatu sifat pada suatu individu. Sementara itu, susunan genetik yang mendasari pemunculan suatu sifat dinamakan genotipe. Pada contoh tersebut di atas, fenotipe tinggi (D-) dapat dihasilkan dari genotipe DD atau Dd, sedang fenotipe pendek (dd) hanya dihasilkan dari genotipe dd. Nampak bahwa pada individu homozigot resesif, lambang untuk fenotipe sama dengan lambang untuk genotipe.

3.1.2 Hukum Segregasi

Sebelum melakukan suatu persilangan, setiap individu menghasilkan gamet-gamet yang kandungan gennya separuh dari kandungan gen pada individu. Sebagai contoh, individu DD akan membentuk gamet D, dan individu dd akan membentuk gamet d. Pada individu Dd, yang menghasilkan gamet D dan gamet d, akan terlihat bahwa gen D dan gen d akan dipisahkan (disegregasi) ke dalam gamet-gamet yang terbentuk tersebut. Prinsip inilah yang kemudian dikenal sebagai hukum segregasi atau hukum Mendel I.

“Pada waktu berlangsung pembentukan gamet, tiap pasang gen akan disegregasi ke dalam masing-masing gamet yang terbentuk.”

3.1.3 Hukum Pemilihan Bebas

Persilangan yang hanya menyangkut pola pewarisan satu macam sifat seperti yang dilakukan oleh Mendel tersebut di atas dinamakan persilangan monohibrid. Mendel melakukan persilangan monohibrid untuk enam macam sifat lainnya, yaitu warna bunga (ungu-putih), warna kotiledon (hijau-kuning), warna biji (hijau-kuning), bentuk polong (rata-berlekuk), permukaan biji (halus-keriput), dan letak bunga (aksial-terminal). Selain persilangan monohibrid, Mendel juga melakukan persilangan dihibrid, yaitu persilangan yang melibatkan pola perwarisan dua macam sifat seketika. Salah satu di antaranya adalah persilangan galur murni kedelai berbiji kuning-halus dengan galur murni berbiji hijau-keriput. Hasilnya berupa tanaman kedelai generasi F1 yang semuanya berbiji kuning-halus. Ketika

tanaman F1 ini dibiarkan menyerbuk sendiri, maka diperoleh empat macam individu generasi F2, masing-masing berbiji kuning-halus, kuning-keriput, hijau-halus, dan hijau-keriput dengan nisbah 9 : 3 : 3 : 1.

Jika gen yang menyebabkan biji berwarna kuning dan hijau masing-masing adalah gen G dan g, sedang gen yang menyebabkan biji halus dan keriput masing-masing adalah gen W dan gen w, maka persilangan dihibrid tersebut dapat digambarkan secara skema, fenotipe F2 memiliki nisbah 9 : 3 : 3 : 1 .

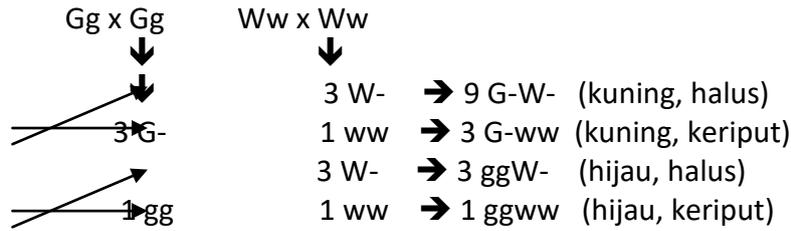


Gambar 2.2. Diagram persilangan dihibrid untuk sifat warna dan bentuk biji

Sebagai akibat terjadinya segregasi gen G dan W secara independen. Dengan demikian, gamet-gamet yang terbentuk dapat mengandung kombinasi gen dominan dengan gen dominan (GW), gen dominan dengan gen resesif (Gw dan gW), serta gen resesif dengan gen resesif (gw). Hal inilah yang kemudian dikenal sebagai hukum pemilihan bebas (*the law of independent assortment*) atau hukum Mendel II.

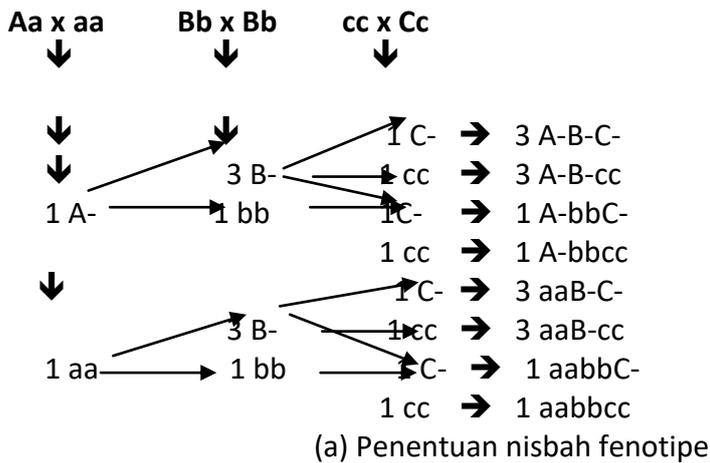
“Segregasi suatu pasangan gen tidak bergantung kepada segregasi pasangan gen lainnya, sehingga di dalam gamet-gamet yang terbentuk akan terjadi pemilihan kombinasi gen-gen secara bebas”.

Diagram kombinasi gamet ♂ dan gamet ♀ dalam menghasilkan individu generasi F₂ seperti pada Gambar 4.2. dinamakan **diagram Punnett**. Ada cara lain yang dapat digunakan untuk menentukan kombinasi gamet pada individu generasi F₂, yaitu menggunakan diagram anak garpu (*fork line*). Cara ini didasarkan pada perhitungan matematika bahwa persilangan dihibrid merupakan dua kali persilangan monohibrid. Untuk contoh persilangan sesama individu GgWw, diagram anak garpunya adalah sebagai berikut.

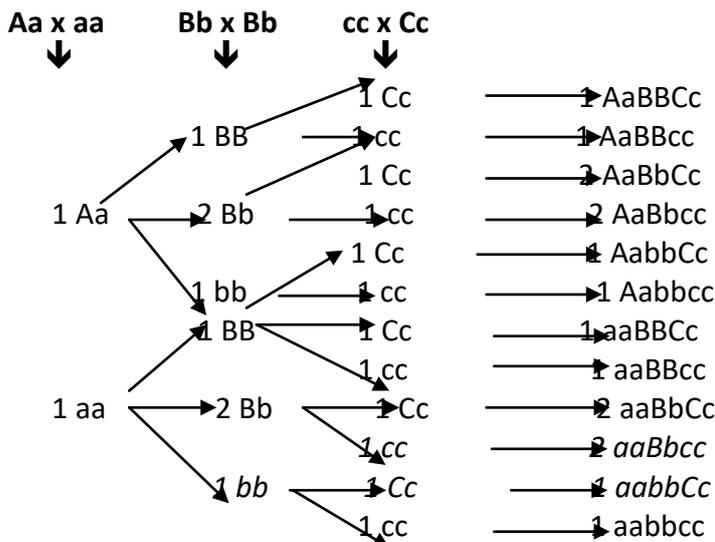


Gambar 2.3. Diagram anak garpu pada persilangan dihibrid

Penentuan nisbah fenotipe F2 menggunakan diagram anak garpu dapat dilakukan dengan lebih cepat dan dengan risiko kekeliruan yang lebih kecil daripada penggunaan diagram Punnett. Kelebihan cara diagram anak garpu ini akan lebih terasa apabila persilangan yang dilakukan melibatkan lebih dari dua pasang gen (trihybrid, tetrahibrid, dan seterusnya) atau pada persilangan-persilangan di antara individu yang genotipenya tidak sama. Sebagai contoh, hasil persilangan antara $AaBbcc$ dan $aaBbCc$ akan lebih mudah diketahui nisbah fenotipe dan genotipenya apabila digunakan cara diagram anak garpu. yaitu :



(a) Penentuan nisbah fenotipe



(b) Penentuan nisbah genotipe

Gambar 2.4. Contoh penggunaan diagram anak garpu

3.1.4 Formulasi matematika pada berbagai jenis persilangan

Individu F1 pada suatu persilangan monohybrid, misalnya Aa, akan menghasilkan dua macam gamet, yaitu A dan a. Gamet-gamet ini, baik dari individu jantan maupun betina, akan bergabung menghasilkan empat individu F2 yang dapat dikelompokkan menjadi dua macam fenotipe (A- dan aa) atau tiga macam genotipe (AA, Aa, dan aa).

Sementara itu, individu F1 pada persilangan dihibrid, misalnya AaBb, akan membentuk empat macam gamet, masing-masing AB, Ab, aB, dan ab. Selanjutnya pada generasi F2 akan diperoleh 16 individu yang terdiri atas empat macam fenotipe (A-B-, A-bb, aaB-, dan aabb) atau sembilan macam genotipe (AABB, AABb, Aabb, AaBB, AaBb, Aabb, aaBB, aaBb, dan aabb).

Dari angka-angka tersebut akan terlihat adanya hubungan matematika antara jenis persilangan (banyaknya pasangan gen), macam gamet F1, jumlah individu F2, serta macam fenotipe dan genotipe F2. Hubungan matematika akan diperoleh pula pada persilangan-persilangan yang melibatkan pasangan gen yang lebih banyak (trihybrid, tetrahibrid, dan seterusnya), sehingga secara ringkas dapat ditentukan formulasi matematika. Seperti pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1. Formulasi matematika pada berbagai persilangan

Nisbah fenotipe F ₂	Macam gamet F ₁	Jumlah individu F ₂	Macam fenotipe F ₂	Macam genotipe F ₂	Formulasi
monohybrid	2	4	2	3	3 : 1
Dihybrid	4	16	4	9	9 : 3 : 3 : 1
Trihibrid	8	64	8	27	27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1
n hibrid	2 ⁿ	4 ⁿ	2 ⁿ	3 ⁿ	(3 : 1) ⁿ

Pada kolom terakhir dapat dilihat adanya formulasi untuk nisbah fenotipe F₂. Kalau angka-angka pada nisbah 3 : 1 dijumlahkan lalu dikuadratkan, maka akan didapatkan (3 + 1)² = 3² + 2.3.1 + 1² = 9 + 3 + 3 + 1, yang tidak lain merupakan angka-angka pada nisbah hasil persilangan dihibrid. Demikian pula jika dilakukan pemangkat tigaan, maka akan diperoleh (3 + 1)³ = 3³ + 3.3².1¹ + 3.3¹.1² + 1³ = 27 + 9 + 9 + 9 + 3 + 3 + 3 + 1, yang merupakan angka-angka pada nisbah hasil persilangan trihibrid.

3.1.5 Silang balik (*back cross*) dan silang uji (*test cross*)

Silang balik ialah persilangan suatu individu dengan salah satu tetuanya. Sebagai contoh, individu Aa hasil persilangan antara AA dan aa dapat disilangbalikkan, baik dengan AA maupun aa. Silang balik antara Aa dan AA akan menghasilkan satu macam fenotipe, yaitu A-, atau dua macam genotipe, yaitu AA dan Aa dengan nisbah 1 : 1. Sementara itu, silang balik antara Aa dan aa akan menghasilkan dua macam fenotipe, yaitu A- dan aa dengan nisbah 1 : 1, atau dua macam genotipe, yaitu Aa dan aa dengan nisbah 1 : 1.

Manfaat praktis silang balik adalah untuk memasukkan gen tertentu yang diinginkan ke dalam suatu individu. Melalui silang balik yang dilakukan berulang-ulang, dapat dimungkinkan terjadinya pemisahan gen-gen tertentu yang terletak pada satu kromosom sebagai akibat berlangsungnya peristiwa pindah silang (lihat juga Bab V). Hal ini banyak

diterapkan di bidang pertanian, misalnya untuk memisahkan gen yang mengatur daya simpan beras dan gen yang menyebabkan rasa nasi kurang enak. Dengan memisahkan dua gen yang terletak pada satu kromosom ini, dapat diperoleh varietas padi yang berasnya tahan simpan dan rasa nasinya enak.

Apabila suatu silang balik dilakukan dengan tetuanya yang homozigot resesif, maka silang balik semacam ini disebut juga silang uji. Akan tetapi, silang uji sebenarnya tidak harus terjadi antara suatu individu dan tetuanya yang homozigot resesif. Pada prinsipnya semua persilangan yang melibatkan individu homozigot resesif (baik tetua maupun bukan tetua) dinamakan silang uji.

Istilah silang uji digunakan untuk menunjukkan bahwa persilangan semacam ini dapat menentukan genotipe suatu individu. Sebagai contoh, suatu tanaman yang fenotipnya tinggi (D-) dapat ditentukan genotipnya (DD atau Dd) melalui silang uji dengan tanaman homozigot resesif (dd). Kemungkinan hasilnya dapat dilihat pada diagram dibawah ini.



Gambar 2.5. Contoh diagram silang uji

Jadi, apabila tanaman tinggi yang disilang uji adalah homozigot (DD), maka hasilnya berupa satu macam fenotipe, yaitu tanaman tinggi. Sebaliknya, jika tanaman tersebut heterozigot (Dd), maka hasilnya ada dua macam fenotipe, yaitu tanaman tinggi dan pendek dengan nisbah 1 : 1.

3.1.6 Modifikasi Nisbah Mendel

Percobaan-percobaan persilangan sering kali memberikan hasil yang seakan-akan menyimpang dari hukum Mendel. Dalam hal ini tampak bahwa nisbah fenotipe yang diperoleh mengalami modifikasi dari nisbah yang seharusnya sebagai akibat terjadinya aksi gen tertentu. Secara garis besar modifikasi nisbah Mendel dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu modifikasi nisbah 3 : 1 dan modifikasi nisbah 9 : 3 : 3 : 1.

a. Modifikasi Nisbah 3 : 1

Ada tiga peristiwa yang menyebabkan terjadinya modifikasi nisbah 3 : 1, yaitu semi dominansi, kodominansi, dan gen letal.

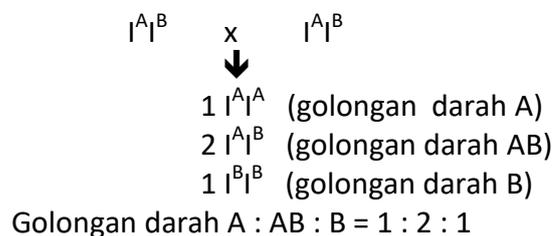
1) Semi dominansi

Peristiwa semi dominansi terjadi apabila suatu gen dominan tidak menutupi pengaruh alel resesifnya dengan sempurna, sehingga pada individu heterozigot akan muncul sifat antara (intermedier). Dengan demikian, individu heterozigot akan memiliki fenotipe yang berbeda dengan fenotipe individu homozigot dominan. Akibatnya, pada generasi F2 tidak didapatkan nisbah fenotipe 3 : 1, tetapi menjadi 1 : 2 : 1 seperti halnya nisbah genotipe.

Contoh peristiwa semi dominansi dapat dilihat pada pewarisan warna bunga pada tanaman bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa*). Gen yang mengatur warna bunga pada tanaman ini adalah M, yang menyebabkan bunga berwarna merah, dan gen m, yang menyebabkan bunga berwarna putih. Gen M tidak dominan sempurna terhadap gen m, sehingga warna bunga pada individu Mm bukannya merah, melainkan merah muda. Oleh karena itu, hasil persilangan sesama genotipe Mm akan menghasilkan generasi F2 dengan nisbah fenotipe merah: merah muda : putih = 1 : 2 : 1.

2) Kodominansi

Seperti halnya semi dominansi, peristiwa kodominansi akan menghasilkan nisbah fenotipe 1 : 2 : 1 pada generasi F2. Bedanya, kodominansi tidak memunculkan sifat antara pada individu heterozigot, tetapi menghasilkan sifat yang merupakan hasil ekspresi masing-masing alel. Dengan perkataan lain, kedua alel akan sama-sama diekspresikan dan tidak saling menutupi. Peristiwa kodominansi dapat dilihat misalnya pada pewarisan golongan darah sistem ABO pada manusia (alel ganda). Gen IA dan IB masing-masing menyebabkan terbentuknya antigen A dan antigen B di dalam eritrosit individu yang memilikinya. Pada individu dengan golongan darah AB (bergenotipe IAIB) akan terdapat baik antigen A maupun antigen B di dalam eritrositnya. Artinya, gen IA dan IB sama-sama diekspresikan pada individu heterozigot tersebut. Perkawinan antara laki-laki dan perempuan yang masing-masing memiliki golongan darah AB dapat digambarkan seperti pada diagram berikut ini:



Gambar 2.6. Diagram persilangan sesama individu bergolongan darah AB

3) Gen letal

Gen letal ialah gen yang dapat mengakibatkan kematian pada individu homozigot. Kematian ini dapat terjadi pada masa embrio atau beberapa saat setelah kelahiran. Akan tetapi, adakalanya pula terdapat sifat subletal, yang menyebabkan kematian pada waktu individu yang bersangkutan menjelang dewasa. Ada dua macam gen letal, yaitu gen letal dominan dan gen letal resesif. Gen letal dominan dalam keadaan heterozigot dapat menimbulkan efek subletal atau kelainan fenotipe, sedang gen letal resesif cenderung menghasilkan fenotipe normal pada individu heterozigot.

Peristiwa letal dominan antara lain dapat dilihat pada ayam redep (*creeper*), yaitu ayam dengan kaki dan sayap yang pendek serta mempunyai genotipe heterozigot (Cpcp). Ayam dengan genotipe CpCp mengalami kematian pada masa embrio. Apabila sesama ayam redep dikawinkan, akan diperoleh keturunan dengan nisbah fenotipe ayam redep (Cpcp) : ayam normal (cpcp) = 2 : 1. Hal ini karena ayam dengan genotipe

CpCp tidak pernah ada. Sementara itu, gen letal resesif misalnya adalah gen penyebab albino pada tanaman jagung. Tanaman jagung dengan genotipe gg akan mengalami kematian setelah cadangan makanan di dalam biji habis, karena tanaman ini tidak mampu melakukan fotosintesis sehubungan dengan tidak adanya khlorofil. Tanaman Gg memiliki warna hijau kekuningan, sedang tanaman GG adalah hijau normal. Persilangan antara sesama tanaman Gg akan menghasilkan keturunan dengan nisbah fenotipe normal (GG) : kekuningan (Gg) = 1 : 2.

4) Modifikasi Nisbah 9 : 3 : 3 : 1

Modifikasi nisbah 9 : 3 : 3 : 1 disebabkan oleh peristiwa yang dinamakan epistasis, yaitu penutupan ekspresi suatu gen nonalelik. Jadi, dalam hal ini suatu gen bersifat dominan terhadap gen lain yang bukan alelnya. Ada beberapa macam epistasis, masing-masing menghasilkan nisbah fenotipe yang berbeda pada generasi F2.

b Epistasis resesif

Peristiwa epistasis resesif terjadi apabila suatu gen resesif menutupi ekspresi gen lain yang bukan alelnya. Akibat peristiwa ini, pada generasi F2 akan diperoleh nisbah fenotipe 9:3:4. Contoh epistasis resesif dapat dilihat pada pewarisan warna bulu mencit (*Mus musculus*). Ada dua pasang gen nonalelik yang mengatur warna bulu pada mencit, yaitu gen A menyebabkan bulu berwarna kelabu, gen a menyebabkan bulu berwarna hitam, gen C menyebabkan pigmentasi normal, dan gen c menyebabkan tidak ada pigmentasi.

1) Epistasis dominan

Pada peristiwa epistasis dominan terjadi penutupan ekspresi gen oleh suatu gen dominan yang bukan alelnya. Nisbah fenotipe pada generasi F2 dengan adanya epistasis dominan adalah 12 : 3 : 1. Peristiwa epistasis dominan dapat dilihat misalnya pada pewarisan warna buah waluh besar (*Cucurbitapepo*). Dalam hal ini terdapat gen Y yang menyebabkan buah berwarna kuning dan alelnya yang menyebabkan buah berwarna hijau. Selain itu, ada gen W yang menghalangi pigmentasi dan w yang tidak menghalangi pigmentasi. Persilangan antara waluh putih (WWYY) dan waluh hijau (wwyy) menghasilkan nisbah fenotipe generasi F2.

2) Epistasis resesif ganda

Apabila gen resesif dari suatu pasangan gen, katakanlah gen I, epistatis terhadap pasangan gen lain, katakanlah gen II, yang bukan alelnya, sementara gen resesif dari pasangan gen II ini juga epistatis terhadap pasangan gen I, maka epistasis yang terjadi dinamakan epistasis resesif ganda. Epistasis ini menghasilkan nisbah fenotipe 9 : 7 pada generasi F2. Sebagai contoh peristiwa epistasis resesif ganda dapat dikemukakan pewarisan kandungan HCN pada tanaman *Trifolium repens*.

3) Epistasis dominan ganda

Apabila gen dominan dari pasangan gen I epistatis terhadap pasangan gen II yang bukan alelnya, sementara gen dominan dari pasangan gen II ini juga epistatis terhadap pasangan gen I, maka epistasis yang terjadi dinamakan epistasis dominan ganda. Epistasis ini menghasilkan nisbah fenotipe 15 : 1 pada generasi F2. Contoh peristiwa

epistasis dominan ganda dapat dilihat pada pewarisan bentuk buah *Capsella*. Ada dua macam bentuk buah *Capsella*, yaitu segitiga dan oval. Bentuk segitiga disebabkan oleh gen dominan C dan D, sedang bentuk oval disebabkan oleh gen resesif c dan d. Dalam hal ini C dominan terhadap D dan d, sedangkan D dominan terhadap C dan c.

4) Epistasis dominan-resesif

Epistasis dominan-resesif terjadi apabila gen dominan dari pasangan gen I epistatis terhadap pasangan gen II yang bukan alelnya, sementara gen resesif dari pasangan gen II ini juga epistatis terhadap pasangan gen I. Epistasis ini menghasilkan nisbah fenotipe 13 : 3 pada generasi F₂. Contoh peristiwa epistasis dominan-resesif dapat dilihat pada pewarisan warna bulu ayam ras. Dalam hal ini terdapat pasangan gen I, yang menghalangi pigmentasi, dan alelnya, i, yang tidak menghalangi pigmentasi. Selain itu, terdapat gen C, yang menimbulkan pigmentasi, dan alelnya, c, yang tidak menimbulkan pigmentasi. Gen I dominan terhadap C dan c, sedangkan gen c dominan terhadap I dan i.

5) Epistasis gen duplikat dengan efek kumulatif

Pada *Cucurbitapepo* dikenal tiga macam bentuk buah, yaitu cakram, bulat, dan lonjong. Gen yang mengatur pemunculan fenotipe tersebut ada dua pasang, masing-masing B dan b serta L dan l. Apabila pada suatu individu terdapat sebuah atau dua buah gen dominan dari salah satu pasangan gen tersebut, maka fenotipe yang muncul adalah bentuk buah bulat (B-l atau bbL-). Sementara itu, apabila sebuah atau dua buah gen dominan dari kedua pasangan gen tersebut berada pada suatu individu, maka fenotipe yang dihasilkan adalah bentuk buah cakram (B-L-). Adapun fenotipe tanpa gen dominan (bbl) akan berupa buah berbentuk lonjong. Pewarisan sifat semacam ini dinamakan epistasis gen duplikat dengan efek kumulatif.

c. Interaksi Gen

Selain mengalami berbagai modifikasi nisbah fenotipe karena adanya peristiwa aksi gen tertentu, terdapat pula penyimpangan semu terhadap hukum Mendel yang tidak melibatkan modifikasi nisbah fenotipe, tetapi menimbulkan fenotipe-fenotipe yang merupakan hasil kerja sama atau interaksi dua pasang gen nonalelik. Peristiwa semacam ini dinamakan interaksi gen. Peristiwa interaksi gen pertama kali dilaporkan oleh W. Bateson dan R.C. Punnet setelah mereka mengamati pola pewarisan bentuk jengger ayam. Dalam hal ini terdapat empat macam bentuk jengger ayam, yaitu mawar, kacang, walnut, dan tunggal.

Persilangan ayam berjengger mawar dengan ayam berjengger kacang menghasilkan keturunan dengan bentuk jengger yang sama sekali berbeda dengan bentuk jengger kedua tetuanya. Ayam hibrid (hasil persilangan) ini memiliki jengger berbentuk walnut. Selanjutnya, apabila ayam berjengger walnut disilangkan dengan sesamanya, maka diperoleh generasi F₂ dengan nisbah fenotipe walnut : mawar : kacang : tunggal = 9 : 3 : 3 : 1.

Dari nisbah fenotipe tersebut, terlihat adanya satu kelas fenotipe yang sebelumnya tidak pernah dijumpai, yaitu bentuk jengger tunggal. Munculnya fenotipe ini, dan juga fenotipe walnut, mengindikasikan adanya keterlibatan dua pasang gen nonalelik yang

berinteraksi untuk menghasilkan suatu fenotipe. Kedua pasang gen tersebut masing-masing ditunjukkan oleh fenotipe mawar dan fenotipe kacang. Apabila gen yang bertanggung jawab atas munculnya fenotipe mawar adalah R, sedangkan gen untuk fenotipe kacang adalah P, maka keempat macam fenotipe tersebut masing-masing dapat dituliskan sebagai R-pp untuk mawar, rrP- untuk kacang, R-P-untuk walnut, dan rpp untuk tunggal.

3.1.7 Teori Peluang

Percobaan-percobaan persilangan secara teori akan menghasilkan keturunan dengan nisbah tertentu. Nisbah teoretis ini pada hakikatnya merupakan peluang diperolehnya suatu hasil, baik berupa fenotipe maupun genotipe. Sebagai contoh, persilangan monohybrid antara sesama individu Aa akan memberikan nisbah fenotipe A- : aa = 3 : 1 dan nisbah genotipe AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1 pada generasi F₂. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa peluang diperolehnya fenotipe A- dari persilangan tersebut adalah 3/4, sedangkan peluang munculnya fenotipe aa adalah 1/4. Begitu juga, untuk genotipe, peluang munculnya AA, Aa, dan aa masing-masing adalah 1/4, 2/4 (=1/2), dan 1/4.

Peluang munculnya suatu kejadian dapat didefinisikan sebagai nisbah munculnya kejadian tersebut terhadap seluruh kejadian. Nilai peluang berkisar dari 0 (0%) hingga 1 (100%). Kejadian yang tidak pernah muncul sama sekali dikatakan memiliki peluang = 0, sedangkan kejadian yang selalu muncul dikatakan memiliki peluang = 1. Dua kejadian independen untuk muncul bersama-sama akan memiliki peluang yang besarnya sama dengan hasil kali masing-masing peluang kejadian. Sebagai contoh, kejadian I dan II yang independen masing-masing memiliki peluang = 1/2. Peluang bagi kejadian I dan II untuk muncul bersama-sama = 1/2 x 1/2 = 1/4. Contoh lainnya adalah pada pelemparan dua mata uang logam sekaligus. Jika peluang untuk mendapatkan salah satu sisi mata uang = 1/2, maka peluang untuk mendapatkan sisi mata uang tersebut pada dua mata uang logam yang dilempar sekaligus = 1/2 x 1/2 = 1/4.

Apabila ada dua kejadian, misalnya A dan B yang masing-masing memiliki peluang kemunculan sebesar p dan q, maka sebaran peluang kemunculan kedua kejadian tersebut adalah $(p + q)^n$. Dalam hal ini n menunjukkan banyaknya ulangan yang dilakukan untuk memunculkan kejadian tersebut. Untuk jelasnya bisa dilihat contoh soal berikut ini. Berapa peluang untuk memperoleh tiga sisi bergambar burung garuda dan dua sisi tulisan pada uang logam Rp 100,00 apabila lima mata uang logam tersebut dilemparkan bersama-sama secara independen? Jawab: Peluang memperoleh sisi gambar = p = 1/2, sedangkan peluang memperoleh sisi tulisan = q = 1/2. Sebaran peluang memperoleh kedua sisi tersebut = $(p + q)^5 = p^5 + 5 p^4q + 10 p^3q^2 + 10 p^2q^3 + 5 pq^4 + q^5$. Dengan demikian, peluang memperoleh tiga sisi gambar dan dua sisi tulisan = $10 p^3q^2 = 10 (1/2)^3(1/2)^2 = 10/32$. Contoh lain penghitungan peluang misalnya pada sepasang suami-istri yang masing-masing pembawa (karier) sifat albino. Gen penyebab albino adalah gen resesif a. Jika mereka ingin memiliki empat orang anak yang semuanya normal, maka peluang terpenuhinya keinginan tersebut adalah 81/256.

Latihan

Hukum Mendel mendasari genetika, coba kerjakan latihan berikut:

- 1) Prinsip-prinsip Genetika Hukum Mendel I (Hukum Pembentukan Gamet sealel atau Hukum Segregasi) "Pada pembentukan gamet (sel kelamin), kedua gen yang merupakan pasangan itu akan dipisahkan (disegregasikan) ke dalam dua sel anak secara bebas."
Coba Anda Buat Persilangan, jika Parental Hitam(HH) x Putih (hh), bagaimana hasil keturunan F1 dan F2 nya?
- 2) Intermedier/Semi Dominan = Kedua sifat sama kuat
"Yaitu penyilangan dengan satu sifat beda, dimana alela dominan tidak mampu menutupi ekspresi alela resesif secara sempurna."
Coba Anda Buat Persilangan jika Parental Merah (MM) x Putih (hh); bagaimana hasil keturunan F1 dan F2nya?
- 3) Hukum Mendel II (Hukum Pengelompokan Gen Secara Bebas atau Independent Assortment) "Bila dua individu berbeda dengan yang lain dalam dua pasang sifat atau lebih, maka diturunkan sifat yang sepasang itu tak tergantung dari pasangan sifat yang lain".
Coba Anda buat persilangan Hitam Panjang (HHPP) x Putih Pendek (hhpp). Bagaimana hasil keturunan F1 dan F2nya.

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Parental Hitam(HH) x Putih (hh) → F1 = Hh ; Hh (abu-abu/monohibrid)
→ F2 = Hh x Hh

HH	Hh	Hh	hh
1 Hitam;	2 Abu-abu;	1 Putih	
- 2) Parental Merah(MM) x Putih(hh) → F1 = Mm (merah muda)
→ F2 = Mm x Mm

MM	Mm	Mm	mm
1 Merah;	2 merah muda;	1 Putih	
	(Intermedier)		
- 3) Hitam panjang x putih pendek = HHPP x hhpp
gamet HP hp
F1 : HhPp (Hitam Panjang)
P2 : HhPp x HhPp

	HP	Hp	hP	hp
HP	HHPP	HHPp	HhPP	HhPp
Hp	HHPp	HHpp	HHPp	HHpp
hP	HhPP	HhPp	hhPP	hhPp
hp	HhPp	Hhpp	hhPp	hhpp

Ringkasan

Genetika adalah ilmu yang mempelajari sifat-sifat keturunan (hereditas) serta segala seluk beluknya secara ilmiah. Orang yang dianggap sebagai “Bapak Genetika” adalah Johann Gregor Mendel. Mendel mempelajari hereditas pada tanaman kacang ercis (*Pisumsativum*) dengan alasan: Memiliki pasangan-pasangan sifat yang menyolok. Biasanya melakukan penyerbukan sendiri (Self polination). Dapat dengan mudah diadakan penyerbukan silang dan segera menghasilkan keturunan. Galur Murni adalah varietas yang terdiri dari genotip yang homozigot. Simbol “F” (= Filium) menyatakan turunan, sedang simbol “P” (=Parentum) menyatakan induk. Hibrida (bastar) adalah keturunan dari penyerbukan silang dengan sifat-sifat beda ; jika satu sifat beda disebut Monohibrida, jika 2 sifat beda disebut Dihibrida dst.

Dominan adalah sifat-sifat yang tampak (manifes) pada keturunan. Resesif adalah sifat-sifat yang tidak muncul pada keturunan. Tiap sifat organisma hidup dikendalikan oleh sepasang “faktor keturunan”. Pada waktu itu Mendel belum menggunakan istilah “gen”. Tiap pasangan faktor keturunan menunjukkan bentuk alternatif sesamanya, kedua bentuk alternatif disebut pasangan alela. Satu dari pasangan alela itu dominan dan menutup alela yang resesif bila keduanya ada bersama-sama. Pada pembentukan “gamet” alela akan memisah, setiap gamet menerima satu faktor alela tersebut dikenal sebagai Hukum Pemisahan Mendel atau Prinsip Segregasi Secara Bebas. Individu Murni mempunyai dua alela yang sama (homozigot), alel dominan diberi simbol huruf besar sedang alel resesif huruf kecil. Genotip adalah komposisi faktor keturunan (tidak tampak secara fisik). Fenotip adalah sifat yang tampak pada keturunan. Pada hibrida atau polihibrida berlaku Prinsip Berpasangan Secara Bebas.

Tes 3

- 1) Orang yang pertama-tama menaruh perhatian dan membuat perhitungan-perhitungan yang cermat dari hasil berbagai macam persilangan dengan menggunakan tanaman kapri atau ercis (*Pisumsativum*) ialah
 - A. Gregor Johann Mendel
 - B. Raux
 - C. Waldeyer
 - D. Kuwanda
 - E. Kaufman

- 2) Mendel berkeinginan sebagai pengajar, tetapi setelah dua kali melakukan sertifikasi selalu gagal, beliau memutuskan untuk melanjutkan risetnya pada tumbuhan. Ercis selama delapan tahun yaitu mulai
 - A. 1856-1863
 - B. 1825- 1883
 - C. 1856 - 1879

- D. 1888 - 1933
E. 1878 - 1939
- 3) Alel ganda pada manusia biasanya dapat kita jumpai ,misalnya dalam
A. albino
B. anadonta
C. buta warna
D. golongan darah
E. haemophilia
- 4) Penghitungan peluang contohnya pada sepasang suami-istri yang masing-masing pembawa (karier) sifat albino. Gen penyebab albino adalah gen resesif a. Jika mereka ingin memiliki empat orang anak yang semuanya normal, maka peluang terpenuhinya keinginan tersebut adalah
A. $10/235$
B. $18/256$
C. $81/256$
D. $82/225$
E. $83/265$
- 5) Mendel telah mencontohkan peristiwa semi dominansi dapat dilihat pada pewarisan warna bunga tanaman bunga pukul empat yang disebut (Mirabilisjalapa).
A. Merabelajalaapa
B. Mirabilisjalapa
C. Miraharina
D. Miraaulina
E. Mirajulipa
- 6) Perkawinan antara pria dan wanita yang masing-masing memiliki golongan darah AB dapat menghasilkan generasi F2 dengan nisbah fenotif A:AB:B adalah
A. $12 : 3 : 1$
B. $9 : 6 : 1$
C. $9 : 3 : 4$
D. $1 : 3 : 1$
E. $1 : 2 : 1$
- 7) Perkawinan antara F2 dengan salah satu induknya dinamakan
A. Resiprok
B. Back Cross
C. Test cross
D. Epistasis
E. Polimeris

- 8) Perkawinan antara F2 dengan induk atau individu yang homozigot resesif disebut
- A. polimeris
 - B. epistasis
 - C. resiprok
 - D. Test Cross
 - E. Back Cross
- 9) Persilangan 1 sifat beda (Bb x Bb) akan menghasilkan rasio fenotip: bulat : kisut sama dengan
- A. 15 : 1
 - B. 9 : 7
 - C. 3 : 1
 - D. 2 : 4
 - E. 13 : 3
- 10) Persilangan 2 sifat beda (BbTt x BbTt) akan menghasilkan rasio fenotip: bulat tinggi : bulat pendek : kisut tinggi : kisut pendek sama dengan
- A. 3 : 3 : 3 : 1
 - B. 9 : 1 : 3 : 1
 - C. 9 : 3 : 2 : 1
 - D. 13 : 9 : 3 : 1
 - E. 9 : 3 : 3 : 1
- 11) Aneuploidi terjadi karena peristiwa
- A. kriptomeri
 - B. pautan
 - C. pindah silang
 - D. gagal berpisah
 - E. polimeri
- 12) Poliploidi artinya
- A. ada penambahan dua atau satu kromosom haploid
 - B. memiliki banyak kromosom
 - C. memiliki kelipatan jumlah kromosom
 - D. memiliki banyak sifat menurun
 - E. hanya ada satu kromosom
- 13) Sifat yang muncul pada pembastaran heterozigot dengan sifat beda yang berdiri sendiri-sendiri tetapi mempengaruhi bagian yang sama dari suatu organisme adalah
- A. polimeri
 - B. kriptomeri
 - C. poliploid
 - D. aneuploidi
 - E. hipostasis

- 14) Pada hasil penelitian diperoleh data sebagai berikut
Fenotip tetua = 2000
Fenotip rekombinan = 1000
Harga FR (NP) =
- A. 40%
 - B. 15%
 - C. 25%
 - D. 20%
 - E. 33,3%
- 15) Perbandingan genotip 15 : 1 dihasilkan oleh keturunan F dari
- A. Persilangan dengan poliploidi
 - B. Persilangan kriptomeri
 - C. Persilangan dengan dua sifat beda polimeri
 - D. Persilangan dengan tiga sifat beda
 - E. Persilangan satu sifat beda
- 16) Jika seorang wanita bergolongan darah A heterozigot kawin dengan pria golongan darah B heterozigot, maka kemungkinan golongan darah keturunannya adalah
- A. $A : B : AB : O = 1 : 1 : 1 : 1$
 - B. tidak akan ada yang O
 - C. hanya $A : B = 1 : 1$
 - D. semua AB
 - E. hanya $AB : O = 1 : 1$
- 17) Pernyataan yang benar tentang buta warna adalah
- A. faktor buta warna resesif dan terpaut kromosom Y
 - B. faktor buta warna dominan dan terpaut kromosom Y
 - C. faktor buta warna resesif dan terpaut kromosom X
 - D. faktor buta warna dominan dan terpaut kromosom X
 - E. faktor buta warna kodominan dan terpaut kromosom X
- 18) Peta silsilah menggambarkan
- A. charta yang digunakan untuk melacak abnormalitas genetik beberapa generasi
 - B. charta pewarisan penyakit menurun
 - C. charta hubungan genetik individu-individu
 - D. charta para penderita penyakit menurun
 - E. charta hubungan antar individu
- 19) Penyebab gangguan mental FKU adalah
- A. fenilpiruvat merusak sistem saraf sehingga individu menderita gangguan mental
 - B. individu yang homozigot resesif menimbun fenilalanin dalam urin
 - C. kedua orang tua yang heterozigot yang penampakannya normal

- D. kegagalan tubuh penderita membentuk enzim pengubah fenilalanin menjadi tirosin
 - E. kegagalan tubuh penderita membentuk fenilalanin
- 20) Pernyataan sifat resesif dan dominan di bawah ini benar, *kecuali*
- A. sifat resesif hanya muncul pada persilangan dihibrida
 - B. sifat resesif hanya muncul dalam keadaan homozigot
 - C. sifat dominan pasti muncul pada setiap keturunan
 - D. sifat resesif homozigot pasti akan muncul pada setiap keturunan
 - E. sifat dominan tidak akan muncul pada F2

Kunci Jawaban Tes

Tes 1

- 1) Istilah *omnis cellula e cellula* atau setiap sel berasal dari sel dikemukakan oleh tokoh yang bernama Rudolf Virchow yang ia kemukakan pada 1855. Hukum ini berdasarkan penemuannya pada sel.
- 2) **Prokariota** adalah makhluk hidup yang tidak memiliki membran inti sel (= *karyon*), sedangkan eukariota memiliki membran inti sel. Semua prokariota adalah uniseluler, kecuali myxobacteria yang sempat menjadi multiseluler di salah satu tahap siklus hidup biologinya. Kesamaannya, eukariota dan prokariota sama-sama mengandung struktur RNA/protein yang besar, dinamakan ribosom, yang memproduksi protein.
- 3) Fungsi utama nukleus adalah untuk menjaga integritas gen-gen tersebut dan mengontrol aktivitas sel dengan mengelola ekspresi gen. Selain itu, nukleus juga berfungsi untuk mengorganisasikan gen saat terjadi pembelahan sel, memproduksi mRNA untuk mengkodekan protein, sebagai tempat sintesis ribosom, tempat terjadinya replikasi dan transkripsi dari DNA, serta mengatur kapan dan di mana ekspresi gen harus dimulai, dijalankan, dan diakhiri.
- 4) Membran sel yang membungkus sel memiliki sifat “pilih kasih” dalam memilih zat-zat yang dapat masuk atau keluar sel. Hal ini disebut selektif permeabel. Struktur yang dimiliki oleh membran sel membuatnya mampu melakukan hal tersebut (Baca tentang Membran Sel). Selain dari strukturnya fosfolipid bilayer, “pilih kasih” ini pula didukung oleh adanya mekanisme transport aktif dan protein transport.
- 5) **Perbedaan sel hewan dan sel tumbuhan** dapat kita lihat pada kehadiran **organel sentriol** atau sentrosom. Sentriol umumnya tidak ada pada sel tumbuhan atau hanya ada pada sel tumbuhan yang motil, sedangkan pada sel hewan, ditemukan adanya sentriol dan mikrotubulnya yang berperan dalam proses pembelahan sel. Selain organel sentriol, **perbedaan sel hewan dan sel tumbuhan** terletak pada kehadiran organel lisosom. **Lisosom adalah organel** yang berfungsi dalam lisis atau mencerna substansi dalam **sitoplasma** yang berisi enzim pencernaan.
- 6) Fungsi utama dari ribosom adalah untuk sintesis protein dan sesuai dengan urutan asam amino sebagaimana ditentukan dalam RNA messenger.
- 7) Pada tumbuhan, dinding-dinding sel sebagian besar terbentuk oleh polimer karbohidrat (pektin, selulosa, hemiselulosa, dan lignin sebagai penyusun penting). Oleh karena itu dinding sel tumbuhan bersifat kaku.
- 8) Lisosom adalah organel sel berupa kantong terikat membran yang berisi enzim hidrolitik yang berguna untuk mengontrol pencernaan intraseluler pada berbagai keadaan. Lisosom ditemukan pada tahun 1950 oleh Christian de Duve dan ditemukan pada semua sel eukariotik. Di dalamnya, organel ini memiliki 40 jenis enzim hidrolitik asam seperti protease, nuklease, glikosidase, lipase, fosfolipase, fosfatase, ataupun sulfatase. Semua enzim tersebut aktif pada pH 5. Fungsi utama lisosom adalah endositosis, fagositosis, dan autofagi. Pada tumbuhan organel ini lebih dikenal sebagai

vakuola, yang selain untuk mencerna, mempunyai fungsi menyimpan senyawa organik yang dihasilkan tanaman.

- 9) **Transport pasif** merupakan transport ion, molekul, dan senyawa yang tidak memerlukan energi untuk melewati membrane plasma. Transport pasif mencakup osmosis dan difusi. Osmosis adalah kasus khusus dari transport pasif, di mana molekul air berdifusi melewati membran yang bersifat selektif permeabel. Dalam sistem osmosis, dikenal larutan hipertonik (larutan yang mempunyai konsentrasi terlarut tinggi), larutan hipotonik (larutan dengan konsentrasi terlarut rendah), dan larutan isotonik (dua larutan yang mempunyai konsentrasi terlarut sama). Jika terdapat dua larutan yang tidak sama konsentrasinya, maka molekul air melewati membran sampai kedua larutan seimbang.
- 10) Berbeda dengan difusi difasilitasi yang tidak memerlukan energi dan membawa molekul atau ion menuruni gradien konsentrasi, transport aktif memompa molekul dan ion melawan gradien konsentrasi. Kadang-kadang suatu organisme perlu untuk mengangkut sesuatu melawan gradien konsentrasi, seperti ion tertentu, atau glukosa dan asam amino. Satu-satunya cara ini bisa dilakukan adalah melalui transport aktif yang menggunakan protein transport dan energi yang dihasilkan oleh respirasi selular (ATP) atau melalui gradien elektrokimia. Pada transport aktif, partikel bergerak melintasi membran sel dari konsentrasi rendah ke konsentrasi yang lebih tinggi.

Tes 2

- 1) Tahap Profase I dibagi menjadi 5 subfase, yaitu:
 - Leptonema** : Benang-benang kromatin memendek dan menebal, serta mudah menyerap zat warna dan membentuk kromosom mengalami *Kondensasi*.
 - Zigonema** : Sentromer membelah menjadi dua dan bergerak ke arah kutub yang berlawanan, sementara itu kromosom homolog saling berpasangan (*Sinapsis*).
 - Pakinema** : Terjadi duplikasi kromosom.
 - Diplonema** : Kromosom homolog saling menjauhi, terjadi pelekatan berbentuk X yang disebut *Kiasma* dan merupakan tempat terjadinya 'Crossing Over'.
 - Diakinesis** : Terbentuk benang-benang spindel, dua sentriol sampai pada kutub yang berlawanan, membran inti dan nukleus menghilang.
- 2) Sesuai tahapan profase 1, pernyataan yang paling sesuai adalah Sentromer membelah menjadi dua.
- 3) Pemisahan kromatid yang membentuk kromosom serta gerakan kromatid ke kutub-kutub yang letaknya berlawanan adalah tahapan dari peristiwa anaphase 2.
- 4) Pada pembelahan meiosis II mikrosporogenesis akan terbentuk 4 mikrospora diploid. Sepasang sel haploid membelah meiosis II menghasilkan 4 mikrospora haploid yang berkelompok menjadi satu disebut tetrad. Mikrosporogenesis yaitu proses pembentukan gamet jantan pada tumbuhan. Gamet jantan diproduksi di dalam butir serbuk sari melalui pembagian generatif sel menjadi dua inti sperma.
- 5) Sesuai urutan profase 1, pernyataan yang paling tepat adalah No.1.

- 6) **Replikasi DNA** adalah proses penggandaan rantai ganda DNA. Pada sel, replikasi DNA terjadi sebelum pembelahan sel. Prokariota terus-menerus melakukan replikasi DNA. Pada eukariota, waktu terjadinya replikasi DNA sangatlah diatur, yaitu pada fase S siklus sel, sebelum mitosis atau meiosis I.
- 7) Stadium interfase dibedakan atas beberapa fase: 1. G₁ : secara spesifik, pada tahap G₁ ukuran sel bertambah besar akibat pertumbuhan sel. 2. S : Pada tahap S, terjadi duplikasi kromosom dan sintesis DNA (replikasi DNA). Kromosom yang semula tunggal akhirnya berubah menjadi ganda. 3. G₂ : Pada tahap G₂, sel tumbuh sempurna sebagai persiapan untuk pembelahan sel. Pada fase ini, ADN cepat sekali bertambah kompleks dengan protein kromosom dan pembentukan ARN (asam ribonukleat) serta protein berlangsung. Mitosis dibedakan atas beberapa fase, yaitu profase, metafase, anafase dan telofase.
- 8) Meiosis sendiri memiliki tujuan untuk mempertahankan adanya diploid, sedangkan bagi mitosis tujuan prosesnya adalah untuk masa pertumbuhan seseorang. Sehingga sifat sel anak yang dimiliki oleh meiosis adalah berupa haploid atau n. Sedangkan untuk mitosis sifat sel anaknya adalah diploid atau 2n.
- 9) Pindah silang terjadi selama profase meiosis I. Ketika kromosom homolog pertama kali muncul bersama sebagai pasangan selama profase I, suatu perlengkapan protein yang dinamakan kompleks sinaptonemal (synaptonemal complex) menggabungkan kromosom sehingga terikat kuat satu dengan yang lainnya, fungsinya mirip ritsleting.
- 10) Pada tahap metaphase kromosom terletak berjajar pada bidang ekuator. Bagian sentromer kromosom berikatan dengan kinetokor yang berhubungan dengan benang spindle. Pada fase ini kromosom tampak paling jelas terlihat sehingga jumlahnya mudah diidentifikasi. Metafase adalah tahap yang memerlukan energi terkecil dan waktu yang paling singkat.

Tes 3

- 1) Orang yang pertama-tama menaruh perhatian dan membuat perhitungan-perhitungan yang cermat dari hasil berbagai macam persilangan dengan menggunakan tanaman kapri atau ercis (*Pisum sativum*) ialah Gregor Johann Mendel. Dalam penelitiannya selama delapan tahun (1856-1863) Mendel menggunakan tanaman kapri atau ercis (*Pisum sativum*). Ia memilih menggunakan tanaman ini karena terdapat berbagai sifat yang menguntungkan, yaitu: tanaman kapri dapat mengadakan penyerbukan sendiri dan dapat disilangkan, serta memiliki beberapa bagian yang dapat memperlihatkan sifat yang kontras, yaitu: ukuran tanaman (tinggi lawan rendah), batang tanaman (bunga sepanjang batang lawan bunga di ujung batang), buah polong, dan biji.
- 2) Sudah jelas.
- 3) Alel sebagai anggota dari sepasang gen yang memiliki pengaruh berlawanan. Misalnya gen B memiliki peran untuk menumbuhkan karakter pigmentasi kulit secara normal. Gen B dapat membentuk melanin karena diekspresikan sepenuhnya pada penampakan fisik organisme. Dalam hal ini gen B menimbulkan karakter yang dominan. Apabila gen

B bermutasi maka akan berubah menjadi b, sehingga pigmentasi kulit secara normal, tidak dapat dilakukan. Gen b menimbulkan karakter yang berbeda, yaitu resesif. Karakter resesif ini menumbuhkan karakter albinisme (tidak terbentuk melanin). Sedangkan alel ganda (*multiple alelo murphi*) adalah beberapa alel lebih dari satu gen yang menempati lokus sama pada kromosom homolognya. Contoh golongan darah, warna bulu kelinci dan lain-lain.

- 4) Jawabannya mengikuti teori peluang

$$\begin{array}{ccc} Aa & \times & Aa \\ \text{suami} & & \text{istri} \\ \downarrow & & \\ 3 A- & \text{(normal)} & \\ 1 aa & \text{(albino)} & \end{array}$$

Peluang munculnya anak normal = $3/4$ (misalnya = p)

Peluang munculnya anak albino = $1/4$ (misalnya = q)

Karena ingin diperoleh empat anak, maka sebaran peluangnya = $(p + q)^4$
 $= p^4 + 4p^3q + 6p^2q^2 + 4pq^3 + q^4$

Peluang mendapatkan empat anak normal = $p^4 = (3/4)^4 = 81/256$

- 5) Percobaan peristiwa semi dominasi dilakukan dengan melihat pewarisan warna bunga pukul empat atau disebut juga mirabilis jalapa.
- 6) Gol darah AB = $I^A I^B$

$$\begin{array}{ccc} I^A I^B & \times & I^A I^B \\ \downarrow & & \\ 1 I^A I^A & \text{(golongan darah A)} & \\ 2 I^A I^B & \text{(golongan darah AB)} & \\ 1 I^B I^B & \text{(golongan darah B)} & \end{array}$$

Golongan darah A : AB : B = 1 : 2 : 1

- 7) Buta warna adalah Buta warna adalah penyakit keturunan yang menyebabkan seseorang tidak bisa membedakan warna merah dengan biru, atau kuning dengan hijau. Penyakit keturunan ini disebabkan oleh gen resesif cb (*color blind*). Gen buta warna terpaut pada kromosom X. Sebagaimana penderita hemofilia, pada penderita buta warna juga memiliki genotip yang berbeda antara wanita dan laki-laki.
- 8) Peta silsilah menggambarkan pola pewarisan sifat manusia kepada keturunannya sehingga dapat menggambarkan hubungan genetik.
- 9) Fenilketonia (FKU) yang disebabkan oleh kegagalan tubuh mensintesis enzim yang mengubah fenilalanin menjadi tiroksin. Di dalam darah penderita mengandung senyawa yang tinggi. Kandungan senyawa dari fenilalanin ini adalah asam fenilpiruvat yang dapat merusak sistem saraf sehingga menimbulkan gangguan mental.

- 10) Alel atau gen yang muncul disebut “dominan”, dan alel yang disembunyikan disebut “resesif.” Alel resesif atau gen hanya akan muncul jika keturunannya mewarisi salinan sifat resesif dari kedua orang tuanya (homozigot), karena jika heterozigot, maka sifat yang muncul adalah dominan.

Daftar Pustaka

- Alberts B. 1994. *Biologi Molekuler Sel*. Edisi Kedua. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 2004. *Kurikulum Sekolah Menengah Kejuruan (GBPP) Mata Pelajaran Biologi*. Depdikbud, Jakarta.
- Kirei. 2008. *Fisiologi Hewan*. <http://wikimedia.commons> [13 Oktober 2010].
- Yunus, A. 2009. *Komunikasi Antar Sel*. <http://askar.perikanan.umi.com/>. [13 Oktober 2010].
- Curtis, Helena, Bernes, N.Sue. 1989. *Biology*. fifth edition. Worth Publishers, Inc.
- Stone, David. 1997. *Biodiversity of Indonesia*. tien Wah Press, Singapore.
- Solomon et. Al. 1993. *Biology*, 3rd ed. Saunders-College Publishing, fort Worth.
- Tom Strachan, Andrew P Read. 1999. *Human Molecular Genetics* (edisi ke-2). Wiley-Liss. hlm. Chromosomes in cells. ISBN1-85996-202-5. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/bookshelf/br.fcgi?book=hmg&part=A127>. Diakses pada 2010-08-09.
- Alberts B, Johnson A, Lewis J, Raff M, Roberts K, Walter P. 2002. *Molecular Biology of The Cell*. New York and London: Garland Science.
- Cell membrane. John W. Kimball. Diakses pada 20 Juli 2010
4. George J Siegel, Bernard W Agranoff, R Wayne Albers, Stephen K Fisher, dan Michael D Uhler. (1999). *Basic Neurochemistry - Molecular, Cellular and Medical Aspects* (edisi ke-6). Lippincott-Raven. hlm. Phospholipid Bilayers. ISBN0-397-51820-X. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/bookshelf/br.fcgi?book=bnchm&part=A93#A98>. Diakses pada 2010-07-19.
5. The fluid mosaic model of the structure of cell membranes. Singer SJ, Nicolson GL. Diakses pada 20 Juli 2010
- Physical behavior of the hydrophobic core of membranes: properties of 1-stearoyl-2-linoleoyl-sn-glycerol. Department of Biophysics, Boston University School of Medicine; Di L, Small DM.. Diakses pada 20 Juli 2010
- Goldman, Robert D., Yosef Gruenbaum, Robert D. Moir, Dale K. Shumaker and Timothy P. Spann. 2002. "Nuclear lamins: building blocks of nuclear architecture". *Genes & Dev.* (16): 533–547. DOI:10.1101/gad.960502.

Wildan Yatim. 2005. *Genetika*. Bandung: Tarsito.

Gibson, John. 2002. *Fisiologi & Anatomi Modern untuk Perawat*. Jakarta: EGC.

Hereditas. <http://id.m.wikipedia.org/wiki/Hereditas?wasRedirected=true>. (12/06/2013).

Kromosom. <http://id.m.wikipedia.org/wiki/Kromosom?wasRedirected=true>. (12/06/2013).

Laras Arumingtyas, Estri, fatchiyah. 2006. kromosom. <http://google.com/kromosom?> (12/06/2013).

Maryati, Sri. 2006. *Biologi*. Pewarisan Sifat. Jakarta: Erlangga.

Nurhayati, Nunung. 2008. *Biologi Bilingual*. Bandung: Yrama Widya.

Suryo. 1989. *Genetika manusia*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Campbell, dkk. 1999. *Biologi*. Jakarta: Balai Pustaka.

C.Pai, Anna, Muchdin Apandi. 1997. *Dasar-Dasar Genetika*. Bandung: Kannisius.

Jusuf, Muhammad. 1995. *Genetika 1 Struktur & Ekspresi Gen*. Jakarta: Sagung Seto.

Print, Murray. 1998. *Pengantar Gen & DNA*. Jakarta: Pakar Raya.

Suryo. 1994. *Genetika Strata 1*. Bandung: Gajah Mada University Press.

Suryo. 1994. *Genetika Manusia*. Bandung: Gajah Mada University Press.

[http://aguskrisnoblog.wordpress.com/2012/01/13/pola-persebaran-penyakit-genetik-akondroplasia-dalam-ranah-populasi/diakses 17/7/2013](http://aguskrisnoblog.wordpress.com/2012/01/13/pola-persebaran-penyakit-genetik-akondroplasia-dalam-ranah-populasi/diakses%2017/7/2013)

<http://www.medicinesia.com/kedokteran-dasar/sel-dan-biomolekuler/penyakit-autosomal-dominan/resesif>. 17/7/2013.

<http://dc386.4shared.com/doc/OrwlpsrA/preview.html>. 17/7/2013.

<http://www.medicinesia.com/kedokteran-dasar/sel-dan-biomolekuler/penyakit-gonosom-dominan/resesif/>. 17/7/2013.

BAB II

BIOMEKANIK BIOLISTRIK DAN FLUIDA

PENDAHULUAN

Salam hangat dan bahagia selalu, semoga Tuhan YME senantiasa memberikan kekuatan, perlindungan dan keselamatan kepada kita, Amin.

Mata kuliah ini memberikan pemahaman agar mahasiswa mengetahui, mengerti dan memahami arti pentingnya Fisika dalam kehidupan manusia sehingga dapat menerapkan konsep fisika dalam kesehatan. Dengan kemampuan menganalisa dan berpikir kritis tentang fisika dalam bidang kesehatan, mempresentasikan dan membahas masalah-masalah fisika di bidang kesehatan, dan mampu mencari dan memilih konsep fisika sesuai dengan permasalahan yang terjadi, maka Anda akan berpeluang besar untuk menemukan langkah-langkah yang efektif dalam penyelesaian masalah-masalah dalam asuhan keperawatan.

Bab 2 berjudul Pengantar Fisika ini *membahas tentang* Konsep Biomekanika, Bioelektrik, dan Bioakustik.

Bab ini dikemas dalam tiga topik dan seluruhnya diberikan alokasi 9 jam pembelajaran, yang disusun dengan urutan sebagai berikut.

Topik 1: Konsep Biomekanik

Topik 2: Konsep Bioelektrik

Topik 3: Konsep Fluida

Setelah mempelajari Topik 2 ini, peserta PJJ diharapkan mampu menjelaskan satuan pengukuran, hukum dasar biomekanika, gaya pada tubuh, analisa gaya dan kegunaan dalam klinik, fisika olahraga. Mampu menjelaskan konsep kelistrikan dalam aktivitas sistem organ saraf dan kardiovaskuler. Mampu menjelaskan konsep bunyi, gelombang bunyi dan kecepatan, sumber bunyi, pembagian frekuensi bunyi, intensitas bunyi, skala desibel, kekerasan bunyi, asas dopler, ultrasonic dalam kedokteran, alat pendengaran, bising, vibrasi. Bab kedua ini merupakan ilmu yang mendasari fisiologi dari organ atupum sistem organ.

Belajar fisika berarti mengenali beberapa konsep seperti partikel, massa, muatan, dan lainnya, yang lalu memiliki hubungan tertentu satu dengan yang lainnya; kemudian mempelajari teori teori yang mampu menjelaskan dan merangkum sebanyak mungkin peristiwa dan hubungan. Fisika selalu bertitik tolak dari hasil pengamatan (melihat), lalu dipelajari untuk melihat bagaimana hubungan yang ada antara beberapa besaran yang relevan. Hal ini sesuai dengan proses keperawatan yang bertitik tolak dari pengkajian sampai dengan evaluasi. Mekanika mempelajari pergerakan tubuh, peawat pun selalu berhubungan dengan mobilisasi klien. Fluida mempelajari cairan yang dalam kaitannya sangat berhubungan dengan kebutuhan dan keseimbangan cairan tubuh. Bio akustik erat kaitannya dengan salah satu fungsi pancaindra yaitu pendengaran.

Fisika keperawatan merupakan dasar ilmu untuk mempertimbangkan dan memprediksi fenomena yang terjadi untuk menyelesaikan masalah keperawatan klien. Fisika dalam keperawatan juga merupakan ilmu dasar dalam memberikan asuhan keperawatan, misalnya untuk pemenuhan kebutuhan suhu tubuh, latihan aktif dan pasif dan lain-lain.

Untuk memudahkan Anda mengikuti proses pembelajaran dalam Bab 1 ini, maka akan lebih mudah bagi Anda untuk mengikuti langkah-langkah belajar sebagai berikut.

1. Pahami lebih dulu pengetahuan dasar dan kepentingan fisika dalam aktivitas sehari-hari Anda sebagai manusia dan calon perawat ahli madya.
2. Pelajari secara berurutan Topik 1, 2 dan 3.
3. Baca dengan seksama materi yang disampaikan.
4. Kerjakan latihan-latihan/tugas-tugas terkait dengan materi yang dibahas dan diskusikan dengan teman Anda atau fasilitator/tutor pada saat kegiatan tatap muka.
5. Pada bagian akhir Anda diminta untuk latihan melakukan pengamatan terhadap perilaku seseorang dalam berkomunikasi, selanjutnya Anda diminta untuk mengidentifikasi jenis komunikasi yang dilakukan.
6. Buat ringkasan dari materi yang dibahas untuk memudahkan Anda mengingat.
7. Kerjakan evaluasi proses pembelajaran untuk setiap materi yang dibahas dan cocokkan jawaban Anda dengan kunci yang disediakan pada akhir setiap unit.
8. Jika Anda mengalami kesulitan diskusikan dengan teman Anda dan konsultasikan kepada fasilitator.
9. Keberhasilan proses pembelajaran Anda dalam mempelajari materi dalam Bab ini tergantung dari kesungguhan Anda dalam mengerjakan latihan. Untuk itu belajarlah dan berlatih secara mandiri atau berkelompok dengan teman sejawat Anda.

Kami berharap, Anda dapat mengikuti keseluruhan topik dalam Bab ini dengan baik. Saya yakin Anda mampu menyelesaikan Bab ini dengan baik.

Petunjuk Bagi Tutor

1. Pahami Capaian Pembelajaran dalam Bab 1 ini.
2. Motivasi peserta didik untuk membaca dengan seksama materi yang disampaikan dan berikan penjelasan untuk hal-hal yang dianggap sulit.
3. Motivasi peserta didik untuk mengerjakan latihan-latihan/tugas-tugas terkait dengan materi yang dibahas.
4. Identifikasi kesulitan peserta didik dalam mempelajari Bab terutama materi-materi yang dianggap penting.
5. Jika peserta didik mengalami kesulitan, mintalah peserta didik mendiskusikan dalam kelompok atau kelas dan berikan kesimpulan.
6. Motivasi peserta didik untuk mengerjakan evaluasi proses pembelajaran untuk setiap materi yang dibahas dan mendiskusikannya dengan teman sejawat.

Bersama peserta didik, lakukan penilaian terhadap kemampuan yang dicapai peserta didik.

Topik 1

Biomekanika

Setelah menyelesaikan Unit Topik 1 diharapkan Anda memahami ilmu fisika tentang konsep biomekanika sebagai landasan dalam melaksanakan asuhan keperawatan.

Setelah menyelesaikan Topik 1, diharapkan Anda dapat:

1. Menjelaskan pengukuran dan satuan.
2. Hukum dasar biomekanika.
3. Gaya pada tubuh dan analisa gaya kegunaan dalam bidang kesehatan.

Pada bagian ini akan dibahas tentang pengukuran dan satuan yang merupakan dasar dalam hasil pengamatan. Satuan sangat erat kaitannya dalam fisika karena semua hasil ukur harus memiliki besaran (baik vektor/skalar). Biomekanika merupakan dasar dalam mempelajari gerak benda, dalam hal ini yang kita pelajari adalah pergerakan manusia. Semuanya berdasarkan hukum-hukum Newton. Aspek yang terkait dengan pergerakan adalah konsep kecepatan dan percepatan, gravitasi, pusat masa, konsep statis, dan dinamis. Kita juga dituntut untuk dapat melakukan analisis gaya untuk menentukan masalah dan mencari solusi. Terakhir kita dapat mengaplikasikannya di dalam dunia kesehatan seperti pengangkutan pasien, mobilisasi klien, traksi, gaya otot, sistem pengumpul.

1. KONSEP BIOMEKANIKA

Agar memudahkan Anda memahami materi ini, kami akan menguraikan materi ini ke dalam empat pertanyaan sebagai panduan seperti di bawah ini.

Pengantar? Aukum dasar? Aspek biomekanika? Aplikasi di dunia kesehatan?

2. PENGUKURAN DAN SATUAN

Saudara, sebelum belajar lebih lanjut fisika dalam keperawatan maka pada awal Topik ini akan kita bahas pengertian fisika, berasal dari kata *physics* dari bahasa Yunani, berarti membicarakan alam dan fenomenanya. Fisika dapat dikatakan sebagai ilmu pemahaman mengenai alam semesta. Sejumlah konsep, seperti "posisi", "waktu", "massa", "gaya", "elektron", "suhu", dsb; dan hubungan-hubungan yang teramati antara berbagai konsep itu. Hubungan-hubungan itu disebut "prinsip". Ketika seseorang mengamati bahwa benda-benda sekitarnya berpindah tempat. Maka dalam melukiskan peristiwa itu, disepakati adanya konsep (pengertian) "posisi", yang berubah terhadap "waktu", sehingga diperoleh turunan bernama "kecepatan" dan "percepatan". Dalam proses ilmiah dilakukan pengamatan terhadap peristiwa alam dan eksperimen. Untuk menyusun eksperimen diperlukan suatu model dari peristiwa nyata. Untuk membantu memahami aspek fisik dari tubuh manusia, dibutuhkan analogi, yaitu suatu pemisalan atau pendekatan sederhana.

Model: Imaginasi ilmuwan tentang peristiwa alam yang dibuat untuk menjelaskan peristiwa alam yang sesungguhnya dengan berdasar pada idealisasi dan asumsi-asumsi. Pemodelan adalah melakukan pendekatan untuk mendapatkan gambaran sederhana dan bersifat umum yang bermanfaat dalam membantu pengkajian suatu masalah. Model dapat berbentuk suatu gambar skema sederhana atau berbentuk persamaan matematis, baik dalam pengamatan peristiwa alam ataupun eksperimen diperlukan pengukuran besaran fisika untuk mendapatkan data kuantitatif untuk menguji kebenaran model dan memahami sistem tersebut.

Pengukuran adalah proses perbandingan besaran yang tidak diketahui dengan besaran standar yang telah ditetapkan. Untuk itu diperlukan **Alat Ukur**. Fisika = “*Science of Measurement*” Pengukuran terhadap sifat-sifat fisis dilakukan dengan membandingkan besaran yang akan diukur dengan suatu besaran standar yang dinyatakan dengan bilangan dan satuan. Ada dua komponen penting dalam penyajian Hasil Pengukuran, yaitu “**Harga**” dan “**Satuan**”. Untuk menentukan Harga dan Satuan diperlukan **standar ukuran** dan **Sistem Satuan**. (*Terdapat berbagai sistem satuan, baik yang berlaku secara lokal/tradisional maupun internasional*). Dalam dunia keilmuan telah disepakati bahwa sistem satuan yang dipakai adalah Sistem Internasional atau **SI** (*Le Systeme International d’Unites*) dan penyajian harga digunakan Sistem Matriks (desimal). Untuk membuat alat ukur perlu dilakukan **Kalibrasi**. Kalibrasi dilakukan berdasarkan standar ukuran (acuan) dan satuan yang dipakai. Dalam kehidupan sehari-hari terdapat berbagai macam sistem satuan dan sistem penyajian harga (angka). *Pengukuran* adalah cara untuk mendapatkan informasi yang kuantitatif terhadap sifat-sifat fisis. Sifat-sifat fisis = ‘besaran’.

Besaran-besaran fisis adalah pembentuk utama fisika yang menyatakan hukum-hukum fisika, misalnya: panjang, massa, waktu, gaya, kecepatan, resistivitas, temperatur dsb. *Besaran dinyatakan dengan angka dan satuan adalah ukuran dari suatu besaran*. Besaran yang tidak tergantung pada besaran-besaran lainnya disebut besaran pokok. *Besaran dasar/besaran pokok* adalah besaran fisis yang terdefinisi secara praktis dan dapat diterima secara Internasional. Misal: Massa satuannya kilogram, Panjang satuannya meter, waktu satuannya detik. Ada yang dinamakan *besaran turunan*, yang ditetapkan berdasarkan satuan-satuan besaran pokok, misalnya luas, volume dan massa jenis, laju, percepatan, gaya dsb.

Dalam setiap melakukan pengukuran tentunya dapat terjadi kesalahan, berikut ini faktor kesalahan yang mungkin dilakukan dalam pengukuran data medis:

1. *False positive* (FP): penderita dinyatakan menderita suatu penyakit padahal sama sekali tidak.
2. *False negative* (FN): penderita dinyatakan tidak menderita suatu penyakit padahal menderita penyakit tersebut.

Saudara-Saudara peserta PJJ yang berbahagia, hal yang perlu diperhatikan dalam pengukuran untuk mengurangi FP dan FN: Dalam pengambilan pengukuran, sering terjadi kesalahan paralaks atau deviasi pembacaan hasil pengukuran, hal ini akibat kesalahan

pengamat ketika membaca nilai pengukuran, Pengulangan pengukuran, Penggunaan alat-alat yang dapat dipercaya, Kalibrasi sepatutnya terhadap alat.

3. Hukum dasar biomekanika

3.1 Hukum Newton pertama

3.1.1 Benda mempunyai sifat mempertahankan keadaannya; setiap benda yang dalam keadaan diam mempunyai kecenderungan untuk tetap diam, sedangkan bila benda sedang bergerak maka benda itu cenderung untuk terus bergerak.

3.1.2 Sifat ini diartikan sebagai kelembaman (inersia). Hukum Newton pertama dikenal sebagai hukum kelembaman. Oleh Newton gejala ini dinyatakan sebagai berikut: "Setiap benda akan tetap berada pada keadaan diam atau bergerak lurus beraturan, kecuali jika benda itu dipaksa untuk mengubah keadaan tersebut oleh gaya-gaya yang dikerjakan pada benda itu".

$$\Sigma F = 0$$

3.2 Hukum Newton kedua

3.2.1 Bila ada gaya yang bekerja pada suatu benda maka benda tersebut akan mengalami suatu percepatan yang arahnya sama dengan arah gaya.

$$F = m \cdot a$$

Di mana :

m = massa benda atau massa inisial (kg)

a = percepatan (ms^{-2})

F = $Kg \ ms^{-2}$ = Newton

Bila percepatan = 0, berarti benda bergerak lurus beraturan (kecepatan tetap) atau dalam keadaan diam.

3.3 Hukum Newton ketiga

3.3.1 Apabila sebuah benda mengerjakan gaya pada benda lain (disebut aksi), maka benda yang kedua ini akan mengerjakan gaya pada benda pertama sama besar dan berlawanan arah dengan gaya pada benda pertama (disebut reaksi).

3.3.2 Aksi = (-) Reaksi.

4 Aspek biomekanika

4.1 Gravitasi dan pusat masa

Gravitasi adalah gaya tarikan bumi terhadap suatu benda. Jika suatu benda dilepaskan dari suatu ketinggian, maka benda tersebut akan jatuh dengan kecepatan yang semakin meningkat karena adanya pengaruh gaya gravitasi. Percepatan gravitasi dilambangkan dengan g , rata-rata percepatan gravitasi di permukaan bumi adalah $9,8 \text{ m/detik}^2$. Gaya gravitasi pada benda padat bisa disederhanakan bekerja pada satu titik yang menjadi pusat bekerjanya gravitasi. Pusat gravitasi orang normal sekitar 58% dari

tinggi orang tersebut di atas telapak kaki. Kurangnya pengendalian otot, kecelakaan, penyakit, kehamilan, berat badan berlebih, atau postur yang buruk menyebabkan berubahnya posisi cg (central gravitasi atau pusat gravitasi) ke lokasi tak alami di tubuh.

Biasanya titik pusat bekerjanya gravitasi ini juga sebagai titik pusat massa suatu benda, yaitu titik seluruh massa dari benda tersebut berada. Aktivitas yang dilakukan manusia menyebabkan titik pusat massanya tidak selalu tetap pada tubuh manusia. Manusia akan selalu mengatur sikap badannya agar merasa nyaman. Ketika mengangkat beban yang berat, seseorang akan mengatur sikap badannya untuk mencapai kestabilan (kesetimbangan stabil) ketika membawa beban tersebut. Tubuh mengompensasi cara berdirinya saat mengangkat kopor berat dengan satu lengan. Lengan yang berlawanan bergeser ke luar dan tubuh miring menjauhi objek agar cg terletak di tempat yang sesuai untuk kesetimbangan.

4.2 Statis dan dinamis

Kinematika mempelajari gerak tanpa memperhatikan penyebabnya, Dinamika adalah ilmu yang mempelajari gerak dengan memperhatikan penyebabnya. Suatu benda dikatakan dalam keadaan statis apabila benda dalam keadaan setimbang, yakni memenuhi 2 syarat berikut:

4.2.1 Jumlah gaya $\Sigma F = 0$

Jika pada A ada gaya dari kiri sebesar F_1 dan dari kanan mendapat gaya F_2 yang nilainya sama dengan F_1 . Hasil penjumlahan dari kedua gaya yang berlawanan arah tersebut adalah: $\Sigma F = F_1 + F_2 = F_1 + (- F_1) = 0$

4.2.2 Jumlah Momen gaya ($\Sigma \tau = 0$)

Momen gaya adalah perkalian antara lengan l dengan gaya F yang bekerja pada lengan tersebut.

$$\tau = F \times l$$

Lengan merupakan jarak dari sumbu perputaran menuju tempat gaya bekerja. Lengan ini arahnya tegak lurus dengan gaya tersebut. Untuk gaya yang sama, makin besar lengan yang memisahkan antara titik pusat massa atau titik diam dengan tempat gaya bekerja menyebabkan makin mudahnya sistem melakukan gerak rotasi.

Benda dikatakan dalam keadaan statis apabila tidak bergerak sama sekali. Dengan kata lain benda tersebut tidak berpindah tempat (bertranslasi) dan tidak berputar (berotasi). Jika benda bergerak, gerak translasi atau berotasi atau kedua-duanya sekaligus, berarti benda tersebut dalam keadaan dinamis.

4.3 Gaya Gesek

Gesekan (friksi) dan kehilangan energi yang terjadi akibat gesekan dapat muncul di mana pun dalam kehidupan kita sehari-hari. Gesekan yang merugikan: membatasi efisiensi berbagai mesin. Gesekan yang menguntungkan: saat tangan kita memegang tambang, berjalan atau berlari, rem mobil. Gaya maksimum gesekan: $f = \mu N$, (dengan μ adalah koefisien gesek, N adalah gaya Normal).

Adanya gaya gesek ini membuat kita dapat melangkah dan tidak tergelincir. Kalau koefisien gesek sangat kecil seperti daerah berminyak, berair atau daerah es, gaya

gesek akan kecil sehingga kita dapat tergelincir yang tidak saja membuat kita malu tetapi juga dapat menyebabkan cedera. Komponen gaya horizontal dari tumit sewaktu mengenai lantai saat seseorang berjalan telah dihitung dan didapatkan sekitar 0,15 w; dengan w adalah berat orang tersebut. Secara umum, gaya gesekan harus cukup besar saat tumit menyentuh lantai dan saat jempol kaki meninggalkan permukaan tanah agar tidak terpeleset.

4.4 Kecepatan dan percepatan

Percepatan tubuh menimbulkan sejumlah efek:

4.4.1 Seolah terjadi penambahan atau pengurangan berat tubuh.

4.4.2 Perubahan dalam tekanan hidrostatik internal.

4.4.3 Distorsi jaringan elastik tubuh.

4.4.4 Kecenderungan zat-zat padat dengan berbagai densitas yang larut dalam suatu cairan untuk berpisah.

Apabila percepatannya cukup besar, tubuh akan kehilangan kendali karena tidak memiliki gaya otot yang memadai untuk bekerja melawan gaya percepatan yang besar. Darah akan terkumpul di berbagai bagian tubuh, lokasinya bergantung pada arah percepatan. Bila seseorang mengalami percepatan dengan kepala lebih dahulu, kurangnya aliran darah ke otak akan menyebabkan pandangan gelap dan hilang kesadaran. Saat menumbuk suatu benda padat, bagian tubuh (atau keseluruhan) akan mengalami perlambatan (deselerasi) yang cepat menghasilkan gaya-gaya yang besar.

Gaya setara dengan laju perubahan momentum

$$F = m a = m (\Delta v / \Delta t) = \Delta(mv) / \Delta t$$

$$F = \text{laju perubahan momentum}$$

Contoh dari gaya dinamik di tubuh adalah penambahan berat saat jantung berdenyut (sistol). Sekitar 0,06 kg darah mendapat kecepatan sekitar 1 m/s ke atas dalam waktu $t = 0,1$ detik.

Momentum yang diberikan kpd massa darah:

$$(0,06 \text{ kg})(1 \text{ m/s}) = 0,06 \text{ kg m/s}$$

Gaya reaksi terhadap gerakan darah : $(0,06 \text{ kg m/s})(0,1 \text{ s}) = 0,6 \text{ N}$

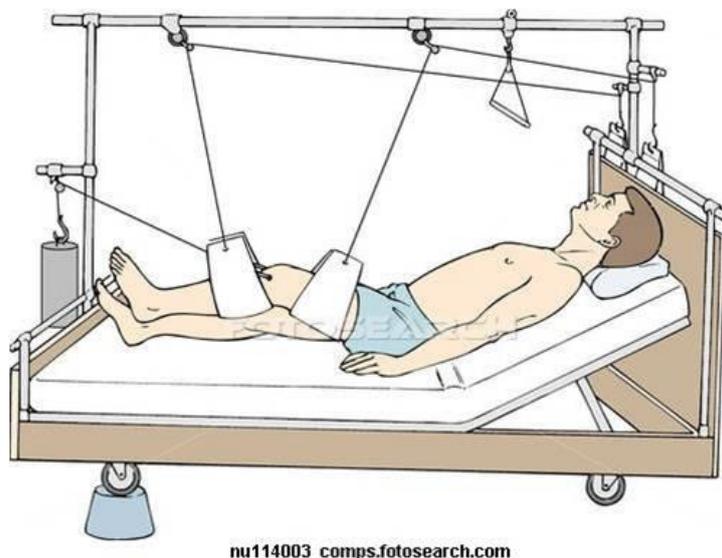
5. Aplikasi di dunia kesehatan

Saudara-Saudara peserta PJJ setelah kita memahami bagaimana biomekanik dalam tubuh kita, maka sebenarnya seorang perawat harus memahami dan menerapkan biomekanik ini untuk melindungi dirinya saat bekerja (posisi yang ergonomis) serta dapat bekerja lebih efektif dan efisien. Penerapan biomekanik dalam keperawatan dapat kita lihat pada pemenuhan kebutuhan mobilisasi pasien, ergonomi, posisi yang seimbang, analisis gaya, traksi pada tulang, sistem pengumpul dan lain-lain.



Gambar 2.1. Posisi Mengangkat Benda yang Benar

Saudara-Saudara gambar di atas menunjukkan posisi mengangkat benda yang benar, di mana posisi beban mendekati titik pusat sumbu tubuh, sehingga kontraksi otot dan lebih efektif untuk mengangkat beban.



Gambar 2.2. Traksi pada Pasien dengan Patah Tulang

Traksi merupakan tindakan konservatif dalam penatalaksanaan patah tulang sehingga tulang dapat menyambung dengan sempurna. Guna mendapatkan hasil yang maksimal maka pembebanan traksi dan posisi (sudut kemiringan) harus selalu di pertahankan sesuai dengan bentuk tubuh manusia.

Latihan

- 1) Seorang perawat sedang mendorong *gurney* dengan pasien di atasnya. Massa perawat 85 kg, massa *gurney* 20kg dan massa pasien 50kg. Perawat mendorong dengan gaya 100 N terhadap lantai.
Berapa gaya yang digunakan perawat pada *gurney*?
- 2) Seorang anak dan keranjangnya dengan massa total 10kg digantung dari timbangan dengan suatu tali. Hitung tegangan tali.
Untuk masalah ini digunakan hukum Newton kedua. Dua gaya yang bekerja pada sistem adalah tegangan T dan gaya gravitasi w. Karena anak dan keranjang dalam keadaan diam, maka gaya eksternalnya adalah nol.

$$F = T - w = 0$$

$$T = w = mg = (10 \text{ kg})(9,8 \text{ m/sec}^2) = 98 \text{ N}$$

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Soal No. 1
 Diketahui :
 Massa perawat 85kg
 Massa *gurney* 20kg
 Massa pasien 50kg
 Perawat mendorong dengan gaya 100 N terhadap lantai
 Ditanya
 Berapa gaya yang digunakan perawat pada *gurney*?
 Jawab.

$$F = ma$$

$$= (\text{massa } \textit{gurney} + \text{massa pasien}) a$$

$$= (20 \text{ kg} + 50 \text{ kg}) (0,645 \text{ m/sec}^2)$$

$$= (70 \text{ kg})(0,645 \text{ m/sec}^2)$$

$$= 45,2 \text{ kg m/sec}^2$$

$$= 45,2 \text{ N}$$
- 2) Soal No. 2
 Diketahui:
 Massa total 10 kg
 Pertanyaan:
 Tegangan tali
 Jawab:
 Asumsikan kaki memiliki panjang tulang 1 meter dengan luas permukaan rata-rata 2 cm². Berapakah perpendekan tulang kaki ketika seluruh berat tubuh 900 N ditahan oleh kaki (Modulus Young = $1,8 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$)

$$F = T - w = 0$$

$$T = w = mg = (10 \text{ kg})(9,8 \text{ m/sec}^2) = \mathbf{98 \text{ N}}$$

Ringkasan

Biomekanika sangat berkaitan erat dengan gaya, gerak dan usaha. Aspek yang terkait di dalamnya meliputi gravitasi, pusat masa, kesetimbangan, statis dan dinamis, analisis gaya, kecepatan dan percepatan. Semua aspek tersebut saling terkait dan dapat diaplikasikan untuk membantu mencari solusi terkait dengan praktik keperawatan di dunia kesehatan.

Tes 1

- 1) Berikut yang merupakan aspek Biomekanika?
 - A. Gravitasi dan pusat masa
 - B. Statis dan dinamis
 - C. Gaya Gesek
 - D. Kecepatan dan percepatan
 - E. Konstan

- 2) Ilmu yang mempelajari gerak dengan memperhatikan penyebabnya adalah
 - A. Statis
 - B. Konstan
 - C. Dinamis
 - D. Gaya Gesek
 - E. Gravitasi

Kunci jawaban:

- 1) E
- 2) C

Topik 2

Bioelektrik

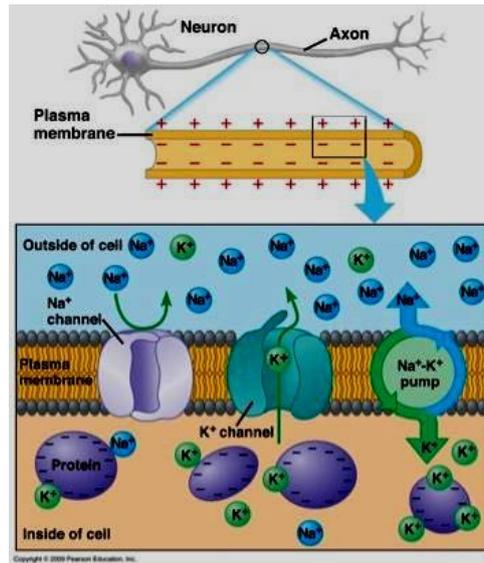
Saudara-Saudara peserta PJJ yang berbahagia, semoga Tuhan selalu memberikan kesehatan dan kekuatan kepada kita semua untuk menuntut ilmu pada kali ini. Pada kesempatan kali ini kita akan mempelajari pengaturan kelistrikan tubuh yang merupakan dasar ketika kita mengetahui aktivitas seluler dan mengalami pentingnya kelistrikan tubuh dalam kehidupan. Sebagai tanda-tanda kehidupan salah satunya adalah kelistrikan tubuh, di mana jika kita dinyatakan hidup maka kelistrikan tubuh akan mengakibatkan organ tubuh kita bekerja secara optimal. kelistrikan yang selalu dalam kondisi stabil ini sebagai dampak adanya aktivitas elektrolit dalam sel-sel tubuh. Kita juga akan mempelajari bagaimana proses pembentukan arus listrik dan medan magnet dalam tubuh kita. Pada topik ini Anda juga akan mempelajari bagaimana pengaturan kelistrikan tubuh sehingga selalu stabil dalam kondisi homeostasis.

Mahasiswa mampu menyebutkan macam-macam elektrolit penghasil listrik dalam tubuh dan menjelaskan proses pengaturan kelistrikan tubuh.

1. Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian kelistrikan tubuh.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan fungsi dan peranan kelistrikan tubuh.
3. Mahasiswa mampu menjelaskan sumber listrik dalam tubuh.
4. Mahasiswa mampu menyebutkan organ-organ pengendali kelistrikan tubuh.
5. Mahasiswa mampu menjelaskan mekanisme pengendalian kelistrikan tubuh.

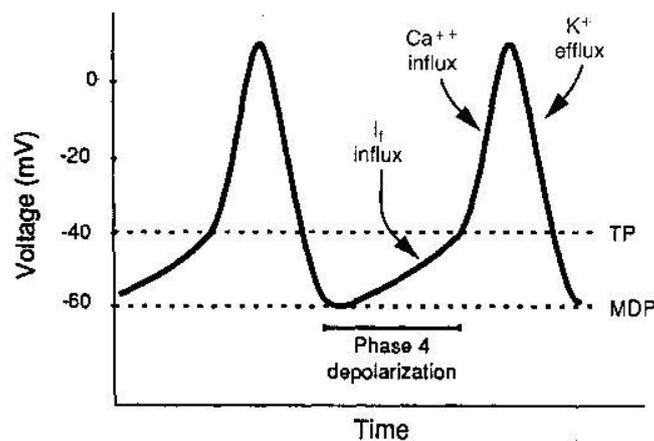
1. KELISTRIKAN DALAM TUBUH

Saudara-Saudara peserta PJJ yang berbahagia, setelah Saudara mempelajari topik sebelumnya maka selanjutnya Anda akan kami ajak mempelajari kelistrikan dalam tubuh kita. Anda akan mengetahui bahwa dalam tubuh kita memerlukan tegangan listrik untuk menggerakkan organnya. Tegangan listrik terjadi jika ada beda potensial, perbedaan jumlah elektron dari satu sisi ke sisi yang lain mengakibatkan pergerakan elektron untuk mencapai kesetabilan. Proses pergerakan elektron yang justru mengakibatkan terjadinya perbedaan jumlah mengakibatkan medan listrik selalu aktif. Dalam tubuh Anda juga demikian akan selalu muncul arus listrik, untuk menjaga supaya tegangan dan arus listrik selalu dalam kondisi homeostasis maka Anda harus mengkonsumsi elektrolit secara seimbang. Elektrolit yang sangat berperan dalam tubuh Anda adalah Na^+ , K^+ dan Ca^+ . Elektrolit Na^+ , K^+ sangat dibutuhkan oleh sel-sel saraf sehingga dapat menghantarkan signal transduksi. Dengan adanya signal transduksi tersebut maka saraf sensorik (penerima rangsang) dan saraf motorik bekerja selaras baik sinergistik maupun antagonistik.



Gambar 3.1. Sel saraf dengan Pertukaran Na^+ dan K^+ pada Membran Sel

Gambar di atas lebih memperjelas kepada kita bahwa antara elektrolit di luar sel dan di dalam membran sel mempunyai beda potensial yang disebabkan oleh jumlah muatan ion Na^+ (luar sel) dan K^+ (dalam sel) berbeda. Perbedaan ini akan semakin tinggi jika ada perpindahan ion ke dalam atau keluar melalui chanel ion yang spesifik. Semakin tinggi beda potensial maka akan mengakibatkan adanya kontraksi pada otot, kontraksi ini disebabkan oleh energi yang dilepas oleh sel akibat adanya beda potensial tersebut. Jika perbedaan ion antara yang di dalam dan di luar sel belum melampaui batas ambang (*threshold*) maka tidak menimbulkan kontraksi pada otot tersebut.



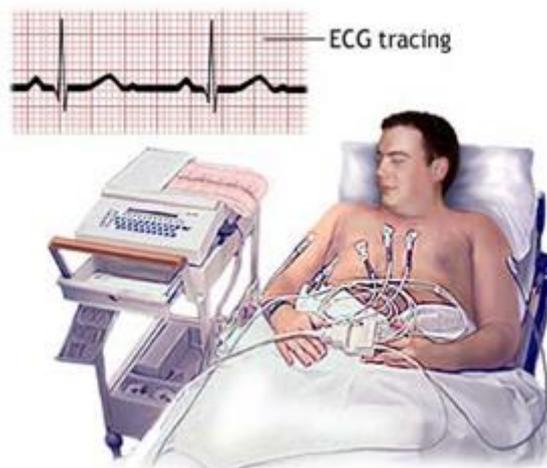
Gambar 2.2. Jika melampaui batas treshold poin (TP) maka kontraksi akan terjadi

Gambar di atas menunjukkan bagaimana mekanisme kontraksi otot jantung bekerja dengan adanya perpindahan ion Ca^+ dan K^+ pada sel-sel jantung, sehingga menimbulkan kontraksi yang poten untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Jika belum mencapai batas

threshold maka kontraksi tidak optimal dan sistem pompa darah akan tidak mampu memenuhi kebutuhan tubuh.

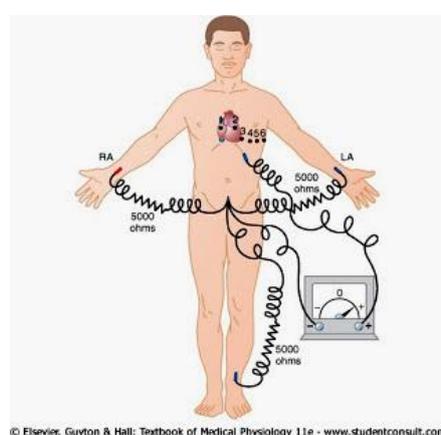
2. BIOELEKTRIK PADA OTOT JANTUNG

Saudara-Saudara peserta PJJ yang berbahagia, dalam praktek di rumah sakit proses pompa jantung melalui perpindahan elektron pada sel jantung dapat kita ukur/identifikasi dengan menggunakan elektro kardiografi (EKG). Alat elektro kardiografi merekam besarnya voltase yang dihasilkan oleh *pace marker* (pacu jantung) pada atrium kanan untuk di kirimkan ke seluruh otot jantung sehingga otot jantung dapat bekerja secara simultan untuk memenuhi kebutuhan perfusi darah di seluruh tubuh.



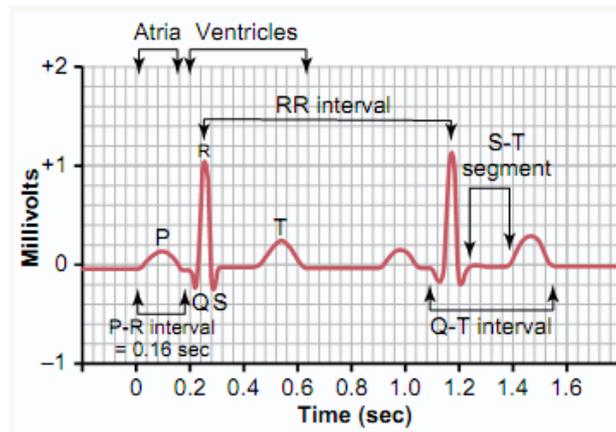
Gambar 2.3. Pemasangan sadapan ECG pada dada

Saudara-Saudara peserta PJJ yang berbahagia, ada beberapa tempat untuk pemasangan sadapan EKG, lokasi tersebut adalah: dada, ekstremitas atas kanan dan kiri, serta ekstremitas bawah. Gambar di atas sadapan digunakan untuk menggambarkan sistem konduksi pada area jantung bagian anterior, medial dan lateral.



Gambar 2.4. Gambaran sadapan EKG pada semua area

Gambar di atas menunjukkan bagaimana letak sadapan EKG secara menyeluruh, dalam hal ini kita dapat merekam lokasi superior kanan dan kiri serta daerah inferior (apex). Kelainan yang di gambarkan oleh rekaman EKG menunjukkan kelainan sistem konduksi, yaitu sistem kelistrikan pada EKG. Jika dalam kelistrikan menunjukkan hambatan atau pemanjangan maka menunjukkan gambaran kontraksi untuk pemompaan jantung tidak optimal.



Gambar 2.5. Grafik konduksi pada otot jantung

Saudara-Saudara peserta PJJ yang berbahagia, gambar di atas menunjukkan besarnya voltase yang dihasilkan oleh otot jantung saat berkontraksi perdetiknya. Nilai nol pada gambar di atas menggambarkan garis isoelektrik atau titik netral, sedangkan nilai +1 menunjukkan batas treshold sehingga kontraksi jantung dapat optimal untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Proses pompa jantung akan dihitung dalam periode satu menit, artinya menghitung jumlah kontraksi otot jantung yang efektif untuk memenuhi kebutuhan vaskularisasi tubuh selama satu menit. Jika jumlah darah yang di pompa kurang maka di katakan jantung tidak mampu mengkompensasi kebutuhan tubuh.

3. BIOELEKTRIK PADA SARAF

Sistem organ berikutnya yang berfungsi berdasarkan signal transduksi elektron adalah saraf. Seperti yang nanti akan Saudara pelajari pada modul berikutnya, pada bagian ini akan kita pelajari konsep dasar saraf dan peran konduksi elektron dalam melaksanakan fungsinya pada sistem saraf. Pada dasarnya kita mengenal ada beberapa jenis saraf sebagai berikut:

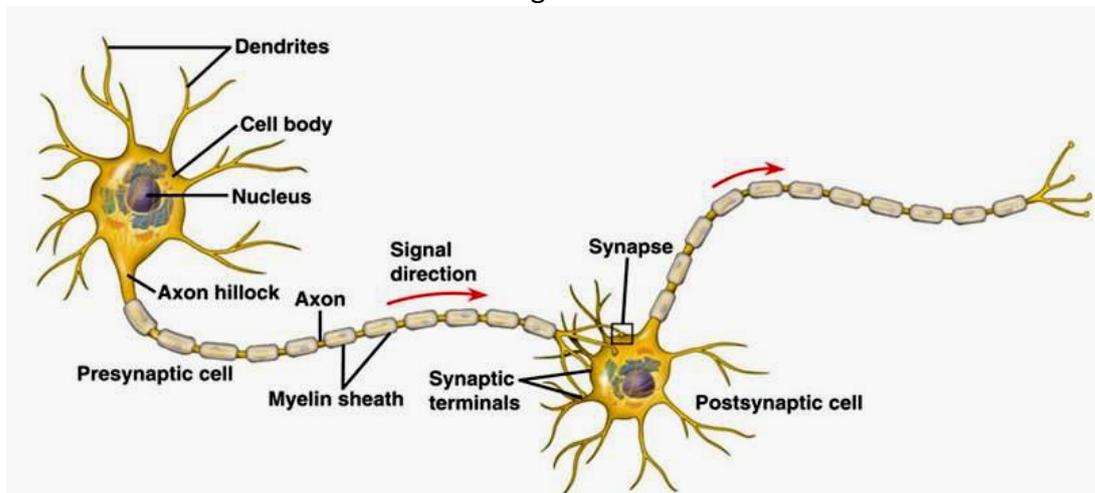
1. Sistem Saraf Pusat : Terdiri dari otak, medulla spinalis dan saraf perifer. Saraf perifer ini adalah serat saraf yang mengirim informasi sensoris ke otak atau ke Medulla spinalis disebut Saraf Affren, sedangkan serat saraf yang menghantarkan informasi dari otak atau medulla spinalis ke otot atau medulla spinalis ke otot serta kelenjar disebut saraf Efferen.
2. Saraf perifer.
3. Afferen → Mengirim informasi ke otak/medula spinalis.
4. Eferen → Dari otak atau medula spinalis ke otot dan kelenjar.

5. Sistem Saraf Otonom : Mengatur organ dalam tubuh seperti jantung, usus dan kelenjar secara tidak sadar. Pengontrolan ini dilakukan secara tidak sadar.

Sistem kelistrikan dalam saraf juga sangat dipengaruhi dengan ada dan tidaknya myelin dalam axon saraf. Kecepatan impuls serat saraf berdiameter besar, kemampuan menghantarkan impuls lebih cepat dari yang berdiameter kecil, kondisi demikian disebabkan oleh adanya beda potensial yang lebih besar jika dibandingkan dengan saraf dengan diameter yang kecil. Berdasarkan keberadaan myelinnya saraf kita kelompokkan menjadi dua type:

1. Bermyelin : Banyak terdapat pada manusia. Suatu insulator yang baik, kemampuan mengaliri listrik sangat rendah. Aliran sinyal dapat meloncat dari satu simpul ke simpul yang lain.
2. Tanpa Myelin: Akson tanpa myelin diameter 1 mm mempunyai kecepatan -50 m/s. Akson bermyelin diameter $1 \mu\text{m}$ mempunyai kecepatan $20/100$ m/s. Suatu saraf atau neuron membrane otot-otot pada keadaan istirahat (tidak adanya proses konduksi implus listrik), konsentrasi ion Na^+ lebih banyak di luar sel dari pada di dalam sel, di dalam sel akan lebih negative dibandingkan dengan di luar sel. Apabila potensial diukur dengan galvanometer akan mencapai -90 m Volt, membrane sel ini disebut dalam keadaan polarisasi, dengan potensial membran istirahat -90 m Volt. Dalam keadaan normal: Na^+ di luar sel $>$ Na^+ di dalam sel. Diukur dengan Galvanometer -90 mVolt Polarisasi.

Sinapsis dan neuromyal junction sinapsis merupakan hubungan antara 2 buah saraf atau lebih yang akan diteruskan jika ada rangsangan dan berakhir pada neuromyal junction: Berakhirnya saraf pada sel otot. Baik sinapsis maupun neuromyal junction mempunyai kemampuan meneruskan gelombang depolarisasi dengan cara lompat dari satu sel ke sel yang berikutnya. Gelombang depolarisasi ini penting pada sel membran otot, oleh karena pada waktu terjadi depolarisasi. Zat kimia yang terdapat pada otot akan tringger/bergetar/berdenyut menyebabkan kontraksi otot dan setelah itu akan terjadi repolarisasi sel otot hal mana otot akan mengalami reaksi.



Gambar 2.6. Struktur Saraf dan Signal Transduksi Sampai ke Otot

Myelin atau selaput saraf yang membungkus akson berfungsi sebagai isolator pada sel saraf, sehingga dengan adanya myelin maka signal transduksi satu jalur saraf tidak akan melompat kepada serabut saraf lainnya. Dengan demikian maka jalur pada masing-masing saraf mempunyai kekhususan yang berbeda-beda. Sedangkan pada saraf yang tidak bermyelin sebagian besar sebagai penyusun struktur sel otak.

Latihan

- 1) Sebutkan elektrolit yang berperan dalam kelistrikan seluler!
- 2) Bagaimana mekanisme kontraksi otot jantung sehingga menghasilkan pompa yang efektif?
- 3) Sebutkan macam-macam jenis sel saraf!
- 4) Bagaimana mekanisme signal transduksi pada jalur saraf?

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Lihat pokok bahasan pertama tentang kelistrikan tubuh.
- 2) Lihat pokok bahasan kedua tentang kelistrikan otot jantung.
- 3) Lihat pokok bahasan ketiga tentang kelistrikan pada sistem saraf.
- 4) Lihat pokok bahasan ketiga tentang kelistrikan pada sistem saraf.

Tes 2

- 1) Yang berfungsi sebagai isolator pada sel saraf adalah
 - A. Akson
 - B. Myelin
 - C. Nukleus
 - D. Synap
 - E. Kabel
- 2) Manakah cairan ion yang berada di luar sel
 - A. Kalium
 - B. Kalsium
 - C. Natrium
 - D. Fosfat
 - E. Magnesium
- 3) Manakah cairan ion yang berada di dalam sel
 - A. Kalium
 - B. Kalsium
 - C. Natrium

- D. Fosfat
 - E. Magnesium
- 4) Ion manakah yang berfungsi pada mekanisme kontraksi otot jantung
- A. Kalsium dan kalium
 - B. Kalium dan natrium
 - C. Natrium dan kalsium
 - D. Magnesium dan natrium
 - E. Magnesium dan fosfat

Topik 3

Fluida dan Cairan Tubuh

Setelah menyelesaikan Topik 3, diharapkan Anda dapat: memahami Fluida dan cairan tubuh manusia dalam praktek keperawatan.

Setelah menyelesaikan Topik 1, diharapkan Anda dapat:

1. Menjelaskan pengertian fluida dan konsep tekanan.
2. Menjelaskan kerja jantung.
3. Menjelaskan sistem peredaran darah.
4. Menjelaskan sistem pernafasan.

Pada Topik 3 ini akan dibahas tentang fluida dan cairan tubuh manusia yaitu darah. Konsep fluida berkaitan erat dengan peredaran darah dalam tubuh serta gas dalam paru-paru manusia. Cairan dan gas sangat berkaitan dengan kebutuhan dasar dan fisiologis tubuh manusia, sehingga diharapkan konsep fisika dapat menjadi teori pendukung untuk melakukan aplikasi di dunia keperawatan.

1. PENGERTIAN FLUIDA DAN TEKANAN

1.1 Adalah zat alir (baik cairan maupun gas), yang di bidang Kesehatan: dipelajari sistem peredaran darah dan injeksi cairan ke dalam tubuh. Fluida didefinisikan sebagai zat yang dapat mengalir yaitu zat cair dan zat gas. Zat cair meliputi air, darah, asam, H_2SO_4 , air laut dsb. Secara umum dibedakan menjadi 2 bagian yaitu fluida statik dan fluida dinamik.

1.2 Fluida atau zat yang dapat mengalir meliputi zat cair dan gas. Contoh zat cair meliputi air, darah, asam sulfat (H_2SO_4), air laut, dsb. Sedangkan zat gas meliputi udara, oksigen, nitrogen, CO_2 , dan sebagainya. Ilmu yang mempelajari fluida yang tak bergerak disebut *hidrostatika*.

1.3 Tekanan didefinisikan sebagai gaya per satuan luas atau $P = F/A$

1.4 Satuan Tekanan dalam SI:

$$\frac{1 \text{ newton}}{(\text{meter})^2} = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$$

Bila kita berada di dalam air, kita akan mendapat tekanan yang dinamakan *tekanan hidrostatik*. Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang dihasilkan oleh fluida setinggi kedalaman h tempat kita berada diukur dari permukaan. Tekanan hidrostatik fluida pada kedalaman h dari suatu bidang acuan:

$$p = p_o + \rho gh$$

- p = tekanan hidrostatik,
= *tekanan pada kedalaman h (N/m^2)*
- p_o = tekanan udara pada permukaan (N/m^2)
- ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

g = gravitasi (m/det^2)

h = kedalaman fluida diukur dari suatu bidang acuan (m)

Dalam satuan SI, satuan tekanan adalah N/m^2 atau Pa atau Pascal dan dalam satuan c.g.s adalah $dyne/cm^2$. Ada juga satuan praktis yang sering digunakan seperti atm, bar, mbar, Torr. Konversi satuan SI ke satuan praktis

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 1,013 \times 10^6 \text{ dyne/cm}^2 = 1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ bar} = 1 \times 10^6 \text{ dyne/cm}^2 = 1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ Torr} = 1 \text{ mm Hg}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ Torr}$$

Dalam dunia kedokteran, satuan tekanan yang paling banyak digunakan didasarkan pada tinggi kolom air raksa (Hg) yang menyatakan besarnya tekanan tersebut. Secara umum tekanan yang dinyatakan oleh tinggi cairan: $P = \rho gh$

Di mana : P = tekanan

ρ = massa jenis cairan

g = percepatan gravitasi = $9,80 \text{ m/s}^2$

h = tinggi cairan

Manusia hidup di lingkungan bertekanan 1 atm, Lebih praktis suatu tekanan dinyatakan dalam selisih antara tekanan tersebut dengan tekanan atmosfer. Selisih tekanan atau tekanan relatif dikenal sebagai *gauge pressure*. Ada beberapa bagian tubuh manusia yang mempunyai tekanan *gauge* yang negatif. Ketika menarik nafas tekanan dalam paru-paru harus lebih rendah dari pada tekanan udara luar. Perbedaan tekanan akan menyebabkan adanya aliran fluida.

Beberapa proses biologis tak lepas dari pembahasan yang menyangkut sifat molekul molekul. Sebagai contoh adalah ketika meneteskan pewarna pada suatu larutan dalam suatu wadah, secara perlahan seluruh bagian larutan akan berubah warna. Proses ini disebut *difusi*.

Hukum Fick: Arah difusi dari daerah yang memiliki konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah. Laju difusi berbanding langsung dengan perbedaan konsentrasi antara dua daerah. Hampir semua proses difusi di alam berlangsung melalui membran. Membran dapat bersifat dapat dilewati atau *permeabel*, tetapi umumnya membran pada sel-sel makhluk hidup bersifat *selectively permeable* atau *semipermeabel*, yaitu hanya dapat dilewati oleh molekul molekul tertentu.

Proses perpindahan air melalui membran semipermeabel karena perbedaan konsentrasi larutan antara dua daerah yang dipisahkan membran tersebut disebut *osmosis*

Perpindahan air untuk mencapai keseimbangan larutan dapat saja menimbulkan perbedaan ketinggian. Perbedaan ketinggian sebagai akibat dari proses osmosis menimbulkan tekanan *osmosis relatif*. Osmosis balikan dapat terjadi jika tekanan balik atau *back pressure* lebih besar daripada tekanan osmosis. Osmosis balikan dapat terjadi jika pada

sisi kanan tabung diberi tekanan yang menyebabkan kedua permukaan larutan sejajar kembali. Dalam kehidupan sehari-hari osmosis terjadi pada penyerapan air oleh akar tumbuhan, pemindahan air untuk mengeringkan sambungan antar tulang.

Jika seseorang menderita sakit pada bagian kanan jantung, berarti bagian yang menerima darah dari pembuluh vena ini tidak menerima bekal darah dengan semestinya, dan tekanan pembuluh kapiler akan meningkat. Hal ini akan menyebabkan timbulnya osmosis balikan pada sepanjang kapiler dan menimbulkan cairan interstitial yang disebut *edema* atau *pembengkakan*. *Dialysis* adalah difusi berbagai molekul selain darah yang melewati membran semipermeabel. Dalam dialysis membran biasanya tidak permeable terhadap molekul-molekul yang berukuran besar.

Dialysis balikan atau *filtrasi* atau *penyaringan* dapat terjadi bila tekanan pada daerah dengan konsentrasi tinggi mampu melawan arah dialysis normal. Fungsi ginjal dan efek diuretik adalah contoh dialysis yang terjadi pada tubuh manusia. *Active transport* (pemindahan aktif), yaitu membran secara aktif memiliki energi untuk memindahkan substansi-substansi reabsorpsi pada ginjal, penyerapan enzim pada usus, dan sel saraf merupakan contoh-contoh dari pemindahan aktif.

2. MENJELASKAN KERJA JANTUNG

Jumlah darah pada orang dewasa 4,5 liter. Pada orang dewasa normal, setiap kontraksi otot jantung memompa sekitar 80 ml darah, dan setiap satu menit sel darah merah telah beredar komplet satu siklus dalam tubuh. Pada proses ini jantung melakukan kerja. Tekanan di kedua pompa jantung tidaklah sama. Di sistem pulmonal tekanannya rendah (Tekanan maksimum/sistole = 25 mm Hg). Pada sirkulasi sistemik tekanan puncak/sistole sekitar 120 mm Hg. Pada fase istirahat (diastole) tekanan sekitar 80 mm Hg. Otot yang menggerakkan ventrikel kiri memiliki ketebalan sekitar tiga kali lipat dibandingkan dengan ventrikel kanan. Saat kita bekerja berat atau berolah raga, tekanan darah dapat meningkat sebesar 50% dan volume darah yang dipompa dapat meningkat 5 kali lipat sehingga terjadi peningkatan energi yang dikeluarkan oleh jantung. Untuk mengukur tekanan darah Rev Stephen Hales (1733) mula2 menggunakan pipa gelas dihubungkan langsung ke pembuluh arteri kuda dengan pengantara trackea angsa.

Di dalam pipa, darah akan naik dan mencapai ketinggian kira-kira 1,3 m dihitung dari posisi jantung. Ketinggian tersebut dapat dicari dengan menggunakan harga rata-rata tekanan darah pada jantung sebesar 100 mmHg, massa jenis (rapat massa) darah sebesar

$$1040 \text{ kg/m}^3 : \rho_{\text{Hg}} \cdot g \cdot h_{\text{Hg}} = \rho_{\text{darah}} \cdot g \cdot H_{\text{darah}}$$

$$(13600 \text{ kg/m}^3) \cdot g (100 \text{ mm}) = (1040 \text{ kg/m}^3) \cdot g \cdot h_{\text{darah}}$$

$$h_{\text{darah}} = 1308 \text{ mm} = 1,3 \text{ m}$$

Pada lokasi dekat telapak kaki, tekanan darah menjadi 200 mmHg atau setara dengan 2,6 meter darah. Tingginya tekanan pada kaki ini disebabkan oleh berat darah antara jantung dan kaki yang menekan ke bawah (jarak jantung dari telapak kaki sekitar 1,3 meter). Dengan sedikit perhitungan dapat dipahami bahwa peningkatan tekanan darah sebesar 10 (10

mmHg) menyebabkan kenaikan tinggi kolom darah sebanyak 131 mm. Tekanan darah 150 berarti tinggi kolom darah dalam pipa (dihitung dari telapak kaki) adalah 1,95 m. Dalam praktek, pengukuran tekanan darah biasanya dengan alat yang bernama *sphygmomanometer*. Alat ini terdiri atas: pembalut/gelang; dalam pembalut ini terdapat rongga yang dapat diberi tekanan manometer yang dihubungkan dengan pembalut tersebut untuk mengukur tekanannya. Dalam bentuknya yang asli, yang digunakan adalah manometer air raksa dan stetoskop. Aliran darah biasanya mengalir secara laminar/stream line, tetapi pada beberapa tempat terjadi turbulensi misalnya pada valvula jantung (katup jantung).

Dengan menggunakan *sphygmomanometer* dan pembalut dililitkan pada lengan bagian atas, aliran darah akan dibuat turbulensi dan menghasilkan fibrasi sehingga bunyi jantung dapat didengar dengan menggunakan stetoskop. Aliran laminar dapat diubah menjadi turbulensi apabila pembuluh secara berangsur-angsur dicituk jari-jarinya dan kecepatan aliran secara bertahap ditingkatkan sehingga mencapai kecepatan kritis.

3. MENJELASKAN SISTEM PEREDARAN DARAH

Cara kerja pengukuran tekanan darah adalah mula-mula pembalut dililitkan pada lengan bagian atas dan tekanannya dinaikkan secara cepat dengan bantuan semacam pompa tangan hingga tekanannya dapat menghentikan aliran darah. Kemudian dengan membuka sedikit katup pada pompa tersebut, tekanan diturunkan secara agak lambat. Pada saat yang sama, suara dalam pembuluh darah pada lengan bawah didengarkan dengan stetoskop dan menunjukkan pada manometer diamati.

Ketika tekanan pembalut masih lebih tinggi daripada tekanan *systole*, darah tidak mampu menembus jepitan pembalut sehingga tidak ada suara yang terdengar melalui stetoskop. Pada saat tekanan pembalut turun di bawah tekanan *systole*, terjadi aliran darah turbulen yang menyempot melalui arteri. Desakan darah yang mengalir menerobos jepitan pembalut ke arah lengan bawah menimbulkan getaran suara yang terdeteksi dengan stetoskop. Bunyi-bunyi ini disebut *bunyi Korotkoff* atau K. Tekanan pada saat bunyi K pertama kali terdengar menunjukkan tekanan *Sistole*. Seiring dengan menurunnya tekanan bunyi K semakin keras kemudian mereda.

Bila tekanan pembalut lebih rendah dibandingkan dengan tekanan *diastole*, suara yang terdengar akan berubah atau menjadi hilang. Saat bunyi K menghilang atau berubah menunjukkan tekanan *diastolic*. Tekanan darah dicatat sebagai tekanan yang ditunjukkan oleh manometer pada saat munculnya suara karena desakan aliran darah (*tekanan systole*) dan di saat berubah atau hilangnya lagi suara tersebut (*tekanan diastole*).

Pada saat ini telah terdapat pengukur tekanan darah yang bekerja secara elektronik, namun masih berdasarkan prinsip *sphygmomanometer*. Pembalut yang bertekanan tetap digunakan, sedangkan saat munculnya suara (tekanan *systole*) dan saat berubah/hilangnya suara (tekanan *diastole*) dideteksi secara elektronik. Hasil pengukuran langsung ditampilkan pada peraga digital. sering kali alat ini memperagakan pula jumlah denyut jantung per menit.

4. PENERAPAN FLUIDA DALAM KEPERAWATAN

Saudara-Saudara peserta PJJ yang berbahagia, ilmu fluida dalam keperawatan sangat penting untuk memahami mekanisme terjadinya peningkatan tekanan darah pada penderita hipertensi, baik tekanan darah sistol maupun diastol. Juga kita dapat memberikan penjelasan tekanan darah pada bagian yang dekat jantung dengan daerah perifer mempunyai perbedaan yang signifikan.

Pada tekanan sistolik seperti yang sudah Saudara pelajari dipengaruhi oleh volume cairan darah, luas penampang pembuluh darah, kekentalan (*viscositas*) darah serta kebutuhan tubuh akan suplai darah. Jadi jika volume cairan atau kekentalan meningkat akan meningkatkan tekanan sistolik karena berbanding lurus dengan tekanan, sedangkan diameter pembuluh darah semakin kecil maka tekanan sistolik semakin besar oleh karena diameter berbanding terbalik dengan tekanan dalam suatu tabung.

5. MEKANISME PERNAPASAN

Saudara-Saudara peserta PJJ yang berbahagia, seperti yang sudah kita ketahui bersama sepasang paru-paru rata-rata dapat menyimpan sekitar 6 liter udara, Tetapi hanya sebagian kecil dari kapasitas ini digunakan selama bernafas normal, volume paru-paru seseorang bergantung kepada perbedaan ukuran fisik paru-paru, berhubungan juga dengan kondisi saat *inspirasi* dan *ekspirasi*, Nilai volume paru-paru bergantung pada usia dan tinggi dan berat orang. Dalam menghitung kapasitas paru kita mengenal ada beberapa terminologi sebagai berikut:

- 5.1 **Total lung capacity** (TLC) = 6 L. Volume udara yang tersimpan di paru-paru pada akhir inspirasi maksimum
- 5.2 **Vital capacity** (VC) = 4.8 L. Jumlah udara yang dapat dikeluarkan dari paru-paru setelah inspirasi maksimum
- 5.3 **Tidal volume** (TV) = 500 ml. Jumlah udara yang dihirup dan dikeluarkan selama pernafasan normal
- 5.4 **Residual volume** (RV) = 1.2 L. Jumlah udara di dalam paru-paru setelah ekspirasi maksimal
- 5.5 **Expiratory reserve volume** (ERV) = 1.2 L. Jumlah udara tambahan yang dapat dikeluarkan setelah ekspirasi normal
- 5.6 Pada akhir pernafasan normal, paru-paru mengandung *residual volume* ditambah *expiratory reserve volume*, atau sekira 2.4 liter. Jika seseorang dapat mengeluarkan udara sebanyak mungkin maka hanya volume residu 1,2 liter yang tersisa.
- 5.7 **Inspiratory reserve volume** (IRV) = 3.6 L. Tambahan udara yang masih dapat dihirup setelah volume tidal masuk paru-paru
- 5.8 **Functional residual capacity** (ERV + RV) = 2.4 L. Jumlah udara dalam paru-paru setelah volume tidal keluar.
- 5.9 **Inspiratory capacity** (IC) = Jumlah udara yang dapat dihirup setelah volume tidal keluar

5.10 Anatomical dead volume (or dead space) = 150 mL. The volume of the conducting airways.

Mekanisme pernafasan pada manusia disebut pernafasan Tidal. Pernafasan Tidal artinya udara yang masuk dan keluar paru-paru melalui jalan yang sama. Kapasitas paru-paru total bergantung pada usia, berat, jenis kelamin dan aktivitas fisik seseorang. Sebagai contoh wanita mempunyai kapasitas paru-paru lebih rendah 20–25% dibandingkan laki-laki. Perokok berat mempunyai kapasitas paru-paru lebih rendah dibanding bukan perokok. Kapasitas paru-paru bergantung pula pada ketinggian. Seseorang yang lahir dan hidup di dataran rendah mempunyai kapasitas yang lebih kecil dibanding orang yang hidup di dataran tinggi. Hal ini disebabkan lapisan atmosfer mempunyai kerapatan yang kecil pada dataran tinggi, sehingga volume udara yang sama mengandung sedikit molekul, termasuk oksigen. Paru-paru akan tumbuh lebih besar agar dapat memproses udara lebih banyak. Seseorang yang pergi dari dataran rendah ke dataran tinggi sering mengalami “sakit ketinggian, karena paru-paru tidak dapat memproses oksigen yang cukup untuk kebutuhan tubuhnya. *Tidal volume, vital capacity, inspiratory capacity and expiratory reserve volume* dapat diukur dengan spirometer. Penentuan *residual volume* dapat dilakukan oleh *radiographic planimetry, body plethysmography, closed circuit dilution and nitrogen washout*.

5.11 Ada empat elemen dasar pada tes fungsi paru-paru:

- a. Tidal volume (TV): Volume udara pada seseorang normal ketika masuk dan keluar.
- b. Inspiratory reserve volume (IRV): Jumlah volume udara maksimum yang dapat ditambahkan ke volume tidal.
- c. Expiratory reserve volume (ERV): Volume udara maksimum yang dapat dikeluarkan kembali setelah ekspirasi normal.
- d. Residual volume (RV): Jumlah udara yang selalu ada di dalam paru-paru dan tidak pernah dikeluarkan. Jumlah udara yang tersisa di paru-paru setelah ekspirasi maksimum.

5.12 Hasilnya dapat digunakan untuk membagi penyakit paru-paru ke dalam dua bagian yaitu *restrictive diseases* (volume paru-paru menurun), dan *obstructive diseases* (volume paru-paru normal, tetapi kecepatan aliran udara terganggu)

5.13 Dari volume ini sejumlah kapasitas paru-paru dapat dihitung:

Total lung capacity (TLC): Volume paru-paru total (volume total udara dalam paru-paru setelah inspirasi maksimum)

$$TLC = IRV + TV + ERV + RV$$

Functional residual capacity (FRC): Jumlah udara yang tersisa di paru-paru selama pernafasan normal.

$$FRC = ERV + RV$$

5.14 *Respiratory quotient* = $RQ = \text{Kecepatan produksi CO}_2 / \text{Kecepatan konsumsi O}_2$. RQ dapat berbeda pada kondisi *diet* dan *exercise*, Pada kondisi normal $RQ = 0.8$.

5.15 Tekanan rata-rata gas oksigen pada manusia ketika istirahat adalah:

Outside air = 160 torr (mm Hg)

Alveolar air = 105 torr

Arteriole blood = 100 torr

Venous blood = 40 torr
Cells \ll 40 torr

Latihan

- 1) Jelaskan hukum-hukum fisika dalam keperawatan yang terkait dengan fluida berhubungan!
- 2) Jelaskan mengapa tekanan darah pada lengan kiri berbeda dengan tekanan darah pada kaki!
- 3) Jelaskan, mengapa orang yang mengalami hipetensi di berikan deuritik dan vasodilator!
- 4) Sebutkan elemen dasar dalam pemeriksaan fungsi paru!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Lihat pada pokok bahasan pertama tentang fluida dan tekanan.
- 2) Lihat pada pokok bahasan pertama tentang fluida dan tekanan.
- 3) Lihat pada pokok bahasan keempat tentang penerapan fluida dalam keperawatan.
- 4) Lihat pada pokok bahasan kelima tentang fungsi paru.

Ringkasan

Fluida adalah aliran cairan dan gas. Aspek kesehatan yang terkait dengan hal ini adalah cairan, peredaran darah, dan pernafasan. Kegunaan di bidang kesehatan meliputi pengukuran aliran cairan tubuh, permeabilitas membran, peredaran darah, tekanan darah, fungsi paru, dan pernapasan. Sebagai dasar pemahaman kita terkait pada sistem kardiovaskuler di mana hukum fluida. Tekanan darah sangat di tentukan dari volume cairan darah, diameter pembuluh darah dan viscositas pembuluh darah.

Tes

- 1) Ilmu pengetahuan yang mempelajari benda-benda di alam, gejala-gejala, kejadian-kejadian alam serta interaksi dari benda-benda di alam disebut dengan:
 - A. Fisika
 - B. Bumi antariksa
 - C. Biomekanik
 - D. Biokimia
 - E. Mekanika

- 2) Membandingkan sesuatu dengan sesuatu yang lain yang sejenis yang ditetapkan sebagai satuan, disebut dengan kegiatan:
 - A. Mengukur
 - B. Membandingkan
 - C. Ukuran
 - D. Satuan
 - E. Gaya berat

- 3) Besaran pokok dalam sistem internasional (SI), pada dasarnya dikelompokkan menjadi dua yaitu besaran pokok berdimensi dan tidak berdimensi, berikut ini yang termasuk dalam besaran yang tidak berdimensi adalah:
 - A. Sudut ruang
 - B. Intensitas cahaya
 - C. Arus listrik
 - D. Panjang
 - E. Waktu

- 4) Besaran-besaran di bawah ini yang termasuk dalam besaran turunan adalah
 - A. Luas
 - B. Gaya
 - C. Energi
 - D. Daya
 - E. Frekuensi

- 5) Berikut ini yang benar urutan satuan besaran dari terkecil adalah:
 - A. Atto – femto – piko – nano – mikro – mili
 - B. Femto – atto – piko – nano – mikro – mili
 - C. Atto – piko – femto – nano – mikro – mili
 - D. Atto – femto – nano – piko – mikro – mili
 - E. Atto – mikro – femto – piko – nano – mili

- 6) Ilmu fisika dalam kesehatan dapat digunakan sebagai berikut:
 - A. Menentukan fungsi tubuh dan terjadinya penyakit
 - B. Menentukan reaksi – reaksi dalam tubuh
 - C. Menentukan mekanisme transduksi saraf
 - D. Menentukan mekanisme kimia tubuh
 - E. Menentukan struktur tubuh

Glosarium

PJJ	= Pendidikan Jarak Jauh.
Na ⁺	= Natrium.
K ⁺	= Kalium.
Ca ⁺	= Kalsium .
Transduksi	= Pemindahan materi genetik dengan perantara virus. Virus dapat menyambungkan materi genetiknya ke DNA bakteri dan membentuk profag, sehingga terbentuk virus baru.
Sinergistik	= bentuk hubungan dua jenis makhluk hidup yang bertindak bersama-sama, tanpa merugikan satu sama lain.
Antagonistik	= bentuk hubungan antara dua jenis makhluk hidup yang satu merugikan yang lainnya.
Superior	= bagian atas.
Inferior	= bagian bawah.
Galvanometer	= adalah <u>alat ukur listrik</u> yang digunakan untuk mengukur <u>kuat arus</u> dan <u>beda potensial listrik</u> yang relatif kecil.
Depolarisasi	= proses polarisasi kembali dari membran, sel atau serabut, dengan muatan positif di permukaan luar dan muatan negatif di dalam.
Transduksi	= proses atau perbuatan mengubah dari suatu bentuk ke bentuk lain (terutama peralihan atau perubahan determinan genetik dari suatu mikroorganisme ke mikroorganisme yang lain oleh virus).
Fluida statik	= fluida yang berada dalam fase tidak bergerak (diam) atau fluida dalam keadaan bergerak tetapi tak ada perbedaan kecepatan antar partikel fluida tersebut atau bisa dikatakan bahwa partikel-partikel fluida tersebut bergerak dengan kecepatan seragam sehingga tidak memiliki gaya geser.
Fluida dinamik	= fluida (bisa berupa zat cair, gas) yang bergerak. Untuk memudahkan dalam mempelajari, fluida disini dianggap steady (mempunyai kecepatan yang konstan terhadap waktu), tak termampatkan (tidak mengalami perubahan volume), tidak kental, tidak turbulen (tidak mengalami putaran-putaran).
Difusi	= peristiwa mengalirnya/berpindahnya suatu <u>zat</u> dalam pelarut dari bagian berkonsentrasi tinggi ke bagian yang berkonsentrasi rendah.
Osmosis	= perpindahan air melalui <u>membran</u> permeabel selektif dari bagian yang lebih encer ke bagian yang lebih pekat. Membran semipermeabel harus dapat ditembus oleh pelarut, tapi tidak oleh zat terlarut, yang mengakibatkan gradien tekanan sepanjang membran.

✂ ■ Biomedik Dasar ✂ ■

- Permeabel = Sifat suatu benda yang bias ditembusi oleh air.
- Selectively permeable = membrane yang hanya dapat dilalui molekul tertentu.
- Semi permeable = membrane sel yang hanya dapat dilalui oleh partikel tertentu yang dibutuhkan sel guna kelangsungan metabolisme sel.

BAB III

BIOOPTIK, BIOAKUSTIK, DAN BIOTHERMIK

Tanto Hariyanto

PENDAHULUAN

Saudara-Saudara peserta PJJ dalam kehidupan sehari-hari Anda harus selalu beradaptasi dengan lingkungan sekitar untuk mempertahankan kondisi yang homeostatis. Jika tidak dapat menyesuaikan secara fisik dengan lingkungan sekitar maka kita merasakan tidak nyaman dan pada akhirnya akan jatuh dalam kondisi sakit. Lingkungan sekitar kita dapat berupa suhu (thermal) maupun suara (akustik), oleh karena itu dalam tubuh sudah disediakan organ-organ yang membuat tubuh selalu dapat mendeteksi lingkungan sekitar melalui reseptor saraf dan segera direpon yang diatur di pusat saraf.

Saudara-Saudara pada Bab kita kali ini bukan mempelajari tentang fungsi tubuh, namun lebih kepada suhu dan suara, Anda akan mempelajari sumber, mekanisme penghantarannya dan respons tubuh terhadap rangsangan tersebut. Di samping dua hal tersebut juga akan Anda pelajari tentang lensa mata, mekanisme kerja lensa mata serta permasalahan-permasalahan terkait dengan kelainan lensa mata.

Secara garis besar Bab tiga Fisika Keperawatan (Bioakustik, Biooptik dan Biothermik) ini disusun berdasarkan kebutuhan pemahaman Saudara di tempat kerja dalam menerapkan ilmu keperawatan. Penyusunan Bab tiga Fisika Keperawatan ini terdiri dari beberapa Topik Saudara sebagai berikut:

Topik 1 : Bioakustik

Topik 2 : Biooptik

Topik 3 : Biothermik

Setelah mempelajari Bab 3 ini Anda mempunyai kemampuan sesuai tujuan umum yaitu mahasiswa dapat menjelaskan akustik, optik dan termik dalam organ manusia. Sedangkan tujuan khusus Bab 3 setelah mempelajari modul biokimia para peserta pembelajaran jarak jauh dapat: (1) menjelaskan pengertian dan macam akustik, optik dan termik dalam organ manusia; (2) menjelaskan mekanisme penyampaian akustik, optik dan termik dalam organ manusia, (3) menjelaskan respons tubuh terhadap stimulasi akustik, optik dan termik dalam organ manusia. Kompetensi-kompetensi di atas sangat Saudara perlukan dalam menerapkan asuhan keperawatan baik di klinik maupun di masyarakat. Wawasan dan pemahaman Saudara akustik, optik dan termik dalam organ manusia, akan mempermudah pekerjaan Saudara dalam mengidentifikasi masalah secara tepat dan menyusun rencana asuhan keperawatan dengan cermat terhadap klien baik di klinik maupun di masyarakat.

Proses pembelajaran materi aukustik, optik dan thermik dalam organ manusia yang sedang Saudara pelajari ini, dapat berjalan dengan mudah jika Saudara mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pahami dahulu sumber-sumber aukustik, optik dan thermik yang ada di sekitar kita dan berikan contoh-contohnya.
2. Lakukan kajian penghantaran sumber aukustik, optik dan thermik sehingga dapat berdampak terhadap tubuh.
3. Pelajari dahulu Topik 1, 2, dan 3 lalu praktekan untuk mengidentifikasi respons dan kelianan-kelainan organ yang terkait dengan aukustik, optik dan thermik di klinik maupun di masyarakat.
4. Tanda-tanda adanya masalah aukustik, optik dan thermik dalam organ manusia yang Saudara temukan, dan silakan Saudara pelajari ulang konsep yang ada di modul, sehingga Saudara semakin dapat memahami kondisi tersebut.
5. Keberhasilan proses pembelajaran jarak jauh yang Saudara jalani saat ini sangat tergantung pada kesungguhan Saudara dalam belajar dan mengerjakan latihan, guna mempertahankan motivasi Saudara silakan belajar berkelompok dengan teman sejawat.
6. Jika Saudara mengalami kesulitan, silakan hubungi fasilitator yang mengajar atau hubungi tlp..... email:.....

Baiklah Saudara peserta pembelajaran jarak jauh, selamat belajar semoga Anda sukses memahami pengetahuan yang diuraikan dalam mata kuliah ini untuk meningkatkan kemampuan Saudara dalam melayani masyarakat di tempat Saudara bekerja dengan baik.

Topik 1 Biooptik

Mata bagi kita mata adalah organ yang sangat penting di mana kita dapat melihat dan mengintepretasikan benda-benda di sekitar kita. Namun demikian dalam keseharian kita selalu melihat ada orang yang memakai kaca mata dan ada pula yang tidak, dan ada pula yang dulunya tidak memakai kacamata tetapi sekarang memakai kaca mata. Dengan bantuan kaca mata pun ada kalanya masih tidak dapat melihat suatu benda tersebut dengan jelas. Sampai abad ke-4 sebelum masehi orang masih berpendapat bahwa benda-benda di sekitar dapat dilihat oleh karena mata mengeluarkan sinar-sinar penglihatan. Anggapan ini didukung oleh Plato (429-348) dan Euclides (287-212 SM) oleh karena pada mata binatang di malam hari tampak bersinar.

Pendapat di atas di tentang oleh Aristoteles (384-322 SM) karena pada kenyataan kita tidak dapat melihat benda-benda di dalam ruang gelap. Namun demikian Aristoteles tidak dapat memberi penjelasan mengapa mata dapat melihat benda.

Pada abad pertengahan Alhazan (965-1038) seorang Mesir di Iskandria berpendapat bahwa benda di sekitar itu dapat dilihat oleh karena benda-benda tersebut memantulkan cahaya atau memancarkan cahaya yang masuk ke dalam mata, teori ini akhirnya di terima sampai abad ke-20 ini.

1. ANATOMI FISILOGI MATA

Saudara-Saudara peserta PJJ, mata kita meskipun merupakan organ yang relatif kecil namun sangat penting karena akan memberikan informasi kepada kita dari semua keadaan dan situasi di sekitar kita. Untuk mengetahui bagaimana kita dapat melihat di sekitar kita, pada materi kali ini kita akan mempelajari struktur penyusun organ penglihatan mata kita.

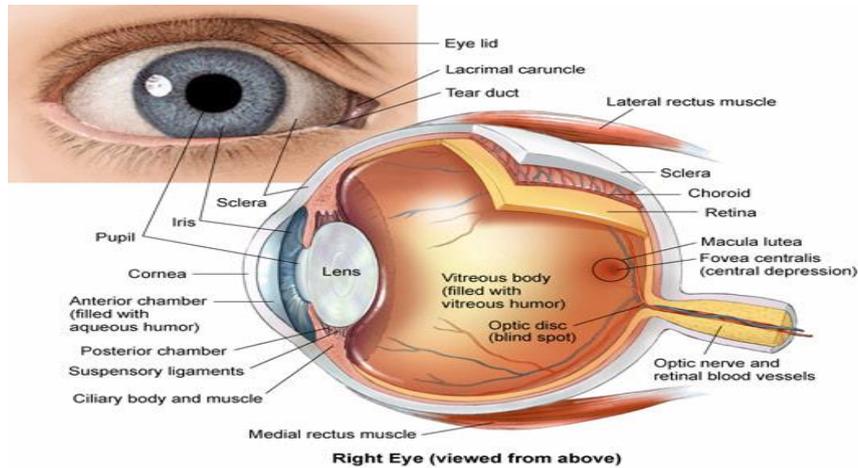
Saudara-Saudara yang berbahagia, mata merupakan organ penglihatan yang menerima rangsangan berupa cahaya dan akan disalurkan ke otak oleh saraf sensorik menjadikan informasi visual. Organ mata atau sering disebut bola mata terletak di dalam rongga mata dan beralaskan lapisan lemak pada bagian depan tulang tengkorak. Bola mata dapat bergerak dan diarahkan ke suatu arah dengan bantuan tiga otot penggerak mata yang dikendalikan oleh saraf-saraf motorik, otot penggerak tersebut adalah:

- a. Muskulus rektus okuli medial (otot di sekitar mata), berfungsi menggerakkan bola mata.
- b. Muskulus obliques okuli inferior, berfungsi menggerakkan bola mata ke bawah dan ke dalam.
- c. Muskulus obliques okuli superior, berfungsi memutar mata ke atas dan ke bawah.

Saudara-Saudara peserta PJJ di samping dapat menggerakkan bola mata otot penggerak pada kelopak mata yang berfungsi menutup mata dan mengangkat kelopak mata sehingga permukaan koroid mata dapat terlindung secara fisik dan dapat menjaga selalu

basah pada permukaan bola mata. Otot yang berfungsi untuk menutup mata yaitu muskulus orbikularis okuli dan muskulus rektus okuli inferior. Sedangkan otot mata yang berfungsi mengangkat kelopak mata, yaitu muskulus levator palpebralis superior.

1.1 Bagian-bagian Mata



Gambar 3.1. Struktur Organ Mata

Bola mata merupakan keseluruhan dari jaringan yang menyusun bola mata. Bola mata tersusun dari tiga lapis jaringan, yaitu sklera, koroid dan retina. Lensa mata di ikat oleh otot-otot ciliar sehingga lensa mata dapat menjadi pipih dan cembung, proses tersebut di sebut akomodasi. Lensa berakomodasi untuk meletakkan bayangan yang ditangkap lensa tepat pada makula lutea.

a. Sklera

Saudara-Saudara peserta PJJ, untuk bagian mata pertama adalah sklera, yang merupakan bagian luar dari bola mata, tersusun dari zat tanduk dan merupakan lapisan yang kuat, berwarna putih. Sklera berfungsi dalam melindungi struktur mata yang sangat halus dan membantu mempertahankan bentuk bola mata. Sklera akan membentuk kornea. Kornea adalah lapisan bening dan transparan yang berfungsi menerima cahaya yang masuk ke mata. Kornea dilindungi oleh selaput tipis yang disebut konjungtiva. Kornea selalu dibasahi oleh air mata.

b. Selaput hitam

Selaput hitam (koroid) merupakan lapisan tengah dari bola mata yang banyak mengandung pembuluh darah. Fungsi dari selaput ini adalah memberi nutrisi dan oksigen ke mata serta menyerap cahaya dan mengurangi cahaya yang memantul di sekitar mata bagian dalam. Pada koroid terdapat iris yang membentuk warna mata, pupil, lensa mata, titik dekat mata, dan titik jauh mata.

Iris adalah selaput mata yang merupakan lanjutan dari selaput hitam bagian depan bola mata yang telah melepaskan diri. Iris atau selaput pelangi memiliki pigmen atau

warna yang akan menentukan warna mata seseorang, yaitu warna mata biru, hitam, cokelat, abu-abu, dan hijau.

Pupil adalah celah yang berada di bagian tengah iris. Fungsinya adalah untuk mengatur intensitas cahaya yang masuk ke mata. Jika cahaya redup, otot-otot iris berkontraksi sehingga celah pupil melebar dan cahaya yang masuk ke mata lebih banyak. Sebaliknya, jika cahaya terang celah pupil akan menyempit dan cahaya yang masuk ke mata lebih sedikit atau tidak berlebihan.

Lensa mata berada di belakang iris. Lensa mata memiliki daya akomodasi, yaitu kemampuan untuk memuncung (menebal) dan mencekung (menipis). Memuncung dan mencekungnya lensa mata ditentukan oleh jarak benda yang dilihat. Jarak benda yang dapat dilihat oleh mata normal dengan jelas disebut dengan titik dekat mata. Sedangkan jarak terjauh yang masih dapat dilihat oleh mata normal dengan jelas disebut titik jauh mata. Jarak titik jauh pada mata normal adalah tak terhingga.

c. **Retina**

Retina adalah lapisan paling dalam pada mata yang peka terhadap cahaya. Retina ini memiliki sel-sel saraf. Pada retina terdapat bintik kuning dan bintik buta. Bintik kuning adalah bagian retina yang paling peka terhadap cahaya karena merupakan tempat perkumpulan sel-sel saraf yang berbentuk kerucut dan batang. Kita bisa melihat apabila bayangan jatuh pada titik ini. Pada bintik kuning terdapat sel kerucut dan sel batang. Fungsi dari sel kerucut dan sel batang:

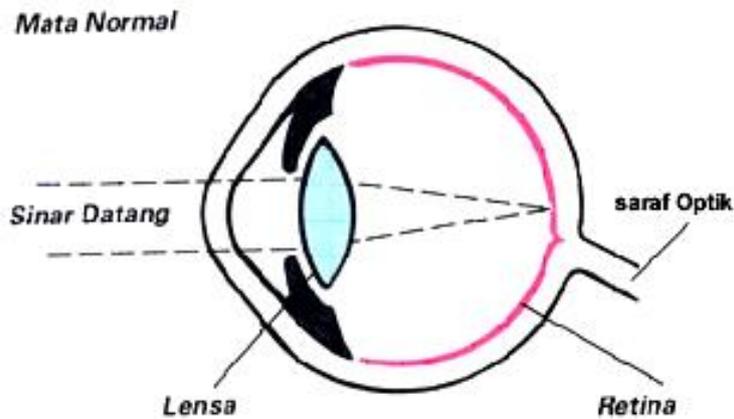
- 1) Sel kerucut berfungsi untuk melihat di tempat yang terang. Sel ini memerlukan protein iodopsin.
- 2) Sel batang berfungsi untuk melihat di tempat yang gelap. Sel ini memerlukan protein mata yang disebut rodopsin. Rodopsin dapat terbentuk apabila terjadi penggabungan iodopsin dan vitamin A

1.2 Mekanisme proses melihat

Saudara-Saudara peserta PJJ kalau kita melihat benda, maka kita bisa mempersepsikan jarak, konsistensi berat dll, dan presisi suatu obyek dapat diterjemahkan dengan jelas. Saudara-Saudara berikut ini kita akan belajar bagaimana mekanisme mata sebagai optik tubuh berproses untuk menterjemahkan obyek yang kita lihat. Pada dasarnya mata bisa melihat benda karena adanya cahaya yang dipantulkan oleh benda tersebut ke mata. Jika tidak ada cahaya yang dipantulkan benda, maka mata tidak bisa melihat benda tersebut. Proses mata melihat benda adalah sebagai berikut:

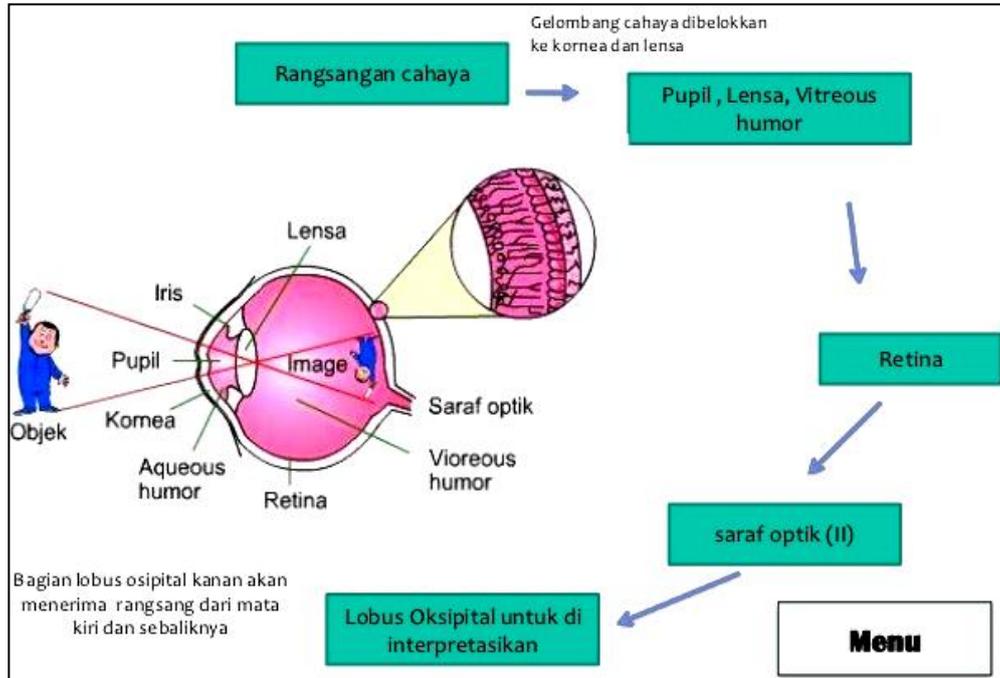
- a. Cahaya yang dipantulkan oleh benda di tangkap oleh mata, menembus kornea dan diteruskan melalui pupil.
- b. Intensitas cahaya yang telah diatur oleh pupil diteruskan menembus lensa mata.
- c. Daya akomodasi pada lensa mata mengatur cahaya supaya jatuh tepat di bintik kuning.
- d. Pada bintik kuning, cahaya diterima oleh sel kerucut dan sel batang, kemudian disampaikan ke otak.

- e. Cahaya yang disampaikan ke otak akan diterjemahkan oleh otak sehingga kita bisa mengetahui apa yang kita lihat.



Gambar 3.2. Mekanisme Mata dalam Menangkap Obyek Cahaya

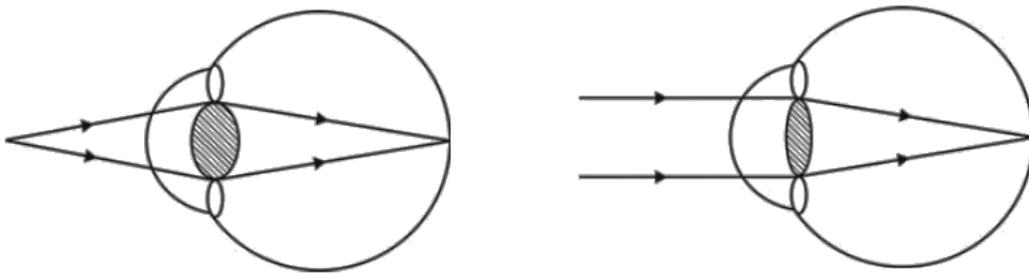
Saudara-Saudara peserta PJJ gambar di atas menunjukkan bagaimana secara normal lensa mata akan memfokuskan bayangan yang jatuh tepat pada ujung saraf penglihatan (makula lutea). Lensa mata akan selalu berusaha untuk menjadi pipih atau cembung sesuai dengan jarak obyek sehingga bayangan jatuh tepat pada makula lutea.



Gambar 3.3. Mekanisme Sistem Optik dan Saraf Sensorik Penglihatan

Para peserta PJJ jika Anda melihat suatu obyek berada yang jauh dari jarak pandang kita maka lensa mata akan memipih, sehingga bayangan akan jatuh tepat pada retina

terutama pada makula lutea. Sedangkan jika jarak obyek benda berada dekat dengan kita maka mata akan berusaha untuk akomodasi (menyembung), sehingga bayangan obyek benda akan jatuh tepat pada retina terutama pada makula lutea. Proses kontraksi dari lensa mata tersebut sangat menentukan terhadap kualitas bayangan yang ditangkap oleh sel saraf mata (nerves optikus). Jika mekanisme akomodasi tersebut tidak dapat dilakukan maka akan terjadi kelainan-kelainan refraksi optik mata kita. Kelainan refraksi tersebut adalah miopi, hipermetropi dan presbiopi. Berikut ini Anda akan dapat melihat ilustrasi refraksi lensa mata secara normal dan yang mengalami abnormalitas:



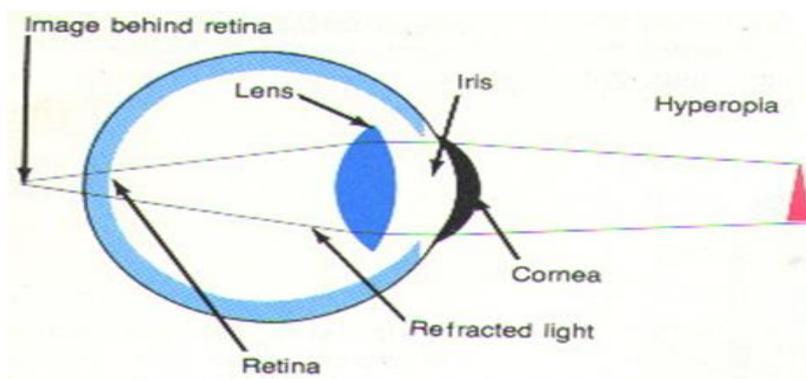
Gambar 3.4. Mekanisme Akomodasi pada Lensa Mata

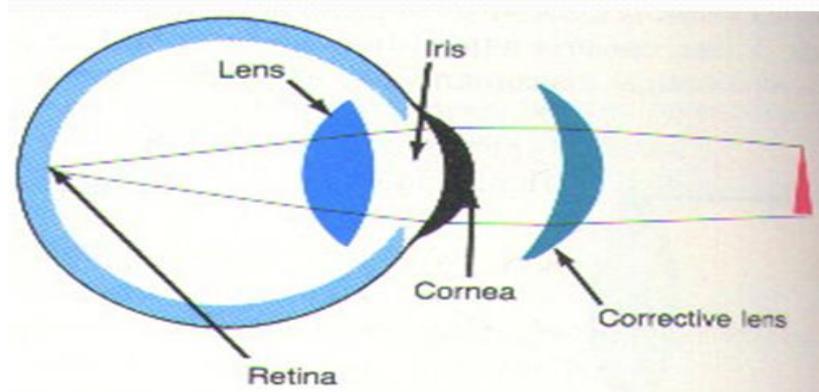
Gambar di atas menunjukkan lensa cembung jika obyek dekat dengan mata serta lensa pipih jika objek yang dilihat jauh sehingga bayangan selalu jatuh tepat pada makula lutea.

1.3 Gangguan pada Mata

a. Rabun Dekat

Para peserta PJJ, rabun dekat disebut hipermetropi, terjadi jika mata tidak mampu untuk melihat benda dari jarak dekat. Kondisi demikian disebabkan oleh ukuran bola mata yang pendek sehingga bayangan jatuh di belakang retina atau lensa mata tidak mampu menyembung sehingga bayangan jatuh di belakang retina. Pada seseorang yang secara anatomis normal namun mempunyai kebiasaan membaca buku terlalu dekat dan sambil tiduran akan mempercepat timbulnya cacat mata. Rabun dekat dapat diatasi dengan menggunakan kaca mata berlensa cembung. Lensa cembung merupakan lensa positif.



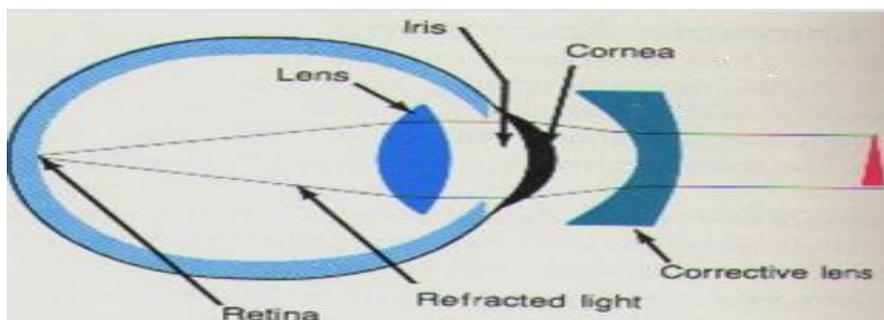
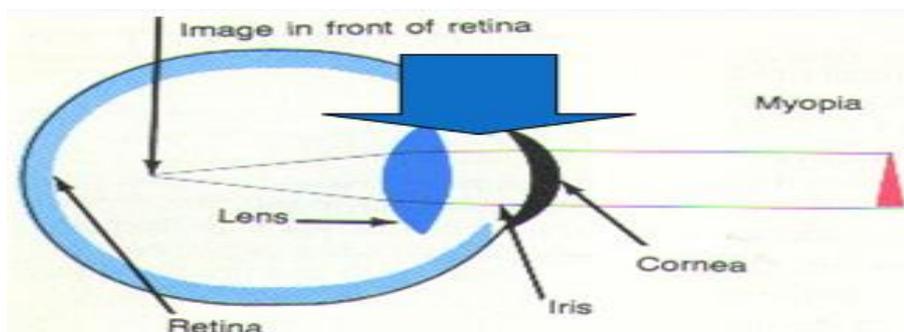


Gambar 3.5. Rabun Dekat

Gambar di atas menunjukkan bahwa objek yang dekat oleh lensa bayangan di proyeksikan jatuh di belakang makula lutea akibat lensa tidak dapat memfokuskan bayangan.

b. Rabun Jauh

Rabun jauh adalah ketidakmampuan mata untuk melihat benda yang berjarak jauh. Rabun jauh disebut miopi. Penyebab rabun jauh adalah ukuran bola mata terlalu panjang dari ukuran normal sehingga bayangan benda jatuh di depan retina. Rabun jauh dapat diatasi dengan menggunakan kaca mata berlensa cekung. Lensa cekung merupakan lensa negatif.



Gambar 3.5. Rabun Jauh

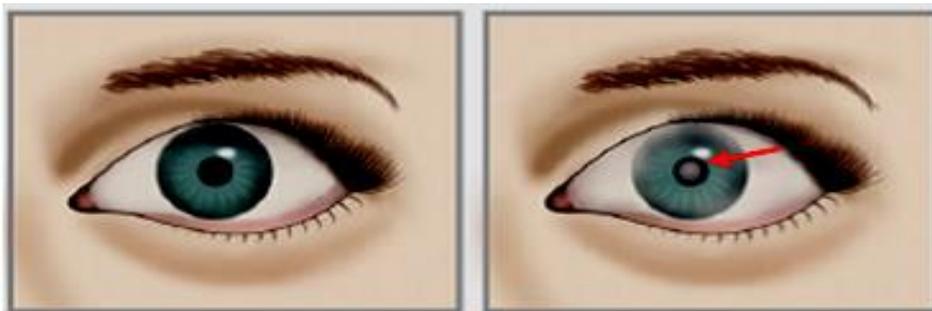
Gambar di atas menunjukkan bahwa objek yang jauh oleh lensa bayangan di proyeksikan jatuh di depan makula lutea akibat lensa tidak dapat memfokuskan bayangan.

c. Rabun jauh dan dekat

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. Supaya penderita presbiopi dapat melihat dengan jelas, maka dibutuhkan kaca mata rangkap, yaitu kaca mata cembung dan cekung.

d. Katarak

Katarak atau bular mata merupakan gangguan penglihatan. Gangguan penglihatan ini merupakan keadaan di mana terjadi kekeruhan pada serabut atau bahan lensa di dalam kapsul lensa (Sidarta Ilyas, 1998). Katarak adalah proses terjadinya opasitas secara progresif pada lensa atau kapsul lensa, umumnya akibat dari proses penuaan yang terjadi pada semua orang lebih dari 65 tahun (Marilynn Doengoes, dkk. 2000). Katarak adalah suatu keadaan patologik lensa di mana lensa menjadi keruh akibat hidrasi cairan lensa, atau denaturasi protein lensa. Kekeruhan ini terjadi akibat gangguan metabolisme normal lensa yang dapat timbul pada berbagai usia tertentu. Katarak dapat terjadi pada saat perkembangan serat lensa masih berlangsung atau sesudah serat lensa berhenti dalam perkembangannya dan telah memulai proses degenerasi. Penyebab katarak adalah lensa mata keruh sehingga menghalangi masuknya cahaya pada retina, selain itu karena proses ketuaan, sinar X, kencing manis, dan pemberian obat-obat tertentu dalam waktu yang lama. Katarak dapat menimbulkan kebutaan tanpa rasa sakit. Penderita katarak umumnya berumur di atas 55 tahun. Kelainan mata ini dapat diatasi dengan operasi mata.

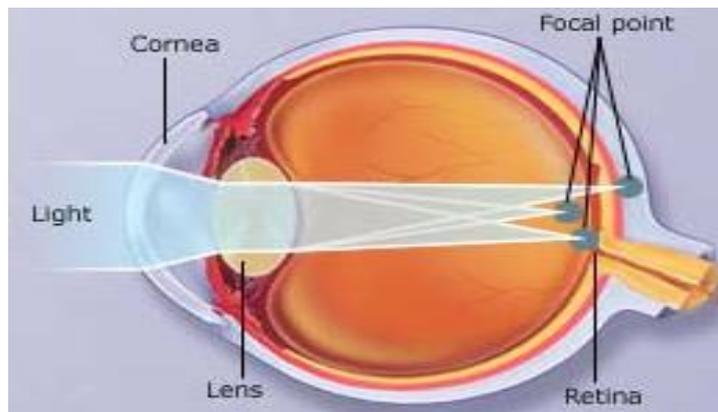


Gambar 3.6. Kekeruhan Lensa Akibat Katarak

Gambar di atas menunjukkan adanya kekeruhan lensa (tanda merah) yang disebabkan oleh banyak hal, terutama akibat proses penuaan. Kekeruhan lensa mengakibatkan obyek tidak dapat diteruskan oleh lensa menjadi bayangan.

e. Astigmatisme

Astigmatisme atau mata silindris adalah gangguan mata yang disebabkan oleh ukuran lensa mata atau kornea tidak rata, keadaan kelengkungan permukaan kornea atau lensa yang tidak mulus. Akibatnya bila penderita melihat suatu kotak, garis-garis vertikal terlihat kabur dan garis horizontal terlihat jelas atau sebaliknya. Cacat ini dapat ditolong dengan kacamata berlensa silindris.



Gambar 3.7. Astigmatisma

Saudara-Saudara pada gambar di atas bayangan yang jatuh pada retina menyebar hal ini disebabkan lensa mata tidak merata sehingga bayangan akan di proyeksikan menyebar. Bayangan yang menyebar tidak bisa fokus ke makula lutea, sehingga bayangan menjadi kabur.

Pada dasarnya pada biooptik kali ini Anda sudah mengetahui bagaimana sistem optik berfungsi dalam sistem organ penglihatan kita. Secara normal lensa mata merupakan organ sangat penting untuk mengatur kejelasan bayangan yang jatuh pada makula lutea.

Latihan

- 1) Sebutkan bagian-bagian mata yang berfungsi dalam proses penglihatan!
- 2) Jelaskan mekanisme penglihatan sehingga bayangan dapat diinterpretasikan oleh otak!
- 3) Jelaskan bagaimana lensa mata dapat memfokuskan bayangan dengan obyek yang jauh dan dekat?
- 4) Jelaskan macam-macam kelainan lensa mata dan bagaimana cara koreksinya?
- 5) Jelaskan mengapa pada lansia tidak dapat melihat suatu obyek dengan jelas?

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Lihat pada pokok bahasan pertama bagian-bagian mata.
- 2) Lihat pada pokok bahasan kedua mekanisme penglihatan.

- 3) Lihat pada pokok bahasan kedua mekanisme penglihatan.
- 4) Lihat pada bahasan kelainan lensa mata.
- 5) Lihat pada bahasan kelainan lensa mata subpokok bahasan presbiopi.

Tes 1

- 1) Gangguan mata yang disebabkan oleh ukuran lensa mata atau kornea tidak rata, keadaan kelengkungan permukaan kornea atau lensa yang tidak mulus. Akibatnya bila penderita melihat suatu kotak, garis-garis vertikal terlihat kabur dan garis horizontal terlihat jelas atau sebaliknya, disebut
 - A. Astigmatisme
 - B. Rabun senja
 - C. Rabun Jauh
 - D. Katarak

- 2) Penyakit mata yang dapat menimbulkan kebutaan tanpa rasa sakit adalah
 - A. Astigmatisme
 - B. Katarak
 - C. Konjungtivitis
 - D. Rabun jauh
 - E. Rabun dekat

Topik 2

Bloakustik

Setelah menyelesaikan Topik 3, diharapkan Anda dapat: memahami bioakustik dan pendengaran manusia sebagai dasar dalam penerapan praktek keperawatan.

Setelah menyelesaikan Topik 1, diharapkan Anda dapat:

1. Menjelaskan pengertian Gelombang bunyi.
2. Menjelaskan sumber, frekuensi, intensitas bunyi.
3. Menjelaskan efek doppler.
4. Menjelaskan pendengaran dan suara manusia.

1. MENJELASKAN ALAT KESEHATAN

Pada Topik 2 ini akan dibahas tentang bioakustik dan hal yang terkait di dalamnya. Bioakustik sangat penting dalam memahami fungsi pendengaran manusia, bagaimana mengatasi gangguan pendengaran, serta alat bantu yang bekerja berdasarkan frekuensi suara atau bunyi.

1.1 Gelombang bunyi

- a. Gelombang adalah suatu fenomena perambatan gangguan (energi).
- b. Gelombang adalah gangguan sifat fisis suatu medium yang merambat menurut tempat dan waktu, dimana medium tidak bergerak.
- c. Pada penjalarnya memerlukan suatu materi yang disebut medium.
- d. Berdasarkan **arah rambat**, gelombang dibedakan menjadi
Gelombang Longitudinal
Gelombang yang arah getar sejajar arah rambatnya.
Contoh : gel bunyi, gel pegas
Gelombang Transversal
Gelombang yang arah getar tegak lurus arah rambatnya.
Contoh :gel tali , gel permukaan air.
- e. 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.
- f. Hubungan antara frekuensi (f), panjang gelombang (λ) dan kecepatan rambat (v) adalah : $v = \lambda \cdot f$

- g. Pembahasan mengenai bioakustika erat kaitannya dengan bunyi. Bunyi merupakan salah satu fenomena dari gelombang mekanik. Bunyi adalah sejenis gelombang yang berasal dari sumber getaran mekanik yang dapat menjaral pada medium padat cair atau gas.
- h. Gelombang dapat mengalami *interferensi*, interaksi saling mempengaruhi antara 2 atau lebih gelombang. Apabila interferensi yang terjadi saling menguatkan disebut *interferensi konstruktif*, sedangkan interferensi saling melemahkan disebut *interferensi destruktif*. Gelombang mekanik, khususnya bunyi, dapat mengalami *difraksi*. Gelombang dapat membelok dalam penjaralannya apabila mengalami hambatan pada lintasannya. Contoh : kita dapat mendengar suara seseorang, padahal kita tidak dapat melihat orang tersebut yang berada di ruangan lain yang hanya dibatasi oleh sekat. Gelombang dapat mengalami *refleksi* atau pemantulan apabila dalam penjaralannya mengalami hambatan.
- i. Sebuah gelombang dengan frekuensi tertentu, apabila didekatnya terdapat sebuah objek memiliki frekuensi alami yang sama dengan gelombang tersebut, maka objek tersebut akan ikut bergetar. Peristiwa ini disebut *resonansi*
- j. Hal-hal yang berkaitan dengan gelombang bunyi:
 - 1) Berdasarkan pengamatan ternyata di udara gelombang bunyi merambat secara rapatan dan renggangan, sehingga dapat dikatakan bahwa gelombang bunyi termasuk gelombang longitudinal.
 - 2) Suara seorang wanita umumnya tinggi sedangkan pria parau, karena frekuensi suara yang dihasilkan wanita lebih tinggi daripada pria.
 - 3) Tinggi tidaknya bunyi ditentukan oleh frekuensinya, semakin tinggi frekuensi sumber bunyi semakin tinggi bunyinya.
 - 4) Kuat atau lemahnya bunyi ditentukan oleh amplitudonya. Bila amplitudo gelombang besar maka bunyi terdengar kuat, sedangkan bila amplitudo kecil bunyi terdengar lemah.
 - 5) Pelayangan (layangan bunyi) adalah gejala mengeras dan melunaknya bunyi yang terjadi secara teratur karena interferensi dua nada yang frekuensinya berbeda sedikit. Satu layangan adalah gejala terjadinya dua pengerasan bunyi yang berurutan, keras – lemah – keras.

1.2 Frekuensi, intensitas bunyi.

1.2.1 Gelombang bunyi atau suara di bagi atas tiga daerah yaitu:

- a. *Infrasonik*, memiliki frekuensi di bawah 20 Hz. (getaran tanah, gempa bumi)
- b. *Sonik*, suara yang dapat didengar oleh manusia normal, memiliki frekuensi antara 20 Hz sampai 20 kHz.
- c. *Ultrasonik*, frekuensi di atas 20 kHz. Gelombang ultrasonic merupakan gelombang bunyi yang dipancarkan oleh kelelawar sebagai radar.

1.2.2 **Intensitas** gelombang besarnya energi yang dibawa gelombang per satuan waktu per satuan luas.

1.2.3 Intensitas bunyi merupakan jumlah energi bunyi yang menembus tegak lurus bidang seluas satu satuan luas tiap detik.

$$I = P/A$$

I = intensitas bunyi (watt/m² atau watt/cm²)

A = luas bidang (m² atau cm²)

P = daya bunyi (watt)

1.3 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.

Jika suatu sumber bunyi mempunyai frekuensi f_s bergerak dengan kecepatan v_s maka frekuensi (f_p) yang didengar oleh seseorang yang bergerak dengan kecepatan v_p :

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} f_s$$

Efek Doppler ini dapat digunakan untuk menghitung kecepatan sebuah objek yang bergerak dengan mengukur pergeseran frekuensi antara frekuensi yang dipancarkan dengan frekuensi hasil pemantulan pada obyek yang akan diukur.

2. PENDENGARAN DAN SUARA MANUSIA

2.1 Pendengaran

Alat untuk mengukur daya pendengaran disebut *audiometer*. 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*.

Bunyi dapat didengar oleh telinga kita karena gelombang suara ditangkap oleh daun telinga yang berfungsi sebagai antena, kemudian setelah ditangkap telinga akhirnya akan menggetarkan gendang telinga. Kehilangan fungsi pendengaran dibagi dalam 2 jenis, yaitu:

- a. Kehilangan yang bersifat konduktif, kerusakan fisik pada struktur yang mengirimkan bunyi ke telinga bagian dalam.
- b. Kehilangan pendengaran yang bersifat karena neural atau biasa disebut *sensorineural*, kerusakan pada *cochlea* atau saraf yang mengirimkan informasi ke otak.

Ketika masuk ke dalam telinga, gelombang bunyi menekan gendang telinga sehingga dapat gendang telinga diibaratkan mendapat beban. Dengan bekal pengetahuan prinsip dasar tekanan dan momen gaya selanjutnya dapat dibayangkan bahwa tekanan ini diteruskan dengan bertumpu pada satu titik tumpu agar sampai ke *oval window*. Getaran suara merambat dari dari *oval window* ke *vestibular canal* dan kembali ke *tympanic canal*.

Akibat adanya kekentalan cairan maka akan terjadi pelemahan. Di antara dua kanal ini terdapat kanal yang disebut sebagai *cochlear duct*. Pada membran yang memisahkan *cochlear duct* dari *tympanic canal* (membran basilar), disebut *organ of Corti*, terdapat sekitar 30.000 ujung saraf. Saat gelombang tekanan merambat melewati *tympanic canal*, akan terjadi riak gelombang pada membran basilar dan *organ of Corti*, terjadi transfer energi dalam bentuk pulsa listrik kemudian dikirim ke otak melalui saraf.

2.2 Suara

Suara manusia normal ketika berbicara merupakan hasil modulasi udara, mulai dari paru-paru udara didorong menggetarkan pita suara, udara akhirnya keluar melalui mulut dan sedikit melalui hidung. Frekuensi suara wanita lebih tinggi daripada suara laki-laki karena pita suara laki-laki lebih berat dan lebih panjang dari pada wanita. Suara adalah suatu metode utama komunikasi dan memberikan kita kesenangan dalam bentuk musik. Polusi suara atau bising yang tingkatannya mengganggu merupakan masalah yang nyata dalam dunia modern. Tingkat kebisingan di tempat kerja dipantau oleh *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA). Batasnya ditetapkan sebesar 85 desibel (dB) untuk 8 jam penggunaan.

3. ALAT KESEHATAN

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

3.1 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.

3.2 Stetoskop

Bagian mangkuk terbuka stetoskop ditempelkan pada tubuh untuk mengumpulkan dan mengambil gelombang suara. Gelombang suara dilewatkan oleh saluran udara hingga sampai pada telinga. Mangkuk tertutup ditutup oleh membran tipis yang memiliki frekuensi resonansi. Makin tegang membran semakin tinggi frekuensi resonansinya sehingga jangkauan suara yang ditangkap akan semakin tinggi. Frekuensinya biasanya agak tinggi hingga dapat mendengarkan suara paru-paru. Suara jantung frekuensinya lebih rendah dari pada suara paru-paru dan masih dapat didengarkan oleh stetoskop. Kulit yang dikurung berfungsi sebagai membran bagi mangkuk terbuka.

3.3 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. Transduser dilekatkan rapat-rapat pada kulit dengan melapiskan pasta di antara transduser dengan kulit tubuh. Getaran bunyi yang dikirim ke tempat tertentu (objek) akan direfleksi ke objek itu sendiri. Hasil pengukuran kemudian diteruskan ke penguat listrik dan ditangkap oleh osiloskop. Hampir semua bagian tubuh dapat diperiksa dengan menggunakan USG dan tidak ada

efek samping yang berbahaya bagi tubuh manusia, sehingga USG merupakan metode pemeriksaan yang paling aman jika dibandingkan dengan rontgen.

Latihan

- 1) Lakukan Perkusi pada perut salah satu kawan, dan catat perbedaan bunyi pada perut atas kanan/kiri serta perut bawah kanan/kiri.
- 2) lakukan auskultasi dengan menggunakan stetoskop pada jantung, paru-paru dan perut, kemudian catat adakah suara yang didengar dan jelaskan karakteristik suaranya.
- 3) Cari hasil USG organ tubuh manusia, kemudian jelaskan kira-kira apa yang dapat dilihat dari hasil tersebut.

Ringkasan

- 1) Bunyi merupakan gelombang longitudinal yang bergerak searah dengan arah rambatannya. Intensitas bunyi dan suara bergantung pada amplitude, sedangkan tinggi rendahnya suara bergantung pada frekuensi suara.
- 2) Bunyi dapat dimanfaatkan untuk membantu memeriksa kondisi kesehatan seseorang, baik itu menggunakan alat ataupun tidak.
- 3) Alat yang digunakan dalam dunia kesehatan berasakan efek Doppler seperti Ultra Sono Grafi.
- 4) Pendengaran manusia dapat terganggu dan tidak dapat mendengar bunyi atau bunyi tidak dapat masuk atau diproses dengan baik. Kondisi seperti ini memerlukan alat bantu pendengaran.

Tes 2

- 1) Alat untuk mengukur daya pendengaran adalah
 - A. Audiometer
 - B. Garpu tala
 - C. Dopler
 - D. USG
 - E. Rontgen
- 2) Peralatan yang memiliki transduser yang dapat mengirimkan gelombang suara sekaligus menerima hasil pantulan gelombang suara tersebut, disebut
 - A. USG
 - B. Dopler
 - C. Stetoskop
 - D. MRI
 - E. CT Scan

Topik 3

Biothermik

Saudara-Saudara peserta PJJ yang berbahagia, semoga Tuhan selalu memberikan kesehatan dan kekuatan kepada kita semua untuk menuntut ilmu pada kali ini. Pada kesempatan kali ini kita akan mempelajari pengaturan suhu tubuh yang merupakan dasar ketika kita mengetahui aktivitas seluler dan mengalami pentingnya suhu tubuh dalam kehidupan. Sebagai tanda-tanda kehidupan salah satunya adalah suhu tubuh, di mana jika kita dinyatakan hidup maka suhu tubuh akan berada pada kisaran $36^{\circ}\text{C} - 37^{\circ}\text{C}$. Suhu yang selalu dalam kondisi stabil ini sebagai dampak adanya aktivitas dari sel-sel tubuh. Kita juga akan mempelajari bagaimana proses pembentukan energi sebagai dampak perubahan energi dari kimiawi menjadi energi kinetik ataupun elektrik. Pada Topik ini Anda juga akan mempelajari bagaimana pengaturan suhu tubuh sehingga suhu akan selalu stabil dalam kondisi homeostasis.

Mahasiswa mampu menyebutkan macam-macam metode penghantaran panas dalam tubuh dan menjelaskan proses pengaturan suhu tubuh.

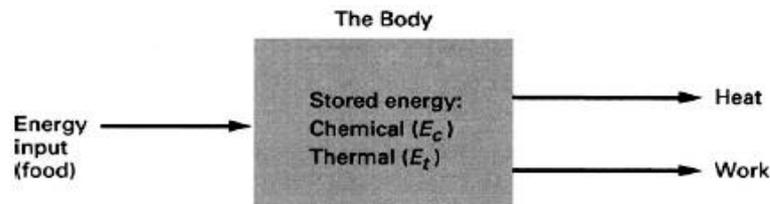
1. Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian protein.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan fungsi dan peranan protein.
3. Mahasiswa mampu menjelaskan sifat-sifat protein.
4. Mahasiswa mampu menyebutkan macam-macam jenis dan contoh protein.
5. Mahasiswa mampu menjelaskan tahap-tahap pencernaan protein mulai dari mulut sampai dengan usus besar.
6. Mahasiswa mampu menjelaskan tahap-tahap metabolisme protein (deaminasi dan transaminasi).

1. KONSEP DASAR BIOTHERMIK

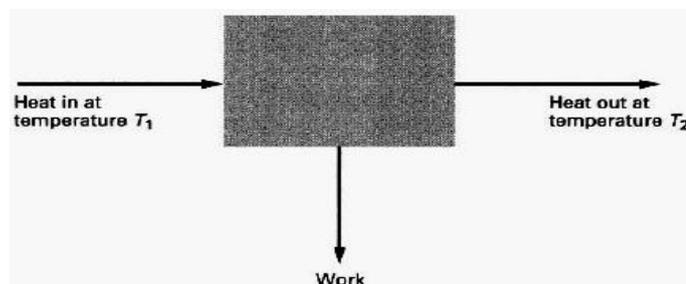
Para peserta PJJ yang berbahagia pada materi kali ini Anda akan belajar bagaimana mekanisme pengaturan suhu tubuh dan pentingnya suhu tubuh bagi kelangsungan hidup. Pada dasarnya keseimbangan suhu tubuh sangat bermanfaat untuk memfasilitasi aktifitas enzim dalam tubuh. Kerja enzim dalam tubuh berada pada rentang suhu tubuh $36,1^{\circ}\text{C} - 37,8^{\circ}\text{C}$. Enzim bekerja baik di dalam maupun di luar sel, metabolisme sel juga sangat tergantung dari keberadaan dan fungsi dari enzim. Sehingga stabilitas suhu tubuh sangat diperlukan untuk aktivitas sel, sehingga organ tubuh dapat bekerja secara efektif dan efisien.

Panas dalam tubuh kita sebenarnya tidak dihasilkan secara langsung oleh tubuh namun tubuh akan melakukan metabolisme makanan sehingga ada perubahan bentuk energi (kimia menjadi mekanik atau yang lain), di mana perubahan energi tersebut akan menghasilkan panas (Calor). Secara umum produksi panas tubuh manusia dihasilkan akibat dari katabolisme atau pemecahan kandungan makanan menjadi substansi lain dan akibat aktivitas otot yang efek sampingnya juga pelepasan energy panas. Para peserta PJJ saat kita dalam kondisi istirahat atau tanpa pembebanan (saat bangun tidur sebelum bangkit dari

tempat tidur) maka distribusi penghasil suhu tubuh kita sebagai berikut: 20% panas tubuh, 15% jantung dan 12% otot. Sehingga dalam kondisi benar-benar istirahat / rileks suhu tubuh dalam rentang yang rendah meski dalam batas normal. Untuk memperjelas hukum dalam proses pembentukan panas mari kita perhatikan dua gambar berikut ini:



Gambar 3.1
Energi Kimia Diubah Menjadi Energi Kinetik dan Panas Untuk Aktivitas



Gambar 3.2. Energi Panas Diubah Menjadi Energi Kinetik dan Panas xxx

Dua gambar di atas menjelaskan pada kita bahwa setiap ada proses perubahan energi dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya akan menghasilkan panas. Energi tidak dapat diciptakan dan di musnahkan namun energi hanya dapat diubah menjadi bentuk yang lain dan menghasilkan bentuk samping berupa panas.

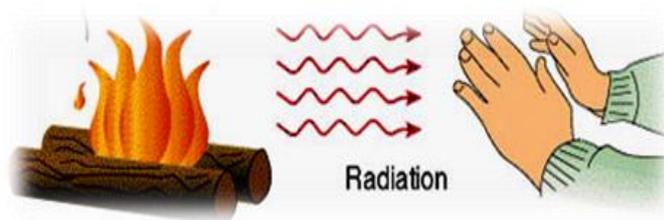
Jika Anda berolah raga maka sel-sel akan bermetabolisme lebih besar dan menghasilkan energi melalui pemecahan karbohidrat atau glikogen. Akibat aktivitas seluler tersebut maka terjadilah kontraksi otot untuk aktivitas tubuh kita secara umum. Selanjutnya Anda akan mempelajari bagaimana pemindahan panas/kalor dalam kehidupan kita sehari-hari. Pemindahan panas ini sangat penting kita pelajari mengingat banyaknya implementasi keperawatan dalam pemenuhan kebutuhan dasar kita menggunakan beberapa teknik pemindahan panas tersebut. Pada dasarnya pemindahan panas dapat kita bedakan menjadi empat yaitu: radiasi, konduksi, konveksi dan evaporasi.

2. Mekanisme Pemindahan Panas

a. Radiasi

Pemindahan panas melalui **radiasi**, setiap hari dapat Anda ketahui dan Anda alami sendiri. Ketika di pagi hari atau di siang hari kita berada di terik matahari maka tubuh kita terasa hangat ataupun panas. Paparan sinar matahari mengakibatkan tubuh kita menjadi lebih kuat oleh karena adanya pembentukan tulang yang optimal, di mana radiasi sinar

matahari akan mengaktifkan pro Vitamin D menjadi vitamin D yang aktif. Vitamin D berfungsi meningkatkan absorpsi Ca dalam pencernaan dan ginjal untuk di simpan di dalam tulang. Sebenarnya dapat kita ketahui sebenarnya radiasi itu sendiri tidak bias kita lihat secara nyata namun dampaknya akan dapat kita rasakan. Radiasi sinar matahari yang dimaksud bukan cahayanya namun panjang gelombang ultra violet yang mengenai tubuh itulah yang di maksud dengan radiasi tersebut. Akibat radiasi sinar matahari secara langsung dengan intensitas yang tinggi juga mengakibatkan terjadinya kanker kulit. 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.

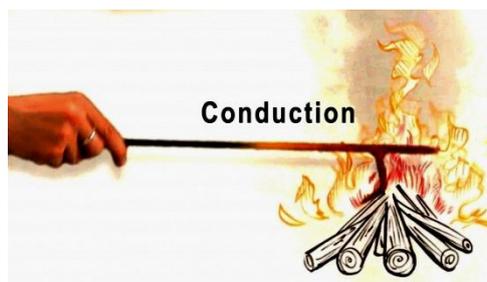


Gambar 3.3. Proses penghantaran secara radiasi

Anda dengan memperhatikan gambar di atas maka jelaslah bahwa proses penghantaran secara radiasi dari bara api ke tangan tanpa melalui perantara molekul udara namun suhu panas langsung merambat mengenai tangan. Saudara-Saudara yang berbahagia, mekanisme radiasi sebagai penghantar panas sering kita gunakan untuk mengatasi nyeri melalui diathermis infra merah ataupun proses polimerisasi bilirubin indirek oleh ultra violet pada kasus kern icterus.

b. Konduksi

Penghantaran panas berikutnya adalah melalui proses **konduksi**. Saudara-Saudara PJJ proses pemindahan panas melalui konduksi terjadi jika panas di hantarkan melalui media padat. Suhu panas akan merambat melalui molekul-molekul penghantar padat yang selanjutnya akan mencapai ujung benda padat tersebut. Proses konduksi yang baik sebagian besar terjadi pada logam, di mana logam mempunyai molekul yang padat dan saling berikatan sehingga mempunyai penghantaran yang lebih baik jika di bandingkan kayu atau plastik.

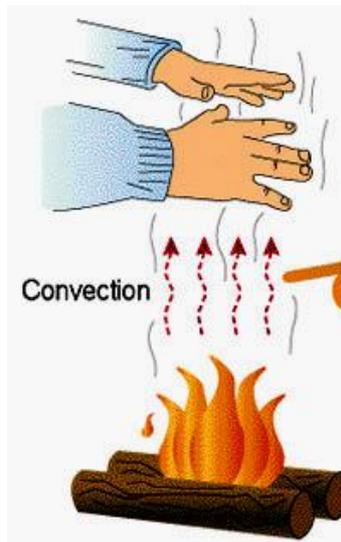


Gambar 3.4. Proses penghantaran secara konduksi

Pada gambar di atas Anda dapat memperhatikan bahwa panas yang dihasilkan oleh bara api akan mengenai logam dan dihantarkan ke tangan. Saudara-Saudara yang berbahagia, metode konduksi tersebut sering kita gunakan dalam menerapkan asuhan keperawatan yaitu tindakan kompres panas ataupun dingin untuk mengurangi rasa nyeri.

c. Konveksi

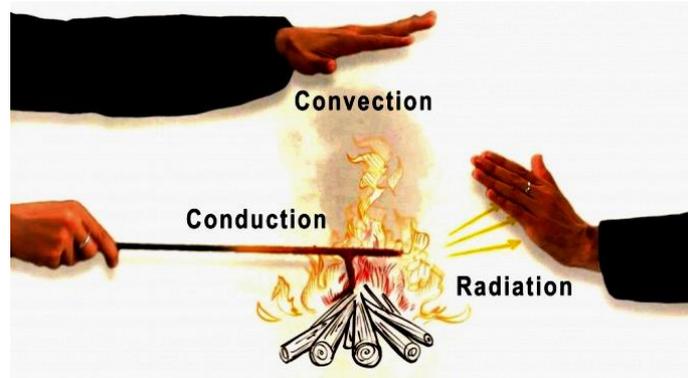
Saudara-Saudara yang berbahagia penghantaran panas selanjutnya adalah melalui proses **konveksi**. Penghantaran dengan cara konveksi terjadi jika sumber panas akan merambat melalui partikel gas/udara, sehingga suhu dalam udara menjadi lebih tinggi. Pada musim awal penghujan di mana hari-hari mendung namun tidak kunjung hujan sehingga udara menjadi semakin panas, kondisi demikian disebabkan panas sinar matahari mengenai uap air berupa mendung dan mendung akan menghantarkan panas ke ruang di bawahnya melalui udara.



Gambar 3.5. Penghantaran panas melalui konveksi

Gambar ilustrasi di atas dapat lebih memperjelas Anda bagaimana panas bara api dihantarkan oleh udara sehingga tangan bias merasakan panas. 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.

Saudara-Saudara peserta PJJ yang berbahagia, untuk lebih mempermudah pemahaman Anda dalam membedakan tiga metode penghantaran panas tersebut marilah perhatikan gambar berikut:



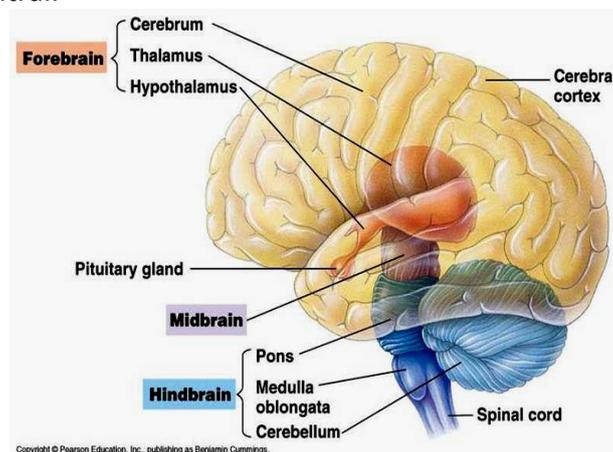
Gambar 3.6. Penghantaran panas secara konduksi, konveksi dan radiasi

Gambar di atas menunjukkan dengan jelas bagaimana perbedaan penghantaran panas, pada prinsipnya konduksi dan konveksi memerlukan media penghantaran (konduksi media padat, konveksi media gas/udara), sedangkan radiasi penghantaran secara langsung dari sumber panas.

3. Thermoregulator

Saudara-Saudara setelah kita memahami beberapa metode penghantaran panas selanjutnya Anda akan kami ajak mempelajari mekanisme pengaturan panas dalam tubuh kita, sehingga sel-sel dalam tubuh dapat bekerja secara optimal dalam kehidupan.

Pengaturan panas dalam tubuh kita dilakukan secara automatic yang di kendalikan dan berpusat di otak. Pusat pengaturan suhu berada pada hypothalamus di otak yang menerima informasi dari thermo reseptor dapat kita bagi menjadi dua: 1) thermoreceptor peripheral, 2) thermoreceptor central.



Gambar 3.7. Anatomi otak letak hypothalamus

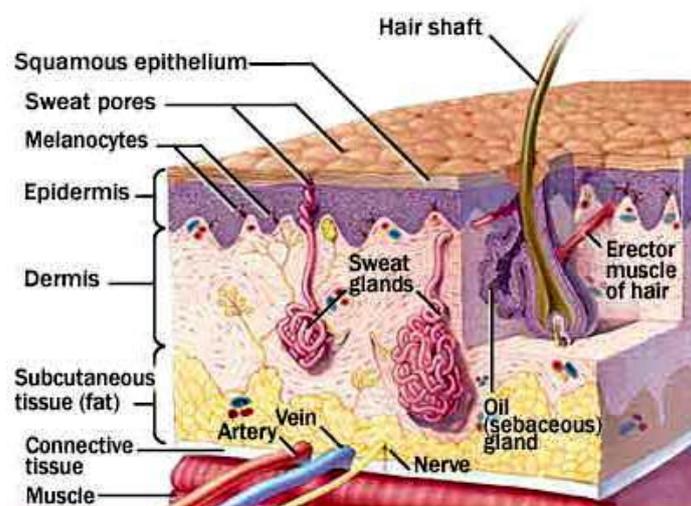
Gambar di atas menunjukkan kepada Saudara bahwa hypothalamus terletak pada otak di bagian depan di atas otak tengah dan di bawah thalamus. Saudara-Saudara peserta PJJ yang berbahagia dari gambar di atas merupakan ilustrasi pusat regulator suhu tubuh, setelah sampai pada hypothalamus maka tubuh akan memberikan respons sebagai berikut, Jika suhu

lingkungan lebih dingin dibandingkan suhu tubuh maka menghambat pengeluaran panas melalui:

- a. Vasokonstriksi pembuluh darah perifer
Stimulasi suhu dingin dari lingkungan akan mengakibatkan tubuh menahan pengeluaran panas dengan melalui vasoconstriksi pembuluh darah 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
Di samping pada mekanisme awal menurunkan aliran darah ke perifer, tubuh juga akan mengaktifkan sel-sel 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 perubahan energi tersebut mengakibatkan adanya akibat samping berupa panas.
- c. Mekanisme hormon: epinephrin, norepinephrin, tiroksin, glukokortikosteroid
Saat suhu lingkungan turun maka hormon epinephrin, norepinephrin, tiroksin, glukokortikosteroid akan disekresikan lebih banyak sekresi. Hormon tersebut mengakibatkan peningkatan metabolisme sel. Peningkatan metabolisme ini juga mengakibatkan peningkatan suhu tubuh.

Namun demikian jika suhu di luar tubuh kita lebih tinggi dari pada suhu tubuh maka memunculkan respon yang sebaliknya, sebagai berikut:

- a. Vaso dilatasi pembuluh darah
Jika suhu lingkungan meningkat atau lebih tinggi dari suhu tubuh maka tubuh akan melepaskan panas. Pelepasan panas tubuh melalui pelebaran pembuluh darah tepi, sehingga aliran darah perifer meningkat. Peningkatan aliran darah tepi diikuti dengan transport suhu melalui aliran darah. Setelah sampai di pembuluh darah tepi maka panas tubuh akan dilepas melalui permukaan kulit.



Gambar 3.8. Struktur kulit

- b. Peningkatan sekresi kelenjar keringat
Di samping pelebaran pembuluh darah tepi pada dermis juga akan meningkatkan pengeluaran keringat dari kelenjarnya. Pelepasan keringat bertujuan untuk melepaskan suhu tubuh yang berada di permukaan kulit sehingga suhu tubuh dapat dikembalikan dalam kondisi homeostasis.

Latihan

- 1) Jelaskan mekanisme pembentukan suhu tubuh!
- 2) Sebutkan macam-macam mekanisme penghantaran suhu tubuh!
- 3) Berikan contoh penerapan penghantaran suhu tubuh dalam intervensi keperawatan!
- 4) Jelaskan mekanisme tubuh dalam menurunkan suhu jika lingkungan sekitar lebih panas!
- 5) Jelaskan mekanisme tubuh dalam menurunkan suhu jika lingkungan sekitar lebih dingin!

Petunjuk Jawaban Latihan

Pembahasan:

- 1) Lihat pokok bahasan pertama konsep dasar biothermik
- 2) Lihat pokok bahasan kedua tentang penghantaran panas
- 3) Lihat pokok bahasan kedua tentang penghantaran panas
- 4) Lihat pokok bahasan kedua tentang thermoregulator

Tes 3

- 1) Saat kita berjemur di matahari maka tubuh terasa panas disebut...
 - A. Radiasi
 - B. Konduksi
 - C. Regulasi
 - D. Konversi
 - E. konveksi
- 2) Termoregulator di otak adalah...
 - A. Hypothalamus
 - B. Cerebrum
 - C. Thymus
 - D. Korteks
 - E. Medulla oblongata

Glosarium

Difraksi	: Peristiwa pelenturan cahaya yang akan terjadi, jika cahaya melalui celah yang sangat sempit.
Gelombang Longitudinal	: Gelombang yang memiliki arah getaran yang sama dengan arah rambatan.
Interferensi	: Interaksi antar gelombang di dalam suatu daerah
Interferensi konstruktif	: Gelombang saling memperkuat
Interferensi destruktif	: Pada titik-titik tertentu yang disebut simpul kedua gelombang saling memperlemah atau meniadakan
Osiloskop	: Alat ukur elektronika yang berfungsi memproyeksikan bentuk sinyal listrik agar dapat dilihat dan dipelajari.
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 perubahan ukuran atau informasi (misalnya, sensor tekanan).

BAB IV

KARBOHIDRAT PROTEIN LIPID

Tanto Hariyanto

PENDAHULUAN

Aktivitas kehidupan individu dapat kita identifikasi dari aspek makro serta mikro molekuler. Salah satu kepentingan mata kuliah biokimia dalam keperawatan adalah untuk mempelajari unsur mikro molekuler kimia dalam aktivitas kehidupan. Mata kuliah biokimia merupakan mata kuliah dasar yang sangat penting untuk mendukung mata kuliah keahlian, sehingga dalam mempelajari mata kuliah keahlian tersebut pebelajar dapat memahami lebih mudah rasional dan alasan penyusunan suatu perencanaan asuhan keperawatan.

Secara garis besar Bab biokimia ini disusun berdasarkan kebutuhan pemahaman Anda di tempat kerja dalam menerapkan ilmu keperawatan. Penyusunan Bab biokimia ini terdiri dari beberapa Topik Saudara sebagai berikut:

Topik 1 : Pencernaan dan metabolisme Karbohidrat

Topik 2 : Pencernaan dan metabolisme Protein

Topik 3 : Pencernaan dan metabolisme Lemak

Tujuan umum dari Bab 4 adalah mahasiswa dapat mengidentifikasi unsur makro nutrien dan metabolismenya dalam tubuh kita. Tujuan khusus Bab 4 setelah mempelajari modul biokimia para peserta pembelajaran jarak jauh dapat menjelaskan pengertian dan macam karbohidrat, mekanisme pencernaan karbohidrat, metabolisme karbohidrat, pengertian dan macam protein, mekanisme pencernaan protein, metabolisme protein, pengertian dan macam lemak, mekanisme pencernaan lemak, metabolisme lemak. Kompetensi-kompetensi di atas sangat Anda perlukan dalam menerapkan asuhan keperawatan baik di klinik maupun di masyarakat. Wawasan dan pemahaman Anda terhadap unsur makro nutrien (karbohidrat, protein dan lemak), akan mempermudah pekerjaan Anda dalam mengidentifikasi masalah secara tepat dan menyusun rencana asuhan keperawatan dengan cermat terhadap klien baik di klinik maupun di masyarakat.

Proses pembelajaran materi pencernaan dan metabolisme makro nutrien yang sedang Anda pelajari ini, dapat berjalan dengan mudah jika Anda mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pahami dahulu mekanisme unsur makanan ketika masuk dalam saluran pencernaan sampai dapat digunakan untuk kepentingan tubuh kita.
2. Lakukan kajian terhadap karbohidrat, protein dan lemak dalam kehidupan sehari-hari Anda sebagai contoh nyata materi pembelajaran jarak jauh ini.
3. Pelajari dahulu Topik 1, 2, dan 3 lalu praktekan untuk mengidentifikasi tanda-tanda kelebihan dan kekurangan karbohidrat pada klien di klinik maupun di masyarakat.

4. Tanda-tanda kekurangan dan kelebihan unsur makro nutrien yang Anda temukan silakan Anda pelajari ulang konsep yang ada di modul, sehingga Anda semakin dapat memahami kondisi tersebut.
5. Keberhasilan proses pembelajaran jarak jauh yang Anda jalani saat ini sangat tergantung pada kesungguhan Anda dalam belajar dan mengerjakan latihan, guna mempertahankan motivasi Anda silakan belajar berkelompok dengan teman sejawat.

Baiklah Anda peserta pembelajaran jarak jauh, selamat belajar semoga Anda sukses memahami pengetahuan yang diuraikan dalam mata kuliah ini untuk meningkatkan kemampuan Anda dalam melayani masyarakat di tempat Anda bekerja dengan baik.

Topik 1

Proses Pencernaan dan Metabolisme Karbohidrat

Peserta PJJ yang berbahagia saat ini kita akan belajar bersama tentang bagaimana karbohidrat atau zat tenaga ini akan di proses (metabolisme) oleh tubuh kita. Pada materi belajar kita kali ini akan di bahas pengertian, macam dan metabolisme karbohidrat dalam tubuh kita.

Mahasiswa mampu menyebutkan macam karbohidrat dan menjelaskan proses pencernaan serta metabolisme karbohidrat.

1. Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian karbohidrat.
2. Mahasiswa mampu menyebutkan macam-macam jenis dan contoh karbohidrat.
3. Mahasiswa mampu menjelaskan tahap-tahap pencernaan karbohidrat mulai dari mulut sampai dengan usus besar.
4. Mahasiswa mampu menjelaskan fungsi karbohidrat.
5. Mahasiswa mampu menjelaskan tahap-tahap metabolisme karbohidrat (glikogenesis, glikolisis, glikogenolisis, siklus kreb dan rantai elektron).

1. PENGERTIAN KARBOHIDRAT

Sebenarnya dalam kehidupan sehari-hari Anda selalu berinteraksi dengan makanan pokok yang banyak mengandung zat tepung (nasi, umbi-umbian, sagu serta biji-bijian) dan biasanya kalau kita kunyah dalam beberapa saat akan terasa manis. Nah, sebenarnya kita sudah tahu secara nyata yang dimaksud karbohidrat, dan sekarang Anda akan melanjutkan mempelajari struktur karbohidrat. Dari istilah kata karbohidrat berasal dari kata karbon dan air (karbo: Karbon, hidrat: air). Secara sederhana pengertian karbohidrat adalah senyawa yang terdiri dari unsur atom karbon (C), hidrogen (H) dan oksigen (O), ikatan ketiganya dengan komposisi tertentu yang disebut gula. Setelah Anda mengetahui arti karbohidrat kita juga akan sedikit mengenal rumus umum dari karbohidrat adalah: $C_n(H_2O)_n$ atau $C_nH_{2n}O_n$. gula = tepung = karbohidrat = sumber tenaga.

Berdasarkan dari pengertian karbohidrat yang telah Anda pelajari pada paragraf sebelumnya, kita dapat mengidentifikasi sumber-sumber karbohidrat di sekitar kita. Anda dapat mengidentifikasi dengan sifat karbohidrat tersebut yaitu rasa manis. Jika kita memakan karbohidrat atau gula maka jumlah energi yang kita miliki akan semakin banyak yang tersimpan dalam tubuh.



Gambar 4.1 : Makanan yang Mengandung Karbohidrat

2. MACAM-MACAM KARBOHIDRAT

Setelah kita memahami pengertian karbohidrat, sekarang kita lanjutkan untuk mengenal lebih dalam struktur penyusun karbohidrat, sehingga dengan mengenal strukturnya kita dapat membedakan beberapa karakter karbohidrat dan kegunaannya di sekitar kehidupan kita. Berikut ini akan di paparkan beberapa karbohidrat tersebut:

2.1 Karbohidrat Ikatan Sederhana

Karbohidrat ikatan sederhana merupakan gugus karbohidrat yang disusun atas satu molekul sakarida (monosakarida) atau dua molekul sakarida (disakarida). Ikatan molekul ini mudah di pisahkan oleh enzim dalam pencernaan kita. Anda dapat mengetahui mono atau disakarida berdasarkan karakteristik dasarnya yaitu berasa manis dibandingkan dengan polisakarida (tepung dan serat), berikut ini akan kita bahas satu-persatu kelompok mono sakarida dan kelompok disakarida.

- a. **Monosakarida** adalah karbohidrat yang mempunyai ikatan paling sederhana dan sudah tidak dapat dipecah lagi lebih kecil. Anda dapat mengetahui yang masuk dalam monosakarida adalah:
 - 1) **Glukosa** merupakan gula yang berada dalam komponen darah kita dan sangat penting sebagai sumber tenaga kita. Glukosa ini merupakan hasil akhir dari penguraian karbohidrat dan siap digunakan sebagai sumber energi pada sel tubuh kita.



Gambar 4.2 Gula Putih dan Gula Merah.

Gula putih dan gula merah merupakan contoh glukosa di sekitar kita, jika kita konsumsi maka hasil penyerapan di usus halus dapat langsung digunakan sebagai sumber energi oleh sel-sel dalam tubuh kita melalui glikolisis

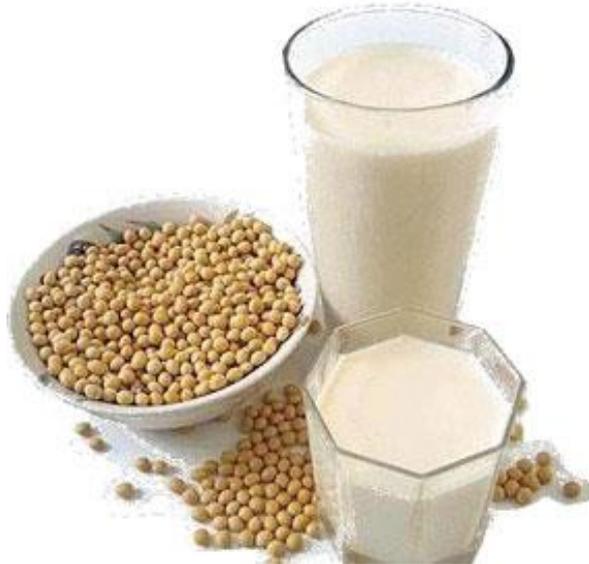
- 2) **Fruktosa** monosakarida yang sering kita kenal sebagai gula termanis, terdapat dalam madu dan buah-buahan bersama glukosa. Untuk dapat digunakan sebagai energi tubuh fruktosa harus diubah menjadi glukosa di hati.



Gambar 4.3. Madu, Syrup dan Buah-Buahan

Merupakan contoh fruktosa dalam di sekitar kita dengan ciri-ciri terasa lebih manis dibanding glukosa dan laktosa, namun jika kita konsumsi tidak dapat diubah menjadi energi sebelum diubah menjadi glukosa. Proses perubahan fruktosa menjadi glukosa terjadi di hepar.

- 3) **Galaktosa** Umumnya berikatan dengan glukosa dalam bentuk laktosa dan jarang terdapat bebas di alam. Galaktosa mempunyai rasa kurang manis jika dibandingkan dengan glukosa dan kurang larut dalam air, contohnya susu. Seperti halnya fruktosa untuk dapat digunakan sebagai energi tubuh galaktosa juga harus diubah menjadi glukosa di hati.



Gambar 4.4. Contoh Galaktosa: Gula Susu

- b. Disakarida** adalah karbohidrat yang tersusun dari 2 molekul monosakarida, yang dihubungkan oleh ikatan glikosida. Berikut ini beberapa disakarida yang banyak terdapat di alam.
- 1) **Maltosa** adalah suatu disakarida dan merupakan hasil dari penguraian sebagian dari tepung (amilum). Maltose merupakan gula yang terdiri dari ikatan glukosa dan glukosa.
 - 2) **Sukrosa** terdapat dalam gula tebu dan gula bit. Dalam kehidupan sehari-hari sukrosa dikenal dengan gula pasir. Sukrosa tersusun oleh molekul glukosa dan fruktosa.
 - 3) **Laktosa** gula yang disusun oleh molekul glukosa dan galaktosa. Dalam kehidupan sehari-hari laktosa kita kenal sebagai gula dalam susu, yang mempunyai rasa tidak terlalu manis dan relative sulit larut air.

2.2 Karbohidrat Ikatan Kompleks (polisakarida, selulosa/serat).

Karbohidrat ikatan kompleks ini merupakan kumpulan beberapa ikatan rantai monosakarida, dengan ikatannya ini masing-masing ikatan kompleks karbohidrat mempunyai karakter yang spesifik. Karakteristiknya dapat kita bedakan menjadi dua kelompok yaitu:

a. Secara fungsional:

- 1) Zat tepung dalam kehidupan sehari-hari kita mengenal tepung yang digunakan untuk membuat makanan. Tepung tersebut dapat diperoleh dari hasil umbi-umbian (ketela, umbi jalar dll), batang tanaman (sagu) ataupun dari biji-bijian (jagung, padi dll. Semua zat tepung tersebut mengandung amilopektin ataupun amilum, kedua zat tersebut berfungsi sebagai penyedia energi dari tumbuhan.
- 2) Glikogen merupakan gula yang disimpan pada jaringan otot binatang atau manusia, yang berfungsi sebagai cadangan energi. Seperti yang Anda alami jika

kita memakan daging segar (sudah dimasak) ada rasa manisnya, hal itu disebabkan adanya glikogen yang merupakan struktur gula di dalam jaringan otot tersebut.



Gambar 4.5. Sumber Glikogen (Gula Otot) Zat Tepung dan Serat

b. Secara struktural

Serat sangat penting untuk menyeimbangkan penyerapan unsur makro dalam pencernaan kita jika terjadi kelebihan. Intake serat sehari yang dianjurkan dalam sehari 25-35 gram. secara struktural serat dibagi menjadi dua jenis:

- 1) Serat larut air serat yang larut dalam air namun tidak dapat dicerna dalam pencernaan manusia karena kita tidak mempunyai enzim untuk menguraikan serat tersebut. Serat larut dalam air terdapat banyak pada buah-buahan dan jelly atau agar-agar. Di dalam usus serat larut air menghambat proses penyerapan makan, sehingga dapat digunakan untuk menghambat penyerapan lemak maupun zat gula pada penderita diabetes militus.
- 2) Serat tidak larut air adalah serat makanan yang tidak dapat dicerna dan tidak larut air. Banyak dihasilkan oleh makanan yang berasal dari sayuran. Jika dimakan maka akan meningkatkan isi usus dan menstimulasi untuk pengeluaran lebih cepat.



Gambar 4.6. Buah dan Sayur Kaya Serat Larut Air (Buah), Tidak Larut Air (Sayuran)

2.3 FUNGSI KARBOHIDRAT

2.3.1 Tempat penyimpanan energi

Karbohidrat sebagai sumber penyimpanan energi dalam tubuh, sebagai sumber energi ini diperankan oleh glukosa, zat tepung (amilose dan amilopektin) dan glikogen yang merupakan cadangan energi yang disimpan pada jaringan hati dan otot rangka.

2.3.2 Komponen struktur jaringan pendukung

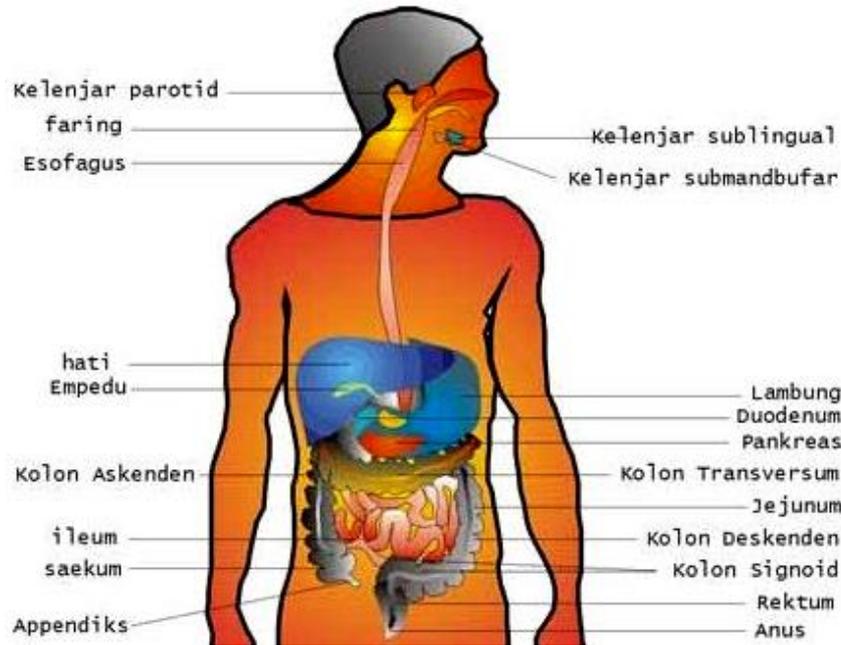
Karbohidrat juga mempunyai fungsi sebagai komponen struktur pendukung sel atau jaringan tubuh. Karbohidrat sebagai pendukung diperankan oleh: *Cellulose*, *chitin*, *GAGs*. *Cellulose* ikatan rantai panjang molekul glukosa yang berfungsi utama sebagai penyusun dinding sel, sehingga mempunyai struktur yang kuat. *Chitin* merupakan senyawa polisakarida yang mengandung nitrogen, mempunyai karakteristik sebagai pelindung semitransparan dan berfungsi sebagai struktur sel (exoskeleton). Glicosaminoglicans (*GAGs*) merupakan polisakarida yang berada pada permukaan jaringan mukosa berfungsi sebagai pelindung dan adheren.

- a. Komponen penting pada asam nukleat (penyusun DNA dan RNA)
Glukosa dalam penyampaian kode genetik berfungsi untuk mengikat rantai asam amino sehingga membentuk suatu rantai double helix pembawa sifat individu.
- b. Determinan antigen
Glukosa berikatan dengan lipid atau asam amino berfungsi sebagai determinan antigen. Ikatan glukosa pada permukaan membran sel bertugas untuk mengenali keberadaan antigen dan mempunyai kemampuan adhesin.

2.3.3 PENCERNAAN KARBOHIDRAT

Seperti yang kita lakukan sehari-hari, 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. Pencernaan diawali pada rongga mulut di mana karbohidrat secara mekanik dihancurkan dengan mengunyah dan dicampur dengan amilase saliva yang mempunyai pH 6,9 sehingga karbohidrat (amilum) berubah menjadi dekstrin dan maltosa. Perubahan ini dapat Anda rasakan ketika Anda mengunyah makanan yang mengandung zat tepung (nasi atau ubi) dalam beberapa saat akan Anda rasakan lebih manis daripada makanan tersebut di awal kita kunyah.

Ketika di lambung dekstrin dan maltosa akan dirubah menjadi disakarida (maltosa, laktosa dan sukrosa) oleh aktivitas enzim amilase pankreas yang mempunyai pH 7. Keluar dari lambung disakarida akan di ubah menjadi monosakarida; maltosa menjadi glukosa dan glukosa oleh aktivitas maltase pH 7-8, laktosa menjadi glukosa dan galaktosa oleh enzim laktase pH 7-8, serta sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa oleh enzim sukrase pH 7-8. Semua monosakarida dalam lumen usus akan diserap dan ditransportasikan ke dalam hati untuk di metabolisme.

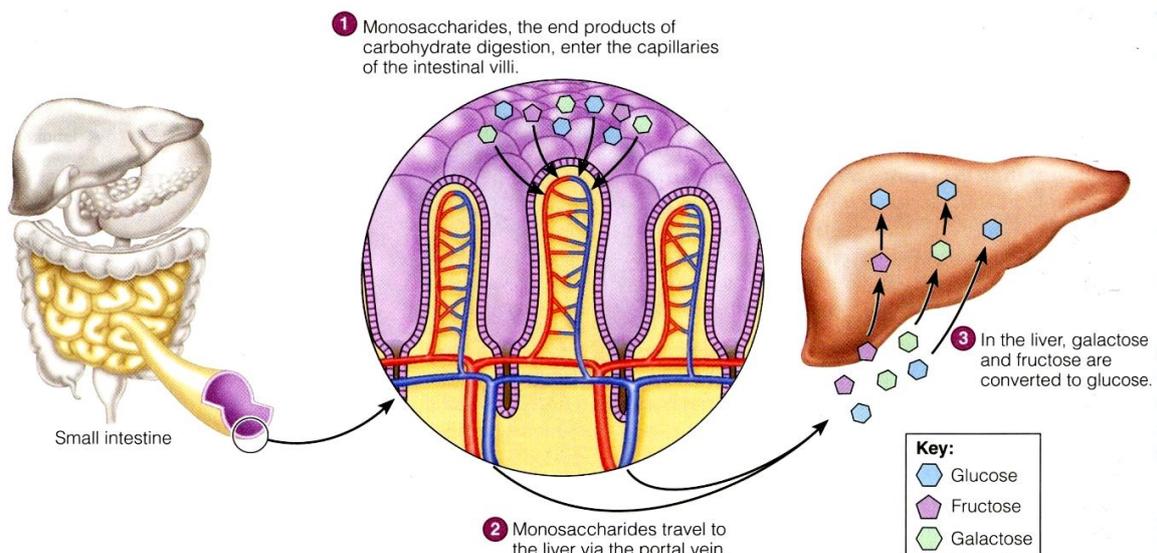


Gambar 4.7. Proses pencernaan karbohidrat

Proses pencernaan di rongga mulut dengan bantuan enzim amylase dirubah menjadi gula sederhana (disakarida), di lambung di sakarida diubah menjadi monosakarida dan pada usus halus monosakarida diserab oleh jonjot-jonjot usus

2.3.4 METABOLISME KARBOHIDRAT

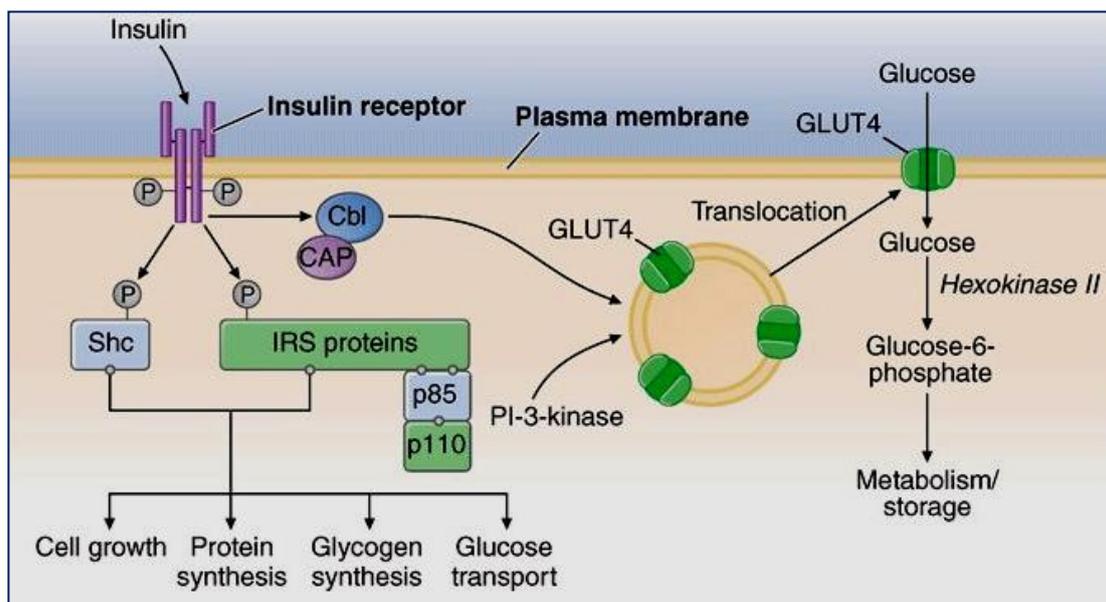
Di hati fruktosa dan laktosa diubah menjadi glukosa dan disimpan dalam bentuk glikogen, namun demikian glikogen juga disusun dan disimpan dalam jaringan otot rangka. Anda juga dapat membuktikan dengan merasakan jaringan hati dan daging yang segar akan berasa lebih manis.



Gambar 4.8. Proses Absorpsi Monosakarida dan Trasporter ke Hepar

Hasil pencernaan di usus halus berupa monosakarida dan di absorpsi ke jonjot usus, masuk pembuluh darah serta di transport ke hepar. Di hepar glukosa di bentuk menjadi glikogen, fruktosa dan galaktosa diubah menjadi glukosa.

Glukosa yang ikut dalam aliran darah akan ditranspor ke dalam sel melalui saluran glukosa pada membran sel yang disebut *glucose channel*. Glukosa saluran glukosa akan terbuka jika reseptor insulin yang berada di membran sel di stimulasi, dampak stimulasi tersebut mengakibatkan teraktifasinya *glucose transporter 4 (GLUT4)* dalam sitoplasme membukakan pintu untuk glukosa. Jika tidak ada/kurangnya insulin atau menurunnya reseptor insulin akan mengakibatkan pintu glukosa tidak terbuka dan glukosa akan menumpuk dalam aliran darah.



Gambar 4.9. Transport Glukosa ke dalam Selluler

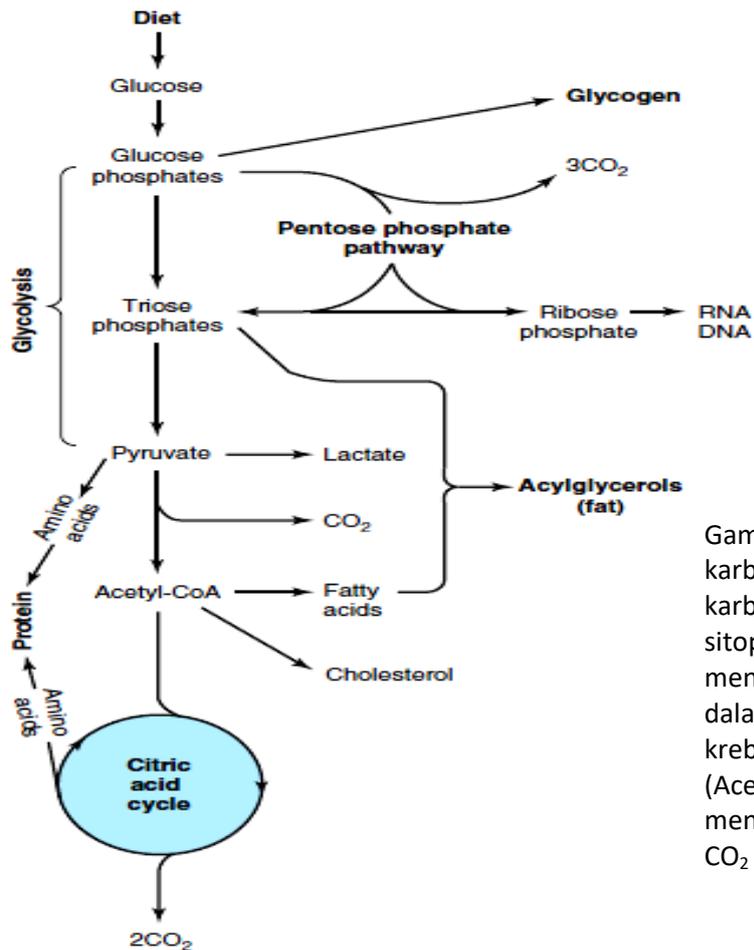
Perhatikan gambar di atas, ketika glukosa dalam darah meningkat maka tubuh akan memproduksi insulin lebih banyak, ketika insulin berada dalam aliran darah dan berikatan dengan reseptor insulin pada permukaan membran sel maka akan menstimulasi glukosa transporter 4 (GLUT4) untuk mengaktifkan pembukakan pintu glukosa yang berada pada membran sel, sehingga glukosa dalam peredaran darah dapat masuk melalui pintu glukosa tersebut.

Anda-Anda setelah di bahasan sebelumnya kita sudah mempelajari bagaimana karbohidrat dicerna dan diabsorpsi, serta di transport ke dalam plasma sel, maka selanjutnya kita akan membahas metabolisme glukosa di dalam sel tubuh kita. *Yang perlu Anda perhatikan bahwa proses pembentukan energi dari glukosa terjadi di dalam sel sehingga jika glukosa tidak dapat masuk ke dalam sel maka energi tubuh kita tidak akan terbentuk, keadaan demikian sebagai kunci berpikir kita ketika memahami mekanisme terjadinya hiperglikemia pada penderita diabetes melietus (DM). Di mana pada penderita DM insulin kurang atau reseptor insulin tidak sensitif sehingga glukosa tidak disampaikan ke dalam*

sitoplasme dan tertahan pada aliran darah, sehingga sel tidak dapat menghasilkan energi untuk aktivitas selluler maupun tubuh kita. Dalam sitoplasma glukosa akan di ubah menjadi asam piruvat dengan menghasilkan 2 Adhenosin Tri Phospat (ATP). Asam piruvat selanjutnya akan ditranspor ke dalam mitokondria dan diubah menjadi asetil coenzim A (Asetil Co A), setelah berbentuk Asetil 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 Asetil 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).



Gambar 4.10. Pembentukan energi dari karbohidrat. Makanan yang mengandung karbohidrat di transport masuk kedalam sitoplasma untuk proses glikolisis yang menjadi pyruvat(2ATP), pyruvat masuk ke dalam mitokondria untuk proses siklus kreb dalam bentuk Acetyl Coenzim A (Acetil CoA) dengan bantuan O₂ menghasilkan 34 ATP, dengan produk sisa CO₂ dan air.

Latihan

- 1) Dalam kehidupan sehari-hari kita sudah banyak mengenal karbohidrat, dan kalau kita kelompokkan berdasarkan ikatan molekulnya maka kita mengenal ada beberapa ikatan sakarida, berikut ini yang termasuk dalam mono sakarida:
 - A. Amilose
 - B. Maltose
 - C. Sukrose
 - D. Laktosa
 - E. **Fruktosa**

- 2) Proses pencernaan karbohidrat yang paling dominan di perankan oleh reaksi enzimatik terjadi pada organ:
 - A. Mulut – gaster
 - B. Gaster – jejunum
 - C. **Gaster – doudenum**
 - D. Mulut dan usus besar
 - E. Mulut dan ileum

- 3) Siklus asam sitrat merupakan salah satu proses pembentukan energi yang paling penting, karena pada siklus tersebut di dihasilkan energi yang relatif banyak jika di dibandingkan dengan proses glikolisis. Proses siklus asam sitrat terjadi di dalam sel, tepatnya pada organela:
- A. Retikulum endoplasmic
 - B. Ribosome
 - C. Aparatus golgi
 - D. Lisosome
 - E. **Mitokondria**
- 4) Dalam melakukan proses metabolisme karbohidrat organ yang sangat penting adalah hepar, dimana hepar dalam metabolisme karbohidrat mempunyai fungsi sebagai berikut:
- A. Menyimpan glikogen
 - B. Merubah maltosa menjadi glukosa
 - C. Merubah galaktosa menjadi laktosa
 - D. Merubah fruktosa menjadi sukrosa
 - E. Menyimpan glukosa
- 5) Serat merupakan salah satu bentuk dari ikatan polisakarida yang sulit dicerna oleh pencernaan manusia. Serat sangat penting untuk menyeimbangkan penyerapan unsur makro dalam pencernaan kita jika terjadi kelebihan. Intake serat sehari yang dianjurkan dalam sehari adalah:
- A. 20 – 35 gram/hari
 - B. 20 – 30 gram/hari
 - C. **25 – 35 gram/hari**
 - D. 25 – 30 gram/hari
 - E. 20 – 40 gram/hari

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Pembahasan soal No. 1:
- A. Amilose (Poli sakarida)
 - B. Maltose (Disakarida)
 - C. Sukrose (Disakarida)
 - D. Laktosa (Disakarida)
 - E. **Fruktosa (monosakarida)**
- 2) Pembahasan soal No. 2:
- A. Mulut – gaster (Mekanik oleh gigi dan kontraksi pada gaster)
 - B. Ileum – jejunum (Proses absorpsi, mekanik dan kimiawi relatif sedikit)

- C. **Gaster – doudenum (lebih dominan enzimatis pada gaster dan doudonum proksimal)**
 - D. Mulut dan usus besar (mekanik di mulut)
 - E. Mulut dan ileum (mekanik di mulut)
- 3) Pembahasan soal No. 3:
- A. Retikulum endoplasmic (sintesis asam amino dan lipid)
 - B. Ribosome (sintesis asam amino)
 - C. Aparatus golgi (packing asam amino)
 - D. Lisosome (pencernaan selluler)
 - E. **Mitokondria (respirasi dan sintesis energi)**
- 4) Pembahasan soal No. 4:
- A. Menyimpan glikogen (jelas)
 - B. Merubah maltosa menjadi glukosa
 - C. Merubah galaktosa menjadi laktosa
 - D. Merubah fruktosa menjadi sukrosa
 - E. Menyimpan glukosa
- 5) Pembahasan soal No. 5:
- A. 20 – 35 gram/hari
 - B. 20 – 30 gram/hari
 - C. **25 – 35 gram/hari (Jelas)**
 - D. 25 – 30 gram/hari
 - E. 20 – 40 gram/hari

Ringkasan

Materi yang telah Andapelajari tentang karbohidrat dapat disarikan sebagai berikut:

1. Karbohidrat sering kita kenal dalam kehidupan sehari-hari adalah sebagai sumber energi utama dalam bentuk gula (glukosa).
2. Jika seseorang kelebihan energi dan tidak digunakan secara optimal maka akan di simpan dalam bentuk gliserol atau lemak di bawah kulit
3. Gangguan metabolisme karbohidrat dalam selluler akan mengakibatkan tertimbunnya glukosa dalam darah (hiperglikemia) seperti pada penyakit Diabetes Militus.
4. Pemasukan glukosa yang kurang dalam tubuh mengakibatkan gangguan pada metabolisme selluler dalam tubuh kita sehingga akan terjadi gangguan pertumbuhan dan perkembangan.

Selain glukosa karbohidrat yang tidak kalah penting dan harus kita konsumsi setiap hari adalah serat, baik serat yang larut ataupun yang tidak larut dalam air. Konsumsi serat dapat mengendalikan kadar kolesterol dalam darah kita.

Tes 1

- 1) Berikut termasuk dalam mono sakarida: E
 - A. Dextrine
 - B. Maltose
 - C. Sukrose
 - D. Laktosa
 - E. Fruktosa

- 2) Pencernaan karbohidrat secara kemis dan mekanis terjadi pada: A
 - A. Mulut – gaster
 - B. Mulut – jejunum
 - C. Gaster – usus halus
 - D. Mulut – usus besar
 - E. Mulut – duodenum

- 3) Enzim yang berperan penting pada siklus asam sitrat adalah: A
 - A. Riboflavin
 - B. Niacin
 - C. Thiamin (vitamin B1)
 - D. Pantothenicacid

- 4) Siklus asam sitrat sangat penting dalam proses metabolisme tubuh, terjadi di: E
 - A. Retikulum endoplasmic
 - B. Ribosome
 - C. Aparatus golgi
 - D. Lisosome
 - E. Mitokondria

- 5) Glikolisis dan oksidasi piruvat terjadi di: C
 - A. Retikulum endoplasmic
 - B. Sitosol
 - C. Mitokondria
 - D. Eritrosit

- 6) Fungsi hepar dalam glikogenesis adalah: E
 - A. Menyediakan energi awal untuk otot berkontraksi
 - B. Menyimpan dan mengirim glukosa darah diantara jeda makan
 - C. Menstabilkan glukosa darah sampai 24 jam
 - D. Setelah 12-18 jam kelaparan glikogen hepar menurun

- 7) Kemampuan hepar dalam memetabolisme karbohidrat adalah: A
- A. Menyimpan glikogen
 - B. Merubah maltosa menjadi glukosa
 - C. Merubah galaktosa menjadi laktosa
 - D. Merubah fruktosa menjadi sukrosa
 - E. Menyimpan glukosa
- 8) Pernyataan dibawah ini yang benar adalah: E
- A. NADH dalam siklus asam sitrat menghasilkan 3 ATP
 - B. NAD dalam siklus asam sitrat menghasilkan 3 ATP
 - C. FADH dalam siklus asam sitrat menghasilkan 2 ATP
 - D. FAD dalam siklus asam sitrat menghasilkan 2 ATP
 - E. NADH dan FADH merupakan simpanan energi pada mitokondria
- 9) Yang termasuk dalam karbohidrat kompleks (polisakarida) adalah: A
- A. Zat tepung
 - B. Glycogen
 - C. Fiber/serat
 - D. Gentiobiose
- 10) Berikut merupakan karakteristik serat dalam tubuh manusia: C
- A. Merupakan bagian struktur dari tumbuhan
 - B. Tidak dapat dicerna oleh karena tidak punya enzim untuk menghancurkan
 - C. Intake yang direkomendasikan 25-35 gram/hari
 - D. Produk serat dalam tubuh akan dibuang semua/dikeluarkan

Topik 2

Proses Pencernaan dan Metabolisme Protein

Para peserta PJJ yang berbahagia, semoga Tuhan selalu memberikan kesehatan dan kekuatan kepada kita semua untuk menuntut ilmu pada kali ini. Pada kesempatan kali ini kita akan mempelajari metabolisme protein yang merupakan dasar ketika kita mempelajari bagaimana tubuh kita bisa mengatur aktivitas seluler dan mengalami pertumbuhan. Protein sebagian besar dalam kehidupan sehari-hari selalu kita persepsikan sebagai daging atau kedelai dari jenis tumbuhan. Kita juga akan mempelajari bagaimana proses pencernaan protein dalam saluran digestif kita sehingga dapat dimanfaatkan sebagai zat pembangun maupun regulator aktivitas sel dalam tubuh.

Mahasiswa mampu menyebutkan macam-macam protein dan menjelaskan proses pencernaan serta metabolisme protein.

1. Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian protein.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan fungsi dan peranan protein.
3. Mahasiswa mampu menjelaskan sifat-sifat protein.
4. Mahasiswa mampu menyebutkan macam-macam jenis dan contoh protein.
5. Mahasiswa mampu menjelaskan tahap-tahap pencernaan protein mulai dari mulut sampai dengan usus besar.
6. Mahasiswa mampu menjelaskan tahap-tahap metabolisme protein (deaminasi dan transaminasi).

2.1 PROTEIN

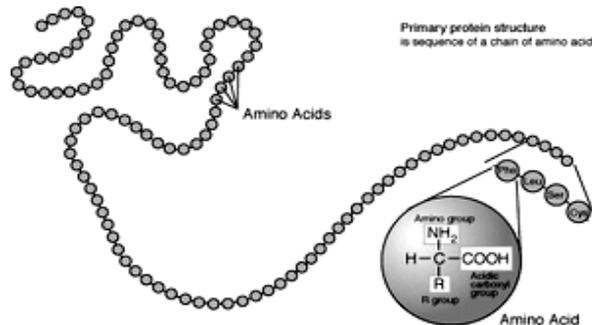
Para peserta program pendidikan jarak jauh (PJJ), sebelumnya kita telah membahas bersama mengenai karbohidrat sebagai sumber tenaga, juga beberapa gliko protein yang merupakan ikatan glukosa dan protein sebagai pengaturan (regulator) dalam sistem tubuh. Berikutnya pada pokok bahasan kedua ini kita membahas tentang protein, yang secara umum kita ketahui bersama sebagai zat pembangun dan pengatur dalam sistem tubuh kita. Ketika Anda membaca protein, bayangan kita mengarah pada daging, tempe ataupun tahu. Protein juga kita asumsikan sebagai zat pembangun yang bermakna sebagai sesuatu untuk menyusun struktur bagian-bagian tubuh, sebagai daya tahan tubuh juga sebagai pengatur (regulator). Untuk memahami lebih lanjut tentang protein ini mari kita bahas bersama sebagai berikut.

2.1.1 Pengertian Protein

Dalam kehidupan sehari-hari pernahkah Anda memakan makanan seperti telur, ikan dan tahu? Makanan tersebut merupakan salah satu contoh makanan protein. Protein merupakan zat biomolekul yang penting perannya dalam makhluk hidup selain karbohidrat dan lemak. Anda mungkin sudah mengetahui bahwa manusia itu dibentuk oleh bagian terkecil yaitu sel. Sel mempunyai dinding sel, di mana bahan untuk membentuk

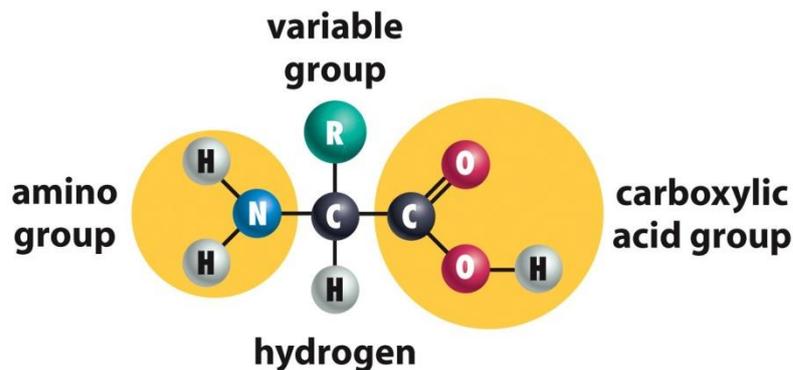
dinding sel itu memerlukan protein, berdasarkan hal tersebut Anda menjadi tahu bahwa protein sangat diperlukan oleh tubuh.

Selanjutnya kita akan membahas pengertian protein. Kata protein berasal dari kata bahasa Yunani *protos* yang berarti "yang paling utama". Protein adalah suatu senyawa organik kompleks, dengan berat molekul tinggi yang berbentuk gabungan dari molekul-molekul asam amino yang dihubungkan satu sama lain dengan ikatan peptida sehingga membentuk satu untaian rantai. Untuk lebih memahami lebih mudah berikut ini merupakan gambar ilustrasi struktur sederhana protein dapat dilihat dari Gambar 4.1 berikut.



Gambar 3.1. Struktur Sederhana Protein

Dengan gambar di atas (Gb. 2.1) jelaslah bagi kita bahwa protein ibaratnya sebagai suatu ikatan rantai senyawa molekul asam amino yang terdiri dari unsur Carbon (C) berada ditengah-tengah, selanjutnya atom C ini mempunyai ikatan dengan atom Hidrogen (H), molekul R (dalam berbagai bentuk), senyawa amin (NH₂) dan senyawa asam karboksilat (COOH). Untuk memperjelas bentuk ikatan pada molekul asam amino dapat Anda perhatikan gambar berikut ini:.



Gambar 3.2. Struktur Asam amino

Dengan memperhatikan gambar ikatan protein di atas maka kita mengerti bahwa molekul protein mengandung N (15,30-18%), C (52,40%), H (6,90-7,30%), O (21-23,50%), dapat berikatan dengan unsur-unsur yang lain seperti S, kadang-kadang P, Fe dan Cu dan akan kita sebut sebagai senyawa kompleks protein. Anda-Anda dapat kita pahami bahwa

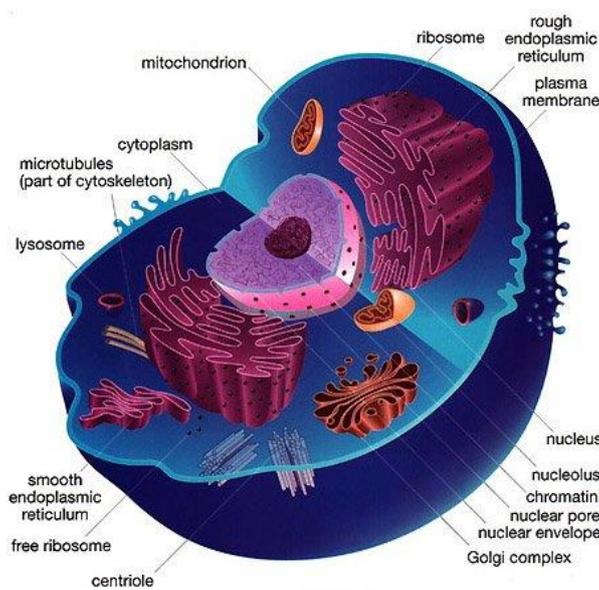
protein mempunyai fungsi yang penting dalam tubuh kita sebagai zat untuk mengkomunikasikan antar bagian sehingga tubuh dapat berfungsi secara teratur.

2.1.2 Fungsi dan Peranan Protein

Pada ulasan sebelumnya Anda sudah mengerti bahwa protein dikenal sebagai zat pembangun dan zat pengatur oleh karena protein sangat mudah berikatan dengan unsur yang lain dalam tubuh kita, sehingga dalam tubuh kita protein memegang peranan penting dalam berbagai proses kehidupan. Selanjutnya kita akan mempelajari peran dan fungsi protein dalam tubuh kita secara sistematis, berikut ini merupakan fungsi protein dalam tubuh kita:

a. Fungsi struktural

Protein secara struktural berfungsi dalam membentuk struktur protein internal yaitu struktur protein yang berfungsi sebagai organ di dalam sel itu sendiri (sitoplasma dan organela), sitoskeleton (rangka sel), mempertahankan bentuk dan integritas fisik sel. Di dalam sel, protein terdapat baik pada membran plasma maupun membran internal yang menyusun organel sel seperti mitokondria, retikulum endoplasma, nukleus dan badan golgi dengan fungsi yang berbeda-beda tergantung pada tempatnya.



Gambar 3.3. Struktur Sel dan Organella

Struktur sel dan organellanya tersusun dari asam amino spesifik dan mempunyai fungsi yang berbeda-beda.

b. Katalisis enzimatik

Hampir semua reaksi kimia dalam sistem biologi dikatalisis oleh enzim dan hampir semua enzim adalah protein, untuk lebih jelasnya pembahasan enzim akan Anda pelajari pada modul berikutnya.

- c. Transportasi dan penyimpanan
Berbagai molekul kecil dan ion-ion ditransport oleh protein spesifik. Misalnya transportasi oksigen di dalam eritrosit oleh hemoglobin dan transportasi oksigen di dalam otot oleh mioglobin.
- d. Koordinasi gerak
Kontraksi otot dapat terjadi karena pergeseran dua filamen protein yaitu aktin dan miosin. Contoh lainnya adalah pergerakan kromosom saat proses mitosis dan pergerakan sperma oleh flagela.
- e. Penunjang mekanis
Ketegangan kulit dan tulang disebabkan oleh kolagen yang merupakan protein fibrosa.
- f. Proteksi imun
Antibodi (imunoglobulin/Ig) merupakan protein yang sangat spesifik dan dapat mengenal serta berkombinasi dengan benda asing seperti virus, bakteri dan sel dari organisme lain.
- g. Membangkitkan dan menghantarkan impuls saraf.
Respon sel saraf terhadap rangsang spesifik diperantarai oleh protein reseptor. Misalnya rodopsin adalah protein yang sensitif terhadap cahaya ditemukan pada sel batang retina. Contoh lainnya adalah protein reseptor pada sinapsis.
- h. Pengaturan pertumbuhan dan diferensiasi
Pada organisme tingkat tinggi, pertumbuhan dan diferensiasi diatur oleh protein faktor pertumbuhan. Misalnya faktor pertumbuhan saraf mengendalikan pertumbuhan jaringan saraf. Selain itu, banyak hormon merupakan protein.

2.1.3 Karakteristik Protein

Selanjutnya disini kita akan mencoba untuk memahami karakteristik protein secara umum. Karena gugus protein pada salah satu ujung rantai C-nya mengandung senyawa amin maka sebagian besar protein bersifat polar atau mempunyai beda potensial. Dengan adanya sifat polar tersebut maka senyawa protein mempunyai kemampuan untuk menempel dengan molekul lain atau sering kita sebut dengan adhesin. Protein bila dipanaskan dalam suhu tinggi maka akan menggumpal atau disebut dengan terkoagulasi. Misalnya ketika Anda akan membuat telur mata sapi, ketika Anda memanaskan telur tersebut maka sebagian putih telur yang bening akan berubah menjadi putih kental. Sifat yang lain dari protein adalah protein juga akan menggumpal bila dalam kondisi asam, ini terjadi bila kita membiarkan susu dalam kondisi terbuka dalam waktu lama. Menggumpalnya protein disebabkan karena rantai protein yang sudah rusak karena suhu yang tinggi dan situasi asam.

a. Macam Jenis Protein

1) Berdasarkan Bentuk dan Sifat Fisik

a) Protein globular

Terdiri dari polipeptida yang bergabung satu sama lain (berlipat rapat) membentuk bulat padat. Misalnya enzim, albumin, globulin, protamin. Protein ini larut dalam air, asam, basa, dan etanol.

- b) Protein serabut (fibrous protein)
Terdiri dari peptida berantai panjang dan berupa serat-serat yang tersusun memanjang, dan memberikan peran struktural atau pelindung. Misalnya fibroin pada sutera dan keratin pada rambut dan bulu domba. Protein ini tidak larut dalam air, asam, basa, maupun etanol.
- 2) Berdasarkan Fungsi Biologi
Pembagian protein didasarkan pada fungsinya di dalam tubuh, antara lain:
 - a) Enzim (ribonuklease, tripsin).
 - b) Protein transport (hemoglobin, mioglobin, serum, albumin).
 - c) Protein nutrisi dan penyimpan (gliadin/gandum, ovalbumin/telur, kasein/susu, feritin/jaringan hewan).
 - d) Protein kontraktile (aktin dan tubulin).
 - e) Protein Struktural (kolagen, keratin, fibrin).
 - f) Protein Pertahanan (antibodi, fibrinogen dan trombin, bisa ular).
 - g) Protein Pengatur (hormon insulin dan hormon paratiroid).
- 3) Berdasarkan Daya Larutnya
 - a) Albumin
Larut air, mengendap dengan garam konsentrasi tinggi. Misalnya albumin telur dan albumin serum.
 - b) Globulin Glutelin
Tidak larut dalam larutan netral, larut asam dan basa encer. Glutenin (gandum), orizenin (padi).
 - c) Gliadin (prolamin)
Larut etanol 70-80%, tidak larut air dan etanol 100%. Gliadin/gandum, zein/jagung.
 - d) Histon
Bersifat basa, cenderung berikatan dengan asam nukleat di dalam sel. Globin bereaksi dengan heme (senyawa asam menjadi hemoglobin). Tidak larut air, garam encer dan pekat (jenuh 30-50%). Misalnya globulin serum dan globulin telur.
 - e) Protamin
Larut dalam air dan bersifat basa, dapat berikatan dengan asam nukleat menjadi nukleoprotamin (sperma ikan). Contohnya salmin.
- 4) Protein Majemuk, adalah protein yang mengandung senyawa bukan hanya protein disebut juga dengan istilah "protein terkonjugasi":
 - a) Fosfoprotein
Protein yang mengandung fosfor, misalnya kasein pada susu, vitelin pada kuning telur.
 - b) Kromoprotein
Protein berpigmen, misalnya asam askorbat oksidase mengandung Cu.
 - c) Protein Koenzim

Misalnya NAD⁺, FMN, FAD dan NADP⁺.

- d) Lipoprotein
Mengandung asam lemak, lesitin.
- e) Metaloprotein
Mengandung unsur-unsur anorganik (Fe, Co, Mn, Zn, Cu, Mg dsb).
- f) Glikoprotein
Gugus prostetik karbohidrat, misalnya musin (pada air liur), oskomukoid (pada tulang).
- g) Nukleoprotein
Protein dan asam nukleat berhubungan (berikatan valensi sekunder) misalnya pada jasad renik.

b. Tahap-tahap pencernaan Protein

Proses pencernaan protein dimulai dalam lambung (gaster) dimana terdapat sel chief di dinding lambung yang menghasilkan enzim *pepsinogen*. Enzim ini menghasilkan *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 peptida yang pendek, atau asam amino.

Penyerapan makanan terjadi pada mukosa intestinal melalui tonjolan villi dan microvilli. Di dalam lumen masing-masing villi terdapat jaringan kapiler dan sebuah pembuluh limf. 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.

Transpor dan Penyimpanan Asam amino (Guyton dan Hall, 2006).

- 1) Hasil akhir dari pencernaan protein dan absorpsi protein dalam saluran pencernaan hampir seluruhnya dalam bentuk asam amino. Asam amino selanjutnya dibawa oleh sirkulasi darah ke dalam *amino acid pool* (gudang penimbunan asam amino) yaitu darah dan cairan jaringan (interseluler).
- 2) Selanjutnya asam amino masuk ke dalam sel dengan metode transpor aktif. Setelah masuk ke dalam sel, asam amino bergabung dengan ikatan peptida, dibawah petunjuk RNA *messenger* dan sistem ribosom untuk membentuk protein selular, mengganti jaringan yang rusak, dan jika diperlukan dapat diubah menjadi sumber energi.
- 3) Oleh karena itu, konsentrasi asam amino dalam sel biasanya tetap rendah karena penyimpanan sebagian besar asam amino dalam bentuk protein yang sesungguhnya. Namun banyak protein intraselular dapat dengan cepat dipecah kembali menjadi asam amino dibawah pengaruh enzim pencernaan lisosom

intraselular dan asam amino ini sebaliknya ditranspor kembali keluar dari sel dan masuk ke dalam darah.

- 4) Beberapa jaringan tubuh yang menyimpan asam amino-protein dalam jumlah banyak adalah hati, sedangkan ginjal dan mukosa usus halus menyimpan asam amino-protein dalam jumlah yang relatif sedikit.
- 5) Di dalam tubuh terdapat keseimbangan yang reversibel antara protein dari berbagai bagian tubuh yang berbeda. Protein selular dalam hati (dan sangat sedikit pada sel jaringan lain) dapat disintesis dengan cepat dari asam amino plasma dan banyak asam amino kemudian dipecahkan dan dikembalikan ke dalam plasma dengan kecepatan hampir sama, sehingga terdapat keseimbangan yang konstan antara asam amino dalam plasma darah dan protein yang labil dalam sel tubuh. Misalnya: jika jaringan tertentu apapun membutuhkan protein, jaringan tersebut dapat mensintesis protein baru dari asam amino darah, sebaliknya untuk mengganti asam amino darah yang berkurang tadi maka sel-sel tubuh lainnya terutama sel hati akan memecah proteinnya menjadi asam amino untuk di transpor kembali ke dalam plasma darah.
- 6) Konsentrasi normal asam amino dalam darah antara **35 s/d 65 mg/dl**.
- 7) Masing-masing sel mempunyai kemampuan maksimum dalam menyimpan asam amino-protein. Setelah semua sel menyimpan asam amino-protein dalam batas maksimum, maka asam amino yang berlebihan dalam sirkulasi darah akan dipecah menjadi produk lain, atau dipergunakan untuk energi atau diubah menjadi lemak atau glikogen dan disimpan dalam bentuk ini.
- 8) Di dalam plasma darah, asam amino dapat dalam bentuk **protein plasma** yaitu **albumin, globulin** dan **fibrinogen** dimana protein plasma ini dibentuk oleh hati kemudian ditranspor ke dalam pembuluh darah. Kecepatan hati dalam membentuk protein plasma dapat sangat tinggi yaitu 30 mg/hari. Untuk lebih memahami uraian diatas maka Anda bisa memperhatikan gambar berikut ini.

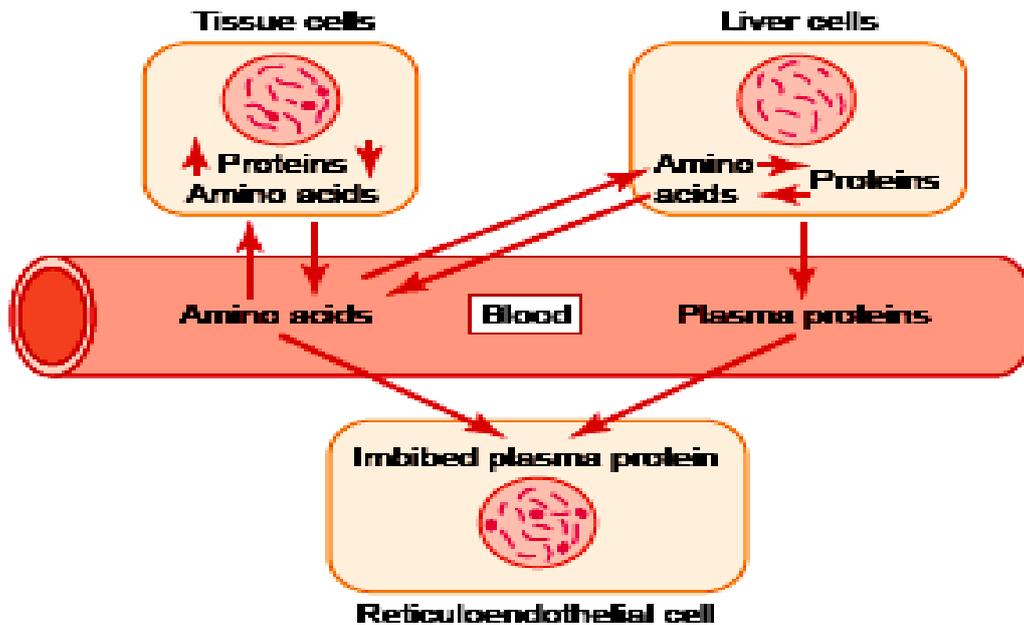


Figura 69-2

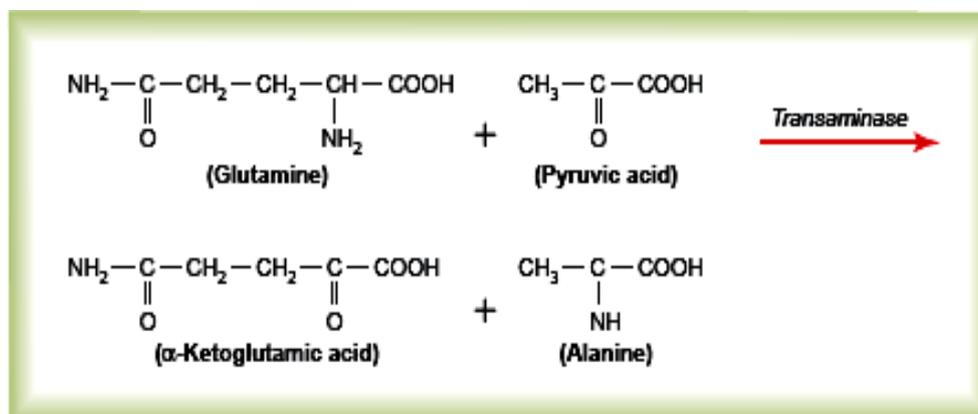
Reversible equilibrium among the tissue proteins, plasma proteins, and plasma amino acids.

Gambar 3.4. Transpor Asam amino dalam Tubuh (Guyton dan Hall, 2006)

c. Metabolisme Protein

Protein di dalam tubuh dapat berubah menjadi molekul yang lebih sederhana melalui proses **deaminasi dan trasaminasi**.

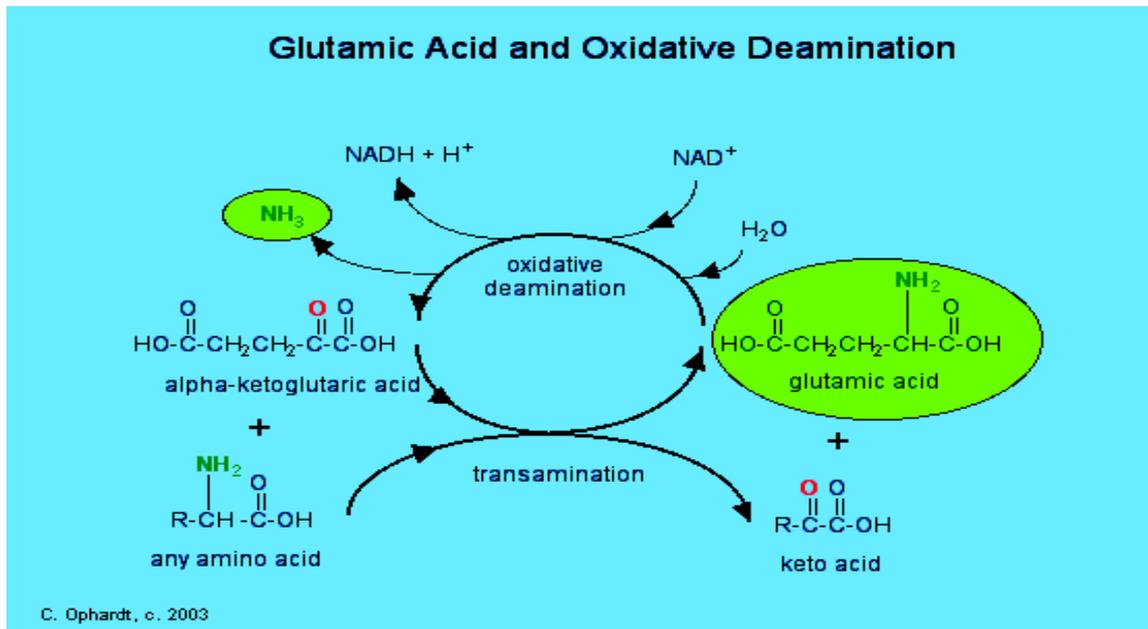
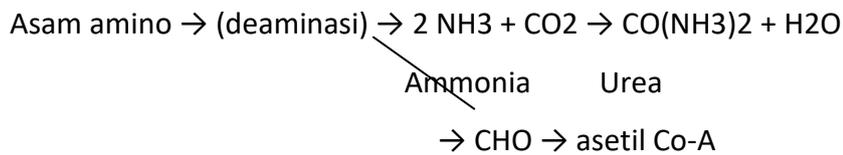
Transaminasi adalah proses perubahan asam amino menjadi jenis asam amino lain. Proses transaminasi didahului oleh pemindahan NH_2 dari suatu asam amino ke ikatan yg lain, yaitu asam keto (perubahan asam amino menjadi bentuk asam keto), yang kemudian masuk ke cytoplasma sel yg nantinya akan digunakan untuk sintesis protein. Secara skematik digambarkan sebagai berikut.



Sekali sel diisi sampai batas penyimpanan proteinnnya, 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 (NH_2) dari suatu asam amino ke beberapa zat akseptor lainnya. Deaminasi merupakan salah satu bentuk dari **katabolisme atom N (nitrogen)**. Secara skematik digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.4. Skema Deaminasi

Latihan

- 1) 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

- 2) Pada berada pada usus halus protein yang dicerna secara kimiawi dengan tingkat keasaman yang tinggi selanjutnya dinetralisir oleh garam empedu dan dicerna oleh getah pancreas. Di bawah ini yang bukan merupakan getah pankreas adalah:
- A. Trypsin
 - B. Chymotrypsin
 - C. Aminopeptidases
 - D. Carboxypeptidases
 - E. Peptidase
- 3) Hasil akhir aktivitas enzim pada usus halus dalam mencerna protein sehingga dapat diserap oleh usus halus adalah adalah:
- A. Polipeptida
 - B. Asam amino
 - C. Nukleotida
 - D. Mono peptide
 - E. Peptida
- 4) Transaminasi adalah perubahan dari satu gugus asam amino menjadi asam amino yang lain. Pada proses transaminasi asam amino akan di transfer menjadi:
- A. α -ketoglutarate
 - B. Glutamate
 - C. α -keto acid
 - D. Palmitat
 - E. β -ketoglutarate
- 5) Hasil samping dari metabolisme protein adalah amoniak, proses pembentukan ammonia terjadi pada:
- A. Hepar
 - B. Lien
 - C. Sumsum tulang
 - D. Epithel usus
 - E. Duodenum

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Jawaban A:
- A. Rongga mulut (lebih dominan secara mekanik, sedang secara kimiawi pencernaan protein ada di gaster dan duodenum)
 - B. Gaster (pencernaan protein secara kimiawi)
 - C. Ileum (absorpsi asam amino)

- D. Doudonum (pencernaan protein secara kimiawi dan absorpsi)
 - E. Jejunum (absorpsi asam amino)
- 2) Jawaban E: Jelas
- A. Trypsin
 - B. Chymotrypsin
 - C. Aminopeptidases
 - D. Carboxypeptidases
 - E. Peptidase
- 3) Jawaban B: Jelas
- A. Polipeptida
 - B. Asam amino
 - C. Nukleotida
 - D. Mono peptide
 - E. Peptida
- 4) Jawaban A: Jelas
- A. α -ketoglutarate
 - B. Glutamate
 - C. α -keto acid
 - D. Palmitat
 - E. β -ketoglutarate
- 5) Jawaban A: Jelas
- A. Hepar
 - B. Lien
 - C. Sumsum tulang
 - D. Epithel usus
 - E. Duodenum

Ringkasan

1. Protein adalah senyawa organik kompleks berbobot molekul tinggi yang merupakan polimer dari monomer-monomer asam amino yang dihubungkan satu sama lain dengan ikatan peptida.
2. Protein adalah salah satu bio-makromolekul yang penting perannya dalam makhluk hidup.
3. Protein mempunyai fungsi dan peranan: struktural, Katalisis enzimatik, Transportasi dan penyimpanan, Koordinasi gerak, Penunjang mekanis, Proteksi imun,

Membangkitkan dan menghantarkan impuls saraf, dan Pengaturan pertumbuhan dan diferensiasi.

4. Protein mempunyai penggolongan berdasarkan struktur molekul terdiri dari struktur primer, sekunder, tersier dan kuartener.

Tes 2

- 1) Proses penghancuran protein secara mekanik menjadi molekul polipeptida terjadi di saluran pencernaan bagian:
 - A. Rongga mulut
 - B. Gaster
 - C. Ileum
 - D. Doudonum
 - E. Jejunum
- 2) Setelah dilakukan proses penghancuran protein menjadi polipeptida maka selanjutnya poli peptida tersebut di urai lagi menjadipolipeptida dengan rantai yang lebih pendek sebelum diubah menjadi asam amino, enzim pemotong polipeptida menjadi rantai yang lebih pendek yaitu:
 - A. Pepsin
 - B. Lipase
 - C. Amilase
 - D. Maltase
 - E. Laktase
- 3) Pada usus halus protein yang asam akan di netralisir oleh garam empedu selanjutnya akan dicerna oleh getah pancreas. Di bawah ini yang bukan merupakan getah pankreas adalah:
 - A. Trypsin
 - B. Chymotrypsin
 - C. Aminopeptidases
 - D. Carboxypeptidases
 - E. Peptidase
- 4) Hasil akhir aktivitas enzim pada usus halus dalam mencerna protein sehingga dapat diserap oleh usus halus adalah adalah:
 - A. Polipeptida
 - B. Asam amino
 - C. Nukleotida
 - D. Mono peptide
 - E. Peptida

- 5) Protein dalam pencernaan dapat di absorpsi jika berupa:
- Asam amino
 - Polipeptida
 - Dipeptida
 - Amin
 - Monopeptide
- 6) Pernyataan berikut yang benar tentang asam amino:
- Semua asam amino (30 macam) penting untuk tubuh
 - Semua asam amino dapat dipenuhi dengan sintesis tubuh sendiri
 - Ada 20 asam amino yang bersifat non-essensial
 - Semua asam amino dapat dipenuhi dari makanan saja
 - Ada 12 asam amino yang bersifat tidak essensial
- 7) Enzims yang sangat penting dalam proses biosynthesis asam amino adalah:
- Dehydrogenase
 - Glutamine synthetase
 - Aminotransferase
 - Glutaminase
- 8) Pada proses transaminasi asam amino akan di transfer menjadi:
- α -ketoglutarate
 - Glutamate
 - α -keto acid
 - Palmitat
 - β -ketoglutarate
- 9) Enzim alanine aminotransferase pada proses transaminasi akan mengkatalisasi α -Ketoglutarate menjadi:
- Pyruvate
 - Oxaloacetat
 - Glutamate
 - Glutarat
- 10) Hasil samping dari metabolisme protein adalah amoniak, proses pembentukan ammonia terjadi pada:
- Hepar
 - Lien
 - Sumsum tulang
 - Epithel usus
 - Duodenum

Topik 3

Proses Pencernaan dan Metabolisme Lipid

Parapeserta PJJ yang berbahagia, semoga Tuhan selalu memberikan kesehatan dan kekuatan kepada kita semua untuk menuntut ilmu pada kali ini. Setelah kita mempelajari metabolisme dua unsur makro nutrien selanjutnya kita akan mempelajari satu lagi unsur makro yaitu lipid. Lipid atau sering kita kenal lemak merupakan unsur makro yang tidak dapat kita hindarkan dalam kehidupan kita sehari-hari, namun konsumsinya harus dapat kita kendalikan. Materi kali ini kita akan membahas tentang macam, pencernaan dan metabolisme lipid dalam tubuh kita.

Mahasiswa mampu menjelaskan proses pencernaan dan metabolisme Lipid.

1. Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian lipid.
2. Mahasiswa mampu menyebutkan macam-macam lipid.
3. Mahasiswa mampu menjelaskan tahap-tahap pencernaan lipid.
4. Mahasiswa mampu menjelaskan fungsi lipid.
5. Mahasiswa mampu menjelaskan tahap-tahap lipid.

3.1 LIPID

Para peserta PJJ pasti ketika kita sebut kata lemak (lipid), maka kita cenderung akan mengasosiasikan dengan orang obesitas dan kolesterol. Dengan demikian, kita akhirnya mengatakan bahwa lipid sangat berbahaya dan kita akan menghindari makanan berlemak, sementara makanan yang mengandung karbohidrat tetap kita konsumsi. Padahal ketika kita bilang obesitas atau kegemukan maka sebenarnya diakibatkan kelebihan karbohidrat yang akhirnya di simpan dalam bentuk gliserol untuk cadangan energi.

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, 2) lipid tidak jenuh; mempunyai ikatan rantai ganda pada gugus atom karbonnya. Dari kedua jenis lipid tersebut maka kita sangat memerlukan lipid yang tidak jenuh (*unsaturated lipid*).

Pada pokok materi lipid ini kita akan membahas beberapa hal yang terdiri dari:

3.2 PENGERTIAN LIPID

Lipid adalah molekul-molekul biologis yang tidak larut di dalam air tetapi larut di dalam pelarut-pelarut organik. Sering kali ketika kita bilang lemak dan minyak keduanya kita anggap sama yaitu merupakan trigliserida. Namun demikian sebenarnya kita dapat membedakan keduanya berdasarkan sifat-sifat secara umumnya yaitu:

3.2.1 Lemak

- a. Umumnya diperoleh dari hewan.
- b. Berwujud padat pada suhu ruang.
- c. Tersusun dari asam lemak jenuh.



Gambar 2. Makanan yang berminyak

3.2.2 Minyak

- a. Umumnya diperoleh dari tumbuhan.
- b. Berwujud cair pada suhu ruang.
- c. Tersusun dari asam lemak tak jenuh.



Gambar 3.2. Makanan yang Berminyak

3.2.2.1 Jenis-jenis lipid

Berdasarkan tingkat kemampuan kelarutan dengan air dan 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 *amfipotik* 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 fosfoliserida.



Gambar 3.3. Lemak Subcutan sebagai Cadangan Energi Tubuh

- 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, steroid dan malam (wax). (gambar lemak malam).

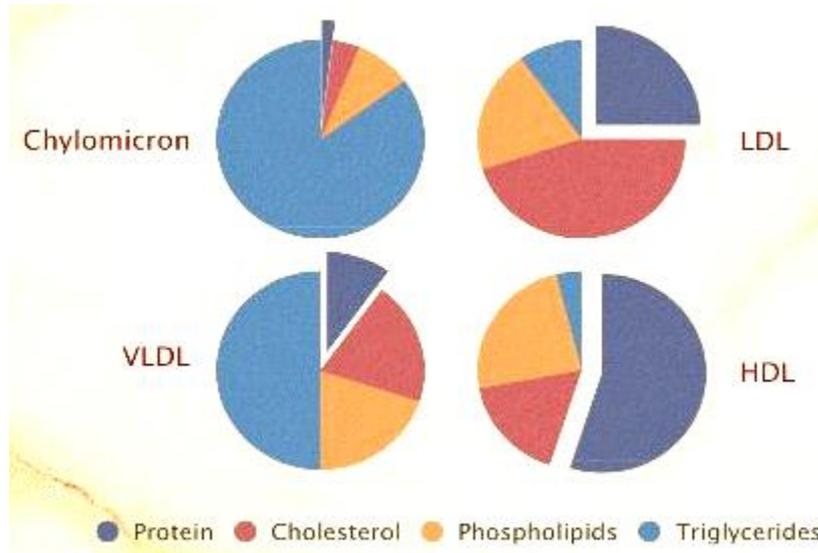
Berdasarkan tingkat kejenuhannya atau keberadaan ikatan rantai ganda atom karbon, lipid dibedakan atas dua bagian yaitu: 1) lipid jenuh; tidak mempunyai ikatan rantai ganda pada gugus karbon. Dalam kehidupan sehari-hari kita dapat mengenal lemak jenuh diantaranya adalah: lemak-lemak hewani dan lemak (minyak) tumbuh-tumbuhan yang sudah melalui pemanasan dengan suhu di atas 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. Dari kedua jenis lipid tersebut maka kita sangat memerlukan lipid yang tidak jenuh (*unsaturated lipid*).

Setelah kita mengenal beberapa macam lipid berdasarkan kelarutan dan kejenuhannya, maka jika kita tinjau dari kekomplekkan ikatannya maka kita dapat membedakan menjadi dua yaitu; 1) Lemak sederhana yang merupakan gugus lemak yang tidak berikatan dengan unsure lain, 2) Lemak kompleks, merupakan senyawa lipid yang terdiri dari ikatan lemak dengan unsure lain. Lemak kompleks dapat kita bagi menjadi empat kelompok utama dari lipoprotein plasma yang masing-masing tersusun atas beberapa jenis lipid, yaitu:

- a. Kilomikron
Kilomikron berfungsi sebagai alat transportasi trigliserid dari usus ke jaringan lain, kecuali ginjal.
- b. VLDL (*very low - density lipoproteins*)
VLDL mengikat trigliserid di dalam hati dan mengangkutnya menuju jaringan lemak
- c. LDL (*low - density lipoproteins*).
LDL berperan mengangkut kolesterol ke jaringan perifer sebagai bahan baku penyusun hormone steroid.

d. HDL (*high - density lipoproteins*)

HDL mengikat kolesterol plasma dan mengangkut kolesterol terutama LDL ke hati.

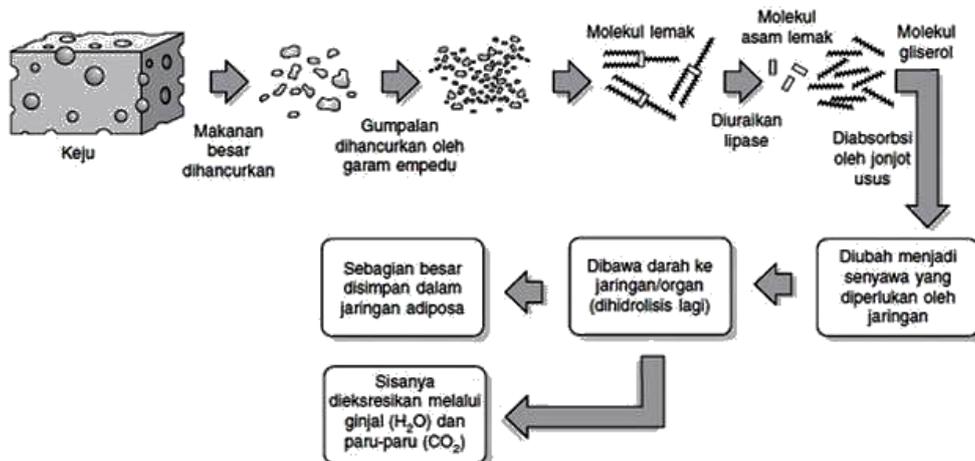


Gambar 3.4. Komposisi Kolesterol pada Lipoprotein

Dari keempat jenis lipoprotein yang kita kenal LDL yang sering kita sebut kolesterol jahat mempunyai kadar kolesterol paling banyak dan berbahaya dalam pembuluh darah, sedangkan HDL mempunyai kadar protein tertinggi sebagai transporter lemak ke hepar.

3.2.2.2 Pencernaan lipid

Anda-Anda tadi sudah kita ketahui bahwa lipid sangat sulit untuk larut dalam air, sehingga dalam pencernaan tubuh kita lemak tidak dilarutkan dalam air namun akan dipecah menjadi partikel-partikel yang kecil untuk diserap oleh jonjot usus. Berikut gambaran proses pencernaan lipid tersebut.



Gambar 3.5. Proses Pencernaan Lipid

Lipid di rongga mulut dihancurkan secara mekanik, diubah oleh HCl lambung dan garam empedu menjadi melekul lemak, diserap jonjot usus halus dan di ubah menjadi gliserol dan asam lemak bebas untuk ditransport ke hepar dan jaringan lemak.

Ketika kita mengkonsumsi lipid yang terdapat di makanan kita merupakan campuran lipid yang sederhana (terpena dan steorida) dan yang kompleks (triasilgliserol, fosfolipid, sfingolipid, dan lilin) berasal dari tanaman maupun jaringan hewan. Dalam mulut dan lambung, lipid tadi belum mengalami pemecahan yang berarti. Setelah berada dalam usus halus, lipid kompleks terutama triasilgliserolnya dihidrolisis oleh lipase menjadi asam lemak bebas dan sisa. Enzim lipase diaktifkan oleh [hormon](#) epineprin. Enzim ini dibantu oleh garam asam empedu (terutama asam kholat dan taurokholat) yang disekresikan oleh hati ke doudenum. Fungsi garam tersebut ialah mengemulsi makanan berlemak sehingga terbentuklah emulsi partikel lipid yang sangat kecil. Oleh karena itu, permukaan lipid menjadi lebih besar dan lebih mudah dihirolisis oleh lipase.

Berdasarkan reaksi tersebut diketahui bahwa lipase pankreas hanya bisa menghidrolisis ikatan ester pada atom C nomor 1 dan 3 yang hasilnya asam lemak bebas dan monoasil gliserol. Dengan bantuan misel-misel garam empedu maka asam lemak bebas, monoasil gliserol, kolesterol, dan vitamin membentuk sebuah kompleks yang kemudian menempel (diabsorpsi) pada permukaan sel mukosal. Senyawa-senyawa tersebut selanjutnya menembus membran sel mukosal dan masuk ke dalamnya. Misel-misel garam empedu melepaskan diri dan meninggalkan permukaan sel mukosal.

Dalam sel mukosal, asam lemak bebas monoasil gliserol disintesis kembali menjadi triasil gliserol yang setelah bergabung dengan albumin, kolesterol, dan lain-lain membentuk siklomikron. Siklomikron tersebut pada akhirnya masuk ke dalam darah, kemudian sampai ke hati dan jaringan lain yang memerlukannya. Sebelum masuk ke dalam sel, triasil gliserol dipecah dulu menjadi asam lemak bebas dan gliserol oleh lipoprotein lipase.

3.2.2.3 Fungsi lipid

Berbagai proses pencernaan dan metabolisme lipid (lemak) telah kita pelajari dan selanjutnya kita akan mempelajari peran penting lemak dalam proses metabolisme tubuh secara umum. Beberapa peranan biologi dari lipid sebagai berikut.

- a. Sebagai komponen struktur membran, lipid menyusun bagian dari struktur membran sel yang bersama dengan posphor (pospholipid). Membran yang terbentuk dari pospholipid bilayer menjadikan membran bersifat selaput semi permiabel, sehingga dapat dilalui material secara selektif.
- b. Sebagai lapisan pelindung pada beberapa jaringan dan organ tubuh, seperti yang kita pelajari di anatomi fisiologi struktur paru dan jantung pada bagian tepinya tersusun dari lipid sehingga menjadikan organ lebih fleksibel jika kontak dengan jaringan sekitarnya, serta meminimalkan benturan secara langsung jika terjadi benturan.
- c. Sebagai bentuk energi cadangan, tersimpan dalam bentuk lemak subcutan yang akan dipecah (lipolisis) jika energi yang disusun dari karbohidrat sudah habis / tidak mampu mengkompensasi.

- d. Sebagai komponen permukaan [sel](#) yang berperan dalam proses kekebalan jaringan, seperti yang kita ketahui pada fungsi pencernaan terutama pada permukaan dalam lambung yang tersusun dari prostaglandin. Prostaglandin merupakan senyawa lipid yang berfungsi sebagai barier mukosa sehingga lambung menjadi terlindung dari keasaman yang tinggi.
- e. Sebagai komponen dalam proses pengangkutan melalui membran, lipin sebagai penyusun membran juga berfungsi sebagai canal selektor terhadap substansi yang dimasukkan ke dalam sel.

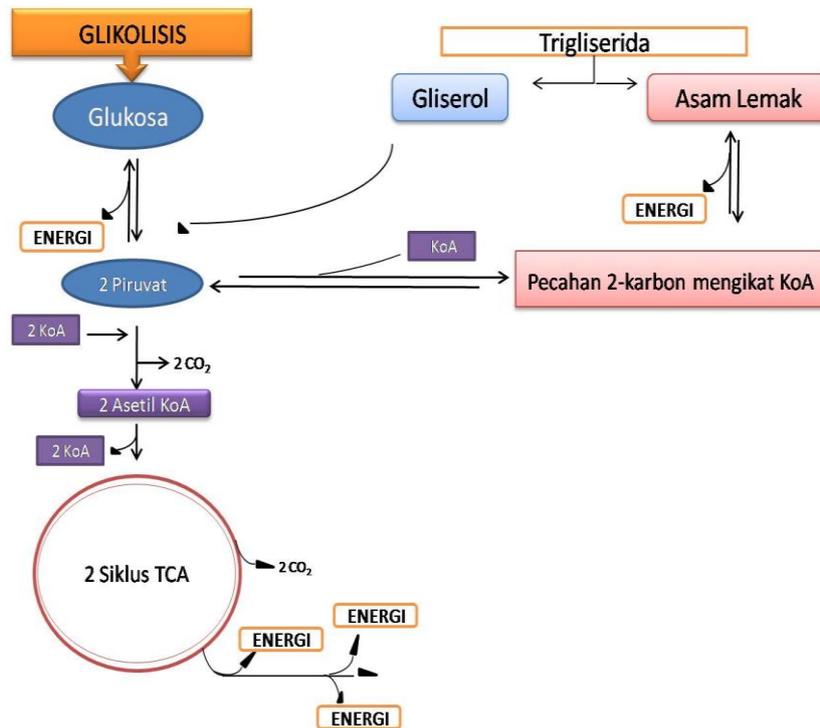
3.2.2.4 Metabolisme Lemak

Selanjutnya setelah kita mengetahui bersama bagaimana lipid dicerna dalam tubuh kita, peserta PJJ mari kita bahas proses metabolisme lipid dalam tubuh kita yang berfungsi untuk menghasilkan energi tubuh untuk bergerak dan memenuhi kebutuhan energi di dalam sel.

Metabolisme Lemak merupakan proses tubuh untuk menghasilkan energi dari asupan lemak setelah masuk menjadi sari-sari makanan dalam tubuh. dalam memetabolisme lemak menjadi energi kita membutuhkan bantuan glukosa dari karbohidrat. karena itu, tubuh kita cenderung menuntut makan yang manis-manis setelah makan makanan yang kaya akan lemak. lemak dalam tubuh kita akan masuk ke dalam proses metabolisme setelah melewati tahapan penyerapan, sehingga bentukan lemak yang memasuki jalur metabolisme lemak dalam bentukan trigliserida (trigliserida adalah bentuk simpanan lemak tubuh).

Dalam bentuk trigliserida, lemak disintesis menjadi asam lemak dan gliserol, seperti yang dijelaskan pada gambar di bawah. asam lemak dan gliserol inilah yang masuk ke dalam proses metabolisme energi. Pada prosesnya, gliserol dan asam lemak memerlukan glukosa untuk memasuki siklus krebs atau biasanya dikenal dengan TCA, dengan memasuki siklus ini gliserol dan asam lemak dapat diubah menjadi energi, seperti dijelaskan pada gambar jalur metabolisme lemak di bawah ini.

Asam lemak hasil sintesis lemak hanya terdiri dari pecahan 2-karbon, karena itu sel tubuh tidak dapat membentuk glukosa dari asam lemak, begitupun dengan gliserol, karena gliserol hanya merupakan 5% dari lemak. dengan demikian, sel tubuh tidak dapat membentuk glukosa dari lemak. karena tubuh tidak dapat membentuk glukosa dari lemak maka organ tubuh tertentu seperti sistem saraf tidak dapat mendapat energi dari lemak, dan karena hal itu pula proses pembakaran lemak tubuh membutuhkan proses yang panjang, salah satunya harus membutuhkan bantuan glukosa.



Sumber: Whitney & Rolfes 1993

Gambar 3.6. Jalur Metabolisme Lemak Menjadi Energi

Lipid dijadikan sebagai sumber energi dalam bentuk gliserol dan asam lemak yang diubah menjadi piruvat, dalam bentuk piruvat lemak dapat masuk dalam siklus kreb untuk menghasilkan energi, sementara perubahan asam lemak dan gliserol menjadi piruvat mempunyai produk sisa berupa benda-benda keton.

Secara ringkas, hasil akhir pemecahan lipid dari makanan adalah asam lemak dan gliserol. Jika sumber energi dari karbohidrat telah mencukupi, maka asam lemak mengalami esterifikasi yaitu membentuk ester dengan gliserol menjadi trigliserida sebagai cadangan energi jangka panjang. Jika sewaktu-waktu tak tersedia sumber energi dari karbohidrat barulah asam lemak dioksidasi, baik asam lemak dari diet maupun jika harus memecah cadangan trigliserida jaringan. Proses pemecahan trigliserida ini dinamakan lipolisis.

Proses oksidasi asam lemak dinamakan oksidasi beta dan menghasilkan asetil KoA. Selanjutnya sebagaimana asetil KoA dari hasil metabolisme karbohidrat dan protein, asetil KoA dari jalur inipun akan masuk ke dalam siklus asam sitrat sehingga dihasilkan energi. Di sisi lain, jika kebutuhan energi sudah mencukupi, asetil KoA dapat mengalami lipogenesis menjadi asam lemak dan selanjutnya dapat disimpan sebagai trigliserida.

Beberapa lipid nongliserida disintesis dari asetil KoA. Asetil KoA mengalami kolesterologenesis menjadi kolesterol. Selanjutnya kolesterol mengalami steroidogenesis membentuk steroid. Asetil KoA sebagai hasil oksidasi asam lemak juga berpotensi menghasilkan badan-badan keton (asetoasetat, hidroksi butirat dan aseton). Proses ini dinamakan ketogenesis. Badan-badan keton dapat menyebabkan gangguan keseimbangan asam-basa yang dinamakan asidosis metabolik. Keadaan ini dapat menyebabkan kematian.

Para peserta PJJ sudah kita ketahui bersama bahwa dengan adanya cadangan energi dari lemak yang berbentuk gliserol dan asam lemak bebas, maka tubuh kita mempunyai potensi untuk menghasilkan energi yang besar dari lemak tersebut. Pada subpokok bahasan kali ini kita akan banyak membahas proses pembentukan energi (katabolisme) dari lipid.

a. Metabolisme gliserol

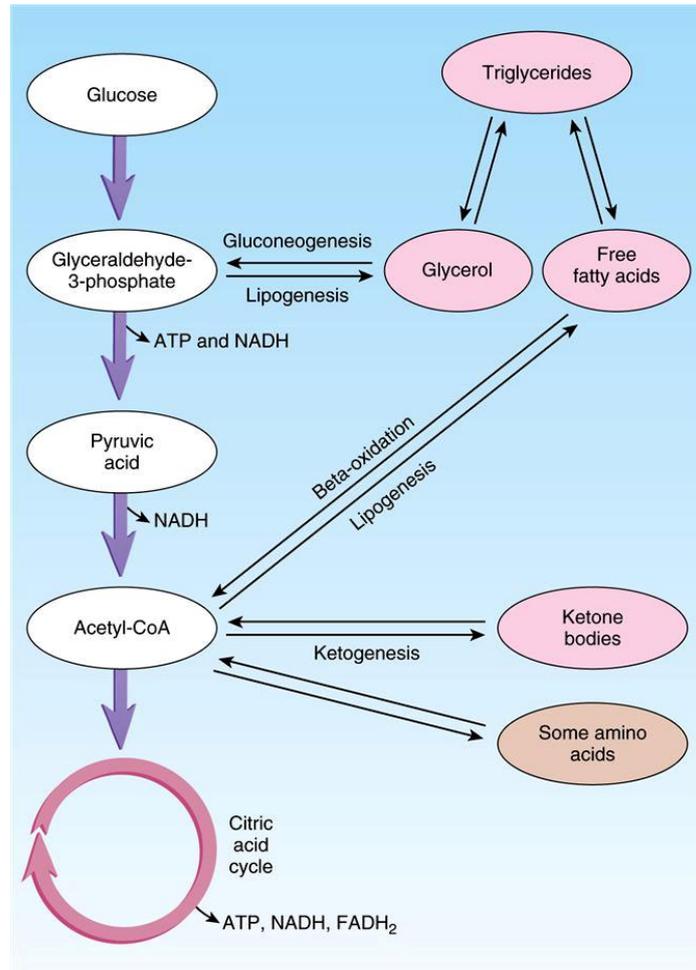
Gliserol sebagai hasil hidrolisis lipid (trigliserida) dapat menjadi sumber energi atau sering kita sebut sebagai cadangan energi setelah karbohidrat. Gliserol ini selanjutnya masuk ke dalam jalur metabolisme karbohidrat yaitu glikolisis. Pada tahap awal, gliserol mendapatkan 1 gugus fosfat dari ATP membentuk gliserol 3-fosfat. Selanjutnya senyawa ini masuk ke dalam rantai respirasi membentuk dihidroksi aseton fosfat, suatu produk antara dalam jalur glikolisis.

b. Oksidasi asam lemak (oksidasi beta)

Untuk memperoleh energi, asam lemak dapat dioksidasi dalam proses yang dinamakan oksidasi beta. Sebelum dikatabolisir dalam oksidasi beta, asam lemak harus diaktifkan terlebih dahulu menjadi asil-KoA. Dengan adanya ATP dan Koenzim A, asam lemak diaktifkan dengan dikatalisir oleh enzim asil-KoA sintetase (Tiokinase). Asam lemak bebas pada umumnya berupa asam-asam lemak rantai panjang. Asam lemak rantai panjang ini akan dapat masuk ke dalam mitokondria dengan bantuan senyawa karnitin, dengan rumus $(\text{CH}_3)_3\text{N}^+-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{COO}^-$.

Langkah-langkah masuknya asil KoA ke dalam mitokondria dijelaskan sebagai berikut:

- a. Asam lemak bebas (FFA) diaktifkan menjadi asil-KoA dengan dikatalisir oleh enzim tiokinase.
- b. Setelah menjadi bentuk aktif, asil-KoA dikonversikan oleh enzim karnitin palmitoil transferase I yang terdapat pada membran eksterna mitokondria menjadi asil karnitin. Setelah menjadi asil karnitin, barulah senyawa tersebut bisa menembus membran interna mitokondria.
- c. Pada membran interna mitokondria terdapat enzim karnitin asil karnitin translokase yang bertindak sebagai pengangkut asil karnitin ke dalam dan karnitin keluar.
- d. Asil karnitin yang masuk ke dalam mitokondria selanjutnya bereaksi dengan KoA dengan dikatalisir oleh enzim karnitin palmitoiltransferase II yang ada di membran interna mitokondria menjadi Asil Koa dan karnitin dibebaskan.
- e. Asil KoA yang sudah berada dalam mitokondria ini selanjutnya masuk dalam proses oksidasi beta.



Gambar 3.7. Proses Pembentukan Energi Dari Lipid

Proses pembentukan energi dari lipid mempunyai hasil samping berupa keton bodies yang berbahaya bagi tubuh jika dalam porsi yang tinggi.

Dalam oksidasi beta, asam lemak masuk ke dalam rangkaian siklus dengan 5 tahapan proses dan pada setiap proses, diangkat 2 atom C dengan hasil akhir berupa asetil KoA. Selanjutnya asetil KoA masuk ke dalam siklus asam sitrat. Dalam proses oksidasi ini, karbon β asam lemak dioksidasi menjadi keton.

Telah dijelaskan bahwa asam lemak dapat dioksidasi jika diaktifkan terlebih dahulu menjadi asil-KoA. Proses aktivasi ini membutuhkan energi sebesar 2P. (-2P). Setelah berada di dalam mitokondria, asil-KoA akan mengalami tahap-tahap perubahan sebagai berikut:

- Asil-KoA diubah menjadi delta²-trans-enoil-KoA. Pada tahap ini terjadi rantai respirasi dengan menghasilkan energi 2P (+2P).
- Delta²-trans-enoil-KoA diubah menjadi L(+)-3-hidroksi-asil-KoA.
- L(+)-3-hidroksi-asil-KoA diubah menjadi 3-Ketoasil-KoA. Pada tahap ini terjadi rantai respirasi dengan menghasilkan energi 3P (+3P).
- Selanjutnya terbentuklah asetil KoA yang mengandung 2 atom C dan asil-KoA yang telah kehilangan 2 atom C.

Dalam satu oksidasi beta dihasilkan energi 2P dan 3P sehingga total energi satu kali oksidasi beta adalah 5P. Karena pada umumnya asam lemak memiliki banyak atom C, maka asil-KoA yang masih ada akan mengalami oksidasi beta kembali dan kehilangan lagi 2 atom C karena membentuk asetil KoA. Demikian seterusnya hingga hasil yang terakhir adalah 2 asetil-KoA.

Asetil-KoA yang dihasilkan oleh oksidasi beta ini selanjutnya akan masuk siklus asam sitrat.

3.2.2.5 Penghitungan energi hasil metabolisme lipid

Dari uraian di atas kita bisa menghitung energi yang dihasilkan oleh oksidasi beta suatu asam lemak. Misalnya tersedia sebuah asam lemak dengan 10 atom C, maka kita memerlukan energi 2 ATP untuk aktivasi, dan energi yang di hasilkan oleh oksidasi beta adalah 10 dibagi 2 dikurangi 1, yaitu 4 kali oksidasi beta, berarti hasilnya adalah $4 \times 5 = 20$ ATP. Karena asam lemak memiliki 10 atom C, maka asetil-KoA yang terbentuk adalah 5 buah.

Setiap asetil-KoA akan masuk ke dalam siklus Kreb's yang masing-masing akan menghasilkan 12 ATP, sehingga totalnya adalah $5 \times 12 \text{ ATP} = 60 \text{ ATP}$. Dengan demikian sebuah asam lemak dengan 10 atom C, akan dimetabolisir dengan hasil -2 ATP (untuk aktivasi) + 20 ATP (hasil oksidasi beta) + 60 ATP (hasil siklus Kreb's) = 78 ATP .

Sebagian dari asetil-KoA akan berubah menjadi asetoasetat, selanjutnya asetoasetat berubah menjadi hidroksi butirat dan aseton. Aseto asetat, hidroksi butirat dan aseton dikenal sebagai badan-badan keton. Proses perubahan asetil-KoA menjadi benda-benda keton dinamakan ketogenesis.

Latihan

- 1) Kolesterol sering kali dianggap sebagai sesuatu yang membahayakan bagi tubuh kita, meskipun sebenarnya tubuh kita juga sangat memerlukan kolesterol, berikut ini yang merupakan fungsi utama kolesterol:
 - A. Pemercepat proses pembekuan darah
 - B. Regulator osmolalitas plasma darah
 - C. Sumber cadangan energi
 - D. Bahan baku hormon kortisol
 - E. Isolator jaringan tubuh

- 2) Lipid dalam kehidupan sehari-hari kita kenal ada yang jahat dan ada yang baik, yang jahat merupakan lipid yang jenuh sedang yang baik adalah yang tidak jenuh, lipid tak jenuh diperlukan untuk beberapa proses metabolisme dan sintesis zat gizi, berikut ini yang merupakan lipid yang jenuh adalah:
 - A. Minyak jagung
 - B. Minyak kedelai
 - C. Minyak bunga matahari

- D. Minyak daging
 - E. Minyak sayur
- 3) 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
- 4) Salah satu fungsi lipid adalah sebagai cadangan energi setelah pemecahan karbohidrat tidak dapat mengkompensasi kebutuhan energi tubuh, lemak menjadi cadangan energi dalam bentuk:
- A. Silomikron
 - B. Gliserol dan asam lemak bebas
 - C. Triasil gliserol dan silomikron
 - D. Triasil gliserol
 - E. HDL dan VLDL
- 5) 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

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Jawaban D:
- A. Pemercepat proses pembekuan darah
 - B. Regulator osmolalitas plasma darah (Albumin)
 - C. Sumber cadangan energi (Gliserol)
 - D. Bahan baku hormon kortisol
 - E. Isolator jaringan tubuh (Glicerol)

- 2) Jawaban : D (minyak nabati merupakan minyak tak jenuh kecuali dengan pemanasan di atas 60°C)
- A. Minyak jagung
 - B. Minyak kedelai
 - C. Minyak bunga matahari
 - D. Minyak daging
 - E. Minyak sayur
- 3) Jawaban C: Jelas
- A. Ptealin enzim
 - B. Tripsin enzim
 - C. Lipase enzim
 - D. Pepsin enzim
 - E. Amilase
- 4) Jawaban D:
- A. Silomikron (transport lemak dari proses akhir pencernaan)
 - B. Gliserol dan asam lemak bebas (bahan baku pembentukan senyawa lemak kompleks)
 - C. Triasil gliserol dan silomikron
 - D. Triasil gliserol (Cadangan energi/lemak sub cutan)
 - E. HDL dan VLDL (transporter kolesterol)
- 5) Jawaban C: Jelas
- A. Asam laktat
 - B. Asam asetat
 - C. Benda-benda keton
 - D. Piruvat
 - E. Asetil Co A

Ringkasan

Peserta PJJ, setelah kita belajar pada kegiatan ketiga atau materi terakhir pada modul satu kita dapat menarik kesimpulan bahwa:

1. Lipid merupakan suatu senyawa organik tidak larut air dan sangat penting terutama lipid yang tidak jenuh.
2. Lipid jenuh sering kita temukan pada lemak hewani dan nabati yang melalui proses pemanasan lebih dari 60oC, sedangkan lemak tidak jenuh banyak terdapat pada minyak ikan laut dan nabati.
3. Lipid dalam tubuh kita akan di cerna menjadi asam lemak bebas dan gliserol untuk di transport ke hepar guna dilakukan metabolisme.

4. Pada proses katabolisme lipid menghasilkan energi paling besar di antara karbohidrat dan protein, namun menghasilkan produk sisa berupa benda-benda keton yang berbahaya jika banyak terdapat dalam tubuh.

Tes 3

- 1) Kolesterol sering kali dianggap sebagai sesuatu yang membahayakan bagi tubuh kita, meskipun sebenarnya tubuh kita juga sangat memerlukan kolesterol, berikut ini yang merupakan fungsi utama kolesterol:
- A. Pemercepat proses pembekuan darah
 - B. Regulator osmolalitas plasma darah
 - C. Sumber cadangan energi
 - D. Bahan baku hormon kortisol
 - E. Isolator jaringan tubuh
- 2) Lipid suatu bahan yang tidak dapat larut dengan air, namun demikian lemak dapat dicerna dalam saluran pencernaan menjadi molekul lipid yang selanjutnya diubah menjadi gliserol, proses perubahan lipid menjadi gliserol terjadi di:
- A. Rongga mulut
 - B. Lambung
 - C. Usus halus
 - D. Jonjot usus
 - E. Hati
- 3) Lipid dalam kehidupan sehari-hari kita kenal ada yang jahat dan ada yang baik, yang jahat merupakan lipid yang jenuh sedang yang baik adalah yang tidak jenuh, lipid tak jenuh diperlukan untuk beberapa proses metabolisme dan sintesis zat gizi, berikut ini yang merupakan lipid yang jenuh adalah:
- A. Minyak jagung
 - B. Minyak kedelai
 - C. Minyak bunga matahari
 - D. Minyak daging
 - E. Minyak sayur
- 4) 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 enzin
 - E. Amilase

- 5) Setelah melalui pencernaan dan di absorpsi di usus halus lipid di transport melalui getah bening menuju vena toraks untuk di transport ke hepar, lipid yang masuk dalam aliran darah menuju hepar dalam bentuk:
- A. Silomikron
 - B. Triasilgliserol
 - C. Gliserol
 - D. Asam lemak bebas
 - E. Trigliserida
- 6) Salah satu fungsi lipid adalah sebagai cadangan energi setelah pemecahan karbohidrat tidak dapat mengkompensasi kebutuhan energi tubuh, lemak menjadi cadangan energi dalam bentuk:
- A. Silomikron
 - B. Gliserol dan asam lemak bebas
 - C. Triasil gliserol dan silomikron
 - D. Triasil gliserol
 - E. HDL dan VLDL
- 7) Kolesterol dijadikan bahan baku untuk penyusunan hormon kortisol, kolesterol terbanyak dibawa oleh lipoprotein, dari beberapa lipoprotein dibawah ini yang banyak mengandung kolesterol adalah:
- A. LDL (Low Density Lipoprotein)
 - B. VLDL (very low density lipoprotein)
 - C. IDL (intermediate density lipoprotein)
 - D. HDL (high density lipoprotein)
 - E. Trigliserida (TG)
- 8) Salah satu fungsi lipid adalah sebagai pelindung organ tubuh, perlindungan dapat berupa trauma fisik maupun kimia, berikut yang termasuk fungsi lipid sebagai perlindungan trauma kimia pada organ tubuh adalah:
- A. Lapisn lemak pada rongga bola mata
 - B. GAGs pada membran mukosa saluran kemih
 - C. Garam empedu pada usus halus
 - D. Membran mukosa pleura
 - E. Prostaglandin pada mukosa lambung
- 9) 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

- 10) Di samping disimpan dalam bentuk gliserol lipid juga di bentuk menjadi glikogen untuk cadangan energi secara cepat (gula otot), proses pembentukan lipid menjadi glikogen disebut:
- A. Glikogenesis
 - B. Glikogelosis
 - C. Glukoneogenesis
 - D. Glukoneogenolisis
 - E. Glikolisis

Kunci Jawaban Tes

Tes 1

- 1) E
- 2) A
- 3) A
- 4) E
- 5) C
- 6) E
- 7) A
- 8) E
- 9) A
- 10) C

Tes 2

- 1) A
- 2) A
- 3) E
- 4) B
- 5) A
- 6) E
- 7) A
- 8) B
- 9) B
- 10) A

Tes 3

- 1) D
- 2) D
- 3) D
- 4) C
- 5) D
- 6) D
- 7) A
- 8) E
- 9) C
- 10) C

Daftar Pustaka

Arthur C. Guyton, John E. Hall, Textbook Of Medical Physiology 11th ed, elsevier, USA.

Champe Pamela C, Harvey Richard A. 1994. Lippincot's *Illustrated Biochemistry*, edisi ke-2.

Joyce Y. Johnson. 2008. *Fluids and Electrolytes Demystified*. McGraw-Hill Companies, USA.

Macdonald Richard G. 2007. USMLE Road Map, McGraw-Hill Companies, Inc, USA.

Mark D, Marks Allan MD, SmithCollen. 2000. *Biokimia Kedokteran Dasar, Sebuah Pendekatan Klinis*.

Murray R K, et al. 2009. *Biokimia Harper*. Edisi 27, EGC Kedokteran: Jakarta

Marshal william J. 2004. *Clinical Biochemistry*. London: Mosby.

Sue C. DeLaune, and Patricia K. Ladner. 2003. *Fundamentals of nursing: Standards & practice 2nd ed*. Thomson Learning, Inc, USA.

BAB V

ENZIM MINERAL VITAMIN

Tanto Hariyanto

PENDAHULUAN

Para peserta PJJ setelah pada Bab satu Anda mempelajari bagaimana unsur makro makanan dalam tubuh kita dicerna dan dimetabolisme, selanjutnya kita akan belajar pendukung dan pengatur metabolisme dalam tubuh kita. Pendukung untuk mempercepat reaksi dan pengatur dalam tubuh kita meliputi: enzim, mineral dan vitamin. Bab yang kelima merupakan kelanjutan Bab keempat di mana pada Bab kita kali ini merupakan unsur pendukung dalam proses metabolisme unsur makro nutrien.

Setelah mempelajari Bab kelima ilmu biomedik dasar para peserta pembelajaran jarak jauh dapat menjelaskan pengertian dan macam enzim, mekanisme kerja dan fungsi enzim, jenis mineral yang dibutuhkan tubuh, mekanisme kerja dan fungsi mineral, pengertian dan jenis vitamin, dan mekanisme kerja dan fungsi vitamin. Kompetensi-kompetensi tersebut sangat Anda perlukan dalam menerapkan asuhan keperawatan baik di klinik maupun di masyarakat. Wawasan dan pemahaman Anda terhadap enzim, mineral, dan vitamin, akan mempermudah pekerjaan Anda dalam mengidentifikasi masalah secara tepat dan menyusun rencana asuhan keperawatan dengan cermat terhadap klien baik di klinik maupun di masyarakat.

Proses pembelajaran materi enzim, mineral, dan vitamin yang sedang Anda pelajari ini, dapat berjalan dengan mudah jika Anda mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pahami dahulu pengertian enzim, mineral, dan vitamin dalam kehidupan kita sehari-hari.
2. Lakukan kajian enzim, mineral, dan vitamin dan cari contoh nyata dari materi pembelajaran jarak jauh untuk mempermudah Anda belajar.
3. Pelajari dahulu Topik 1, 2, dan 3 lalu praktekan untuk mengidentifikasi tanda-tanda kelebihan dan kekurangan enzim, mineral, dan vitamin pada klien di klinik maupun di masyarakat.
4. Tanda-tanda kekurangan dan kelebihan enzim, mineral, dan vitamin yang Anda temukan silakan Anda pelajari ulang konsep yang ada di Bab, sehingga Anda semakin dapat memahami kondisi tersebut.
5. Keberhasilan proses pembelajaran jarak jauh yang Anda jalani saat ini sangat tergantung pada kesungguhan Anda dalam belajar dan mengerjakan latihan, guna mempertahankan motivasi Anda silakan belajar berkelompok dengan teman sejawat.
6. Jika Anda mengalami kesulitan, silakan hubungi fasilitator.

Baiklah Anda peserta pembelajaran jarak jauh, selamat belajar semoga Anda sukses memahami pengetahuan yang diuraikan dalam mata kuliah ini untuk meningkatkan kemampuan Anda dalam melayani masyarakat di tempat Anda bekerja dengan baik.

Topik 1

Enzim

Para peserta PJJ setelah pada topik pertama di modul kelima ini Anda akan kami ajak mengenal dan memahami macam-macam enzim dan peran reaksinya dalam tubuh kita. Jikalau kita sudah memahami peran dan reaksi enzim dalam proses kehidupan dalam tubuh kita maka jika terjadi gangguan struktur dan jumlah enzim tersebut maka akan terjadi *disease* atau kondisi sakit. Dengan demikian maka enzim ini juga dapat digunakan untuk parameter penyebab atau kondisi sakit seseorang.

Mahasiswa mampu menjelaskan yang dimaksud enzim dan koenzim, fungsi, penggolongan, serta faktor yang mempengaruhi kerja enzim dan koenzim.

1. Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian enzim dan koenzim.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan struktur enzim.
3. Mahasiswa mampu menyebutkan macam-macam penggolongan enzim.
4. Mahasiswa mampu menjelaskan faktor yang mempengaruhi kerja enzim.

1. PENGARTIAN ENZIM DAN KOENZIM

Para peserta PJJ pada Topik kali ini kita akan membahas tentang enzim dan ko-enzim. Selama ini Anda sudah merasakan ketika kita mengunyah nasi atau singkong dalam beberapa saat akan kita rasakan makanan menjadi manis. Perubahan rasa manis tersebut seperti yang telah kita bahas pada Bab 1 Topik 1 tentang metabolisme karbohidrat, di mana zat tepung akan diubah oleh ptealin/amylase menjadi di sakarida/gula. Amylase merupakan enzyme yang berfungsi untuk memecah ikatan rantai zat tepung menjadi zat gula. Untuk lebih memahami apa dan bagaimana enzim kerja dalam tubuh kita, mari kita ikuti pembahasan berikut ini.

1.1 Enzim

Enzim adalah protein yang berperan sebagai pemercepat proses reaksi kimia (katalis)dalam metabolisme makhluk hidup, tetapi enzim itu sendiri tidak ikut bereaksi. Enzim berperan secara lebih spesifik dalam hal menentukan reaksi mana yang akan dipacu dibandingkan dengan katalisator anorganik sehingga ribuan reaksi dapat berlangsung dengan tidak menghasilkan produk sampingan yang beracun.

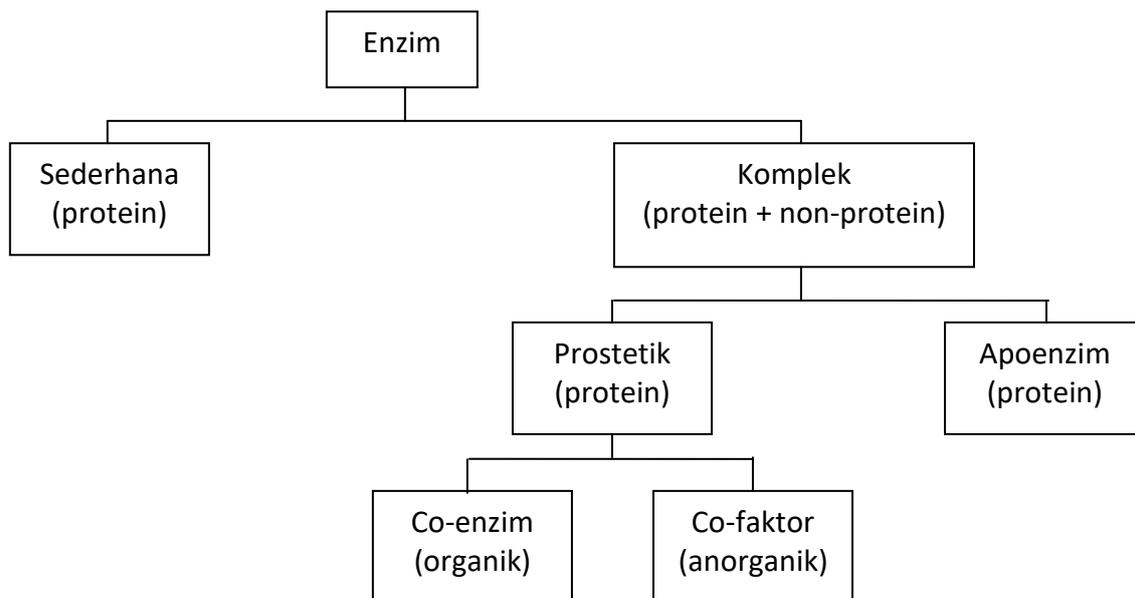
1.2 Koenzim

Pengertian dan definisi Koenzim. Koenzim adalah ko-faktor yang berupa molekul organik kecil yang merupakan bagian enzim yang tahan panas, mengandung ribose dan fosfat, larut dalam air dan bisa bersatu dengan apoenzim membentuk holoenzim. Koenzim yang membentuk ikatan sangat erat baik secara kovalen maupun nonkovalen dengan apoenzim di sebut gugus prostetik.

1.3 Struktur Enzim

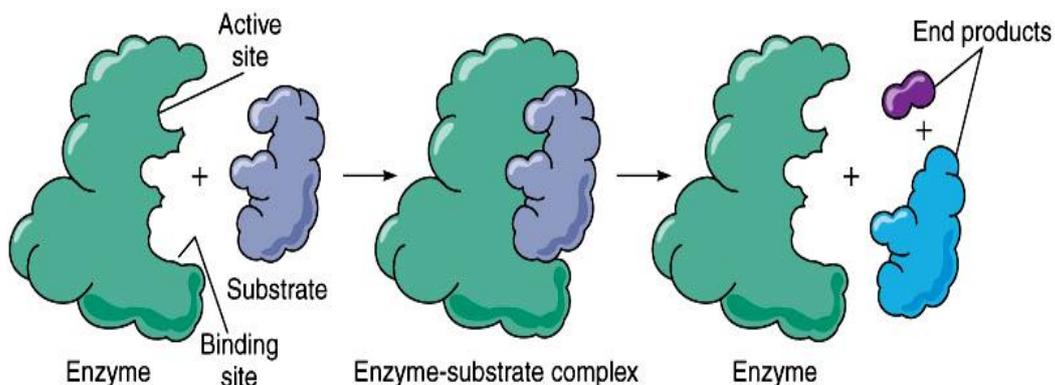
Enzim berdasarkan strukturnya dapat kita bedakan menjadi dua yaitu: 1) enzim sederhana, yang tersusun atas protein saja; 2) enzim yang bersifat kompleks, yaitu strukturnya tersusun dari protein dan nonprotein.

Enzim yang kompleks terdiri dari apoenzim dan gugus prostetik. Apoenzim adalah bagian enzim yang tersusun atas protein. Gugus prostetik adalah bagian enzim yang tersusun atas nonprotein. Gugus prostetik dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu koenzim (tersusun dari bahan organik) dan kofaktor (tersusun dari bahan anorganik) gambar a.



Gambar 1.1. Diagram Pembagian Struktur Enzim

Para selanjutnya setelah kita mengetahui struktur penyusun enzim, struktur enzim juga dapat kita ketahui dengan bagian permukaan yang aktif. Artinya jika ada gugus enzim maka tidak semua permukaannya dapat sebagai tempat penempelan substrat namun substrat hanya dapat menempel pada sisi yang aktif saja (gambar b).



Gambar 1.2. Sisi Aktif Enzim, Reaksi dengan Substrat Serta Prodak Akhir

1.4 Penggolongan enzim

Pada bagian ini Para akan diajak untuk mengetahui beberapa penggolongan enzim, yang pada bagian sebelumnya sudah kita ketahui bersama pengertian dan struktur enzim ini. Dalam penggolongannya enzim dapat kita bagi menjadi dua yaitu; berdasarkan tempat kerja enzim dan daya memperlambatnya (katalisis).

a. Berdasarkan tempat bekerjanya:

1) Endoenzim

Endoenzim disebut juga enzim intraseluler, yaitu enzim yang bekerjanya di dalam sel. Umumnya merupakan enzim yang digunakan untuk proses sintesis di dalam sel dan untuk pembentukan tenaga/Adenosine Tri Phospat (ATP) yang berguna untuk proses kehidupan sel, dalam proses respirasi.

2) Eksoenzim

Eksoenzim disebut juga enzim ekstraseluler, yaitu enzim yang bekerjanya di luar sel. Umumnya berfungsi untuk "mencernakan" substrat secara hidrolisis, untuk dijadikan molekul yang lebih sederhana dengan berat molekul (BM) lebih rendah sehingga dapat masuk melewati sel. Energi yang dibebaskan pada reaksi pemecahan substrat di luar sel tidak digunakan dalam proses kehidupan sel.

b. Penggolongan enzim berdasarkan daya katalisis

1) Oksidoreduktase

Enzim mengkatalisis reaksi oksidasi-reduksi, yang merupakan pemindahan elektron ke enzim atau ke oksigen. Sebagai contoh adalah enzim transfer oksidase dan peroksidase (katalase). Ada beberapa macam enzim electron transfer oksidase, yaitu enzim oksidase, oksigenase, hidroksilase dan dehidrogenase.

2) Transferase

Transferase mengkatalisis pemindahan gugusan molekul dari suatu molekul ke molekul yang lain. Sebagai contoh adalah beberapa enzim sebagai berikut: a) Transaminase adalah transferase yang memindahkan gugusan amina. b) Transfosforilase adalah transferase yang memindahkan gugusan fosfat. c) Transasilase adalah transferase yang memindahkan gugusan asil.

3) Hidrolase

Enzim mengkatalisis reaksi-reaksi hidrolisis, dengan contoh enzim adalah: a) Karboksilesterase adalah hidrolase yang menghidrolisis gugusan ester karboksil. b) Lipase adalah hidrolase yang menghidrolisis lemak (ester lipida). c) Peptidase adalah hidrolase yang menghidrolisis protein dan polipeptida.

4) Liase

Enzim berfungsi untuk mengkatalisis pengambilan atau penambahan gugusan dari suatu molekul tanpa melalui proses hidrolisis, sebagai contoh adalah: a) L-malat hidrolase (fumarase) yaitu enzim yang mengkatalisis reaksi pengambilan air dari malat sehingga dihasilkan fumarat. b) Dekarboksilase (dekarboksilase) yaitu enzim yang mengkatalisis reaksi pengambilan gugus karboksil.

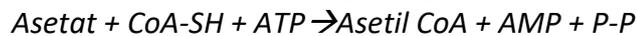
5) Isomerase

Isomerase meliputi enzim-enzim yang mengkatalisis reaksi isomerisasi, contoh:

- a) Rasemase, merubah l-alanin → D-alanin
- b) Epimerase, merubah D-ribulosa-5-fosfat → D-xylulosa-5-fosfat
- c) Cis-trans isomerase, merubah transmetinal → cisrentolal
- d) Intramolekul ketol isomerase, merubah D-gliseraldehid-3-fosfat → dihidroksi aseton fosfat
- e) Intramolekul transferase atau mutase, merubah metilmalonil-CoA → suksinil-CoA

6) Ligase

Enzim mengkatalisis reaksi penggabungan 2 molekul dengan dibebaskannya molekul pirofosfat dari nukleosida trifosfat, sebagai contoh adalah enzim asetat-CoASH ligase yang mengkatalisis reaksi sebagai berikut:



c. Penggolongan Koenzim

Setelah secara bersama-sama kita pelajari penggolongan enzim tentunya berikutnya kita akan membahas bersama tentang koenzim, hal ini juga perlu kita pelajari karena koenzim juga mempunyai peranan yang penting pada proses katalisis substrat. Untuk koenzim sendiri hanya dibagi menjadi dua sebagai berikut:

1) Koenzim 1

Tersusun dari satu molekul beta asam molekul nikotinamida, satu molekul adenine dan 2 molekul pentose serta 2 molekul asam fosfat. Koenzim ini dikenal juga sebagai kodahidrogenase I atau koenzimase. Dalam ilmu kimia dikenal sebagai DPN (diphosphopyridine nucleotide) dan pada umumnya terdapat pada sel hidup.

2) Koenzim 2

Dikenal sebagai kodehidrogenase II atau koenzimase II. Fungsinya sama dengan koenzim I dan hanya berbeda dalam kandungan molekul asam sulfatnya. Pada koenzim I terdapat 2 molekul asam fosfat sedangkan pada koenzim II terdapat 3 molekul asam fosfat. Fungsi koenzim dalam suasana anaerob sebagai dehidrogenase yang menerima atom H atau sebagai akseptor H

1.5 Faktor yang mempengaruhi Enzim dan ko Enzim

Di awal tadi kita sudah mengetahui bersama bahwa struktur dasar enzim adalah protein, sehingga dalam bekerjanya sangat dipengaruhi beberapa hal yang akan kita bahas berikut ini.

a. Suhu

Enzim terdiri atas molekul-molekul protein. Oleh karena itu, enzim masih tetap mempunyai sifat protein yang kerjanya dipengaruhi oleh suhu. Enzim dapat bekerja optimum pada kisaran suhu tertentu, yaitu sekitar suhu 40°C. Pada suhu 0°C, enzim tidak aktif. Jika suhunya dinaikkan, enzim akan mulai aktif. Jika suhunya dinaikkan lebih

tinggi lagi sampai batas sekitar 40-50 C, enzim akan bekerja lebih aktif lagi. Namun, pemanasan lebih lanjut membuat enzim akan terurai atau terdenaturasi seperti halnya protein lainnya. Pada keadaan ini enzim tidak dapat bekerja. 1) Enzim tidak aktif pada suhu kurang dari 0°C. 2) Kemampuan aktivitas enzim meningkat dua kali lipat pada setiap kenaikan suhu 10°C. 3) Kemampuan aktivitas enzim paling optimum pada suhu 37°C.

b. Derajat Keasaman (pH)

Enzim bekerja pada pH tertentu, umumnya pada pH netral, kecuali beberapa jenis enzim yang bekerja pada suasana asam atau suasana basa. Jika enzim yang bekerja optimum pada suasana netral ditempatkan pada suasana basa ataupun asam, enzim tersebut tidak akan bekerja atau bahkan rusak. Begitu juga sebaliknya, jika suatu enzim bekerja optimal pada suasana basa atau asam tetapi ditempatkan pada keadaan asam atau bas, enzim tersebut akan rusak. Sebagai contohnya, enzim pepsin yang terdapat di dalam lambung, efektif bekerja pada pH rendah. 1) Setiap enzim bertindak paling cekap pada nilai pH tertentu yang disebut sebagai pH optimum. 2) pH optimum bagi kebanyakan enzim ialah pH 7. 3) Terdapat beberapa pengecualian, misalnya enzim pepsin di dalam perut bertindak balas paling cekap pada pH 2, sementara enzim tripsin di dalam usus kecil bertindak paling cekap pada pH 8.

c. Inhibitor

Hal lain yang mempengaruhi kerja enzim adalah hambat respons balik *feed back inhibitor*. Feed back inhibitor adalah keadaan pada saat substansi hasil (produk) kerja enzim yang terakumulasi dalam jumlah yang berlebihan akan menghambat kerja enzim yang bersangkutan. Inhibitor kompetisi terjadi penambahan substrat dapat mengurangi daya hambatnya, karena inhibitor bersaing dengan substrat untuk mengikat bagian aktif enzim. Misalnya enzim suksinat dehidrogenase yang berfungsi mengkatalisis reaksi oksidasi asam suksinat menjadi fumarat, jika dalam proses ini ditambahkan asam malonat, maka enzim suksinat dehidrogenase akan menurun aktivitasnya. Tetapi jika diberikan lagi asam suksinat sebagai substrat reaksi akan normal kembali. Sehingga aktivitas inhibitor ini sangat bergantung pada konsentrasi inhibitor, konsentrasi substrat, dan aktivitas enzim inhibitor dan substrat.

Inhibitor nonkompetisi pengaruhnya tidak dapat dihilangkan dengan adanya penambahan substrat lain, di mana inhibitor ini akan berikatan dengan permukaan enzim tanpa lepas dan lokasinya tidak dapat diganti oleh substrat. Sehingga daya kerja inhibitor sangat tergantung dari konsentrasi inhibitor dan aktivitas inhibitor terhadap enzim.

d. Konsentrasi Substrat

Mekanisme kerja enzim juga ditentukan oleh jumlah atau konsentrasi substrat yang tersedia. Jika jumlah substratnya sedikit, kecepatan kerja enzim juga rendah. Sebaliknya, jika jumlah substrat yang tersedia banyak, kerja enzim juga cepat. Pada keadaan substrat berlebih, kerja enzim tidak sampai menurun tetapi konstan. Pada kepekatan substrat rendah, jumlah molekul enzim melebihi jumlah molekul substrat.

- 1) Sehingga hanya sebagian kecil molekul enzim bereaksi dengan molekul substrat. 2) Apabila kepekatan substrat bertambah, maka molekul enzim dapat bereaksi lebih banyak dengan molekul substrat sehingga dapat mencapai kadar maksimal reaksi enzim. 3) Penambahan kepekatan substrat selanjutnya tidak akan meningkatkan aktivitas enzim karena kepekatan enzim sudah jenuh.
- e. Konsentrasi enzim
- Agar reaksi berjalan optimum, maka perbandingan jumlah antara enzim dan substrat harus sesuai. Jika enzim terlalu sedikit dan substrat terlalu banyak reaksi akan berjalan lambat bahkan ada substrat yang tidak terkatalisasi. semakin banyak enzim, reaksi akan semakin cepat.

Latihan

- 1) Jelaskan yang dimaksud dengan enzim dan Co Enzim, buat tabel perbedaan dari enzim dan Co Enzim tersebut!
- 2) Jelaskan struktur penyusunan enzim dengan menggunakan pendekatan struktur diagram!
- 3) Jelaskan macam-macam enzim berdasarkan reaksinya!
- 4) Jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi kerja enzim!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Anda baca dan pelajari pada pokok materi pertama modul kelima untuk menjawab pertanyaan No. 1.
- 2) Sebelum membuat diagram dan penjelasannya pelajari terlebih dahulu pada pokok materi kedua untuk menjawab pertanyaan No.2.
- 3) Sebelum membuat diagram dan penjelasannya pelajari terlebih dahulu pada pokok materi ketiga bagian b untuk menjawab pertanyaan No.3.
- 4) Sebelum membuat diagram dan penjelasannya pelajari terlebih dahulu pada pokok materi keempat untuk menjawab pertanyaan No.4.

Ringkasan

Para peserta PJJ yang berbahagia, setelah kita pelajari bersama Topik 2 Bab satu ini, dapat kita simpulkan bahwa:

1. Enzim meskipun sedikit mempunyai fungsi yang sangat penting dalam proses perubahan suatu substrat menjadi substrat lain dengan hasil sisa yang minimal. Hasil sisa suatu substrat yang bereaksi tanpa ada enzim akan mengakibatkan sesuatu yang merugikan bagi tubuh.
2. Enzim berfungsi sebagai katalisator, yang berarti bahwa dalam reaksi suatu substrat, enzim mempercepat reaksi namun tidak ikut bereaksi.

3. Struktur enzim dapat kita bedakan menjadi dua, yaitu enzim sederhana (protein saja) dan enzim kompleks (protein dan nonprotein).
4. Penamaan enzim berdasarkan substrat yang bereaksi ditambah akhiran ase.
5. Aktivitas enzim terutama sangat di pengaruhi oleh pH dan suhu.

Tes 1

- 1) Gambaran enzim mempunyai fungsi mempercepat dalam reaksi kimia, dalam tubuh kita enzim sangat dibutuhkan jika tidak ada enzim maka reaksi kimia dalam tubuh akan terhambat dan mengakibatkan tertimbunnya efek samping yang negative dalam tubuh, sebagai katalis/mempercepat reaksi enzim mempunyai karakteristik sebagai berikut:
 - A. Berfungsi sebagai katalis pada suhu yang tinggi
 - B. Terjadi perubahan struktur enzim jika bereaksi dengan substrat
 - C. Enzim stabil dalam perubahan reaksi substrat
 - D. Semakin aktif dalam pH yang tinggi
 - E. Semakin pasif dalam tekanan yang rendah
- 2) Enzim mempunyai karakteristik relatif yang berarti:
 - A. Satu enzim hanya bekerja untuk satu substrat
 - B. Satu enzim dapat aktif dengan beberapa substrat dengan tipe ikatan yang sama
 - C. Satu enzim dapat aktif dengan beberapa substrat dengan pH yang sama
 - D. Satu enzim dapat aktif dengan beberapa substrat dengan suhu yang sama
 - E. Satu enzim dapat aktif dengan satu substrat dengan tipe ikatan yang sama
- 3) Urea hanya di dekomposisi oleh urease, dalam hal ini enzim mempunyai karakteristik:
 - A. Absolut
 - B. Relatif
 - C. Stereospesifikasi
 - D. General
 - E. Obligatif
- 4) Yang dimaksud enzim mempunyai sifat stereospesifikasi adalah:
 - A. Beberapa enzim dapat mengkatalisis perubahan substrat hanya dengan struktur geometrikan yang spesifik
 - B. Beberapa enzim dapat mengkatalisis perubahan substrat hanya dengan struktur kimia yang spesifik
 - C. Satu enzim dapat mengkatalisis perubahan substrat hanya dengan struktur geometrikan yang spesifik
 - D. Beberapa enzim dapat mengkatalisis perubahan substrat hanya dengan suhu yang spesifik
 - E. Beberapa enzim dapat mengkatalisis perubahan substrat hanya dengan suhu dan pH yang spesifik

- 5) Enzim pepsin pada lambung berfungsi untuk memecah protein menjadi pepton asam amino yang dibutuhkan oleh tubuh kita, kekhususan Karakteristik enzim pepsin lambung adalah sangat dipengaruhi oleh lingkungannya, berikut ini yang paling benar dari karakteristik enzim pepsin adalah:
- A. Bekerja semakin baik pada suhu yang tinggi
 - B. Bekerja semakin baik pada suhu yang rendah
 - C. Bekerja semakin baik pada pH yang tinggi
 - D. Bekerja semakin baik pada pH yang rendah
 - E. Bekerja semakin baik pada tekanan yang rendah
- 6) Enzim tripsin pada duodenum berfungsi untuk memecah protein menjadi asam amino yang dibutuhkan oleh tubuh kita, kekhususan Karakteristik enzim tripsin duodenum adalah sangat dipengaruhi oleh lingkungannya, berikut ini yang paling benar dari karakteristik enzim tripsin adalah:
- A. Bekerja semakin baik pada suhu yang tinggi
 - B. Bekerja semakin baik pada suhu yang rendah
 - C. Bekerja semakin baik pada pH yang tinggi
 - D. Bekerja semakin baik pada pH yang rendah
 - E. Bekerja semakin baik pada tekanan yang rendah
- 7) Enzim lipase berfungsi dalam proses:
- A. Metabolism karbohidrat
 - B. Metabolism amilum
 - C. Emulgator lemak
 - D. Merubah pepton
 - E. Pembentukan asam amino
- 8) Enzim yang berperan Merubah zat tepung menjadi gula sederhana di rongga mulut pada pencernaan karbohidrat adalah:
- A. Amilase
 - B. Dehidrogenase
 - C. Lipase
 - D. Protease
 - E. Tripsin
- 9) Enzim yang berperan dalam mengemulsikan lemak menjadi molekul lemak di bawah ini adalah:
- A. Amilase
 - B. Dehidrogenase
 - C. Lipase
 - D. Protease
 - E. Tripsin

- 10) Enzim yang berperan dalam menghidrolisis proetin menjadi asam amino di bawah ini adalah:
- A. Amilase
 - B. Dehidrogenase
 - C. Lipase
 - D. Protease
 - E. Tripsin

Topik 2

Enzim Mineral Vitamin

Baiklah Anda peserta pembelajaran jarak jauh, selanjutnya di Topik 2 dari modul lima kita akan mempelajari kebutuhan mineral dan penggunaannya dalam tubuh kita. Pada bagian belajar mineral ini para akan diajak untuk memahami macam dan kebutuhan mineral bagi tubuh kita, yang selanjutnya kita dapat mengidentifikasi permasalahan yang disebabkan oleh kekurangan atau kelebihan mineral.

Mahasiswa mampu menjelaskan yang dimaksud mineral, macam, serta dampak mineral untuk tubuh kita.

1. Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian mineral.
2. Mahasiswa mampu menyebutkan macam-macam dan fungsi mineral.

POKOK MATERI

1. Pengertian mineral

Seperti halnya vitamin, mineral adalah nutrisi penting untuk pemeliharaan kesehatan dan pencegahan penyakit. Mineral dan vitamin bertindak secara interaksi. Anda perlu vitamin agar mineral dapat bekerja dan sebaliknya. Tanpa beberapa mineral/vitamin, maka beberapa vitamin/mineral tidak berfungsi dengan baik. Perbedaan terbesar antara vitamin dan mineral adalah bahwa mineral merupakan senyawa anorganik, sedangkan vitamin organik.

Mineral dapat diklasifikasikan menurut jumlah yang dibutuhkan tubuh Anda. Mineral utama (*major*) adalah mineral yang kita perlukan lebih dari 100 mg sehari, sedangkan mineral minor (*trace elements*) adalah yang kita perlukan kurang dari 100 mg sehari. Kalsium, tembaga, fosfor, kalium, natrium dan klorida adalah contoh mineral utama, sedangkan kromium, magnesium, yodium, besi, flor, mangan, selenium dan zinc adalah contoh mineral minor. Perbedaan jenis mineral tersebut semata-mata hanya berdasarkan jumlah yang diperlukan, bukan kepentingan. Mineral minor tak kalah penting dibandingkan mineral utama. Kekurangan mineral minor akan menyebabkan masalah kesehatan yang juga serius.

Ketika pola makan Anda sehat dan bervariasi, Anda mendapatkan cukup mineral. Namun, bila pola makan Anda tidak seimbang atau Anda memiliki gangguan penyerapan mineral, Anda dapat mengalami kekurangan mineral. Dalam kondisi tersebut, Anda mungkin perlu mengambil suplemen mineral dan vitamin.

2. Macam dan fungsi mineral

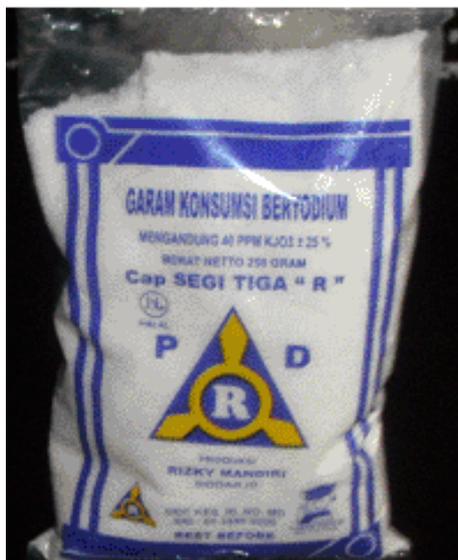
Mineral terbagi menjadi dua golongan, yaitu mineral makro dan mineral mikro. Mineral makro adalah mineral yang dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah lebih dari 100 mg per hari. Dan mineral mikro adalah mineral yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah kurang dari 100 mg per hari. Unsur yang termasuk mineral makro antara lain kalsium, fosfor,

magnesium, natrium, klor, kalium, dan sulfur. Untuk mineral mikro adalah zat besi, seng, tembaga, iodium, mangan, molibden, dan kobalt.

a. NATRIUM (Na)

Natrium atau sodium berfungsi sebagai penjaga keseimbangan air dan elektrolit (asam basa) di dalam sel, maupun di dalam cairan ekstraseluler, termasuk plasma darah. Mineral ini juga diperlukan untuk membawa impuls saraf. Natrium terdapat lebih banyak 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 dalam tubuh tergantung pada tubuh itu sendiri. Kebutuhan natrium untuk pertumbuhan berbeda dengan kebutuhan natrium untuk sekresi. Kebutuhan natrium juga tergantung pada kadar kalium dalam diet. Kekurangan natrium dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan dan kematian, misalnya pada kasus disentri. Natrium mudah diserap pada ginjal dan usus, di mana dalam penyerapannya akan diikuti dengan penyerapan air. Hal ini terjadi karena sifat kalium yang mempunyai kemampuan menyerap air. Jika keberadaan kalium dalam plasma darah meningkat maka akan terjadi peningkatan volume cairan darah sehingga mengakibatkan peningkatan tekanan darah.



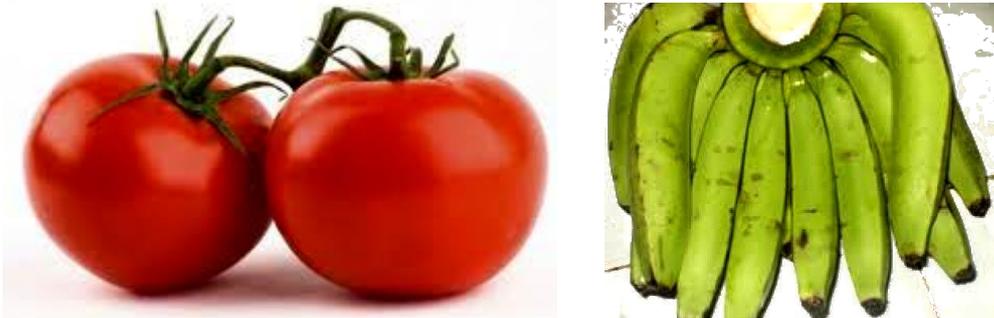
Gambar 2.1. Garam Dapur (NaCl)

Sumber natrium dalam kehidupan banyak didapat dari garam dapur, namun demikian pada buah-buahan juga sebagai sumber natrium, di antaranya terdapat dalam apel, blewah, bayam, avokad, melon, lobak, mangga, dan semangka. Sehingga jika klien Anda ada yang hipertensi, maka jika mengkonsumsi buah-buahan yang tersebut di atas dan atau garam dapur maka akan meningkatkan tekanan darahnya.

b. KALIUM (K)

Kalium berperan dalam mempertahankan tekanan osmotik seperti halnya natrium. Mineral ini terletak lebih banyak dalam cairan intraselluler dari pada ekstraselluler dan sebagian besar terikat oleh protein. Kalium diperlukan pada penyerapan asam amino oleh sel dan untuk membantu metabolisme karbohidrat.

Kalium terutama dieksresikan oleh ginjal bersama dengan pengeluaran urin, sehingga jika seseorang mengalami dehidrasi maka kalium juga banyak yang hilang. Penurunan kalium berat di antaranya terjadi pada penyakit paru menahun, kekurangan kalori protein, dan sirosis hepatitis. Pada dasarnya Anda dapat mengidentifikasi penyebab kekurangan kalium melalui banyaknya sel yang rusak pada diri seseorang tersebut, hal ini terjadi karena keberadaan kalium di dalam sel sehingga jika sel rusak maka kalium akan keluar dan tidak dapat digunakan oleh aktivitas tubuh kita. Jika kalium berlebihan juga membahayakan pada sistem pompa jantung karena akan mengakibatkan terjadinya aritmia dan juga fibrilasi, keadaan demikian mengakibatkan kardiak output mengalami penurunan.



Gambar 2.2. Tomat dan Pisang Hijau Sumber Kalium Terbanyak

Sumber kalium terbanyak pada pisang hijau dan tomat, serta juga terdapat pada apel, bayam, jambu biji, jeruk nipis, mangga, melon, dan semangka.

c. KLOR (Cl)

Klor selalu dikonsumsi dalam bentuk garam dapur (NaCl). Namun mineral ini juga terdapat dalam apel dan wortel. Klor dieksresikan di dalam lambung dalam bentuk HCl dan berfungsi untuk membantu mencerna protein oleh pepsin.

Kekurangan klor dapat menimbulkan alkalosis. Misalnya pada anak yang mengalami muntah – muntah sehingga banyak membuang cairan, termasuk HCl lambung juga terbuang. Sehingga tingkat keasaman (pH) dalam tubuh terjadi peningkatan dan terjadilah alkalosis/tubuh bersifat lebih basa.

d. KALSIMUM (Ca)

Kalsium sangat penting dan berperan besar dalam metabolisme tulang, kontraksi atau aktivitas otot, fungsi saraf, proses penggumpalan darah, dan fungsi kekebalan. Sebagian kecil kalsium tulang dapat diganti oleh magnesium dan natrium. Tubuh menggunakan kalsium untuk metabolisme tidak dapat secara langsung dari makanan namun diambil dari deposit kalsium pada tulang. Seperti yang kita jelaskan pada

bagian hormon, kalsium dapat disimpan pada tulang jika ada hormon parathyroid, kalsitonin, vitamin D dan hormon sex. Sehingga pada kondisi lanjut usia dengan terjadinya penurunan sintesis hormon maka penyimpanan kalsium di tulang menjadi berkurang dan proses penggunaan kalsium tetap sehingga dapat mengakibatkan osteoporosis.



Gambar 2.3. Makanan Sumber Kalsium

Sebanyak 99% kalsium di dalam tubuh terdapat pada tulang dan sisanya terdapat pada jaringan lunak. Di dalam cairan tubuh, jumlah kalsium tidak banyak, tetapi sangat penting untuk mengatur *irritability* jaringan. Kadar kalsium serum normal berkisar 10-12 mg%. Buah dan sayuran yang mengandung kalsium di antaranya avokad, apel, lemon, mangga, bayam, blewah, jambu biji, kacang panjang, tomat, nanas, pisang raja, pepaya, dan lobak.

e. FOSFOR (P)

Fosfor terdapat dalam jaringan keras dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan dengan kalsium. Namun, di jaringan lunak, jumlah fosfor lebih banyak dibandingkan dengan kalsium. Kebutuhan fosfor tubuh umumnya dapat dipenuhi dalam rata – rata hidangan. Mineral ini di antaranya terdapat pada wortel, tomat, pisang, apel, nanas, bayam, avokad, dan pepaya.

f. MAGNESIUM (Mg)

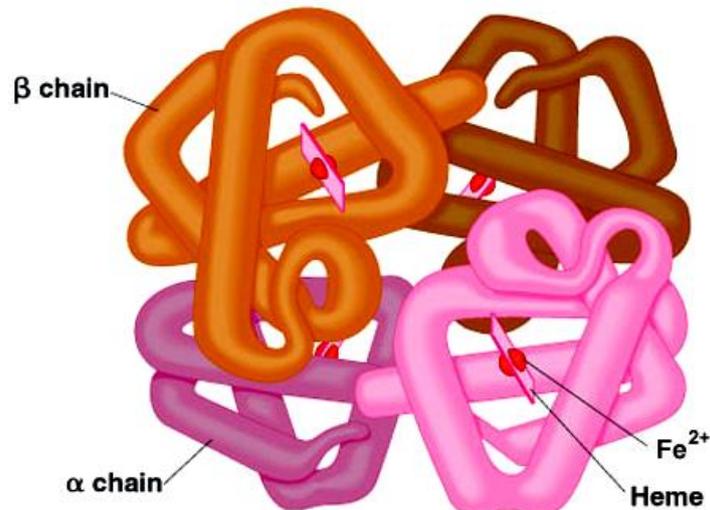
Magnesium merupakan unsur penting dalam tubuh, seperti halnya fosfor, mineral ini diperlukan untuk pembentukan tulang dan terdapat pula pada jaringan lunak. Kebutuhan tubuh akan mineral ini belum diketahui secara pasti. Namun, konsumsi sebanyak 250 mg/hari dianggap sudah memenuhi kebutuhan magnesium bagi orang dewasa. Mineral ini terdapat pada pepaya, wortel, bayam, apel, selada air, nanas, dan lobak.

g. SULFUR (S)

Sulfur merupakan komponen dari beberapa jenis zat gizi yang esensial, seperti asam amino dan vitamin B1. belerang juga merupakan bagian dari insulin, glutathion sel darah merah, dan otot. Unsur ini di dalam tubuh merupakan bagian dari molekul organik. Di dalam tubuh, unsur ini berada dalam kondisi tereduksi (SH atau S) dan tidak dapat dalam bentuk teroksidasi sebagai sulfur.

h. ZAT BESI (Fe) gambar HB

Zat besi merupakan mikroelemen esensial dalam tubuh. Semua sel mengandung zat besi, terutama pada hemoglobin darah dan otot mempunyai konsentrasi zat besi lebih tinggi. Kekurangan zat besi dapat menyebabkan anemia. Zat besi ini akan berikatan dengan asam amino (rantai alfa dan betha) dan Fe berfungsi mengikat O₂ dan CO₂ sehingga kebutuhan oksigen seluler dapat terpenuhi dan metabolit dapat dikeluarkan dari dalam tubuh. Dengan demikian zat Fe tidak dapat berfungsi bagi tubuh jika tidak didukung dengan pemenuhan asam amino.



Gambar 2.4. Rantai Asam Amino Pengikat Fe pada Hb

Zat besi di antaranya terdapat pada bayam, avokad, apel, jambu biji, nanas, pepaya, wortel, mangga, pisang, selada air, semangka, tomat, dan mangga.

i. YODIUM (I)

Zat yodium merupakan zat gizi esensial bagi tubuh, karena merupakan komponen dari hormon tiroksin. Kekurangan zat yodium memberikan kondisi hipotiroidisme dan tubuh mencoba untuk mengkompensasikan dengan menambah jaringan kelenjar tiroid atau gondok. Sehingga terjadi hipertopi yang menyebabkan pembesaran kelenjar tiroid. Kandungan yodium dapat diperoleh dari garam dapur dan minyak ikan.



Gambar 2.5. Ikan Laut Segar Sumber Iodium

Mineral yodium mempunyai sifat mudah menguap, sehingga jika garam beryodium ditaruh dalam tempat terbuka atau di sajikan dengan sayur yang panas dan terbuka maka kecenderungan iodiumnya akan hilang menguap. Sehingga yang tepat garam beryodium disajikan dalam bentuk garam meja. Pemberian yodium paling efektif dengan memberikan kapsul yodium tiap enam bulan sekali pada anak-anak ataupun ibu hamil. Pemberian kapsul yodium sangat penting terutama pada daerah pegunungan karena sayuran yang berwarna putih juga sebagai competitor iodium (goitrogenic).

j. FLOUR (F)

Flour ini merupakan mineral komponen dari jaringan keras tulang dan gigi. Pengaruh flour terutama pada fase pembentukan gigi ketika masih dalam jaringan ikat. Flour juga berperan untuk melindungi dentin dan email gigi dari serangan karies gigi. Namun kelebihan flour juga menyebabkan gigi tidak sehat sempurna. Meskipun gigi tahan terhadap kerusakan karies gigi, tetapi permukaan dentin dan email gigi menunjukkan daerah-daerah cekungan seperti erosi yang berwarna kuning kecoklatan atau disebut *mottled enamel*.



Gambar 2.6. Kadar Flour Terlalu Tinggi pada Gigi Terdeposit pada Email Gigi

k. **TEMBAGA (Cu)**

Tembaga merupakan komponen dari beberapa jenis enzim dalam sistem pembentukan sel darah merah, pembentukan tulang, dan reaksi redoks. Metabolisme zat besi juga membutuhkan elemen Cu. Peran Cu dalam pembentukan Hb adalah dengan mereduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} sehingga dapat berikatan dengan gugus hemoglobin dan dapat mengikat oksigen (O_2). Tanpa adanya Cu maka Hb tidak dapat terbentuk secara sempurna serta O_2 tidak dapat terikat.

l. **KOBALT (Co)**

Kobalt merupakan elemen yang penting untuk tubuh, karena merupakan komponen dari struktur vitamin B12. Kobalt berfungsi sebagai gugus prostetik enzim, sehingga seperti yang sudah kita pelajari pada pokok bahasan enzim, maka tanpa ada gugus prostetik pada enzim yang bersifat kompleks maka tidak dapat aktif. Metabolisme kobalt tidak terjadi di dalam jaringan tubuh. Hal ini karena vitamin B12 hanya dapat disintesis oleh mikroflora di usus. Hal ini yang menyebabkan jika seseorang terlalu banyak mengonsumsi antibiotik dalam jangka waktu lama akan mengakibatkan anemia karena kekurangan vitamin B12 yang aktif.

m. **SENG (Zn)**

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

Para yang berbahagia, dari beberapa materi mineral yang kita bahas tadi hampir semua kita kenal sebagai suatu unsur logam, sehingga untuk proses ekskresinya memerlukan waktu yang lebih lama dan berisiko membahayakan jika berlebihan. Namun demikian secara fisiologis sudah terjadi keseimbangan di dalam tubuh yang diatur oleh enzim dan hormonal, sehingga selama tidak terjadi masalah pada organ kita, terutama ginjal sebagai organ pengeluarannya atau tidak terjadi polusi di lingkungan kita maka tubuh selalu balance.

Latihan

- 1) Jelaskan macam-macam mineral dan pentingnya bagi tubuh kita!
- 2) Jelaskan bagaimana jika seseorang mengalami kekurangan yodium dan bagaimana cara memenuhinya!
- 3) Jelaskan bagaimana zat besi sangat bermanfaat bagi tubuh kita!
- 4) Kalau seseorang mendapatkan terapi deuritik maka sebaiknya mereka kita sarankan untuk konsumsi jus tomat ataupun pisang hijau, berikan penjelasannya!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Silahkan Anda baca dan pahami pada pokok materi pertama.
- 2) Silakan baca pada pokok bahasan kedua point sembilan.
- 3) Silakan Anda pelajari pada pokok bahasan kedua point delapan.
- 4) Silakan Anda pelajari pada pokok bahasan kedua point kedua.

Ringkasan

Para peserta PJJ, di akhir Topik kali ini kita akan membuat ringkasan tentang macam mineral dan kebutuhannya bagi tubuh kita sebagai berikut:

1. Mineral merupakan nutrisi penting untuk pemeliharaan kesehatan dan pencegahan penyakit, di mana mineral dan vitamin bertindak secara interaksional.
2. Mineral dibutuhkan sedikit bagi tubuh kita kecuali kalsium, dan keberadaannya harus mencapai keseimbangan sehingga tidak membahayakan tubuh.
3. Sumber-sumber mineral secara alamiah banyak terdapat dari nutrisi kita sehari-hari.
4. Mineral akan mengalami ketidakseimbangan jika terdapat masalah pada organ tubuh kita atau adanya asupan yang tidak seimbang akibat polusi pada sekitar kita.

Tes 2

- 1) Mineral diperlukan dalam tubuh kita dan bersifat esensial, mineral yang berfungsi untuk mengaktifkan Fe sehingga dapat membentuk Hb adalah:
 - A. Zn
 - B. Mg
 - C. Cu
 - D. Cl
 - E. Pb
- 2) Mineral setelah beraktivitas di dalam tubuh kita akan di transport untuk di keluarkan melalui sistem organ kita, namun jika tidak dapat di keluarkan maka golongan logam berat akan tertimbun pada:
 - A. Hati
 - B. Otak
 - C. Limfa
 - D. Ginjal
 - E. Rambut dan kuku
- 3) Pada pembentukan hemoglobin sangat di butuhkan Fe, jika tidak ada Fe maka kadar hemoglobin akan terjadi penurunan, Fe pada Hb berfungsi sebagai:
 - A. Pengikat Oksigen dalam rantai alpha dan beta hemoglobin
 - B. Membentuk struktur rangka Hb
 - C. Pemberi warna Hb

- D. Mengikat zat toksik pada Hb
 - E. Penguat struktur Hb
- 4) Kebutuhan kalsium dalam proses metabolisme tubuh didapat dari:
- A. Asupan nutrisi sehari-hari
 - B. Deposit kalsium di tulang
 - C. Suplemen nutrisi
 - D. Makanan produk susu
 - E. Buah-buahan
- 5) Fluor merupakan mineral yang juga di perlukan tubuh dalam jumlah optimal, jika berlebih akan mengakibatkan:
- A. Terbentuknya plaque pada gigi
 - B. Pengeroposan tulang
 - C. Karies gigi
 - D. Rambut mudah rontok
 - E. Tulang menjadi lentur
- 6) Pada daerah tertentu di Indonesia ditemukan kejadian labioskisis sangat tinggi setelah dilakukan analisis biokimia didapatkan daerah tersebut kekurangan mineral Zn, mineral Zn dalam tubuh kita berperan dalam:
- A. Proses pembelahan sel
 - B. Miosis
 - C. Pertumbuhan tulang
 - D. Pengautan tulang
 - E. Meningkatkan imunitas
- 7) Cobalt (Co) suatu mineral yang jarang kita dengar, namun mempunyai peran yang penting terutama pada vitamin B12, di mana Co berfungsi sebagai:
- A. Katalisator pembentukan enzim
 - B. Gugus prostetik sehingga enzim menjadi aktif
 - C. Sebagai induktor enzim
 - D. Sebagai kofaktor enzim
 - E. Sebagai penyusun enzim
- 8) Pada daerah pegunungan sering kita temukan kejadian gondok endemik, di mana diakibatkan oleh kekurangan iodium, makanan yang banyak mengandung iodium adalah:
- A. Sayuran berwarna putih
 - B. Sayuran berwarna hijau
 - C. Semua garam dapur
 - D. Ikan laut segar
 - E. Ikan air tawar

- 9) Jika kita mendapatkan pasien muntah dan diare kondisinya akan mengalami kelemahan secara cepat, kelemahan selain disebabkan oleh dehidrasi juga di karenakan kekurangan kalium, makanan sumber kalium yang mudah kita temukan adalah:
- A. Sayur berwarna hijau
 - B. Sayur berwarna putih
 - C. Buah-buahan
 - D. Tomat dan pisang hijau
 - E. Mineral pada air minum
- 10) Karena sifat iodium mudah sekali menguap maka ketika kita menyarankan penggunaan garam beriodium sebaiknya garam diberikan saat:
- A. Membuat bumbu masak supaya terikat dalam sayur
 - B. Diberikan saat sayur mendidih sehingga dapat diikat air
 - C. Dijadikan garam meja yang digunakan saat akan makan
 - D. Disimpan dalam tempat terbuka supaya mudah berinteraksi dengan udara luar
 - E. Dicampur dulu dalam air supaya larut

Topik 3

Vitamin

Para peserta pembelajaran jarak jauh, selanjutnya di topik terakhir pada Bab lima kita akan mempelajari kebutuhan vitamin dan penggunaannya dalam tubuh kita. Pada bagian belajar vitamin ini kita akan mencoba untuk memahami macam dan kebutuhan vitamin bagi tubuh kita, yang selanjutnya kita dapat mengidentifikasi permasalahan yang disebabkan oleh kekurangan atau kelebihan vitamin.

Mahasiswa mampu menjelaskan yang dimaksud vitamin, macam, serta dampak vitamin untuk tubuh kita.

1. Mahasiswa mampu menjelaskan pengertian vitamin.
2. Mahasiswa mampu menyebutkan macam-macam dan fungsi vitamin.

POKOK MATERI

1. Pengertian vitamin

Vitamin adalah molekul organik yang di dalam tubuh mempunyai fungsi yang sangat bervariasi. Fungsi vitamin dalam metabolisme yang paling utama adalah sebagai kofaktor. Di dalam tubuh diperlukan dalam jumlah sedikit (*micronutrient*). Biasanya tidak disintesis di dalam tubuh, jika dapat disintesis jumlahnya tidak mencukupi kebutuhan tubuh, sehingga harus diperoleh dari makanan atau diet.

Vitamin dalam arti luas adalah senyawa organik, bukan karbohidrat, lemak maupun protein, yang memiliki peranan vital untuk berjalannya fungsi tubuh yang normal, meskipun dibutuhkan dalam jumlah kecil. Vitamin adalah zat gisi yang sangat dibutuhkan oleh tubuh, karena berperan membantu proses metabolisme tubuh yang normal. Beberapa vitamin tidak dapat dibuat tubuh dalam jumlah cukup, sehingga harus dilengkapi dari bahan pangan, kecuali vitamin D. Defisiensi vitamin tertentu akan menyebabkan berkembangnya suatu sindrome yang spesifik untuk tiap-tiap vitamin. Beberapa vitamin tidak diperlukan dalam diet, dikarenakan vitamin-vitamin tersebut dapat disintesis sendiri dengan bantuan mikroflora usus.

Adanya vitamin dalam bahan makanan belum merupakan suatu jaminan bahwa suatu defisiensi dari vitamin tersebut tidak timbul, karena mungkin ada faktor-faktor lain yang terdapat dalam diet yang menghalangi pemanfaatannya oleh tubuh, misalnya proses absorpsinya di dalam usus. Telah diketahui bahwa pengobatan secara terus-menerus dengan parafin cair dapat menghalangi penyerapan karoten, karena parafin melarutkan senyawa karoten dan membentuk suatu larutan yang tidak dapat diserap oleh mukosa usus, maka akan timbul gejala defisiensi vitamin A. Merupakan fakta yang jelas juga bahwa terlalu banyak minyak ikan dalam diet akan menimbulkan defisiensi vitamin E dalam waktu singkat dengan akibat degenerasi otot. Infeksi usus ada hubungannya dengan penyerapan vitamin A dan penggunaannya. Gangguan hidrolisis lemak dan penyerapannya secara otomatis mempengaruhi penyerapan semua vitamin yang larut dalam lemak.

2. Klasifikasi Vitamin

Secara klasik, berdasarkan kelarutannya, vitamin digolongkan dalam dua kelompok, yaitu (1) vitamin yang larut dalam lemak dan (2) vitamin yang larut dalam air, karena yang pertama dapat diekstraksi dari bahan makanan dengan pelarut lemak dan yang terakhir dengan air. Beberapa vitamin larut lemak adalah vitamin A, D, E, dan K, yang hanya mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen dan oksigen. Vitamin yang larut dalam air terdiri atas asam askorbat (C) dan B-komplek (B₁ sampai B₁₂), yang selain mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, juga mengandung nitrogen, sulfur atau kobalt.

Vitamin yang larut dalam lemak, yaitu A, D, E dan K, memiliki sifat-sifat umum, antara lain (1) tidak terdapat di semua jaringan; (2) terdiri dari unsur-unsur karbon, hidrogen dan oksigen; (3) memiliki bentuk prekursor atau provitamin; (4) menyusun struktur jaringan tubuh; (5) diserap bersama lemak; (6) disimpan bersama lemak dalam tubuh; (7) diekskresi melalui fekes; (8) kurang stabil jika dibandingkan vitamin B, dapat dipengaruhi oleh cahaya, oksidasi dan lain sebagainya.

Vitamin yang larut dalam air memiliki sifat-sifat umum, antara lain : (1) tidak hanya tersusun atas unsur-unsur karbon, hidrogen dan oksigen; (2) tidak memiliki provitamin; (3) terdapat di semua jaringan; (4) sebagai prekursor enzim-enzim; (5) diserap dengan proses difusi biasa; (6) tidak disimpan secara khusus dalam tubuh; (7) diekskresi melalui urin; (8) relatif lebih stabil, namun pada temperatur berlebihan menimbulkan kelabilan.

3. Metabolisme Umum Vitamin

Vitamin yang larut lemak atau minyak, jika berlebihan tidak dikeluarkan oleh tubuh, melainkan akan disimpan. Sebaliknya, vitamin yang larut dalam air, yaitu vitamin B kompleks dan C, tidak disimpan, melainkan akan dikeluarkan oleh sistem pembuangan tubuh. Akibatnya, selalu dibutuhkan asupan vitamin tersebut setiap hari. Vitamin yang alami bisa didapat dari sayur, buah dan produk hewani. Sering kali vitamin yang terkandung dalam makanan atau minuman tidak berada dalam keadaan bebas, melainkan terikat, baik secara fisik maupun kimia. Proses pencernaan 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.

Vitamin diserap oleh usus dengan proses dan mekanisme yang berbeda. Terdapat perbedaan prinsip proses penyerapan antara vitamin larut lemak dengan vitamin larut air. Vitamin larut lemak akan diserap secara difusi pasif dan kemudian di dalam dinding usus digabungkan dengan kilomikron (lipoprotein) yang kemudian diserap sistem limfatik, baru kemudian bergabung dengan saluran darah untuk ditransportasikan ke hati. Sedangkan vitamin larut air langsung diserap melalui saluran darah dan ditransportasikan ke hati. Proses dan mekanisme penyerapan vitamin dalam usus halus diperlihatkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Proses dan Mekanisme Penyerapan Vitamin dalam Usus Halus

Jenis Vitamin	Mekanisme Penyerapan
Vitamin A, D, E, K dan beta-karoten	Dari micelle, secara difusi pasif, digabungkan dengan kilomikron, diserap melalui saluran limfatik.
Vitamin C	Difusi pasif (lambat) atau menggunakan Na ⁺ (cepat)
Vitamin B ₁ (Tiamin)	Difusi pasif (apabila jumlahnya dalam lumen usus sedikit), dengan bantuan Na ⁺ (bila jumlahnya dalam lumen usus banyak).
Vitamin B ₂ (Riboflavin)	Difusi pasif
Niasin	Difusi pasif (menggunakan Na ⁺)
Vitamin B ₆ (Piridoksin)	Difusi pasif
Folasin (Asam Folat)	Menggunakan Na ⁺
Vitamin B ₁₂	Menggunakan bantuan faktor intrinsik (IF) dari lambung.

Sumber : Muchtadi, 2009

4. Macam dan fungsi vitamin

Para sebelum ini kita mengetahui betapa penting peranan vitamin dalam tubuh. Namun, tubuh kita hanya mampu menghasilkan vitamin D dan K dalam bentuk provitamin yang tidak aktif. Oleh karena itu, tubuh memerlukan asupan vitamin yang berasal dari makanan yang kita konsumsi. Buah-buahan dan sayuran terkenal memiliki kandungan vitamin yang tinggi dan hal tersebut sangatlah baik untuk tubuh. Asupan vitamin lain dapat diperoleh melalui suplemen makanan.

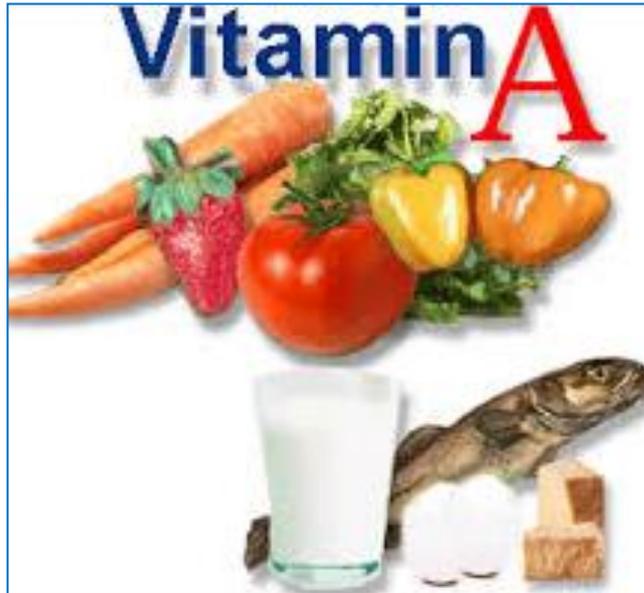
Pada proses metabolisme tubuh, vitamin memegang peran sangat vital, terlebih yang tidak dihasilkan oleh tubuh. vitamin adalah ko faktor dalam reaksi kimia yang dikatalisasi oleh enzim. Pada dasarnya, senyawa vitamin ini digunakan tubuh untuk dapat bertumbuh dan berkembang secara normal. Setiap vitamin yang kita butuhkan memiliki peran spesifik dan bermanfaat untuk menjaga kesehatan tubuh.

Di awal penjelasan Topik ini sudah dijelaskan bahwa tubuh hanya memerlukan vitamin dalam jumlah sedikit, akan tetapi jika kebutuhan ini diabaikan maka metabolisme di dalam tubuh kita akan terganggu karena fungsinya tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Gangguan kesehatan ini dikenal dengan istilah avitaminosis.

Sebagai contoh bahwa dalam metabolisme tubuh, vitamin bekerja secara spesifik dan memegang peranan penting adalah:

a. Vitamin A

Vitamin A dalam metabolisme, selain berfungsi membentuk indra penglihatan juga berperan dalam menjaga kesehatan kulit dan imunitas terhadap tubuh. Jika terjadi defisiensi, maka yang terjadi adalah mengalami rabun senja dan katarak. Selain itu, kekurangan vitamin ini juga dapat menurunkan daya tahan tubuh, infeksi pernafasan dan kondisi kulit kurang sehat. Tidak hanya itu, kelebihan vitamin A juga dapat berdampak buruk pada tubuh, berupa keracunan. Beberapa dampak yang ditimbulkan jika kelebihan yaitu, pusing-pusing, kulit kering bersisik, kerontokan rambut dan mudah pingsan.



Gambar 5.1. Makanan yang Mengandung Vitamin A

b. **Vitamin B**

Vitamin B berperan penting dalam metabolisme, terutama dalam pelepasan energi saat kita beraktivitas. Sesuai fungsinya di dalam tubuh saat metabolisme, yaitu sebagai senyawa koenzim yang dapat meningkatkan laju reaksi metabolisme tubuh terhadap berbagai jenis sumber energi.

1) **Vitamin B1**

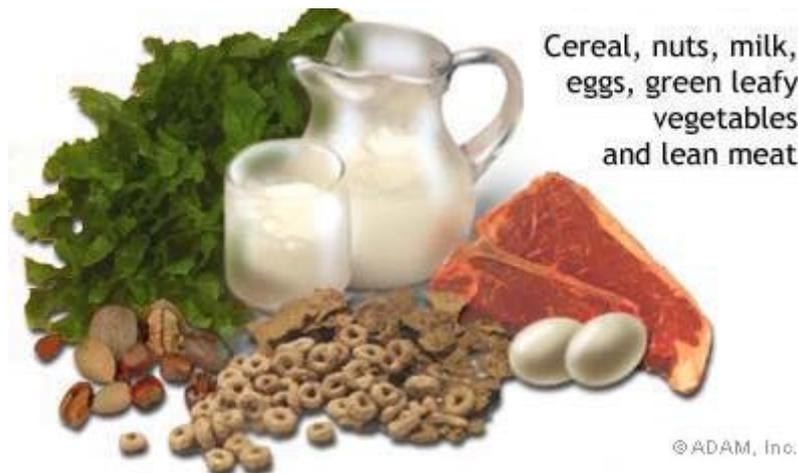
Vitamin B1 berperan membantu proses metabolisme protein dan lemak. Bila terjadi defisiensi vitamin B1, kulit akan mengalami berbagai gangguan, seperti kulit kering dan bersisik. Tubuh juga dapat mengalami beri-beri, gangguan saluran pencernaan, jantung, dan sistem saraf.



Gambar 5.2. Makanan yang Kaya Vitamin B1

2) Vitamin **B2**

Vitamin B2 banyak berperan di dalam tubuh manusia, sebagai salah satu komponen koenzim flavin mononukleotida (flavin mononucleotide, FMN) dan flavin adenine dinukleotida (adenine dinucleotide, FAD). Kedua enzim ini berperan penting dalam regenerasi energi bagi tubuh melalui proses respirasi. Vitamin ini juga berperan dalam pembentukan molekul steroid, sel darah merah, dan glikogen, serta menyokong pertumbuhan berbagai organ tubuh, seperti kulit, rambut, dan kuku. Defisiensinya dapat menyebabkan menurunnya daya tahan tubuh, kulit kering bersisik, mulut kering, bibir pecah-pecah, dan sariawan.



Gambar 5.3. Makanan yang Banyak Mengandung Vitamin B2

3) Vitamin **B3**

Vitamin ini berperan penting dalam metabolisme karbohidrat untuk menghasilkan energi, metabolisme lemak, dan protein. Di dalam tubuh, vitamin B3 memiliki peranan besar dalam menjaga kadar gula darah, tekanan darah tinggi, penyembuhan migrain, dan vertigo. Berbagai jenis senyawa racun dapat dinetralisir dengan bantuan vitamin ini. Kekurangan vitamin ini dapat menyebabkan tubuh mengalami kekejangan, kram otot, gangguan sistem pencernaan, muntah-muntah, dan mual.



Gambar 5.4. Makanan yang Mengandung Vitamin B3

4) Vitamin **B5**

Vitamin B5 berperan besar dalam berbagai jenis metabolisme, seperti dalam reaksi pemecahan nutrisi makanan, terutama lemak. Juga menjaga komunikasi yang baik antara sistem saraf pusat dan otak dan memproduksi senyawa asam lemak, sterol, neurotransmitter, dan hormon tubuh. Seperti halnya vitamin B1 dan B2, defisiensi vitamin B5 dapat menyebabkan kulit pecah-pecah dan bersisik. Selain itu, gangguan lain yang akan diderita adalah kram otot serta kesulitan untuk tidur.

5) Vitamin **B6**

Vitamin B6, atau dikenal juga dengan istilah piridoksin, merupakan vitamin yang esensial bagi pertumbuhan tubuh. Vitamin ini berperan sebagai salah satu senyawa koenzim A yang digunakan tubuh untuk menghasilkan energi melalui jalur sintesis asam lemak, seperti spingolipid dan fosfolipid. Selain itu, vitamin ini juga berperan dalam metabolisme nutrisi dan memproduksi antibodi sebagai mekanisme pertahanan tubuh terhadap antigen atau senyawa asing yang berbahaya bagi tubuh. Kekurangan vitamin ini dalam jumlah banyak dapat menyebabkan kulit pecah-pecah, kram otot, dan insomnia.

6) Vitamin **B12**

Vitamin B12 atau sianokobalamin merupakan jenis vitamin yang hanya khusus diproduksi oleh hewan dan tidak ditemukan pada tanaman. Oleh karena itu, vegetarian sering kali mengalami gangguan kesehatan tubuh akibat kekurangan vitamin ini. Vitamin ini banyak berperan dalam metabolisme energi di dalam tubuh. Vitamin B12 juga termasuk dalam salah satu jenis vitamin yang berperan dalam pemeliharaan kesehatan sel saraf, pembentukan molekul DNA dan RNA, pembentukan platelet darah. Kekurangan vitamin ini akan menyebabkan anemia (kekurangan darah), mudah lelah lesu, dan iritasi kulit.



Gambar 5.5 sumber vit B12

c. Vitamin C

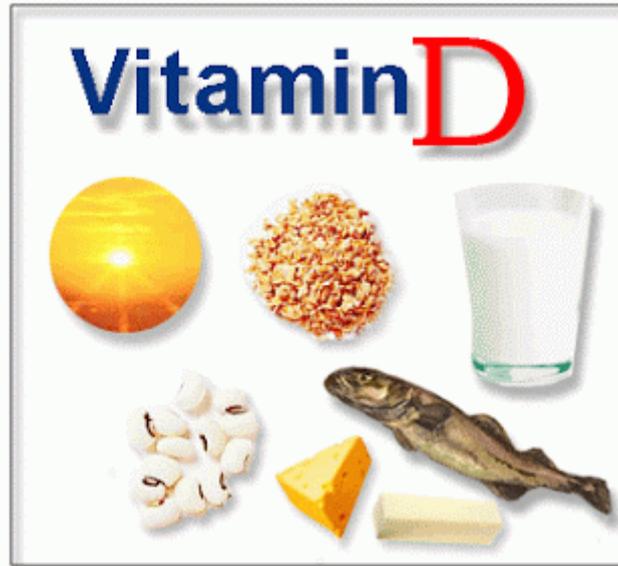
Vitamin C (asam askorbat) banyak memberikan manfaat bagi kesehatan tubuh kita. Di dalam tubuh, vitamin C berperan sebagai senyawa pembentuk kolagen yang merupakan protein penting penyusun jaringan kulit, sendi, tulang, dan jaringan penyokong lainnya. Vitamin C merupakan senyawa antioksidan alami yang dapat menangkal berbagai radikal bebas dari polusi di sekitar lingkungan kita juga vitamin C dapat membantu menurunkan laju mutasi dalam tubuh sehingga risiko timbulnya berbagai penyakit degeneratif, seperti kanker, dapat diturunkan. Selain itu, vitamin C berperan dalam menjaga bentuk dan struktur dari berbagai jaringan di dalam tubuh, seperti otot. Vitamin ini juga berperan dalam penutupan luka saat terjadi pendarahan dan memberikan perlindungan lebih dari infeksi mikroorganisme patogen. Melalui mekanisme inilah vitamin C berperan dalam menjaga kebugaran tubuh dan membantu mencegah berbagai jenis penyakit. Defisiensi vitamin C juga dapat menyebabkan gusi berdarah dan nyeri pada persendian. Akumulasi vitamin C yang berlebihan di dalam tubuh dapat menyebabkan batu ginjal, gangguan saluran pencernaan, dan rusaknya sel darah merah.



Gambar 5.6. Makanan Sumber Vitamin C

d. Vitamin D

Kalau mendengar kata-kata Vitamin D, maka kita akan teringat dengan berbagai kasus osteoporosis. Di mana vitamin D berguna untuk mencegah dan mengobatirakitis (dicegah ataupun diobati dengan minyak ikan atau dengan sinar matahari yang cukup). Dalam tubuh kita dapat menghasilkan pro-vitamin D namun tidak akan menjadi vitamin D yang aktif jika tidak di metabolisme di ginjal dengan bantuan paparan sinar matahari. Oleh karena itu sering kali petugas kesehatan menganjurkan para lansia untuk berjemur di pagi atau sore hari saat matahari tidak terlalu terik, supaya membantu memetabolisme provitamin D menjadi vitamin D dan aktif untuk regulator absorbs kalsium dari saluran pencernaan untuk dibawa ke tulang.



Gambar 5.7. Jenis Makanan yang Banyak Mengandung Vitamin D

Para dalam bentuk esensial (Obat) absorpsi vitamin D melalui saluran cerna cukup baik. Vitamin D₃ diabsorpsi lebih cepat dan sempurna. Namun jika ada gangguan fungsi hati, kandung empedu dan saluran cerna seperti steatore akan mengganggu absorpsi vitamin D. Setelah diabsorpsi vitamin D disimpan dalam bentuk belum aktif (*inert*) di dalam tubuh, untuk menjadi bentuk aktif harus dimetabolisme lebih dahulu melalui serangkaian proses hidrosilasi di ginjal dan hati. Serta ekskresi melalui empedu dan dalam jumlah kecil ditemukan dalam urine.

e. Vitamin E

Dimasyarakat luas mengenal vitamin E sebagai antioksidan, mencegah oksidasi bagian sel yang penting atau mencegah terbentuknya hasil oksidasi yang toksik (hasil peroksidasi asam lemak tidak jenuh). Defisiensi biasanya lebih sering disebabkan oleh gangguan absorpsi, misalnya steatore, obstruksi biliaris dan penyakit pankreas. Bayi prematur dengan makanan yang kaya asam lemak tidak jenuh dan kurang vitamin E akan mengalamilesi kulit, anemia hemolitik dan edema. Sumber vitamin E terdapat pada telur, susu, daging, buah-buahan, kacang-kacangan dan sayur-sayuran, misalnya selada dan bayam.



Gambar 5.8. Makanan Sumber Vitamin B

f. Vitamin K

Berguna untuk meningkatkan biosintesis beberapa faktor pembekuan darah yaitu protrombin, faktor VII (prokonvertin), faktor IX (faktor Christmas) dan faktor X (faktor Stuart) yang berlangsung di hati. Kekurangan vitamin K dapat menyebabkan hipoprotrombinemia dan menurunnya kadar beberapa faktor pembekuan darah, defisiensi vitamin K terjadi karena: 1). Gangguan absorpsi vitamin K, 2). Berkurangnya bakteri yang mensintesis, 3). Pemakaian antikoagulan



Gambar 5.9. Jenis Makanan yang Banyak Mengandung Vitamin K

Latihan

- 1) Jelaskan pengertian vitamin dan mengapa vitamin sangat dibutuhkan oleh tubuh!
- 2) Sebutkan vitamin-vitamin yang larut dalam air dan bagaimana proses dalam tubuh jika kelebihan!
- 3) Sebutkan fungsi vitamin C dalam tubuh kita!
- 4) Sebutkan sumber dari vitamin K dalam kehidupan sehari-hari!
- 5) Jelaskan bagaimana mekanisme vitamin D dapat berfungsi dalam tubuh kita!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Pelajari pada pokok bahasan pertama.
- 2) Pelajari pada pokok bahasan kedua.
- 3) Silakan Anda baca pada pokok bahasan keempat poin C.
- 4) Silakan Anda baca pada pokok bahasan keempat poin F.
- 5) Silakan Anda baca pada pokok bahasan keempat poin D.

Ringkasan

Diakhir Topik ini sebelum kita berlatih dengan soal, kita telah mempelajari dan dapat menyimpulkan isi dari materi vitamin sebagai berikut:

1. Vitamin merupakan senyawa organik yang sangat dibutuhkan tubuh keberadaannya dengan jumlah yang kecil.
2. Berdasarkan sifat kelarutan vitamin dapat kita kelompokkan menjadi 2: vitamin yang larut dengan air (B, C) dan vitamin larut lemak (A, D, E, dan K).
3. Vitamin-vitamin tidak dapat dipenuhi secara cukup oleh tubuh kecuali vitamin D.
4. Mayoritas vitamin yang dibutuhkan tubuh didapat dari asupan nutrisi.

Tes 3

- 1) Berdasarkan penggolongan kelarutannya, vitamin yang larut dalam air adalah:
 - A. Vitamin A
 - B. Vitamin B
 - C. Vitamin K
 - D. Vitamin D
 - E. Vitamin E
- 2) Vitamin yang banyak berperan sebagai anti oksidan dan memperbaiki jaringan kulit adalah:
 - A. Vitamin A
 - B. Vitamin B

- C. Vitamin C
 - D. Vitamin D
 - E. Vitamin E
- 3) Vitamin yang banyak berperan sebagai anti oksidan dan memperbaiki fungsi syaraf optikus adalah:
- A. Vitamin A
 - B. Vitamin B
 - C. Vitamin C
 - D. Vitamin D
 - E. Vitamin E
- 4) Metabolisme vitamin yang larut dalam lemak terdapat pada organ:
- A. Hati
 - B. Ginjal
 - C. Kulit
 - D. Tulang
 - E. Limpha
- 5) Vitamin D disintesis tubuh dalam bentuk inaktif, setelah terinduksi oleh sinar matahari maka provitamin D akan berubah menjadi Vit D aktif bertempat pada organ:
- A. Hati
 - B. Ginjal
 - C. Kulit
 - D. Tulang
 - E. Limpha
- 6) Defisiensi suatu vitamin akan mengakibatkan kondisi sakit dan dampak secara sistemik, defisiensi tersering dikarenakan asupan yang kurang, atau terdapatnya gangguan pada organ tersebut. Defisiensi vitamin K dapat mengakibatkan:
- A. Perdarahan yang memanjang
 - B. Gusi berdarah
 - C. Rakitis
 - D. Pengeroposan tulang
 - E. Rambut rontok
- 7) Keberadaan vitamin E sangat penting bagi kehidupan kita, Sumber vitamin E dapat kita temukan pada bahan makan sebagai berikut:
- A. Ikan laut
 - B. Ikan air tawar
 - C. Telur
 - D. Sayuran berwarna merah
 - E. Buah-buahan

- 8) Vitamin diserap oleh usus dengan proses dan mekanisme yang berbeda-beda, vitamin berikut yang diserap langsung melalui pembuluh darah dan di transport ke hati adalah:
- A. Vitamin A
 - B. Vitamin B
 - C. Vitamin D
 - D. Vitamin E
 - E. Vitamin K
- 9) Vitamin K setelah mengalami difusi pasif pada dinding usus akan disalurkan pada sistem limfatik, yang mengikat dari dinding usus ke saluran limfatik diperankan oleh
- A. Plasma protein
 - B. Kilomikron/silomikron
 - C. VLDL
 - D. IDL
 - E. HDL
- 10) Vitamin selain bermanfaat bagi tubuh juga dapat membahayakan, akumulasi vitamin C yang berlebihan di dalam tubuh dapat menyebabkan kondisi sakit berikut ini:
- A. Gagal ginjal
 - B. Gangguan saluran kemih
 - C. Kerusakan sel darah merah
 - D. Kerusakan membran mukosa
 - E. Kerusakan sel trombosit

Kunci Jawaban Tes

Tes 1

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

Tes 2

- 1) C
- 2) E
- 3) A
- 4) A
- 5) B
- 6) A
- 7) C
- 8) B
- 9) B
- 10) C

Daftar Pustaka

Arthur C. Guyton, John E. Hall, *Textbook Of Medical Physiology* 11th ed, elsevier, USA.

Champe Pamela C, Harvey Richard A. 1994. Lippincot's *Illustrated Biochemistry*, edisi ke-2.

Joyce Y. Johnson. 2008. *Fluids and Electrolytes Demystified*. McGraw-Hill Companies, USA.

Macdonald Richard G. 2007. *USMLE Road Map*. McGraw-Hill Companies, Inc, USA.

Mark D, Marks Allan MD, SmithCollen. 2000. *Biokimia Kedokteran Dasar, Sebuah Pendekatan Klinis*.

Murray R K, et al. 2009. *Biokimia Harper*. edisi 27, EGC Kedokteran: Jakarta.

Marshal william J. 2004. *Clinical Biochemistry*. Mosby, London.

Sue C. DeLaune, and Patricia K. Ladner. 2003. *Fundamentals of nursing: StAndards & practice 2nd ed*. Thomson Learning, Inc, USA.

BAB VI

ANATOMI FISILOGI SISTEM KARDIOVASKULER DAN SISTEM PERNAFASAN

Tanto Hariyanto

PENDAHULUAN

Jantung dan Paru-paru merupakan organ yang sangat penting dalam tubuh kita, sebagaimana kita ketahui bahwa jantung mempunyai peran yang sangat penting dalam pengaturan peredaran darah. Jantung kita bekerja tanpa mengenal waktu adalah mengalirkan darah keseluruh tubuh kita agar semua bagian tubuh mendapat aliran

Jantung (bahasa Latin: *cor*) adalah sebuah rongga, rongga organ berotot yang memompa darah lewat pembuluh darah oleh kontraksi berirama yang berulang. Istilah *kardiak* berarti berhubungan dengan jantung, dari kata Yunani *cardia* untuk jantung. Jantung adalah salah satu organ manusia yang berperan dalam sistem peredaran darah.

Jantung merupakan salah satu organ terpenting tubuh

Fungsi jantung untuk memompa darah. Maka dengan adanya jantung, darah dapat dialirkan ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah, dan jika peredaran ini terganggu maka inilah yang disebut [sakit jantung](#).

Letak Jantung berada agak sebelah kiri bagian dada, di antara paru-paru kanan dan paru-paru kiri.

Dalam pekerjaan yang tanpa henti, jantung kontrak lebih dari 100.000 kali sehari untuk mendorong darah melalui sekitar 60.000 mil (96.000 kilometer) dari kapal untuk memelihara masing-masing dari triliunan sel dalam tubuh. Setiap kontraksi jantung memaksa sekitar 2,5 ons (74 mililiter) dari darah ke dalam aliran darah. Ini menambahkan sampai sekitar 10 liter (4,7 liter) darah setiap menit.

Paru-paru membentuk organ-organ utama dari sistem pernapasan dan memfasilitasi pertukaran gas bersama dengan saluran udara yang terkait dan pembuluh darah. Selain itu, bagian yang berbeda dari paru-paru juga terlibat dalam fungsi-fungsi non-pernapasan tertentu, termasuk mekanisme homeostatis tertentu serta proses [kekebalan tubuh](#).

Paru-paru manusia terletak di rongga dada atau dada dan tergantung di dalam tulang rusuk. Kedua paru-paru yang terletak di kedua sisi jantung dan berwarna merah muda, terutama pada usia muda. Paparan atmosfer dan udara tercemar akhirnya menimbulkan patch berbintik-bintik, yang mewarnai paru-paru berwarna abu-abu. Di bagian bawah dari rongga toraks terletak diafragma thoraks yang memfasilitasi pernapasan. Diberikan di bawah ini adalah diagram berlabel dari paru-paru manusia diikuti dengan penjelasan singkat dari bagian yang berbeda dari paru-paru dan fungsi mereka.

Paru-paru terletak di dalam rongga dada (*thoracic cavity*), dilindungi oleh struktur tulang selangka dan diliputi dua dinding yang dikenal sebagai pleura. Kedua lapisan ini dipisahkan oleh lapisan udara yang dikenal sebagai rongga pleural yang berisi cairan pleural.

Manusia menghirup udara untuk mendapatkan oksigen, namun tidak semua udara yang dihirup dapat digunakan oleh tubuh, karena udara tercampur dengan berbagai jenis gas. Pada waktu kita bernapas, paru-paru menarik udara dari ruang tenggorokan. Saat dihembuskan, rangka tulang rusuk tertarik ke arah dalam, dan diafragma di bawah tulang rusuk bergerak ke atas. Ketika paru-paru mengecil, udara yang ada di dalam kantung udara sedikit demi sedikit terdorong ke luar melalui batang tenggorokan.

Pada Bab 6 ini Anda akan diberikan gambaran mengenai letak dan struktur jantung, bagian-bagian jantung, katup pada jantung, pembuluh darah yang langsung berhubungan dengan jantung, persyarafan dan sifat otot jantung serta cara kerja jantung.

Selain itu dalam Bab ini, Anda juga akan diberikan gambaran tentang struktur sistem pernafasan dimulai dari hidung, pharing, laring, trachea , bronchus dan alveoli. Otot bantu pernafasan serta fisiologi bernafas yaitu ventilasi, difusi dan transportasi oksigen (O₂) dan karbon dioksida (CO₂).

Diharapkan setelah mempelajari Bab ini Anda dapat memahami struktur dan fungsi jantung serta struktur dan fungsi sistem pernafasan dalam tubuh kita. Untuk membantu proses belajar mandiri Anda, materi dalam Bab ini dikemas dalam 2 (dua) Topik, masing-masing modul dilengkapi dengan gambar-gambar untuk memperjelas pemahaman Anda dalam mempelajari materi ini.

Bacalah Bab ini dengan saksama, catat beberapa hal yang Anda anggap penting dan belum Anda ketahui, tanyakan pada saat Tutorial. Bab ini sangat bermanfaat sebagai dasar Anda untuk mempelajari materi Patofisiologi

Urutan Topik dalam Bab ini meliputi :

Topik 1 : Struktur dan fungsi Sistem Kardiovaskuler

Topik 2 : Struktur dan fungsi Sistem Pernafasan

Topik 1

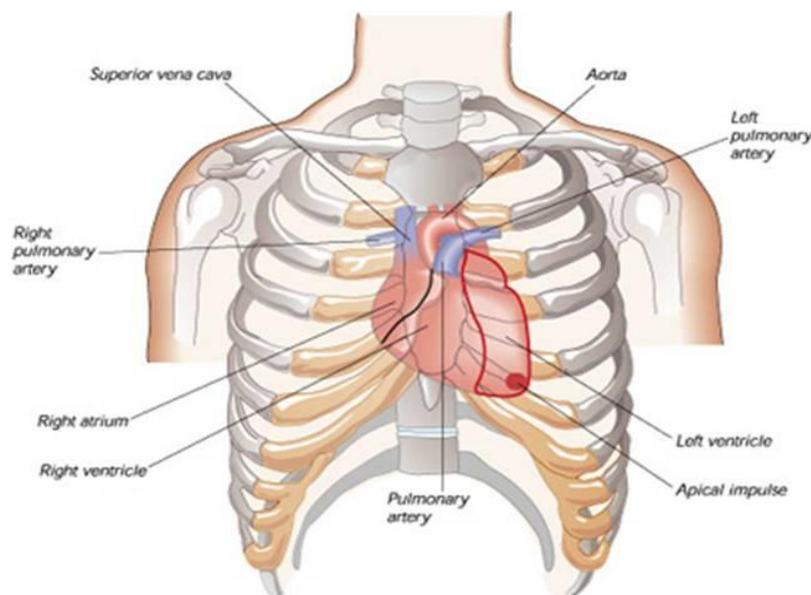
Struktur dan Fungsi Sistem Kardiovaskuler

1 JANTUNG

Saya yakin Anda sangat mengenal dengan organ yang satu ini yaitu jantung. Bisa kita bayangkan kalau organ ini tidak normal dalam kerjanya, maka seluruh aktivitas kita akan terganggu. Tapi apakah Anda sudah memahami secara mendalam tentang jantung dan cara kerjanya? Untuk itu pelajarilah materi ini dengan seksama.

Jantung adalah Organ berotot (otot jantung), berbentuk kerucut dan berongga. Basis terletak di atas dan apex ada di bawah. Bagian apex agak runcing dan disebut apeks kordis. Otot jantung merupakan jaringan istimewa, karena kalau dilihat dari bentuk dan susunannya merupakan otot seran lintang (lurik) tetapi cara kerjanya menyerupai otot polos yaitu bekerja di luar kemampuan kita. Untuk itulah jantung kita tidak pernah berhenti bekerja meskipun dalam keadaan tidur.

Ukuran sebesar genggam tangan kanan dan beratnya 250-300 gram. Terletak di dalam rongga thorax diantara kedua paru-paru, di belakang sternum, lebih menghadap ke kiri. Basisnya terletak di antara kosta ke-3 kanan, 2 cm dari sternum dan costa ke-2 kiri, 2 cm dari sternum. Apeks terletak di antara kosta V dan VI (Interkostalis V) 4 cm dari sternum ke kiri, yaitu 2 jari di bawah papila mama. Ditempat ini teraba denyut jantung paling keras yang disebut **iktus kordis**.



Gambar 6.1. Kedudukan jantung

1.1 Struktur Jantung

Jantung terdiri dari 3 lapis yaitu: Lapisan dalam disebut Endokardium, lapisan tengah Miokardium (merupakan lapisan berotot), lapisan luar Perikardium (terdiri dari 2 lapis sebelah perikardium viscerale dan luar perikardium parietale).

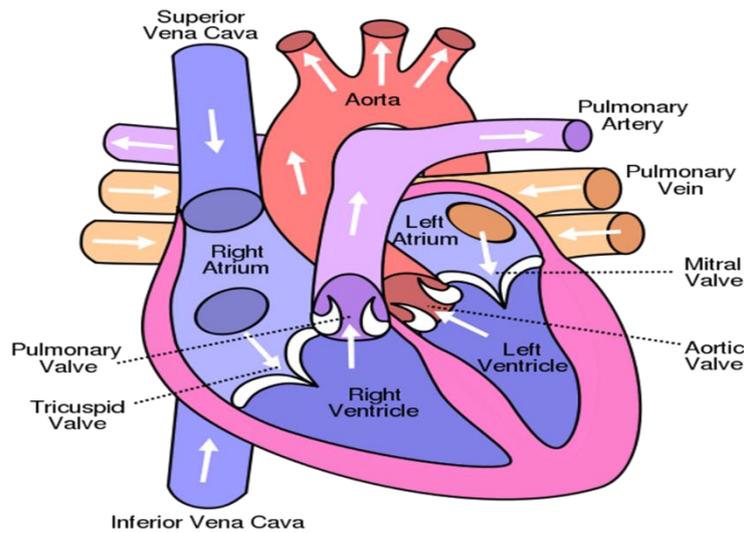
Jantung dibagi menjadi 4 (empat) bagian sebagai berikut:

- a. **Serambi kanan (Atrium Dexstra):** bagian ini berfungsi menampung darah kotor yang berasal dari vena kava superior dan inferior yang selanjutnya akan dialirkan ke ventrikel dekstra.
- b. **Bilikl kanan (Ventrikel Dexstra):** Bagian ini akan menerima darah dari Atrium dekstra yang selanjutnya ketika ventrikel berkontraksi akan mengalirkan darah menuju paru-paru melalui arteri pulmonalis.
- c. **Serambi kiri (Atrium Sinistra) :** menerima darah yang kaya oksigen dari paru-paru melalui ke empat vena pulmonalis, selanjutnya dialirkan menuju ventrikel sinistra.
- d. **Bilik kiri (Ventrikel Sinistra):** bagian ini menerima darah dari Atrium sinistra, selanjutnya darah akan dipompakan ke seluruh tubuh keyika Ventrikel Sinistra berkontraksi.

1.2 Katup Jantung

Ada 4 buah katup yang terdapat dalam jantung, dan masing-masing katup hanya dapat membuka ke satu arah saja. Pertama Katup Trikuspidalis, yaitu katup yang terdiri dari 3 kelopak dan terletak antara Atrium dekstra dan Ventrikel dekstra. Katup ini akan membuka ketika darah mengalir dari Atrium dekstra ke Ventrikel dekstra. Katup Trikuspidalis berfungsi mencegah kemalinya aliran darah menuju Atrium dekstra dengan cara menutup pada saat kontraksi ventrikel. Kedua adalah katup Bikuspidalis atau sering disebut dengan Katup Mitralis. Katub ini terdiri dari dua kelopak dan terletak antara Atrium sinistra dan Ventrikel sinistra. Katup ini akan membuka ketika darah mengalir dari Atrium sinistra ke Ventrikel sinistra. Ketiga Katup Aortik, sesuai dengan namanya katub ini terltak di Aorta yang akan berhubungan langsung dengan Ventrikel sinistra. Katup Aorta akan membuka ketika Ventrikel sinistra berkontraksi dan darah mengalir ke seluruh tubuh. Keempat Katup yang terletak di Arteria Pulmonalis yang berhubungan langsung dengan Ventrikel dekstra dan disebut Katup Pulmoner. Katup ini akan membuka ketika darah dipompakan dari Ventrikel dekstra menuju ke paru-paru.

Katup Trikuspidis dan Katup Bikuspidalis karena letaknya di antara Atrium dan Ventrikel maka disebut dengan Katup Atrioventrikuler. Sedangkan Katup Aortik dan Pulmoner karena bentuknya setengah lingkaran, maka disebut Katup Semilunaris.



Gambar 6.2. Katup jantung

2 PERSARAFAN DAN SIFAT OTOT JANTUNG

2.1 Persarafan

Jantung dipersarafi oleh saraf simpatis dan Parasimpatis. Saraf Simpatis dapat mempercepat irama jantung, hal ini bisa dipahami karena pada ujung-ujung saraf simpatis melepaskan hormon Norepinephrin yang mempunyai efek: meningkatkan kecepatan timbulnya impuls S-A, meningkatkan kecepatan hantaran semua bagian jantung dan meningkatkan kekuatan kontraksi semua otot jantung. dan parasimpatis memperlambat irama jantung. Sedangkan saraf Parasimpatis (Vagus) memperlambat irama jantung karena pada ujung saraf parasimpatis melepaskan hormon Asetilkolin yang mempunyai efek: mengurangi kecepatan irama simpula S-A dan memperlambat hantara ke ventrikel.

2.2 Sifat otot jantung

Otot Jantung memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

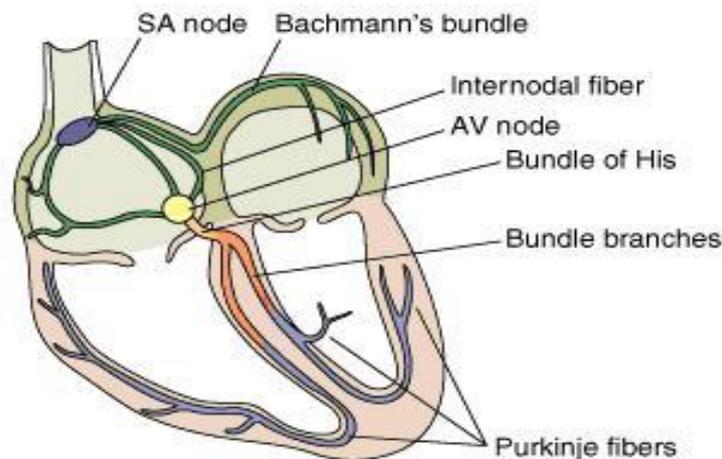
- a. Eksitabilitas : kemampuan untuk merespons stimulus.
- b. Otomatisitas: kemampuan membangkitkan impuls tanpa adanya stimuli dari sumber lain.
- c. Ritme : irama
- d. Konduktivitas : kemampuan menghantarkan rangsang.
- e. Kontraktilitas: kemampuan untuk memendek saat terjadi stimulasi.

2.3 Pergerakan Jantung

Jantung dapat bergerak yaitu mengembang dan menguncup disebabkan oleh karena adanya rangsangan yang berasal dari susunan saraf otonom.

Rangsangan ini diterima oleh jantung pada simpul saraf yang terletak pada atrium kanan dekat masuknya vena kava yang disebut Sino Atrial (SA) Nodus. Selanjutnya rangsang

tersebut akan diteruskan/dihantarkan ke dinding atrium dan septum – AV (Atrio Ventrikuler) Nodus – Berkas His – Apek kordis – Serabut purkinje – seluruh dinding berkontraksi.



Gambar 6.3 Pergerakan jantung

2.4 Periode pergerakan jantung

Ada tiga (3) periode dalam pergerakan jantung yaitu:

a. Periode kontraksi/sistol

Yaitu suatu periode di mana ventrikel menguncup, katup bikuspidalis dan trikuspidalis dalam keadaan tertutup. Valvula semilunaris aorta dan valvula semilunaris arteri pulmonalis terbuka sehingga darah dari ventrikel dextra mengalir ke arteri pulmonalis masuk ke paru-paru, sedangkan darah dari ventrikel sinistra mengalir ke aorta dan diedarkan ke seluruh tubuh. Lama kontraksinya \pm 30 detik.

b. Periode Dilatasi/Diastol

Suatu keadaan dimana jantung mengembang, katup bikuspidalis dan katup trikuspidalis terbuka sehingga darah dari atrium dextra masuk ke ventrikel dextra, darah dari atrium sinistra masuk ke ventrikel sinistra dan darah dari seluruh tubuh melalui vena cava masuk ke atrium dextra.

c. Periode Istirahat.

Yaitu, periode antara kontraksi dan dilatasi, di mana jantung berhenti kira-kira 1/10 detik. Pada waktu istirahat jantung akan menguncup 70-80x/ menit. Pada tiap-tiap kontraksi jantung akan memindahkan darah ke aorta sebanyak 60-70 cc. Pada waktu aktivitas kecepatan jantung bisa mencapai 150x/menit dengan daya pompa 20-25 liter/menit.

2.5 Bunyi Jantung

Bunyi jantung adalah [bunyi](#) yang disebabkan oleh proses membuka dan menutupnya [katup jantung](#) akibat adanya getaran pada [jantung](#) dan pembuluh darah besar. Bunyi jantung dikenal juga sebagai **suara jantung**.

Bunyi jantung normal pada dasarnya dapat dibedakan menjadi bunyi jantung pertama (S1) dan bunyi jantung kedua (S2). Bunyi jantung pertama (S1) muncul akibat 2 penyebab yaitu: penutupan katub atrioventrikular (katub mitral dan trikuspidalis) dan kontraksi otot-otot jantung. Bunyi jantung kedua disebabkan dari penutupan katub semilunaris (katub aorta dan pulmonal). Bunyi jantung pertama memiliki frekuensi yang lebih rendah dan waktu yang sedikit lebih lama dibandingkan dengan bunyi jantung kedua, sering dikatakan terdengar seperti “lub”. Bunyi jantung kedua memiliki frekuensi nada yang lebih tinggi, singkat dan memiliki intensitas yang maksimum sering dikatakan terdengar seperti suara “dup”.

2.6 Daya Pompa Jantung

Pada orang yang sedang istirahat jantungnya berdebar sekitar 70 kali semenit dan memompa 70 ml setiap denyut (volume denyutan adalah 70 ml). Jumlah darah yang setiap menit dipompa dengan demikian adalah 70 x 70 ml atau sekitar 5 liter. Sewaktu banyak bergerak kecepatan jantung dapat menjadi 150 setiap menit dan volume denyut lebih dari 150 ml, yang membuat daya pompa jantung 20 sampai 25 liter setiap menit.

Untuk itulah kita kenal adanya istilah isi sekuncup (stroke volume) yaitu jumlah darah yang dipompa tiap-tiap ventrikel pada setiap denyut jantung (70 ml) dan isi semenit yaitu isi sekuncup X frekuensi denyut jantung/menit.

2.7 Pengaruh Ion pada fungsi Jantung

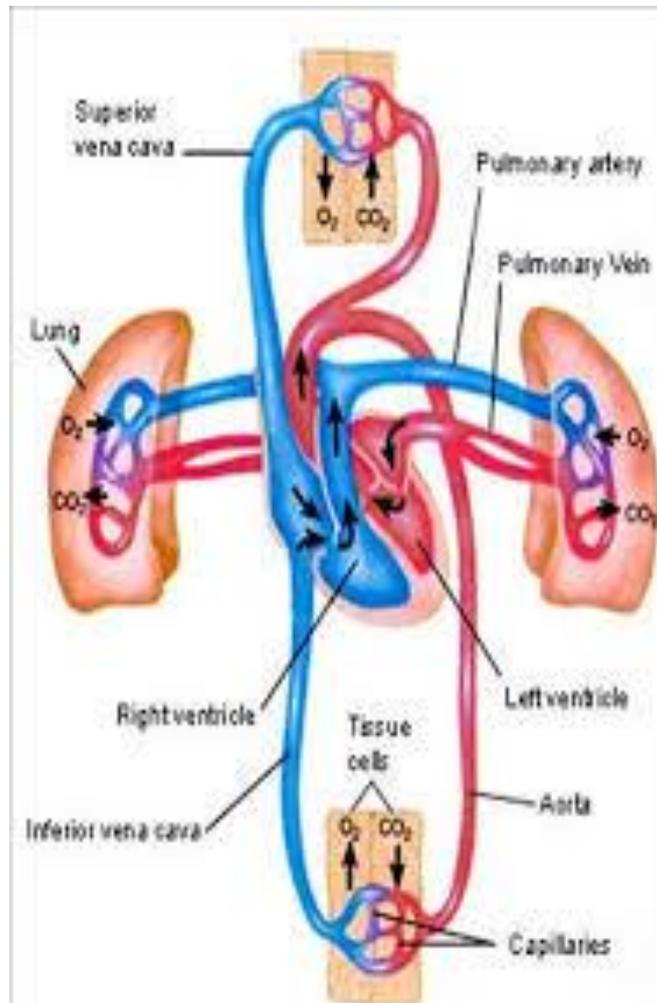
- a. Pengaruh Ion Kalium: Kelebihan dalam cairan ekstrasel menyebabkan jantung dilatasi dan lemas, serta frekuensi jantung melambat. Kelebihan yang sangat besar akan menghambat hantaran implus jantung dari atrium ke ventrikel.
- b. Pengaruh Ion Kalsium: Kelebihan ion kalsium berlawanan dengan efek kalium, menyebabkan jantung berkontraksi spastis sehingga merangsang proses kontraksi jantung, sedangkan defisiensi menyebabkan jantung lemas.
- c. Pengaruh Ion Natrium: Kelebihan dapat menekan fungsi jantung, semakin besar konsentrasi ion natrium dalam cairan ekstrasel, semakin berkurang efektifnya ion kalsium. Konsentrasi ion natrium sangat rendah dan dapat menyebabkan kematian karena fibrilasi jantung (kontraksi terkoordinasi).

3 PEREDARAN DARAH

Sebelum kita mempelajari lebih lanjut tentang sistem peredaran darah, maka terlebih dahulu kita perlu mengetahui bagian fungsional sirkulasi darah meliputi:

1. **Arteri:** menyalurkan darah bertekanan tinggi ke jaringan (dinding kuat, aliran cepat), berisi darah bersih yang kaya oksigen.
2. **Arteriole:** cabang terakhir arteri, dinding kuat, dapat menutup total/berdilatasi beberapa kali, mengubah aliran ke kapiler.

3. **Kapiler:** tempat pertukaran cairan, O₂, CO₂, gizi, elektrolit, hormon, dinding sangat tipis, permeabel.
4. **Venule :** mengumpulkan darah dari kapiler.
5. **Vena:** mengangkut darah dari jaringan kembali ke jantung (tekanan rendah, dindingnya tipis), berisi darah kotor.



Gambar 6.4 Peredaran Darah

3.1 Sistem peredaran darah manusia

Peredaran darah manusia terdiri dari sistem peredaran darah kecil dan sistem peredaran darah besar.

Peredaran darah kecil, yaitu peredaran darah antara jantung ke paru-paru dan kembali lagi ke jantung. Perjalanan darah melalui: Ventrikel kanan --> Arteri pulmonalis --> Paru-paru--> Vena pulmonalis --> Atrium kiri. **Peredaran darah** ini juga sering disebut sebagai peredaran paru-paru, karena apabila disingkat akan seperti ini Jantung --> Paru-paru --> Jantung.

Peredaran darah besar, yaitu peredaran darah dari jantung ke seluruh organ-organ tubuh dan kembali lagi ke jantung. Perjalanan darah melalui: Ventrikel kiri --> Aorta --> Arteri --> Arteriola --> Kapiler --> Venula --> Vena --> Vena cava superior dan vena cava inferior --> Atrium kanan. Peredaran darah ini juga sering disebut sebagai peredaran sistemik, karena apabila disingkat akan seperti ini: Jantung --> Seluruh tubuh --> jantung.

Latihan

- 1) Sebutkan lapisan dinding jantung secara berturut-turut dari luar ke dalam.
- 2) Jelaskan di mana letak katub pada jantung.
- 3) Jelaskan apa saja sifat otot jantung itu.
- 4) Bagaimana mekanisme bunyi jantung bisa terjadi.
- 5) Apa yang Anda ketahui pengaruh ion pada jantung.
- 6) Jelaskan bagaimana peredaran darah pada manusia.

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Lapisan dinding jantung secara berturut-turut dari luar ke dalam adalah: perikardium yang terdiri dari dua lapis, luar parietale dan dalam viscerae, lapisan tengah miokardium merupakan lapisan berotot dan paling dalam endokardium.
- 2) Letak katup jantung adalah: Katup Trikuspidalis terletak antara atrium dekstra dan ventrikel dekstra, Bikuspidalis terletak antara atrium sinistra dan ventrikel sinistra, katub aortik terletak antara aorta dan ventrikel sinistra, sedangkan katup pulmoner terletak antara arteria pulmonalis dan ventrikel dekstra.
- 3) Otot jantung mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: eksitabilitas yaitu kemampuan otot jantung untuk merespons stimulus, otomatisitas yaitu kemampuan otot jantung untuk membangkitkan stimulus tanpa sumber lain, rithme yaitu kemampuan untuk menimbulkan irama denyutan, konduktivitas adalah kemampuan otot jantung untuk menghantarkan rangsang dan kontraktilitas yaitu kemampuan untuk berkontraksi ketika mendapatkan rangsang.
- 4) Mekanisme bunyi jantung bisa terjadi akibat adanya penutupan pada katup jantung. Menutupnya katup Atrioventrikuler (Trikuspidalis dan katup Bikuspidalis) menimbulkan bunyi jantung pertama, sedangkan menutupnya katup Semilunaris (katup Aortik dan Pulmoner) menimbulkan bunyi jantung ke-2.
- 5) Pengaruh berbagai ion terhadap jantung adalah Pengaruh Ion Kalium: Kelebihan dalam cairan ekstrasel menyebabkan jantung dilatasi dan lemas, serta frekuensi jantung melambat. Kelebihan yang sangat besar akan menghambat hantaran implus jantung dari atrium ke ventrikel Pengaruh Ion Kalsium: Kelebihan ion kalsium berlawanan dengan efek kalium, menyebabkan jantung berkontraksi spastis sehingga merangsang proses kontraksi jantung, sedangkan defisiensi menyebabkan jantung lemas. Pengaruh Ion Natrium: Kelebihan dapat menekan fungsi jantung, semakin besar konsentrasi ion

natrium dalam cairan ekstrasel, semakin berkurang efektifnya ion kalsium. Konsentrasi ion natrium sangat rendah dan dapat menyebabkan kematian karena fibrilasi jantung (kontraksi terkoordinasi).

- 6) Peredaran darah pada manusia ada dua yaitu peredaran darah kecil dan peredaran darah besar. Peredaran darah kecil yaitu ketika ventrikel dekstra berkontraksi maka darah akan mengalir menuju paru, setelah itu darah akan mengalir kembali ke jantung yaitu ke Atrium Sinistra. Sedangkan peredaran darah besar dimulai ketika Ventrikel sinistra berkontraksi, maka darah akan dipompakan menuju ke aorta, selanjutnya akan beredar keseluruh tubuh dan kembali lagi ke jantung yaitu di Atrium dekstra. Peredaran darah manusia terdiri dari sistem peredaran darah kecil dan sistem peredaran darah besar. Peredaran darah kecil, yaitu peredaran darah antara jantung ke paru-paru dan kembali lagi ke jantung. Perjalanan darah melalui: Ventrikel kanan --> Arteri pulmonalis --> Paru-paru--> Vena pulmonalis --> Atrium kiri. **Peredaran darah** ini juga sering disebut sebagai peredaran paru-paru, karena apabila disingkat akan seperti ini Jantung --> Paru-paru --> Jantung.

Peredaran darah besar, yaitu peredaran darah dari jantung ke seluruh organ-organ tubuh dan kembali lagi ke jantung. Perjalanan darah melalui: Ventrikel kiri --> Aorta --> Arteri --> Arteriola --> Kapiler --> Venula --> Vena --> Vena cava superior dan vena cava inferior -->Atrium kanan. Peredaran darah ini juga sering disebut sebagai peredaran sistemik, karena apabila disingkat akan seperti ini: Jantung --> Seluruh tubuh --> jantung.

Ringkasan

Sistem kardiovaskuler merupakan suatu sistem yang secara umum berperan mengedarkan darah ke seluruh tubuh, sekaligus membawa oksigen dan zat gizi ke semua jaringan tubuh serta mengangkut semua zat buangan. Fungsi sistem kardiovaskular adalah memberikan dan mengalirkan suplai oksigen dan nutrisi ke seluruh jaringan dan organ tubuh yang diperlukan dalam proses metabolisme.

Sistem kardiovaskular merupakan suatu sistem transpor tertutup yang terdiri atas:

1. Jantung, sebagai organ pemompa.
2. Komponen darah, sebagai pembawa materi oksigen dan nutrisi.
3. Saluran darah, sebagai media yang mengalirkan komponen darah.

Ketiga komponen tersebut harus berfungsi dengan baik agar seluruh jaringan dan organ tubuh menerima suplai oksigen dan nutrisi yang adekuat.

Tes 1

- 1) Lapisan jantung bagian tengah disebut
 - A. Perikardium Parietale
 - B. Perikardium Viserale
 - C. Endokardium
 - D. Miokardium

- 2) Bagian jantung yang berfungsi menampung darah kotor dari vena kava superior dan inferior adalah
 - A. Atrium kanan
 - B. Atrium kiri
 - C. Ventrikel kanan
 - D. Ventrikel kiri

- 3) Darah yang dipompakan ke seluruh tubuh berasal dari
 - A. Atrium kanan
 - B. Atrium kiri
 - C. Ventrikel kanan
 - D. Ventrikel kiri

- 4) Katup yang terletak antara Atrium dekstra dan ventrikel dekstra adalah
 - A. Mitralis
 - B. Bikuspidalis
 - C. Trikuspidalis
 - D. Semilunais

- 5) Berikut ini adalah katup Atrioventrikuler
 - A. Trikuspidalis dan Bikuspidalis
 - B. Trikuspidalis dan Aortik
 - C. Bikuspidalis dan Pulmoner
 - D. Aortik dan Pulmoner

- 6) Kemampuan otot jantung untuk menghantarkan rangsang disebut
 - A. Eksitabilitas
 - B. Otomatisitas
 - C. Konduktivitas
 - D. Kontraktilitas

- 7) Rangsang yang masuk jantung diterima oleh simpul saraf yang terletak di atrium kanan dekat masuknya vena kava yaitu di
 - A. AV Nodes
 - B. Berkas His
 - C. Serabut purkinje
 - D. SA Nodes

- 8) Bunyi jantung pertama (S1) disebabkan adanya penutupan katup
- A. Atrioventrikuler
 - B. Aortik
 - C. Pulmoner
 - D. Semilunaris
- 9) Kelebihan ion berikut ini akan menyebabkan jantung dilatasi, dan frekuensinya melambat
- A. Natrium
 - B. Kalsium
 - C. Kalium
 - D. Magnesium
- 10) Peredaran darah kecil dimulai dari
- A. Atrium dekstra
 - B. Ventrikel dekstra
 - C. Atrium Sinistra
 - D. Ventrikel sinistra

Topik 2

Anatomi Fisiologi Sistem Pernafasan (Respirasi)

Setelah Anda menyelesaikan materi sistem Kardiovaskuler, maka Anda dapat melanjutkan ke materi Topik 2 tentang Anatomi Fisiologi sistem Pernafasan. Coba hitung berapa kali Anda bernafas dalam satu menit. Apabila frekuensi pernafasan Anda 16-20 kali/menit, maka pernafasan Anda masih normal. Nah, agar pemahaman Anda tentang sistem pernafasan serta organ-organ yang terlibat di dalamnya semakin baik, lanjutkan membaca materi Topik 2 ini yang membahas organ-organ dalam sistem pernafasan serta proses terjadinya pernafasan normal.

Proses bernapas merupakan proses mengalirkan udara ke paru-paru, memasukkan oksigen ke dalam tubuh, dan membawa karbon dioksida kembali ke udara. Sistem pernafasan tidak hanya melibatkan paru-paru, tetapi juga hidung, faring, laring, trakea, bronkus, alveolus dan lain-lain.

1 FUNGSI SISTEM PERNAPASAN

Fungsi dari sistem pernafasan adalah untuk mengalirkan udara ke paru-paru. Oksigen dari udara berdifusi dari paru-paru ke dalam darah, sedangkan karbon dioksida berdifusi dari dalam darah ke paru-paru. Respirasi mencakup proses-proses sebagai berikut:

1. Ventilasi Paru
Ventilasi paru merupakan proses pernafasan inspirasi (menghirup udara) dan ekspirasi (menghembuskan udara).
2. Pernafasan Luar
Pernafasan luar merupakan proses pertukaran gas antara paru-paru dengan darah. Oksigen berdifusi ke dalam darah, sedangkan karbon dioksida berdifusi dari darah ke paru-paru.
3. Transportasi Gas
Transportasi gas dilakukan oleh sistem kardiovaskular. Transportasi gas merupakan proses mendistribusikan oksigen ke seluruh tubuh dan mengumpulkan karbon dioksida untuk dikembalikan ke paru-paru.
4. Pernafasan Dalam
Pernafasan dalam merupakan proses pertukaran gas antara darah, cairan interstisial (cairan yang mengelilingi sel), dan sel-sel. Di dalam sel, terjadi respirasi sel yang menghasilkan energi (ATP) dan CO₂, dengan menggunakan O₂ dan glukosa.

2 STRUKTUR PERNAPASAN MANUSIA

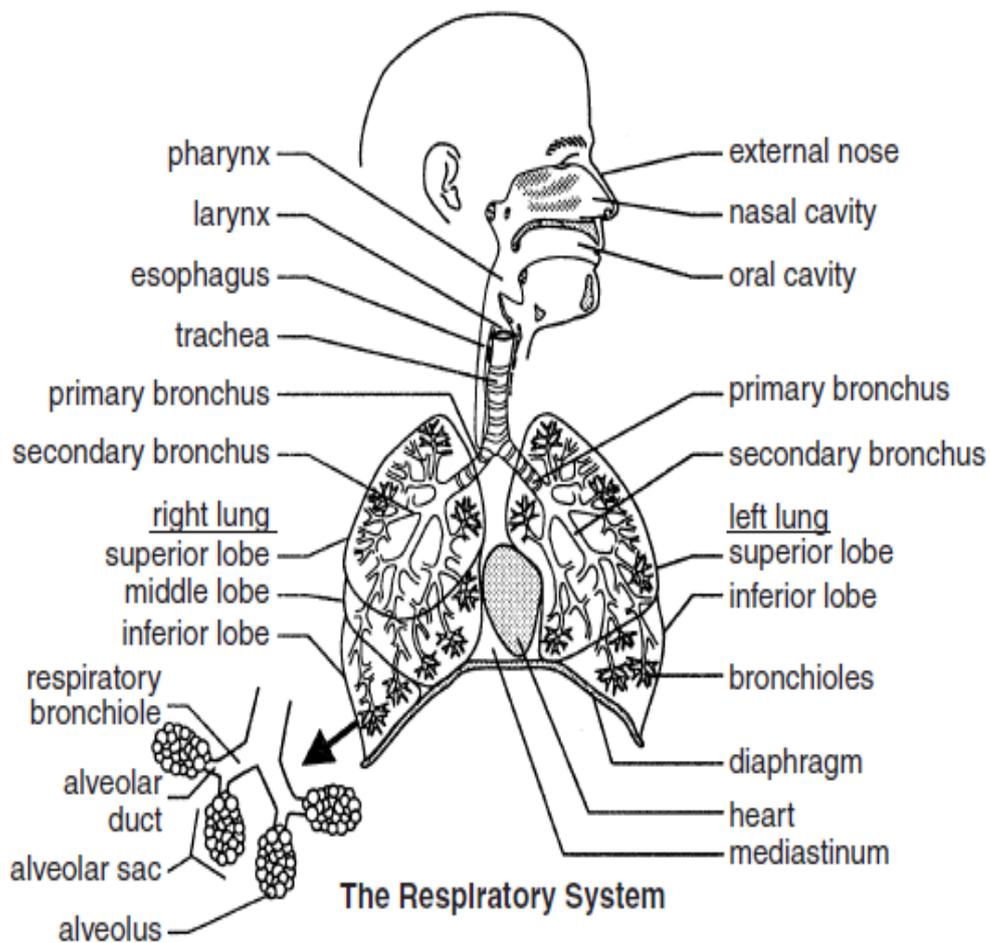
2.1 Hidung

Hidung terdiri dari hidung bagian luar yang dapat terlihat dan rongga hidung bagian dalam yang terletak di dalam. Septum nasi membagi rongga hidung kanan dan kiri. Udara

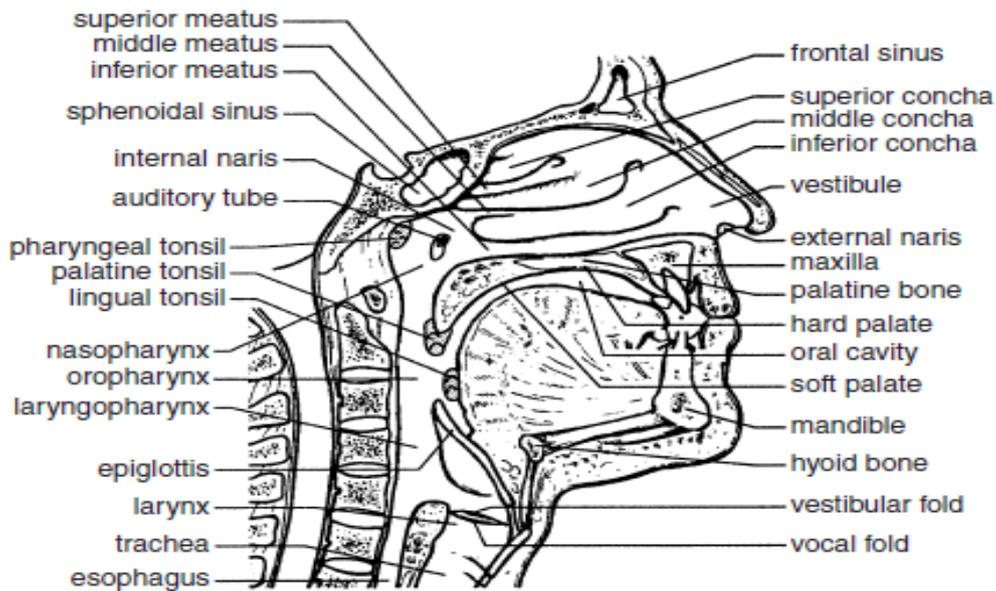
masuk melalui bagian-bagian yang disebut meatus. Dinding dari meatus disebut konka. Dinding tersebut dibentuk oleh tulang wajah (konka hidung bagian bawah dan tulang ethmoid). Bulu hidung, lendir, pembuluh darah, dan silia yang melapisi rongga hidung akan menyaring, melembabkan, menghangatkan, dan menghilangkan kotoran dari udara.

Di sekitar rongga hidung terdapat 4 pasang sinus para nasalis yaitu: sinus frontalis, maxillaris, sphenoidal dan ethmoidalis. Melalui sinus ethmoidalis inilah keluar serabut saraf pertama nervus olfactorius atau saraf pembau.

Hidung mempunyai hubungan dengan organ-organ di sekitarnya di antaranya dengan rongga telinga tengah atau auris media melalui celah sempit Tuba Auditiva Eustachius, sedangkan hidung dengan mata melalui ductus Lacrimalis. Selama berada dalam rongga hidung, udara mengalami tiga proses yaitu penyaringan oleh silia, pelembaban karena udara bersentuhan langsung dengan lapisan mukosa dan terakhir pemanasan karena udara yang masuk dalam tubuh bersentuhan dengan pembuluh darah yang berada di submukosa.



Gambar 6.1. Sistem Pernapasan Manusia



Gambar 6.2. Saluran Pernapasan Bagian Atas

2.2 Faring

Faring merupakan pipa berotot, berjalan dari dasar tengkorak sampai ketinggian kartilago Krikoid. Hubungan faring dengan hidung melalui celah sempit yang disebut Choana, dengan mulut melalui Isthmus Fausium. Ke bawah depan faring berhubungan dengan laring dan belakang dengan esofagus.

Faring terdiri dari tiga bagian Nasofaring yaitu bagian faring yang letaknya sejajar hidung, Nasofaring menerima udara yang masuk dari hidung. Terdapat saluran eusthacius yang menyamakan tekanan udara di telinga tengah. Tonsil faring (adenoid) terletak di belakang nasofaring.

Orofaring bagian faring terletak di sejajar mulut, Orofaring menerima udara dari nasofaring dan makanan dari rongga mulut. Palatine dan lingual tonsil terletak di sini.

Laringofaring merupakan bagian faring dan terletak sejajar laring, menyalurkan makanan ke kerongkongan dan udara ke laring.

2.3 Laring

Laring menerima udara dari laringofaring. Laring terdiri dari sembilan keping tulang rawan yang bergabung dengan membran dan ligamen. Epiglottis merupakan bagian pertama dari tulang rawan laring. Saat menelan makanan, epiglottis tersebut menutupi pangkal tenggorokkan untuk mencegah masuknya makanan dan saat bernapas katup tersebut akan membuka Tulang rawan tiroid melindungi bagian depan laring. Tulang rawan yang menonjol membentuk jakun.

Lipatan membran mukosa (Supraglottis) menghubungkan sepasang tulang arytenoid yang berada di belakang dengan tulang rawan tiroid yang berada di depan. Lipatan vestibular atas (pita suara palsu) mengandung serat otot yang memungkinkan untuk bernafas dalam waktu tertentu saat ada tekanan pada otot rongga dada (misalnya: tegang

saat buang air besar atau mengangkat beban berat). Lipatan vestibular bawah (kord vokalis superior) mengandung ligamen yang elastis. Kord vokalis superior bergetar bila otot rangka menggerakkan mereka ke jalur keluarnya udara. Hal tersebut mengakibatkan kita dapat berbicara dan menghasilkan berbagai suara. Kartilago krikoid, kartilago cuneiform, dan kartilago corniculate merupakan akhir dari laring.

2.4 Trakea

Trakea merupakan saluran fleksibel yang panjangnya 10 sampai 12 cm (4 inci) dan berdiameter 2,5 cm (1 inci). Dindingnya terdiri dari empat lapisan yang terdiri dari:

a. Mukosa

Mukosa merupakan lapisan terdalam trakea. Mukosa mengandung sel goblet yang dapat memproduksi lendir dan epitel pseudostratified bersilia. Silia menyapu kotoran menjauhi paru-paru dan menuju ke arah faring.

b. Submukosa

Submukosa merupakan lapisan jaringan ikat areolar yang mengelilingi mukosa.

c. Tulang Rawan Hialin

16-20 cincin tulang rawan hialin berbentuk C membungkus sekitar submukosa tersebut. Cincin kartilago memberikan bentuk kaku pada trakea, mencegahnya agar tidak kolaps dan membuka jalan udara.

d. Adventitia

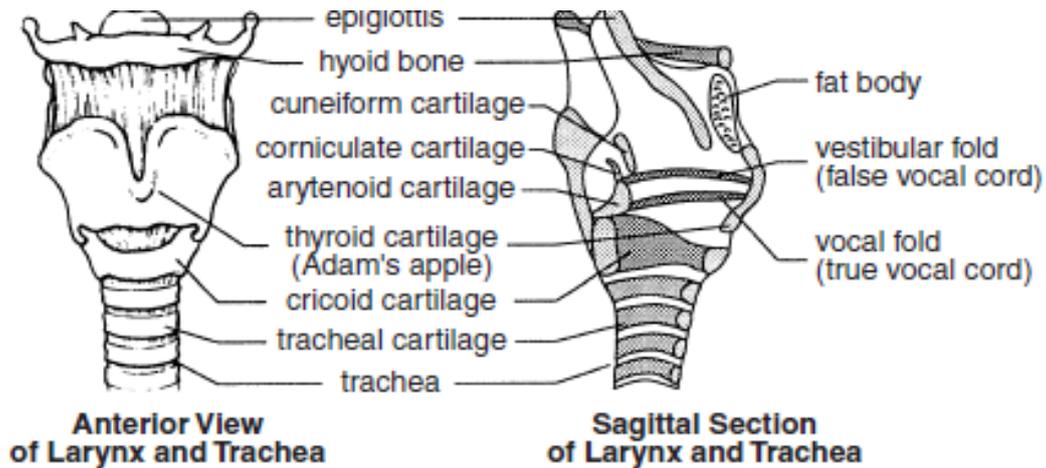
Adventitia merupakan lapisan terluar dari trakea. Lapisan ini tersusun atas jaringan ikat areolar (longgar).

Pada ketinggian vertebra thorakalis ke-5, faring bercabang menjadi 2 bronchus. Tempat percabangan trachea disebut Karina.

2.5 Bronkus

Bronkus merupakan cabang trachea dan terdiri dari dua buah yaitu bronchus kanan dan bronchus kiri, masing-masing akan menuju ke paru-paru kanan dan paru-paru kiri. Bronchus kanan lebih besar, pendek dan tegak dibandingkan dengan bronchus kiri, terdiri dari 3 cabang dan tersusun atas 6-8 cincin rawan. Sedangkan bronchus kiri lebih panjang dan langsing, terdiri dari 2 cabang dan tersusun atas 9-12 cincin rawan.

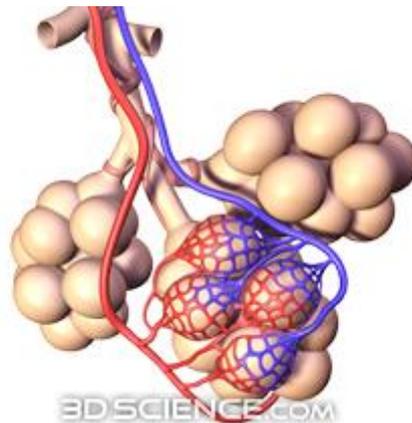
Di dalam paru-paru, masing-masing bronkus utama bercabang dengan diameter yang lebih kecil, membentuk bronkus sekunder (lobar), bronkus tersier (segmental), bronkiolus terminal (0.5 mm diameter) dan bronchioles pernapasan mikroskopis. Dinding utama bronkus dibangun seperti trakea, tetapi cabang dari pohon semakin kecil, cincin tulang rawan dan mukosa yang digantikan oleh otot polos.



Gambar 6.3. Bagian Anterior dan Sagital Dari Laring dan Trakea

2.6 Alveolus

Saluran alveolus adalah cabang akhir dari pohon bronkial. Setiap saluran alveolar diperbesar, seperti gelembung sepanjang panjangnya. Masing-masing pembesaran disebut alveolus, dan sekelompok alveolar yang bersebelahan disebut kantung alveolar. Beberapa alveoli yang berdekatan dihubungkan oleh alveolar pori-pori.



Gambar 6.4. Alveoli

2.7 Membran pernapasan

Membran pernapasan terdiri dari dinding alveolar dan kapiler. Pertukaran gas terjadi di membran ini. Karakteristik membran ini sebagai berikut:

- Tipe I : sel tipis, sel-sel epitel skuamosa yang merupakan sel primer jenis dinding alveolar. Difusi oksigen terjadi di sel-sel.
- Tipe II : sel sel epitel kuboid yang diselingi antara sel tipe I. sel Tipe II mensekresi surfaktan paru (fosfolipid terikat protein) yang mengurangi tegangan permukaan kelembaban yang menutupi dinding alveolar. Penurunan tegangan permukaan memungkinkan oksigen untuk lebih mudah meredakan dalam kelembaban. Sebuah tegangan permukaan yang lebih rendah juga mencegah kelembaban di

dinding yang berlawanan dari duktus alveolus atau alveolar dari inti dan menyebabkan saluran udara kecil runtuh.

Alveolar makrofag (sel debu) berkeliaran di antara sel-sel lainnya dari dinding alveolar menghilangkan kotoran dan mikroorganisme.

Sebuah membran basal epitel tipis membentuk lapisan luar dari dinding alveolar. Sebuah jaringan padat kapiler mengelilingi masing-masing alveolus. Dinding kapiler terdiri dari sel-sel endotel dikelilingi oleh membran tipis.

2.8 Paru-paru

Jaringan paru-paru elastis, berpori dan seperti spons, seperti kerucut, berbentuk badan yang menempati thorax. Mediastinum, rongga yang berisi jantung, memisahkan kedua paru-paru. Paru-paru kiri terdiri dari 3 lobus, dan paru – paru kanan terdiri dari 2 lobus. Setiap lobus paru-paru dibagi lagi ke segmen bronkopulmonalis (masing-masing dengan bronkus tersier), yang dibagi lagi menjadi lobulus (masing-masing dengan bronchiale terminal). Pembuluh darah, pembuluh limfatik, dan saraf menembus masing-masing lobus.

Setiap paru-paru memiliki fitur sebagai berikut:

- a. Puncak dan dasar mengidentifikasi bagian atas dan bawah dari paru-paru.
- b. Permukaan masing-masing paru-paru berbatasan tulang rusuk (depan dan belakang).
- c. Di permukaan (mediastinal) medial, di mana masing-masing paru-paru menghadapi selain paru-paru, saluran pernapasan, pembuluh darah, dan pembuluh limfatik memasuki paru di hilus.

Pleura adalah membran ganda yang terdiri dari pleura bagian dalam disebut pleura viseral, yang mengelilingi setiap paru-paru, dan pleura parietal luar, melapisi rongga dada. Ruang sempit antara dua membran, rongga pleura, diisi dengan cairan pleura, pelumas disekresikan oleh pleura.

3 MEKANISME PERNAPASAN

Hukum Boyle menggambarkan hubungan antara tekanan (P) dan Volume (V) dari gas. Hukum Boyle menyatakan bahwa jika kenaikan volume, maka tekanan harus turun (atau sebaliknya). Hubungan ini sering ditulis sebagai $PV = \text{konstan}$, atau $P_1V_1 = P_2V_2$. Kedua persamaan dari tekanan dan volume tetap sama (hukum berlaku hanya ketika suhu tidak berubah).

Pernapasan terjadi ketika otot-otot sekitar paru-paru kontraksi atau relaksasi yang mengubah volume total udara di dalam saluran udara (bronkus, bronchioles) dalam paru-paru. Ketika volume paru-paru berubah, tekanan udara di paru-paru berubah sesuai dengan hukum Boyle. Udara keluar jika tekanan di paru-paru lebih besar dibandingkan di luar paru-paru. Jika terjadi sebaliknya, maka udara bergegas masuk. Berikut merupakan mekanisme sistem pernapasan manusia:

3.1 Inspirasi

Inspirasi terjadi ketika diafragma dan otot interkostalis eksternal berkontraksi. Kontraksi diafragma (otot rangka bawah paru-paru) menyebabkan peningkatan ukuran rongga dada, sedangkan kontraksi otot interkostalis eksternal mengangkat tulang rusuk dan tulang dada. Dengan demikian, otot menyebabkan paru-paru untuk memperluas dan meningkatkan volume saluran udara internal. Sebagai tanggapan, tekanan udara di dalam paru-paru menurun di bawah udara luar tubuh, karena gas bergerak dari daerah tekanan tinggi ke tekanan rendah, udara masuk ke paru-paru.

3.2 Ekspirasi

Ekspirasi terjadi ketika otot diafragma dan interkostal eksternal rileks. Sebagai tanggapan, serat elastis pada jaringan paru-paru menyebabkan paru-paru untuk menahan diri untuk volume aslinya. Tekanan udara di dalam paru kemudian meningkat di atas tekanan udara luar tubuh, dan udara keluar. Selama tingginya tingkat ventilasi, berakhirnya difasilitasi oleh kontraksi dari otot-otot ekspirasi (otot interkostalis dan otot perut).

Pemenuhan paru-paru merupakan ukuran kemampuan paru-paru dan rongga dada untuk memperluas, karena elastisitas jaringan paru-paru dan tegangan permukaan yang rendah dari kelembaban di paru-paru (dari surfaktan), paru-paru normal memiliki pemenuhan tinggi.

4 VOLUME DAN KAPASITAS PARU-PARU

Istilah-istilah berikut menggambarkan volume paru-paru berbagai pernafasan:

1. Volume tidal (TV), sekitar 500 ml, adalah jumlah udara terinspirasi saat normal, pernapasan santai.
2. Volume cadangan inspirasi (IRV), sekitar 3.100 ml, adalah tambahan udara yang dapat dihirup secara paksa setelah inspirasi normal tidal volume.
3. Volume cadangan ekspirasi (ERV), sekitar 1.200 ml, adalah tambahan udara yang dapat dihembuskan paksa setelah berakhirnya normal tidal volume.
4. Volume residu (RV), sekitar 1.200 ml, adalah volume udara masih yang tersisa di paru-paru setelah volume cadangan ekspirasi dihembuskan.

Menyimpulkan volume paru-paru tertentu menghasilkan kapasitas paru-paru sebagai berikut:

1. Kapasitas paru total (TLC), sekitar 6.000 ml, adalah maksimum jumlah udara yang dapat mengisi paru-paru ($TLC = TV + IRV + ERV + RV$).
2. Kapasitas vital (VC), sekitar 4.800 ml, adalah jumlah total atau udara yang dapat berakhir setelah sepenuhnya menghirup ($VC = TV + IRV + ERV$ =sekitar 80% TLC).
3. Kapasitas inspirasi (IC), sekitar 3.600 ml, adalah maksimum jumlah udara yang dapat terinspirasi ($IC = TV + IRV$).
4. Kapasitas residual fungsional (FRC), sekitar 2.400 ml, adalah jumlah udara yang tersisa di paru-paru setelah ekspirasi yang normal ($FRC = RV + ERV$).

Beberapa dari udara di paru-paru tidak berpartisipasi dalam pertukaran gas. seperti udara terletak di ruang mati anatomi dalam bronchi dan bronchioles-yaitu, di luar alveoli.

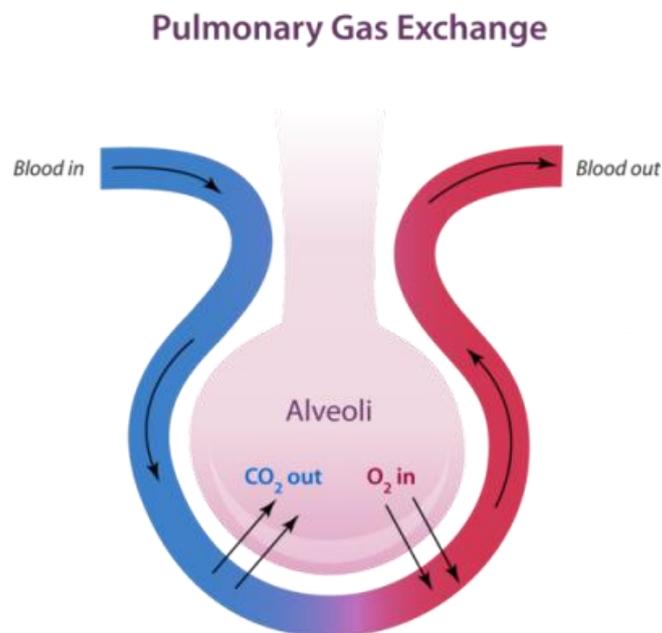
5 PERTUKARAN GAS

Dalam campuran gas yang berbeda, masing-masing gas memberikan kontribusi terhadap tekanan total campuran. Kontribusi masing-masing gas, disebut tekanan parsial adalah sama dengan tekanan bahwa gas akan memiliki jika itu sendirian di kandang. Hukum Dalton menyatakan bahwa jumlah dari tekanan parsial masing-masing gas dalam campuran adalah sama dengan tekanan total campuran.

Faktor-faktor berikut menentukan sejauh mana gas akan larut dalam cairan:

1. Tekanan parsial gas. Menurut hukum Henry, semakin besar tekanan parsial gas, semakin besar difusi gas ke cairan
2. Kelarutan gas. Kemampuan gas untuk larut dalam cairan bervariasi dengan jenis gas dan cairan.
3. Suhu cairan. Kelarutan berkurang dengan meningkatnya temperatur.

Pertukaran gas terjadi di paru-paru antara alveoli dan plasma darah dan seluruh tubuh antara plasma dan cairan interstitial. Berikut faktor yang memfasilitasi difusi O₂ dan CO₂:



Gambar 6.5. Pertukaran Gas

6 TEKANAN PARTIAL DAN KELARUTAN

Kelarutan lemah dapat diimbangi oleh peningkatan tekanan parsial (atau sebaliknya). Bandingkan karakteristik berikut O₂ dan CO₂:

1. Oksigen
Tekanan parsial O₂ di paru-paru yang tinggi (udara 21% O₂), tetapi kelarutan miskin.
2. Karbon dioksida.
Tekanan parsial CO₂ di udara sangat rendah (udara hanya 0,04% CO₂), tapi kelarutannya dalam plasma adalah sekitar 24 kali lipat dari O₂.
 - a. Gradien tekanan parsial
Gradien adalah perubahan beberapa jumlah dari satu daerah ke daerah lainnya. Difusi gas menjadi cair (atau sebaliknya) terjadi menuruni gradien tekanan parsial-yaitu, dari daerah dengan tekanan parsial yang tinggi ke daerah tekanan parsial yang lebih rendah. Misalnya, gradien tekanan yang kuat untuk parsial O₂ (pO₂) dari alveoli terdeoksigenasi darah (105 mm Hg di alveoli versus 40 mm Hg di darah) memudahkan difusi cepat.
 - b. Luas permukaan untuk pertukaran gas
Daerah luas permukaan paru-paru mempromosikan difusi yang luas.
 - c. Jarak difusi
Dinding alveolar dan kapiler tipis meningkatkan tingkat difusi.

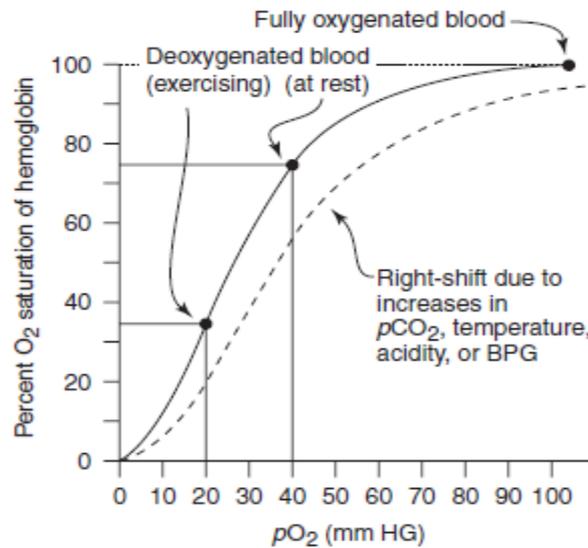
6.1 Transportasi gas

Oksigen dalam darah diangkut dengan dua cara:

- a. Sejumlah kecil O₂ (1,5 persen) dilakukan dalam plasma sebagai terlarut gas.
- b. Sebagian oksigen (98,5 persen) dibawa dalam darah terikat dengan protein hemoglobin dalam sel darah merah. Sebuah oksihemoglobin sepenuhnya jenuh (HbO₂) memiliki empat O₂ molekul terpasang. Tanpa oksigen, molekul disebut sebagai deoxygemoglobin (Hb).

Kemampuan hemoglobin untuk mengikat O₂ dipengaruhi oleh tekanan parsial oksigen. Semakin besar tekanan parsial oksigen dalam darah, lebih mudah mengikat oksigen Hb. Kurva Disosiasi oksigen-hemoglobin, yang ditunjukkan pada gambar di bawah, menunjukkan bahwa sebagai pO₂ meningkat menuju 100 mm Hg, saturasi Hb mendekati 100%. Keempat faktor berikut menurunkan afinitas, atau kekuatan tarik, Hb untuk O₂ dan menghasilkan pergeseran kurva O₂-Hb disosiasi di sebelah kanan:

- a. Kenaikan suhu.
- b. Peningkatan tekanan parsial CO₂ (pCO₂).
- c. Peningkatan keasaman (penurunan pH). Penurunan afinitas Hb untuk O₂, disebut efek Bohr, hasil ketika H⁺ mengikat Hb.
- d. Peningkatan BPG dalam sel darah merah. BPG (bisphosphoglycerate) yang dihasilkan dalam sel darah merah ketika mereka menghasilkan energi dari glukosa.



Gambar 2.6

Karbon dioksida diangkut dalam darah dengan cara berikut :

- Sejumlah kecil CO₂ (8 persen) dilakukan dalam plasma sebagai gas terlarut.
- Beberapa CO₂ (25 persen) mengikat Hb dalam sel darah merah membentuk carbaminohemoglobin (HbCO₂). (CO₂ mengikat ke tempat yang berbeda dari yang O₂).
- Sebagian besar CO₂ (65 persen) yang diangkut sebagai ion bikarbonat terlarut (HCO₃⁻) di dalam plasma. Pembentukan HCO₃⁻, bagaimanapun, terjadi pada sel-sel darah merah, di mana pembentukan asam karbonat (H₂CO₃) adalah dikatalisasi oleh enzim karbonat anhydrase, sebagai berikut.



Setelah pembentukan dalam sel darah merah, yang paling H⁺ mengikat molekul hemoglobin (menyebabkan efek Bohr) sedangkan H⁺ tersisa berdifusi kembali ke plasma, sedikit penurunan pH plasma. Ion HCO₃⁻ berdifusi kembali ke plasma juga. Untuk menyeimbangkan keseluruhan peningkatan muatan negatif memasuki plasma, ion klorida menyebar ke arah yang berlawanan, dari plasma ke sel-sel darah merah (klorida bergeser).

6.2 Pengendalian Respirasi

Respirasi dikendalikan oleh area otak yang merangsang kontraksi dari diafragma dan otot-otot interkostal. Daerah ini, secara kolektif disebut pusat pernapasan, sebagai berikut:

- Pusat inspirasi medullar, terletak di medullar oblongata, menghasilkan impuls saraf ritmis yang merangsang kontraksi inspirasi otot (otot diafragma dan interkostal eksternal). Biasanya, berakhirnya terjadi ketika otot-otot rileks, tapi ketika pernapasan yang cepat, pusat inspirasi memfasilitasi kedaluwarsa dengan merangsang ekspirasi otot (otot interkostal internal dan perut otot).

- b. Daerah pneumotaxic, terletak di pons, menghambat pusat inspirasi, membatasi kontraksi dari otot-otot inspirasi, dan mencegah paru-paru dari terlalu datar.
- c. Daerah apneustic juga terletak di pons, merangsang inspirasi pusat, memperpanjang kontraksi otot inspirasi.

Pusat-pusat pernapasan dipengaruhi oleh rangsangan yang diterima dari tiga kelompok neuron sensorik berikut:

- a. Pusat kemoreseptor (saraf dari sistem saraf pusat), terletak di medulla oblongata, memantau cairan kimia serebrospinal. Ketika CO_2 dari plasma memasuki cairan cerebrospinal, membentuk HCO_3^- dan H^+ , dan pH cairan tetes (menjadi lebih asam). Sebagai respons terhadap penurunan pH, stimulasi pusat kemoreseptor merangsang pusat pernapasan untuk meningkatkan dasar inspirasi.
- b. Peripher kemoreseptor (saraf dari sistem saraf perifer), terletak di badan aorta di dinding lengkung aorta dan badan karotid di dinding arteri karotid, memantau kimia darah. Peningkatan pH, atau pCO_2 atau penurunan pO_2 , menyebabkan reseptor untuk merangsang pusat pernapasan.

Peregangan reseptor di dinding bronkus dan bronkiolus diaktifkan ketika paru-paru memperluas batas fisik mereka. Ini sinyal reseptor pusat pernapasan untuk menghentikan stimulasi inspirasi otot, yang memungkinkan kedaluwarsa untuk memulai. Respons ini disebut inflasi (Hering-Breuer) refleks.

Latihan

- 1) Organ apa saja yang termasuk dalam sistem respirasi?
- 2) Apa yang Saudara ketahui tentang pernafasan luar?
- 3) Sebutkan bagian-bagian faring?
- 4) Jelaskan perbedaan bronchus kanan dan bronchus kiri!
- 5) Apa yang Anda ketahui tentang alveoli?
- 6) Jelaskan bagaimana terjadinya proses inspirasi dan ekspirasi!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Organ yang termasuk dalam sistem pernafasan adalah: hidung, faring, laring, trachea, bronchus dan cabang-cabangnya, alveoli dan pulmo (paru-paru).
- 2) Pernapasan luar merupakan proses pertukaran gas antara paru-paru dengan darah. Oksigen berdifusi ke dalam darah, sedangkan karbon dioksida berdifusi dari darah ke paru-paru.
- 3) Faring terdiri dari tiga bagian yaitu: Nasofaring yaitu bagian faring yang letaknya sejajar hidung, Nasofaring menerima udara yang masuk dari hidung. Terdapat saluran eustachius yang menyamakan tekanan udara di telinga tengah. Tonsil faring (adenoid)

terletak di belakang nasofaring. Orofaring bagian faring terletak di sejajar mulut, Orofaring menerima udara dari nasofaring dan makanan dari rongga mulut. Palatine dan lingual tonsil terletak di sini. Laringofaring merupakan bagian faring dan terletak sejajar laring, menyalurkan makanan ke kerongkongan dan udara ke laring.

- 4) Perbedaan bronchus kanan dan bronchus kiri adalah: Bronchus kanan lebih besar, pendek dan lebih tegak dibandingkan dengan bronchus kiri, terdiri dari 3 cabang dan tersusun atas 6-8 cincin rawan. Sedangkan bronchus kiri lebih panjang dan langsing, terdiri dari 2 cabang dan tersusun atas 9-12 cincin rawan.
- 5) Alveoli adalah cabang akhir dari pohon bronkial. Setiap Saluran alveolar diperbesar, seperti gelembung sepanjang panjangnya. Masing-masing pembesaran disebut alveolus, dan sekelompok alveolar yang bersebelahan disebut kantung alveolar. Beberapa alveoli yang berdekatan dihubungkan oleh alveolar pori-pori.
- 6) Inspirasi terjadi ketika diafragma dan otot interkostalis eksternal berkontraksi. Kontraksi diafragma (otot rangka bawah paru-paru) menyebabkan peningkatan ukuran rongga dada, sedangkan kontraksi otot interkostalis eksternal mengangkat tulang rusuk dan tulang dada. Dengan demikian, otot menyebabkan paru-paru untuk memperluas dan meningkatkan volume saluran udara internal. Sebagai tanggapan, tekanan udara di dalam paru-paru menurun di bawah udara luar tubuh, karena gas bergerak dari daerah tekanan tinggi ke tekanan rendah, udara masuk ke paru-paru. Sedangkan Ekspirasi terjadi ketika otot diafragma dan interkostal eksternal rileks. Sebagai tanggapan, serat elastis pada jaringan paru-paru menyebabkan paru-paru untuk menahan diri untuk volume aslinya. Tekanan udara di dalam paru kemudian meningkat di atas tekanan udara luar tubuh, dan udara keluar.

Ringkasan

Sistem pernapasan pada manusia adalah sistem menghirup oksigen dari udara serta mengeluarkan karbon dioksida dan uap air. Dalam proses pernapasan, oksigen merupakan zat kebutuhan utama. Oksigen untuk pernapasan diperoleh dari udara di lingkungan sekitar. Alat-alat pernapasan berfungsi memasukkan udara yang mengandung oksigen dan mengeluarkan udara yang mengandung karbon dioksida dan uap air.

Organ yang berperan dalam sistem pernafasan dimulai dari hidung, faring, laring, trachea, bronchus dan cabang-cabangnya, alveoli dan paru-paru.

Mekanisme pernapasan dapat dibedakan menjadi dua fase yaitu:

Fase inspirasi. Fase ini berupa berkontraksinya otot antartulang rusuk sehingga rongga dada membesar, akibatnya tekanan dalam rongga dada menjadi lebih kecil daripada tekanan di luar sehingga udara luar yang kaya oksigen masuk.

Fase ekspirasi. Fase ini merupakan fase relaksasi atau kembalinya otot antara tulang rusuk ke posisi semula yang diikuti oleh turunnya tulang rusuk sehingga rongga dada menjadi kecil. Sebagai akibatnya, tekanan di dalam rongga dada menjadi lebih besar daripada tekanan luar, sehingga udara dalam rongga dada yang kaya karbon dioksida keluar.

Tes 2

- 1) Rongga pada hidung manusia dilapisi oleh membran
 - A. Mukosa
 - B. Empedu
 - C. Pankreas
 - D. Rambut

- 2) Fungsi sel-sel goblet adalah untuk mensekresi
 - A. Mukosa
 - B. Lendir
 - C. Rambut
 - D. Silia

- 3) Udara dari hidung akan masuk ke dalam
 - A. Faring
 - B. Laring
 - C. Trachea
 - D. Bronchus

- 4) Hidung mempunyai hubungan dengan rongga telinga tengah melalui celah sempit yang disebut
 - A. Choana
 - B. Isthmus Fausium
 - C. Ductus lacrimalis
 - D. Tuba Auditiva Eustachius

- 5) Bagian faring yang terletak sejajar dengan mulut adalah
 - A. Naso faring
 - B. Oro faring
 - C. Laringo faring
 - D. Laring faringeal

- 6) Epiglotis terletak di
 - A. Faring
 - B. Laring
 - C. Trakea
 - D. Bronkus

- 7) Selaput pembung paru (pleura) yang melekat langsung pada paru-paru adalah
 - A. Pleura thorakalis
 - B. Pleura Costalis
 - C. Pleura Viserale
 - D. Pleura Parietale

- 8) Proses pertukaran gas yang terjadi di paru-paru antara alveoli dan plasma darah disebut
- A. Absorpsi
 - B. Inspirasi
 - C. Transportasi
 - D. Difusi
- 9) Kapasitas paru-paru total (TLC) yaitu maksimum jumlah udara yang dapat mengisi paru-paru sebesar
- A. 2400 ml
 - B. 3600 ml
 - C. 4800 ml
 - D. 6000 ml
- 10) Oksigen dalam darah diangkut melalui 2 cara. Berapa persen jumlah oksigen diangkut melalui protein hemoglobin dalam sel darah merah
- A. 25%
 - B. 65%
 - C. 95%
 - D. 98,5%

BAB VII

ANATOMI FISIOLOGI SISTEM PENCERNAAN DAN SISTEM PERKEMIHAN

Kirnantoro

Pencernaan makanan merupakan proses mengubah makanan dari ukuran besar menjadi ukuran yang lebih kecil dan halus, serta memecah molekul makanan yang kompleks menjadi molekul yang sederhana dengan menggunakan enzim dan organ-organ pencernaan. Enzim ini dihasilkan oleh organ-organ pencernaan dan jenisnya tergantung dari bahan makanan yang akan dicerna oleh tubuh. Zat makanan yang dicerna akan diserap oleh tubuh dalam bentuk yang lebih sederhana

Proses pencernaan makanan pada manusia melibatkan alat-alat pencernaan makanan. Alat-alat pencernaan manusia adalah organ-organ tubuh yang berfungsi mencerna makanan yang kita makan. Alat pencernaan dapat dibedakan atas saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan. Kelenjar pencernaan menghasilkan enzim-enzim yang membantu proses pencernaan kimiawi. Kelenjar-kelenjar pencernaan manusia terdiri dari kelenjar air liur, kelenjar getah lambung, hati (*hepar*), dan pankreas

Sistem perkemihan atau sistem urinaria, adalah suatu sistem dimana terjadinya proses penyaringan darah sehingga darah bebas dari zat-zat yang tidak dipergunakan oleh tubuh dan menyerap zat-zat yang masih di pergunakan oleh tubuh. Zat-zat yang tidak dipergunakan oleh tubuh larut dalam air dan dikeluarkan berupa urin (air kemih).

Kedua sistem diatas mempunyai peran yang sangat penting dalam tubuh kita

Pada Bab 7 ini Saudara akan diberikan gambaran tentang anatomi fisiologi sistem pencernaan mulai dari rongga mulut, faring esofagus, gaster, usus halus, kolon sampai rectum, Serta organ-organ lain yang mempunyai peran penting dalam sistem pencernaan diantaranya hepar, pancreas dan kandung empedu. Selain itu Saudara akan mendapatkan gambaran tentang anatomi fisiologi sistem perkemihan mulai dari ginjal, ureter, kandung kencing dan uretra. Setelah mempelajari materi ini diharapkan Saudara dapat memahami arti penting sistem pencernaan dan sistem perkemihan.

Untuk memudahkan Anda dalam mempelajari materi ini, modul ini dilengkapi dengan gambar-gambar. Anda juga bisa mencari Video tentang Sistem Perkemihan dan sistem Pencernaan. Mempelajari modul ini harus dibaca berulang-ulang sampai Anda paham, catat beberapa hal penting yang belum Anda ketahui dan tanyakan pada saat Tutorial. Bab ini sangat bermanfaat bagi Anda sebagai dasar dalam mempelajari materi Patofisiologi.

Bab 7 terdiri dari dua Topik mengajar yaitu :

Topik 1 : Anatomi Fisiologi Sistem Pencernaan

Topik 2 : Anatomi Fisiologi Sistem Perkemihan

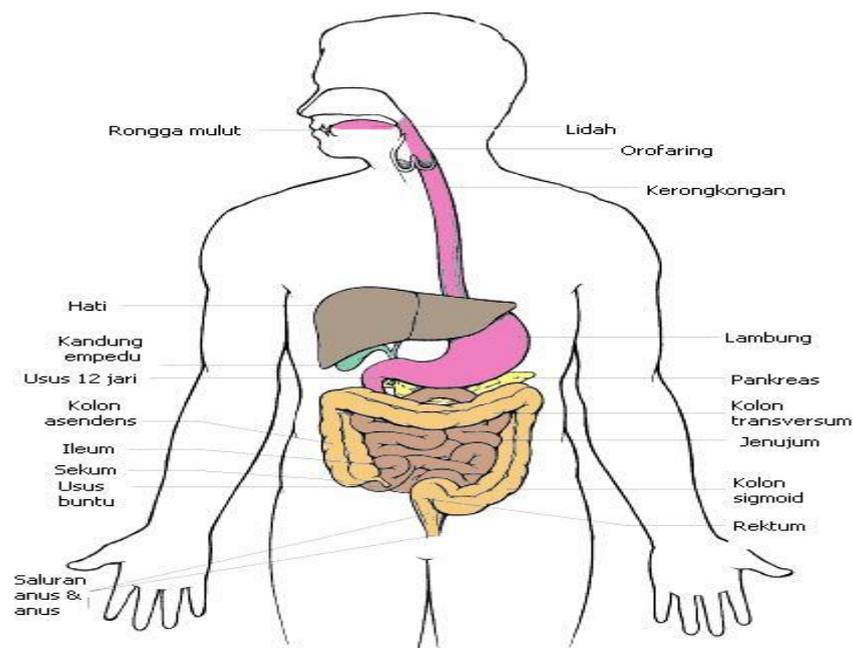
Topik 1

Anatomi dan Fisiologi Sistem Pencernaan

Sebelum Anda mempelajari Topik 1 tentang Anatomi fisiologi Sistem Pencernaan, coba ingat kembali organ apa saja yang berperan dalam sistem Pencernaan. Agar Anda dapat mengingat sistem pencernaan secara urut termasuk fungsi dari masing-masing organ, pelajarilah materi di Topik 1 dengan baik.

Sistem pencernaan atau **sistem gastrointestinal** (mulai dari mulut sampai anus) **adalah** sistem organ dalam manusia yang berfungsi untuk menerima makanan, mencernanya menjadi zat-zat gizi dan energi, menyerap zat-zat gizi ke dalam aliran darah serta membuang bagian makanan yang tidak dapat dicerna atau merupakan sisa proses tersebut dari tubuh.

Saluran pencernaan terdiri dari mulut, tenggorokan (faring), kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, rektum dan anus. Sistem pencernaan juga meliputi organ-organ yang terletak di luar saluran pencernaan, yaitu pankreas, hati dan kandung empedu.



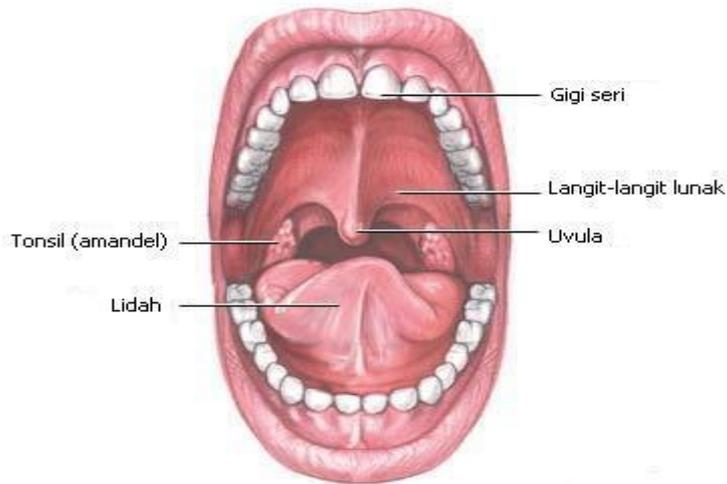
Gambar 7.1. Sistem Pencernaan

1 MULUT

Mulut merupakan suatu rongga terbuka tempat masuknya makanan dan air. Mulut merupakan bagian awal dari sistem pencernaan lengkap yang berakhir di anus.

Mulut merupakan jalan masuk untuk sistem pencernaan. Bagian dalam dari mulut dilapisi oleh selaput lendir. Dinding samping terdiri dari bibir dan pipi, bagian atas maxillaris (Palatum durum atau langit-langit keras dan palatum mole atau langit-langit lunak) dan bagian

bawah adalah mandibularis dan lidah. Dalam mulut terdapat organ tambahan berupa lidah, gigi dan kelenjar ludah. Bibir terdiri dari otot lurik yaitu orbikularis oris, dan pipi terdiri dari otot utama muskulus *buccinator* dan sebelah luar muskulus *zygomaticus*.

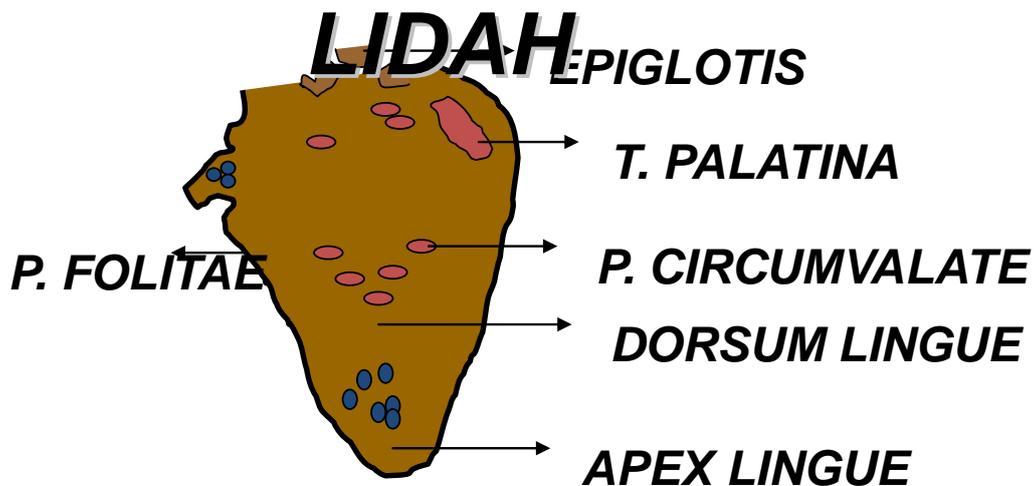


Gambar 7.2. Anatomi Mulut

1.1 Lidah (Lingua)

Lidah dibentuk oleh dua otot yaitu otot instrinsik (dalam) yang meliputi muskulus longitudinalis supervisialis, muskulus longitudinalis profunda, muskulus transversus lingua dan muskulus vertikaliss lingue. Otot instrinsik ini hanya mengubah bentuk lidah. Sedangkan otot ekstrinsik (luar) yang terdiri dari muskulus Hyoglossus, Genioglossus, Styloglossus dan Palatoglossus. Otot ekstrinsik dapat merubah posisi dan bentuk lidah.

Lidah mempunyai 3 fungsi yaitu : mastikasi (mengunyah), deglutitio (menelan) dan taste (bicara). Saraf yang memberikan persarafan pada lidah adalah saraf sensibel dan saraf pengecap. Pengecapan dirasakan oleh organ perasa yang terdapat di permukaan lidah. Pengecapan relatif sederhana, terdiri dari manis, asam, asin dan pahit.



Gambar 7.3 Anatomi Lidah

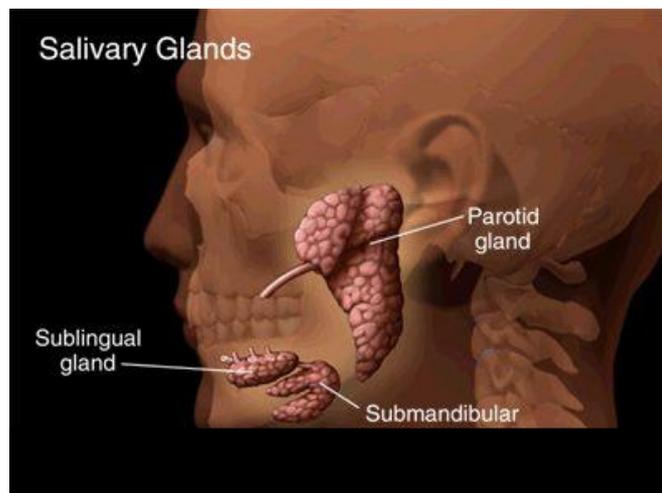
1.2 Kelenjar Ludah

Dalam rongga mulut terdapat beberapa kelenjar ludah kecil -kecil yang menuangkan sekretnya langsung ke dalam rongga mulut yaitu:

1. Glandula labialis
2. Glandula Buccalis
3. Glandula Molaris
4. Glandula Palatina
5. Glandula Lingualis

Juga 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.

Perhatikan gambar berikut ini:



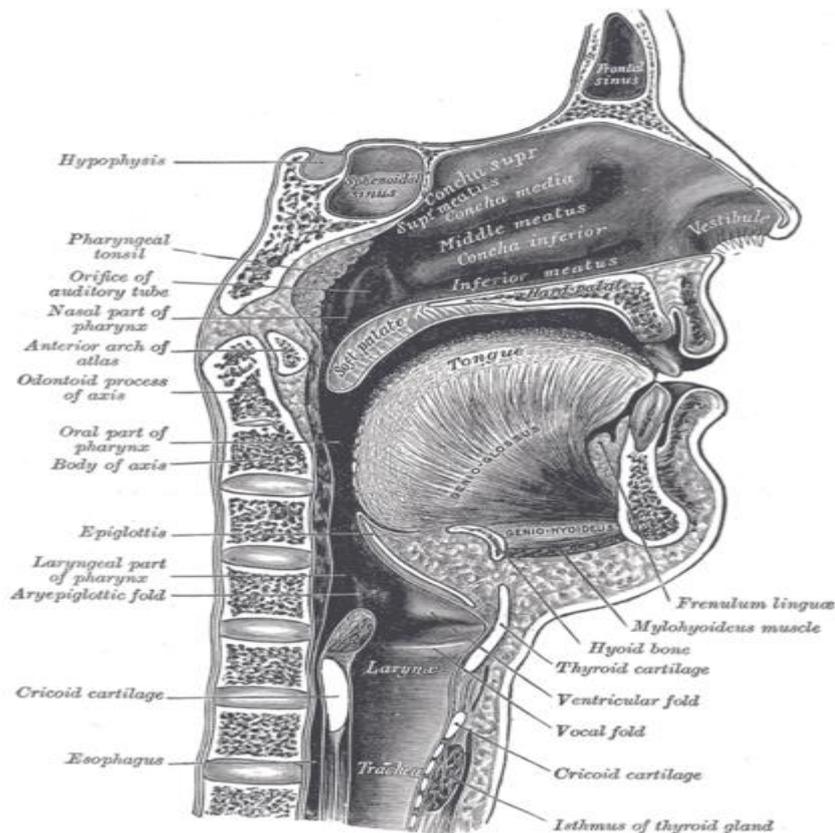
Gambar 7.4. Kelenjar Ludah dalam mulut

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.

2 TENGGOROKAN (FARING)

Merupakan penghubung antara rongga mulut dan kerongkongan. Berasal dari bahasa Yunani yaitu Pharynx. Terdiri dari 3 bagian yaitu : Pars Nasalis bagian yang sejajar dengan

hidung, bagian ini dilapisi oleh lapisan mukosa yang berlipat – lipat dan banyak ditemukan jaringan limfoid. Pada bagian ini terdapat Tonsila Pharingea yang pada anak kecil disebut Amandel. Pars Oralis yaitu bagian sejajar dengan mulut, dibagian samping terdapat Tonsila Palatina berperan penting mencegah masuknya kuman melalui mulut. Terdapat 3 tonsil yaitu : tonsila Palatina, Pharingea dan Lingualis yang membentuk suatu lingkaran yang disebut Cincin Waldeyer. Bagian yang sejajar laring disebut Pars Laringea, disebelah depannya terdapat Epiglottis yang berfungsi menutup laring pada waktu menelan.



Gambar 7.5. Skema melintang mulut, hidung, faring, dan laring

Didalam lengkung faring terdapat tonsil (amandel) yaitu kelenjar limfe yang banyak mengandung kelenjar limfosit dan merupakan pertahanan terhadap infeksi, disini terletak bersimpangan antara jalan nafas dan jalan makanan, letaknya dibelakang rongga mulut dan rongga hidung, didepan ruas tulang belakang.

Keatas bagian depan berhubungan dengan rongga hidung, dengan perantara lubang bernama koana, keadaan tekak berhubungan dengan rongga mulut dengan perantara lubang yang disebut ismus fausium.

Tekak terdiri dari; Bagian superior bagian yang sejajar dengan hidung, bagian media bagian yang sejajar dengan mulut dan bagian inferior bagian yang sejajar dengan laring.

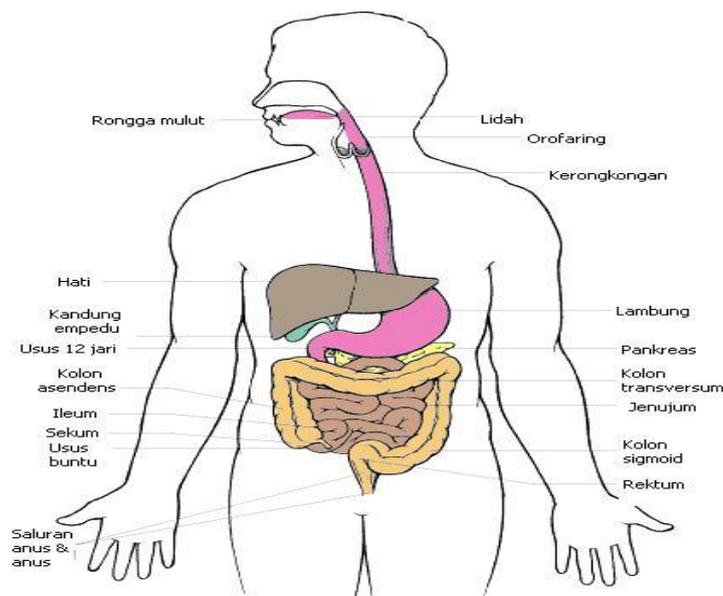
Bagian sejajar dengan hidung disebut nasofaring, pada nasofaring bermuara tuba yang menghubungkan tekak dengan ruang gendang telinga. Saluran ini disebut dengan Tuba Auditiva Eustachius. Bagian yang sejajar mulut orofaring, bagian ini berbatas kedepan sampai

diakar lidah, sedangkan bagian yang sejajar laring disebut Laringo faring atau faring laringeal.

3 KERONGKONGAN (ESOFAGUS)

Kerongkongan adalah tabung (*tube*) berotot yang dilalui sewaktu makanan mengalir dari bagian mulut ke dalam lambung. Panjang 25 cm dan terbagi menjadi 3 bagian yaitu: Pars Servicalis, Pars Thorakalis dan Pars Abdominalis. Dalam keadaan norma esofagus dalam keadaan kontraksi kecuali pada waktu menelan. Lapisan mukosa yang melapisi esofagus bersifat alkali dn tidak tahan asam lambung. Mukus yang melapisi esofagus berfungsi mempermudah jalannya makanan dan melindungi mukosa dari cedera akibat zat kimia. Makanan berjalan melalui kerongkongan dengan menggunakan proses peristaltik. Sering juga disebut esofagus (dari bahasa Yunani: οισω, oeso - "membawa", dan έφαγον, phagus - "memakan").

Esofagus bertemu dengan faring pada ruas ke-6 tulang belakang.



Gambar 7.6. Kerongkongan (Esofagus)

4 LAMBUNG

Merupakan organ otot berongga yang besar dan berbentuk seperti huruf J, letaknya dibagian atas agak ke kiri rongga abdomen, di bawah diafragma. Kapasitas 1-2 liter.

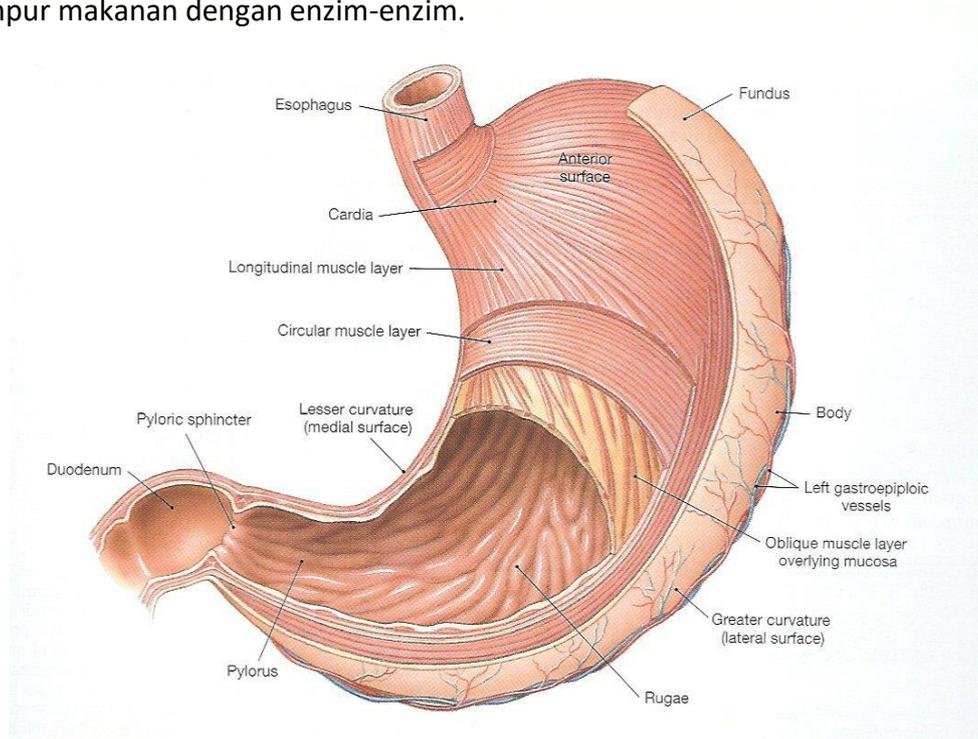
Terdiri dari 3 bagian yaitu

1. Fundus Ventrikuli.
2. Corpus Ventrikuli.

3. Pylorus , merupakan muara gaster sebelah distal, bagian yang lebar namanya antrum Pyloricum, bagian yang sempit Canalis Pyloricum. Batas antara Canalis Pyloricum dan duodenum terdapat Sphincter Pyloricum.

Makanan masuk ke dalam lambung dari kerongkongan melalui otot berbentuk cincin (sfinter), yang bisa membuka dan menutup. Dalam keadaan normal, sfinter menghalangi masuknya kembali isi lambung ke dalam kerongkongan.

Lambung berfungsi sebagai gudang makanan, yang berkontraksi secara ritmik untuk mencampur makanan dengan enzim-enzim.



Gambar 7.7. Anatomi Lambung

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, bagian permukaan terdapat lekuk-lekuk kecil merupakan muara kelenjar lambung. Terdapat 3 kelenjar yang terdapat dalam lapisan mukosa ini yaitu :
 - a. Glandula Gastricae yang menghasilkan Pepsan dan HCl
 - b. Glandula Cardiace yang menghasilkan ledir
 - c. Glandula Pyloricae menghasilkan Pepsin
2. Lapisan Sub Mukosa: terdiri dari jaringan ikat.
3. Lapisan Muskularis (otot) teridi 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.

Pengaturan Sekresi Lambung:

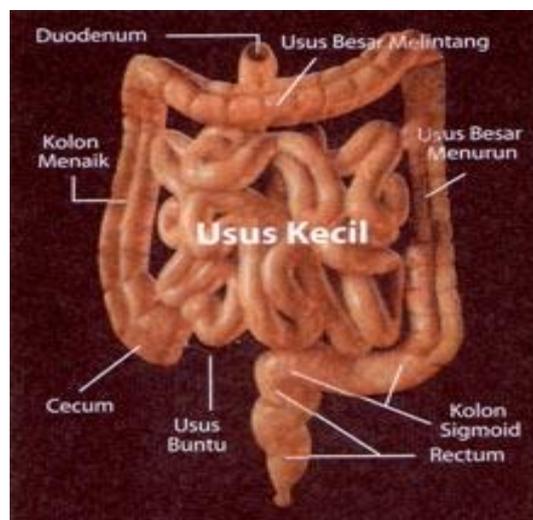
Ada 3 fase dalam sekresi lambung yaitu:

1. Fase Sefalik: fase ini sudah dimulai bahkan sebelum makanan masuk ke lambung, menghasilkan 10% dari sekresi lambung. Sekresi ini terjadi akibat melihat, mencium, memikirkan dan merasakan.
2. Fase Gastrik/Hormonal: dimulai saat makanan mencapai antrum pylorus menghasilkan 2/3 sekresi lambung (2000ml/hari).
3. Fase Intestinal: terjadi bila makanan masuk duodenum dan menyebabkan lambung mensekresi getah lambung dalam jumlah sedikit.

5 USUS HALUS (USUS KECIL)

Usus halus atau usus kecil adalah bagian dari saluran pencernaan yang terletak di antara lambung dan usus besar. Panjang 6 meter dimulai dari Pylorus sampai dengan Illiocecal. Dinding usus kaya akan pembuluh darah yang mengangkut zat-zat yang diserap ke hati melalui vena porta. Dinding usus melepaskan lendir (yang melumasi isi usus) dan air (yang membantu melarutkan pecahan-pecahan makanan yang dicerna). Dinding usus juga melepaskan sejumlah kecil enzim yang mencerna protein, gula dan lemak.

Lapisan usus halus; lapisan mukosa (sebelah dalam), lapisan otot melingkar (M sirkuler), lapisan otot memanjang (M Longitudinal) dan lapisan serosa (Sebelah Luar).



Gambar 7.8. Antomi Usus

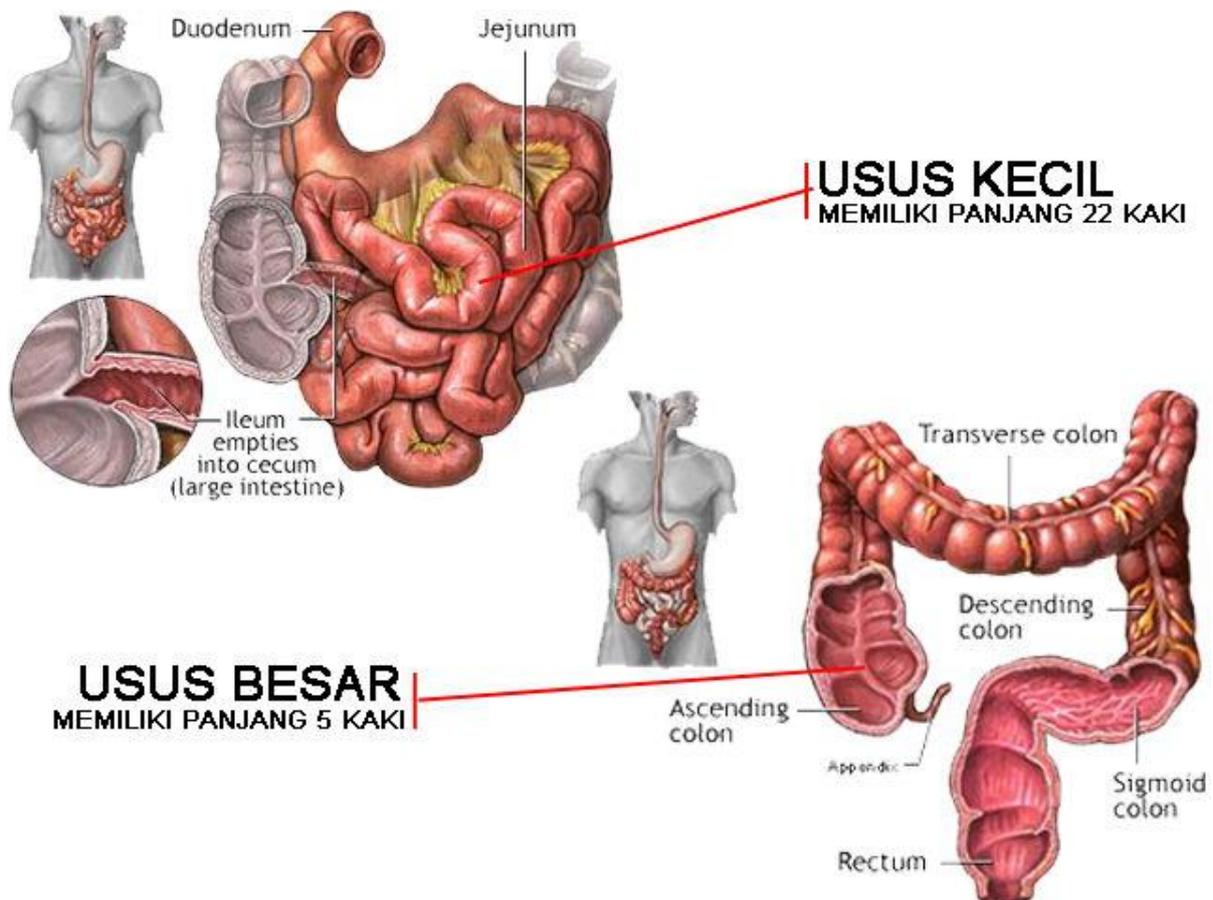
Fungsi Usus Halus adalah: sebagian besar (85%) digesti dan absorpsi, menyempurnakan pencernaan maltosa menjadi glukosa, pepton menjadi polipeptida/asam amino dan lemak menjadi gliserin dan asam lemak.

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

5.1 Usus dua belas jari (Duodenum)

Usus dua belas jari atau **duodenum** adalah bagian dari usus halus yang terletak setelah lambung dan menghubungkannya ke usus kosong (jejunum). Bagian usus dua belas jari merupakan bagian terpendek dari usus halus. Panjang 25 cm dimulai dari Pylorus sampai Jejunum. Bentuknya seperti huruf C melingkupi Caput Pancreas. Usus dua belas jari merupakan organ retroperitoneal, yang tidak terbungkus seluruhnya oleh selaput peritoneum. pH usus dua belas jari yang normal berkisar pada derajat sembilan. Pada usus dua belas jari terdapat dua muara saluran yaitu dari pankreas (Ductus Pancreaticus) dan kantung empedu (Ductus Choledocus). Nama *duodenum* berasal dari bahasa Latin *duodenum digitorum*, yang berarti dua belas jari.

Lambung melepaskan makanan ke dalam usus dua belas jari (duodenum), yang merupakan bagian pertama dari usus halus. Makanan masuk ke dalam duodenum melalui sfingter pilorus dalam jumlah yang bisa di cerna oleh usus halus. Jika penuh, duodenum akan mengirimkan sinyal kepada lambung untuk berhenti mengalirkan makanan.



Gambar 7.9. Usus Dua Belas Jari (Duodenum)

5.2 Usus Kosong (jejunum)

Usus kosong atau **jejunum** (terkadang sering ditulis **yeyunum**) adalah bagian kedua dari usus halus, di antara usus dua belas jari (duodenum) dan usus penyerapan (ileum). Pada manusia dewasa, panjang seluruh usus halus antara 2-8 meter, 1-2 meter adalah bagian usus

kosong. Berkelok-kelok, lebih tebal, lebih lebar, lebih vaskuler dan lebih banyak plicae. Usus kosong dan usus penyerapan digantungkan dalam tubuh dengan mesenterium.

Permukaan dalam usus kosong berupa membran mukus dan terdapat jonjot usus (*vili*), banyak pembuluh darah untuk proses absorpsi. Terdapat pembuluh Limfoid/Lacteal untuk absorpsi lemak. Secara histologis dapat dibedakan dengan usus dua belas jari, yakni berkurangnya kelenjar Brunner. Secara histologis pula dapat dibedakan dengan usus penyerapan, yakni sedikitnya sel goblet dan plak Peyeri. Sedikit sulit untuk membedakan usus kosong dan usus penyerapan secara makroskopis.

Jejunum diturunkan dari kata sifat *jejune* yang berarti "lapar" dalam bahasa Inggris modern. Arti aslinya berasal dari bahasa Latin, *jejunos*, yang berarti "kosong".

5.3 Usus Penyerapan (ileum)

Usus penyerapan atau *ileum* adalah bagian terakhir dari usus halus. Pada sistem pencernaan manusia, ini memiliki panjang sekitar 2-4 m dan terletak setelah duodenum dan jejunum, dan dilanjutkan oleh usus buntu. Ileum memiliki pH antara 7 dan 8 (netral atau sedikit basa) dan berfungsi menyerap vitamin B12 dan garam-garam empedu.

6 USUS BESAR (KOLON)

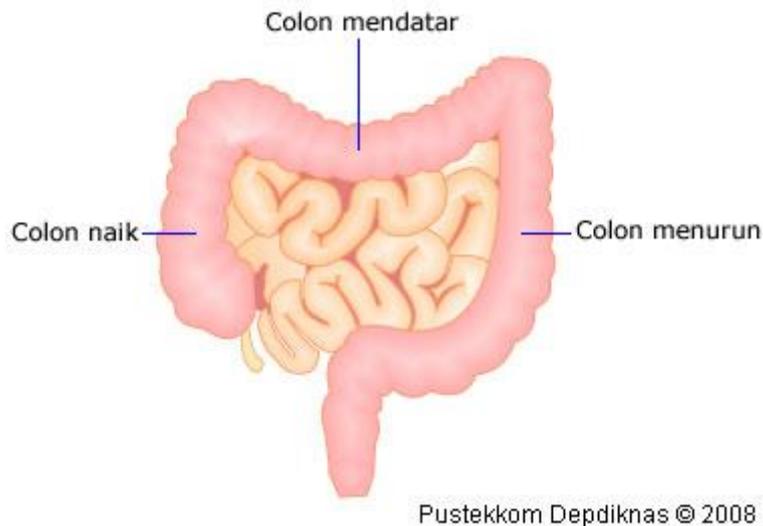
Usus besar atau **kolon** dalam anatomi adalah bagian usus antara usus buntu dan rektum. Fungsi utama organ ini adalah menyerap air dari feses, sel goblet menghasilkan mukos yang penting untuk melicinkan dan melengketkan faeces, dan fungsi terakhir adalah defikasi.

Usus besar terdiri dari :

1. Kolon ascendens (kanan)
2. Kolon transversum
3. Kolon descendens (kiri)
4. Kolon sigmoid (berhubungan dengan rektum)

Dinding Kolon terdiri dari: Tunika Mukosa berlipat-lipat, tidak ada jonjot, terdapat kelenjar Glandula Lieberkhun semakin ke rektum semakin banyak), Tunika Sub Mukosa terdiri dari jaringan ikat longgar, Tunika Muskularis yang sebelah dalam sirkuler dan luar longitudinal. Lapisan longitudinal merupakan tiga pita yaitu Taenea libera, taenea omentalis dan taenea mesocolica. Banyaknya bakteri yang terdapat di dalam usus besar *berfungsi* mencerna beberapa bahan dan membantu penyerapan zat-zat gizi.

Bakteri di dalam usus besar juga berfungsi membuat zat-zat penting, seperti vitamin K. Bakteri ini penting untuk fungsi normal dari usus. Beberapa penyakit serta antibiotik bisa menyebabkan gangguan pada bakteri-bakteri didalam usus besar. Akibatnya terjadi iritasi yang bisa menyebabkan dikeluarkannya lendir dan air, dan terjadilah diare.



Gambar 7.10. Anatomi Usus Besar

7 USUS BUNTU (SEKUM)

Usus buntu atau **sekum** (Bahasa Latin: *caecus*, "buta") dalam istilah anatomi adalah suatu kantung yang terhubung pada usus penyerapan serta bagian kolon menanjak dari usus besar.

8 UMBAI CACING (APPENDIX)

Umbai cacing atau **apendiks** adalah organ tambahan pada usus buntu. Infeksi pada organ ini disebut apendisitis atau radang umbai cacing. Apendisitis yang parah dapat menyebabkan apendiks pecah dan membentuk nanah di dalam rongga abdomen atau peritonitis (infeksi rongga abdomen).

Dalam anatomi manusia, umbai cacing atau dalam bahasa Inggris, **vermiform appendix** (atau hanya **appendix**) adalah hujung buntu tabung yang menyambung dengan caecum.

Umbai cacing terbentuk dari caecum pada tahap embrio. Dalam orang dewasa, Umbai cacing berukuran sekitar 10 cm tetapi bisa bervariasi dari 2 sampai 20 cm. Walaupun lokasi apendiks selalu tetap, lokasi ujung umbai cacing bisa berbeda - bisa di *retrocaecal* atau di pinggang (*pelvis*) yang jelas tetap terletak di *peritoneum*.

Banyak orang percaya umbai cacing tidak berguna dan organ vestigial (sisihan), sebagian yang lain percaya bahwa apendiks mempunyai fungsi dalam sistem limfatik.

Operasi membuang umbai cacing dikenal sebagai **appendektomi**.

9 REKTUM DAN ANUS

Rektum (Bahasa Latin: *regere*, "meluruskan, mengatur") adalah sebuah ruangan yang berawal dari ujung usus besar (setelah kolon sigmoid) dan berakhir di anus. Organ ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara feses. Biasanya rektum ini kosong karena

tinja disimpan di tempat yang lebih tinggi, yaitu pada kolon desendens. Jika kolon desendens penuh dan tinja masuk ke dalam rektum, maka timbul keinginan untuk buang air besar (BAB). Mengembangnya dinding rektum karena penumpukan material di dalam rektum akan memicu sistem saraf yang menimbulkan keinginan untuk melakukan defekasi. Jika defekasi tidak terjadi, sering kali material akan dikembalikan ke usus besar, di mana penyerapan air akan kembali dilakukan. Jika defekasi tidak terjadi untuk periode yang lama, konstipasi dan pengerasan feses akan terjadi.

Orang dewasa dan anak yang lebih tua bisa menahan keinginan ini, tetapi bayi dan anak yang lebih muda mengalami kekurangan dalam pengendalian otot yang penting untuk menunda BAB.

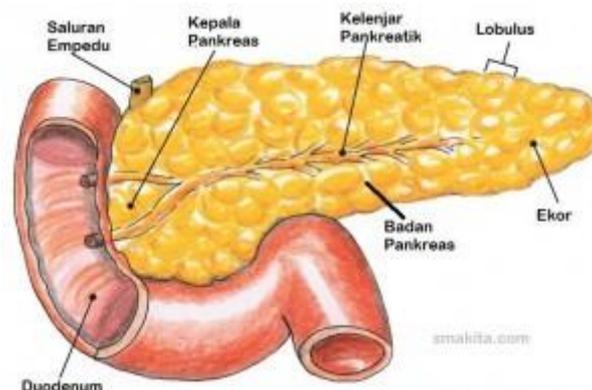
Anus merupakan lubang di ujung saluran pencernaan, dimana bahan limbah keluar dari tubuh. Sebagian anus terbentuk dari permukaan tubuh (kulit) dan sebagian lainnya dari usus. Pembukaan dan penutupan anus diatur oleh otot sphinkter. Feses dibuang dari tubuh melalui proses defekasi (buang air besar - BAB), yang merupakan fungsi utama anus.

10 PANKREAS

Pankreas adalah organ pada sistem pencernaan yang memiliki dua fungsi utama yaitu menghasilkan enzim pencernaan serta beberapa hormon penting seperti insulin. Pankreas terletak pada bagian posterior perut dan berhubungan erat dengan duodenum (usus dua belas jari).

Pankreas terdiri dari 2 jaringan dasar yaitu :

1. Asini, menghasilkan enzim-enzim pencernaan
2. Pulau pankreas, menghasilkan hormon



Gambar 7.11. Pankreas

Pankreas melepaskan enzim pencernaan ke dalam duodenum dan melepaskan hormon ke dalam darah. Enzim yang dilepaskan oleh pankreas akan mencerna protein, karbohidrat dan lemak. Enzim proteolitik memecah protein ke dalam bentuk yang dapat digunakan oleh tubuh dan dilepaskan dalam bentuk inaktif. Enzim ini hanya akan aktif jika

telah mencapai saluran pencernaan. Pankreas juga melepaskan sejumlah besar sodium bikarbonat, yang berfungsi melindungi duodenum dengan cara menetralkan asam lambung.

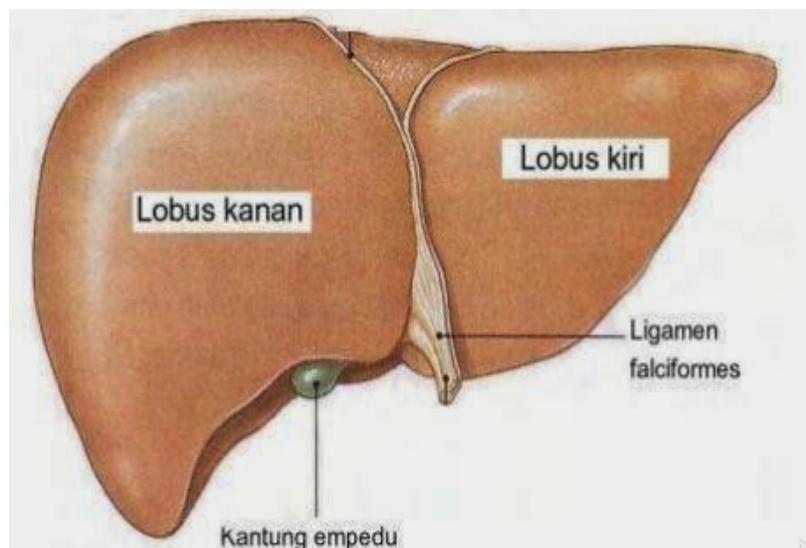
11 HATI

Hati merupakan sebuah organ yang terbesar di dalam badan manusia dan memiliki berbagai fungsi, beberapa diantaranya berhubungan dengan pencernaan.

Organ ini memainkan peran penting dalam metabolisme dan memiliki beberapa fungsi dalam tubuh termasuk penyimpanan glikogen, sintesis protein plasma, dan penetralan obat. Dia juga memproduksi bile, yang penting dalam pencernaan. Istilah medis yang bersangkutan dengan hati biasanya dimulai dalam *hepat-* atau *hepatik* dari kata Yunani untuk hati, *hepar*.

Zat-zat gizi dari makanan diserap ke dalam dinding usus yang kaya akan pembuluh darah yang kecil-kecil (kapiler). Kapiler ini mengalirkan darah ke dalam vena yang bergabung dengan vena yang lebih besar dan pada akhirnya masuk ke dalam hati sebagai vena porta. Vena porta terbagi menjadi pembuluh-pembuluh kecil di dalam hati, dimana darah yang masuk diolah.

Hati melakukan proses tersebut dengan kecepatan tinggi, setelah darah diperkaya dengan zat-zat gizi, darah dialirkan ke dalam sirkulasi umum.



Gambar 7.12. Hati

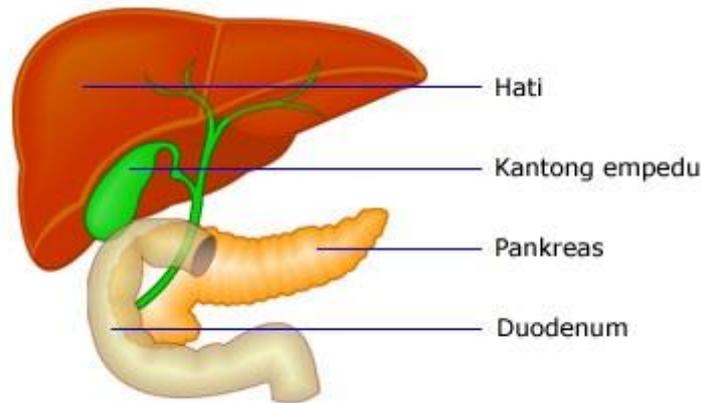
12 KANDUNG EMPEDU

Kandung empedu (Bahasa Inggris: *gallbladder*) adalah organ berbentuk buah pir yang dapat menyimpan sekitar 50 ml empedu yang dibutuhkan tubuh untuk proses pencernaan. Pada manusia, panjang kandung empedu adalah sekitar 7-10 cm dan berwarna hijau gelap - bukan karena warna jaringannya, melainkan karena warna cairan empedu yang

dikandungnya. Organ ini terhubung dengan hati dan usus dua belas jari melalui saluran empedu.

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.



Gambar 7.13. Kantong Empedu

Latihan

- 1) Jelaskan apa fungsi lidah yang terdapat dalam rongga mulut.
- 2) Jelaskan 3 pasang kelenjar ludah yang terdapat dalam rongga mulut.
- 3) Apa yang Saudara ketahui tentang fungsi usus halus.
- 4) Jelaskan bagian-bagian kolon.
- 5) Apa yang Saudara ketahui tentang Pancreas?
- 6) Jelaskan apa fungsi empedu.

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Fungsi lidah yang terdapat dalam rongga mulut adalah: mastikasi (mengunyah), deglutitio (menelan), dan taste (bicara).
- 2) Tiga pasang kelenjar ludah yang terdapat dalam rongga mulut adalah: 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.
- 3) 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.
- 4) Bagian-bagian kolon adalah: kolon Ascendens (kanan), kolon transversum, kolon descendens (kiri) dan Sigmoid.

- 5) Pankreas adalah organ pada sistem pencernaan yang memiliki dua fungsi utama yaitu menghasilkan enzim pencernaan serta beberapa hormon penting seperti insulin. Pankreas terletak pada bagian posterior perut dan berhubungan erat dengan duodenum (usus dua belas jari). Pankreas terdiri dari 2 jaringan dasar yaitu: Asini, menghasilkan enzim-enzim pencernaan dan Pulau pankreas, menghasilkan hormon.
- 6) Empedu memiliki 2 fungsi penting yaitu: Membantu pencernaan dan penyerapan lemak dan berperan dalam pembuangan limbah tertentu dari tubuh, terutama haemoglobin (Hb) yang berasal dari penghancuran sel darah merah dan kelebihan kolesterol.

Ringkasan

Pencernaan manusia adalah pencernaan yang mengubah bahan makanan menjadi molekul-molekul yang dapat diserap usus. Prosesnya setelah makanan dimasukkan ke dalam tubuh mengalami sejumlah perubahan, pemasukan makan ke dalam tubuh dinamakan *ingesti*. Proses pengubahan makanan menjadi molekul sederhana dinamakan *digesti* (pencernaan) diikuti dengan proses absorpsi (penyerapan) dan proses asimilasi (pembentukan zat), pengeluaran zat yang tidak berguna (dalam bentuk ampas) dinamakan *egesti*. Makanan yang masuk ke dalam rongga mulut mengalami proses perubahan sebagai berikut:

1. Proses mekanis, pemecahan oleh geligi dan pengadukan oleh lidah.
2. Proses fisis, pelarutan oleh air atau cairan yang dikeluarkan kelenjar-kelenjar pencernaan makanan.
3. Proses kemis, pemecahan oleh enzim-enzim pencernaan yaitu mengubah molekul besar menjadi molekul kecil.

Alat pencernaan makanan pada manusia dimulai dari mulut, kerongkongan (eksofagus), lambung, usus halus, usus besar, rectum, dan anus. Selain itu terdapat organ yang membantu sistem pencernaan yaitu pancreas, hati, dan kandung empedu.

Tes 1

- 1) Dalam sistem pencernaan ada 7 proses salah satunya proses yang dimulai dengan mengunyah makanan dan terus berputar dengan otot perut disebut proses
 - A. Kontraksi peristaltik
 - B. Segmentasi
 - C. Mekanik
 - D. Kimiawi
- 2) Urutan anatomi proses pencernaan yaitu
 - A. Mulut-esopagus-intestineu-anus-colon-gatric
 - B. Intestineu-colon-esopagus-gastric-mulut-anus

- C. Mulut-intestineu-gastric-colon-esopagus-anus
 - D. Mulut-esopagus-gastric-intestineu-colon-anus
- 3) Yang termasuk kelainan sistem pencernaan yang berhubungan dengan usus adalah
- A. Hepatomegali
 - B. Appendicitis
 - C. Gasteritis
 - D. Ulkus
- 4) Hormon yang berfungsi untuk merangsang dinding lambung mengeluarkan getah lambung adalah
- A. Hormon gastrin
 - B. Hormon cholestokinin
 - C. Hormon somatotropi
 - D. Hormon tiroksin
- 5) Didalam serosa berikut yang berhubungan dengan saluran pencernaan yaitu membran serosa yang melapisi lambung, usus besar dan usus kecil biasa disebut
- A. Mesentrium
 - B. Mesokolon
 - C. Peritonium visera
 - D. Adventitia
- 6) Proses pencernaan makanan sehingga menyerupai bubur yang disebut bubur chime terjadi di
- A. Colon
 - B. Jejunum
 - C. Gastric
 - D. Ileum
- 7) Gigi yang berfungsi untuk merobek makanan adalah
- A. Molar
 - B. Insisus
 - C. Seri
 - D. Cuspids
- 8) Penyerapan nutrisi yaitu karbohidrat, protein, asam nukleat, dan vitamin yang larut air terjadi di
- A. Usus besar
 - B. Usus halus
 - C. Lambung
 - D. Usus buntu

- 9) Berikut ini adalah fungsi alat-alat pencernaan, hati melakukan banyak fungsi metabolisme yaitu
- A. Menghasilkan amilase
 - B. Mensekresikan pepsinoge
 - C. Mencerna karbohidrat
 - D. Mengatur glukosa darah
- 10) Garam empedu yang terkandung dalam empedu berfungsi
- A. merubah glukosa menjadi glikogen
 - B. mengemulsikan lemak
 - C. sebagai pewarna
 - D. menetralsasi lemak

Topik 2

Anatomi dan Fisiologi Ginjal dan Saluran Perkemihan

Sudahkan Anda selesai mempelajari Topik 1 tentang anatomi fisiologi sistem pencernaan? Apabila belum, selesaikan terlebih dahulu agar Anda segera bisa melanjutkan ke Topik 2 yang membahas tentang Anatomi Fisiologi ginjal dan saluran perkemihan.

Sistem perkemihan (ginjal) terdiri dari organ-organ yang memproduksi urin dan mengeluarkannya dari tubuh. Sistem ini merupakan salah satu sistem utama untuk mempertahankan homeostasis (kekonstanan lingkungan internal).

Sistem perkemihan terdiri dari dua **ginjal** yang memproduksi urin; dua **ureter** yang membawa urin ke dalam **kandung kemih** untuk penampungan sementara dan uretra yang mengalirkan urin keluar tubuh melalui **orifisium uretra eksterna**.

1 GINJAL

Ginjal merupakan organ yang berbentuk seperti kacang, berwarna merah tua, terletak di kedua sisi kolumna vertebralis. Ginjal terlindung dengan baik dari trauma langsung karena disebelah posterior dilindungi oleh tulang kosta dan otot-otot yang meliputi kosta, sedangkan dibagian anterior dilindungi oleh bantalan usus yang tebal. Ginjal kanan sedikit lebih rendah dibandingkan dengan ginjal kiri karena tertekan ke bawah oleh hati. Pada orang dewasa ginjal panjangnya 12-13 cm, tebalnya 6 cm, dan beratnya 120-150 gram.

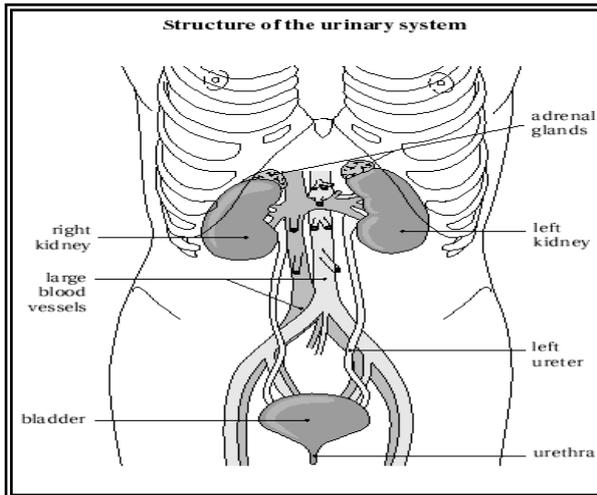
Ginjal melakukan fungsi vital sebagai pengatur volume dan komposisi kimia darah dan lingkungan dalam tubuh dengan mengekskresikan solute dan air secara selektif. Fungsi vital ginjal dilakukan dengan filtrasi plasma darah melalui glomerulus diikuti dengan reabsorpsi sejumlah solute dan air dalam jumlah yang tepat di sepanjang tubulus ginjal. Kelebihan solute dan air akan diekskresikan keluar tubuh sebagai kemih melalui system pengumpul.

1.1 Struktur Anatomi Ginjal

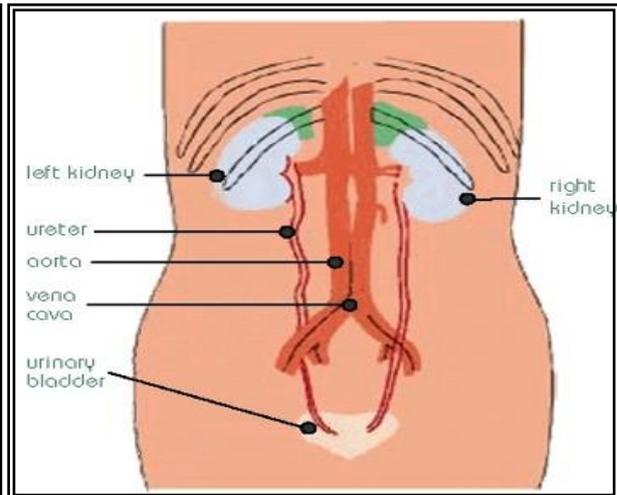
Pada orang dewasa ginjal panjangnya 12 sampai 13 cm, lebarnya 6 cm, dan beratnya antara 120-150 gram. Sembilan puluh lima persen (95%) orang dewasa memiliki jarak antar kutub ginjal antara 11-15 cm. Perbedaan panjang dari kedua ginjal yang lebih dari 1,5 cm atau perubahan bentuk merupakan tanda yang penting karena kebanyakan penyakit ginjal dimanifestasikan dengan perubahan struktur.

Potongan longitudinal ginjal memperlihatkan dua daerah yang berbeda yaitu *korteks* di bagian luar dan *medula* di bagian dalam.

Pengetahuan anatomi ginjal merupakan dasar untuk memahami pembentukan urine. Pembentukan urine dimulai dalam korteks dan berlanjut selama bahan pembentukan urine tersebut mengalir melalui tubulus dan duktus kolektif. Urine yang terbentuk kemudian mengalir ke dalam duktus Papilaris Bellini, masuk kaliks minor, kaliks mayor, pelvis ginjal dan akhirnya meninggalkan ginjal melalui ureter menuju kandung kemih.



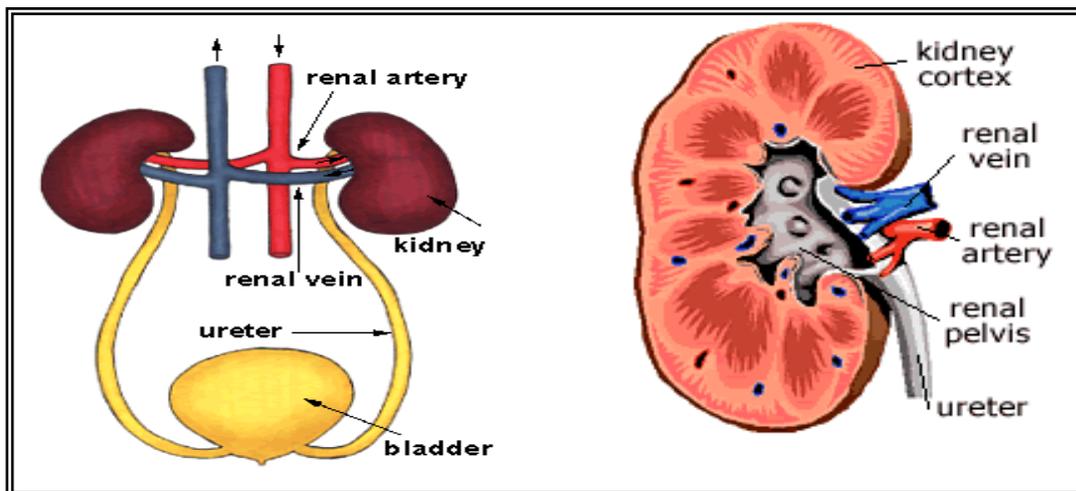
Gambar 7.1. Struktur sistem perkemihan



Gambar 7.2. Letak ginjal

1.2 Aliran Darah Ginjal

Aorta abdominalis bercabang menjadi arteri renalis kira-kira setinggi vertebra lumbalis 2. Karena aorta terletak di sebelah kiri garis tengah maka arteri renalis kanan lebih panjang dari arteri renalis kiri. Setiap arteri renalis bercabang sewaktu masuk ke dalam hilus ginjal.



Gambar 7.3. Aliran darah ginjal

Vena renalis menyalurkan darah ke dalam vena kava inferior yang terletak di sebelah kanan garis tengah. Akibatnya vena renalis kiri kira-kira dua kali lebih panjang dari vena renalis kanan. Karena gambaran anatomis ini maka ahli bedah transplantasi biasanya lebih suka memilih ginjal kiri donor yang kemudian di putar dan ditempatkan pada pelvis kanan resipien.

Saat arteri renalis masuk ke dalam hilus, arteri tersebut bercabang menjadi arteria interlobaris yang berjalan di antara piramid, selanjutnya membentuk arteria arkuata yang melengkung melintasi basis piramid-piramid tersebut.

Arteria arkuata kemudian membentuk arteriola-arteriola interlobularis yang tersusun paralel dalam korteks. Arteriola interlobularis ini selanjutnya membentuk *arteriola aferen*. Arteriola aferen akan berakhir pada rumbai-rumbai kapiler yang disebut *glomerulus*. Rumbai-rumbai kapiler atau glomeruli bersatu membentuk *arteriola eferen* yang kemudian bercabang-cabang membentuk sistem portal kapiler yang mengelilingi tubulus dan kadang-kadang disebut *kapiler peritubular*. Darah yang mengalir melalui sistem portal ini akan dialirkan ke dalam jalinan vena, selanjutnya menuju vena interlobularis, vena arkuata, vena interlobaris dan vena renalis, dan akhirnya mencapai *vena cava inferior*.

1.2.1 Gambaran khusus aliran darah ginjal

Ginjal dilalui oleh sekitar 1.200 ml darah per menit, suatu volume yang sama dengan 20-25 persen curah jantung (5.000 ml per menit). Lebih dari 90% darah yang masuk ke ginjal berada pada korteks, sedangkan sisanya dialirkan ke medula.

Sifat khusus aliran darah ginjal adalah otoregulasi aliran darah melalui ginjal. Arteriola aferen mempunyai kapasitas intrinsik yang dapat merubah resistensinya sebagai respons terhadap perubahan tekanan darah arteri, dengan demikian mempertahankan aliran darah ginjal dan dan filtrasi glomerulus tetap konstan. Fungsi ini efektif pada tekanan arteri antara 80-180 mmHg. Hasilnya adalah dapat mencegah terjadinya perubahan besar pada ekskresi solut dan air.

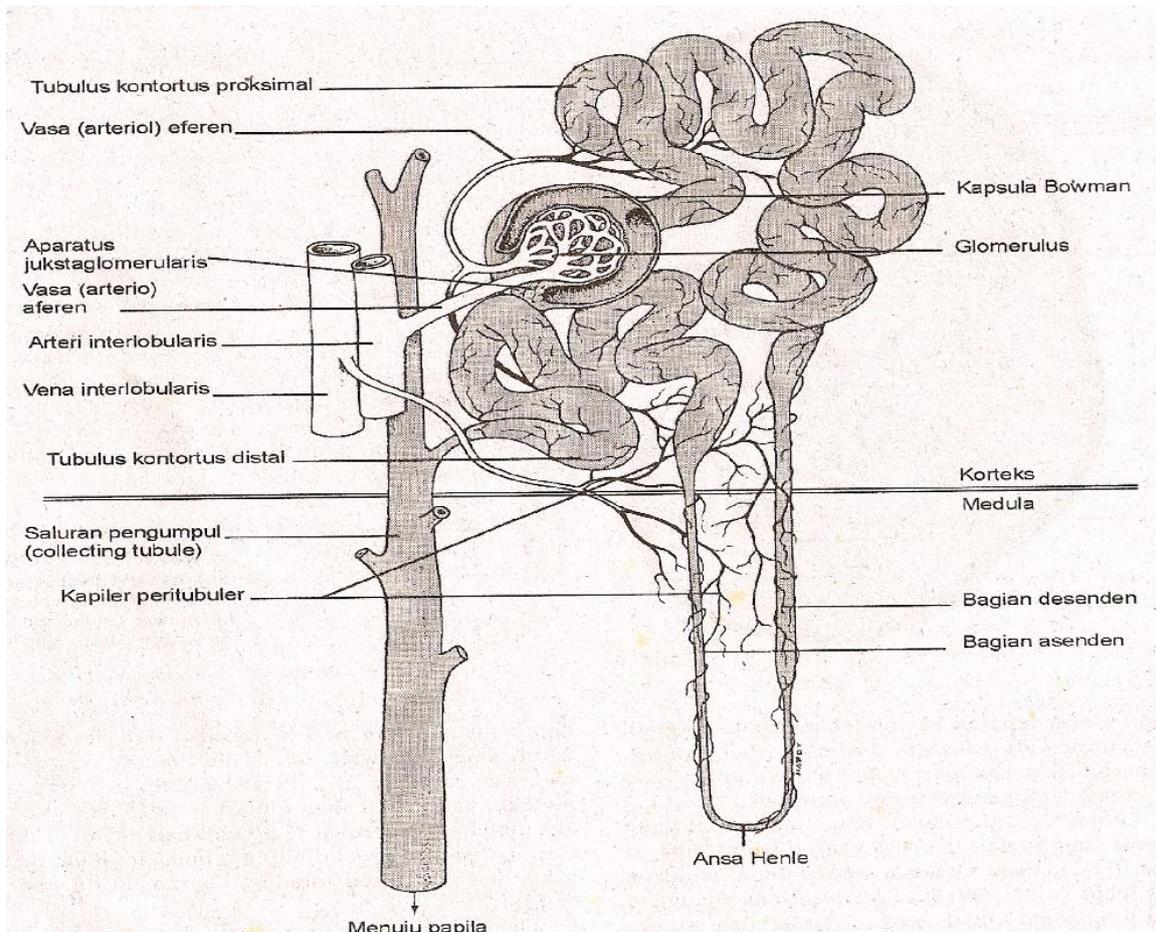
Saraf-saraf renal dapat menyebabkan vasokonstriksi pada keadaan darurat dan dengan demikian mengalirkan darah dari ginjal ke jantung, otak atau otot rangka dengan mengorbankan ginjal.

a. Struktur Mikroskopik Ginjal

1) Nefron

Nefron adalah unit fungsional ginjal. Dalam setiap ginjal terdapat sekitar 1 juta nefron yang pada dasarnya mempunyai struktur dan fungsi yang sama. Setiap nefron terdiri dari *Kapsula Bowman*, yang mengitari rumbai kapiler glomerulus, *Tubulus Proksimal*, Lengkung *Henle*, dan *Tubulus distal*, yang mengosongkan diri ke dalam *Duktus Kolektivus*.

Seorang normal masih dapat bertahan walaupun dengan susah payah, dengan jumlah nefron kurang dari 20.000 atau 1% dari massa nefron total. Dengan demikian, masih mungkin untuk menyumbangkan satu ginjal untuk transplantasi tanpa membahayakan kehidupan.



Gambar 7.4. Struktur nefron

2) Korpuskulus Ginjal

Korpuskulus ginjal terdiri dari *Kapsula Bowman* dan rumbai kapiler glomerulus. Istilah *glomerulus* seringkali digunakan untuk menyatakan *korpuskulus ginjal*. Kapsula bowman merupakan suatu invaginasi dari tubulus proksimal. Kapsula bowman dilapisi oleh sel-sel epitel, yaitu sel epitel parietal dan sel-sel epitel viseral.

3) Aparatus Jukstaglomerulus

Dari setiap nefron, bagian pertama dari tubulus distal berasal dari medula sehingga terletak dalam sudut yang terbentuk antara arterioli aferen dan eferen dari glomerulus nefron yang bersangkutan. Pada lokasi ini sel-sel Jukstaglomerulus dinding arterioli aferen mengandung granula sekresi yang diduga mengeluarkan renin. *Renin*, adalah suatu enzim yang penting pada pengaturan tekanan darah.

Terdapat 2 (dua) teori penting mengenai pengaturan pengeluaran renin. Menurut teori pertama, sel-sel jukstaglomerulus berfungsi sebagai *Baroreseptor* (sensor tekanan) yang sensitif terhadap aliran darah melalui arteriola aferen.

Penurunan tekanan arteria akan merangsang peningkatan granularitas sel-sel jukstaglomerulus sehingga mengeluarkan renin.

Menurut teori kedua, sel-sel makula densa tubulus distal bertindak sebagai kemoreseptor yang sensitif terhadap natrium dari cairan tubulus. Peningkatan kadar natrium dalam tubulus distal akan mempengaruhi sel-sel jukstaglomerulus sehingga meningkatkan pengeluaran renin. Tetapi penurunan kadar natrium dalam tubulus tidak dapat menurunkan pengeluaran renin, karena kadar natrium dalam tubulus distal normalnya cukup rendah. Juga ada bukti, bahwa *sistem saraf simpatis* dan *katekolamin* dapat mempengaruhi sekresi renin.

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 (Na^+) mengakibatkan peningkatan reabsorpsi air, dengan demikian volume plasma akan meningkat. Peningkatan volume plasma ikut berperan dalam peningkatan tekanan darah yang selanjutnya akan mengurangi iskemia ginjal.

b. Fisiologi Dasar Ginjal

Fungsi primer ginjal adalah mempertahankan volume dan komposisi cairan ekstrasel dalam batas-batas normal. Komposisi dan volume cairan ekstrasel ini dikontrol oleh filtrasi glomerulus, reabsorpsi dan sekresi tubulus.

Tabel 7.1. Fungsi utama ginjal

Fungsi utama ginjal	
Fungsi ekskresi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mempertahankan osmolalitas plasma sekitar 285 mili osmol. ▪ Mempertahankan kadar masing-masing elektrolit plasma dalam rentang normal. ▪ Mempertahankan pH plasma sekitar 7,4 ▪ Mengekskresikan urea, asam urat dan kreatinin.
Fungsi nonekskresi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menghasilkan renin, penting untuk pengaturan tekanan darah. ▪ Menghasilkan eritropoetin, faktor dalam stimulasi produksi sel darah merah oleh sumsum tulang. ▪ Metabolisme vitamin D menjadi bentuk aktifnya. ▪ Degradasi insulin ▪ Menghasilkan prostaglandin.

1.2.2 Ultrafiltrasi Glomerulus

Pembentukan urine dimulai dengan proses filtrasi plasma pada glomerulus. Aliran darah ginjal atau *Renal Blood Flow* (RBF) adalah sekitar 25% dari curah jantung atau sekitar

1.200 ml/menit. Bila hematokrit normal dianggap 45%, maka aliran plasma ginjal atau *Renal Plasma Flow* (RPF) sama dengan 660 ml/menit ($0,55 \times 1.200 = 660$).

Sekitar seperlima dari plasma atau 125 ml/menit dialirkan melalui glomerulus ke kapsula bowman, yang dikenal dengan istilah *Glomerular Filtration Rate* (GFR) atau laju filtrasi glomerulus adalah jumlah filtrat yang terbentuk per menit.. Proses filtrasi pada glomerulus dinamakan *Ultrafiltrasi glomerulus*, karena filtrat primer mempunyai komposisi sama seperti plasma kecuali tanpa protein.⁷⁸⁸

Tekanan-tekanan yang berperan dalam proses laju filtrasi glomerulus seluruhnya bersifat *pasif*, dan tidak membutuhkan energi metabolik untuk proses filtrasi tersebut. Tekanan filtrasi berasal dari perbedaan tekanan yang terdapat dalam antara kapiler glomerulus dan Kapsula Bowman.

Tekanan hidrostatik dalam darah kapiler glomerulus mempermudah filtrasi dan kekuatan ini dilawan oleh tekanan hidrostatik filtrat dalam kapsula bowman serta tekanan osmotik koloid darah. Tekanan osmotik koloid pada hakekatnya adalah nol. Tekanan kapiler glomerulus sekitar 50 mmHg (Pitts, 1974), sedangkan tekanan intrakapsular sekitar 10 mmHg. Tekanan osmotik koloid darah besarnya sekitar 30 mmHg. Dengan demikian, tekanan filtrasi bersih dari glomerulus besarnya sekitar 10 mmHg.

Cara yang paling akurat untuk mengukur GFR adalah dengan menggunakan *inulin*, yaitu suatu zat yang difiltrasi glomerulus dengan bebas dan tidak diekskresi maupun diabsorpsi oleh tubulus.

Bersihan atau *Clearence* suatu zat adalah besarnya volume plasma dari zat tersebut dibersihkan oleh ginjal per unit waktu. Bersihan inulin akan tepat sama dengan GFR.

1.2.3 Reabsorpsi dan Sekresi Tubulus

Filtrat atau zat-zat yang difiltrasi ginjal dibagi dalam 3 kelas, yaitu:

- a. Elektrolit, yaitu: natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{++}), magnesium (Mg^{++}), bikarbobat (HCO_3^-), klorida (Cl^-), dan fosfat (HPO_4^-).
- b. Non elektrolit, yaitu: glukosa, asam amino, dan metabolit hasil metabolisme protein seperti urea, asam urat, dan kreatinin.
- c. Air.

Setelah filtrasi, langkah kedua dalam proses pembentukan urine adalah reabsorpsi selektif zat-zat yang sudah difiltrasi. Proses reabsorpsi dan sekresi berlangsung baik melalui mekanisme transpor aktif maupun pasif. Transpor aktif yaitu jika suatu zat di transpor melawan suatu perbedaan elektrokimia, yaitu melawan perbedaan potensial listrik, potensial kimia, atau keduanya. Proses ini membutuhkan energi. Sedangkan transpor pasif yaitu jika zat yang di reabsorpsi atau disekresi bergerak mengikuti perbedaan elektrokimia yang ada. Selama proses perpindahan zat tersebut tidak dibutuhkan energi.

- a. Glukosa dan asam amino diabsorpsi seluruhnya di sepanjang tubulus proksimal dengan mekanisme transpor aktif.

- b. Kalium dan asam urat hampir seluruhnya diabsorpsi secara aktif dan keduanya disekresi ke dalam tubulus distal.
- c. Sedikitnya 2/3 natrium yang difiltrasi akan direabsorpsi secara aktif dalam tubulus proksimal. Proses reabsorpsi natrium berlanjut dalam ansa henle, tubulus distal dan duktus kolektivus, sehingga kurang dari 1% dari beban yang difiltrasi akan diekskresikan dalam urine.
- d. Sebagian besar kalsium dan fosfat direabsorpsi dalam tubulus proksimal dengan cara transpor aktif.
- e. Air, klorida, dan urea diabsorpsi dalam tubulus proksimal melalui transpor pasif.

Proses sekresi dan reabsorpsi selektif diselesaikan dalam tubulus distal dan duktus kolektivus. Dua fungsi tubulus distal yang penting adalah pengaturan tahap akhir dari keseimbangan air dan asam basa.

1.2.4 Pengaturan Keseimbangan Air

Konsentrasi total solut cairan tubuh seorang normal adalah sangat konstan meskipun fluktuasi asupan dan ekskresi air dan solut cukup besar. Kadar plasma dan cairan tubuh dapat dipertahankan dalam batas-batas yang sempit melalui pembentukan urine yang jauh lebih pekat atau lebih encer dibandingkan dengan plasma darimana urine dibentuk. Cairan yang banyak diminum menyebabkan cairan tubuh menjadi encer. Urine menjadi encer dan kelebihan air akan diekskresikan dengan cepat. Sebaliknya, pada waktu tubuh kehilangan air dan asupan solut berlebihan menyebabkan cairan tubuh menjadi pekat, maka urine akan sangat pekat sehingga solut banyak terbuang dalam air. Air yang dipertahankan cenderung mengembalikan cairan tubuh kembali pada konsentrasi solut yang normal.

1.2.5 Konsentrasi Osmotik

Konsentrasi osmotik (*osmolalitas*) menyatakan jumlah partikel yang larut dalam suatu larutan. Jika solut ditambahkan ke dalam air, maka konsentrasi efektif (aktivitas) dari air relatif menurun dibandingkan dengan air murni.

Osmolalitas merupakan suatu konsentrasi dalam hitungan 1000 gram air.

ADH (*Anti Diuretic Hormone*) membantu dalam mempertahankan volume dan osmolalitas cairan ekstraseluler pada tingkat konstan dengan mengatur volume dan osmolalitas urine. Perubahan-perubahan volume plasma atau osmolalitas dari konstan yang ideal adalah 285 mOsmol mengatur pengeluaran ADH. Perbedaan yang hanya sebesar 1-2% dari keadaan ideal mampu merangsang mekanisme untuk mengembalikan osmolalitas plasma ke keadaan normal. Pengeluaran ADH ditingkatkan oleh peningkatan osmolalitas plasma atau penurunan volume plasma.

Peningkatan osmolalitas dan/atau penurunan volume cairan ekstraseluler misalnya dapat disebabkan oleh kekurangan air, kehilangan cairan karena muntah, diare, perdarahan, luka bakar, berkeringat, atau pergeseran cairan seperti pada asites. Dalam ginjal, ADH secara

tidak langsung meningkatkan proses utama yang terjadi dalam ansa henle melalui 2 (dua) mekanisme yang berhubungan satu dengan yang lain:

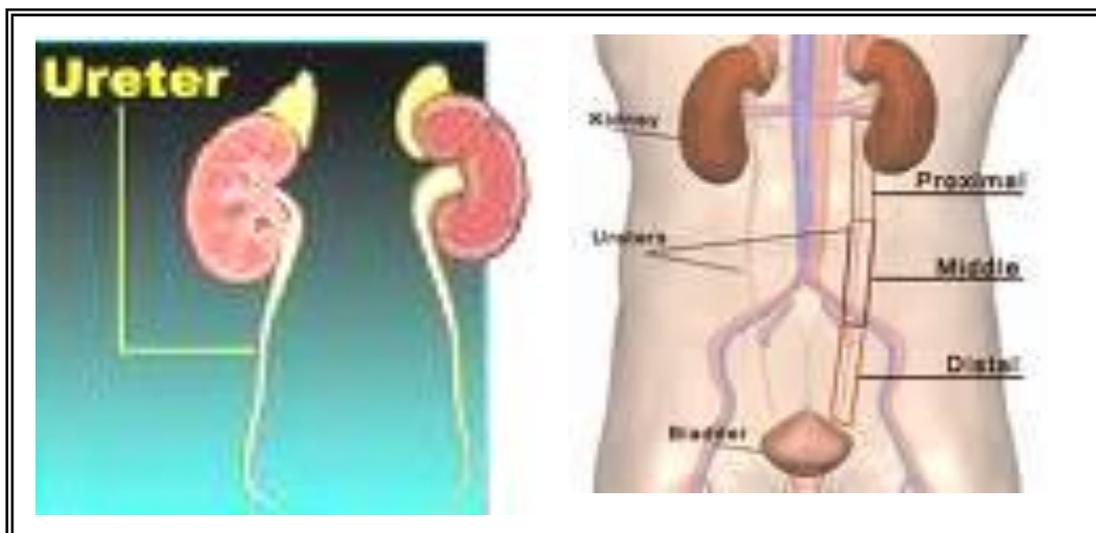
- a. Aliran darah melalui vasa rekta di medula berkurang bila terdapat ADH, sehingga memperkecil pengurangan solut dari interstisial yang selanjutnya menjadi makin hiperosmotik.
- b. ADH meningkatkan permeabilitas duktus kolektivus dan tubulus distal sehingga makin banyak air yang berdifusi keluar untuk membentuk keseimbangan dengan cairan interstisial yang hiperosmotik.

Sebaliknya, osmolalitas plasma yang rendah dan/atau peningkatan volume akibat peningkatan asupan air menghambat pengeluaran ADH. Volume akhir urine yang diekskresi meningkat dan secara osmotik lebih encer.

1.3 Ureter

Ureter adalah perpanjangan tubular berpasangan dan berotot dari pelvis ginjal yang merentang sampai kandung kemih.

- a. Setiap urter panjangnya 25-30 cm atau 10-12 inchi dan berdiameter 4-6 mm.
- b. Dinding ureter terdiri dari 3 lapisan jaringan, yaitu:
 - 1) Lapisan terluar adalah lapisan fibrosa.
 - 2) Lapisan tengah adalah muskularis longitudinal ke arah dalam dan otot polos sirkular ke arah luar.
 - 3) Lapisan terdalam epitelium mukosa yang mensekresi selaput mukus pelindung.
- c. Lapisan otot memiliki aktivitas peristaltik intrinsik. Gelombang peristalsis mengeluarkan urin dari kandung kemih keluar tubuh.



Gambar 7.5. Gambar Ureter

1.4 Kandung kemih

Kandung kemih adalah satu kantung berotot yang dapat mengempis, terletak di belakang simfisis pubis. Kandung kemih mempunyai tiga muara, yaitu dua muara ureter dan satu muara uretra. Sebagian besar dinding kandung kemih tersusun dari otot polos yang disebut *muskulus destrusor*

Dua fungsi kandung kemih adalah:

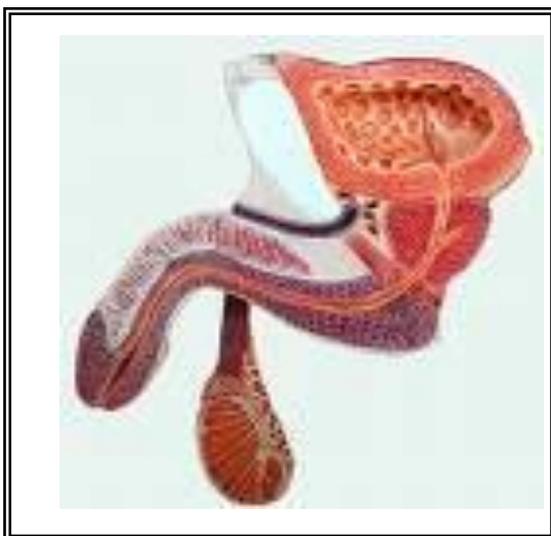
- 1) Sebagai tempat penyimpanan urine sebelum meninggalkan tubuh
- 2) Kandung kemih berfungsi mendorong urin keluar tubuh dengan dibantu uretra.

1.5 Uretra

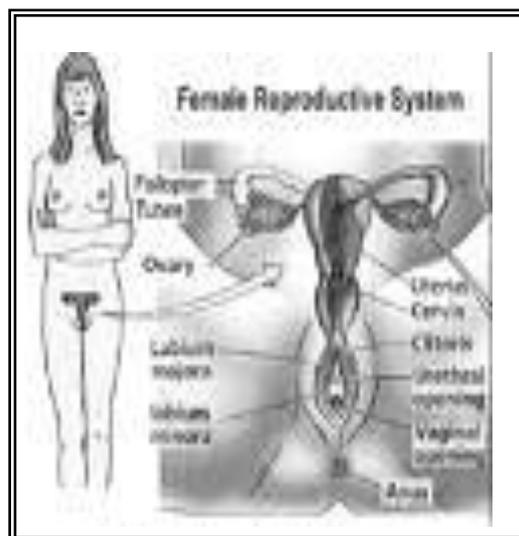
Uretra adalah saluran kecil yang dapat mengembang, berjalan dari kandung kemih sampai ke luar tubuh. Panjangnya pada wanita 1,5 inci dan pada laki-laki sekitar 8 inci. Muara uretra keluar tubuh disebut *meatus urinarius*. Pada laki-laki, kelenjar prostat yang terletak tepat dibawah leher kandung kemih mengelilingi uretra di sebelah posterior dan lateral.

Uretra pada laki-laki terdiri dari:

- a. Uretra prostatia
Uretra prostatia dikelilingi oleh kelenjar prostat. Uretra ini menerima dua duktus ejakulator yang masing-masing terbentuk dari penyatuan duktus aferen dan duktus kelenjar vesikel seminalis, serta menjadi tempat muaranya sejumlah duktus dari kelenjar prostat.
- b. Uretra membranosa
Uretra membranosa adalah bagian yang berdinding tipis dan dikelilingi otot rangka sfingter uretra eksterna.
- c. Uretra kavernosa
Uretra kavernosa merupakan bagian yang menerima duktus kelenjar bulbouretra dan merentang sampai orifisium uretra eksterna pada ujung penis.



Gambar 7.6. Uretra pria



Gambar 7.7. Uretra wanita

Tentang Ginjal:

1. Ginjal merupakan organ yang berbentuk seperti kacang, terletak di kedua sisi kolumna vertebralis. Pada orang dewasa ginjal panjangnya 12-13 cm, tebalnya 6 cm, dan beratnya 120-150 gram. Ginjal terbagi menjadi bagian luar yang disebut *korteks* dan bagian dalam disebut *medulla*. Ginjal memperoleh suplai darah dari arteri renalis yang merupakan cabang dari aorta abdominalis.
2. *Glomerular Filtration Rate* (GFR) adalah jumlah plasma yang melewati glomerulus akan disaring ke dalam nefron dengan jumlah yang mencapai sekitar 180 liter filtrat perhari. Urine yang dihasilkan oleh proses filtrasi kurang lebih 1,5 liter/hari.
3. Fungsi utama ginjal adalah mempertahankan volume dan komposisi cairan ekstra sel dalam batas-batas normal.
4. Ureter merupakan saluran yang panjangnya 10-12 inci, terbentang dari ginjal sampai kandung kemih yang terdiri atas otot polos. Fungsi satu-satunya ureter adalah menyalurkan urine dari ginjal ke kandung kemih.
5. Kandung kemih adalah satu kantung berotot yang dapat mengempis, terletak dibelakang simfisis pubis. Kandung kemih mempunyai tiga muara, yaitu: dua muara ureter dan satu muara uretra.
6. Fungsi kandung kemih adalah sebagai tempat penyimpanan urine sebelum dikeluarkan dari tubuh.
7. Uretra adalah saluran kecil yang dapat mengembang, berjalan dari kandung kemih sampai ke luar tubuh. Panjangnya pada wanita 1,5 inci dan pada laki-laki sekitar 8 inci. Pada laki-laki, kelenjar prostat yang terletak tepat dibawah leher kandung kemih mengelilingi uretra di sebelah posterior dan lateral.

Latihan

- 1) Sebutkan organ-organ pada sistem perkemihan!
- 2) Jelaskan apa yang Saudara ketahui tentang fungsi ginjal?
- 3) Apa yang dimaksud dengan GFR?
- 4) Jelaskan tentang zat yang di filtrasi oleh ginjal.
- 5) Apa yang Saudara ketahui tentang transportasi aktif dan transportasi pasif pada proses reabsorpsi dan sekresi.
- 6) Jelaskan apa yang Saudara ketahui tentang kandung kemih?

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Organ yang termasuk dalam sistem perkemihan adalah : ginjal yaitu organ perkemihan yang berfungsi memproduksi urine, ureter yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan urine dari ginjal ke kandung kecing (*vesica urinaria*), kandung kencing (*vesica urinaria*) organ yang berperan menampung urine sebelum dikeluarkan dan uretra yaitu saluran dari kandung kencing menuju keluar.

- 2) Fungsi primer ginjal adalah mempertahankan volume dan komposisi cairan ekstrasel dalam batas-batas normal. Ada dua fungsi utama ginjal yaitu fungsi Ekskresi yang meliputi: mempertahankan osmolalitas plasma sekitar 285 mili osmol, mempertahankan kadar masing-masing elektrolit plasma dalam rentang normal, Mempertahankan pH plasma sekitar 7,4, dan mengekskresikan urea, asam urat dan kreatinin. Fungsi non ekskresi yaitu menghasilkan renin, penting untuk pengaturan tekanan darah, menghasilkan eritropoietin, faktor dalam stimulasi produksi sel darah merah oleh sumsum tulang, metabolisme vitamin D menjadi bentuk aktifnya, degradasi insulin dan menghasilkan prostaglandin.
- 3) *Glomerular Filtration Rate* (GFR) atau laju filtrasi glomerulus adalah jumlah filtrat yang terbentuk per menit. Proses filtrasi pada glomerulus dinamakan *Ultrafiltrasi glomerulus*, karena filtrat primer mempunyai komposisi sama seperti plasma kecuali tanpa protein.
- 4) Filtrat atau zat-zat yang difiltrasi ginjal dibagi dalam 3 kelas, yaitu: Elektrolit, yaitu: natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{++}), magnesium (Mg^{++}), bikarbobat (HCO_3^-), klorida (Cl^-), dan fosfat (HPO_4^-), Non elektrolit, yaitu: glukosa, asam amino, dan metabolit hasil metabolisme protein seperti urea, asam urat, dan kreatinin, dan air.
- 5) Transpor aktif yaitu jika suatu zat di transpor melawan suatu perbedaan elektrokimia, yaitu melawan perbedaan potensial listrik, potensial kimia, atau keduanya. Proses ini membutuhkan energi. Sedangkan transpor pasif yaitu jika zat yang direabsorpsi atau disekresi bergerak mengikuti perbedaan elektrokimia yang ada. Selama proses perpindahan zat tersebut tidak dibutuhkan energi.
- 6) Kandung kemih adalah satu kantung berotot yang dapat mengempis, terletak di belakang simfisis pubis. Kandung kemih mempunyai tiga muara, yaitu dua muara ureter dan satu muara uretra. Dua fungsi kandung kemih adalah: Sebagai tempat penyimpanan urine sebelum meninggalkan tubuh. Juga berfungsi mendorong urin keluar tubuh dengan dibantu uretra.

Ringkasan

Sistem perkemihan atau [sistem urinaria](#), adalah suatu sistem dimana terjadinya proses penyaringan darah sehingga darah bebas dari zat-zat yang tidak dipergunakan oleh tubuh dan menyerap zat-zat yang masih di pergunakan oleh tubuh. Zat-zat yang tidak dipergunakan oleh tubuh larut dalam air dan dikeluarkan berupa urin (air kemih).

Organ yang mempunyai peran penting dalam sistem perkemihan adalah: ginjal yaitu organ yang berfungsi memproduksi urine, Ureter berfungsi menyalurkan urine dari ginjal menuju ke Kandung kencing (vesika urinaria), kandung kencing (vesika urinaria) berfungsi menampung urine sebelum ke luar dan uretra yaitu saluran yang mengalirkan urine dari kandung kencing menuju keluar.

Ada tiga proses penting dalam fisiologi ginjal meliputi: Filtrasi yaitu sekitar seperlima dari plasma atau 125 ml/menit dialirkan melalui glomerulus ke kapsula bowman, yang

dikenal dengan istilah *Glomerular Filtration Rate* (GFR) atau laju filtrasi glomerulus adalah jumlah filtrat yang terbentuk per menit.. Proses filtrasi pada glomerulus dinamakan *Ultrafiltrasi glomerulus*, karena filtrat primer mempunyai komposisi sama seperti plasma kecuali tanpa protein. Setelah filtrasi, langkah kedua dalam proses pembentukan urine adalah reabsorpsi selektif zat-zat yang sudah difiltrasi, proses terakhir adalah sekresi. Proses reabsorpsi dan sekresi berlangsung baik melalui mekanisme transpor aktif maupun pasif.

Fungsi primer ginjal adalah mempertahankan volume dan komposisi cairan ekstrasel dalam batas-batas normal, disamping itu ginjal mempunyai dua fungsi utama yaitu fungsi ekskresi dan non ekskresi.

Tes 2

- 1) Unit fungsional ginjal adalah
 - A. Sel Junktaglomerulus
 - B. Nefron
 - C. Simpai Bowman
 - D. Glomerulus

- 2) Arteri yang merupakan cabang aorta abdominalis yang menuju ke ginjal adalah
 - A. Arteria lobaris
 - B. Arteria Arcuata
 - C. Arteriole aferren
 - D. Arteria renalis

- 3) Berikut ini hormon yang dikeluarkan oleh sel Junkstaglomerulus ginjal
 - A. Insulin
 - B. Rhenin
 - C. Angiotensin
 - D. Prostaglandin

- 4) Ginjal dalam setiap menit akan dilalui darah sebanyak
 - A. 750 ml
 - B. 1000 ml
 - C. 1250 ml
 - D. d.1500 ml

- 5) Berikan contoh zat yang tidak bisa tersaring dalam proses filtrasi
 - A. Karbo hidrat
 - B. Lemak
 - C. Protein
 - D. Vitamin dan mineral

- 6) Berikan contoh jenis elektrolit yang di filtrasi oleh ginjal
- A. Klorida
 - B. Glukosa
 - C. Asam amino
 - D. asam urat
- 7) Hormon yang mempunyai peran penting dalam proses reabsorpsi dan sekresi adalah
- A. ACTH
 - B. FSH
 - C. ADH
 - D. GH
- 8) Berikut ini merupakan salah satu fungsi ginjal nonekskresi
- A. Mempertahankan pH plasma
 - B. Mempertahankan osmolalitas plasma
 - C. Menghasilkan renin
 - D. Mengeluarkan sisa metabolisme Urea, asam urat dan kreatinin
- 9) Glomerulo Filtration Rate (GFR) dalam keadaan normal adalah
- A. 12,5 ml/menit
 - B. 125 ml/menit
 - C. 1250 ml/menit
 - D. 1200 ml/menit
- 10) Organ dalam sistem perkemihan yang berfungsi menampung urine sebelum ke luar adalah
- A. Ginjal
 - B. Ureter
 - C. Kandung kecing
 - D. Uretra

BAB VIII

ANATOMI FISIOLOGI SISTEM SARAF DAN ENDOKRIN

Kirnantoro

PENDAHULUAN

Tubuh kita dikontrol oleh dua sistem utama yaitu Sistem Persarafan dan Sistem Hormonal (Endokrin). BAB 8 ini membahas tentang ke dua sistem tubuh tersebut dan dibagi menjadi 2 topik yaitu Topik 1 membahas tentang Sistem Persarafan dan Topik 2 tentang Sistem Endokrin.

Setelah selesai mempelajari Bab ini diharapkan Anda mampu menjelaskan tentang Anatomi Fisiologi Sistem Saraf dan Sistem Endokrin. Bacalah Bab ini dengan saksama karena merupakan modal kita untuk mempelajari materi Patofisiologi terkait kelainan- kelainan yang terjadi pada sistem saraf dan endokri. Dalam mempelajari modul ini Anda diasumsikan sudah membaca dan menguasai materi di Bab 1 (Konsep Dasar Sel dalam Biomedik), Bab 2 (Biomekanik, Bioelektrik, dan Fluida dalam keperawatan,), Bab 3 (Biooptik, Bioakustik, dan Biothermik dalam Keperawatan, Bab 4 (Metabolisme Karbohidrat, Protein, dan Lipid), dan Bab 5 (Metabolisme Vitamin, Mineral dan Enzim).

Di dalam tubuh kita terdapat miliaran sel saraf yang membentuk sistem saraf. Sistem saraf manusia tersusun dari sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Sistem saraf pusat terdiri atas otak dan sumsum tulang belakang. Sedangkan sistem saraf tepi terdiri atas sistem saraf somatis dan sistem saraf otonom. Setiap kali kita bicara sistem saraf, maka tidak akan pernah ketinggalan terhadap organ tubuh yang satu ini yaitu Otak. Mengapa? Karena otak inilah memegang peranan penting dalam sistem saraf yang mengatur tubuh kita.

Otak merupakan alat tubuh yang sangat penting dan sebagai pusat pengatur dari segala kegiatan manusia. Otak terletak di dalam rongga tengkorak, beratnya lebih kurang 1/50 dari berat badan. Bagian utama otak adalah otak besar (Cerebrum), otak kecil (Cerebellum), dan batang otak. Otak besar merupakan pusat pengendali kegiatan tubuh yang disadari. Berpikir, berbicara, melihat, bergerak, mengingat, dan mendengar termasuk kegiatan tubuh yang disadari.

Otak kecil terletak di bagian belakang otak besar, tepatnya di bawah otak besar. Otak kecil berfungsi sebagai pengatur keseimbangan tubuh dan mengkoordinasikan kerja otot ketika seseorang akan melakukan kegiatan.

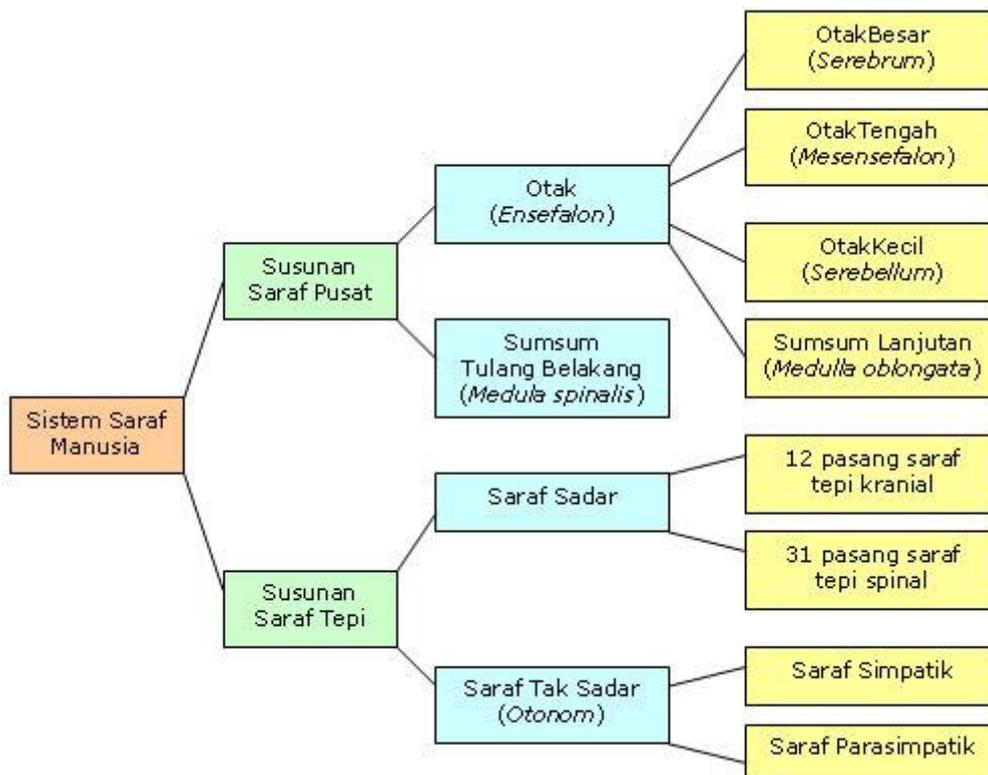
Belajar sistem saraf tidak cukup hanya mempelajari otak saja, karena sistem saraf selain terdiri dari susunan saraf pusat juga terdapat susunan saraf tepi, saraf Kraneal dan Saraf Otonom.

Demikian juga dalam Bab ini akan di bahas Sistem Endokrin beserta hormon-hormon yang dihasilkannya.

Topik 1

Anatomi Sistem Persyarafan

Dalam Topik 1 ini Anda diperkenalkan dengan sistem saraf manusia. Sistem saraf dalam tubuh manusia terdiri dari dua bagian yaitu Susunan Saraf Pusat (Central Nervus System = CNS) dan Sistem Saraf Perifer (Pheriferal Nervus System = PNS). Sistem Saraf Pusat meliputi Otak (Encephalon) dan Sumsum Tulang Belakang (Medulla Spinalis). Sedangkan Sistem Saraf Tepi terdiri dari saraf sadar dan saraf tak sadar (otonom).



Bagan 8.1. Sistem saraf pada manusia

1 SUSUNAN SARAF PUSAT

1.1 Otak

a. Serebrum (otak besar)

Serebrum terdiri dari dua belahan otak yang dihubungkan dengan bundel serat saraf, corpus callosum. Otak besar merupakan yang terbesar dan paling terlihat, muncul sebagai pegunungan dilipat dan alur, disebut convolutions. Istilah-istilah berikut yang digunakan untuk menggambarkan para convolutions:

Sebuah gyrus (jamak, gyri) adalah bubungan tinggi di antara convolutions.

Sebuah sulkus (jamak, sulci) adalah alur dangkal antara convolutions.

Fisura adalah suatu alur antara convolutions.

Celah yang lebih dalam membagi otak menjadi lima lobus (paling bernama setelah berbatasan tulang tengkorak)-lobus frontal, parietal, temporal, lobus oksipital, dan insula. Semua kecuali insula terlihat dari permukaan luar dari otak.

Sebuah penampang otak menunjukkan tiga lapisan yang berbeda dari jaringan saraf:

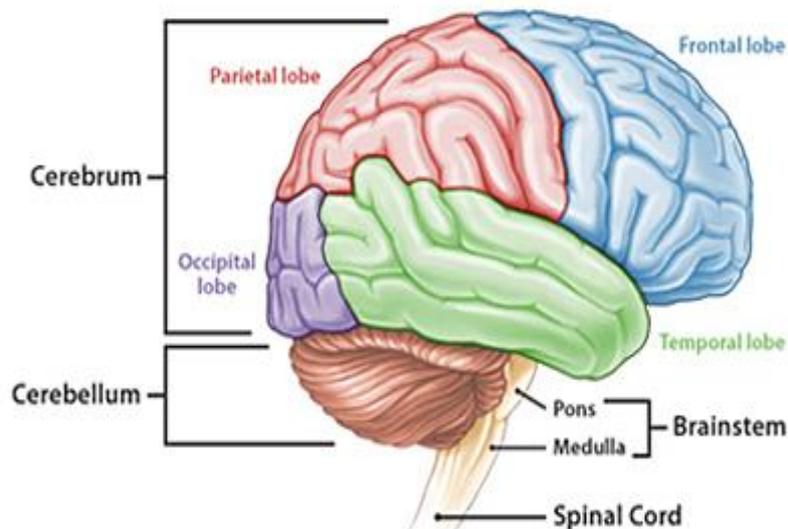
Korteks serebral adalah lapisan luar yang tipis dari materi abu-abu yang mengontrol pikiran sadar, dan otot skeletal.

Kegiatan-kegiatan ini dikelompokkan ke dalam area motorik, daerah sensorik, dan daerah asosiasi.

Materi putih otak mendasari korteks serebral dan sebagian besar berisi myelinated akson yang menghubungkan belahan otak (serat asosiasi), hubungkan gyri dalam hemisfer (serat commissural), atau menghubungkan otak ke sumsum tulang belakang (serat proyeksi).

Corpus callosum adalah kumpulan utama asosiasi serat yang membentuk jalur saraf yang menghubungkan dua otak belahan otak.

Ganglia basal (basal inti) merupakan kantong beberapa materi abu-abu yang terletak jauh di dalam materi putih otak. Daerah utama basal ganglia di inti caudate, putamen, dan globus pallidus terlibat dalam menyampaikan dan memodifikasi saraf impuls melewati dari korteks otak ke sumsum tulang belakang. Misalnya lengan berayun sambil berjalan, dikendalikan di sini.



Gambar 8.1. Bagian-bagian Otak

b. Diensefalon

Diencephalon menghubungkan otak besar ke batang otak. Terdiri dari wilayah utama sebagai berikut:

Talamus adalah stasiun relay untuk impuls saraf sensorik bepergian dari sumsum tulang belakang untuk otak besar. Beberapa impuls saraf diurutkan dan dikelompokkan di sini sebelum dikirim ke otak besar.

Beberapa sensasi, seperti nyeri, tekanan, dan suhu, dievaluasi di sini juga.

Epithalamus mengandung kelenjar pineal. Kelenjar pineal secretes melatonin, hormon yang membantu mengatur biologi jam (siklus tidur-bangun).

Hipotalamus mengatur berbagai kegiatan tubuh yang penting. Hipotalamus mengontrol sistem saraf otonom dan mengatur emosi, perilaku, lapar, haus, suhu tubuh, dan jam biologis. Hal ini juga menghasilkan dua hormon (ADH dan oksitosin) dan melepaskan berbagai hormon yang mengontrol hormon produksi di kelenjar hipofisis anterior.

Struktur berikut ini disertakan dan dihubungkan dengan hipotalamus.

Badan mammillary menyampaikan sensasi penciuman.

Infundibulum menghubungkan kelenjar pituitari ke hipotalamus.

Chiasma optik lewat di antara hipotalamus dan kelenjar hipofisis.

Batang otak menghubungkan diencephalon ke sumsum tulang belakang. Batang otak menyerupai sumsum tulang belakang, terdiri dari materi berwarna putih yang mengelilingi inti materi abu-abu. Batang otak terdiri dari empat wilayah berikut, yang semuanya menyediakan koneksi antara berbagai bagian dari otak dan antara otak dan sumsum tulang belakang.

c. Otak tengah

Otak tengah adalah bagian paling atas dari batang otak.

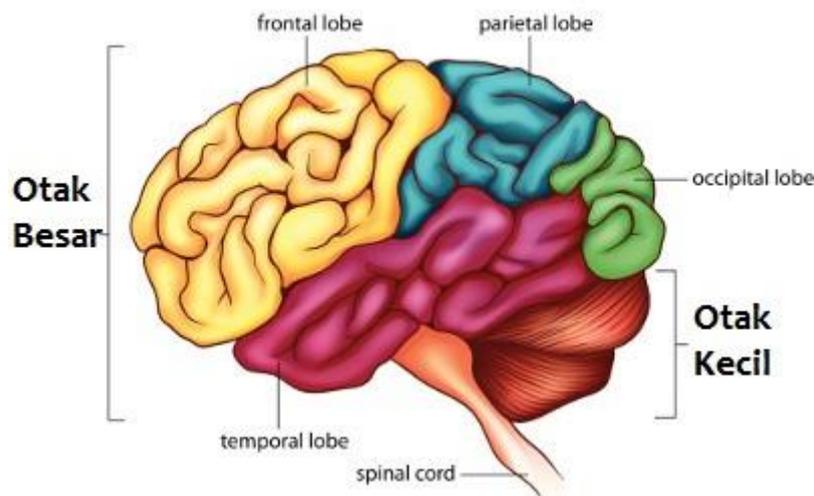
Pons adalah wilayah menggembung di tengah batang otak.

Medulla oblongata (medulla) adalah bagian bawah otak batang yang menggabungkan dengan sumsum tulang belakang pada foramen magnum.

Formasi reticular terdiri dari kelompok kecil materi abu-abu diselingi dalam materi putih dari batang otak dan beberapa daerah dari sumsum tulang belakang, diencephalon, dan otak kecil. Sistem aktivasi retikuler (RAS), salah satu komponen dari formasi reticular, bertanggung jawab untuk menjaga terjaga dan kewaspadaan dan untuk menyaring informasi sensorik penting. Komponen lain dari formasi reticular bertanggung jawab untuk menjaga otot dan mengatur motorik viseral otot.

d. Otak Kecil

Otak kecil terdiri dari wilayah tengah, vermis, dan dua lobus, belahan cerebellar. Permukaan otak kecil yang berbelit-belit tetapi gyri disebut folia, yang paralel dan memberikan penampilan lipit. Otak kecil mengevaluasi dan koordinat gerakan motor dengan membandingkan gerakan tulang yang sebenarnya dengan gerakan yang dimaksudkan.



Gambar 8.2. Otak Kecil

Sistem limbik adalah jaringan neuron yang membentang di atas berbagai daerah otak. Sistem limbik memaksakan aspek emosional untuk perilaku, pengalaman, dan kenangan. Emosi seperti kesenangan, ketakutan, kemarahan, kesedihan, dan kasih sayang yang disampaikan kepada peristiwa dan pengalaman. Sistem limbik menyelesaikannya dengan sistem saluran serat (materi putih) dan materi abu-abu yang meliputi diencephalon dan mengelilingi bagian dalam perbatasan dari otak besar.

Komponen-komponennya sebagai berikut:

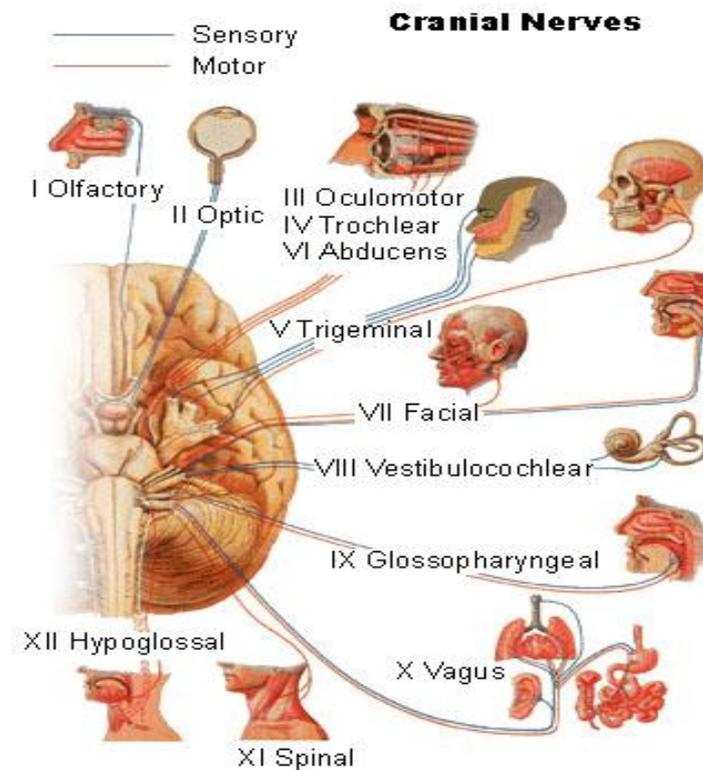
- 1) Hippocampus (terletak di belahan otak).
- 2) Gyrus dentate (terletak di belahan otak).
- 3) Amigdala (amygdaloid tubuh) (badan berbentuk almond terkait dengan nukleus berekor dari ganglia basal).

1.2 Saraf Kranial

Saraf kranial merupakan saraf PNS yang berasal dari atau berhenti dalam otak. Ada 12 pasang saraf kranial, yang semuanya melewati foramina tengkorak. Terdapat 2 jenis saraf kranial, yakni berupa saraf sensorik (hanya didominasi serat sensorik) dan saraf campuran (mengandung serat sensorik dan serat motorik).

No.	Nama	Jenis	Fungsi
I	Olfaktori	Sensori	Menerima rangsang dari hidung dan menghantarkannya ke otak untuk diproses sebagai sensasi bau
II	Optik	Sensori	Menerima rangsang dari mata dan menghantarkannya ke otak untuk diproses sebagai persepsi visual
III	Okulomotor	Motorik	Menggerakkan sebagian besar otot mata
IV	Troklear	Motorik	Menggerakkan beberapa otot mata
V	Trigeminal Cabang Optalmik	Sensori	Sensori: Menerima rangsangan dari wajah untuk diproses di otak sebagai sentuhan Motorik: Menggerakkan rahang
	Trigeminal Cabang Maksilar	Sensori	
	Trigeminal	Gabungan	

No.	Nama	Jenis	Fungsi
	Cabang Mandibularis		
VI	Abdusen	Motorik	Abduksi mata
VII	Fasial	Gabungan	Sensorik: Menerima rangsang dari bagian anterior lidah untuk diproses di otak sebagai sensasi rasa Motorik: Mengendalikan otot wajah untuk menciptakan ekspresi wajah
VIII	Vestibulokoklear Cabang Koklear	Sensori	Sensori koklea: Menerima rangsang untuk diproses di otak sebagai suara
	Vestibulokoklear Cabang Vestibular	Sensori	Sensori sistem vestibular: Mengendalikan keseimbangan
IX	Glosfaringeal	Gabungan	Sensori: Menerima rangsang dari bagian posterior lidah untuk diproses di otak sebagai sensasi rasa Motorik: Mengendalikan organ-organ dalam
X	Vagus	Gabungan	Sensori: Menerima rangsang dari organ dalam Motorik: Mengendalikan organ-organ dalam
XI	Aksesori	Motorik	Mengendalikan pergerakan kepala
XII	Hipoglosal	Motorik	Mengendalikan pergerakan lidah



Gambar 8.3. Saraf Kraneal

1.3 Saraf Otonom

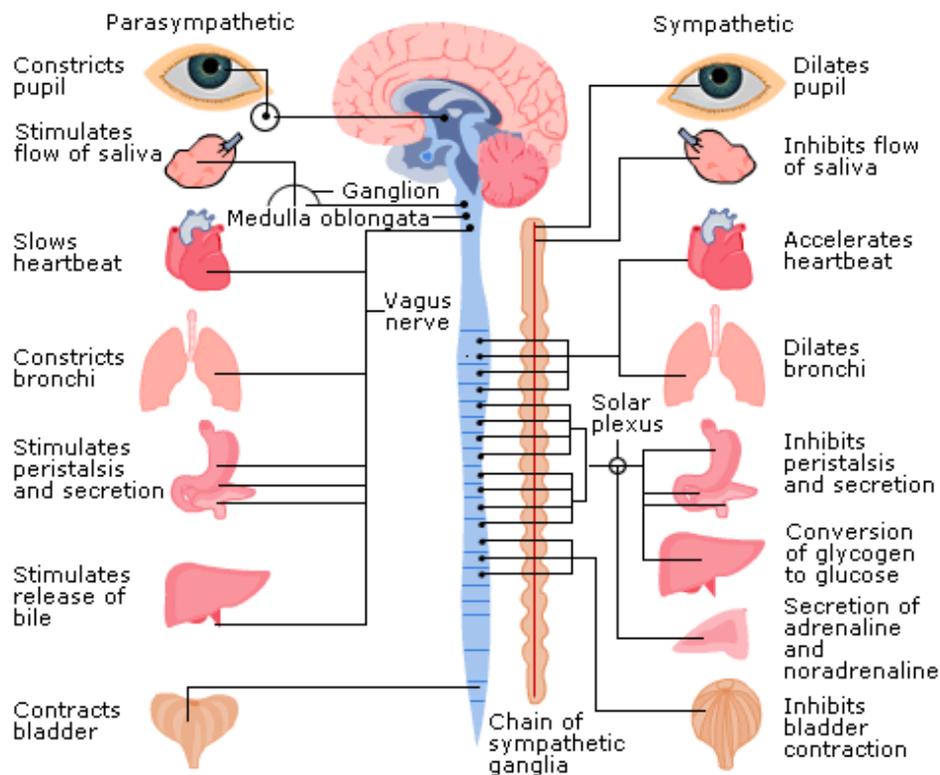
Saraf otonom terdiri neuron motorik yang mengontrol otot polos, otot jantung, dan kelenjar. Selain itu, ANS memonitor organ visceral dan pembuluh darah dengan neuron sensorik, yang memberikan informasi masukan untuk sistem saraf pusat.

Saraf otonom dibagi lagi menjadi sistem saraf simpatik dan parasimpatis sistem saraf. Kedua sistem ini dapat merangsang dan menghambat efektor. Namun, kedua sistem bekerja

antagonis. Masing-masing sistem mempersiapkan tubuh untuk berbagai jenis situasi, sebagai berikut.

Sistem saraf simpatik mempersiapkan tubuh untuk situasi membutuhkan kewaspadaan atau kekuatan atau situasi yang membangkitkan rasa takut, marah, kegembiraan, atau malu. Dalam jenis situasi, sistem saraf simpatik merangsang jantung otot untuk meningkatkan denyut jantung, menyebabkan pelebaran bronchioles, dilatasi paru-paru (asupan oksigen meningkat), dan menyebabkan darah kapal yang memasok jantung dan otot rangka (pasokan darah meningkat). Medula adrenal dirangsang untuk melepaskan epinefrin (adrenalin) dan norepinefrin (noradrenalin), yang pada gilirannya meningkatkan tingkat metabolisme sel dan merangsang hati untuk melepaskan glukosa menjadi darah. Kelenjar keringat dirangsang untuk memproduksi keringat. Selain itu, sistem saraf simpatik mengurangi aktivitas berbagai "tenang" fungsi tubuh, seperti pencernaan dan fungsi ginjal.

Sistem saraf parasimpatis aktif selama periode pencernaan dan istirahat. Ini merangsang produksi enzim pencernaan dan merangsang proses pencernaan, buang air kecil buang air besar, dan itu mengurangi tekanan darah dan detak jantung dan pernapasan dan melestarikan energi melalui relaksasi dan istirahat.



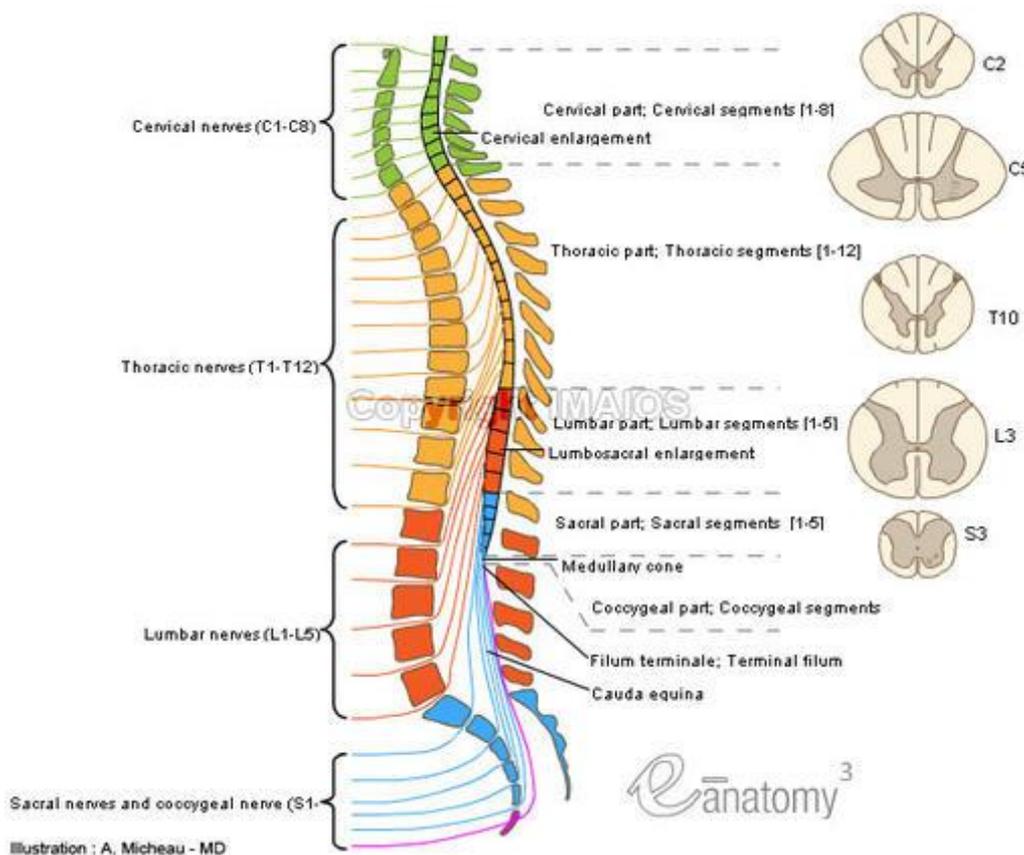
Gambar 8.4. Saraf Otonom (Simpatis dan Parasimpatis)

2 MEDULLA SPINALIS (SUMSUM TULANG BELAKANG)

Sumsum tulang belakang merupakan perpanjangan dari batang otak yang dimulai pada foramen magnum dan terus turun melalui kanal vertebral ke lumbal pertama vertebra (L1). Sumsum tulang belakang terletak di posisi akhir lebih rendah sebesar filum terminal tersebut, perpanjangan piameter yang melekat pada tulang ekor. Seiring dengan panjang, sumsum tulang belakang diadakan dalam kanal vertebral oleh ligamen denticulate, lateral yang ekstensi dari piameter yang menempel pada selubung dural.

Bagian eksternal pada sumsum tulang adalah sebagai berikut:

1. Saraf tulang belakang muncul berpasangan, satu dari setiap sisi tulang belakang yang sama panjang.
2. Pembesaran serviks adalah pelebaran di bagian atas dari tulang belakang kabel (C4 ke T1). Saraf yang memperpanjang ke tungkai atas berasal atau berakhir sini.
3. Pembesaran lumbal adalah pelebaran di bagian bawah tulang belakang kabel (T9 untuk T12). Saraf yang memperpanjang ke tungkai bawah atau berasal berakhir sini.
4. Fisura median anterior dan posterior sulkus median dua alur yang menjalankan panjang dari sumsum tulang belakang pada anterior dan posterior permukaan, masing-masing.
5. Cauda equina adalah saraf yang menempel pada ujung kabel tulang belakang dan terus berjalan ke bawah sebelum berbalik lateral ke bagian lain dari tubuh.



Gambar 8.5. Medulla Spinalis

2.1 Fenomena Listrik dalam sel-sel saraf

Kecepatan impuls saraf dipengaruhi oleh:

a. Serat saraf

b. Ada tidaknya mielin

Mielin = isolator yang baik; kemampuan mengaliri listrik rendah

Akson tanpa mielin kec = 20-50 m/detik ($\Phi = 1 \text{ mm}$)

Akson dengan mielin kec = 100 m/detik ($\Phi = 10 \mu\text{m}$)

Kelistrikan pada sinaps & neuromyal, junction

Hubungan antara 2 saraf = sinapsis

Berakhirnya saraf pada otot = neuromyal junction

Sinaps & neuromyal junction mampu meneruskan gel. Depolarisasi dengan cara lompat dari satu sel ke sel berikutnya depolarisasi → zat kimia pada otot bergetar menyebabkan kontraksi otot → repolarisasi sel otot → relaksasi.

2.2 Fungsi Bagian-Bagian Otak

a. Lobus Frontal, sebagai kontrol sadar otot rangka, proses intelektual, dan berguna pada komunikasi verbal.

b. Lobus Parietal, mengontrol adanya sensasi pada kulit dan otot, mengontrol ucapan.

c. Lobus Temporal, menafsirkan sensasi pendengaran, memori pendengaran dan penglihatan.

d. Lobus Oksipital, mengintegrasikan pergerakan fokus mata, mengatur hubungan gambar visual dengan pengalaman sebelumnya, dan penglihatan sadar.

e. Insular, mengatur memori dan mengintegrasikan aktivitas serebral lainnya.

2.3 Fungsi Medulla Spinalis dan saraf-sarafnya

Sumsum tulang belakang memiliki dua fungsi:

a. Transmisi impuls saraf. Neuron dalam materi putih dari sumsum tulang belakang mengirimkan sinyal sensorik dari daerah pinggiran ke otak dan motorik sinyal dari otak ke daerah perifer.

b. Spinal refleks. Neuron di materi abu-abu dari sumsum tulang belakang mengintegrasikan masuk sensorik informasi dan merespon dengan impuls motor yang kontrol otot (skeletal, halus, atau jantung) atau kelenjar.

Saraf-Saraf tulang belakang:

a. Sebuah saraf tulang belakang muncul di dua poin dari sumsum tulang belakang, yang ventral dan dorsal akar.

b. Akar ventral dan dorsal bergabung untuk membentuk saraf tulang belakang secara keseluruhan.

c. Saraf tulang belakang muncul dari kolom tulang belakang melalui sebuah lubang (foramen intervertebralis) antara tulang yang berdekatan. Ini benar untuk semua saraf

tulang belakang kecuali untuk saraf tulang belakang pertama (pasangan), yang muncul antara tulang oksipital dan atlas (vertebra pertama).

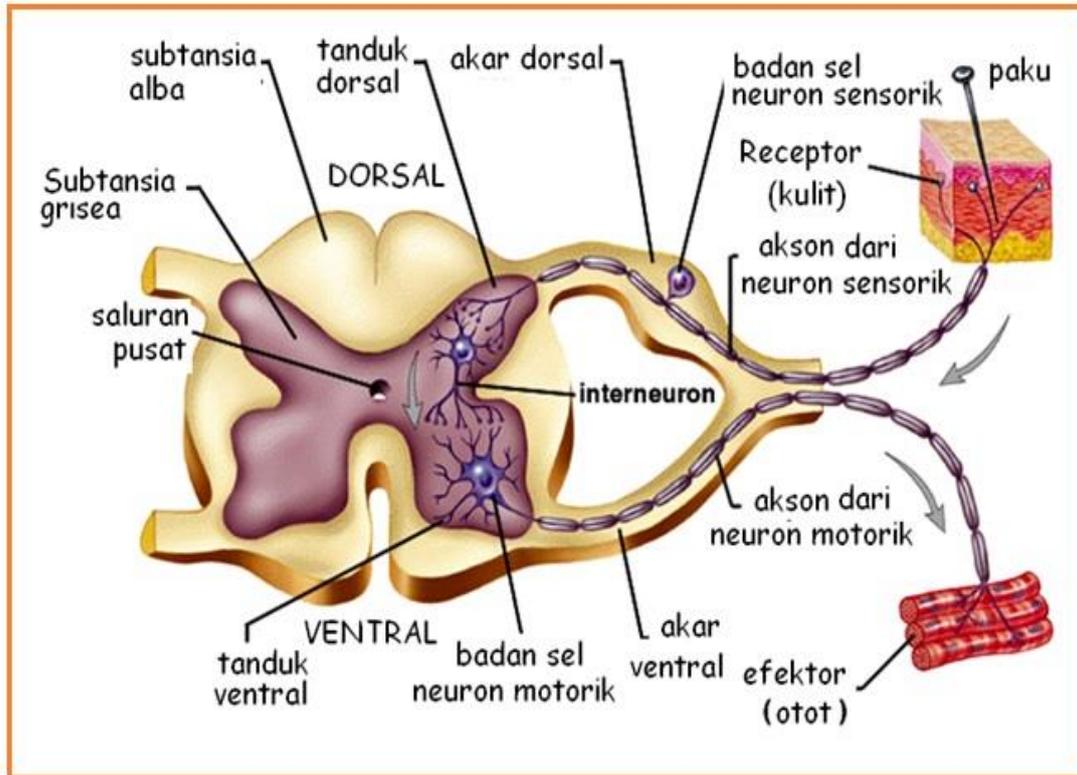
- d. Di luar kolom vertebral, saraf membagi menjadi sebagai berikut cabang:
 - 1) Ramus dorsal mengandung saraf yang melayani bagian dorsal dari bagasi.
 - 2) Ramus ventral mengandung saraf yang melayani ventral tersisa bagian dari bagasi dan anggota badan atas dan bawah.
 - 3) Cabang meningeal reenters kolom vertebral dan melayani meninges dan pembuluh darah di dalam.
 - 4) Para communicantes rami mengandung saraf otonom yang melayani fungsi visceral.
- e. Beberapa rami ventral bergabung dengan rami ventral yang berdekatan untuk membentuk pleksus, jaringan saraf interkoneksi. Saraf muncul dari pleksus mengandung serat saraf tulang belakang dari berbagai, yang sekarang dilakukan bersama-sama ke beberapa lokasi target. Sebuah daerah kulit yang menerima rangsangan sensorik yang melewati satu saraf tulang belakang disebut dermatom. Dermatom diilustrasikan pada manusia Angka dengan garis-garis yang menandai batas-batas wilayah di mana setiap tulang belakang saraf menerima rangsangan.

3 GERAK REFLEKS

Refleks merupakan respon, cepat paksa untuk stimulus. Sebuah busur refleks adalah jalur yang dilalui oleh impuls saraf selama refleks. Kebanyakan refleks tulang belakang refleks dengan jalur yang melintasi hanya sumsum tulang belakang. Selama refleks spinal, informasi dapat diteruskan ke otak, tetapi itu adalah tulang belakang kabel, dan bukan otak, yang bertanggung jawab untuk integrasi sensorik informasi dan tanggapan ditransmisikan ke neuron motorik. Beberapa refleks adalah refleks kranial dengan jalur melalui saraf kranial dan batang otak.

Sebuah busur refleks melibatkan komponen-komponen berikut:

1. Reseptor adalah bagian dari neuron (biasanya dendrit) yang mendeteksi stimulus.
2. Neuron sensorik mengirimkan impuls ke sumsum tulang belakang.
3. Pusat Integrasi melibatkan satu sinaps (busur refleks monosynaptic) atau dua atau lebih sinapsis (busur refleks polysynaptic) dalam masalah abu-abu dari sumsum tulang belakang. Dalam busur refleks polysynaptic, satu atau lebih interneuron dalam materi abu-abu merupakan pusat integrasi.
4. Sebuah neuron motorik mengirimkan impuls saraf dari sumsum tulang belakang untuk perifer wilayah.
5. Sebuah efektor adalah otot atau kelenjar yang menerima bentuk impuls motor neuron. Dalam refleks somatik, yang efektor adalah otot rangka. dalam otonom (visceral) refleks, yang merupakan efektor otot polos atau jantung, atau kelenjar.



Gambar 8.6. Lengkung Refleksi

Latihan

- 1) Jelaskan bagaimana pembagian sistem saraf pada manusia?
- 2) Apa yang Saudara ketahui tentang Diensefalon?
- 3) Jelaskan apa yang disebut dengan Medulla Spinalis?
- 4) Saraf apa sajakah yang termasuk dalam Saraf Kraneal?
- 5) Jelaskan fungsi bagian-bagian otak?
- 6) Apa yang Saudara ketahui tentang saraf otonom?

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Sistem saraf dalam tubuh manusia terdiri dari dua bagian yaitu Susunan Saraf Pusat (Central Nervus System = CNS) dan Sistem Saraf Perifer (Pheriferal Nervus System = PNS). Sistem Saraf Pusat meliputi Otak (Encephalon) dan Sumsum Tulang Belakang (Medulla Spinalis). Sedangkan Sistem Saraf Tepi terdiri dari saraf sadar dan saraf tak sadar (otonom).
- 2) Diencephalon menghubungkan otak besar ke batang otak. Terdiri dari wilayah utama sebagai berikut: Talamus adalah stasiun relay untuk impuls Saraf sensorik bepergian dari sumsum tulang belakang untuk otak besar.

Epithalamus mengandung kelenjar pineal. Hipotalamus mengatur berbagai kegiatan tubuh yang penting. Hipotalamus mengontrol sistem saraf otonom dan mengatur emosi, perilaku, lapar, haus, suhu tubuh, dan jam biologis.

- 3) Sumsum tulang belakang merupakan perpanjangan dari batang otak yang dimulai pada foramen magnum dan terus turun melalui kanal vertebral ke lumbal pertama vertebra (L1). Sumsum tulang belakang terletak di posisi akhir lebih rendah sebesar filum terminal tersebut, perpanjangan piameter yang melekat pada tulang ekor.
- 4) Saraf kranial merupakan saraf PNS yang berasal dari atau berhenti dalam otak. Ada 12 pasang saraf kranial, yang semuanya melewati foramina tengkorak. Terdapat 2 jenis saraf kranial, yakni berupa saraf sensorik (hanya didominasi serat sensorik) dan saraf campuran (mengandung serat sensorik dan serat motorik). Dua belas pasang saraf kranial secara berturut-turut adalah: Olfaktorius, Optikus, Okulomotorius, Troclearis, Trigemini, Abduksen, Fasialis, Troklearis, Glossofaringeus, Vagus, Aksesoris dan Hipoglossus.
- 5) Fungsi bagian-bagian otak adalah: Lobus Frontal, sebagai kontrol sadar otot rangka, proses intelektual, dan berguna pada komunikasi verbal. Lobus Parietal, mengontrol adanya sensasi pada kulit dan otot, mengontrol ucapan. Lobus Temporal, menafsirkan sensasi pendengaran, memori pendengaran dan penglihatan. Lobus Oksipital, mengintegrasikan pergerakan fokus mata, mengatur hubungan gambar visual dengan pengalaman sebelumnya, dan penglihatan sadar. Insular, mengatur memori dan mengintegrasikan aktivitas serebral lainnya.
- 6) Saraf otonom terdiri neuron motorik yang mengontrol otot polos, otot jantung, dan kelenjar. Selain itu, ANS memonitor organ visceral dan pembuluh darah dengan neuron sensorik, yang memberikan informasi masukan untuk sistem saraf pusat. Saraf otonom dibagi lagi menjadi sistem saraf simpatik dan parasimpatis sistem saraf. Kedua sistem ini dapat merangsang dan menghambat efektor. Namun, kedua sistem bekerja antagonis. Masing-masing sistem mempersiapkan tubuh untuk berbagai jenis situasi.

Ringkasan

Sistem saraf dalam tubuh manusia terdiri dari dua bagian yaitu Susunan Saraf Pusat dan Sistem Saraf Perifer. Sistem Saraf Pusat meliputi Otak (Enkephalon) dan Sumsum Tulang Belakang (Medulla Spinalis). Sedangkan Sistem Saraf Tepi terdiri dari saraf sadar dan saraf tak sadar (otonom) Otak besar (serebrum) merupakan bagian yang besar dan terbagi menjadi dua hemisfer kanan dan kiri, juga dibagi menjadi beberapa lobus oleh fisura.

Diensefalon menghubungkan otak besar dan batang otak, terdiri dari thalamus, epithalamus dan hypothalamus. Otak tengah merupakan bagian paling atas dari batang otak yang terdiri dari Pons Varoli dan Medulla Oblongata.

Ada 12 pasang saraf kranial, yang semuanya melewati foramina tengkorak. Terdapat 2 jenis saraf kranial, yakni berupa saraf sensorik (hanya didominasi serat sensorik) dan saraf campuran (mengandung serat sensorik dan serat motorik).

Saraf otonom dibagi lagi menjadi sistem saraf simpatik dan parasimpatis sistem saraf. Kedua sistem ini dapat merangsang dan menghambat efektor. Namun, kedua sistem bekerja antagonis. Masing-masing sistem mempersiapkan tubuh untuk berbagai jenis situasi, sebagai berikut.

Tes 1

- 1) Berikut ini merupakan bagian dari susunan saraf pusat
 - A. Saraf simpatis
 - B. Saraf Parasimpatis
 - C. Medulla Spinalis
 - D. Saraf Otonom

- 2) Celah yang dalam dan membagi otak menjadi beberapa lobus adalah
 - A. Gyrus
 - B. Fisura
 - C. Sulcus
 - D. Lobus

- 3) Bagian Diensefalon yang berperan mengatur bagian tubuh yang penting adalah
 - A. Hypocampus
 - B. Epithalamus
 - C. Hypothalamus
 - D. Thalamus

- 4) Berikut ini merupakan bagian otak tengah
 - A. Hypothalamus
 - B. Ganglia Basalis
 - C. Corpus Colosum
 - D. Medulla Oblongata

- 5) Saraf Kraneal yang berperan mengendalikan otot wajah adalah
 - A. Olfactorius
 - B. Abdusen
 - C. Hipoglosus
 - D. Fasialis

- 6) Saraf Kraneal ke 10 adalah
 - A. Hipoglosus
 - B. Glosofaringeus
 - C. Vagus
 - D. Optikus

- 7) Saraf sympatis dan parasympatis merupakan bagian dari
 - A. Sistem saraf pusat
 - B. Sistem saraf tepi
 - C. Sistem saraf Kraneal
 - D. Saraf Otonom

- 8) Bagian otak yang berfungsi menafsirkan sensasi penglihatan dan pendengaran adalah
 - A. Lobus Frontalis
 - B. Lobus Temporalis
 - C. Lobus Ocipitalis
 - D. Lobus Parietalis

- 9) Bagian otak berpeperan mengontrol ucapan (pusat bicara)
 - A. Lobus Frontalis
 - B. Lobus Temporalis
 - C. Lobus Ocipitalis
 - D. Lobus Parietalis

- 10) Berikutini bagian saraf yang mengatur gerak reflek
 - A. Serebrum
 - B. Serebellum
 - C. Saraf Kraneal
 - D. Medulla Spinalis

Topik 2

Anatomi Fisiologi Sistem Endokrin

Masih ingatkah Anda mengapa dikatakan kelenjar Endokrin? Jawabannya sudah jelas karena kelenjar tersebut tidak mempunyai saluran dan menuangkan sekretnya langsung ke dalam darah. Jawaban tersebut benar tetapi belum lengkap karena belum menjawab tentang kelenjar endokrin apa saja yang termasuk di dalamnya dan hormon apa yang dihasilkan. Untuk memahami materi endokrin secara mendalam maka pelajarilah materi anatomi fisiologi sistem endokrin berikut ini.

1 PENGERTIAN ENDOKRIN

Kelenjar endokrin atau kelenjar buntu adalah kelenjar yang mengirim hasil sekresinya langsung ke dalam darah yang beredar dalam jaringan dan menyekresi zat kimia yang disebut hormon. Hormon adalah zat yang dilepaskan ke dalam aliran darah dari suatu kelenjar atau organ yang mempengaruhi kegiatan di dalam sel.

Hormon mengatur berbagai proses yang mengatur kehidupan yang merupakan bahan kimia yang di sekresikan ke dalam cairan tubuh oleh satu sel atau sekelompok sel dan dapat mempengaruhi pengaturan fisiologi sel-sel tubuh lain.

Sifat-sifat Hormon

Hormon mempunyai sifat sebagai berikut:

1. Aktif dalam jumlah kecil.
2. Bekerja secara lokal (contoh: Prolaktin) ada juga yang bekerja secara general (contoh Tyroxin).
3. Bekerja jauh dari tempat produksi.
4. Dalam sirkulasi darah banyak terikat oleh protein plasma, sehingga tidak aktif. Hormon akan aktif bila bebas dari ikatan protein.
5. Sebagian hormon yang diproduksi oleh tubuh akan dirusak oleh zat anti hormon.

Kerja Hormon

Hormon ada yang bekerja secara sinergis (contoh Estrogen dan Progesteron terhadap endometrium) ada juga yang bekerja secara antagonis (contoh insulin dan glukagon terhadap kadar gula darah).

Fungsi hormon:

1. Membedakan sistem saraf pusat dan sistem reproduktif pada janin yang sedang berkembang.
2. Menstimulasi urutan perkembangan.
3. Mengkoordinasi dan memelihara system reproduktif.
4. Memelihara lingkungan internal optimal.

5. Melakukan respon korektif dan adaptif ketika terjadi situasi darurat.
6. Menghasilkan hormon yang dialirkan ke dalam darah yang diperlukan oleh jaringan dalam tubuh tertentu.
7. Mengontrol dan merangsang aktivitas kelenjar tubuh.
8. Merangsang pertumbuhan jaringan.
9. Mengatur metabolisme, oksidasi, meningkatkan absorpsi glukosa pada usus.
10. Mempengaruhi metabolisme lemak, protein, hidrat arang, vitamin, mineral, dan air.

2 MEKANISME KERJA HORMON

Ada dua mekanisme umum yang sangat penting yang menyebabkan timbulnya sebagian besar fungsi hormon:

1. Mengaktifkan sistem siklik AMP (3,5 Adenosine monofosfat) dalam sel yang selanjutnya akan mengaktifkan banyak fungsi intraselular lain.

Sebagian besar hormon memberikan efeknya pada sel, pertama-tama dengan cara membentuk bahan siklik 3, 5 adenosine monofosfat (siklik AMP). Begitu bentuk, bahan siklik AMP akan menyebabkan hormon tersebut dapat bekerja di dalam sel. Jadi, siklik AMP merupakan bahwa siklik AMP bahan perantara hormon intraseluler. Bahan ini juga seringkali disebut sebagai kurir kedua bagi penengah hormon tersebut. Kurir pertama adalah hormon perangsang yang pertama. Mekanisme siklik AMP dapat ditunjukkan dengan cara yang dipakai oleh hormon-hormon berikut: adrenokortikotropin, TSH, LH, FSH, ADH/ vasopressin, paratiroid hormone, glukagon, katekolamin, dan sekretin.

Mula-mula hormon perangsang berkaitan dulu dengan reseptor yang 'spesifik' untuk hormon itu, reseptor ini terletak pada permukaan membran sel target. Sifat khusus dari reseptor ini menentukan hormon mana yang mempengaruhi sel target. Sesudah berkaitan dengan reseptor membran, gabungan hormon dan reseptor ini lalu mengaktifkan enzim protein adenil siklase. Enzim ini juga terdapat dalam membran dan berikatan secara langsung dengan reseptor protein atau yang sangat erat hubungannya dengan reseptor protein itu. Namun, sebagian besar enzim adenilsiklase ini menonjol ke permukaan dalam membran masuk sampai disitoplasma dan, bila enzim diaktifkan, maka akan segera menyebabkan perubahan sebagian besar ATP sitoplasma menjadi siklik AMP.

Begitu terbentuk siklik AMP ini didalam sel maka siklik AMP ini akan mengaktifkan enzim yang lain. Ternyata, siklik AMP ini biasanya akan mengaktifkan serangkaian enzim. Jadi, dalam hal ini ada enzim yang pertama diaktifkan, dan enzim ini selanjutnya akan mengaktifkan enzim yang lainnya, yang nantinya akan mengaktifkan enzim yang lainnya lagi, yang nantinya akan mengaktifkan enzim yang ketiga, dan begitu selanjutnya. Makna dari mekanisme ini adalah dengan hanya sedikit molekul adenilsiklase dalam membran sel yang sudah diaktifkan dapat mengaktifkan lebih banyak lagi molekul enzim yang lain, dan keadaan ini masih dapat mengaktifkan beberapa kali lagi sebagian besar molekul enzim ketiga, dan begitu selanjutnya.

Dengan cara inilah, walaupun hormone yang bekerja pada permukaan sel itu hanya sedikit saja namun ternyata hormon itu sudah dapat memulai terjadinya serangkaian tenaga pengaktif yang sangat akut diseluruh sel.

Kerja spesifik yang terjadi sebagai suatu respon terhadap siklik AMP yang terjadi didalam sel target tergantung pada sifat struktur intraselular, beberapa sel yang mempunyai serangkaian enzim dan sel ini juga mempunyai enzim yang lain. Oleh karena itu, berbagai fungsi terjadi dalam berbagai sel target- beberapa fungsi tersebut antara lain:

- 1) Memulai sintesis bahan kimia intraselular yang spesifik.
- 2) Menyebabkan kontraksi atau relaksasi otot.
- 3) Memulai terjadinya sekresi oleh sel.
- 4) Mengubah permeabilitas sel.
- 5) dll.

Jadi, sel tiroid yang dirangsang oleh siklik AMP akan membentuk hormon metabolic tiroksin dari triiodotironin, sedangkan bahan siklik AMP yang sama dalam sel adrenokortikal akan menyebabkan timbulnya sekresi hormon steroid adrenokortika;l. sebaliknya, bahan siklik AMP ini mempengaruhi sel-sel epitel tubulus renal dengan cara meningkatkan permeabilitas tubulus terhadap air.

Peran ion kalsium dan³kalmodulin' sebagai system kurir kedua. Ada sitem kurir kedua lain yang juga bekerja sebagai suatu respon terhadap masuknya ion kalsium ke daam sel. Masuknya kalsium mungkin dimulai oleh adanya fenomena elektrik yang membuka saluran-saluran kalsium pada membran atau dengan cara interaksi reseptor pada membran yang juga membuka saluran kalsium.

Sewaktu memaasuki sel, ion kalsium berkaitan dengan suatu protein yang disebut kalmodulin.protein ini mempunyai empat sisi kalsium yang terpisah; dan bila tiga atau empat sisi ini telah berikatan dengan kalsium, maka timbul perubahan yang mengaktifkan kalmodulin, menimbulkan pengaruh multiple didalam sel dengan cara yang sama dengan fungsi siklik AMP. Contohnya, ikatan tersebut akan mengaktifkan banyak enzim lainnya yang merupakan bantuan bagi enzim-enzim yang sudah diaktifkan oleh siklik AMP sebelumnya, jadi merupakan faktor tambahan untuk reaksi metabolisme intraselular. Salah satu fungsi spesifik dari kalmodulin adalah mengaktifkan miosin kinase yang selanjutnya akan langsung bekerja pada miosin yang terdapat dalam otot polos yang akhirnya menyebabkan timbulnya kontraksi otot polos. Konsentras normal ion kalsium diseluruh sel tubuh kira-kira 10⁻⁷sampai 10⁻⁸ milimol perliter, dan jumlah ini sebenarnya tidak cukup untuk mengaktifkan sistem kalmodulin. Namun, bila konsentrasi ion kalsium bertambah sampai setinggi 10⁻⁶ sampai 10⁻⁵ milimol perliter, maka sudah cukup untuk menimbulkan ikatan sehingga kalmodulin dapat bekerja dindalam sel. Jumlah ini hampir sama dengan perubahan jumlah ion kalsium yang dibutuhkan oleh otot rangka yang dipakai untuk mengaktifkan troponin C, yang selanjutnya menyebabkan timbulnya kontraksi otot rangka. Dalam hal ini yang menarik adalah fungsi dan struktur protein dalam troponin C sangat mirip dengan

fungsi dan struktur protein dari kalmodulin lain (atau kurir kedua) yang terdapat didalam sel. Dua dari bahan perantara ini adalah:

- 1) Siklik giasosin monofosfat, yang merupakan nukleotida fungsinya sangat mirip dengan fungsi siklik AMP, hanya saja bahan ini lebih banyak mengandung bahan dasar guanin daripada adenin dan bahan ini dapat mengaktifkan berbagai susunan enzim.
- 2) Inositol trifosfat, yang terbentuknya juga sebagai suatu respon terhadap pengikatan hormone dengan reseptor yang spesifik yang terdapat pada membrane sel, dan bahan ini juga masih tetap dapat mengaktifkan enzim-enzim yang lain.

Akhirnya, mungkin banyak, prostaglandin juga berfungsi sebagai bahan kurir kedua bahan ini merupakan rangkaian ikata lipid yang sangat erat berkaitan satu sama lain dan banyak ditemukan di seluruh sel tubuh. Ada ratusan fungsi pengatur sel yang berbeda oleh prostaglandin yang telah dipostulasikan, walaupun sebagian besar fungsi ini masih menunggu adanya penelitian yang definitif.

Makna dari sistem kurir kedua multipel didalam sel adalah bahwa asetiap kurir ini dapat mengatur fungsi sel yang saling terpisah, sehingga memungkinkan berbagai cara kerja sel.

2. Mengaktifkan gen didalam sel, yang menyebabkan timbulnya pembentukan protein intraseluler yang selanjutnya akan memicu timbulnya fungsi sel yang spesifik.

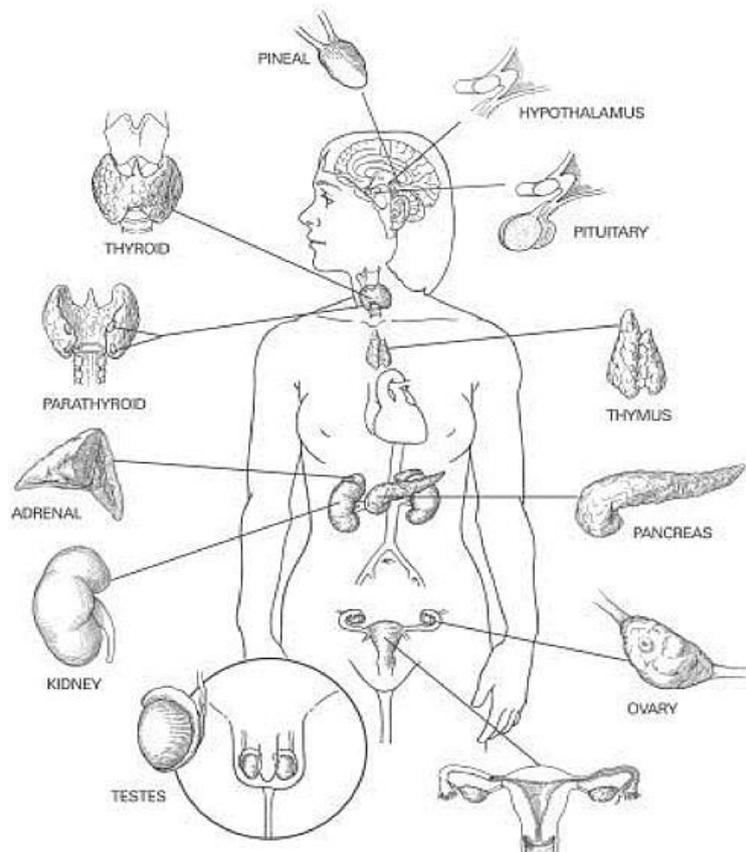
3 ANATOMI SISTEM ENDOKRIN

Ada dua kelompok Endokrin dalam tubuh manusia yaitu Kelenjar Endokrin Utama dan bukan kelenjar endokrin tetapi mempunyai fungsi seperti Endokrin yaitu Plasenta dan ginjal. Kelenjar endokrin dan hormon yang dihasilkan.

No.	Kelenjar endokrin	Jenis hormone yang dihasilkan
1.	Kelenjar hipofise/pituitari (lobus anterior)	1. Hormon pertumbuhan (somatotropin) 2. Thyroid-stimulating hormon (TSH) 3. Adrenokortikotropin (ACTH) 4. Follicle-stimulating hormon (FSH) 5. Luteinizing hormon (LH) 6. Prolaktin
2.	Kelenjar hipofisis/pituitari (lobus posterior)	1. Antidiuretik (vasopresin) 2. Oksitosin
3.	Kelenjar tiroid	1. Tiroksin 2. Kalsitonin
4.	Kelenjar paratiroid	Paratiroid hormon (parathormon)
5.	Kelenjar adrenal	1. Korteks : mineralo kortikoid, gluko-kortikoid, dan hormon seks 2. Medula : epinefrin, dan norepinefrin
6.	Kelenjar pankreas	1. Insulin 2. Glukagon 3. Somatostatin
7.	Ovarium	1. Estrogen 2. Progesteron
8.	Testis	Testosteron

Bukan kelenjar Endokrin tetapi berfungsi sebagai Endokrin

No.	Jaringan/organ	Hormon yang dihasilkan
1.	Ginjal	Renin Erythropoitin
2.	Placenta	Estrogen Progesteron



Gambar 8.1. Kelenjar-kelenjar Endokrin

4 FISILOGI SISTEM ENDOKRIN

Adapun fungsi kelenjar endokrin adalah sebagai berikut :

1. Menghasilkan hormon yang dialirkan ke dalam darah yang yang diperlukan oleh jaringan tubuh tertentu.
2. Mengontrol aktivitas kelenjar tubuh
3. Merangsang aktivitas kelenjar tubuh
4. Merangsang pertumbuhan jaringan
5. Mengatur metabolisme, oksidasi, meningkatkan absorpsi glukosa pada usus halus
6. Memengaruhi metabolisme lemak, protein, hidrat arang, vitamin, mineral, dan air.

4.1 Hipotalamus

Hipotalamus merupakan pusat tertinggi sistem kelenjar endokrin yang menjalankan fungsinya melalui humoral dan saraf. Hormon yang dihasilkan sering disebut faktor R dan I yang mengontrol sintesis dan sekresi hormon hipotalamus anterior, sedangkan kontrol terhadap hipofisis posterior berlangsung melalui kerja saraf.

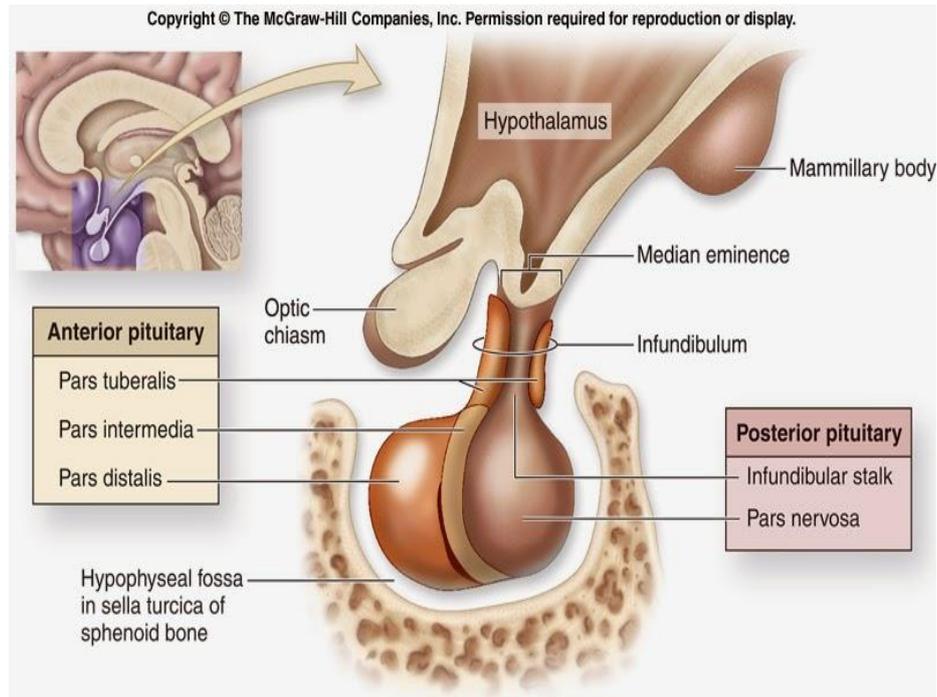
Hormon-hormon yang dihasilkan dari hipotalamus adalah:

- a. ACRH : Adenocortico Releasing Hormon
ACIH : Adenocortico Inhibiting Hormon
- b. TRH : Tyroid Releasing Hormon
TIH : Tyroid Inhibiting Hormon
- c. GnRH : Gonadotropin Releasing Hormon
GnIH : Gonadotropin Inhibiting Hormon
- d. PTRH : Paratyroid Releasing Hormon
PTIH : Paratyroid Inhibiting Hormon
- e. PRH : Prolaktin Releasing Hormon
PIH : Prolaktin Inhibiting Hormon
- f. GRH : Growth Releasing Hormon
GIH : Growth Inhibiting Hormon
- g. MRH : Melanosit Releasing Hormon
MIH : Melanosit Inhibiting Hormon

4.2 Kelenjar hipofise (*Master of Gland*)

Hipofisa merupakan sebuah kelenjar sebesar kacang polong, yang terletak di dalam struktur bertulang (sela tursika) di dasar otak. Hipofisis mengendalikan fungsi dari sebagian besar kelenjar endokrin lainnya, sehingga disebut kelenjar pemimpin, atau *master of gland*. kelenjar hipofisis terdiri dari dua lobus, yaitu lobus anterior dan lobus posterior.

Lobus anterior disebut Adeno hipofisis karena 70% jaringannya terdiri dari jaringan adenoid, sedangkan Lobus Posterior disebut Neuro hipofisis karena 30% jaringannya terdiri dari jaringan neuron.



Gambar 8.2. Kelenjar Hypofisis

4.3 Fungsi hipofisis anterior (adenohipofise)

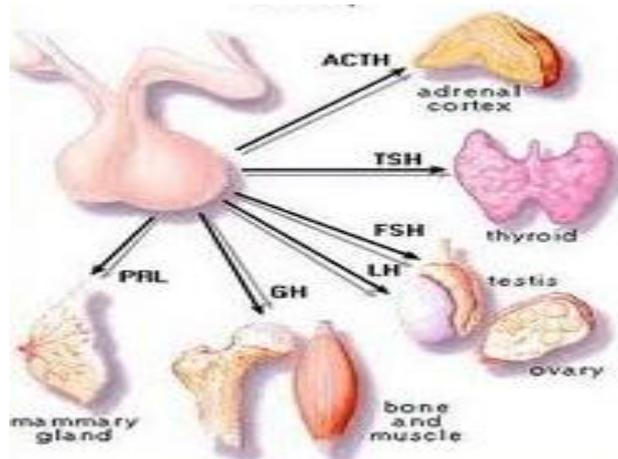
Fungsi Hipofisis Anterior menghasilkan sejumlah hormon yang bekerja sebagai zat pengendali produksi dari semua organ endokrin yang lain.

- a. Hormon pertumbuhan (somatotropin) : mengendalikan pertumbuhan tubuh (tulang, otot, dan organ-organ lain).
- b. Hormon TSH : mengendalikan pertumbuhan dan aktivitas sekretorik kelenjar tiroid.
- c. Hormon ACTH : mengendalikan kelenjar suprarenal dalam menghasilkan kortisol yang berasal dari korteks suprarenal.
- d. Hormon FSH : pada ovarium berguna untuk merangsang perkembangan folikel dan sekresi estrogen. Pada testis, hormon ini berguna untuk merangsang pertumbuhan tubulus seminiferus, dan spermatogenesis.
- e. Hormon LH : pada ovarium, untuk ovulasi, pembentukan korpus luteum, menebalkan dinding rahim dan sekresi progesteron. Dan pada testis, untuk sekresi testoteron
- f. Hormon Prolaktin : untuk sekresi mammae dan mempertahankan korpus luteum selama hamil.

4.4 Fungsi Hipofisis Posterior

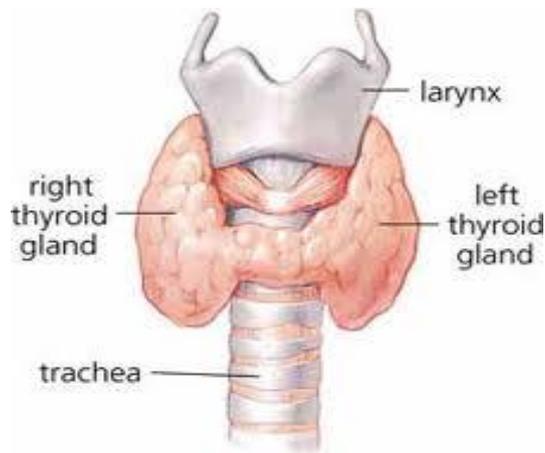
Ada dua hormon yang dihasilkan oleh Lobus Posterior:

- a. Anti-diuretik hormon (ADH): mengatur jumlah air yang melalui ginjal, reabsorpsi air, dan mengendalikan tekanan darah pada arteriole.
- b. Hormon oksitosin: mengatur kontraksi uterus sewaktu melahirkan bayi dan pengeluaran air susu sewaktu menyusui.



Gambar 8.3. Hormon yang dihasilkan oleh kelenjar hipofise bagian anterior

4.4.1 Tiroid



Gambar 8.4. Kelenjar Tiroid

Kelenjar tiroid terletak pada leher bagian depan, tepat di bawah kartilago krikoid, disamping kiri dan kanan trakhea. Pada orang dewasa beratnya lebih kurang 18 gram. Kelenjar ini terdiri atas dua lobus yaitu lobus kiri kanan yang dipisahkan oleh isthmus. Masing-masing lobus kelenjar ini mempunyai ketebalan lebih kurang 2 cm, lebar 2,5 cm dan panjangnya 4 cm. Tiap-tiap lobus mempunyai lobuli yang di masing-masing lobuli terdapat folikel dan parafolikuler. Di dalam folikel ini terdapat rongga yang berisi koloid dimana hormon-hormon disintesa. kelenjar tiroid mendapat sirkulasi darah dari arteri tiroidea superior dan arteri tiroidea inferior. Arteri tiroidea superior merupakan percabangan arteri karotis eksternal dan arteri tiroidea inferior merupakan percabangan dari arteri subklavia. Lobus kanan kelenjar tiroid mendapat suplai darah yang lebih besar dibandingkan dengan lobus kiri. Dipersarafi oleh saraf adrenergik dan kolinergik. saraf adrenergik berasal dari ganglia servikalis dan kolinergik berasal dari nervus vagus.

Kelenjar tiroid menghasilkan tiga jenis hormon yaitu Triiodotironin (T3) , Tiroksin (T4) dan sedikit kalsitonin. Hormon T3 dan T4 dihasilkan oleh folikel sedangkan kalsitonin dihasilkan oleh parafolikuler. Bahan dasar pembentukan hormon-hormon ini adalah yodium yang diperoleh dari makanan dan minuman. Yodium yang dikonsumsi akan diubah menjadi ion yodium (yodida) yang masuk secara aktif ke dalam sel kelenjar dan dibutuhkan ATP sebagai sumber energi. Proses ini disebut pompa iodida, yang dapat dihambat oleh ATP- ase, ion klorat dan ion sianat.

Fungsi hormon-hormon tiroid adalah:

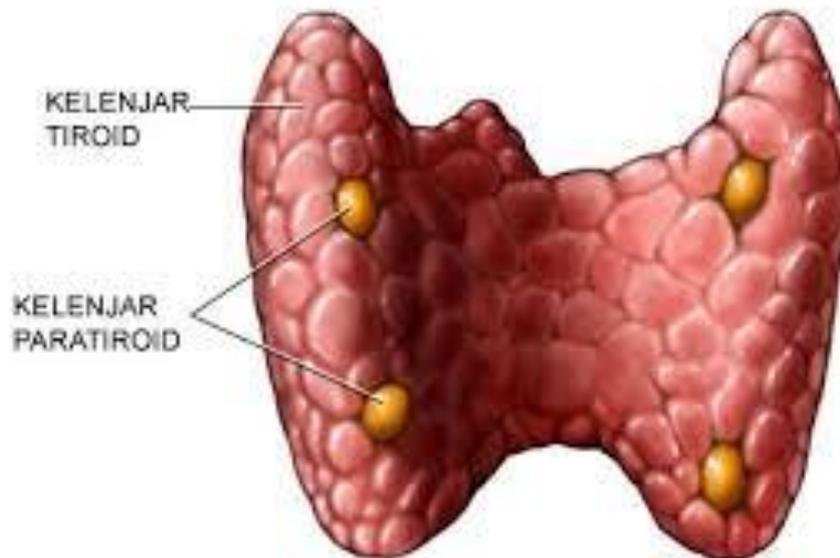
- 1) Mengatur laju metabolisme tubuh. Baik T3 dan T4 kedua-duanya meningkatkan metabolisme karena peningkatan konsumsi oksigen dan produksi panas. Efek ini pengecualian untuk otak, lien, paru-paru dan testis
- 2) Kedua hormon ini tidak berbeda dalam fungsi namun berbeda dalam intensitas dan kecepatannya reaksi. T3 lebih cepat dan lebih kuat reaksinya tetapi waktunya lebih singkat dibanding dengan T4. T3 lebih sedikit jumlahnya dalam darah. T4 dapat dirubah menjadi T3 setelah dilepaskan dari folikel kelenjar.
- 3) Memegang peranan penting dalam pertumbuhan fetus khususnya pertumbuhan saraf dan tulang
- 4) Mempertahankan sekresi GH dan gonadotropin
- 5) Efek kronotropik dan Inotropik terhadap jantung yaitu menambah kekuatan kontraksi otot dan menambah irama jantung.
- 6) Merangsang pembentukan sel darah merah
- 7) Mempengaruhi kekuatan dan ritme pernapasan sebagai kompensasi tubuh terhadap kebutuhan oksigen akibat metabolisme.
- 8) Bereaksi sebagai antagonis insulin. Tirokalsitonin mempunyai jaringan sasaran tulang dengan fungsi utama menurunkan kadar kalsium serum dengan menghambat reabsorpsi kalsium di tulang. Faktor utama yang mempengaruhi sekresi kalsitonin adalah kadar kalsium serum. Kadar kalsium serum yang rendah akan menekan ;pengeluaran tirokalsitonin dan sebaliknya peningkatan kalsium serum akan merangsang pengeluaran tirokalsitonin. Faktor tambahan adalah diet kalsium dan sekresi gastrin di lambun

4.4.2 Paratiroid

Secara normal ada empat buah kelenjar paratiroid pada manusia, yang terletak tepat dibelakang kelenjar tiroid, dua tertanam di kutub superior kelenjar tiroid dan dua di kutub inferiornya. Namun, letak masing-masing paratiroid dan jumlahnya dapat cukup bervariasi, jaringan paratiroid kadang-kadang ditemukan di mediastinum. Setiap kelenjar paratiroid panjangnya kira-kira 6 milimeter, lebar 3 milimeter, dan tebalnya dua millimeter dan memiliki gambaran makroskopik lemak coklat kehitaman.

Kelenjar paratiroid mengeluarkan hormon paratiroid (parathroid hormone, PTH) yang bersama-sama dengan Vit D3, dan kalsitonin mengatur kadar kalsium dalam darah. Sintesis PTH dikendalikan oleh kadar kalsium plasma, yaitu dihambat sintesisnya bila

kadar kalsium tinggi dan dirangsang bila kadar kalsium rendah. PTH akan merangsang reabsorpsi kalsium pada tubulus ginjal, meningkatkan absorpsi kalsium pada usus halus, sebaliknya menghambat reabsorpsi fosfat dan melepaskan kalsium dari tulang. Jadi PTH akan aktif bekerja pada tiga titik sasaran utama dalam mengendalikan homeostasis kalsium yaitu di ginjal, tulang dan usus.



Gambar 8.5. Kelenjar Paratiroid

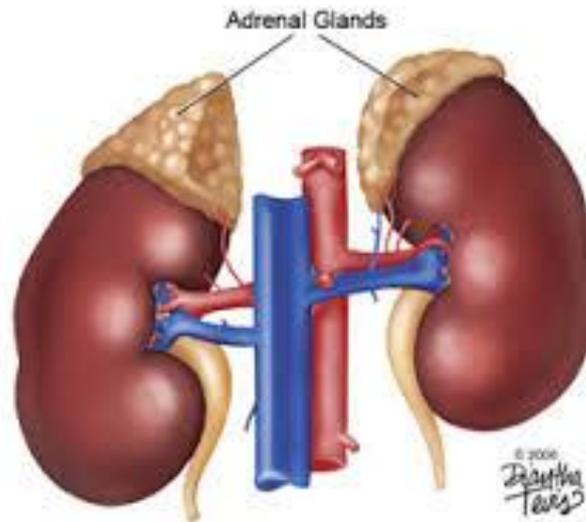
4.4.3 Kelenjar Suprarenalis

Glandula Suprarenalis atau sering juga disebut sbg glandula adrenal merupakan kelenjar endokrin yang terletak di superomedial dari masing-masing ren. Kedua glandula suprarenalis ini dibungkus oleh fascia renalis, tapi walaupun demikian glandula adrenal ini tidak ikut gerakan ren pada saat respirasi.

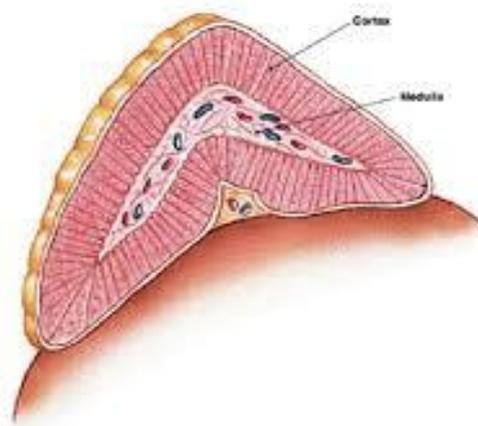
Kedua Glandula adrenal merupakan organ peritoneal yang berwarna kekuningan pada polus superior ren. Glandula suprarenalis ini dikelilingi oleh fascia renalis (tetapi dipisahkan dari ren oleh capsula adiposa). Tiap glandula suprarenalis mempunyai korteks yang berwarna kekuningan dan medulla yang berwarna coklat tua.

Cortex adrenal zona glomerulosa menghasilkan hormon aldosteron (mineralokortikoid) untuk meningkatkan reabsorpsi Na dan sekresi K.

Cortex adrenal zona fasciculate dan zona retikularis menghasilkan hormon kortisol (Glukokortikoid) yang berfungsi meningkatkan glukosa darah dengan mengorbankan simpanan protein dan lemak, dan berperan dalam adaptasi terhadap stress. Selain itu juga menghasilkan hormon androgen (dehidroandosteron) yang berperan dalam lonjakan pertumbuhan masa pubertas dan dorongan sex pada wanita. Selain itu, medulla adrenal menghasilkan hormon epinefrin dan norepinefrin yang berfungsi untuk memperkuat system saraf simpatik, berperan dalam adaptasi terhadap stress dan pengaturan tekanan darah.



Gambar 8.6. Kelenjar Suprarenalis



Gambar 8.7. Bagian Cortex dan Medulla Kelenjar Suprarenalis

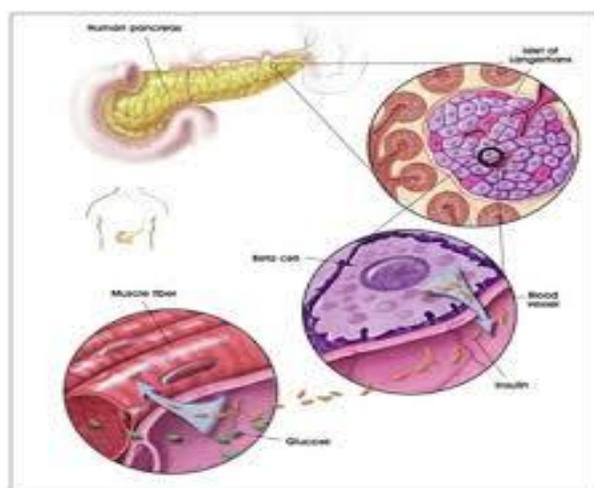
4.4.4 Kelenjar Pankreas

Pankreas merupakan suatu organ berupa kelenjar dengan panjang dan tebal sekitar 12,5 cm dan tebal + 2,5 cm. Pankreas terbentang dari atas sampai ke lengkungan besar dari perut dan biasanya dihubungkan oleh dua saluran ke duodenum (usus 12 jari). Organ ini dapat diklasifikasikan ke dalam dua bagian yaitu kelenjar endokrin dan eksokrin.

Ada dua jaringan utama yang menyusun pankreas yaitu :Jaringan Asini. Berfungsi untuk mensekresi getah pencernaan dalam duodenum, dan Pulau Langerhans.

Pulau Langerhans adalah kumpulan sel berbentuk ovoid, berukuran 76×175 mm dan berdiameter 20 sampai 300 mikron tersebar di seluruh pankreas, walaupun lebih banyak ditemukan di ekor daripada kepala dan badan pankreas. Pulau-pulau ini menyusun 1-2% berat pankreas. Pada manusia terdapat 1-2 juta pulau. Masing-masing memiliki pasokan darah yang besar; dan darah dari pulau Langerhans, seperti darah dari saluran cerna tetapi tidak seperti darah dari organ endokrin lain, mengalir ke vena hepatica. Sel-sel dalam pulau dapat dibagi menjadi beberapa jenis bergantung pada

sifat pewarnaan dan morfologinya. Pada manusia paling sedikit terdapat empat jenis sel: sel A (alfa), B (beta), D (delta), dan F. Sel A mensekresikan glukagon, sel B mensekresikan insulin, sel D mensekresikan somastostatin, dan sel F mensekresikan polipeptida pankreas. Sel B yang merupakan sel terbanyak dan membentuk 60-70% sel dalam pulau, umumnya terletak di bagian tengah pulau. Sel-sel ini cenderung dikelilingi oleh sel A yang membentuk 20% dari sel total, serta sel D dan F yang lebih jarang ditemukan. Pulau-pulau yang kaya akan sel A secara embriologis berasal dari tonjolan pankreas dorsal, dan pulau yang kaya akan sel F berasal dari tonjolan pankreas ventral. Kedua tonjolan ini berasal dari tempat yang berbeda di duodenum. Granula sel B adalah paket-paket insulin dalam sitoplasma sel. Di dalam sel B molekul insulin membentuk polimer dan juga berikatan dengan seng. Perbedaan dalam bentuk paket mungkin disebabkan perbedaan ukuran agregat seng atau polimer insulin. Granula A yang mengandung glukagon berbentuk relatif seragam dari spesies ke spesies. Sel D juga mengandung banyak granula yang relatif homogen. Sel beta yang ada di pulau langerhans memproduksi hormon insulin yang berperan dalam menurunkan kadar glukosa darah dan secara fisiologi memiliki peranan yang berlawanan dengan glukosa. Insulin menurunkan kadar gula darah dengan beberapa cara. Insulin mempercepat transportasi glukosa dari darah ke dalam sel, khususnya serabut otot rangka glukosa masuk ke dalam sel tergantung dari keberadaan reseptor insulin yang ada di permukaan sel target. Insulin juga mempercepat perubahan glukosa menjadi glikogen, menurunkan glycogenolysis dan gluconeogenesis, menstimulasi perubahan glukosa atau zat gizi lainnya ke dalam asam lemak (lipogenesis), dan membantu menstimulasi sintesis protein. Pengaturan sekresi insulin seperti sekresi glukagon yaitu langsung ditentukan oleh kadar gula dalam darah dan berdasarkan dari mekanisme umpan balik (*feed back negative system*).



Gambar 8.8. Kelenjar Pankreas (Pulau-Pulau Langerhans)

4.4.5 Kelenjar Testis dan Ovarium

1) Testis

Testis adalah kelenjar kelamin jantan pada hewan dan manusia. Manusia (pria) mempunyai dua testis yang dibungkus dengan skrotum. Skrotum adalah kantung (terdiri dari kulit dan otot) yang membungkus testis atau buah zakar. Skrotum terletak di antara penis dan anus serta di depan perineum.

2) Fungsi

Testis berperan pada sistem reproduksi dan sistem endokrin.

Fungsi testis:

- memproduksi sperma (spermatozoa)
- memproduksi hormon seks pria seperti testosteron.

Kerja testis di bawah pengawasan hormon gonadotropik dari kelenjar pituitari bagian anterior:

- luteinizing hormone (LH)
- follicle-stimulating hormone (FSH)

3) Struktur

Testis dibungkus oleh lapisan fibrosa yang disebut tunika albuginea. Di dalam testis terdapat banyak saluran yang disebut *tubulus seminiferus*. Tubulus ini dipenuhi oleh lapisan sel sperma yang sudah atau tengah berkembang.

Spermatozoa (sel benih yang sudah siap untuk diejakulasikan), akan bergerak dari tubulus menuju rete testis, duktus efferen, dan epididimis. Bila mendapat rangsangan seksual, spermatozoa dan cairannya (semua disebut air mani) akan dikeluarkan ke luar tubuh melalui vas deferen dan akhirnya, penis. Di antara tubulu seminiferus terdapat sel khusus yang disebut sel intersisial Leydig. Sel Leydig memproduksi hormon testosteron.

4) Ovarium

Ovarium atau indung telur adalah kelenjar kelamin yang dibawa oleh hewan betina. Vertebrata, termasuk manusia, memiliki dua ovarium yang berfungsi memproduksi sel telur dan mengeluarkan hormon.

4.4.6 Anatomi ovarium

Secara makroskopis, ovarium menyerupai buah pir, dengan ukuran yang bervariasi, tergantung usia.

Pada usia reproduksi, ukuran ovarium: panjang: 2,5–5 cm lebar: 1,5–3 cm tebal: 0,6–1,5 cm. Normalnya, ovarium terletak di bagian atas rongga pelvis, bersandar sedikit inferior dari dinding lateral pelvis pada daerah percabangan pembuluh darah iliaka eksternal dan internal, yakni fossa ovarika Waldeyer. Posisi ini sangatlah bervariasi dan biasanya berbeda antara ovarium kiri dengan kanan. Masing-masing ovarium mengandung sejumlah folikel primordial yang berkembang pada saat awal kehidupan fetus dan menunggu saat

pematangan menjadi ovum. Selain memproduksi ovum, ovarium juga menghasilkan hormon seksual.

Ovarium berfungsi mengeluarkan hormon steroid dan peptida seperti estrogen dan progesteron. Kedua hormon ini penting dalam proses pubertas wanita dan ciri-ciri seks sekunder. Estrogen dan progesteron berperan dalam persiapan dinding rahim untuk implantasi telur yang telah dibuahi. Selain itu juga berperan dalam memberikan sinyal kepada hipotalamus dan pituitari dalam mengatur siklus menstruasi.

5 HORMON REPRODUKSI PRIA

5.1 Testosteron

Adalah hormon kelamin laki-laki yang disekresi oleh sel interstitial. Sel ini terletak di dalam ruang antara tubulus-tubulus seminiferus, testis di bawah rangsangan hormon, juga dinamakan ICSH (Interstitial Cell Stimulating Hormone) dari hipofisis. Pengeluaran testosteron bertambah nyata pada pubertas dengan pengembangan sifat-sifat kelamin sekunder yaitu tumbuhnya jenggot, suara lebih berat, pembesaran genitalia.

Testosteron dihasilkan pada anak usia 11-14 tahun. Pembentukan ini meningkat dengan cepat pada permulaan pubertas dan berlangsung hampir sepanjang kehidupan. Berkurangnya kecepatan produksi setelah umur 40 tahun. Pada umur 80 tahun menghasilkan testotesterone lebih kurang 1/5 dari nilai puncak. Testotesterone meningkat kecepatan sekresinya oleh beberapa kelenjar utama pada kelenjar sebacea. Pada wajah menimbulkan jerawat, gambaran yang paling sering pada pubertas.

Fungsi tetosteron:

- a. Efek desensus testis, ini menunjukkan bahwa testotesterone merupakan hal yang penting untuk perkembangan seks pria selama kehidupan manusia dan factor keturunan.
- b. Perkembangan seksual primer dan sekunder. Sekresi testotesterone setelah pubertas menyebabkan penis, testis dan skrotum membesar sampai usia 20 tahun, dan mempengaruhi pertumbuhan sifat seksual sekunder pria mulai pada masa pubertas.

5.2 Gonadotropin

Kelenjar hipofise anterior menyekresi dua hormon gonadotropin, FSH dan LH. Kedua hormon ini mempunyai peranan penting yaitu mengatur fungsi seksual pria. FSH untuk pengaturan spermatogenesis, perubahan spermatosid primer menjadi spermatosid sekunder dari kelenjar hipofise anterior agar spermatogenesis berlangsung sempurna. LH mengurangi sekresi testoteron kembali ke tingkat normal untuk melindungi terhadap pembentukan testoteron yang selalu sedikit.

6 HORMON REPRODUKSI WANITA

6.1 GnRH (Gonadotrophin Releasing Hormone)

Diproduksi di hipotalamus, kemudian dilepaskan, berfungsi menstimulasi hipofisis anterior untuk memproduksi dan melepaskan hormon-hormon gonadotropin (FSH/LH).

6.2 FSH (Follicle Stimulating Hormone)

Diproduksi di sel-sel basal hipofisis anterior, sebagai respons terhadap GnRH. Berfungsi memicu pertumbuhan dan pematangan folikel dan sel-sel granulosa di ovarium wanita (pada pria : memicu pematangan sperma di testis).

6.3 LH (Luteinizing Hormone)/ICSH (Interstitial Cell Stimulating Hormone)

Diproduksi di sel-sel kromofob hipofisis anterior. Bersama FSH, LH berfungsi memicu perkembangan folikel (sel-sel teka dan sel-sel granulosa) dan juga mencetuskan terjadinya ovulasi di pertengahan siklus (LH-surge). Selama fase luteal siklus, LH meningkatkan dan mempertahankan fungsi korpus luteum pascaovulasi dalam menghasilkan progesteron.

Pelepasannya juga periodik/pulsatif, kadarnya dalam darah bervariasi setiap fase siklus, waktu paruh eliminasinya pendek (sekitar 1 jam). Kerja sangat cepat dan singkat. (Pada pria : LH memicu sintesis testosteron di sel-sel Leydig testis).

6.4 Estrogen

Estrogen (alami) diproduksi terutama oleh sel-sel teka interna folikel di ovarium secara primer, dan dalam jumlah lebih sedikit juga diproduksi di kelenjar adrenal melalui konversi hormon androgen. Pada pria, diproduksi juga sebagian di testis.

Selama kehamilan, diproduksi oleh plasenta dan berfungsi stimulasi pertumbuhan dan perkembangan pada berbagai organ reproduksi wanita.

Pada uterus : menyebabkan proliferasi endometrium.

Pada serviks : menyebabkan pelunakan serviks dan pengentalan lendir serviks.

Pada vagina : menyebabkan proliferasi epitel vagina.

Pada payudara : menstimulasi pertumbuhan payudara.

Juga mengatur distribusi lemak tubuh.

Pada tulang, estrogen juga menstimulasi osteoblas sehingga memicu pertumbuhan / regenerasi tulang. Pada wanita pascamenopause, untuk pencegahan tulang keropos / osteoporosis, dapat diberikan terapi hormon estrogen (sintetik) pengganti.

6.5 Progesteron

Progesteron (alami) diproduksi terutama di korpus luteum di ovarium, sebagian diproduksi di kelenjar adrenal, dan pada kehamilan juga diproduksi di plasenta.

Progesteron menyebabkan terjadinya proses perubahan sekretorik (fase sekresi) pada endometrium uterus, yang mempersiapkan endometrium uterus berada pada keadaan yang optimal jika terjadi implantasi.

6.6 HCG (Human Chorionic Gonadotrophin)

Mulai diproduksi sejak usia kehamilan 3-4 minggu oleh jaringan trofoblas (plasenta). Kadarnya makin meningkat sampai dengan kehamilan 10-12 minggu (sampai sekitar 100.000 mU/ml), kemudian turun pada trimester kedua (sekitar 1000 mU/ml), kemudian naik kembali sampai akhir trimester ketiga (sekitar 10.000 mU/ml).

Berfungsi meningkatkan dan mempertahankan fungsi korpus luteum dan produksi hormon-hormon steroid terutama pada masa-masa kehamilan awal. Mungkin juga memiliki fungsi imunologik.

Deteksi HCG pada darah atau urine dapat dijadikan sebagai tanda kemungkinan adanya kehamilan (tes Galli Mainini, tes Pack, dsb).

6.7 LTH (Lactotrophic Hormone) / Prolactin

Diproduksi di hipofisis anterior, memiliki aktifitas memicu/meningkatkan produksi dan sekresi air susu oleh kelenjar payudara. Di ovarium, prolaktin ikut mempengaruhi pematangan sel telur dan mempengaruhi fungsi korpus luteum. Pada kehamilan, prolaktin juga diproduksi oleh plasenta (HPL/Human Placental Lactogen). Fungsi laktogenik/laktotropik prolaktin tampak terutama pada masa laktasi/pascapersalinan. Prolaktin juga memiliki efek inhibisi terhadap GnRH hipotalamus, sehingga jika kadarnya berlebihan (hiperprolaktinemia) dapat terjadi gangguan pematangan follikel, gangguan ovulasi dan gangguan haid berupa amenorhea.

Latihan

- 1) Jelaskan apa yang dimaksud dengan Kelenjar Buntu/Endokrin!
- 2) Apa yang Anda ketahui tentang Hormon?
- 3) Jelaskan apa fungsi Endokrin!
- 4) Mengapa Kelenjar Hypofisis disebut sebagai Master of Gland?
- 5) Jelaskan hormon apa sajakah yang dihasilkan oleh Kelenjar Tiroid!
- 6) Apa yang Anda ketahui tentang Bagian Cortex dan Medulla pada Kelenjar Supra renalis?
- 7) Jelaskan apa peran sel Beta Pulau-Pulau Langerhans pada Pankreas!
- 8) Bagaimanakah cara kerja insulin?
- 9) Apa yang Anda ketahui tentang Testosteron?
- 10) Jelaskan apa fungsi ovarium!

Petunjuk Jawaban Latihan

Cocokkanlah jawaban Anda dengan jawaban berikut ini, apabila masih belum sesuai berarti jawaban Anda belum benar dan perlu dipelajari ulang sampai benar.

- 1) Kelenjar endokrin atau kelenjar buntu adalah kelenjar yang mengirim hasil sekresinya langsung ke dalam darah yang beredar dalam jaringan dan menyekresi zat kimia yang disebut hormon.
- 2) Hormon adalah zat yang dilepaskan ke dalam aliran darah dari suatu kelenjar atau organ yang mempengaruhi kegiatan di dalam sel.
Hormon mengatur berbagai proses yang mengatur kehidupan yang merupakan bahan kimia yang di sekresikan ke dalam cairan tubuh oleh satu sel atau sekelompok sel dan dapat mempengaruhi pengaturan fisiologi sel-sel tubuh lain.
- 3) Fungsi kelenjar endokrin adalah sebagai berikut.
Menghasilkan hormon yang dialirkan ke dalam darah yang yang diperlukan oleh jaringan tubuh tertentu, mengontrol aktivitas kelenjar tubuh, merangsang aktivitas kelenjar tubuh, merangsang pertumbuhan jaringan, mengatur metabolisme, oksidasi, meningkatkan absorpsi glukosa pada usus halus dan mempengaruhi metabolisme lemak, protein, hidrat arang, vitamin, mineral, dan air.
- 4) Hipofisis disebut sebagai Master of Gland karena Hipofisis mengendalikan fungsi dari sebagian besar kelenjar endokrin lainnya, sehingga disebut kelenjar pemimpin, atau *master of gland*.
- 5) Kelenjar tiroid menghasilkan tiga jenis hormon yaitu Triiodotironin (T3), Tiroksin (T4) dan sedikit kalsitonin. Hormon T3 dan T4 dihasilkan oleh folikel sedangkan kalsitonin dihasilkan oleh parafolikuler. Bahan dasar pembentukan hormon-hormon ini adalah yodium yang diperoleh dari makanan dan minuman. Yodium yang dikonsumsi akan diubah menjadi ion yodium (iodida) yang masuk secara aktif ke dalam sel kelenjar dan dibutuhkan ATP sebagai sumber energi.
- 6) Cortex adrenal zona glomerulosa menghasilkan hormon aldosteron (mineralokortikoid) untuk meningkatkan reabsorpsi Na dan sekresi K.
Cortex adrenal zona fasciculata dan zona retikularis menghasilkan hormon kortisol (Glukokortikoid) yang berfungsi meningkatkan glukosa darah dengan mengorbankan simpanan protein dan lemak, dan berperan dalam adaptasi terhadap stress. Selain itu juga menghasilkan hormon androgen (dehidroandosteron) yang berperan dalam lonjakan pertumbuhan masa pubertas dan dorongan sex pada wanita.
Bagian medulla adrenal menghasilkan hormon epinefrin dan norepinefrin yang berfungsi untuk memperkuat system saraf simpatis, berperan dalam adaptasi terhadap stress dan pengaturan tekanan darah.
- 7) Sel beta yang ada di pulau langerhans memproduksi hormon insulin yang berperan dalam menurunkan kadar glukosa darah dan secara fisiologi memiliki peranan yang berlawanan dengan glukosa.
- 8) Cara kerja insulin yaitu Insulin menurunkan kadar gula darah dengan beberapa cara. Insulin mempercepat transportasi glukosa dari darah ke dalam sel, khususnya serabut otot rangka glukosa masuk ke dalam sel tergantung dari keberadaan reseptor insulin yang ada di permukaan sel target. Insulin juga mempercepat perubahan glukosa menjadi glikogen, menurunkan glikogenolisis dan gluconeogenesis, menstimulasi perubahan glukosa atau zat gizi lainnya ke dalam asam lemak (lipogenesis), dan membantu menstimulasi sintesis protein.

- 9) Testosteron adalah hormon kelamin laki-laki yang disekresi oleh sel interstitial. Testosteron dihasilkan pada anak usia 11-14 tahun. Pembentukan ini meningkat dengan cepat pada permulaan pubertas dan berlangsung hampir sepanjang kehidupan. Berkurangnya kecepatan produksi setelah umur 40 tahun. Pada umur 80 tahun menghasilkan testostosterone lebih kurang 1/5 dari nilai puncak. Testostosterone meningkat kecepatan sekresinya oleh beberapa kelenjar utama pada kelenjar sebacea. Pada wajah menimbulkan jerawat, gambaran yang paling sering pada pubertas.
- 10) Ovarium berfungsi mengeluarkan hormon steroid dan peptida seperti estrogen dan progesteron. Kedua hormon ini penting dalam proses pubertas wanita dan ciri-ciri seks sekunder. Estrogen dan progesteron berperan dalam persiapan dinding rahim untuk implantasi telur yang telah dibuahi. Selain itu juga berperan dalam memberikan sinyal kepada hipotalamus dan pituitari dalam mengatur siklus menstruasi.

Ringkasan

Kelenjar endokrin atau kelenjar buntu adalah kelenjar yang mengirim hasil sekresinya langsung ke dalam darah yang beredar dalam jaringan dan menyekresi zat kimia yang disebut hormon. Hormon ada yang bekerja secara sinergis (contoh Estrogen dan Progesteron terhadap endometrium) ada juga yang bekerja secara antagonis (contoh insulin dan glukagon terhadap kadar gula darah). Ada dua kelompok Endokrin dalam tubuh manusia yaitu Kelenjar Endokrin Utama dan bukan kelenjar endokrin tetapi mempunyai fungsi seperti Endokrin yaitu Plasenta dan ginjal.

Kelenjar Endokrin yang dimaksud adalah: hipotalamus, kelenjar tiroid, paratiroid, timus, suptarenalis, pankreas khususnya pulau-pulau Langerhans dan kelenjar kelamin pria (testis) dan kelenjar kelamin wanita (ovarium).

Tes 2

- 1) Apa yang Anda ketahui tentang Kelenjar Endokrin atau kelenjar buntu?
 - A. Kelenjar yang menuangkan sekretnya melalui satu saluran
 - B. Kelenjar yang menuangkan sekretnya langsung ke dalam darah
 - C. Kelenjar yang menghasilkan hormon tertentu
 - D. Kelenjar yang menghasilkan enzim tertentu
- 2) Manakah dari pernyataan berikut ini yang merupakan sifat hormon?
 - A. Tidak bisa langsung digunakan oleh jaringan.
 - B. Aktif dalam jumlah kecil
 - C. Bekerja melalui saluran yang telah tersedia
 - D. Aktifitasnya terbatas pada kelenjar yang menghasilkan
- 3) Organ berikut ini bukan kelenjar Endokrin tetapi mempunyai fungsi seperti Endokrin
 - A. Hati
 - B. Limfa

- C. Jantung
 - D. Ginjal
- 4) Manakah dari hormon berikut ini yang dihasilkan oleh Lobus Anterior Hipofise?
- A. Insulin
 - B. Anti Diuretik Hormon (ADH)
 - C. Adeno Cortiko Tropic Hormon (ACTH)
 - D. Kalsitonin
- 5) Kalsitonin adalah salah satu hormon dalam tubuh kita yang dihasilkan oleh
- A. Lobus Anterior Hipofise
 - B. Lobus Posterior Hipofise
 - C. Kelenjar Suprarenalis
 - D. Kelenjar Tiroid
- 6) Apakah fungsi parathormon yang dihasilkan oleh kelenjar Paratiroid?
- A. Merangsang pembentukan sel darah merah
 - B. Berperan penting dalam menurunkan kadar glukosa dalam darah
 - C. Mengatur kadar kalsium dalam darah
 - D. Meningkatkan reabsorpsi Natrium dan sekresi kalium
- 7) Pulau-Pulau Langerhans pada Pankreas menghasilkan hormon
- A. Insulin
 - B. Anti Diuretik Hormon (ADH)
 - C. Adeno Cortiko Tropic Hormon (ACTH)
 - D. Kalsitonin
- 8) Apa yang Anda ketahui tentang fungsi hormon Aldosteron?
- A. Merangsang pembentukan sel darah merah
 - B. Berperan penting dalam menurunkan kadar glukosa dalam darah
 - C. Mengendalikan pertumbuhan tubuh
 - D. Meningkatkan reabsorpsi Natrium dan sekresi kalium
- 9) Berikut ini merupakan fungsi penting hormon insulin
- A. Merangsang pembentukan sel darah merah
 - B. Berperan penting dalam menurunkan kadar glukosa dalam darah
 - C. Mengendalikan pertumbuhan tubuh
 - D. Meningkatkan reabsorpsi Natrium dan sekresi kalium
- 10) Hormon kelamin laki-laki yang disekresi oleh sel interstitiel adalah
- A. Aldosteron
 - B. Testosteron
 - C. Progesteron
 - D. Estrogen

BAB IX

ANATOMI FISILOGI STRUKTUR FUNGSI DARAH DAN STRUKTUR FUNGSI KELENJAR GETAH BENING

Kirnantoro

Darah adalah salah satu bagian tubuh yang paling mendapat perhatian dan penghargaan yang tinggi. Demikian tinggi penghargaan tersebut, sering kali dihubungkan dengan berbagai hal yang sebenarnya di luar fungsi darah itu sendiri. Hal ini menunjukkan betapa tingginya nilai darah pada pandangan manusia. Di pihak lain, darah juga melambungkan semangat hidup dan kemudaan.

Darah adalah cairan yang terdapat pada semua makhluk hidup (kecuali tumbuhan) tingkat tinggi yang berfungsi untuk mengangkut oksigen yang diperlukan oleh sel-sel di seluruh tubuh. Darah juga menyuplai jaringan tubuh dengan nutrisi, mengangkut zat-zat sisa metabolisme, dan mengandung berbagai bahan penyusun sistem imun yang bertujuan mempertahankan tubuh dari berbagai penyakit. Hormon-hormon dari sistem endokrin juga diedarkan melalui darah.

Darah dibedakan menjadi sel darah merah (*erytrosit*), sel darah putih (leukosit) dan sel darah pembeku (trombosit). Masing-masing bagian darah ini akan dibahas secara mendalam dalam Bab ini.

Selain sistem peredaran darah, manusia juga mempunyai sistem peredaran getah bening (limfa) yang keduanya berperan dalam sistem transportasi. Sistem limfa berkaitan erat dengan sistem peredaran darah. Sistem limfa terdiri dari cairan limfa, pembuluh limfa, dan kelenjar limfa. Struktur pembuluh limfe serupa dengan vena kecil, tetapi memiliki lebih banyak katup sehingga pembuluh limfe tampaknya seperti rangkaian petasan. Pembuluh limfe yang terkecil atau kapiler limfe lebih besar dari kapiler darah dan terdiri hanya atas selapis endotelium.

Bab 9 ini terdiri dari 2 (dua) Topik Mengajar yang meliputi:

Topik Mengajar 1: Anatomi Fisiologi Struktur Darah

Topik Mengajar 2: Struktur dan fungsi Kelenjar Getah Bening

Setelah mempelajari Bab 9 ini, diharapkan Anda dapat memahami Anatomi Fisiologi darah dan fungsinya dimulai dari pengertian, komponen darah, sifat darah, fungsi darah, serta sel darah (eritrosit, leukosit dan tromosit). Juga mampu memahami Anatomi dan Fisiologi Sistem Kelenjar getah bening mulai dari susunan kelenjar getah bening, fungsi dan salurn limfe.

Untuk membantu proses belajar mandiri Anda, materi dalam Bab 9 ini dilengkapi dengan gambar-gambar untuk memperjelas pemahaman Anda dalam mempelajari materi ini.

Bacalah Bab ini dengan saksama, catat beberapa hal yang Anda anggap penting yang belum Anda ketahui, tanyakan pada saat Tutorial. Bab ini sangat bermanfaat sebagai dasar Anda untuk mempelajari materi Patofisiologi pada gangguan sistem darah dan limfe.

Topik 1

Anatomi Fisiologi Darah dan Fungsinya

Selamat Anda telah menyelesaikan Bab 8 dengan baik, tapi jangan hanya berhenti pada Bab 8, karena masih banyak modul yang harus Anda selesaikan. Untuk itu pelajailah Bab 9 yang akan membahas tentang anatomi fisiologi darah dan cairan limfe.

Pernahkah Anda mengalami perdarahan? Mengapa bila ada perdarahan kecil bisa segera berhenti? Bagaimana proses pembekuan bisa terjadi? Jawaban dari pertanyaan ini bisa Anda temukan dalam materi berikut ini.

1 DARAH

1.1 Pengertian Darah

Darah adalah jaringan tubuh yang berbeda dengan jaringan tubuh lain, berada dalam konsistensi cair, beredar dalam suatu sistem tertutup yang dinamakan sebagai pembuluh darah dan menjalankan fungsi transport berbagai bahan serta fungsi homeostasis.

Darah merupakan gabungan dari cairan, sel-sel dan partikel yang menyerupai sel, yang mengalir dalam arteri, kapiler dan vena; yang mengirimkan oksigen dan zat-zat gizi ke jaringan dan membawa karbon dioksida dan hasil limbah lainnya.

1.2 Komponen Darah

Lebih dari separuh bagian dari darah merupakan cairan (plasma), yang sebagian besar mengandung garam-garam terlarut dan protein. Protein utama dalam plasma adalah albumin. Protein lainnya adalah antibodi (imunoglobulin) dan protein pembekuan. Plasma juga mengandung hormon-hormon, elektrolit, lemak, gula, mineral dan vitamin

1.3 Sifat Darah

Darah adalah suatu cairan yang kental dan berwarna merah. Kedua sifat utama ini, yaitu merah dan kental, membedakan darah dari cairan tubuh yang lain. Kekentalan ini disebabkan oleh banyaknya senyawa dengan berbagai macam berat molekul, dari yang kecil sampai yang besar seperti protein, yang terlarut dalam darah. Warna merah, yang memberi ciri yang sangat khas bagi darah, disebabkan oleh adanya senyawa yang berwarna merah dalam sel-sel darah merah yang tersuspensi dalam darah.

1.4 Fungsi Darah

- a. Respirasi-transport oksigen dari paru-paru ke jaringan dan CO₂ dari jaringan ke paru-paru.
- b. Nutrisi-transport zat-zat makanan yang diabsorpsi.
- c. Ekskresi-transport sisa metabolisme ke ginjal, paru-paru, kulit dan usus untuk dibuang.
- d. Pemeliharaan keseimbangan asam basa di dalam tubuh.

- e. Pengaturan keseimbangan air melalui efek darah terhadap pertukaran air antara cairan yang beredar dan cairan jaringan.
- f. Pengatur suhu tubuh dengan penyebaran panas tubuh.
- g. Pertahanan terhadap infeksi oleh sel darah putih dan antibodi yang beredar.
- h. Transport hormone, pengaturan metabolisme.
- i. Transport metabolit.

1.5 Sel-sel Darah

Sel-sel darah dibedakan menjadi sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan sel darah pembeku (trombosit).

1) Sel Darah Merah (Erytrosit)

Sel darah merah (SDM) atau eritrosit adalah sel darah yang terbanyak di dalam darah. Karena sel ini mengandung senyawa yang berwarna, yaitu hemoglobin, maka dengan sendirinya darah berwarna merah.

Sel-sel darah merah berbentuk cakram dengan diameter 75 nm, serta ketebalan di tepi 2 nm dan ketebalan di tengah 1 nm. Sel darah merah pada orang dewasa dibentuk di dalam sumsum tulang. Sel-sel pembentuk sel darah merah ini disebut eritroblast, tetapi pada embrio, sel-sel darah merah dibentuk di dalam hati dan limpa.

Merupakan sel yang paling banyak dibandingkan dengan 2 sel lainnya, dalam keadaan normal mencapai hampir separuh dari volume darah. Sel darah merah mengandung hemoglobin, yang memungkinkan sel darah merah membawa oksigen dari paru-paru dan mengantarkannya ke seluruh jaringan tubuh. Oksigen dipakai untuk membentuk energi bagi sel-sel, dengan bahan limbah berupa karbon dioksida, yang akan diangkut oleh sel darah merah dari jaringan dan kembali ke paru-paru.



Gambar 9.1. Sel darah merah (Erytrosit)

Warna sel darah merah disebabkan karena pigmen merah yang disebut hemoglobin (Hb). Hemoglobin adalah suatu protein yang terdiri atas hemin dan globin. Hemin mengandung zat besi (Fe). Hb ini mempunyai daya ikat tinggi terhadap O_2 . Dalam peredarannya ke seluruh tubuh, darah diikat oleh Hb yang kemudian diberi nama oksihemoglobin. Selain mengikat O_2 , Hb juga dapat mengikat CO_2 sisa metabolisme

tubuh untuk dibuang ke luar tubuh melalui organ ekskresi. Hb yang mengangkut CO₂ ini disebut karbominohemoglobin.

Proses pembentukan eritrosit disebut eritropoiesis. Setelah beberapa bulan kemudian, eritrosit terbentuk di dalam hati, limfa, dan kelenjar sumsum tulang. Produksi eritrosit ini dirangsang oleh hormon eritropoietin. Setelah dewasa eritrosit dibentuk di sumsum tulang membranosa. Semakin bertambah usia seseorang, maka produktivitas sumsum tulang semakin turun.

Sel pembentuk eritrosit adalah hemositoblas yaitu sel batang mieloid yang terdapat di sumsum tulang. Sel ini akan membentuk berbagai jenis leukosit, eritrosit, megakariosit (pembentuk keping darah). Rata-rata umur sel darah merah kurang lebih 120 hari. Sel-sel darah merah menjadi rusak dan dihancurkan dalam sistem retikulum endotelium terutama dalam limfa dan hati. Globin dan hemoglobin dipecah menjadi asam amino untuk digunakan sebagai protein dalam jaringan-jaringan dan zat besi dalam hem dari hemoglobin dikeluarkan untuk dibuang dalam pembentukan sel darah merah lagi. Sisa hem dari hemoglobin diubah menjadi bilirubin (warna kuning empedu) dan biliverdin, yaitu yang berwarna kehijau-hijauan yang dapat dilihat pada perubahan warna hemoglobin yang rusak pada luka memar.

Ciri-ciri sel darah merah, antara lain bentuknya melingkar, pipih, dan cakram bikonkaf, sel yang telah matang tidak mempunyai nucleus, berdiameter kurang dari 0,01 mm dan elastis.

2) Fungsi Sel Darah Merah

Fungsi sel darah merah memiliki beberapa fungsi bagi tubuh, antara lain.

- a) Mengantarkan Oksigen ke Seluruh Tubuh: setelah dibentuk oleh tumbuh sumsum merah tulang, sel darah merah akan menyebar ke seluruh jaringan-jaringan tubuh dengan membawa oksigen dari paru-paru lalu mengedarkannya dan membawanya kembali ke paru-paru untuk dikeluarkan.
- b) Penentuan Golongan Darah: Penentuan golongan darah ini dapat terjadi karena ditentukan oleh ada tidaknya antigen aglutinogen dalam sel darah merah. Golongan sel darah adalah A, B, AB, dan O.
- c) Menjaga Sistem Kekebalan Tubuh (Antibodi): Menjaga sistem kekebalan tubuh ini dapat terjadi karena adanya peran serta hemoglobin yang menangkal patogen atau bakteri melalui proses lisis dengan mengeluarkan radikal bebas yang dapat menghancurkan dinding dan membran sel patogen dan membunuh bakteri.
- d) Pelebaran Pembuluh Darah: Pelebaran pembuluh darah dapat terjadi karena eritrosit melepaskan senyawa dinamakan S-Nitrosothiol yang dilepaskan saat hemoglobin mengalami terdeoksigenasi sehingga akan melebarkan pembuluh darah dan melancarkan darah menuju ke seluruh tubuh khususnya pada daerah yang kekurangan darah.

- 3) Proses Terbentuknya Sel Darah Merah
Sel darah merah dibentuk dalam sumsum merah tulang pipih. Selanjutnya, darah beredar ke seluruh bagian tubuh melalui pembuluh darah. Umur sel darah merah kurang lebih yakni 120 hari. Sel darah merah yang sudah tua akan dibongkar di hati dan limpa diemoglobin diubah menjadi zat warna empedu (bilirubin) yang kemudian ditampung dalam kantong empedu. Bilirubin ini berfungsi memberi warna pada feses. Zat besi yang terdapat pada hemoglobin kemudian dilepas dan digunakan untuk membentuk sel darah merah baru.
- 4) Proses Terbentuknya Sel Darah Merah Berdasarkan Tahapan-Tahapannya
- Darah terbentuk atau diproduksi dalam sumsum merah tulang pipih.
 - Setiap detik sumsum merah tulang pipih membentuk sekitar dua juta sel.
 - Sel-sel yang telah diproduksi oleh sumsum merah tulang pipih dan dikeluarkan dinamakan retikulosit. Retikulosit memiliki kurang lebih 1% dalam dari sirkulasi darah.
 - Sel-sel yang mulai matang akan mengalami perubahan pada selaput plasmanya, sehingga fagosit dapat mengetahui sel-sel yang sudah tua yang akan menghasilkan fagositosis.
 - Hemoglobin diubah menjadi zat warna empedu (bilirubin) yang kemudian ditampung dalam kantong empedu.

2 SEL DARAH PUTIH (LEUKOSIT)

Sel darah putih mempunyai nukleus dengan bentuk yang bervariasi. Ukurannya berkisar antara 10 nm–25 nm. Fungsi sel darah putih ini adalah untuk melindungi badan dari infeksi penyakit serta pembentukan antibodi di dalam tubuh. Sel darah putih adalah salah satu mekanisme pertahanan tubuh terhadap infeksi luar. Saat terjadi luka, maka sel darah putih akan berkumpul di tempat luka yang merupakan jalur masuk bagi bakteri dan virus. Saat ada bakteri atau virus yang masuk, maka sel darah putih akan melakukan pola penyerangan yang hasilnya akan menimbulkan nanah. Nanah itu sendiri merupakan gabungan dari sel darah putih yang mati, mikroorganisme, sel tubuh sekitar, dan cairan tubuh.

Sel darah putih adalah salah satu mekanisme pertahanan tubuh terhadap infeksi luar. Saat terjadi luka, maka sel darah putih akan berkumpul di tempat luka yang merupakan jalur masuk bagi bakteri dan virus. Saat ada bakteri atau virus yang masuk, maka sel darah putih akan melakukan pola penyerangan yang hasilnya akan menimbulkan nanah. Nanah itu sendiri merupakan gabungan dari sel darah putih yang mati, mikroorganisme, sel tubuh sekitar, dan cairan tubuh.

Sel darah putih atau leukosit adalah sel lain yang terdapat di dalam darah. Yang berperan dalam mempertahankan tubuh terhadap penyusupan benda asing yang selalu dipandang mempunyai kemungkinan untuk mendatangkan bahaya bagi kelangsungan hidup individu selain itu, sel darah putih berfungsi sebagai pengangkut zat lemak.

Sel darah putih mempunyai ciri-ciri, antara lain tidak berwarna, mempunyai nucleus, kehilangan Hb, bentuknya tidak beraturan, dapat bergerak, dan dapat berubah bentuk. Sel darah putih dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu granulosit dan agranulosit. Sebenarnya kedua jenis sel darah putih ini jelas terlihat pada granulosit. Granula mengandung beragam enzim dan protein yang membantu sel darah putih dalam melindungi tubuh.

Granulosit mempunyai nucleus yang banyak dan bersifat fagosit. Macam-macam granulosit, antara lain:

1. Neutrofil:

Jenis sel darah putih terbanyak. Bentuk nukleusnya beragam, misalnya batang, bengkok, atau bercabang-cabang. Neutrofil menjadi sel darah putih yang pertama merespon adanya infeksi dan sel-sel tersebut menelan patogen selama fagositosis.

2. Basofil:

Berbentuk U dan berbintik-bintik. Basofil melepaskan histamin pada saat terjadi reaksi alergi.

3. Eosinofil:

Berbintik-bintik kemerahan. Meningkatkan apabila terjadi infeksi atau reaksi alergi. Agranulosit hanya mempunyai sebuah nucleus dan tidak seluruhnya bersifat fagosit.

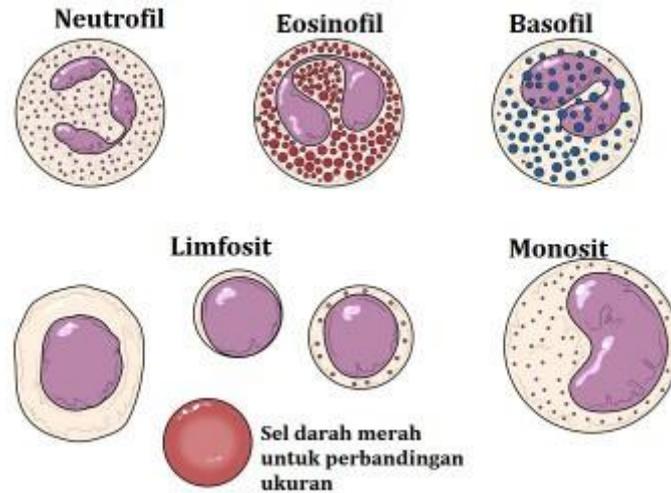
Macam-macam agranulosit, antara lain:

a. Monosit:

Jenis sel darah putih terbesar, bersifat fagosit, nukleusnya berbentuk seperti kacang, dan dapat bergerak cepat. Monosit yang berada pada suatu jaringan dapat berdiferensiasi menjadi makrofag yang berukuran lebih besar. Makrofag berfungsi untuk memfagosit patogen, sel usang, dan puing-puing seluler dan dapat merangsang sel-sel darah putih yang lain untuk melindungi tubuh.

b. Limfosit:

Jenis sel darah putih yang tidak bersifat fagosit, selnya cenderung berbentuk lingkaran, berinti tunggal, dan hanya memperhatikan sedikit pergerakan. Fungsi limfosit untuk imunitas (kekebalan) terhadap patogen dan toksin tertentu. Ada dua macam limfosit yaitu limfosit B dan limfosit T. Limfosit B melindungi kita dengan memproduksi antibody yang akan menghancurkan patogen, sedangkan limfosit T secara langsung menghancurkan sel-sel yang mengandung antigen.



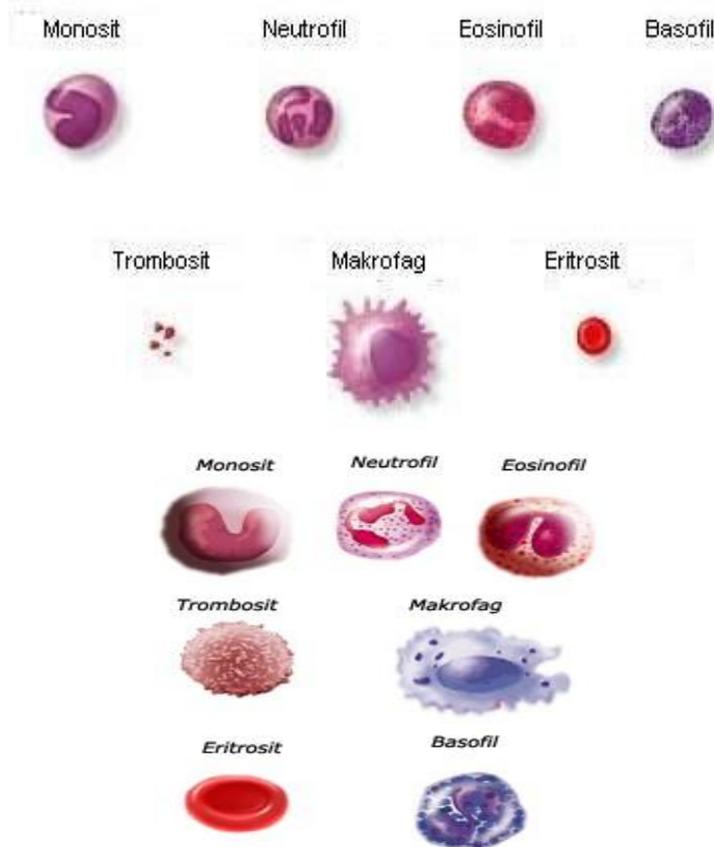
Gambar 9.2. Sel Darah Putih

3 KEPING DARAH/TROMBOTSIT/PLATELET

Keeping darah disebut juga trombosit. Sebenarnya, trombosit tidak dapat dipandang sebagai sel utuh karena berasal dari sel raksasa yang berada di sumsum tulang, yang dinamakan megakariosit. Dalam pematangannya, megakariosit ini pecah menjadi 3000 sampai 4000 serpihan sel, yang dinamai sebagai trombosit atau keeping sel (platelet) tersebut. Trombosit mempunyai bentuk bicembung dengan garis 0,75-2,25 mm. Dengan sendirinya trombosit ini tidak mempunyai inti. Akan tetapi keeping sel ini masih dapat melakukan sintesis protein.

Selain itu, trombosit masih mempunyai mitokondria, butir glikogen yang mungkin berfungsi sebagai cadangan energi dan 2 jenis granula, yaitu granula- α dan granula yang lebih padat. Granula- α berisi enzim-enzim hidrolase asam yang mengingatkan kita kepada lisosom. Granula lebih padat antara lain berisi faktor penggumpalan tertentu (faktor V), faktor pertumbuhan dan beberapa jenis glikoprotein, antara lain fibronektin.

Trombosit berfungsi penting dalam usaha tubuh untuk mempertahankan keutuhan jaringan bila terluka, sehingga tubuh tidak mengalami kehilangan darah dan terlindung dari penyusupan benda atau sel asing dan untuk melakukan agregasi.



Gambar 9.3. Trombosit

Trombosit membantu dalam proses pembekuan. Ketika pembuluh darah pecah, trombosit berkumpul di daerah dan membantu menutup kebocoran. Trombosit bertahan hidup hanya sekitar 9 hari dalam aliran darah dan secara konstan akan digantikan oleh sel-sel baru.

Protein penting yang disebut **faktor pembekuan** sangat penting untuk proses pembekuan. Kendati trombosit sendiri bisa menutup kebocoran pembuluh darah kecil dan untuk sementara menghentikan atau memperlambat pendarahan, dengan adanya faktor pembekuan darah menghasilkan penggumpalan yang kuat dan stabil. Trombosit dan faktor pembekuan bekerja sama untuk membentuk benjolan padat (disebut **bekuan darah**) untuk menutup kebocoran, luka-luka, atau goresan dan untuk mencegah pendarahan di dalam dan pada permukaan tubuh kita.

Ketika pembuluh darah besar yang terputus (atau dipotong), tubuh mungkin tidak dapat memperbaiki dirinya melalui pembekuan saja. Dalam kasus ini, perban atau jahitan digunakan untuk membantu mengontrol perdarahan.

Jika jumlah trombosit terlalu rendah, perdarahan yang berlebihan dapat terjadi. Namun, jika jumlah trombosit terlalu tinggi, dapat terbentuk pembekuan darah (trombosis), yang dapat menghambat pembuluh darah dan mengakibatkan peristiwa seperti *stroke*, infark miokard, emboli paru atau penyumbatan pembuluh darah ke bagian lain dari tubuh, seperti ujung-ujung lengan atau kaki. Suatu kelainan atau penyakit dari trombosit disebut

thrombocytopathy. Ada gangguan yang mengurangi jumlah trombosit, seperti **heparin-induced trombositopenia (HIT)** atau **Thrombotic Thrombocytopenic Purpura (TTP)** yang biasanya menyebabkan trombotosis, atau bekuan, **bukannya** pendarahan.

Latihan

- 1) Jelaskan apa saja yang termasuk dalam komponen darah!
- 2) Apa yang Anda ketahui tentang sel darah merah (eritrosit)?
- 3) Bagaimanakah ciri-ciri sel darah putih (leukosit)?
- 4) Apa yang Anda ketahui tentang Limfosit?
- 5) Jelaskan tentang fungsi Trombosit!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Komponen darah terdiri dari lebih separuh bagian dari darah merupakan cairan (plasma), yang sebagian besar mengandung garam-garam terlarut dan protein. Protein utama dalam plasma adalah albumin. Protein lainnya adalah antibodi (imunoglobulin) dan protein pembekuan. Plasma juga mengandung hormon-hormon, elektrolit, lemak, gula, mineral dan vitamin.
- 2) Sel darah merah (Eritrosit) merupakan sel yang paling banyak dibandingkan dengan 2 sel lainnya, dalam keadaan normal mencapai hampir separuh dari volume darah. Sel darah merah mengandung hemoglobin, yang memungkinkan sel darah merah membawa oksigen dari paru-paru dan mengantarkannya ke seluruh jaringan tubuh. Oksigen dipakai untuk membentuk energi bagi sel-sel, dengan bahan limbah berupa karbon dioksida, yang akan diangkut oleh sel darah merah dari jaringan dan kembali ke paru-paru.
- 3) Sel darah putih mempunyai ciri-ciri, antara lain tidak berwarna, mempunyai nucleus, kehilangan Hb, bentuknya tidak beraturan, dapat bergerak, dan dapat berubah bentuk.
- 4) Jenis sel darah putih yang tidak bersifat fagosit, selnya cenderung berbentuk lingkaran, berinti tunggal, dan hanya memperhatikan sedikit pergerakan. Fungsi limfosit untuk imunitas (kekebalan) terhadap patogen dan toksin tertentu. Ada dua macam limfosit yaitu limfosit B dan limfosit T. Limfosit B melindungi kita dengan memproduksi antibodi yang akan menghancurkan patogen, sedangkan limfosit T secara langsung menghancurkan sel-sel yang mengandung antigen.
- 5) Trombosit berfungsi penting dalam usaha tubuh untuk mempertahankan keutuhan jaringan bila terluka, sehingga tubuh tidak mengalami kehilangan darah dan terlindung dari penyusupan benda atau sel asing dan untuk melakukan agregasi. Trombosit membantu dalam proses pembekuan. Ketika pembuluh darah pecah, trombosit berkumpul di daerah dan membantu menutup kebocoran. Trombosit bertahan hidup hanya sekitar 9 hari dalam aliran darah dan secara konstan akan digantikan oleh sel-sel baru.

Ringkasan

Darah merupakan gabungan dari cairan, sel-sel dan partikel yang menyerupai sel, yang mengalir dalam arteri, kapiler dan vena; yang mengirimkan oksigen dan zat-zat gizi ke jaringan dan membawa karbon dioksida dan hasil limbah lainnya. Sel-sel darah dibedakan menjadi sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan sel darah pembeku (trombosit). Sel darah merah (SDM) atau eritrosit adalah sel darah yang terbanyak di dalam darah. Karena sel ini mengandung senyawa yang berwarna, yaitu hemoglobin, maka dengan sendirinya darah berwarna merah.

Sel darah putih atau leukosit adalah sel yang berperan dalam mempertahankan tubuh terhadap penyusupan benda asing yang selalu dipandang mempunyai kemungkinan untuk mendatangkan bahaya bagi kelangsungan hidup individu selain itu, sel darah putih berfungsi sebagai pengangkut zat lemak. Sel darah putih mempunyai ciri-ciri, antara lain tidak berwarna, mempunyai nucleus, kehilangan Hb, bentuknya tidak beraturan, dapat bergerak, dan dapat berubah bentuk. Sel darah putih dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu granulosit dan agranulosit.

Trombosit membantu dalam proses pembekuan. Ketika pembuluh darah pecah, trombosit berkumpul di daerah dan membantu menutup kebocoran. Trombosit bertahan hidup hanya sekitar 9 hari dalam aliran darah dan secara konstan akan digantikan oleh sel-sel baru.

Protein penting yang disebut **faktor pembekuan** sangat penting untuk proses pembekuan. Kendati trombosit sendiri bisa menutup kebocoran pembuluh darah kecil dan untuk sementara menghentikan atau memperlambat pendarahan, dengan adanya faktor pembekuan darah menghasilkan penggumpalan yang kuat dan stabil. Trombosit dan faktor pembekuan bekerja sama untuk membentuk benjolan padat (disebut **bekuan darah**) untuk menutup kebocoran, luka-luka, atau goresan dan untuk mencegah pendarahan di dalam dan pada permukaan tubuh kita.

Tes 1

- 1) Sel darah merah (eritrosit) pada orang dewasa dibentuk di
 - A. Ginjal
 - B. Limpa
 - C. Sumsum tulang
 - D. Hati(hepar)

- 2) Hemoglobin yang merupakan senyawa protein terletak pada sel darah
 - A. Eristrosit
 - B. Leukosit
 - C. Trombosit
 - D. Limfosit

- 3) Bagaimanakah ciri-ciri sel darah merah
 - A. Tidak berwarna
 - B. Mempunyai nukleus
 - C. Bentuknya tidak beraturan
 - D. sel yang sudah matang tidak mempunyai nukleus

- 4) Sel darah yang mempunyai fungsi pertahanan tubuh dari infeksi adalah
 - A. Eritrosit
 - B. Leukosit
 - C. Trombosit
 - D. Granulosit

- 5) Bagian sel darah putih yang pertama merespons adanya infeksi adalah
 - A. Netrofil
 - B. Basofil
 - C. Eusinofil
 - D. Asidofil

- 6) Bagian sel darah putih yang jumlahnya meningkat apabila terjadi infeksi atau reaksi alergi adalah
 - A. Netrofil
 - B. Basofil
 - C. Eusinofil
 - D. Asidofil

- 7) Manakah dari pernyataan berikut ini yang merupakan bagian sel darah putih dan tidak fagosit serta berfungsi imunitas (kekebalan) terhadap patogen dan toksin tertentu adalah
 - A. Monosit
 - B. Limfosit
 - C. Netrofil
 - D. Basofil

- 8) Bagian sel darah yang mempunyai peran penting dalam proses pembekuan adalah
 - A. Eritrosit
 - B. Granulosit
 - C. Trombosit
 - D. Leukosit

- 9) Berikut merupakan ciri-ciri trombosit
 - A. Tidak berwarna
 - B. Mempunyai nukleus
 - C. Bentuknya tidak beraturan
 - D. Tidak mempunyai nukleus

- 10) Platelet adalah
- A. Sel darah merah
 - B. Hemoglobin
 - C. S4I keping darah
 - D. Sel darah putih

Topik 2

Struktur dan Fungsi Kelenjar Getah Bening

Sudahkah Anda menjawab soal latihan yang ada pada Topik 1. Kalau belum sebaiknya Anda ulangi lagi dan diselesaikan terlebih dahulu jawaban yang ada pada soal latihan. Selanjutnya kita akan masuk pada Topik 2 yang akan membahas tentang Struktur dan fungsi Kelenjar Getah Bening.

1 ANATOMI FISIOLOGI KELENJAR LIMFE/KELENJAR GETAH BENING

Sistem saluran limfe berhubungan erat dengan sistem sirkulasi darah. Darah meninggalkan jantung melalui arteri dan dikembalikan melalui vena. Sebagian cairan yang meninggalkan sirkulasi dikembalikan melalui saluran limfe, yang merembes dalam ruang-ruang jaringan.

Hampir seluruh jaringan tubuh mempunyai saluran limfatik yang mengalirkan kelebihan cairan secara langsung dari ruang interstisial. Beberapa pengecualian antara lain bagian permukaan kulit, sistem saraf pusat, bagian dalam dari saraf perifer, endomisium otot, dan tulang.

1.1 Susunan

Limfe mirip dengan plasma tetapi dengan kadar protein yang lebih kecil. Kelenjar-kelenjar limfe menambahkan limfosit pada limfe sehingga jumlah sel itu sangat besar di dalam saluran limfe. Di dalam limfe tidak terdapat sel lain. Limfe dalam salurannya digerakkan oleh kontraksi otot di sekitarnya dan dalam beberapa saluran limfe yang gerakannya besar itu dibantu oleh katup.

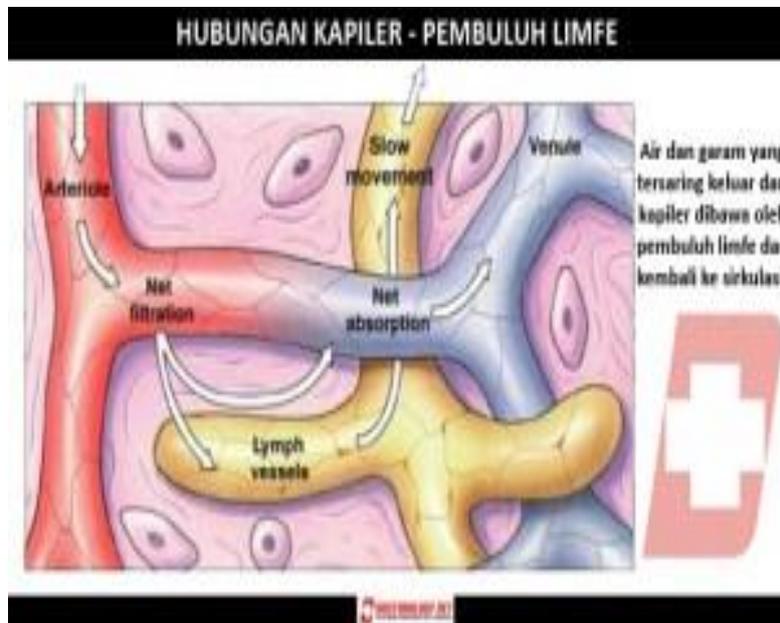
1.2 Fungsi

- a. Mengembalikan cairan dan protein dari jaringan ke dalam sirkulasi darah.
- b. Mengangkut limfosit dari kelenjar limfe ke sirkulasi darah.
- c. Untuk membawa lemak yang sudah dibuat emulsi dari usus ke sirkulasi darah. Saluran limfe yang melaksanakan fungsi ini ialah saluran lakteal.
- d. Kelenjar limfe menyaring dan menghancurkan mikroorganisme untuk menghindarkan penyebaran organism itu dari tempat masuknya ke dalam jaringan, ke bagian lain tubuh.
- e. Apabila ada infeksi, kelenjar limfe menghasilkan zat anti (antibodi) untuk melindungi tubuh terhadap kelanjutan infeksi.

1.3 Pembuluh limfe

Struktur pembuluh limfe serupa dengan vena kecil, tetapi memiliki lebih banyak katup sehingga pembuluh limfe tampaknya seperti rangkaian petasan. Pembuluh limfe yang

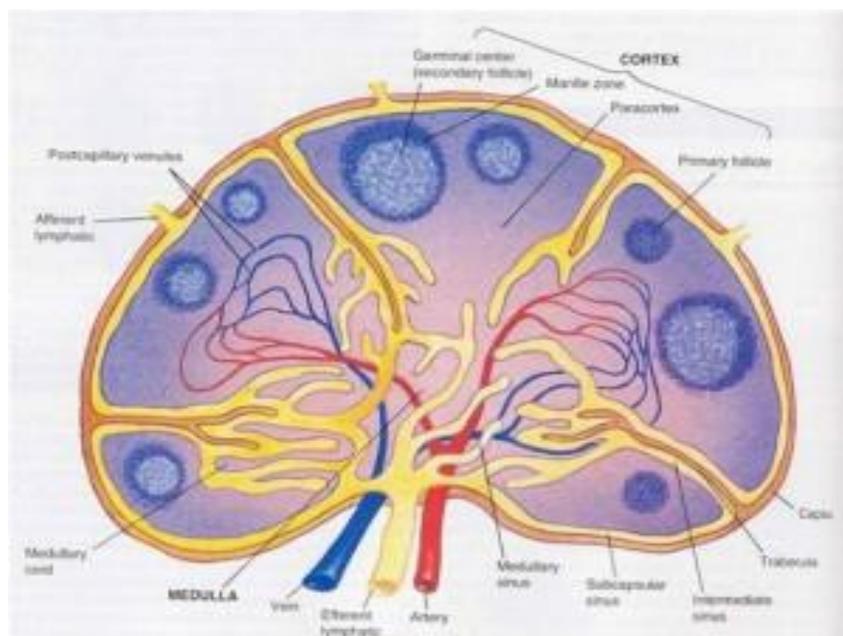
terkecil atau kapiler limfe lebih besar dari kapiler darah dan terdiri hanya atas selapis endotelium. Pembuluh limfe bermula sebagai jalinan halus kapiler yang sangat kecil atau sebagai rongga-rongga limfe di dalam jaringan berbagai organ. Sejenis pembuluh limfe khusus, disebut lacteal (khilus) dijumpai dalam vili usus kecil.

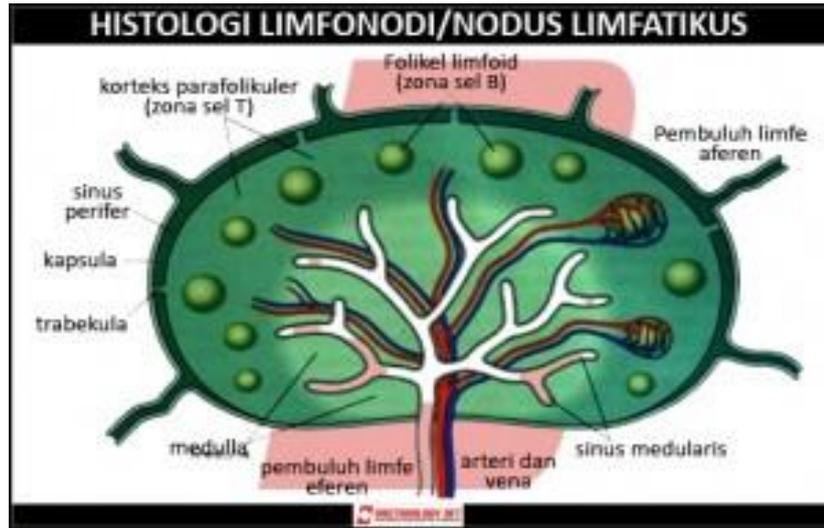


Gambar 8.1. Hubungan Kapiler Pembuluh limfe

1.4 Kelenjar limfe atau limfonodi

Limfonodi berbentuk kecil lonjong atau seperti kacang dan terdapat di sepanjang pembuluh limfe. Kerjanya sebagai penyaring dan dijumpai di tempat-tempat terbentuknya limfosit. Kelompok-kelompok utama terdapat di dalam leher, axial, thorax, abdomen, dan lipat paha.





Gambar 9.2. Nodus Limfatikus

Sebuah kelenjar limfe mempunyai pinggiran cembung dan yang cekung. Pinggiran yang cekung disebut hilum. Sebuah kelenjar terdiri dari jaringan fibrous, jaringan otot, dan jaringan kelenjar. Di sebelah luar, jaringan limfe terbungkus oleh kapsul fibrous. Dari sini keluar tajuk-tajuk dari jaringan otot dan fibrous, yaitu trabekulae, masuk ke dalam kelenjar dan membentuk sekat-sekat. Ruangan di antaranya berisi jaringan kelenjar, yang mengandung banyak sel darah putih atau limfosit.

Pembuluh limfe aferen menembus kapsul di pinggiran yang cembung dan menuangkan isinya ke dalam kelenjar. Bahan ini bercampur dengan benda-benda kecil daripada limfe yang banyak sekali terdapat di dalam kelenjar dan selanjutnya campuran ini dikumpulkan pembuluh limfe eferen yang mengeluarkannya melalui hilum. Arteri dan vena juga masuk dan keluar kelenjar melalui hilum.

1.5 Saluran limfe

Terdapat dua batang saluran limfe utama, ductus thoracicus dan batang saluran kanan. Ductus thoracicus bermula sebagai reseptakulum khili atau sisterna khili di depan vertebra lumbalis. Kemudian berjalan ke atas melalui abdomen dan thorax menyimpang ke sebelah kiri kolumna vertebralis, kemudian bersatu dengan vena-vena besar di sebelah bawah kiri leher dan menuangkan isinya ke dalam vena-vena itu.

Ductus thoracicus mengumpulkan limfe dari semua bagian tubuh, kecuali dari bagian yang menyalurkan limfanya ke ductus limfe kanan (batang saluran kanan). Ductus limfe kanan ialah saluran yang jauh lebih kecil dan mengumpulkan limfe dari sebelah kanan kepala dan leher, lengan kanan dan dada sebelah kanan, dan menuangkan isinya ke dalam vena yang berada di sebelah bawah kanan leher. Sewaktu suatu infeksi pembuluh limfe dan kelenjar dapat meradang, yang tampak pada pembengkakan kelenjar yang sakit atau lipat paha dalam hal sebuah jari tangan atau jari kaki terkena infeksi.

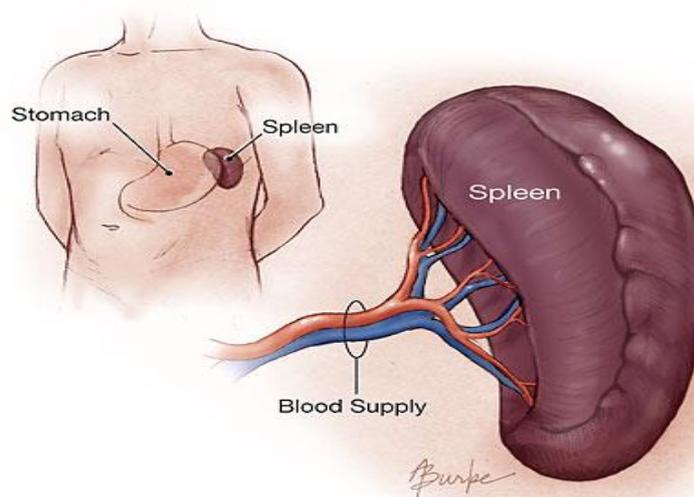
1.6 Timus

Timus adalah kelenjar kecil yang terletak di dada bagian atas di bawah tulang dada, merupakan bagian dari sistem limfatik. Fungsinya membuat sel-sel darah putih, disebut limfosit T, yang melindungi tubuh terhadap infeksi. Kelenjar ini aktif pada anak, namun kurang begitu aktif pada orang dewasa.

1.7 Limpa

Limpa adalah sebuah kelenjar berwarna ungu tua yang terletak di sebelah kiri abdomen di daerah *hypogastrium* kiri di bawah iga kesembilan, sepuluh dan sebelas. Limpa berdekatan dengan fundus dan permukaan luarnya menyentuh diafragma. Limpa menyentuh ginjal kiri, kelokan kolon dikiri atas, dan ekor pancreas. Limpa terdiri atas jalinan struktur jaringan ikat. Di antara jalinan terbentuk isi limpa atau pulpa yang terdiri atas jaringan limfe dan sejumlah besar sel darah. Limpa dibungkus oleh kapsul yang terdiri atas jaringan kolagen dan elastik dan beberapa serabut otot halus.

Pembuluh darah limpa masuk dan keluar melalui hilum yang berada dipermukaan dalam. Pembuluh-pembuluh darah itu langsung menuangkan isinya ke dalam pulpa sehingga darah bercampur dengan unsur-unsur limpa dan tidak seperti pada organ-organ yang dipisahkan oleh pembuluh darah. Darah yang mengalir dalam limpa dikumpulkan lagi oleh sebuah sistem sinus yang bekerja seperti vena dan mengantarkan darahnya ke cabang-cabang vena. Cabang-cabang ini bersatu dan membentuk vena limpa (vena linealis) yang membawa darahnya dari limpa masuk peredaran gerbang (peredaran portal) dan diantarkan ke hati.



Gambar 9.3. Limpa

1.8 Fungsi limpa

Sewaktu masa janin limpa membentuk sel darah merah dan mungkin pada orang dewasa juga masih mengerjakannya bila fungsi sumsum tulang rusak. Sel darah merah yang sudah usang dipisahkan dari sirkulasi. Limpa menghasilkan limfosit. Limpa juga

menghancurkan sel darah putih dan trombosit. Limpa juga menghasilkan zat-zat anti bodi. Limpa bukanlah sesuatu yang harus ada untuk hidup. Dalam beberapa keadaan pada anemi hemolitik, limpa diangkat melalui operasi splenektomi dan hasil dari tindakan ini ialah bahwa kerapuhan sel darah merah berkurang dan dapat memperingan penyakit.

2 CAIRAN LIMFA

Selain sistem peredaran darah, manusia juga mempunyai sistem peredaran getah bening (limfa) yang keduanya berperan dalam sistem transportasi. Sistem limfa berkaitan erat dengan sistem peredaran darah. Sistem limfa terdiri dari cairan limfa, pembuluh limfa, dan kelenjar limfa. Fungsi sistem peredaran getah bening adalah sebagai berikut:

1. Untuk sistem pertahanan tubuh.
2. Mengangkut kembali cairan tubuh, cairan plasma darah, sel darah putih yang berada di luar pembuluh darah, dan mengangkut lemak dari usus ke dalam sistem peredaran darah.

Cairan limfa mengandung sel-sel darah putih yang berfungsi mematikan kuman penyakit yang masuk ke dalam tubuh. Cairan ini keluar dari pembuluh darah dan mengisi ruang antarsel sehingga membasahi seluruh jaringan tubuh. Pembuluh limfa mempunyai banyak katup dan terdapat pada semua jaringan tubuh, kecuali pada sistem saraf pusat.

Kelenjar limfa berfungsi untuk menghasilkan sel darah putih dan menjaga agar tidak terjadi infeksi lebih lanjut. Kelenjar limfa terdapat di sepanjang pembuluh limfa, terutama terdapat pada pangkal paha, ketiak, dan leher. Alat tubuh yang mempunyai fungsi yang sama dengan kelenjar limfa yaitu limpa dan tonsil.

Limpa merupakan sebuah kelenjar yang terletak di belakang lambung dan berwarna ungu. Fungsinya antara lain sebagai tempat penyimpanan cadangan sel darah, membunuh kuman penyakit, pembentukan sel darah putih dan antibodi, dan tempat pembongkaran sel darah merah yang sudah mati. Tonsil atau amandel terletak di bagian kanan dan kiri pangkal tenggorokan. Tonsil yang berada di belakang anak tekak yaitu di dalam rongga hidung disebut polip hidung. Fungsi tonsil adalah untuk mencegah infeksi yang masuk melalui hidung, mulut, dan tenggorokan.

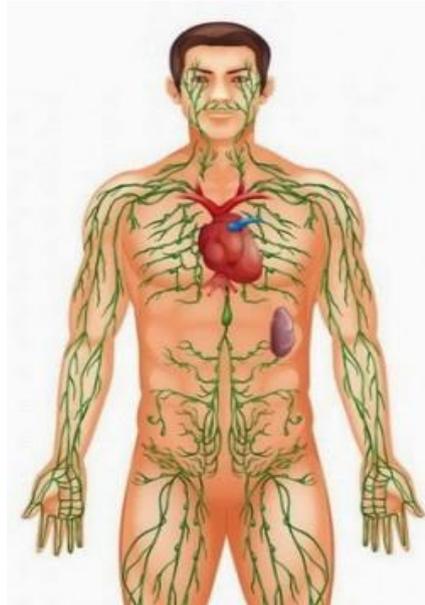
2.1 Sistem Limfatik

Sistem limfatik adalah suatu sistem sirkulasi sekunder yang berfungsi mengalirkan limfa atau getah bening di dalam tubuh. Limfa (bukan limpa) berasal dari plasma darah yang keluar dari sistem kardiovaskular ke dalam jaringan sekitarnya. Cairan ini kemudian dikumpulkan oleh sistem limfa melalui proses difusi ke dalam kelenjar limfa dan dikembalikan ke dalam sistem sirkulasi.

2.2 Sistem Peredaran Darah Limfa

Darah selalu mengalir di dalam pembuluhnya. Selain darah ada pula suatu cairan yang mengalir di seluruh jaringan tubuh, namun tidak selalu mengalir dalam pembuluh. Cairan ini disebut cairan limfa atau cairan getah bening. Cairan limfa mengandung sel darah putih, fibrinogen, dan keping darah yang ketiganya berfungsi dalam proses pembekuan darah dan mencegah infeksi. Cairan limfa masuk ke dalam pembuluh limfa. Berbeda dengan pembuluh darah yang memiliki peredaran tertutup, pembuluh limfa memiliki peredaran terbuka. Alasannya, pembuluh limfa merupakan pembuluh kecil yang ujungnya terbuka.

Terdapat dua pembuluh limfa besar dalam tubuh manusia, yaitu pembuluh limfa kanan dan pembuluh limfa kiri. Pembuluh limfa kanan berfungsi mengumpulkan limfa yang berasal dari jantung, dada, paru-paru, kepala, leher, dan lengan bagian atas. Pembuluh limfa kiri berfungsi mengumpulkan limfa yang berasal dari bagian-bagian tubuh yang tidak masuk ke dalam pembuluh limfa kanan. Cairan limfa dari kedua pembuluh limfa ini masuk ke pembuluh balik untuk dibawa ke jantung. Di bagian tubuh tertentu, misalnya di ketiak, leher, dan pangkal paha, pembuluh limfa membentuk simpul yang disebut nodus limfa. Jika ada bagian tubuh yang terluka, limfa dari kelenjar yang terdekat dengan luka tersebut akan bereaksi dan membengkak.



Gambar 9.4. Sistem Peredaran Limfe

2.3 Perbedaan Sirkulasi Limfe dengan Sirkulasi Darah

Aliran limfe dalam pembuluh limfe ini dipengaruhi oleh kontraksi otot rangka. Jadi, terdapat perbedaan antara sirkulasi darah dengan sirkulasi limfe, perbedaan ini dapat dilihat dalam tabel berikut.

2.4 Perbedaan Sistem Sirkulasi Limfa dan Sistem Sirkulasi Darah

No.	Perbedaan	Sistem Limfa	Sistem Darah
1.	Cairan yang diedarkan	Getah bening	Darah
2.	Warna Cairan	Kuning muda	Merah
3.	Sistem sirkulasi	Terbuka	Tertutup
4.	Penyebab aliran	Disebabkan kontraksi otot rangka	Disebabkan kontraksi jantung
5.	Macam pembuluh	Pemb.limfa dada bag. Kiri & kanan	Arteri dan vena
6.	Kadar protein	3%	8%
7.	Zat yg diangkut	Lemak (asam lemak & gliserol)	Oksigen, CO ₂ , monosakarida dan asam amino

Latihan

- 1) Jelaskan bagaimana susunan limfe dalam tubuh kita!
- 2) Apa yang Anda ketahui tentang pembuluh limfe?
- 3) Jelaskan saluran limfe yang ada dalam tubuh kita!
- 4) Berikan penjelasan tentang Kelenjar Timus
- 5) Apa yang Anda ketahui tentang fungsi Limpa?

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Susunan Limfe mirip dengan plasma tetapi dengan kadar protein yang lebih kecil. Kelenjar-kelenjar limfe menambahkan limfosit pada limfe sehingga jumlah sel itu sangat besar di dalam saluran limfe. Di dalam limfe tidak terdapat sel lain. Limfe dalam salurannya digerakkan oleh kontraksi otot di sekitarnya dan dalam beberapa saluran limfe yang gerakannya besar itu dibantu oleh katup.
- 2) Struktur pembuluh limfe serupa dengan vena kecil, tetapi memiliki lebih banyak katup sehingga pembuluh limfe tampaknya seperti rangkaian petasan. Pembuluh limfe yang terkecil atau kapiler limfe lebih besar dari kapiler darah dan terdiri hanya atas selapis endotelium. Pembuluh limfe bermula sebagai jalinan halus kapiler yang sangat kecil atau sebagai rongga-rongga limfe di dalam jaringan berbagai organ. Sejenis pembuluh limfe khusus, disebut lacteal (khilus) dijumpai dalam vili usus kecil.
- 3) Terdapat dua batang saluran limfe utama, ductus thoracicus dan batang saluran kanan. Ductus thoracicus bermula sebagai reseptakulum khili atau sisterna khili di depan vertebra lumbalis. Ductus thoracicus mengumpulkan limfe dari semua bagian tubuh, kecuali dari bagian yang menyalurkan limfanya ke ductus limfe kanan (batang saluran kanan). Ductus limfe kanan ialah saluran yang jauh lebih kecil dan mengumpulkan limfe dari sebelah kanan kepala dan leher, lengan kanan dan dada sebelah kanan, dan menuangkan isinya ke dalam vena yang berada di sebelah bawah kanan leher.
- 4) Timus adalah kelenjar kecil yang terletak di dada bagian atas di bawah tulang dada, merupakan bagian dari sistem limfatik. Fungsinya membuat sel-sel darah putih,

disebut limfosit T, yang melindungi tubuh terhadap infeksi. Kelenjar ini aktif pada anak, namun kurang begitu aktif pada orang dewasa.

- 5) Fungsinya antara lain sebagai tempat penyimpanan cadangan sel darah, membunuh kuman penyakit, pembentukan sel darah putih dan antibodi, dan tempat pembongkaran sel darah merah yang sudah mati.

Ringkasan

Selain sistem peredaran darah, manusia juga mempunyai sistem peredaran getah bening (limfa) yang keduanya berperan dalam sistem transportasi. Sistem limfa berkaitan erat dengan sistem peredaran darah. Sistem limfa terdiri dari cairan limfa, pembuluh limfa, dan kelenjar limfa. Struktur pembuluh limfe serupa dengan vena kecil, tetapi memiliki lebih banyak katup sehingga pembuluh limfe tampaknya seperti rangkaian petasan. Pembuluh limfe yang terkecil atau kapiler limfe lebih besar dari kapiler darah dan terdiri hanya atas selapis endotelium.

Terdapat dua batang saluran limfe utama, ductus thoracicus dan batang saluran kanan. Ductus thoracicus mengumpulkan limfe dari semua bagian tubuh, kecuali dari bagian yang menyalurkan limfanya ke ductus limfe kanan (batang saluran kanan). Dua kelenjar limfe yang perlu kita ketahui yaitu Timus dan Limpa. Timus adalah kelenjar kecil yang terletak di dada bagian atas di bawah tulang dada, merupakan bagian dari sistem limfatik. Fungsinya membuat sel-sel darah putih, disebut limfosit T, yang melindungi tubuh terhadap infeksi. Kelenjar ini aktif pada anak, namun kurang begitu aktif pada orang dewasa. Limpa adalah sebuah kelenjar berwarna ungu tua yang terletak disebelah kiri abdomen didaerah *hypogastrium* kiri dibawah iga kesembilan, sepuluh dan sebelas.

Tes 2

- 1) Manakah dari jenis sel darah berikut ini yang paling banyak masuk ke dalam limfe?
 - A. Erytrosit
 - B. Trombosit
 - C. Leukosit
 - D. Imfosit

- 2) Manakah dari pernyataan berikut ini yang merupakan salah satu fungsi saluran limfe?
 - A. Mengangkut trombosit dari kelenjar limfe ke pembuluh darah
 - B. Mengangkut eritrosit dari kelenjar limfe ke pembuluh darah
 - C. Mengembalikan cairan dan protein dari jaringan ke sirkulasi darah
 - D. Membunuh kuman yang masuk dalam tubuh kita

- 3) Dimanakah dalam tubuh kita dapat kita jumpai kelompok – kelompok kelenjar limfe?
 - A. Gaster
 - B. Axila

- C. Hepar
 - D. Ginjal
- 4) Sebutkan salah satu saluran limfe utama yang terdapat dalam tubuh kita?
- A. Ductus Cystikus
 - B. Ductus Hepatikus
 - C. Duktus Thoraksikus
 - D. Duktus Choledocus
- 5) Dimanakah dalam tubuh kita limfe yang berasal dari tubuh belahan kanan?
- A. Ductus Toraksikus
 - B. Ductus Hepatikus
 - C. Duktus Pnkreatikus
 - D. Duktus Choledocus
- 6) Manakah dari kelenjar berikut ini yang menghasilkan limfosit T?
- A. Limpa
 - B. Timus
 - C. Hati
 - D. Pankreas
- 7) Apa yang Anda ketahui tentang fungsi limpa?
- A. Menghancurkan leukosit dan trombosit
 - B. Menghasilkan leukosit dan trombosit
 - C. Menghancurkan eritrosit dan trombosit
 - D. Menghasilkan eritrosit dan leukosit
- 8) Organ apakah yang berfungsi mencegah masuknya kuman melalui hidung, mulut dan tenggorokan?
- A. Limpa
 - B. Timus
 - C. Tonsil
 - D. Pankreas
- 9) Sebutkan faktor apakah yang mempengaruhi pergerakan aliran limfe?
- A. Kontraksi otot jantung
 - B. Kontraksi pembuluh darah
 - C. Kontraksi otot dan sendi
 - D. Kontraksi otot rangka
- 10) Berapakah kadar protein yang terdapat dalam sistem limfe?
- A. 3%
 - B. 5%
 - C. 6%
 - D. 8%

BAB X

STRUKTUR DAN FUNGSI REPRODUKSI SERTA TUMBUH KEMBANG JANIN

Washudi, S.Pd., M.Kes

PENDAHULUAN

Andrologi (dari bahasa Yunani andros yang berarti laki-laki) adalah spesialisasi medis yang berhubungan dengan kesehatan pria, secara khusus kepada masalah-masalah yang berhubungan dengan sistem reproduksi dan sistem urine pria. Andrologi merupakan lawan dari ginekologi yang menangani masalah kesehatan wanita. Andrologi dipelajari sejak akhir 1960-an. Jurnal yang membahas andrologi pertama kali adalah jurnal berbahasa Jerman *Andrologie* (sekarang *Andrologia*), yang dipublikasikan sejak 1969. Seperti halnya pada bidang ilmu Kebidanan dan Kandungan yang khusus menangani permasalahan pada wanita, spesialisasi kedokteran yang menangani hal tersebut adalah Dokter spesialis Kebidanan dan Kandungan, demikian juga dengan permasalahan pria yang ditangani oleh Dokter spesialis Andrologi.

Bab 10 berjudul Struktur dan fungsi reproduksi serta tumbuh kembang janin membahas tentang reproduksi pria dan wanita, yaitu struktur, fungsi dan organ reproduksi. Konsepsi dan embriologi dasar juga akan menjadi ruang lingkup pembahasan dalam Bab ini.

Bab ini dikemas dalam tiga Topik yang disusun dengan urutan sebagai berikut:

Topik 1: Struktur, fungsi dan organ reproduksi wanita

Topik 2: Struktur, fungsi dan organ reproduksi pria

Topik 3: Konsepsi, nidasi dan tumbuh kembang janin

Setelah mempelajari Bab 10 ini, peserta didik diharapkan mampu menjelaskan organ reproduksi pria dan wanita yang meliputi struktur dan fungsi, serta konsep nidasi dan tumbuh kembang janin sebagai landasan dalam melaksanakan asuhan keperawatan. Untuk memudahkan Anda mengikuti proses pembelajaran dalam modul ini, agar dapat berjalan dengan baik maka peserta didik untuk mengikuti langkah-langkah belajar sebagai berikut:

1. Pahami dahulu pengetahuan dasar dan kepentingan biologi dalam aktivitas sehari-hari Anda sebagai manusia dan calon perawat ahli madya.
2. Pelajari dahulu Topik 1, 2, dan 3 secara berurutan.
3. Baca dengan seksama materi yang disampaikan dan buatlah ringkasan materi yang dibahas.
4. Keberhasilan proses pembelajaran jarak jauh yang Anda jalani saat ini sangat tergantung pada kesungguhan Saudara dalam belajar dan mengerjakan latihan/tugas terkait materi yang dibahas, guna mempertahankan motivasi Saudara silakan belajar berkelompok dengan teman sejawat.

✂ ■ Biomedik Dasar ✂ ■

Baiklah Saudara peserta didik pembelajaran jarak jauh, selamat belajar semoga Anda sukses memahami pengetahuan yang diuraikan dalam mata kuliah ini untuk meningkatkan kemampuan Saudara dalam melayani masyarakat di tempat Saudara bekerja dengan baik.

Topik 1

Struktur dan Fungsi Organ Reproduksi Wanita

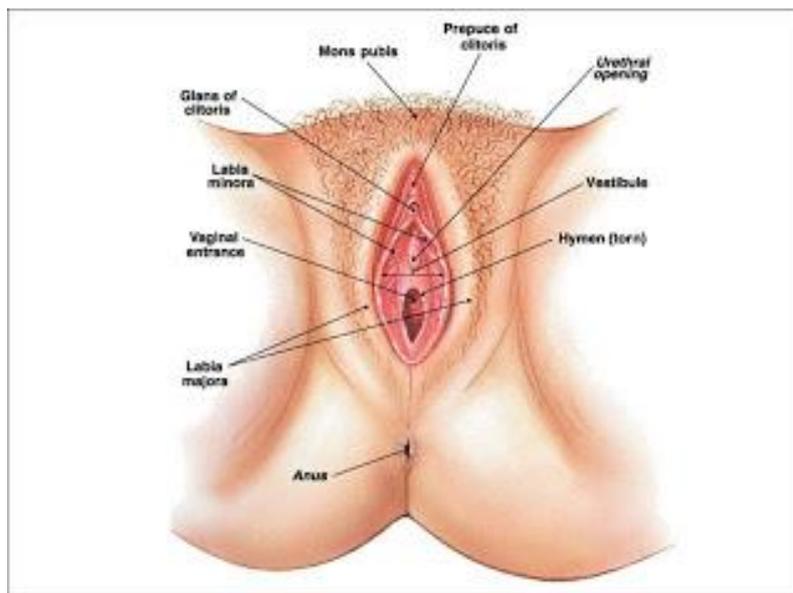
Setelah menyelesaikan Unit Topik 10, peserta didik diharapkan mampu menjelaskan **Struktur dan Fungsi Organ Reproduksi Wanita** sebagai landasan dalam melaksanakan asuhan keperawatan.

Setelah menyelesaikan Topik 1, diharapkan Anda dapat:

1. Menjelaskan alat reproduksi wanita eksternal.
2. Menjelaskan alat reproduksi wanita internal.
3. Menjelaskan Oogenesis.

Salam hangat dan bahagia selalu, semoga Tuhan yang Maha Esa senantiasa memberikan kekuatan dan perlindungan serta keselamatan kepada kita semua, Amin.

1. ALAT REPRODUKSI EKSTERNAL



Gambar 10.1. Alat reproduksi eksternal wanita

Reproduksi wanita terdiri dari dua bagian, yaitu eksternal dan internal. Bagian eksternal terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

1.1 Vulva

Merupakan suatu daerah yang menyelubungi vagina. Tampak dari luar mulai dari mons pubis samapi tepi perineum, terdiri dari mons pubis, labia mayora, labia minora, clitoris, hymen, vestibulum, orificium urethrae externum, kelenjar-kelenjar pada dinding vagina.

1.2 Mons Pubis/MonsVeneris

Lapisan lemak di bagian anterior symphysis os pubis. Pada masa pubertas daerah ini mulai ditumbuhi rambut pubis.

1.3 Labia Mayora

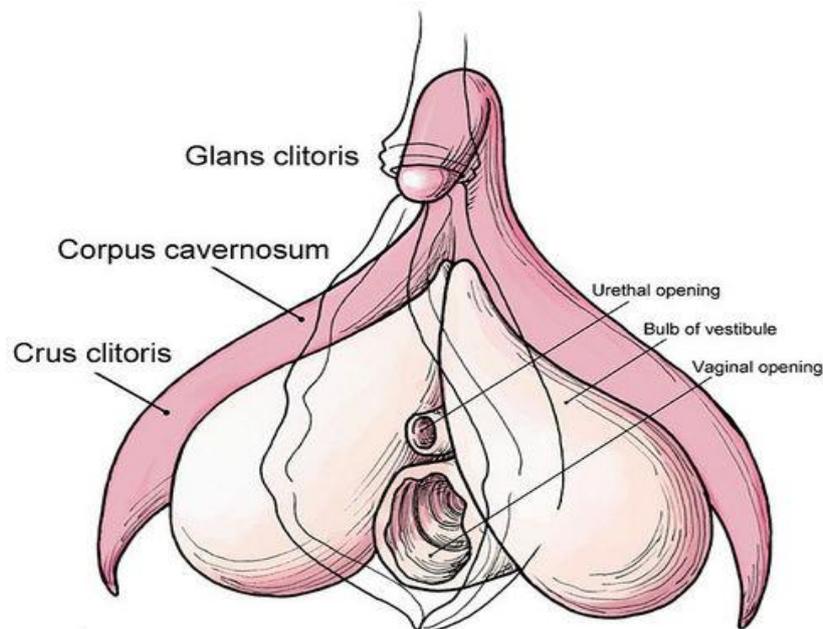
Lapisan lemak lanjutan mons pubis ke arah bawah dan belakang, banyak mengandung pleksus vena. Di bagian bawah perineum, labia mayora menyatu pada commisura posterior. Berfungsi sebagai pelindung dan menjaga agar bagian dalam tetap lembab.

1.4 Labia Minora

Lipatan jaringan tipis di balik labia mayora tidak mempunyai folikel rambut. Memiliki jaringan saraf sensorik yang luas yang sangat peka karena mengandung ujung syaraf.

1.5 Clitoris

Merupakan organ kecil yang terletak pada pertemuan antara kedua labia dan dasar mons pubis. Terdiri dari caput/glans clitoridis yang terletak di bagian superior vulva dan corpus clitoridis yang tertanam di dalam dinding anterior vagina. Terdapat juga respeter androgen pada clitoridis



Gambar 10.2. Bagian dari Klitoris

1.6 Vestibulum

Daerah dengan batas atas clitoridis, batas bawah fourchet, batas lateral labia minora. Antara fourchet dan vagina terdapat fossa navicularis.

1.7 Introitus/orificium vagina

Terletak di bagian bawah vestibulum. Pada gadis tertutup lapisan tipis bermukosa yaitu selaput dara/hymen utuh tanpa robekan. Hymen yang abnormal misalnya primer tidak berlubang (hymen imperforata) menutup total lubang vagina dapat menyebabkan darah menstruasi terkumpul di rongga genitalia interna.

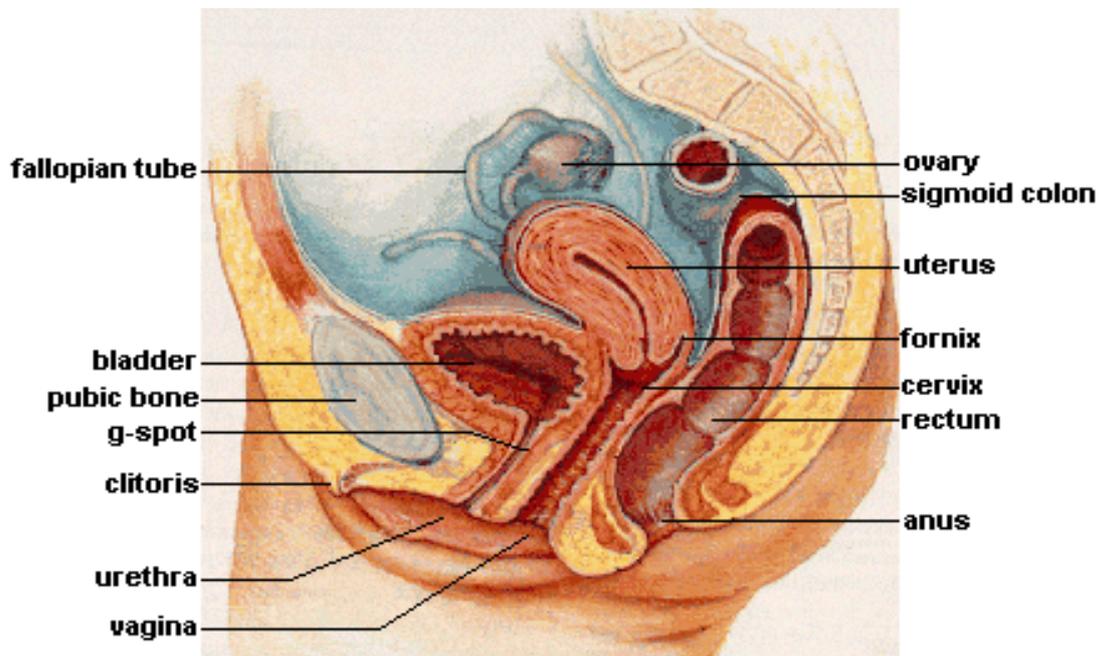
1.8 Vagina

Rongga muskulomembranosa berbentuk tabung mulai dari tepi cervik uteri di bagian kranial dorsal sampai ke vulva di bagian kaudal ventral. Panjangnya sekitar 8-10 cm. Fungsi vagina untuk mengeluarkan ekskresi uterus pada haid, untuk jalan lahir, dan untuk kopulasi (persetubuhan). Pada bagian ujung yang terbuka, vagina ditutupi oleh selaput dara.

1.9 Perineum

Daerah antara tepi bawah vulva dengan tepi anus. Perineum meregang pada persalinan kadang perlu dipotong (episiotomi) untuk memperbesar jalan lahir dan mencegah rupture.

2. ALAT REPRODUKSI INTERNAL



Gambar 10.3. Alat Reproduksi Wanita Bagian Internal

2.1 Uterus

Suatu organ muskular berbentuk seperti buah pir, beratnya 30-50 gr dan panjang 9 cm, lebar 6 cm, dilapisi peritoneum. Selama kehamilan berfungsi sebagai tempat implantasi, retensi, dan nutrisi konseptus. Pada saat persalinan, kontraksi dinding uterus dan pembukaan serviks uterus, isi konsepsi dikeluarkan. Uterus terdiri dari 3 lapisan:

- a. Lapisan Parametrium
Lapisan paling luar dan yang berhubungan dengan rongga perut.
- b. Lapisan Myometrium
Berfungsi mendorong bayi keluar pada proses persalinan.
- c. Lapisan Endometrium
Lapisan dalam rahim tempat menempelnya sel telur yang sudah dibuahi. Lapisan ini terdiri dari lapisan kelenjar yang berisi pembuluh darah. Setelah menstruasi permukaan dalam uterus menjadi tebal karena pengaruh hormone estrogen.

2. 2 Serviks Uteri

Merupakan penghubung antara vagina dan rahim. Bagian terbawah uterus terdiri dari pars vaginalis dan pars supravaginalis. Sebelum melahirkan (nullipara/primigravida) lubang ostium eksternum bulat kecil, setelah pernah/riwayat melahirkan primipara/multigravida berbentuk garis melintang. Posisi serviks mengarah ke kaudal posterior setinggi spina ischiadica. Serviks memproduksi cairan berlendir (mucus). Pada sekitar waktu ovulasi mucus ini menjadi banyak, elastis, dan licin. Hal ini membantu spermatozoa untuk mencapai uterus.

2. 3 Corpus Uteri

Lapisan paling luar serosa/peritoneum yang melekat pada ligamentum latum uteri di intra abdomen, lapisan tengah muskular/miometrium berupa otot tiga lapis serta dalam lapisan endometrium yang melapisi dinding cavum uteri menebal dan runtuh sesuai siklus haid akibat pengaruh hormon-hormon ovarium.

2. 4 Ligamentum Penyangga Uterus

Ligamentum latum uteri, ligamentum rotundum uteri, ligamentum cardinale, ligamentum ovarii, ligamentum sacrouterina proprium, ligamentum infundibulopelvicum, ligamentum vesicouterina, ligamentum rectouterina.

2. 5 Vaskularisasi Uterus

Terutama dari arteri uterina cabang arteri hypogastrica/iliaca interna serta arteri ovarica cabang aorta abdominalis.

2. 6 Salping/Tuba Fallopi

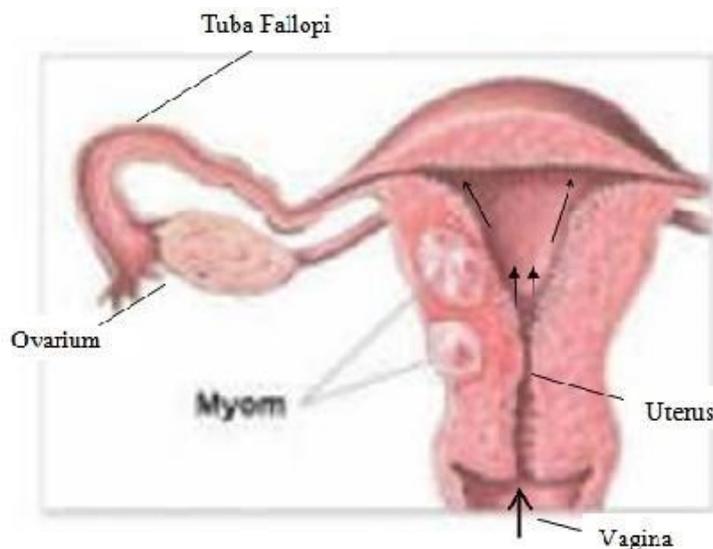
Dikenal dengan istilah saluran telur. Embriologik uterus dan tuba berasal dari ductus mulleri. Sepasang tuba kiri-kanan panjang 8-14 cm. Berfungsi sebagai jalan transportasi ovum dari ovarium sampai cavum uteri. Dinding tuba terdiri dari:

- a. Pars isthmica (proksimal/isthmus), Merupakan bagian dengan lumen tersempit terdapat sfingter uterotuba pengendali transfer gamet.
- b. Pars Ampularis, Tempat yang sering terjadi fertilisasi adalah daerah ampulla/infundibulum dan pada hamil ektopik (patologik) sering juga terjadi implantasi di dinding tuba bagian ini.

- c. Pars Infundibulum, Dilengkapi dengan fimbriae serta ostium tubae abdominale pada ujungnya melekat dengan permukaan ovarium.
- d. Fimbriae berfungsi menangkap ovum yang keluar saat ovulasi dari permukaan ovarium dan membawanya ke dalam tuba.
- e. Mesosalping, yaitu merupakan jaringan ikat penyangga tuba.

2.7 Ovarium

Organ endokrin berbentuk oval terletak di dalam rongga peritoneum sepasang kiri-kanan. Berfungsi dalam pembentukan dan pematangan folikel menjadi ovum, ovulasi, sintesis, dan sekresi hormon-hormon steroid. Berhubungan dengan pars infundibulum tuba fallopi melalui perlekatan fimbriae.



Gambar 10.4. Uterus dan Ovarium

3 OOGENESIS

3.1 Sel-Sel Kelamin Primordial

Sel-sel kelamin primordial mula-mula terlihat di dalam ektoderm embrional dari saccus vitellinus, dan mengadakan migrasi ke epitelium germinativum kira-kira pada minggu ke-6 kehidupan intrauteri. Masing-masing sel kelamin primordial (oogonium) dikelilingi oleh sel-sel pregranulosa yang melindungi dan memberi nutrisi oogonium dan secara bersama-sama membentuk folikel primordial.

3.2 Folikel Primordial

Folikel primordial mengadakan migrasi ke stroma cortex ovarium dan folikel ini dihasilkan sebanyak 200.000. Sejumlah folikel primordial berupaya berkembang selama kehidupan intrauteri dan selama masa kanak-kanak, tetapi tidak satupun mencapai pematangan. Pada waktu pubertas satu folikel dapat menyelesaikan proses pematangan dan disebut folikel de Graaf di mana di dalamnya terdapat sel kelamin yang disebut oosit primer.

3.3 Oosit Primer

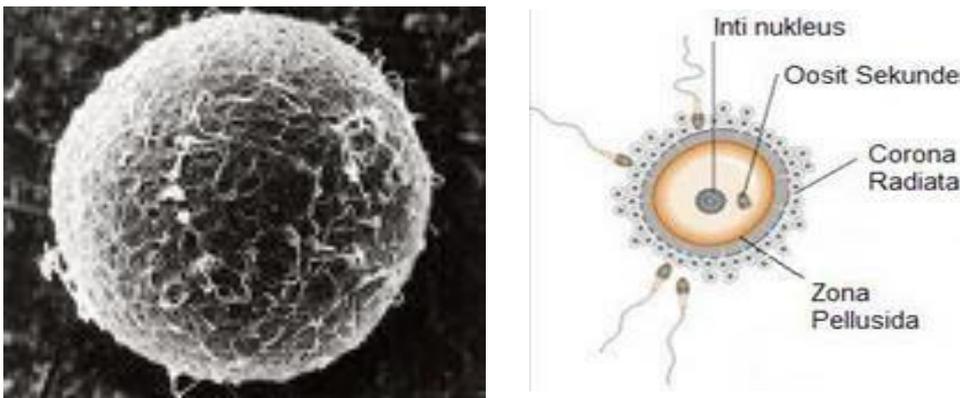
Inti (nukleus) oosit primer mengandung 23 pasang kromosom (2n). Satu pasang kromosom merupakan kromosom yang menentukan jenis kelamin, dan disebut kromosom XX. Kromosom-kromosom yang lain disebut autosom. Satu kromosom terdiri dari dua kromatin. Kromatin membawa gen-gen yang disebut DNA.

3.4 Pembelahan Meiosis Pertama

Meiosis terjadi di dalam ovarium ketika folikel de Graaf mengalami pemasakan dan selesai sebelum terjadi ovulasi. Inti oosit atau ovum membelah sehingga kromosom terpisah dan terbentuk dua set yang masing-masing mengandung 23 kromosom. Satu set tetap lebih besar dibanding yang lain karena mengandung seluruh sitoplasma, sel ini disebut oosit sekunder. Sel yang lebih kecil disebut badan polar pertama. Kadang-kadang badan polar primer ini dapat membelah diri dan secara normal akan mengalami degenerasi. Pembelahan meiosis pertama ini menyebabkan adanya kromosom haploid pada oosit sekunder dan badan polar primer, juga terjadi pertukaran kromatid dan bahan genetiknya. Setiap kromosom masih membawa satu kromatid tanpa pertukaran, tetapi satu kromatid yang lain mengalami pertukaran dengan salah satu kromatid pada kromosom yang lain (pasangannya). Dengan demikian kedua sel tersebut mengandung jumlah kromosom yang sama, tetapi dengan bahan genetik yang polanya berbeda.

3.5 Oosit Sekunder

Pembelahan meiosis kedua biasanya terjadi hanya apabila kepala spermatozoa menembus zona pellucida oosit (ovum). Oosit sekunder membelah membentuk ovum masak dan satu badan polar lagi, sehingga terbentuk dua atau tiga badan polar dan satu ovum matur, semua mengandung bahan genetik yang berbeda. Ketiga badan polar tersebut secara normal mengalami degenerasi. Ovum yang masak yang telah mengalami fertilisasi mulai mengalami perkembangan embrional.



Gambar 10.5. Struktur Sel Ovum

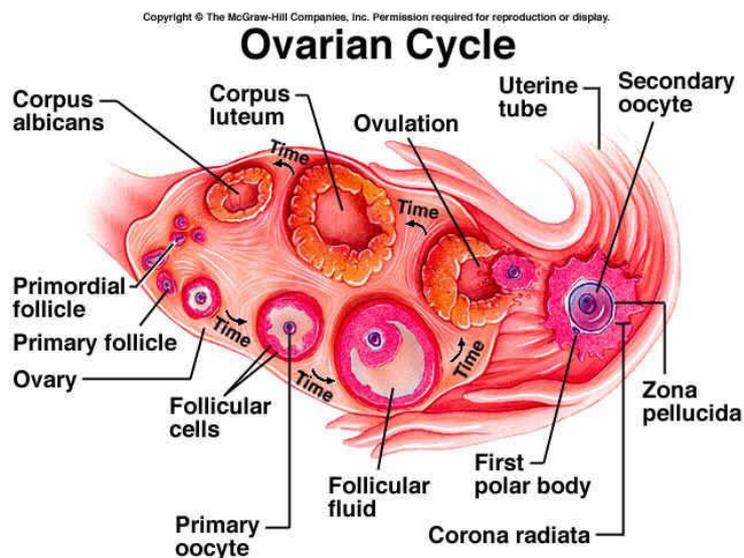
Sel telur atau ovum adalah sel reproduksi betina hasil dari ovarium (ovary). Pada manusia, telur berukuran garis tengah 145 μm . Pada banyak hewan merupakan oosit (oocyte). Selain itu, hewan dan tumbuhan juga menghasilkan telur. Ovum dewasa umumnya bulat dan besar. **Struktur ovum:**

3.5.1 Bagian luar

- a. *Korona radiata* adalah sel granulosa yang berlapis-lapis yang melekat di sisi luar oosit sekunder.
- b. *Zona pelusida* merupakan lapisan di sebelah dalam korona radiata berupa glikoprotein yang membungkus oosit sekunder.

3.5.2 Bagian dalam

- a. *Oosit sekunder* adalah tempat di mana adanya ovum yang siap dibuahi oleh sperma.
- b. *Inti nukleus* adalah tempat bersatunya antara kromosom sperma dan ovum dan akan terbentuklah zigot. Ova diproduksi dalam ovarium perempuan, mereka terbentuk dari sel-sel reproduksi (yang disebut sel-sel germinal primordial) dalam proses yang disebut oogenesis. Dalam proses pematangan sel kuman yang membangun pasokan makanan dan kemudian mengalami serangkaian pembelahan sel disebut meiosis. Di mana jumlah kromosom dalam sel telur matang berkurang setengahnya. Selama hidupnya seorang wanita hanya dapat menghasilkan 400 buah sel ovum setelah masa menopause yaitu berhentinya seorang wanita untuk menghasilkan sel ovum yang matang. Karena sudah tidak dihasilkannya hormon, sehingga berhentinya siklus menstruasi sekitar usia 45-50 tahun. Sel gamet betina ini menghasilkan gynaemon suatu zat yang terdiri dari:
 - 1) Fertilizin, Zat ini berfungsi untuk :
 - Mengaktifkan sperma untuk bergerak.
 - Menarik sperma sebagai positif kemotaksis.
 - Mengaglutinasi sperma supaya sperma berkumpul disekeliling ovum.
 - 2) Zat Penelur
 - Berfungsi untuk merangsang jantan agar mengeluarkan spermanya. Zat ini hanya ada pada hewan yang melakukan fertilisasi eksternal.

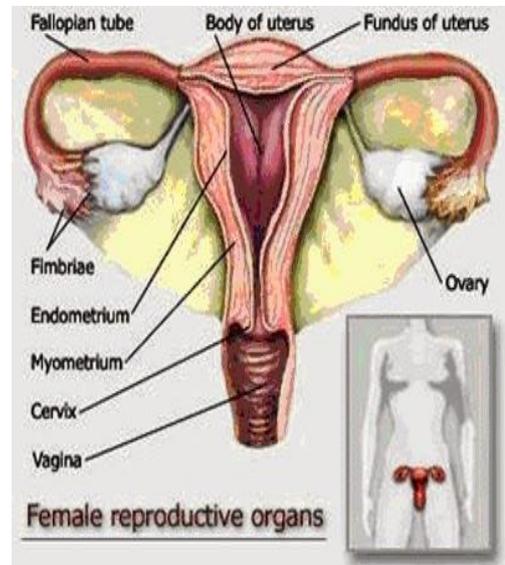


Gambar 10.6. Siklus ovarium

Latihan

Jika Anda sudah memahami uraian materi di atas sekarang coba Anda kerjakan latihan soal di bawah ini. Jawablah pertanyaan di bawah ini berdasarkan bacaan di atas.

- 1) Gambar dan Sebutkan bagian dalam alat reproduksi wanita!
- 2) Sebutkan fungsi dari masing-masing bagian tersebut?
- 3) Bagaimana proses terbentuknya sel telur?



Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Bagian dalam dan fungsinya
 - a) ovarium (tempat oogenesis)
 - b) fimbriae (pelepasan telur)
 - c) Tuba falopi (saluran penghubung)
 - d) fundus uteri (kepala rahim)
 - e) endometrium (rahim bagian dalam, tempat melekatnya sel telur dan janin)
 - f) miometrium (otot uterus, menopang rahim)
 - g) cervix (mulut rahim, tempat masuknya sperma dan jalan lahir)
 - h) vagina (jalan lahir)

- 2) Proses oogenesis

Mulai pada hari pertama siklus ini sel telur bersama folikelnya akan mengalami pematangan. Lalu pada sekitar 13-15 hari sebelum hari pertama haid akan terjadi ovulasi. Setelah sel telur masak, selanjutnya akan dikeluarkan dari ovarium. Dalam proses ini, sel telur berada di dalam folikel. Folikel dan dinding ovary robek, akhirnya sel telur yang sudah matang akan keluar dan masuk ke dalam oviduk (tuba falopi) melalui infundibulum, yaitu bagian yang berbentuk seperti jari-jari. Telur yang telah dewasa ini akan masuk ke dalam saluran telur (tuba falopi) yang akan menghanyutkannya ke dalam rahim dengan cairan khusus. Sel telur dewasa ini baru akan dapat dibuahi dalam tempo 24 jam setelah dilepaskan oleh indung telur (ovarium) yaitu pada saat dalam perjalanan menuju rahim. Setelah sel telur dilepaskan, maka sel folikel menjadi kosong. Sel ini kemudian akan berubah menjadi korpus luteum. Pembentukan korpus luteum ini didukung oleh LH. Terbentuknya korpus luteum akan memicu terbentuknya hormon estrogen dan progesteron.

Ringkasan

Alat reproduksi wanita terdiri dari 2 bagian, yaitu internal dan eksternal. Masing-masing bagian berperan dalam tugasnya masing-masing yang saling menunjang. Wanita sudah memiliki bakal sel telur sejak lahir yang akan berkembang menjadi sel telur melalui siklus menstruasi dan peristiwa ovulasi. Seorang wanita yang sudah mengalami proses menstruasi berarti organ reproduksinya sudah berfungsi secara utuh karena hal tersebut merupakan tanda dari terjadinya proses oogenesis.

Tes 1

- 1) Pada peristiwa oogenesis, setiap oogonium akan membentuk
 - A. 1 ovum fungsional yang haploid ;
 - B. 2 ovum fungsional yang haploid
 - C. 3 ovum fungsional yang haploid
 - D. 4 ovum fungsional yang haploid
 - E. 5 ovum fungsional yang haploid

- 2) Pada siklus menstruasi, folikel yang telah melepaskan ovum berubah menjadi korpus luteum, penghasil hormone progesterone. Apakah pengaruh hormone tersebut apabila ovum tidak dibuahi oleh sperma?
 - A. Endometrium luruh, merangsang perkembangan folikel baru ;
 - B. Mengaktifkan sekresi lender kelenjar-kelenjar endometrium
 - C. Menstimulus pertumbuhan folikel, sehingga cepat membesar
 - D. Meningkatkan produksi LH dan FSH oleh kelenjar hipofisis
 - E. Mempertahankan endometrium sehingga siap saat implantasi.

- 3) Selama kehamilan, ovarium tidak akan membentuk folikel graaf yang baru, karena
 - A. FSH mencegah pembentukan progesterone
 - B. Progesterone mencegah pembentukan FSH ;
 - C. FSH mencegah pembentukan esterogen
 - D. Esterogen mencegah pembentukan FSH
 - E. Estrogen mencegah pembentukan progesteron

- 4) Oviduk berperan dalam proses fertilisasi manusia, yaitu
 - A. Tempat menempelnya embrio
 - B. Tempat dihasilkannya sel telur
 - C. Sebagai pemberi nutrisi bagi sel telur
 - D. Tempat bertemunya ovum dan sperma ;
 - E. Menghasilkan hormone esterogen

- 5) Pada fertilisasi, embrio hasil fertilisasi akan diletakkan di
 - A. Testis
 - B. Uterus ;

- C. Oviduk
 - D. Uretra
 - E. Labia mayor
- 6) Jika tidak dibuahi, sel telur akan menjadi
- A. Zigot
 - B. Morula
 - C. Embrio
 - D. Gugur ;
 - E. Beregenerasi
- 7) Berhentinya kemampuan wanita untuk menghasilkan ovum disebut
- A. Ovulasi
 - B. Menstruasi
 - C. Fertilisasi
 - D. Menopause;
 - E. Oogami
- 8) Bagian yang selalu basah oleh lendir yang dihasilkan kelenjar bartholini adalah
- A. Vagina ;
 - B. Ovarium
 - C. Uterus
 - D. Klitoris
 - E. Pubis
- 9) Selain menghasilkan ovum, ovarium juga dapat menghasilkan
- A. Hormon estrogen dan hormon testosteron
 - B. Hormon estrogen dan hormon insulin
 - C. Hormon estrogen dan hormon progesteron ;
 - D. Hormon progesteron dan hormon prolaktin
 - E. Hormon testoteron dan hormon insulin
- 10) Organ Reproduksi yang juga berfungsi sebagai organ tambahan/aksesorius wanita adalah
- A. Vagina
 - B. Pubis
 - C. Klitoris
 - D. Labia
 - E. Payudara

Topik 2

Struktur dan Fungsi Organ Reproduksi Pria

Setelah menyelesaikan Unit Topik 10 Anda diharapkan mampu menjelaskan **Struktur dan Fungsi Organ Reproduksi Pria** sebagai landasan dalam melaksanakan asuhan keperawatan.

Setelah menyelesaikan Topik 1, diharapkan Anda dapat:

1. Menjelaskan definisi reproduksi pria.
2. Menjelaskan struktur reproduksi pria.
3. Menjelaskan fungsi reproduksi pria.
4. Menjelaskan spermatogenesis dan tahapan.
5. Menjelaskan sperma yang normal.
6. Menjelaskan proses jalannya Sperma menuju Ovum.

Salam hangat dan bahagia selalu, semoga Tuhan yang Maha Esa senantiasa memberikan kekuatan dan perlindungan serta keselamatan kepada kita semua, aamiin.

1 DEFINISI

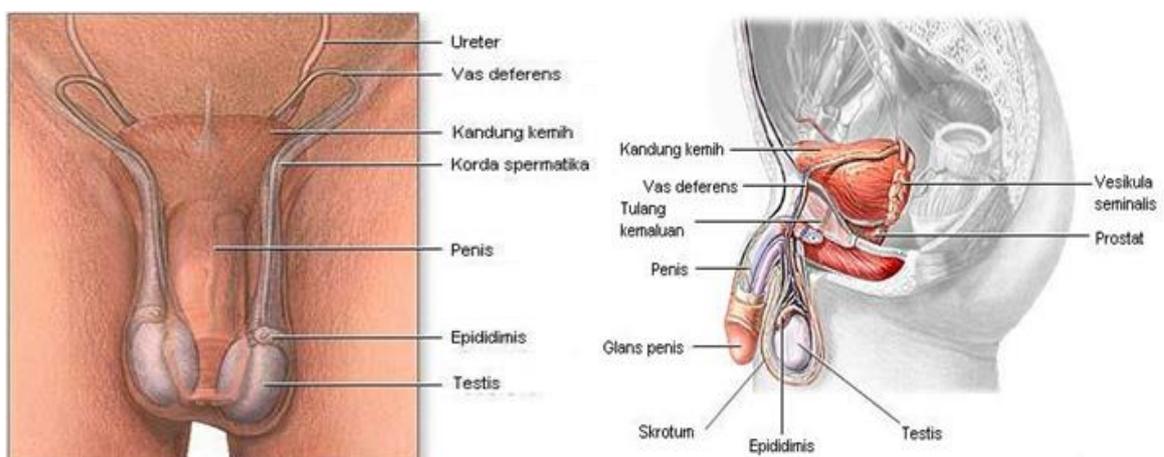
Struktur luar dari sistem reproduksi pria terdiri dari penis, skrotum (kantung zakar) dan testis (buah zakar). Struktur dalamnya terdiri dari vas deferens, uretra, kelenjar prostat dan vesikula seminalis. Sperma (pembawa gen pria) dibuat di testis dan disimpan di dalam vesikula seminalis. Ketika melakukan hubungan seksual, sperma yang terdapat di dalam cairan yang disebut semen dikeluarkan melalui vas deferens dan penis yang mengalami ereksi.

2 STRUKTUR

Penis terdiri dari:

1. Akar (menempel pada dinding perut)
2. Badan (merupakan bagian tengah dari penis)
3. Glans penis (ujung penis yang berbentuk seperti kerucut). Lubang uretra (saluran tempat keluarnya semen dan air kemih) terdapat di umung glans penis. Dasar glans penis disebut korona. Pada pria yang tidak disunat (sirkumsisi), kulit depan (preputium) membentang mulai dari korona menutupi glans penis.
4. Badan penis terdiri dari 3 rongga silindris (sinus) jaringan erektil:
 - a. 2 rongga yang berukuran lebih besar disebut korpus kaverosus, terletak bersebelahan.
 - b. Rongga yang ketiga disebut korpus spongiosum, mengelilingi uretra.
 - c. Jika rongga tersebut terisi darah, maka penis menjadi lebih besar, kaku dan tegak (mengalami ereksi).

4. Skrotum merupakan kantung berkulittipis yang mengelilingi dan melindungi testis. Skrotum juga bertindak sebagai sistem pengontrol suhu untuk testis, karena agar sperma terbentuk secara normal, testis harus memiliki suhu yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan suhu tubuh. Otot kremaster pada dinding skrotum akan mengendur atau mengencang sehingga testis menggantung lebih jauh dari tubuh (dan suhunya menjadi lebih dingin) atau lebih dekat ke tubuh (dan suhunya menjadi lebih hangat).
5. Testis berbentuk lonjong dengan ukuran sebesar buah zaitun dan terletak di dalam skrotum. Biasanya testis kiri agak lebih rendah dari testis kanan. Testis memiliki 2 fungsi, yaitu menghasilkan sperma dan membuat testosteron (hormon seks pria yang utama).
6. Epididimis terletak di atas testis dan merupakan saluran sepanjang 6 meter. Epididimis mengumpulkan sperma dari testis dan menyediakan ruang serta lingkungan untuk proses pematangan sperma.
7. Vas deferens merupakan saluran yang membawa sperma dari epididimis. Saluran ini berjalan ke bagian belakang prostat lalu masuk ke dalam uretra dan membentuk duktus ejakulatorius.
 - a. Struktur lainnya (misalnya pembuluh darah dan saraf) berjalan bersama-sama vas deferens dan membentuk korda spermatika.
 - b. Uretra memiliki dua fungsi: Bagian dari sistem kemih yang mengalirkan air kemih dari kandung kemih, bagian dari sistem reproduksi yang mengalirkan semen.
 - c. Kelenjar prostat terletak di bawah kandung kemih di dalam pinggul dan mengelilingi bagian tengah dari uretra. Biasanya ukurannya sebesar walnut dan akan membesar sejalan dengan penambahan usia. Prostat dan vesikula seminalis menghasilkan cairan yang merupakan sumber makanan bagi sperma. Cairan ini merupakan bagian terbesar dari semen. Cairan lainnya yang membentuk semen berasal dari vas deferens dan dari kelenjar lendir di dalam kepala penis.



Gambar 10.1. Struktur Reproduksi Pria

3 FUNGSI

Selama melakukan hubungan seksual, penis menjadi kaku dan tegak sehingga memungkinkan terjadinya penetrasi (masuknya penis ke dalam vagina). Ereksi terjadi akibat interaksi yang rumit dari sistem saraf, pembuluh darah, hormon dan psikis. Rangsang yang menyenangkan menyebabkan suatu reaksi di otak, yang kemudian mengirimkan sinyalnya melalui korda spinalis ke penis. Arteri yang membawa darah ke korpus kavernosus dan korpus spongiosum memberikan respons, yaitu berdilatasi (melebar). Arteri yang melebar menyebabkan peningkatan aliran darah ke daerah erektil ini, sehingga daerah erektil terisi darah dan melebar. Otot-otot di sekitar vena yang dalam keadaan normal mengalirkan darah dari penis, akan memperlambat aliran darahnya. Tekanan darah yang meningkat di dalam penis menyebabkan panjang dan diameter penis bertambah. Ejakulasi terjadi pada saat mencapai klimaks, yaitu ketika gesekan pada glans penis dan rangsangan lainnya mengirimkan sinyal ke otak dan korda spinalis. Saraf merangsang kontraksi otot di sepanjang saluran epididimis dan vas deferens, vesikula seminalis dan prostat. Kontraksi ini mendorong semen ke dalam uretra. Selanjutnya kontraksi otot di sekeliling uretra akan mendorong semen keluar dari penis. Leher kandung kemih juga berkonstriksi agar semen tidak mengalir kembali ke dalam kandung kemih. Setelah terjadi ejakulasi (atau setelah rangsangan berhenti), arteri mengencang dan vena mengendur. Akibatnya aliran darah yang masuk ke arteri berkurang dan aliran darah yang keluar dari vena bertambah, sehingga penis menjadi lunak.

4 SPERMATOGENESIS DAN TAHAPANNYA

Spermatogenesis yang sempurna dicapai pada sebagian besar laki-laki pada umur 16 tahun, dan kemudian berlangsung terus selama hidup. Spermatogenesis tidak terjadi secara serentak pada semua tubulisemiferi atau bahkan tidak serentak pada bagian tubulus yang sama. Daur ini mulai pada lamina basalis epitelum germinativum dalam jawabannya terhadap hormone pemacu folikel (FSH). Pada saat spermatozoa berkembang, maka spermatozoa ini akan mendekati lumen tubulus. Pemasakan spermatozoa memerlukan waktu kira-kira 10 hari.

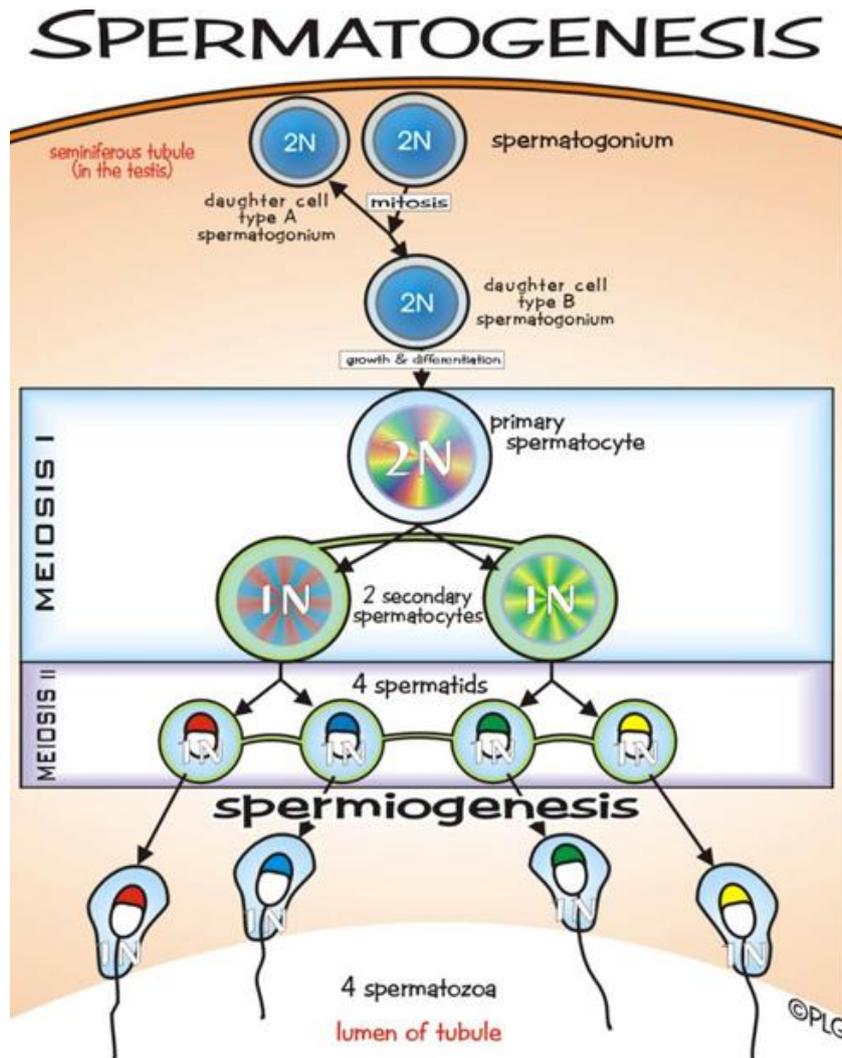
Spermatogonium : merupakan tahap pertama pada spermatogenesis yang dihasilkan oleh testis. Spermatogonium terbentuk dari 46 kromosom dan 2N kromatid. Setelah reproduksi, spermatogonium ini diberi makan (nutrien) oleh sel-sel Sertoli dan berkembang menjadi spermatosit primer.

Spermatosit primer : merupakan mitosis dari spermatogonium. Pada tahap ini tidak terjadi pembelahan. Spermatosit primer terbentuk dari 46 kromosom dan 4N kromatid.

Spermatosit sekunder: merupakan meiosis dari spermatosit primer. Pada tahap ini terjadi pembelahan secara meiosis. Spermatosit sekunder terbentuk dari 23 kromosom dan 2N kromatid.

Spermatid : merupakan meiosis dari spermatosit sekunder. Pada tahap ini terjadi pembelahan secara meiosis yang kedua. Spermatid terbentuk dari 23 kromosom dan 1N kromatid.

Sperma : merupakan diferensiasi atau pematangan dari spermatid. Pada tahap ini terjadi diferensiasi. Sperma terbentuk dari 23 kromosom dan 1N kromatid dan merupakan tahap sperma yang telah matang dan siap dikeluarkan.

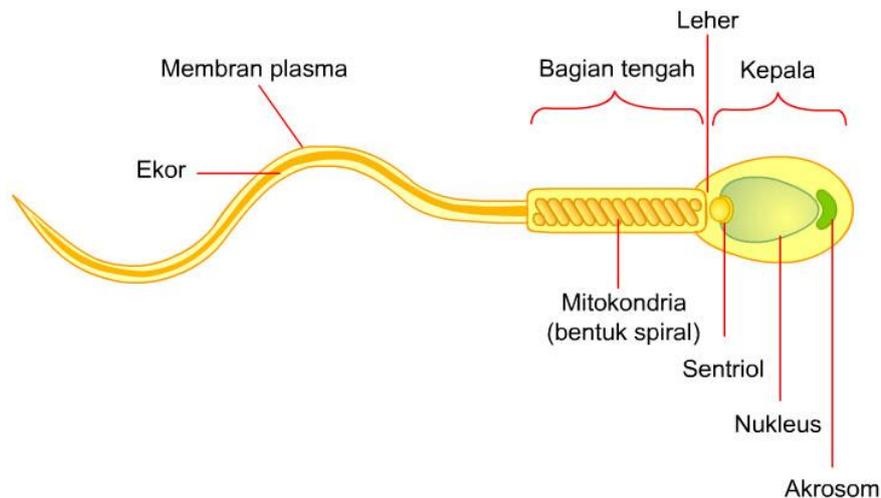


Gambar 10.2. Proses Spermatogenesis

4.1 Sperma

- a. Jumlah rata-rata
Ejakulasi sebanyak 3,5 ml, tetapi kisaran normalnya adalah antara 2 sampai 6 ml.
- b. Kepadatan rata-rata
60.000.000-150.000.000 spermatozoa per milliliter cairan seminal. Dari jumlah ini 75% dapat bergerak dan 20-25% sedikit banyak mengalami kecacatan (malformasi).

- c. Kecepatan gerak
Bervariasi pada pH cairan lingkungan. Rata-rata kecepatan geraknya adalah 2-3 mm per menit, tetapi dapat sampai selambat 0,5 mm per menit pada sekresi vagina yang asam.
- d. Kandungan
Cairan seminal terutama tersusun atas sekresi prostate, tetapi sekresi dari vesika seminalis dan glandula Cowperi membantu untuk memberi makan (nutrien) atau bertindak sebagai alat transport untuk spermatozoa.



Gambar 10.3. Struktur Spermatozoa

Bentuk sperma yang telah matang terdiri dari kepala, leher, bagian tengah, dan ekor. Kepala sperma tebal mengandung inti haploid yang ditutupi badan khusus yang disebut akrosom. Akrosom mengandung enzim yang membantu sperma menembus sel telur. Bagian tengah sperma mengandung mitokondria spiral yang berfungsi menyediakan energi untuk gerak ekor sperma. Setiap melakukan ejakulasi, seorang laki-laki mengeluarkan kurang lebih 400 sel sperma. Sperma dilengkapi dengan struktur yang menghasilkan androgamon yaitu:

- Hyaluronidase:** Enzim ini dihasilkan dari acrosom, yang berfungsi untuk melepaskan sel – sel folikel corona radiata sehingga telur jadi terbuka sehingga sperma mudah menembus zona pelucida
- Antifertilizin:** Enzim ini bereaksi terhadap enzim fertilizing dari sel ovum, sehingga sperma dapat menempel pada ovum. Zat ini juga bersifat mencegah sperma lain masuk ke ovum.
- Zat penelur:** Zat ini berfungsi merangsang betina agar mengeluarkan telur-telurnya. Zat ini hanya ada pada hewan yang melakukan fertilisasi eksternal.

4.2 Proses Jalannya Sperma Menuju Ovum

Mula-mula spermatozoa mempunyai gerakan (motilitas) yang kecil dari kemampuannya sendiri, dan memerlukan sekresi cairan untuk dapat bergerak. Dari tubulus seminiferus, spermatozoa menuju epididimis, disini spermatozoa berada untuk beberapa

saat. Gerakan spermatozoa dibantu oleh sel-sel epital yang mempunyai silia yang melapisi saluran tersebut, dan spermatozoa mencapai vas deferens. Sekresi vesicula seminalis ditambahkan ke dalam vas deferens yang membantu motilasi spermatozoa lebih lanjut, dan spermatozoa berjalan melalui ductus ejaculatoris dan prostat, disini ditambahkan sekresi prostat. Sekarang spermatozoa mempunyai gerakan lebih besar dan mencapai urethra tempat sekresi glandula bulbourethralis dicampur dengan cairan seminal. Sperma akhirnya diejakulasikan selama rangsangan seksual dan hanya sebagian yang dapat bergerak bebas apabila diseposisikan di dalam vagina. Jalannya sperma sekarang melewati cervix dan uterus ke tuba fallopi.

Ringkasan jalannya sperma yaitu: tubulus seminiferus; ->-epididymisc;->-uterus;->-vasa deferens;->-ductus ejakulotorius;->- prostata;->-urethra dan ejakulasi;->-vagina;->-cervix;->-uterus;->-tuba fallopii dan fertilisasi.

Latihan

Jika Anda sudah memahami uraian materi di atas sekarang coba Anda kerjakan latihan soal di bawah ini. Jawablah pertanyaan di bawah ini berdasarkan bacaan di atas.

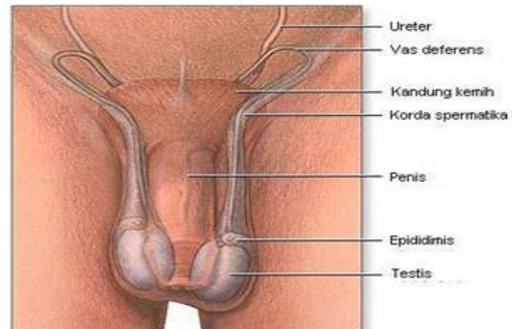
- 1) Gambarkan alat reproduksi pria bagian dalam beserta fungsinya.
- 2) Jelaskan proses terjadinya spermatogenesis secara singkat.
- 3) Jelaskan proses pengeluaran sperma serta proses masuknya sperma menuju ovum.

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Gambarkan alat reproduksi pria bagian dalam beserta fungsinya
testis : produksi sperma
Epididimis : tempat sperma berdiam sudah matang
vas deferens: saluran sperma menuju ureter
ureter: saluran kencing, tempat keluarnya sperma
Penis : organ luar tempat mengeluarkan sperma
- 2) Jelaskan proses terjadinya spermatogenesis secara singkat
Jawab : merupakan tahap pertama pada spermatogenesis yang dihasilkan oleh testis. Spermatogonium terbentuk dari 46 kromosom dan 2N kromatid. Setelah reproduksi, spermatogonium ini diberi makan (nutrien) oleh sel-sel Sertoli dan berkembang menjadi spermatosit primer, spermatosis sekunder, spermatid, sperma.
- 3) Jelaskan proses pengeluaran sperma serta proses masuknya sperma menuju ovum.
Jawab: Jika ada stimulus pada organ vital laki-laki, maka sperma akan keluar dari testis. Adapun perjalanan sperma akan melewati tubulus seminiferus; --epididymisc;-- uterus;--vasa deferens;--ductus ejakulotorius;-- prostata;--urethra dan ejakulasi;--vagina;--cervix;--uterus;--tuba fallopii dan fertilisasi.

Ringkasan

Alat reproduksi pria terdiri dari internal dan eksternal. Fungsi utamanya adalah sebagai saluran reproduksi dan sebagian saluran kemih. Sperm dibentuk didalam testis dan akan keluar saat terjadi stimulasi seksual. Sperm akan membawa faktor genetik dan kromosom.



Tes 2

- 1) Spesialisasi medis yang berhubungan dengan kesehatan pria, secara khusus kepada masalah-masalah yang berhubungan dengan sistem reproduksi dan sistem urine pria disebut
 - A. Andrologi
 - B. Biologi
 - C. Ginekologi
 - D. Sosiologi
 - E. Psikologi

- 2) Struktur luar alat kelamin pria yang berfungsi untuk menyalurkan sperm disebut
 - A. Skrotum
 - B. Penis
 - C. Vas deferens
 - D. Uretra
 - E. Kelenjar prostat

- 3) Tubulus seminiferus adalah
 - A. Kelenjar yang menghasilkan lendir yang alkalis
 - B. Peleburan antara sel telur dan sperm
 - C. Tempat pematangan dan tempat penyimpanan sementara sperm
 - D. Kelenjar yang berfungsi menyekresikan prostaglandin
 - E. Bagian testis yang merupakan tempat penghasil sperm dan hormon testosterone

- 4) Hasil produksi dari alat kelamin jantan yang terdiri atas sperm bersama-sama dengan cairan hasil sekresi kelenjar-kelenjarnya disebut
 - A. Kopulasi
 - B. Fertilisasi
 - C. Semen
 - D. Epididimis
 - E. Vesika seminalis

- 5) Proses spermatogenesis yang benar adalah
- A. Spermatogonium-spermatosit primer-spermatosit sekunder-spermatozoa-spermatid
 - B. Spermatid-spermatosit primer-spermatosit sekunder-spermatogonium-spermatozoa
 - C. Spermatozoa-spermatogonium-spermatid-spermatosit primer-spermatid sekunder
 - D. Spermatogonium-spermatosit primer-spermatosit sekunder-spermatid-spermatozoa;
 - E. Spermatosit primer-spermatosit sekunder-spermatogonium-spermatozoa-spermatid
- 6) Jika korpus spongiosum, korpus yang mengelilingi uretra terisi darah, maka penis menjadi lebih besar, kaku dan tegak disebut
- A. Onani
 - B. Masturbasi
 - C. Kontraksi
 - D. Ejakulasi
 - E. Ereksi
- 7) Di bawah ini adalah salah satu komponen yang terkandung dalam sperma yang dapat berfungsi sebagai pencerna gula dalam tubuh yang sangat bermanfaat sebagai pencegah penyakit diabetes. Disebut
- A. Creatine
 - B. Calcium
 - C. Lipid
 - D. Fructose
 - E. Sorbitol
- 8) Pada Spermatogenesis, akan terbentuk
- A. 5 spermatid
 - B. 4 spermatid
 - C. 3 spermatid
 - D. 2 spermatid
 - E. 1 spermatid
- 9) Pematangan sperma yang dibentuk dalam testis terjadi pada
- A. Epididimis;
 - B. Vas deferens
 - C. Uretra
 - D. Vas aferens
 - E. Kelenjar prostat

- 10) Kontrasepsi dengan menggunakan kondom sewaktu hubungan kelamin mencegah terjadinya
- A. Ovulasi
 - B. Ejakulasi
 - C. Fertilisasi
 - D. Kopulasi
 - E. Ensiminasi

Topik 3

Konsepsi dan Embriologi Dasar

Setelah menyelesaikan Unit Topik 10 peserta didik diharapkan mampu menjelaskan **Konsepsi dan Embriologi Dasar** sebagai landasan dalam melaksanakan asuhan keperawatan.

Setelah menyelesaikan Topik 1, diharapkan Anda dapat:

1. Menjelaskan embriologi dasar (tahapan germinal).
2. Menjelaskan embriologi dasar (tahapan embrionik).
3. Menjelaskan perkembangan embrio/janin.
4. Menjelaskan infertilitas.

Salam hangat dan bahagia selalu, semoga Tuhan yang Maha Esa senantiasa memberikan kekuatan dan perlindungan serta keselamatan kepada kita semua, aamiin.

Fertilisasi adalah proses berfusnya pronukleus jantan pada sperma dengan pronukleus betina pada ovum hingga berbentuk zigot yang berlangsung di dalam tuba falopii (saluran telur). Konsepsi adalah bersatunya sperma dan ovum. Nidasi adalah masuknya atau tertanamnya hasil konsepsi ke dalam endometrium. Endometrium adalah lapisan mukosa pada dinding rahim.

1. TAHAP GERMINAL (1 SAMPAI 10 HARI)

1.1 Konsepsi

Konsepsi adalah bersatunya ovum dan sperma. Namun demikian, untuk terjadinya suatu konsepsi, dua kejadian lain harus terjadi terlebih dahulu: ovulasi dan inseminasi. **Ovulasi** adalah runtuhnya ovum dari folikel dalam ovarium. Ovum yang dibebaskan biasanya masuk ke dalam tuba uterus. Undulasi tuba dan gerakan silia menggerakkan ovum sepanjang tuba. Bila ovum gagal bertemu sperma dalam 48 jam, ovum akan mati dan hancur. **Inseminasi** adalah ekspulsi semen dari uretra pria ke dalam vagina wanita. Beberapa juta sperma masuk ke dalam saluran reproduksi wanita setiap kali ejakulasi semen. Dengan menggerakkan ekornya, dan dengan bantuan kontraksi muscular yang mengelilinginya, sperma bergerak melalui uterus dan ke dalam tuba fallopi dengan kecepatan 1 kaki/jam. Sperma hidup selama beberapa hari, berenang seperti kecebong. Bila ovulasi terjadi selama hari tersebut, ovum akan dibuahi segera setelah meninggalkan ovarium. Beberapa saksi menyarankan bahwa paling tidak 50 juta sperma membutuhkan cukup banyak secret enzim hialurodinase untuk dapat menembus korona radiata (mahkota radia) yang mengelilingi ovum. Sekali hambatan ini dapat dilewati, satu sperma dapat memasuki ovum. Dalam proses yang pada awalnya tidak dijelaskan, permukaan ovum dengan segera berubah dan tertutup bagi setiap sperma yang lain, hal ini mencegah abnormalitas jumlah kromosom.

1.2 Pembentukan Zigot

Begitu sperma memasuki ovum, ekornya dilepaskan dan kepalanya membesar untuk membentuk pronukleus laki-laki. Nucleus ovum merupakan pronukleus wanita. Kedua nukleus, dengan masing-masing 23 kromosomnya, bersatu dan membentuk sel pertama, yang kemudian akan membelah menjadi jutaan. Setiap sel ini mengandung 46 kromosom. Seluruhnya sel ini membentuk individu baru. Sel baru yang pertama disebut *zigot*.

1.3 Pembelahan Sel (Kleavage)

Sekitar 24 jam setelah konsepsi, zigot mengalami pembelahan atau *kleavage*, dengan proses menarik yang disebut mitosis. Nukleus zigot mengandung 46 kromosom. Kromosom ini memanjang berpasangan, masing-masing terpisah memanjang kemudian terbagi menjadi dua bentuk identik dari 46 kromosom untuk dua sel baru yang terbentuk dari sel pertama. Semua pembelahan sel tubuh kemudian mengikuti proses yang menarik ini.

1.4 Morula menjadi Blastula

Ovum membelah dan membelah lagi setiap 12 sampai 15 jam mengikuti gerakan perlahan menuju tuba fallopii. Segera ovum berbentuk seperti kelereng, atau *morula*, sebagaimana seperti yang disebutkan. Sekitar enam hari kemudian, ketika ovum mencapai rongga uterus, terjadi perubahan besar di dalamnya. Sel-sel membentuk dirinya sendiri menjadi lapisan luar dan kelompok sel-sel bagian dalam yang menonjol ke dalam rongga. Cairan memenuhi ruang di antara lapisan dan kelompok ini. Struktur ini sekarang *blastoderm*, atau *blastula*.

1.5 Implantasi (Nidasi)

Sebagaimana *blastula* bergulir ke dalam rongga uterus, ia kehilangan membran luarnya, yang disebut *zona pellusida blastula* kemudian bersiap untuk menjalani *nidasi*, atau implantasi dalam endometrium. Lapisan luar sel, *tropoblas*, mengeluarkan enzim proteolitik, yang melarutkan sebagian endometrium. Sel-sel *tropoblas* kemudian mengabsorpsi enzim tersebut. Dengan cara ini ovum memendamkan dirinya dalam uterus dan diberikan makan dengan cara itu.

1.6 Sarang Endometrium

Sejalan dengan waktu *nidasi* terjadi, uterus ibu mencapai tahap premenstrual sekresi dan kaya akan vaskularisasi. Keadaan tersebut merupakan hal yang baik untuk terbenamnya ovum, yang menyerupai parasit kecil. Endometrium saat ini disebut *desidua basalis*. Secara normal letak implantasi adalah disebelah anterior atau posterior fundus uteri.

2 TAHAP EMBRIONIK (HARI KE-10 SAMPAI MINGGU KE-8)

Dengan berakhirnya Minggu kedua masa gestasi, ovum terbenam seluruhnya, dan *tropoblas* yang mengelilinginya mulai membentuk *korion*, atau kantung bagian luar. *Korion* menjangkarkan ratusan sel-sel yang menonjol yang disebut *vili*, yang menembus *desidua* dan

memberikan bentuk *groundwork* bagi plasenta. Sel-sel sitotrofolalstik pada korion menghasilkan *hormone korionik gonadotropin (hCG)*. Hormone ini diekskresi dalam urine wanita dan digunakan sebagai dasar pemeriksaan kehamilan. Sementara perubahan ini terjadi di luar tubuh, perubahan yang sangat mengagumkan terjadi pada ovum. Dua ruang terlihat dalam balutan sel. Lapisan sel baru yang disebut *mesoderm* (kulit medialis) tumbuh menutupi sel-sel aslinya, melewati di antara dua ruang baru. Ruang yang lebih tengah, *yolk sac*, akan benar-benar menghilang, karena *yolk sac* tidak lagi mempunyai tujuan yang berguna pada manusia. Ruang yang lain, *amniotic cavity*, akan dengan segera menutupi embrio.

2.1 Diskus Embrionik

Kini terdapat tiga lapisan sel-sel yang melapisi di antara *yolk sac* dan rongga amnion. Kedua lapisan ini membentuk *discus embrionik*, yang merupakan asal dari semua bagian tubuh. *Ectoderm* (lapisan luar rongga amnion) akan menjadi kulit, sistem persarafan, dan organ-organ peraba. *Mesoderm* (lapisan tengah) secara primer akan membentuk muskuloskeletal, sistem sirkulasi dan genitourinaria, *entoderm* dan *endoderm* (lapisan dalam) akan menjadi sistem pernapasan dan traktus urinarius seperti juga halnya kandung kemih, dan bagian dari sistem tubuh yang lain. Semua sistem tubuh merupakan hasil pelipatan (*infolding*) kompleks embrionik satu lapisan jaringan pada yang lainnya.

2.2 Pertumbuhan Vesikel Korionik

Embrio berkembang dari *stalk body* di dalam rongga amnion. Membran, amnion melapisi rongga, yang secara normal mengandung cairan yang disebut cairan amnion, di dalamnya embrio terapung dengan aman. Membran kedua, *korion* ditutupi seluruhnya oleh lapisan luar vili. Semua struktur ini terpendam di bawah desidua uterin dan kini disebut *vesikel korionik*. Karena ukuran embrio dan korion, keduanya tumbuh mengarah rongga uterus, mendorong ke samping desidua yang menutupinya. Vili korionik pada sisi tersebut juga menghilang, hanya meninggalkan vili pada tempat asal implantasi. Area ini akan menjadi plasenta. Dengan berakhirnya minggu ketujuh masa gestasi, semua system tubuh esensial telah terbentuk. Tahap janin termasuk pertumbuhan dan maturitas struktur mulai pada tahap mbrionik.

2.3 Pembuluh Umbilicus dan Plasenta

Tonjolan korionik bertambah dan bercabang-cabang, *dipping* ke dalam pembuluh darah besar maternal atau sinusis. Setipa tonjolan ditutupi oleh jutaan vili mikroskopik yang mengandung kapiler darah. Kapiler-kapiler bersatu membentuk vena yang lebih besar sampai akhirnya mereka bersatu untuk membentuk vena yang sangat besar, *vena umbilicus*. Darah janin dialirkan kembali ke plasenta melalui dua *arteri umbilikal*. Dalam 1% bayi hanya memiliki satu arteri umbilikal; sebagian besar dari bayi-bayi tersebut gagal untuk hidup atau memiliki kelainan yang berat. Arteri dan vena umbilicus terlindung dalam sumbu umbilikal. Sumbu tersebut dipenuhi dengan bahan gelatinosa yang disebut *jelly Wharton's*, yang membantu untuk mencegah kekusutan. Sumbu tersebut merupakan perpanjangan dari

body stalk pada awal perkembangan embrionik yang mempunyai panjang sekitar 2 kaki pada term. *Plasenta* terdiri dari bagian maternal (desidua basalis) dan bagian janin (vili korionik). Permukaan maternak lebih merah dan terbagi menjadi beberapa bagian (*kotiledon*). Permukaan fetal ditutupi dengan membrane amniotic dan merupakan membrane yang halus serta berwarna kelabu dengan tonjolan pembuluh darah. Biasanya sumbu berasal dari pusat plasenta.

Tabel 10.1 Perkembangan Embrio

Umur embrio	Gambar	Karakteristik
1 bulan	 <p style="text-align: center;">1</p>	<p>Setelah 8 hari setelah proses pembuahan, blastokist (mengandung 200 sel) mengeluarkan mucus untuk menandakan keberadaannya di dalam rahim)</p> <p>Blastokist menggelembung dan sel-sel berkembang terbagi kira-kira 2kali sehari sampai hari ke-12 jumlahnya telah bertambah dan membantu blastokist melekat dengankuat pada endometrium</p> <p>Setelah pembuahan ukuran embrio hanya sepanjang 0,08 inci/2 mm. Gen janin mulai terbentuk dalam 3 lapisan.</p> <p>Pada masa ini sudah terlihat pembentukan otak dan tulang belakang serta anggota lain seperti jantung yang memompa darah ke paru-paru dan aorta.</p>
2 bulan	 <p style="text-align: center;">2</p>	<p>Embrio akan terus membesar. Pada minggu ini dapat dijumpai lapisan ectoderm, mesoderm, dan endoderm. Ectoderm adalah lapisan paling atas yang kemudian akan membentuk otak, tulang belakang, kulit serta rambut. Lapisan mesoderm yang berada di lapisan tengah akan membentuk organ penting yaitu jantung, ginjal, tulang dan organ reproduktif. Lapisan endoderm yaitu lapisan paling dalam akan membentuk organ dalam seperti usus, hati pancreas dan kandung kemih.</p> <p>Dengan melakukan pemeriksaan ultrasound kita akan melihat janin sudah membentuk kepala dan badan. Getaran jantung juga sudah dapat diperiksa.</p> <p>Bentuk bayi semakin jelas terbentuk kepa bayi seolah-olah tertunduk dan berada dalam air ketuban atau amniotic sac yang akan memberikan keperluan pertumbuhan bayi saat dalam kandungan.</p> <p>Terjadi pembentukan lubang hidung, bibir, mulut serta lidah. Mata terlihat berada di bawah membrankulit yang tipis. Pada masa ini terbentuk juga tangan dan kaki walau tidak begitu jelas.</p>

<p>3 bulan</p>	 <p style="text-align: center;">3</p>	<p>Terlihat pembentukan telinga. Bayi sudah dapat menggerakkan anggota badannya. Bayi sudah terlihat seperti manusia yang lengkap. Payudara ibu akan sedikit membengkak karena terdapat hormone estrogen dan progesterone sebagai persediaan asi. Bayi tumbuh dengan pesat dan mulai mengangkat kepala ke atas jauh dari dadanya. Alat kelamin luar mulai terbentuk tetapi masih kecil sehingga masih sulit untuk menentukan jenis kelamin bayi. Bayi membesar dengan cepat dan wajahnya semakin jelas. Jari tangan dan kaki mulai terbentuk termasuk telinga dan kelopak mata.</p>
<p>4 bulan</p>	 <p style="text-align: center;">4</p>	<p>Kepalabayi membesar dengan cepat. Badannya juga semakin membesar menyesuaikan dengan besar kepala. Kuku kaki dan tangan mulai tumbuh. Terjadi perubahan yang kentara akibat perubahan hormone. Bayi telah terbentuk sepenuhnya dan perlu diberikan nutrisi yang cukup oleh plasenta. Kini bayi telah mempunyai tulang yang kuat dan dapat mendengar suara. Bayi sudah mampu menggenggam tangannya dan menghisap ibu jari. Kelopak mata masih tertutup sampai minggu ke 26 tapi dapat merasakan perubahan cahaya. Bayi juga dapat menelan. Detak jantung bayi semakin kuat. Kecepatannya dua kali lipat dari detak jantung kita. Pada masa ini bayi terlihat kurus karena tidak punya lapisan lemak. Kulitnya sangat tipis sehingga kita mampu melihat aliran darahnya. Pada tahap ini ibu akan mengalami masalah sembelit karena pergerakan usus menjadi lambat. Karenanya hindarilah memakai pakaian ketat agar ibu dalam keadaan santai.</p>
<p>5 bulan</p>	 <p style="text-align: center;">5</p>	<p>Taksiran panjang janin adalah 14 cm dengan berat sekitar 150 gram. Rahim dapat diraba tepat di bawah pusar, ukurannya kira-kira sebesar buah semangka. Pertumbuhan rahim ke depan akan mengubah keseimbangan tubuh ibu. Sementara peningkatan mobilitas persendian ikut mempengaruhi perubahan postur tubuh sekaligus menyebabkan keluhan punggung. Keluhan ini makin bertambah bila kenaikan berat badan tak terkendali. Untuk mengatasinya, biasakan berbaring miring ke kiri, hindari berdiri terlalu lama dan mengangkat beban berat. Selain itu, sempatkan sesering mungkin mengistirahatkan kaki dengan mengangkat/mengganjalnya pakai bantal. Mulai usia ini hubungan interaktif antara ibu dan janinnya kian terjalin erat. Tak mengherankan setiap kali si ibu gembira, sedih, lapar atau merasakan hal lain, janin pun merasakan hal sama. Panjang janin diperkirakan 13-15 cm dengan taksiran berat 200 gram. Sistem saraf janin yang terbentuk di minggu ke-4, di minggu ini makin sempurna perkembangannya, yakni dengan diproduksi cairan serebrospinalis yang mestinya bersirkulasi di otak dan saraf tulang belakang tanpa hambatan. Nah, jika lubang yang ada tersumbat atau aliran cairan tersebut terhalang oleh penyebab apa pun, kemungkinan besar terjadi hidrosefalus/penumpukan cairan di otak. Jumlah cairan yang terakumulasi biasanya sekitar 500-1500 ml, namun bisa mencapai 5 liter! Penumpukan ini jelas berdampak fatal mengingat betapa banyak jumlah jaringan otak janin yang tertekan oleh cairan tadi. panjang janin mencapai kisaran 14-16 cm</p>

		<p>dengan berat sekitar 260 gram. Kulit yang menutupi tubuh janin mulai bisa dibedakan menjadi dua lapisan, yakni lapisan epidermis yang terletak di permukaan dan lapisan dermis yang merupakan lapisan dalam. Epidermis selanjutnya akan membentuk pola-pola tertentu pada ujung jari, telapak tangan maupun telapak kaki. Sedangkan lapisan dermis mengandung pembuluh-pembuluh darah kecil, saraf dan sejumlah besar lemak. seiring perkembangannya yang pesat, kebutuhan darah janin pun meningkat tajam. Agar <u>anemia</u> tak mengancam kehamilan, ibu harus mencukupi kebutuhannya akan asupan zat besi, baik lewat konsumsi makanan bergizi seimbang maupun suplemen yang dianjurkan dokter. beratnya sekitar 350 gram dengan panjang kira-kira 18 cm. Pada bulan ini, berbagai sistem organ tubuh mengalami pematangan fungsi dan perkembangan.</p> <p>Dengan perut yang kian membuncit dan keseimbangan tubuh yang terganggu, bukan saatnya lagi melakukan olahraga kontak seperti basket yang kemungkinan jatuhnya besar. Hindari pula olahraga peregangan ataupun yang bersikap kompetitif, semisal golf atau bahkan lomba lari.</p>
<p>6 bulan</p>		<p>Beratnya sekitar 350 gram dengan panjang kira-kira 18 cm. Pada bulan ini, berbagai sistem organ tubuh mengalami pematangan fungsi dan perkembangan. dengan perut yang kian membuncit dan keseimbangan tubuh yang terganggu, bukan saatnya lagi melakukan olahraga kontak seperti basket yang kemungkinan. dengan berat mencapai taksiran 400-500 gram dan panjang sekitar 19 cm, si ibu kian mampu beradaptasi dengan kehamilannya. Kekhawatiran bakal terjadi keguguran juga sudah pupus. Tak heran bila ibu amat menikmatinya karena keluhan mual-muntah sudah berlalu dan kini nafsu makannya justru sedang menggebu, hingga ia mesti berhati-hati agar tak terjadi penambahan berat badan yang berlebih.</p> <p>Ciri khas usia kehamilan ini adalah substansi putih mirip pasta penutup kulit tubuh janin yang disebut vernix caseosa. Fungsinya melindungi kulit janin terhadap cairan ketuban maupun kelak saat berada di jalan lahir. Di usia ini pula kelopak mata mulai menjalankan fungsinya untuk melindungi mata dengan gerakan menutup dan membuka. Jantung janin yang terbentuk di minggu ke-5 pun mengalami "modifikasi" sedemikian rupa dan mulai menjalankan fungsinya memompa darah sebagai persiapannya kelak saat lahir ke dunia.</p> <p>Tubuh janin tak lagi terlihat kelewat ringkih karena bertambah montok dengan berat hampir mencapai 550 gram dan panjang sekitar 20 cm. Kendati begitu, kulitnya masih tampak keriput karena kandungan lemak di bawah kulitnya tak sebanyak saat ia dilahirkan kelak. Namun wajah dan tubuhnya secara keseluruhan amat mirip dengan penampilannya sewaktu dilahirkan nanti. Hanya saja rambut lanugo yang menutup sekujur tubuhnya kadang berwarna lebih gelap di usia kehamilan ini.</p> <p>Janin makin terlihat berisi dengan berat yang diperkirakan mencapai 600 gram dan panjang sekitar 21 cm. Rahim terletak sekitar 5 cm di atas pusar atau sekitar 24 cm di atas simfisis pubis/tulang kemaluan. Kelopak-kelopak matanya kian sempurna dilengkapi bulu mata. Pendengarannya berfungsi penuh. Terbukti, janin mulai bereaksi dengan menggerakkan tubuhnya secara lembut jika mendengar irama musik yang disukainya. Begitu juga ia akan menunjukkan respon khas saat mendengar suara-suara bisik atau teriakan yang tak disukainya.</p>

<p>7 bulan</p>		<p>Berat bayi kini mencapai sekitar 700 gram dengan panjang dari puncak kepala sampai bokong kira-kira 22 cm. Sementara jarak dari puncak rahim ke simfisis pubis sekitar 25 cm. Bila ada indikasi medis, umumnya akan dilakukan usg berseri seminggu 2 kali untuk melihat apakah perkembangan bayi terganggu atau tidak. Yang termasuk indikasi medis di antaranya hipertensi ataupun preeklampsia yang membuat pembuluh darah menguncup, hingga suplai nutrisi jadi terhambat. Akibatnya, terjadi iugr (intra uterin growth retardation atau perkembangan janin terhambat). Begitu juga bila semula tidak ada, tiba-tiba muncul gangguan asma selama kehamilan. di usia ini berat bayi diperkirakan hampir mencapai 850 gram dengan panjang dari bokong dan puncak kepala sekitar 23 cm. Denyut jantung sudah jelas-jelas terdengar, normalnya 120-160 denyut per menit. Ketidaknormalan seputar denyut jantung harus dicermati karena bukan tak mungkin merupakan gejala ada keluhan serius. sementara rasa tak nyaman berupa keluhan nyeri pinggang, kram kaki dan sakit kepala akan lebih sering dirasakan si ibu. Begitu juga keluhan nyeri di bawah tulang rusuk dan perut bagian bawah, terutama saat bayi bergerak. Sebab, rahim jadi makin besar yang akan memberi tekanan pada semua organ tubuh. Termasuk usus kecil, kantung kemih dan rektum. Tak jarang ibu hamil jadi terkena sembelit, namun terpaksa bolak-balik ke kamar mandi karena besar. bayi kini beratnya melebihi 1000 gram. Panjang totalnya mencapai 34 cm dengan panjang bokong ke puncak kepala sekitar 24 cm. Di minggu ini kelopak mata mulai membuka. Sementara retina yang berada di bagian belakang mata, membentuk lapisan-lapisan yang berfungsi menerima cahaya dan informasi mengenai pencahayaan itu sekaligus meneruskannya ke otak. jika terjadi "kesalahan" pembentukan lapisan-lapisan inilah yang kelak memunculkan katarak kongenital/bawaan saat bayi dilahirkan. Lensa jadi berkabut atau keputihan. Walaupun dipicu oleh faktor genetik, katarak bawaan ini ditemukan pada anak-anak yang dilahirkan oleh ibu yang terserang rubella pada usia kehamilan di minggu-minggu akhir trimester dua. janin dapat membedakan suara yang bernada tinggi atau rendah</p>
<p>8 bulan</p>		<p>Janin dapat membedakan suara yang bernada tinggi atau rendah Gerakan nafas jadi lebih sering dan terjadi 30-40% waktu pada kebanyakan janin. Alveoli yang sesungguhnya atau sel 'kantung' udara, mulai berkembang dalam paru-paru. mereka akan terus terbentuk hingga 8 tahun setelah lahir. Janin memperlihatkan saat-saat aktifitas yang terkoordinasi dengan adanya waktu istirahat. perengai ini menunjukkan refleks dari susunan saraf tengah.</p>

9 bulan		<p>Alveoli yang sesungguhnya atau sel 'kantong' udara, mulai berkembang dalam paru-paru. Mereka akan terus terbentuk hingga 8 tahun setelah lahir. Janin memiliki genggaman yang kuat. Janin memulai tanda-tanda kelahiran dengan mengeluarkan sejumlah besar hormone yang disebut estrogen dan kemudian memulai masa peralihan dari janin menjadi bayi baru lahir. Kelahiran ditandai dengan kontraksi kuat pada rahim yang mengakibatkan kelahiran anak.</p>
---------	---	--

3 INFERTILITAS

Infertilitas adalah kemungkinan ketidakmampuan untuk menghasilkan. Ketidakmampuan untuk mengandung dan memelihara anak menjadi suatu tragedi pada dewasa yang sehat. Bagi individual ini, memelihara anak, menyusui, mengasuh adalah harapan yang normal bagi seksualitas dewasa, pemenuhan pribadi dan tanggung jawab keluarga. Pengetahuan terbaru tentang infertilitas telah meningkat dengan pesat sebagai hasil penelitian yang ekstensif.

Normalnya, 65% pasangan dapat hamil dalam 6 bulan dan 80% dalam 1 tahun. Infertilitas didefinisikan sebagai ketidakmampuan untuk mengandung setelah paling tidak 1 tahun dalam hubungan yang normal dan tidak menggunakan kontrasepsi apa pun. Infertilitas disebabkan oleh banyak factor. Masalah-masalah infertilitas total atau sebagian pada pria adalah 40% sampai 50%, factor pada wanita antara 40% sampai 50% dan faktor yang tidak diketahui sekitar 10% sampai 20% dari kasus yang ditemui.

Faktor-faktor pada pria termasuk frekuensi koitus, masalah insersi penis, abnormalitas anatomi dari sisten reproduktif, defisiensi nutrisi berat, gangguan psikologis dan kebiasaan social seperti penyalahgunaan alcohol atau obat-obatan. Faktor-faktor wanita termasuk setiap hal yang mengganggu perkembangan ovum yang sehat, lewat ke dalam tuba uerus, fertilisasi, implantasi pada uterus, dan pertumbuhan serta kelahiran normal bayi. Faktor-faktor lain yang terlibat adalah setiap hal yang mengganggu penyimpanan sperma dalam vagina atau sperma lewat melalui vagina, serviks, uterus, tuba, ovarium atau umum. Faktor-faktor umum termasuk defisiensi nutrisi serius, gangguan endokrin, masalah-masalah psikologis, masalah koitus, keadaan penyakit kronik, reaksi immunologis terhadap sperma, dan kebiasaan social seperti penyalahgunaan obat dan alcohol.

Dengan banyaknya penyebab infertilitas, merupakan hal penting bagi pasangan yang menginginkan untuk memelihara anak menjalani pemeriksaan diagnostic yang ekstensif. Riwayat diambil dengan sangat cermt dan berhati-hati, dan pemeriksaan fisik secara lengkap dilakukan pada kedua pasangan. Semen dianalisis pada awal proses diagnostic, pada pasien wanita diminta untuk melakukan pencatatan suhu basal serta evaluasi mukosa serviks. Berbagai pemeriksaan untuk mencoba mengidentifikasi penyebab pasangan infertile, dan dianjurkan terapi yang sesuai. Karena rumitnya diagnosis dan pengobatan infertilitas, maka infertilitas menjadi sub-spesialis dari obstetric dan ginekologi. Pasangan dapat dirujuk pada

dokter setempat atau pada klinik infertilitas yang dapat ditemukan pada pusat pelayanan kesehatan.

Latihan

Jika Anda sudah memahami uraian materi di atas sekarang coba Anda kerjakan latihan soal di bawah ini. Jawablah pertanyaan di bawah ini berdasarkan bacaan di atas.

- 1) Perbedaan antara embrio dan zigot adalah?
- 2) Jelaskan secara singkat tiga tahapan embrionik!
- 3) Faktor apa saja yang mempengaruhi fertilisasi pria dan wanita?

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Perbedaan antara embrio dan zigot adalah?

Jawab: Zigot adalah tahap pertama dari suatu organisme yang terbentuk dari hasil perpaduan materi genetik dari kedua orang tuanya dalam reproduksi seksual. Gamet yang haploid, tetapi ketika gamet ibu dan ayah bersatu, zigot yang terbentuk menjadi diploid. Sedangkan embrio merupakan sel atau organisme yang hidup pada masa di awal pertumbuhan. Pembentukan embrio disebut embriogenesis, yang terjadi setelah zigot terbentuk.

- 2) Jelaskan secara singkat tiga tahapan embrionik

Jawab:

a. Morula

- Morula adalah suatu bentukan sel seperti bola (bulat) akibat pembelahan sel terus-menerus. Keberadaan antara satu dengan sel yang lain adalah rapat.
- Morulasi yaitu proses terbentuknya morula.

b. Blastula

- Blastula adalah bentukan lanjutan dari morula yang terus mengalami pembelahan.
- Bentuk blastula ditandai dengan mulai adanya perubahan sel dengan mengadakan pelekukan yang tidak beraturan.
- Di dalam blastula terdapat cairan sel yang disebut dengan Blastosol.
- Blastulasi yaitu proses terbentuknya blastula.

c. Gastrula

- Gastrula adalah bentukan lanjutan dari blastula yang pelekukan tubuhnya sudah semakin nyata dan mempunyai lapisan dinding tubuh embrio serta rongga tubuh.
- Gastrula pada beberapa hewan tertentu, seperti hewan tingkat rendah dan hewan tingkat tinggi, berbeda dalam hal jumlah lapisan dinding tubuh embrionya.

- Triploblastik yaitu hewan yang mempunyai 3 lapisan dinding tubuh embrio, berupa ektoderm, mesoderm dan endoderm. Hal ini dimiliki oleh hewan tingkat tinggi seperti Vermes, Mollusca, Arthropoda, Echinodermata dan semua Vertebrata.
 - Diploblastik yaitu hewan yang mempunyai 2 lapisan dinding tubuh embrio, berupa ektoderm dan endoderm. Dimiliki oleh hewan tingkat rendah seperti Porifera dan Coelenterata.
 - Gastrulasi yaitu proses pembentukan gastrula.
- 3) Faktor apa saja yang mempengaruhi fertilisasi pria dan wanita
Jawab: internal (organ reproduksi) eksternal (kondisi kesehatan, nutrisi, olahraga, aktifitas).

Ringkasan

Dengan mempelajari embriologi kita dapat mengetahui proses pertumbuhan manusia mulai dari zigot sampai terlahir sebagai manusia. Fertilisasi, konsepsi, nidasi, perkembangan janin dan infertilitas merupakan cakupan yang dapat kita pelajari secara umum. Selain itu kita bisa mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi infertilitas baik pada pria maupun pada wanita.

Tes 3

- 1) Menstruasi merupakan luruhnya dinding rahim yang disebut
 - A. Ovarium
 - B. Plasenta
 - C. Miometrium
 - D. Endometrium;
- 2) Otak terbentuk pada usia janin
 - A. 1 bulan
 - B. 2 bulan
 - C. 3 bulan
 - D. 4 bulan
- 3) Menempelnya blastosista di endometrium disebut
 - A. Nidasi
 - B. plasentasi
 - C. Ovulasi
 - D. menstruasi

4. Organ tubuh yang berkembang cepat pada embriogenesis hingga anak umur 5 tahun adalah
 - A. Otot
 - B. jantung
 - C. Tulang
 - D. Saraf otak ;

- 5) Bagian tubuh wanita yang menghasilkan hormon estrogen dan progesteron adalah
 - A. Uterus
 - B. Tuba falopii
 - C. Ovarium ;
 - D. Endometrium

- 6) Yang dimaksud dengan fertilisasi yaitu
 - A. Kesuburan
 - B. Peleburan sel spermatozoid dengan sel telur ;
 - C. Peleburan sel-sel manusia
 - D. Berhubungan dengan perkembangan

- 7) Dibawah ini adalah urutan fase embrionik yang benar, yaitu
 - A. morula, blastula, gástrula ;
 - B. morula, gastrula, blástula
 - C. gastrula, morula, blástula
 - D. blastula,gastrula,morula

- 8) Dengan melakukan pemeriksaan ultrasound kita akan melihat janin sudah membentuk kepala dan badan pada umur embrio
 - A. 4 bulan
 - B. 3 bulan
 - C. 2 bulan ;
 - D. 1 bulan

- 9) Proses pembuahan terjadi didalam
 - A. tuba fallopi
 - B. Endometrium
 - C. uterus
 - D. ovarium

- 10) Pada umur berapakah bayi sudah mampu menggenggam tangan dan menghisap ibu jari dalam kandungan ibunya yaitu
 - A. satu bulan
 - B. dua bulan
 - C. tiga bulan
 - D. empat bulan

Kunci Jawaban Tes

Tes 1

- 1) Pada peristiwa oogenesis setiap oogonium akan membentuk 1 ovum fungsional yang haploid dan 3 sel kutub. Sel ovum akan memiliki n kromosom (bukan $2n$).
- 2) Pengaruh hormone progesterone adalah mempertebal dinding endometrium setelah terjadi ovulasi, menghambat produksi LH agar korpus luteum mengalami degenerasi saat tidak terjadi fertilisasi, menghambat laktasi saat kehamilan, dan mempersiapkan endometrium untuk implantasi zigot.
- 3) Jika terjadi kehamilan, maka hormone progesterone akan terus ada dan akan menghambat terbentuknya FSH. Karena itu folikel de graaf tidak akan terbentuk digantikan dengan pertumbuhan janin di dalam rahim.
- 4) Sperma yang masuk ke dalam vagina, akan berenang ke uterus. Yang selamat dan sampai akan bertemu dengan sel telur disaluran indung telur atau dinamakan oviduk.
- 5) Apabila sperma sudah bertemu dengan ovum, maka sperma akan berusaha membuahi ovum. Ovum yang telah dibuahi oleh sperma akan menempel di uterus untuk kemudian berkembang menjadi janin.
- 6) Jika sel telur tidak dibuahi, maka lama kelamaan sel telur akan mengalami kerusakan yang akhirnya akan meluruh dan gugur.
- 7) Pada suatu saat, sel telur akan habis dan tidak dapat lagi matang. Hal ini menyebabkan proses ovulasi tidak terjadi. Keadaan seperti ini akan menimpa semua wanita karena sel telurnya sudah habis. Kondisi ini disebut sebagai menopause.
- 8) Pada saat terstimulasi, vagina akan dilumasi oleh minyak yang akan dihasilkan oleh kelenjar bartholini. Hal ini akan menyebabkan vagina menjadi licin.
- 9) Selain menghasilkan sel telur, ovarium juga menghasilkan hormone estrogen dan progesterone yang akan mengatur siklus menstruasi. Semuanya diatur oleh master of gland yaitu hipofisis.
- 10) Payudara berfungsi sebagai organ reproduksi sekaligus organ tambahan pada wanita yang bersifat sebagai estetika/aksesorius. Pada saat kehamilan, maka payudara akan terisi dengan air susu, akan tetapi pada saat tidak hamil, maka payudara tidak memiliki fungsi khusus.

Tes 2

- 1) Andrologi merupakan disiplin ilmu baru yang khusus meneliti struktur dan fungsi sistem reproduksi laki-laki, juga ilmu kedokteran yang memadukan ilmu dasar dan praktek klinis, dan beberapa disiplin ilmu saling infiltrasi. Penelitian andrologi termasuk penyakit alat vital pria, gangguan fungsi seksual pria, klimakterik pria, kesuburan pria serta pengaturannya, kemandulan pria, penyakit kelamin serta penyakit yang berkaitan dengan kesehatan reproduksi pria.
- 2) Penis merupakan struktur luar yang akan menjadi pangkal keluarnya sperma, sedang di dalam, sperma akan melewati vasdeferens dan urethra.

- 3) Tubulus seminiferus adalah struktur yang terletak di organ pria yaitu testis. Tubulus seminiferus terdiri dari jaringan tabung yang dilapisi dengan jenis sel yang dikenal sebagai sel Sertoli. Sel Sertoli adalah sel kolumnar panjang yang dibedakan selama proses meiosis untuk membentuk sperma.
- 4) Sudah jelas.
- 5) Urutan saat terjadinya spermatogonium adalah: Spermatogonium-spermatosit primer-spermatosit sekunder-spermatid-spermatozoa.
- 6) Ereksi penis terjadi bila darah mengalir dan memenuhi corpora cavernosa karena berbagai bentuk rangsangan. Selain yang paling umum karena rangsangan seksual, ereksi pada manusia laki-laki juga dapat terjadi karena tekanan kandung kemih yang penuh. Ereksi juga terjadi secara otonom (tanpa kesadaran), misalnya pada saat tidur di dalam fase REM.
- 7) Sperma mengandung salah satu cairan yang dinamakan sorbitol. Sorbitol yang dikenal juga sebagai glusitol, adalah suatu gula alkohol yang dimetabolisme lambat di dalam tubuh. Sorbitol diperoleh dari reduksi glukosa, mengubah gugus aldehid menjadi gugus hidroksil, sehingga dinamakan gula alkohol.
- 8) Pada proses spermatogenesis, spermatosit primer akan membentuk 2 spermatosit sekunder yang akhirnya terbentuk 4 spermatid. Silakan melihat tahapan spermatogenesis.
- 9) Pematangan sperma terjadi di tubulus seminiferus yang kemudian disimpan di epididimis.
- 10) Kondom merupakan salah satu metode kontrasepsi dengan cara mencegah bertemunya sperma dengan ovum sehingga proses fertilisasi tidak terjadi.

Tes 3

- 1) Menstruasi adalah proses meluruhnya dinding rahim (endometrium) ketika ovum tidak dibuahi oleh sperma.
- 2) Otak sudah terlihat pembentukannya sejak janin berusia 1 bulan, silakan melihat table perkembangan embrio.
- 3) Nidasi/implantasi merupakan peristiwa masuknya atau tertanamnya hasil konsepsi ke dalam endometrium. Blastula dilindungi oleh simpai yang disebut trofoblas, yang mampu menghancurkan dan mencairkan jaringan. Ketika blastula mencapai rongga rahim, jaringan endometrium dalam keadaan sekresi. Jaringan endometrium ini banyak mengandung sel-sel desidua.
- 4) Saraf otak bertumbuh dengan pesat hingga anak berusia 5 tahun. Pertumbuhan sangat cepat dimulai dari usia 1 tahun dan biasanya disebut dengan golden age period.
- 5) Ovarium selain menghasilkan ovum juga menghasilkan hormone estrogen dan progesterone.
- 6) Fertilisasi adalah proses peleburan antara sel sperma dengan ovum di dalam tuba falopi/oviduk.
- 7) Urutan fase embrionik yang benar adalah morulla, blastula, dan gastrula.

- 8) Pemeriksaan janin menggunakan ultrasonografi (USG) dapat dimulai pada saat janin berusia kurang lebih 4 bulan karena pada usia tersebut janin sudah terbentuk sempurna.
- 9) Sudah jelas.
- 10) Pada Minggu ketiga belas jaringan dan organ yang sudah terbentuk dalam tubuh bayi tumbuh pesat dan mengalami pematangan. Jarinya yang unik telah teridentifikasi dengan baik. Kelopak mata, alis, bulu mata dan kuku sudah terbentuk. Gigi dan tulang menjadi lebih padat. Bayi sudah bisa menghisap jempol, menguap, meregang dan membuat wajah di dalam kandungan.

Daftar Pustaka

- Setiadi. 2007. *Anatomi dan Fisiologi Manusia*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lusa.web.id. 2009. *Anatomi dan fisiologi Payudara*. From <http://www.caramembesarkanpayudara.net/kelainan-pada-payudara/>
- Prof. Sastrawinata, Sulaiman. 1983. *Obstetri Fisiologi*. Bandung: Bagian Obstetri Ginekologi Fakultas Kedokteran Universitas Padjajaran Bandung.
- Guru Ngeblog. 2008. *Sistem Reproduksi pada Manusia–Pria*. From <http://gurungeblog.wordpress.com/2008/10/31/sistem-reproduksi-pada-manusia-pria/>
- Setiadi. 2007. *Anatomi dan Fisiologi Manusia*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lusa.web.id. 2009. *Anatomi dan fisiologi Payudara*. From <http://www.caramembesarkanpayudara.net/kelainan-pada-payudara/>
- Prof. Sastrawinata, Sulaiman. 1983. *Obstetri Fisiologi*. Bandung: Bagian Obstetri Ginekologi Fakultas Kedokteran Universitas Padjajaran Bandung.
- Hamilton, Persis Mary. 1995. *Dasar-Dasar Keperawatan Maternitas*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Syamsuri, Istamar dkk. 2004. *Biologi Untuk SMA Kelas XI*. Jakarta: Erlangga.
- T.W. Sadler. 1997. *Embriologi Kedokteran*. Jakarta: Langman EGC.
www.google.com/embriologi (25 september 2015)

BAB XI

STRUKTUR & FUNGSI RANGKA, OTOT DAN SENDI

Washudi

PENDAHULUAN

Salam hangat dan bahagia selalu, semoga Tuhan yang Maha Esa senantiasa memberikan kekuatan dan perlindungan serta keselamatan kepada kita semua, Aamiin. Selamat bertemu kembali pada Bab 11 ini, sebelumnya saya sampaikan selamat kepada Anda yang telah menyelesaikan Bab 10 yang membahas tentang sistem reproduksi. Bab 11 ini merupakan kelanjutan tentang sistem pada manusia yaitu Sistem Muskulo Skeletal. Apa yang menyebabkan tubuh manusia bisa berdiri, bisa berlari, duduk, dan aktivitas-aktivitas lainnya? Ya tentu saja karena adanya sistem gerak pada manusia yang terdiri atas rangka manusia, otot, dan persendian. Kali ini kita akan membahas mengenai rangka atau kerangka manusia, mulai dari pengertian rangka manusia, fungsi rangka, struktur rangka, dan jenis rangka. Otot, meliputi struktur, jenis dan fungsi otot. Sendi, meliputi struktur, jenis dan fungsi sendi.

Bab ini dikemas dalam tiga Topik yang disusun dengan urutan sebagai berikut:

Topik 1: Struktur, fungsi Rangka (Skeletal)

Topik 2: Struktur, fungsi Sendi(Artikulasi)

Topik 3:Struktur, fungsi Otot (Muskulo)

Untuk memudahkan Anda agar dapat mengikuti proses pembelajaran dengan baik dalam modul ini,maka peserta didik sebaiknya mengikuti langkah-langkah belajar sebagai berikut:

1. Pahami dahulu pengetahuan dasar tentang sel, jaringan, organ dan sistem organ.
2. Pelajari dahulu Topiksebelumnya secara berurutan.
3. Baca dengan seksama materi yang disampaikan dan buatlah ringkasan materi yang dibahas.
4. Untuk mempelajari modul ini, Anda membutuhkan waktu sekitar 30 menit untuk setiap Topik, berarti Anda diharapkan dapat meluangkan waktu sebanyak 90 menit.
5. Keberhasilan proses pembelajaran jarak jauh yang Anda jalani saat ini sangat tergantung pada kesungguhan Anda dalam belajar dan mengerjakan latihan/tugas terkait materi yang dibahas.
6. Guna mempertahankan motivasi Anda silakan belajar berkelompok dengan teman sejawat.

Baiklah Anda peserta didik pembelajaran jarak jauh, selamat belajar semoga Anda sukses memahami pengetahuan yang diuraikan dalam mata kuliah ini untuk meningkatkan kemampuan Anda dalam melayani masyarakat di tempat Anda bekerja dengan baik.

Topik 1

Struktur & Fungsi Rangka (Skeletal)

Setelah menyelesaikan Unit Topik 1 dalam Bab 11 ini, peserta didik diharapkan mampu menjelaskan tentang Sistem Rangkasebagai landasan dalam melaksanakan Asuhan Keperawatan.

Setelah menyelesaikan Topik 1, diharapkan Anda dapat:

1. Menjelaskan pengertian tulang.
2. Menjelaskan struktur tulang.
3. Menjelaskan fungsi tulang.
4. Menjelaskan macam-macam tulang.

Baiklah, mari kita mulai mempelajari Bab 11 ini diawali dengan pengertian tulang.

1 PENGERTIAN

Sistem skeletal adalah sistem yang terdiri dari tulang (rangka) dan struktur yang membangun hubungan (sendi) di antara tulang-tulang tersebut. Secara umum fungsi dari sistem skeletal adalah:

1. Menyediakan bentuk untuk menopang tubuh (formasi kerangka).
2. Sebagai alat gerak pasif.
3. Melindungi organ-organ internal dari trauma mekanik,
4. Menyimpan dan melindungi sumsum tulang selaku sel hemopoietic (*red bone marrow*).
5. Fungsi imunologi,yakni membentuk limfosit B dan makrofag.
6. Sebagai pengungkit untuk mendukung berbagai aktivitas.
7. Sebagai tempat melekatnya otot,ligamen dan tendon.
8. Menyokong berat badan.
9. Menyediakan tempat untuk menyimpan kelebihan kalsium.
10. Menyimpan lemak (*yellow bone marrow*).

1.1 Fungsi khusus:

- a. Pembentuk nada suara (sinus paranasalis).
- b. Email gigi pada pencernaan mekanis.
- c. Mengatur frekuensi gelombang pendengaran (tulang kecil telinga).
- d. Mempermudah proses kelahiran pada panggul wanita.

1.2 Perkembangan tulang

Tulang disebut sebagai alat gerak pasif karena tulang adalah alat gerak yang tidak dapat bergerak sendiri, tetapi digerakkan oleh otot, dan otot disebut sebagai alat gerak aktif karna otot dapat bergerak sendiri dan menggerakkan tulang dengan cara melakukan kontraksi

otot. Tulang berasal dari perkembangan membranosa dan cartilago. Proses peletakan jaringan tulang (histogenesis) disebut osifikasi. Jika hal itu dalam bentuk selaput disebut penulangan intra membranosa dan tulang yang terbentuk dinamakan tulang membrane. Tulang endokondrial merupakan tulang yang berkembang dari penulangan tulang rawan sehingga disebut kartilaginosa (penulangan tidak langsung).

1.3 Pusat Osifikasi

- a. Pusat primer, timbul sangat dini pada kehidupan janin, disebabkan akibat ransangan genetik.
- b. Pusat sekunder terjadi pada ujung tulang panjang dan tulang besar setelah kelahiran.

1.4 Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tulang:

- a. Faktor genetik.
- b. Faktor nutrisi.
- c. Faktor endokrin, biasanya hormon yang berperan adalah hormon parathyroid, tirokalsitonin, hipofisis dan tiroksin.
- d. Faktor persarafan.

1.5 Suplai Persarafan

Diperani oleh serabut saraf vasomotor. Periosteum sangat sensitif terhadap ransangan umum dan sangat banyak disuplai oleh serabut saraf somatosensoris terutama ujung sendi tulang panjang. Berdasarkan bentuknya dan ukurannya, tulang dapat dibagi menjadi beberapa penggolongan:

- a. Tulang panjang, yaitu tulang lengan atas, lengan bawah, tangan, tungkai, dan kaki (kecuali tulang-tulang pergelangan tangan dan kaki). Badan tulang ini disebut diafisis, sedangkan ujungnya disebut epifisis.
- b. Tulang pendek, yaitu tulang-tulang pergelangan tangan dan kaki.
- c. Tulang pipih, yaitu tulang iga, bahu, pinggul, dan kranial.
- d. Tulang tidak beraturan, yaitu tulang vertebra dan tulang wajah.

2 RANGKA AKSIAL

2.1 Tengkorak

Tengkorak otak terdiri dari tulang-tulang yang dihubungkan oleh tulang bergerigi (sutura). Bagian-bagiannya terdiri dari:

- a. Kubah Tengkorak
 - 1) Tulang frontal, terletak di dahi (bagian depan kepala).
 - 2) Tulang parietal, terletak di ubun (di tengah kepala).
 - 3) Tulang oksipital, terletak dibagian belakang dan memiliki sebuah lubang sebagai muara pangkal tulang belakang (foramen magnum).

- b. Dasar tengkorak
 - 1) Tulang sphenoid merupakan tulang yang terdapat juga sella turcica (yang melindungi kelenjar hipofisis) dan sinus sphenoid (suatu sinus yang membuka ke rongga hidung). Berbentuk seperti kupu-kupu yang melindungi 3 pasang sayap.
 - 2) Tulang ethmoid merupakan tulang yang berada di belakang tulang nasal dan lakrimal yang terdiri dari tulang tipis yang tegak dan mendatar, yang mana memiliki lubang-lubang kecil sehingga tulang ini disebut juga tulang lempeng tapis yang berfungsi sebagai alat lalunya saraf penciuman ke hidung, sementara bagian yang tegak membentuk rongga hidung.
- c. Samping tengkorak, terdiri dari tulang pelipis, sebagian tulang dahi, tulang ubun-ubun dan tulang baji. Tulang pelipis memiliki bagian:
 - 1) Tulang squamosa, membentuk rongga telinga tengah dan dalam.
 - 2) Tulang petrosus yang menjorok ke bagian tulang pipi dan memiliki taju (prosesus stiloid).
 - 3) Bagian mastoid, terdiri dari tulang yang memiliki lubang halus berisi udara serta taju berbentuk puting susu (prosesus mastoid).

Tengkorak wajah terdiri dari bagian:

- a. Bagian hidung
 - ☑ Tulang lakrimal, tulang mata yang terletak sebelah kiri-kanan pangkal hidung di sudut mata.
 - 1) Tulang nasal merupakan tulang yang membentuk jembatan pada hidung dan berbatasan dengan tulang maksila.
 - 2) Tulang konka nasal, tulang karang hidung yang terletak di bagian dalam yang bentuknya berlipat-lipat.
 - 3) Septum nasi, sekat rongga hidung yang merupakan saluran tulang tapis yang tegak.
- b. Bagian Rahang
 - 1) Tulang maksilar, terdiri dari tulang bagian kiri dan kanan yang bersatu membentuk sebuah lubang udara besar yang berhubungan dengan rongga hidung. Di bawah tulang ini terdapat prosesus alveolaris tempat melekatnya urat gigi.
 - 2) Tulang zigomatikum merupakan tulang pipi, yang berartikulasi dengan tulang frontal, temporal dan maksila.
 - 3) Tulang palatum merupakan tulang langit-langit.
 - 4) Tulang mandibularis, tulang kiri dan kanan bersatu dipertengahan dagu. Bagian depan membentuk prosesus korakoid, tempat melekatnya otot kunyah dan kondilus membentuk persendian tulang pipi.
 - 5) Tulang hioid yaitu tulang penggerak lidah yang terletak di pangkal leher, di antara otot-otot leher.

2.2 Kolumna vertebra

Bagian-bagian ruas tulang belakang :

- a. Badan ruas, terletak di depan berbentuk tebal dan kuat.
- b. Lengkung ruas, terdiri dari:
 - 1) Prosesus spinosus, terdapat di tengah lengkung ruas, menonjol ke belakang.
 - 2) Prosesus transversus, terdapat di samping kiri dan kanan lengkung ruas.
 - 3) Prosesus artikulasi, membentuk persendian antar tulang belakang.

2.3 Pembagian tulang belakang :

- a. Pada vertebra segmen servikal, 7 ruas korpus berukuran relatif lebih kecil dibandingkan segmen torakal dan lumbar. Pada prosesus transversus terdapat foramen (lubang) transversus, yang fungsinya untuk melewatkan arteri vertebralis. Artikulasi antar vertebra (melalui sendi apophyseal) membentuk sudut sekitar 45 derajat. Khusus untuk segmen C1 (atlas), terdapat facies artikulasi untuk axis (C2) serta facies artikulasi yang agak besar untuk perlekatan dengan oksipital. Sedangkan pada segmen C2 (axis), terdapat dens axis yang akan berartikulasi dengan (C1).
- b. Pada vertebra segmen torakal, 12 ruas korpus berukuran relatif lebih besar dibandingkan segmen servikal namun lebih kecil dibandingkan dengan segmen lumbar. Khusus pada vertebra segmen torakal adalah adanya facies untuk artikulasi dengan tulang iga (kostal). Facies ini ada yang terletak di prosesus transversus dan ada yang terletak di prosesus spinosa.
- c. Pada vertebra segmen lumbar, 5 ruas korpus berukuran relatif lebih besar dibandingkan dengan korpus pada segmen servikal dan torakal. Tjtu duru agak pick dan bagian ruas ke lima menonjol yang di sebut promontorium.
- d. Pada vertebra segmen sakral, terdiri dari 5 ruas, terdapat lubang kecil 5 buah yang di sebut foramen sakralis.
- e. Pada vertebra segmen koksigeal, terdiri atas 4 segmen koksigeal individual yang terhubung dengan vertebra segmen sakralis.

2.4 Toraks

Toraks merupakan rangka yang menutupi dada dan melindungi organ-organ penting di dalamnya. Terdiri dari :

- a. Tulang dada
 - 1) Manubrium sterni, bagian yang membentuk persendian dengan klavikula dan tulang iga.
 - 2) Corpus sterni, bagian yang membentuk persendian dengan tulang iga.
 - 3) Prosesus xifoid, ujung tulang dada.
- b. Tulang iga
 - 1) Costa vera : 7 pasang, berhubungan langsung dengan tulang dada.
 - 2) Costa spuria : 3 pasang, bersambungan dengan costa vera ruas ke-7.
 - 3) Costa fluitantes : 2 pasang, tidak berhubungan dengan tulang dada.

3 RANGKA APENDIKULAR

3.1 Ekstremitas atas

Ekstremitas atas terdiri atas tulang skapula, klavikula, humerus, radius, ulna, karpal, metakarpal, dan tulang-tulang phalangs.

Gelang bahu

a. Skapula

Skapula merupakan tulang yang terletak di sebelah posterior tulang kostal dan berbentuk pipih seperti segitiga. Skapula memiliki beberapa proyeksi (spina, korakoid) yang melekatkan beberapa otot yang berfungsi menggerakkan lengan atas dan lengan bawah. Sebelah atas memiliki bagian spina skapula. Sebelah atas spina skapula membentuk lekukan yang terdiri dari fos suprascapula dan fosa infrascapula. Ujung dari spina skapula membentuk taju (akromion) yang berhubungan dengan persendian klavikula. Sebelah dalam akromion terdapat taju (prosesus korakoid) yang di sebelah bawahnya terdapat lekukan kepala sendi yang disebut kavum glenoid.

b. Klavikula

Berbentuk panjang, sedikit bengkok menyerupai huruf S. Terdiri dari Ekstremitas sternalis, bagian yang berhubungan dengan sternum dan ekstremitas akrominalis, bagian yang berhubungan dengan akromion.

c. Humerus

Humerus merupakan tulang panjang pada lengan atas, bagian berhubungan dengan bahu membentuk bulatan bundar yang disebut kaput humeri. Di sebelah kaput humeri terdapat lekukan (kolumna humeri), bagian bawah terdapat taju dan memiliki lekukan fosa koronoid (bagian depan) dan fosa olekrani (bagian belakang).

d. Ulna

Merupakan tulang bawah yang sejajar dengan jari kelingking arah ke siku yang memiliki taju (prosesus olekrani), yang berguna untuk melekat otot dan menjaga agar siku tidak membengkok ke belakang.

e. Radius

Radius merupakan tulang lengan bawah, lateral, sejajar dengan ibu jari. Memiliki dataran sendi berbentuk buntal, memungkinkan lengan bawah dapat berputar atau telungkup.

f. Karpal

Merupakan tulang pergelangan tangan terdiri dari 8 tulang tersusun dua baris :

- a) Bagian proksimal: tulang navikular (berbentuk kepala), tulang lunatum (berbentuk bulan sabit), tulang triquetrum (berbentuk segitiga), tulang fisiformis (berbentuk kacang).
- b) Bagian distal: tulang multangulum mavus (tulang besar bersegi banyak), tulang multangulum minus (tulang kecil bersegi banyak), tulang kapitatum (tulang berkepala), tulang harnatum (tulang berkait).

- g. Metakarpal
Metakarpal terdiri dari 5 tulang yang terdapat di pergelangan tangan dan bagian proksimalnya berartikulasi dengan bagian distal tulang-tulang karpal. Persendian yang dihasilkan oleh tulang karpal dan metakarpal membuat tangan menjadi sangat fleksibel. Pada ibu jari, sendi pelana yang terdapat antara tulang karpal dan metakarpal memungkinkan ibu jari tersebut melakukan gerakan seperti menyilang telapak tangan dan memungkinkan menjepit/menggenggam sesuatu.
- h. Tulang-tulang phalangs
Terdiri dari tulang pipa pendek sebanyak 14 buah dibentuk dalam bagian 5 tulang yang berhubungan dengan metacarpalia perantara persendian.

3.2 Ekstremitas bawah

Ekstremitas bawah terdiri dari tulang koxsa, pelvis, femur, tibia, fibula, tarsal, metatarsal, dan tulang-tulang phalangs.

- a. Pelvis
Pelvis terdiri atas sepasang tulang panggul (*hip bone*) yang merupakan tulang pipih, penghubung antara badan dan anggota bawah, yaitu tulang sakrum dan koksigis yang bersendi satu dengan lainnya pada simfisis pubis. Bagian pelvis antara lain pelvis mayor dan pelvis minor, di batasi oleh linea terminalis.
- b. Tulang koxsa
Merupakan tulang pangkal paha yang berperan membentuk gelang panggul. Letaknya di setiap sisi depan bersatu dengan simfisis pubis dan membentuk sebagian besar tulang pelvis.

Terdiri dari :
 - a. Tulang usus (ilium), berjumlah 2 buah kiri dan kanan, berbentuk lebar dan gepeng serta melengkung menghadap ke perut. Bagian melekung disebut tibia iliaka, bagian tepi disebut krista iliaka dan bagian menonjol di sebut spina iliaka. Pada tulang ilium ini terdapat sebuah lobang mangkok sendi paha (asetabulum).
 - b. Tulang duduk (iski), berbentuk setengah lingkaran menghadap ke atas mempunyai tonjolan yang mampu bertumpu (tuber iskiadium).
 - c. Rongga panggul, merupakan rongga yang terbentuk oleh sambungan antar tulang panggul. Pada rongga ini terdapat alat kandungan dan organ vesikal urinaria.
 - d. Foramen obturatum, merupakan foramen besar berbentuk lonjong di bawah asetabulum dan dibatasi oleh tulang pubis dan tulang iski. Lubangnya berisi membran dan pada bagian atas adanya pembuluh darah dan saraf obturatum.

3.2.1 Femur

Merupakan tulang pipa terbesar dan terpanjang berhubungan dengan asetabulum membentuk kepala sendi yang disebut kaput femoris yang disebelah atas dan bawah terdapat taju (trokanter mayor dan trokanter minor). Di bagian ujung membentuk persendian lutut terdapat dua buah tonjolan (kondilus medialis dan kondilus lateralis).

Di antara 2 lekukan ini terdapat tempat letaknya tulang tempurung lutut (fosa kondilus).

b. Tibia dan Fibula

Tulang tibialis dan fibularis merupakan tulang yang membentuk persendian lutut dengan femur. Tulang tibia bentuknya lebih kecil dan pada bagian pangkal melekat tulang fibula. Pada bagian ujung membentuk persendian dengan pangkal kaki dan terdapat taju (maleolus medialis).

c. Tarsal

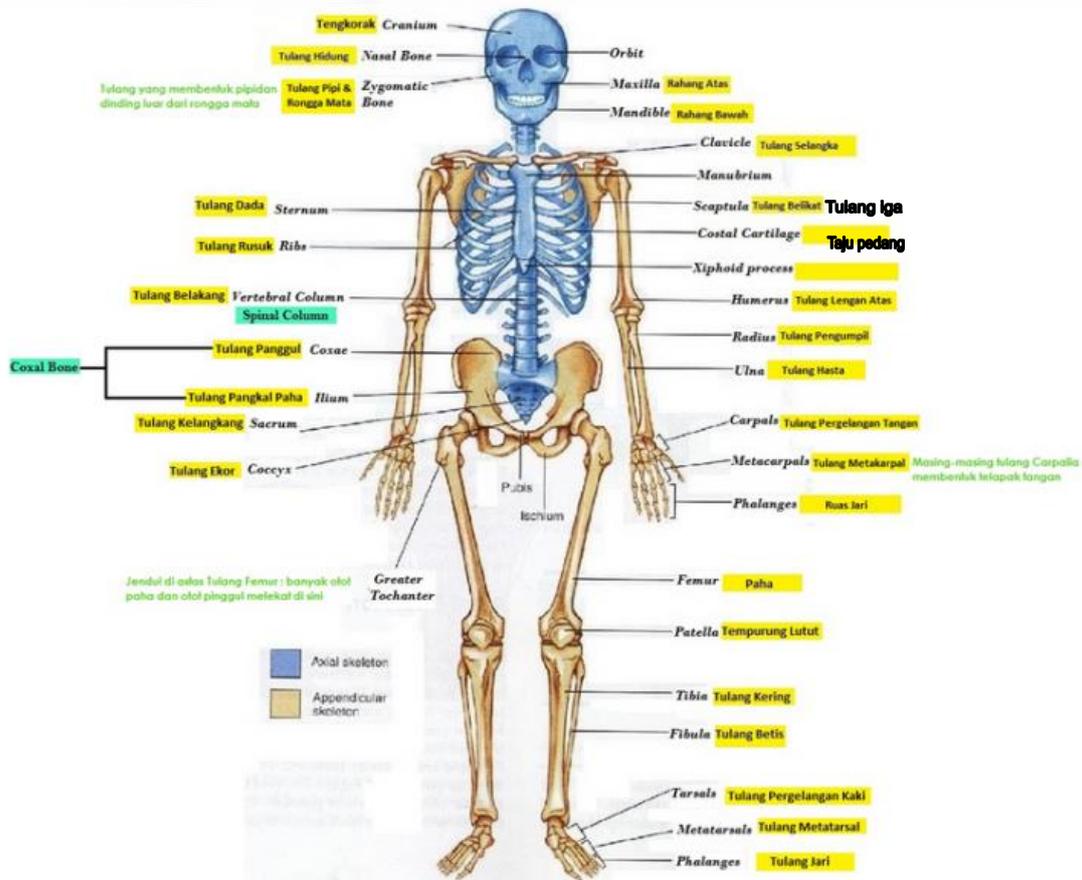
Tarsal merupakan 7 tulang yang membentuk artikulasi dengan fibula dan tibia di proksimal dan dengan metatarsal di distal. Terdapat 5 tulang tarsal, yaitu calcaneus, talus, cuboid, navicular, dan cuneiform. Calcaneus berperan sebagai tulang penyangga berdiri.

d. Metatarsal

Metatarsal merupakan 5 tulang yang pendek, berhubungan dengan tarsus dan falangus dengan perantara persendian.

e. Falang

Falang merupakan tulang jari-jari kaki. Terdapat 2 tulang falang di ibu jari dan 3 falang di masing-masing jari sisanya. Karena tidak ada sendi pelana di ibu jari kaki, menyebabkan jari tersebut tidak sefleksibel ibu jari tangan.



Gambar 11.1. Struktur Rangka Manusia

Latihan

- 1) Mengapa rangka disebut sebagai alat gerak pasif?
- 2) Sebutkan 4 fungsi rangka bagi tubuh!
- 3) Sebutkan 4 nama tulang yang termasuk tulang panjang!
- 4) Jelaskan ciri-ciri tulang rawan dan sebutkan contohnya!!
- 5) Sebutkan tulang-tulang apa saja yang menyusun tulang belakang?

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Tulang disebut sebagai alat gerak pasif karena tulang adalah alat gerak yang tidak dapat bergerak sendiri, tetapi digerakkan oleh otot, dan otot disebut sebagai alat gerak aktif karena otot dapat bergerak sendiri dan menggerakkan tulang dengan cara melakukan kontraksi otot.
- 2) Fungsi tulang rangka
 - a) Rangka dapat menguatkan dan menegakkan tubuh.
 - b) Jika tubuh manusia tidak dilengkapi oleh rangka, mungkin tubuh tidak akan kokoh dan kuat dalam menopang tubuh, berdiri, berlari ataupun berjalan. Dengan bentuk telapak kaki yang panjang dan kuat serta cukup panjang, kita bisa berdiri dengan tegak.
 - c) Rangka menentukan bentuk tubuh.
 - d) Dengan adanya rangka, tubuh kita jadi memiliki bentuk yang sempurna dan indah. Bahkan dengan adanya rangka, setiap bentuk tubuh manusia dapat dibedakan. Seperti: ada orang yang tinggi badannya, ada juga yang pendek, ada yang memiliki jari-jari panjang, ada juga yang pendek, dan lain sebagainya.
 - e) Rangka merupakan tempat melekatnya otot.
 - f) Tanpa rangka, otot-otot tidak memiliki tempat untuk melekat. Jika otot tidak memiliki tempat untuk melekat, maka anggota badan akan kaku dan tidak bisa digerakkan. Otot bekerja dengan cara relaksasi dan kontraksi. Disitulah rangka bekerjasama dengan otot untuk melakukan suatu gerakan. Misalnya, dalam menggerakkan lengan itu dipengaruhi dengan otot yang ada di tulang lengan bagian atas yakni otot bisep & trisep.
 - g) Rangka dapat melindungi tubuh yang penting.
 - h) Kita ketahui bahwa tulang merupakan bagian tubuh yang paling keras. Dengan bentuknya yang keras, maka tulang berfungsi dalam melindungi bagian dalam tubuh yang cukup rapuh atau mudah terluka dan rusak jika terkena benda keras, seperti: otak, jantung, paru-paru.
- 3) Beberapa tulang yang termasuk tulang panjang adalah Tulang lengan atas (humerus), tulang paha (femur), tulang kering (tibia), tulang betis (fibula), tulang pengumpil (radius), tulang hasta (ulna).

- 4) Pengertian tulang rawan adalah jaringan ikat dimana tulang yang bersifat liat dan lentur karena zat-zat antarsel tulang banyak mengandung zat perekat dan mengandung zat kapur. Setelah dewasa tulang rawan diganti menjadi tulang keras tapi tidak semua tulang rawan akan terganti menjadi tulang keras, tulang rawan pada orang dewasa terdapat pada telinga, hidung, dan di ujung-ujung tulang keras, tempat sambungan antartulang (sendi).
- 5) Tulang punggung (vertebra) adalah tulang yang tidak teratur, membentuk bagian belakang tubuh yang mudah untuk bergerak. Ada **33** tulang belakang manusia, yaitu tiga bagian di atasnya terdiri dari **24** tulang (dibagi menjadi 7 tulang cervical (leher), 12 tulang belakang dada (thorax) dan 5 tulang lumbal) **5** bergabung untuk membentuk sakral, dan **4** tulang membentuk tulang ekor.

Ringkasan

Tulang-tulang dalam tubuh membentuk sistem rangka. Rangka manusia terdiridari 206 tulang. Sistem rangka ini bersama-sama menyusun kerangka tubuh. Secara garis besar rangka manusia yang terdiri dari 206 tulang tersebut dibagimenjadi dua, yaitu rangka aksial (sumbu tubuh) dan rangka apendikuler (anggotatubuh). Rangka merupakan alat gerak pasif yang secara umum menjadi penopang tubuh dan melindungi organ vital yang ada di dalam tubuh. Sistem rangka secara umum tersusun dari tulang yang menjadi satu kesatuan di seluruh bagian tubuh manusia. Tulang-tulang tersebut memiliki karakteristik khusus sesuai dengan fungsi dari bagian tubuhnya, oleh karena itu bentuk tulang akan berbeda-beda

Tes 1

- 1) Sistem rangka manusia memiliki banyak fungsi untuk menunjang tubuh manusia. Berikut ini beberapa fungsi sistem gerak, *kecuali*
 - A. Memberi bentuk tubuh
 - B. Sebagai alat gerak tubuh
 - C. Tempat pembentukan sel-sel darah tubuh
 - D. Melindungi organ dalam tubuh
 - E. Tempat pembentukan sel-sel tubuh
- 2) Kranium memiliki fungsi untuk melindungi otak. Salah satu tulang yang ada di cranium adalah tulang ubun-ubun yang memiliki jumlah
 - A. 1 tulang
 - B. 2 tulang
 - C. 4 tulang
 - D. 5 tulang
 - E. 3 tulang

- 3) Tulang yang terletak pada kaki adalah sebagai berikut
- A. Ulna, radius, humerus, palanges
 - B. Patella, fibula, tibia, meta tarsal
 - C. Meta tarsal, metakarpal, palanges, fibula
 - D. Klavikula, skapula, ulna, radius
 - E. Ulna, meta tarsal, humerus, palanges
- 4) Tulang lengan bawah terdapat dua tulang yang terletak bersebalahan, dua tulang tersebut dinamakan dengan tulang
- A. Humerus-ulna
 - B. Palanges-metacarpal
 - C. Radius-ulna
 - D. carpal-metacarpal
 - E. klavikula-skapula
- 5) Tulang rawan dibagi menjadi tulang rawan hialin, tulang rawan fibrosa, dan tulang rawan elastin. Contoh tulang rawan elastis terletak di bagian tubuh
- A. Telinga luar
 - B. Rangka janin
 - C. Hubungan antar tulang belakang
 - D. saluran pernafasan
 - E. ujung tulang rusuk
- 6) Tulang lengan bawah terdapat dua tulang yang terletak bersebalahan, dua tulang tersebut secara struktur mirip dengan dua tulang di kaki yaitu
- A. humerus-radius
 - B. Humerus-ulna
 - C. Tibia-fibula
 - D. klavikula-skapula
 - E. carpal-metacarpal
- 7) Perbedaan antara tulang rawan dan tulang keras bisa diketahui dari jenis sel tulang penyusunnya, perbedaannya adalah
- A. Tulang rawan: kondrobit, tulang keras: osteobit
 - B. Tulang rawan: osteoblast, tulang keras: kondroblast
 - C. Tulang rawan: osteosit, tulang keras: kondrosit
 - D. Tulang rawan: kondrokinase, tulang keras: osteokinase
 - E. Tulang rawan: kondrosit, tulang keras: osteosit
- 8) Tulang pelvis termasuk ke dalam jenis tulang apa?
- A. Tulang Panjang
 - B. Tulang Pendek
 - C. Tulang Pipih
 - D. Tulang Bulat
 - E. Tulang Tak beraturan

- 9) Tulang tengkorak, tulang rusuk, dan scapula, merupakan contoh dari tulang
- A. Bulat
 - B. Cakra
 - C. Pipa
 - D. Pendek
 - E. Pipih
- 10) Kelainan dengan ciri tulang punggung melengkung ke depan sehingga kepala tertarik ke belakang dinamakan dengan
- A. dislokasi
 - B. Kiposis
 - C. Lordosis
 - D. mikrosefalus
 - E. Skoliosis

Topik 2

Struktur dan Fungsi Sendi

Selamat, Anda telah menyelesaikan Topik 1 dan sekarang akan melanjutkan Topik 2. Masih melanjutkan materi sebelumnya yaitu tentang sistem Muskulo Skeletal, hanya saja saat ini kita akan melanjutkan pembahasan tentang Persendian atau disebut juga artikulasi.

Setelah menyelesaikan Unit Topik 2 dalam Bab 11 ini, peserta didik diharapkan mampu menjelaskan tentang Struktur dan fungsi sendi sebagai landasan dalam melaksanakan Asuhan Keperawatan.

Setelah menyelesaikan Topik 2, diharapkan Anda dapat:

1. Menjelaskan pengertian sendi.
2. Menjelaskan struktur sendi.
3. Menjelaskan fungsi sendi.
4. Menjelaskan macam-macam sendi.

Persendian atau artikulasi merupakan hubungan antar tulang-tulang yang membentuk sistem gerak pada manusia. Persendian berperan penting dalam proses gerak yang dilakukan oleh manusia. Gerakan antara tulang yang satu dengan tulang yang lainnya pada persendian diikat oleh jaringan yang disebut ligamen. Gerakan pada persendian dilapisi oleh minyak sendi, jika minyak sendi pada tulang habis maka gerakan pada persendian akan menyebabkan rasa sakit yang luar biasa.

Jenis-jenis persendian pada manusia :

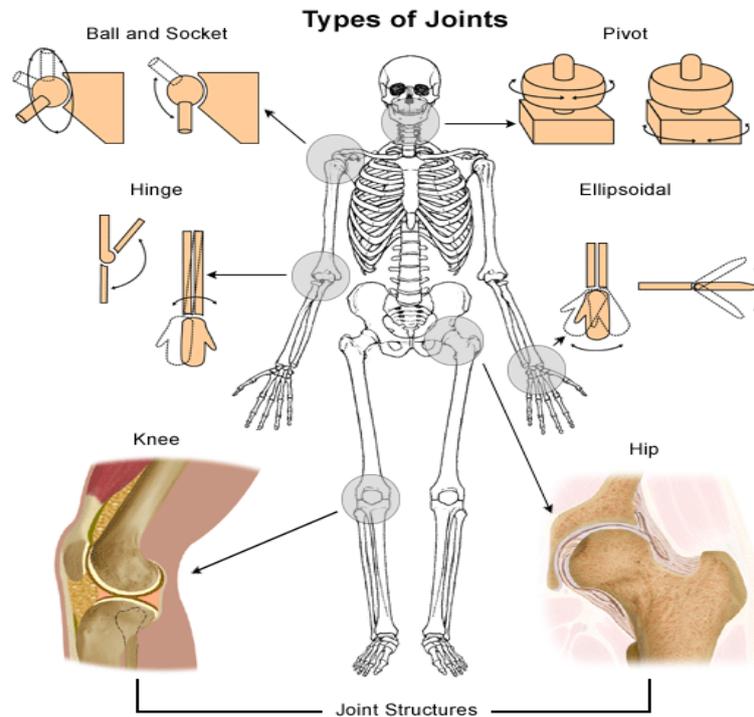
1. Sendi kaku (Articulatio cartilaginosa/ampiarthrosis)
Merupakan persendian yang dihubungkan oleh cartilago, tersusun dari ujung ujung tulang rawan dan menghasilkan sedikit gerakan yang bersifat kakusehingga memungkinkan terjadinya gerakan minimal. Contoh: symphysis ossis pubis, gerakan pada pergelangan tangan dan pergelangan kaki.
2. Sendi mati (Articulatio fibrosa/sinarthrosis)
Merupakan persendian yang dihubungkan oleh kolagen. Persendian jenis ini tidak ada gerakan antar tulangnya sehingga tidak memungkinkan terjadinya gerakan. Contoh hubungan antar tulang yang membentuk tengkorak (sutura).
3. Sendi gerak (Articulatio synovial/diarthrosis)
Merupakan persendian yang dipisahkan oleh celah berisi cairan sinovial., memungkinkan terjadinya gerakan secara bebas. Kebanyakan persendian termasuk jenis ini. Sendi gerak terdiri dari beberapa jenis.

Jenis-jenis sendi gerak:

1. Sendi engsel
Merupakan hubungan antar tulang yang menghasilkan gerak satu arah. Contoh sendi engsel ialah lutut dan sikut.
2. Sendi pelana
Merupakan hubungan antar tulang yang menghasilkan gerak dua arah. Contoh sendi pelana ialah tulang telapak tangan dan ibu jari.
3. Sendi putar
Merupakan hubungan antar tulang yang menghasilkan gerakan rotasi atau memutar. Contoh sendi putar ialah lengan bawah dan lengan atas.
4. Sendi peluru
Merupakan hubungan antar tulang yang menghasilkan gerakan bebas ke segala arah. Contoh sendi peluru ialah hubungan antar tulang pada gelang bahu dan lengan atas.
5. Sendi luncur
Merupakan hubungan antar tulang yang menghasilkan gerakan badan dapat melengkung ke depan dan ke belakang ataupun gerakan memutar badan. Contoh sendi luncur ialah hubungan antar tulang pada pergelangan kaki.
6. Sendi geser
Merupakan hubungan antar tulang yang menghasilkan gerak menggeser. Contoh sendi geser ialah hubungan antar tulang belakang.

Jenis-jenis gerak pada persendian dibedakan menjadi:

1. Gerak inverse dan gerak eversi
Gerak inverse ialah gerak membuka telapak kaki ke arah dalam tubuh, sedangkan gerak eversi merupakan gerak kaki membuka ke arah luar, atau gerak memiringkan kaki.
2. Gerak pronasi dan gerak supinasi
Gerak pronasi ialah gerak menelungkupkan tangan. sedangkan gerak Supinasi ialah gerak an menegadahkan tangan.
3. Gerak elevasi dan gerak depresi
Gerak elevasi ialah gerak menengadahkan kepala, sedangkan gerak depresi ialah gerakan menurunkan atau menundukkan kepala.
4. Gerak adduksi dan gerak abduksi
Gerak adduksi ialah gerak mendekati tubuh, sedangkan gerak abduksi ialah gerak menjauhi tubuh. Contoh gerak adduksi dan gerak abduksi ialah: gerakan membuka tungkai kaki, gerak merenggangkan tangan dan gerak mengacungkan tangan.
5. Gerak fleksi dan gerak ekstensi
Gerak fleksi ialah gerakan membengkokkan atau menekuk, sedangkan gerak ekstensi ialah gerak meluruskan. Contoh: gerak pada siku, gerak pada lutut, gerak pada ruas-ruas jari dan gerak bahu.



Gambar 11.1. Macam-macam Sendi

Penstabil sendi

1. Jaringan kolagen kapsula sendi & ligamen.
2. Bentuk permukaan sendi → menentukan gerakan spesifik sendi
3. Adanya tulang lain, otot rangka, & bantalan lemak pd sendi
4. Tegangan pd tendon yg menempel pd tulang yang bersendi

Latihan

- 1) Sebutkan macam-macam gerakan sendi
- 2) Apasaja latihan pergerakan sendi sesuai macam-macam gerakan sendi
- 3) Apa yang terjadi jika sendi mengalami kerusakan
- 4) Apakah perbedaan antara sendi mati dan sendi kaku?
- 5) Mengapa ruas-ruas tulang rusuk hanya memiliki pergerakan yang terbatas?

Petunjuk Jawaban Latihan

1)

	Sendi Engsel	Sendi Peluru	Sendi Pelana
A	Siku dan lutut	Tulang atlas dan tulang leher	Gerakan ibu jari kaki
B	Lutut dan ruas jari	Pangkal paha	Pergelangan tangan
C	Pangkal paha	Lutut dan siku	Tulang tengkorak
D	Ruas – ruas jari	Siku dan lutut	Gerakan ibu jari
E	Telapak tangan	Telapak kaki	Pergelangan tangan

- 2) Melakukan latihan ROM (*Range of Motion*), yaitu gerakan aktif dan pasif, meliputi gerakan ekstensi, fleksi, aduksi, abduksi, pronasi, supinasi. Anggota tubuh digerakkan sesuai jenis gerakan tersebut mulai dari bagian kepala sampai kaki secara berurutan. Apabila gerakan dilakukan sendiri tanpa bantuan, berarti gerakan aktif. Bila tidak dapat melakukan sendiri dan dibantu oleh orang lain, maka disebut latihan gerak pasif.
- 3) Kerusakan sendi dapat mempengaruhi pergerakan, mengganggu pergerakan, rasa nyeri, hingga terjadinya kelumpuhan sehingga kita tidak dapat bergerak. Kerusakan sendi tergantung dari tingkat keparahan. Penyebab kerusakan sendi bermacam-macam, namun secara umum dapat dibagi menjadi internal (kerusakan struktur/penurunan fungsi, gangguan metabolisme asam urat) dan eksternal (infeksi, trauma/kecelakaan).
- 4) Sinartosis (Sendi Mati), yaitu persendian yang tidak dapat digerakkan, biasanya tulang-tulang pada persendian Sinartosis dipersatukan oleh serabut jaringan ikat atau tulang rawan hialin. Contohnya sendi antar tulang tengkorak. Sedangkan Amfiartrosis (Sendi Kaku), yaitu persendian yang hanya memungkinkan terjadinya sedikit gerakan (sendi gerakan terbatas). Contohnya sendi antar tulang rusuk.
- 5) Tulang rusuk hanya memiliki gerak terbatas untuk membantu proses pernapasan karena tulang rusuk memiliki sendi kaku.

Ringkasan

Persendian atau artikulasi merupakan hubungan antar tulang-tulang yang membentuk sistem gerak pada manusia. Persendian berperan penting dalam proses gerak yang dilakukan oleh manusia. Secara umum sendi terdapat 3 jenis, yaitu sendi kaku, mati dan gerak. Umumnya sendi yang ada di dalam tubuh manusia merupakan sendi gerak.

Tes 2

- 1) Antara tulang yang satu dan tulang yang lainnya dihubungkan oleh
 - A. otot
 - B. rangka
 - C. kolagen
 - D. sendi

- 2) Sendi yang memungkinkan gerakan bebas hampir ke segala arah, yaitu
 - A. sendi putar
 - B. sendi pelana
 - C. sendi engsel
 - D. sendi peluru

- 3) Persendian yang menghubungkan tulang-tulang tengkorak kepala adalah
 - A. sendi mati
 - B. sendi putar
 - C. sendi kaku
 - D. sendi pelana

- 4) Sendi yang terdapat antara lengan atas dengan bahu adalah
 - A. sendi putar
 - B. sendi pelana
 - C. sendi engsel
 - D. sendi peluru

- 5) Hubungan sendi antara ulna dan radius yang bisa menyebabkan gerakan menelungkup dan menengadahkan telapak tangan dinamakan dengan
 - A. fleksi-ekstensi
 - B. Sendi luncur
 - C. supinasi-pronasi
 - D. Sendi putar

- 6) Persendian yang terdapat pada siku adalah
 - A. sendi peluru
 - B. sendi pelana
 - C. sendi putar
 - D. sendi engsel

- 7) Persendian antara tulang-tulang yang membentuk tengkorak disebut sendi
 - A. sinfibrosis
 - B. sinkondrosis
 - C. sinartrosis
 - D. diartrosis

- 8) Hubungan antartulang yang terdapat pada persendian ibu jari adalah . . .
- A. sendi engsel
 - B. sendi peluru
 - C. Sendi peluru
 - D. Sendi putar
- 9) Sendi mati terdapat pada bagian
- A. tengkorak
 - B. bahu
 - C. siku
 - D. ibu jari
- 10) Bagian yang berguna untuk menghubungkan tulang dengan tulang pada persendian adalah
- A. ligament
 - B. kapsul sendi
 - C. tendon
 - D. otot

Topik 3

Struktur dan Fungsi Otot

Sekali lagi saya ucapkan selamat karena Anda sudah mencapai tahap Topik 3. Semoga semua ilmu tentang Rangka dan Sendi yang sudah dipelajari dapat dipahami dengan baik, jika masih kesulitan pada materi sebelumnya, sebaiknya jangan dulu dilanjutkan.

Setelah menyelesaikan Unit Topik 3 dalam Bab 11 ini, peserta didik diharapkan mampu menjelaskan tentang Struktur dan fungsi otot sebagai landasan dalam melaksanakan Asuhan Keperawatan.

Setelah menyelesaikan Topik 3, diharapkan Anda dapat:

1. Menjelaskan pengertian otot.
2. Menjelaskan struktur otot.
3. Menjelaskan fungsi otot.
4. Menjelaskan macam-macam otot.

Baik, mari kita mulai Topik terakhir pada Bab 11 ini, yaitu sistem otot yang terdiri dari: Otot, Fascia dan Tendon. Otot membentuk 43% berat badan; > 1/3-nya merupakan protein tubuh dan setengahnya tempat terjadinya aktivitas metabolik saat tubuh istirahat. Proses vital di dalam tubuh (seperti. Kontraksi jantung, konstiksi pembuluh darah, bernapas, peristaltik usus) terjadi karena adanya aktivitas otot.

1 FUNGSI SISTEM OTOT RANGKA

Secara umum, otot memiliki fungsi yaitu:

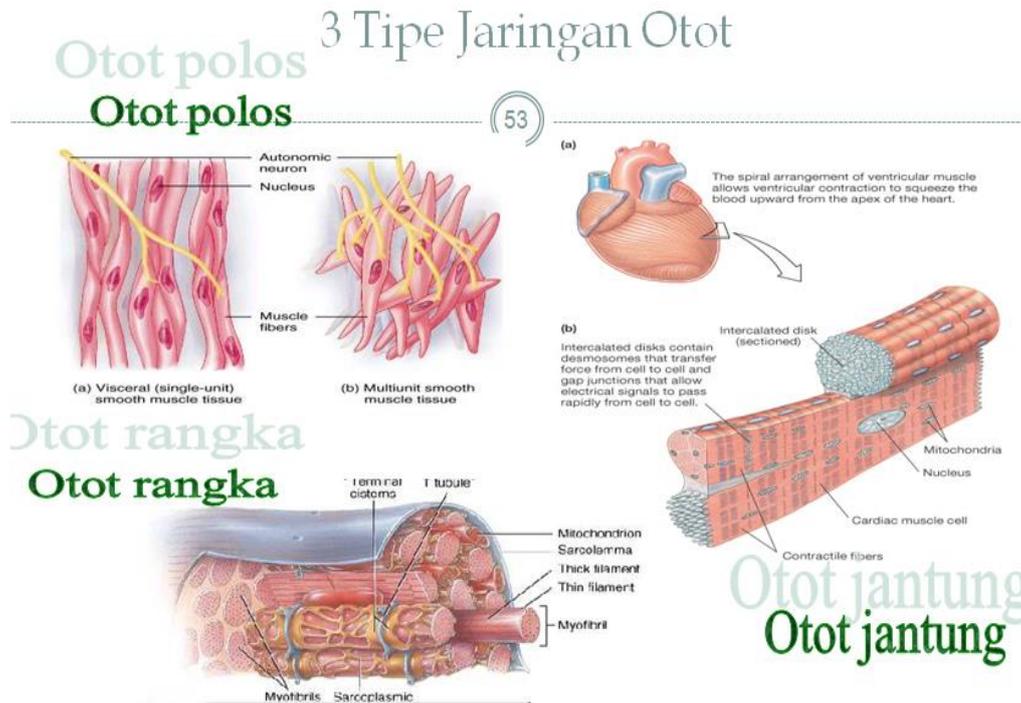
1. Menghasilkan gerakan rangka.
2. Mempertahankan sikap dan posisi tubuh.
3. Menyokong jaringan lunak.
4. Menunjukkan pintu masuk dan keluar saluran dlm sistem tubuh.
5. Mempertahankan suhu tubuh; kontraksi otot:energi → panas.

1.1 Tipe jaringan otot

1. Otot polos
memiliki 1 inti yg berada di tengah, dipersarafi oleh saraf otonom (involunter), serat otot polos (tidak berserat), terdapat di organ dalam tubuh (viseral), sumber Ca^{2+} dari CES, sumber energi terutama dr metabolisme aerobik, awal kontraksi lambat, kadng mengalami tetani, tahan terhadap kelelahan.
2. Otot rangka
memiliki banyak inti, dipersarafi oleh saraf motorik somatik (volunter), melekat pada tulang, sumber Ca^{2+} dari retikulum sarkoplasma (RS), sumber energi dari metabolisme aerobik & anaerobik, awal kontraksi cepat, mengalami tetani, & cepat lelah.

3. Otot jantung

memiliki 1 inti yang berada di tengah, dipersarafi oleh saraf otonom (involunter), serat otot berserat, hanya ada di jantung, sumber Ca^{2+} dari CES & RS, sumber energi dr metabolisme aerobik, awal kontraksi lambat, tidak mengalami tetani, & tahan terhadap kelelahan.

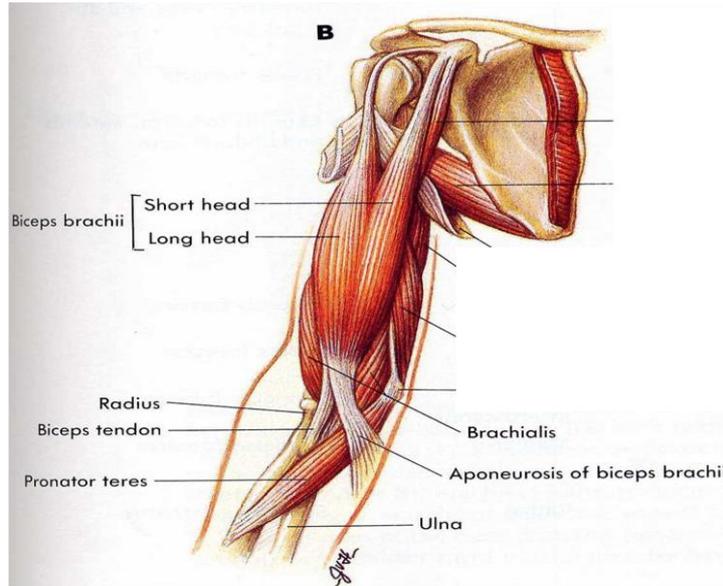


Gambar 11.1. Jenis Otot

2. STRUKTUR OTOT

2.1 Tendon

Hampir semua otot rangka menempel pada tulang. Tendon: jaringan ikat fibrosa (tdk elastis) yang tebal dan berwarna putih yang menghubungkan otot rangka dengan tulang.



Gambar 11.2. Tendon

2.2 Fascia

- Otot rangka merupakan kumpulan *fasciculus* (berkas sel otot berbentuk silindris yang diikat oleh jaringan ikat).
- Seluruh serat otot dihimpun menjadi satu oleh jaringan ikat yang disebut *epimysium (fascia)*.
- Setiap *fasciculus* dipisahkan oleh jar.ikat *perimysium*
- Di dalam *fascicle*, *endomysium* mengelilingi 1 berkas sel otot.
- Di antara *endomysium*& berkas serat otot tersebar sel satelit yang berfungsi dalam perbaikan jaringan otot yang rusak.

2.3 Sarcolemma (membran sel/serat otot)& Sarcoplasma

- Unit struktural jaringan otot ialah serat otot (diameter 0,01-0,1 mm; panjang 1-40 mm).
- Besar dan jumlah jaringan, terutama jaringan elastik, akan meningkat sejalan dengan penambahan usia.
- Setiap 1 serat otot dilapisi oleh jaringan elastik tipis yg disebut *sarcolemma*.
- Protoplasma serat otot yg berisi materi semicair disebut *sarkoplasm A*.
- Di dalam matriks serat otot terbenam unit fungsional otot berdiameter 0,001 mm yg disebut *miofibril*.

2.4 Miofibril (diameter 1-2 μ m)

- Di bawah mikroskop, miofibril akan tampak spt pita gelap dan terang yang bersilangan.
- Pita gelap (*thick filament*) dibentuk oleh miosin.
- Pita terang (*thin filament*) dibentuk oleh aktin, troponin dan tropomiosin).

2.5 Sarkomer

- a. 1 sarkomer tdd: filamen tebal, filamen tipis, protein yg menstabilkan posisi filamen tebal dan tipis, dan protein yang mengatur interaksi antara filamen tebal dan tipis.
- b. Pita gelap (pita/bands A~anisotropic); pita terang (pita/bands I ~isotropic).
- c. Filamen tebal terdapat di tengah sarkomer Pita A, terdiri dari 3 bagian: garis M; zona H; dan zona overlap.
- d. Filamen tebal tdp pada pita I.
- e. garis Z merupakan batas antara 2 sarkomer yang berdekatan dan mengandung *protein Connectins* yang menghubungkan filamen tipis pada sarkomer yang berdekatan.

2.6 Retikulum sarkoplasma

- a. Jejaring kantung dan tubulus yang terorganisir pada jaringan otot.
- b. retikulum endoplasma di sel lain.
- c. Tdd tubulus-tubulus yang sejajar dengan miofibril, yang pada garis Z dan zona H bergabung membentuk kantung (*lateral sac*) yang dekat dengan sistem tubulus transversal (Tubulus T).
- d. Tempat penyimpanan ion Ca^{2+} .
- e. Tubulus T → saluran untuk berpindahnya cairan yang mengandung ion a
- f. Tubulus T dan retikulum sarkoplasma berperan dalam metabolisme, eksitasi, dan kontraksi otot.

3 KOMPOSISI OTOT RANGKA

3.1 Otot merah dan putih

Otot merah → banyak mengandung pigmen pernapasan yaitu *mioglobin*, yang berfungsi membawa oksigen dari kapiler darah (ekstrasel) ke mitokondria (intrasel) ⇒ kapasitas metabolisme oksidatif yang lebih tinggi dgn aktivitas siklus Krebs dan enzim transpor elektron yang kuat. Otot putih → krn kurang mioglobin ⇒ kapasitas glikolisis anaerobik yang tinggi dengan aktivitas enzim glikolisis dan fosforilase yang kuat.

3.2 Ekstraktif

Yaitu zat non-protein yang larut dlm air meliputi kreatinin, kreatinin fosfat, ADP, asam amino, asam laktat, dll. Zat yang memiliki struktur grup fosfat merupakan zat yang 'kaya energi'

3.3 Protein

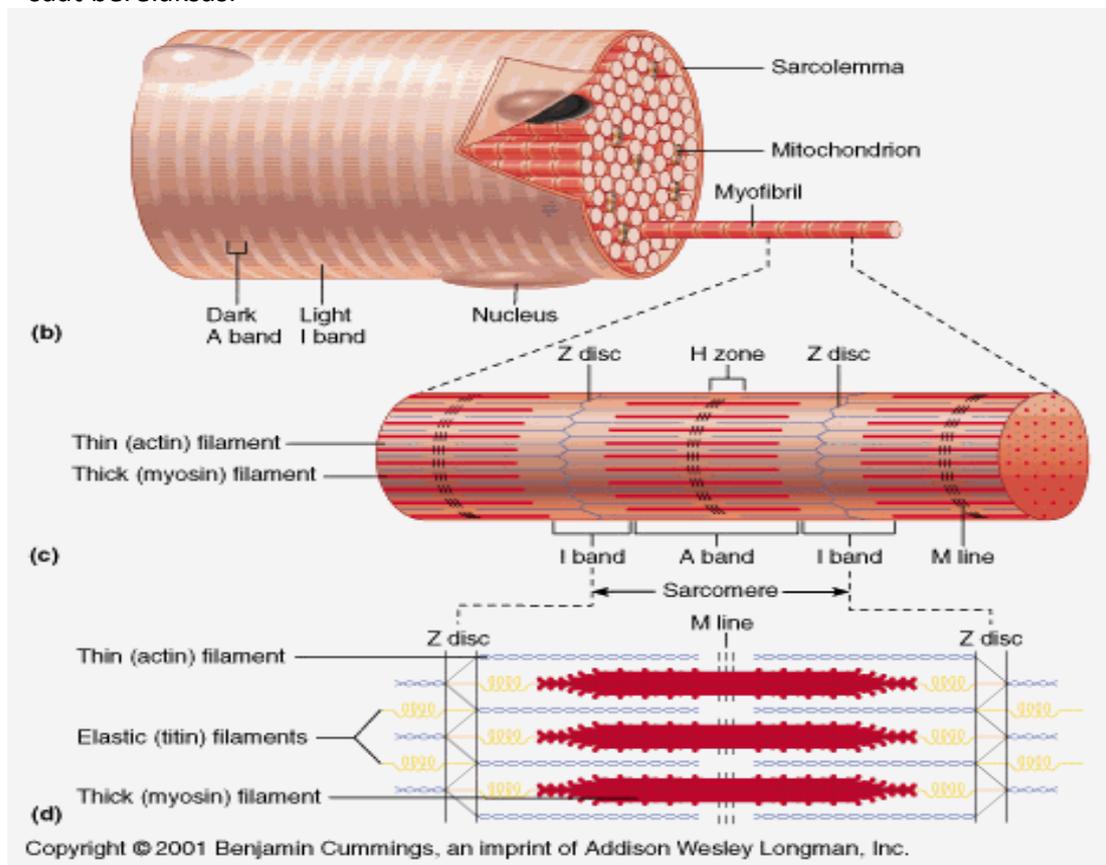
Komponen enzim otot yang mengkatalisis berbagai tahapan pada proses glikolisis merupakan protein sarkoplasmik. Protein lain yang membentuk struktur otot ialah miosin, aktin, troponin, dan tropomiosin.

3.4 Pola pengorganisasian otot rangka

- Parallel muscle.
- Convergent muscle.
- Pennate muscle.
- Circular muscle.

Mekanisme gerakan otot

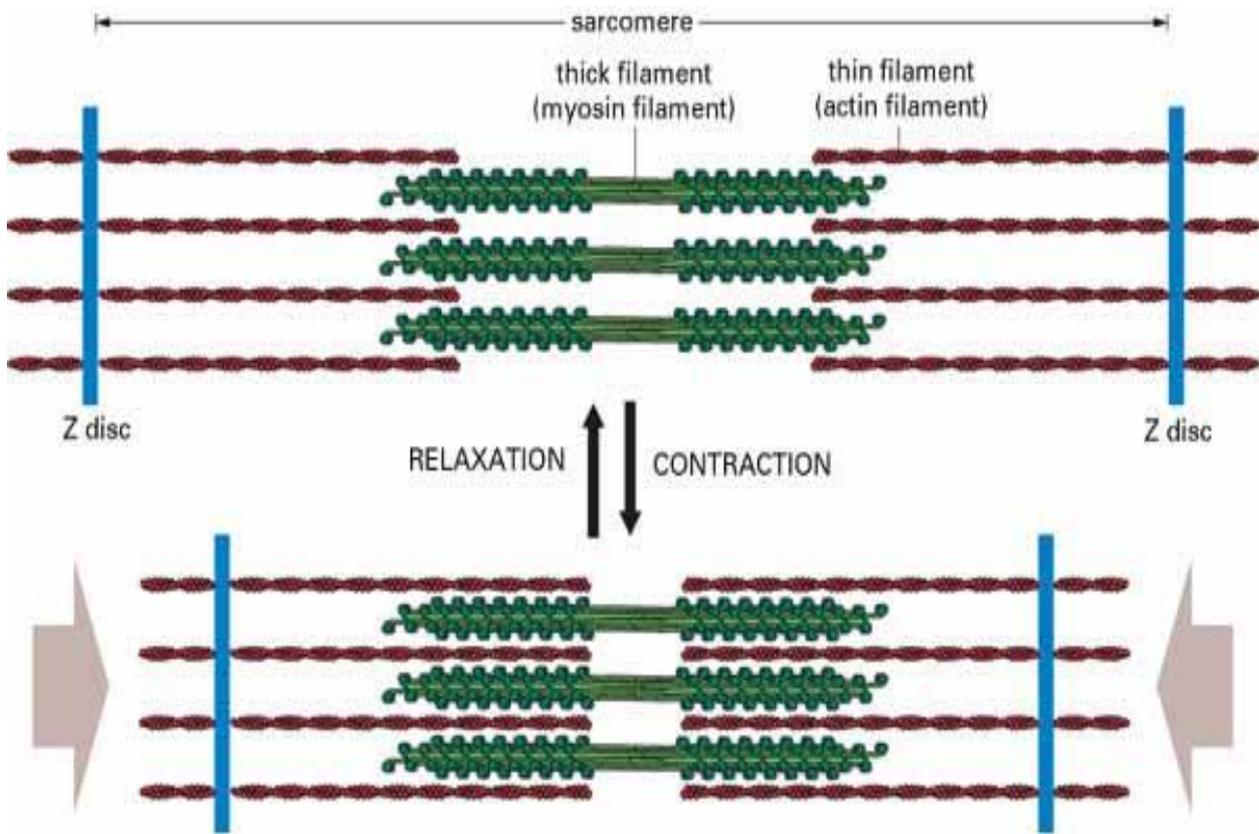
- Otot yang dapat menggerakkan rangka adalah otot yang melekat pada rangka.
- Garis-garis gelap dan terang pada otot rangka adalah **miofibril** yang merupakan sumber kekuatan otot dalam melakukan gerakan kontraksi, karena massa utamanya adalah serabut.
- Setiap miofibril tersusun atas satuan-satuan kontraktile yang disebut **sarkomer**. Garis gelap disebut zona Z sedangkan garis terang disebut zona H.
- Zona Z merupakan bagian tumpang tindih dua molekul protein filamen otot, yaitu **aktin** dan **miosin**. Protein otot yang tersusun atas aktin dan miosin disebut **aktomiosin**. Protein kompleks inilah yang merupakan komponen terbesar dari bahan penyusun otot.
- Pada saat serabut otot berkontraksi terjadilah perubahan panjang zona Z dan zona H. Jika otot berkontraksi maksimum, ukuran otot dapat 20 % lebih pendek dari ukuran saat berelaksasi



Gambar 11.3. Mekanisme Gerakan Otot

Mekanisme Kontraksi Otot

Rangsangan → asetilkolin → terurai menjadi asetil dan kolin → miogen → merangsang aktin dan miosin bergeser → otot akan berkontraksi atau memendek.



Gambar 11.4. Mekanisme Kontraksi Otot

Latihan

Sekarang silakan Anda mengerjakan latihan yang terkait dengan materi otot. Apabila Anda mengalami kesulitan, Anda dapat melihat petunjuk latihan.

- 1) Sebutkan organ-organ atau bagian tubuh yang disusun oleh otot polos!
- 2) Gerakan telapak tangan menengadahkan dan menelungkup termasuk gerakan otot secara antagonis. (jelaskan benar atau salah).
- 3) Berikut perbedaan berdasarkan bentuk antara otot polos, jantung dan lurik. isi sesuai ciri otot.
 - a) Memanjang, silindris, ujungnya tumpul adalah otot
 - b) Memanjang, berbentuk gelendong adalah otot ...
 - c) Memanjang, silindris, bercabang ...

Pada saat lengan bawah lurus, otot trisep relaksasi dan otot bisep kontraksi. Pada saat lengan bawah terangkat, otot bisep relaksasi dan otot trisep kontraksi. (jelaskan singkat).

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Otot polos berada pada hampir semua saluran didalam tubuh, seperti saluran pencernaan, pernapasan, pembuluh darah dll. Berarti semua organ yang berhubungan dengan saluran tersebut tersusun atas otot polos.
- 2) Gerakan menengadahkan dan menelungkup merupakan gerakan otot yang saling berlawanan karena pergerakan otot sebagian relaksasi dan sebagian kontraksi mengikuti arah gerakan ototnya. Gerakan yang saling berlawanan ini disebut antagonis. Hal serupa terjadi pada otot bicep dan tricep pada lengan atas (latihan No.4)
- 3) Pembagian otot berdasarkan cirinya adalah
 - a) Memanjang, silindris, ujungnya tumpul adalah otot polos.
 - b) Memanjang, berbentuk gelendong adalah otot lurik/rangka.
 - c) Memanjang, silindris, bercabang adalah otot jantung.

Ringkasan

Otot merupakan sistem tubuh yang memiliki fungsi seperti untuk alat gerak dan menentukan postur tubuh. Terdiri atas otot polos, otot jantung dan otot rangka. Otot merupakan alat gerak aktif yang mampu menggerakkan tulang, kulit dan rambut setelah mendapat rangsangan. Otot memiliki tiga kemampuan khusus yaitu:

1. Kontraktibilitas : kemampuan untuk berkontraksi/memendek
2. Ekstensibilitas : kemampuan untuk melakukan gerakan kebalikan dari gerakan yang ditimbulkan saat kontraksi
3. Elastisitas : kemampuan otot untuk kembali pada ukuran semula setelah berkontraksi. Saat kembali pada ukuran semula otot disebut dalam keadaan relaksasi.

Jenis otot

1. otot lurik
 - a. Nama lain: otot rangka, otot serat lintang (musculus striated) atau otot involunter.
 - b. Struktur: serabut panjang, berwarna/lurik dengan garis terang dan gelap, memiliki inti dalam jumlah banyak dan terletak dipinggir.
 - c. Kontraksi: menurut kehendak kita (dibawah kendali sistem syaraf pusat), gerakan cepat, kuat, mudah lelah dan tidak beraturan.
 - d. Struktur anatomi dari otot rangka.
2. otot polos
 - a. Nama lain: otot alat-alat dalam/visceral/musculus nonstriated/otot involunter.
 - b. Struktur: bentuk serabut panjang seperti kumparan, dengan ujung runcing, dengan inti berjumlah satu terletak dibagian tengah.
 - c. Kontraksi: tidak menurut kehendak atau diluar kendali sistem saraf pusat, gerakan lambat, ritmis dan tidak mudah lelah.

3. otot jantung
 - a. Nama lain: Myocardium atau musculus cardiata atau otot involunter.
 - b. struktur : Bentuk serabutnya memanjang, silindris, bercabang. Tampak adanya garis terang dan gelap. memiliki satu inti yang terletak di tengah.
 - c. Kontraksi: tidak menurut kehendak, gerakan lambat, ritmis dan tidak mudah lelah.

Tes 3

- 1) Otot lurik memiliki sifat-sifat sebagai berikut, *kecuali*
 - A. berinti banyak
 - B. gerakannya secara sadar
 - C. gerakannya secara tak sadar
 - D. berbentuk silindris
- 2) Otot jantung disebut sebagai otot istimewa, karena
 - A. bentuknya seperti otot polos, bekerjanya secara tak sadar
 - B. bentuknya seperti otot lurik, bekerjanya secara sadar
 - C. bentuknya seperti otot polos, bekerjanya secara sadar
 - D. bentuknya seperti otot lurik, bekerjanya secara tak sadar
- 3) Otot-otot di dalam tubuh kita dapat berkontraksi karena adanya
 - A. cadangan makanan
 - B. ATP
 - C. energi panas
 - D. zat gula
- 4) Ciri-ciri otot yang sedang berkontraksi ialah
 - A. kendur, panjang, besar
 - B. pendek, kecil, kendur
 - C. tegang, pendek, besar
 - D. pendek, kecil, tegang
- 5) Otot-otot yang sering digerakkan atau dilatih akan mengalami
 - A. atrofi
 - B. hipertrofi
 - C. relaksasi
 - D. kekejangan
- 6) Gerakan menelungkup dan menengadahnya telapak tangan merupakan contoh dari kerja otot
 - A. sinergis
 - B. pronator

- C. antagonis
 - D. ekstensor
- 7) Pada sel otot, oksigen diikat oleh
- A. hemoglobin
 - B. mioglobin
 - C. eritrosit
 - D. kalmodulin
- 8) Kerja otot trisep dan bisep terjadi secara
- A. sinergis
 - B. antagonis
 - C. agonis
 - D. Protagonis
- 9) Unit dasar kontraksi otot adalah
- A. myofibril
 - B. miofilamen
 - C. sarkomer
 - D. serabut otot
- 10) Tipe otot yang terdapat pada dinding usus adalah
- A. otot lurik
 - B. otot jantung
 - C. otot polos
 - D. otot rangka

Kunci Jawaban Tes

Tes 1

- 1) E (Pembentukan sel-sel tubuh bukan merupakan fungsi dari tulang. Sel tulang panjang merupakan tempat pembentukan sel darah saja, tidak membentuk sel tubuh).
- 2) B (Terdapat 2 tulang ubun-ubun pada cranium, yaitu ubun-ubun besar dan kecil (fontanel posterior, fontanel anterior).
- 3) B (Tulang yang terdapat di kaki adalah, femur, tibia, fibula, patella, calcaneus, tarsal, meta tarsal, palanges pedis, palanges digiti).
- 4) C (Tulang bagian tangan yang bersebelahan adalah radius dan ulna, sisanya adalah tulang scapula, clavicula, humerus, carpal, meta carpal, palanges).
- 5) A (Tulang Rawan Elastis adalah tulang rawan yang sifatnya lentur dimana matriksnya terdapat serat elastis yang bercabang-cabang. Tulang rawan elatis terdapat pada telinga bagian luar (auricular), epiglotis, larings, dinding tuba auditiva (eustachii)).
- 6) C (Tulang radius dan ulna pada tangan mirip dengan tulang tibia-fibula pada kaki secara struktur).
- 7) E (Sel-sel tulang rawan, mengeluarkan matriks yang disebut **kondrin**. Matriks menyebabkan tulang rawan bersifat lentur, lincin dan kuat. Sel-sel tulang rawan disebut kondrosit. Sedangkan sel tulang keras disebut osteosit).
- 8) C (Tulang yang termasuk ke dalam tulang pipih, antara lain tulang rusuk, tulang dada, tulang panggul, tulang belikat dan tulang tengkorak kepala. Pelvis adalah nama lain dari panggul, sehingga tulang panggul masuk ke daam jenis tulang pipih).
- 9) E (Sepertihal nya tulang panggul, tulang tengkorak juga termasuk ke daam jenis tulang pipih).
- 10) C (Kelainan bentuk tulang belakang ada 3 jenis yaitu
 - lordosis: kelengkungan tulang belakang yang abnormal ke arah belakang
 - Skoliosis: kelengkungan tulang belakang yang abnormal ke arah samping
 - kifosis: kelengkungan tulang belakang yang abnormal ke arah depan/bongkok)

Tes 2

- 1) D (Sendi adalah yang menghubungkan antara tulang satu dengan tulang lainnya, sedangkan kolagen adalah zat pengikat yang umum ada pada jaringan ikat).
- 2) D (Sendi peluru dapat bergerak ke segala arah karena salah satu tulang berbentuk bonggol yang masuk ke dalam tulang lain, contohnya hubungan antar tulang gelang bahu dan tulang lengan atas serta antara gelang panggul dan tulang paha).
- 3) A (Tulang tengkorak tidak dapat bergerak-gerak karena ikatan antar tulangnya sangat kuat sehingga tulang tengkorak masuk ke daam sendi mati).
- 4) D (Hubungan antara tulang bahu dan lengan atas adalah sendi peluru, hal ini memungkinkan lengan untuk bergerak bebas ke segala arah).

- 5) C (Supinasi adalah gerak menengadahkan atau membuka telapak tangan. Pronasi merupakan gerak menelungkupkan atau membalik telapak tangan. Otot yang berperan pada gerak ini adalah supinator dan pronator).
- 6) D (Sendi engsel/pelana adalah sendi yang memungkinkan salah satu tulang dapat bergerak ke dua arah, contohnya: sendi siku, lutut, dan ruas antar jari).
- 7) C (Sendi Mati/Sinartrosis adalah hubungan antar tulang yang tidak dapat digerakkan, contohnya hubungan pada tulang tengkorak.
Sendi Kaku/Amfiartrosis adalah hubungan antar tulang yang dapat digerakkan, tetapi gerakannya terbatas, contohnya hubungan pada tulang pergelangan tangan, pergelangan kaki, hubungan tulang rusuk dan tulang dada, serta ruas-ruas tulang belakang.
Sendi Gerak/Diartrosis adalah hubungan antar tulang yang memungkinkan gerakan tulang secara bebas. Contoh sendi gerak yaitu: sendi engsel, peluru, geser, putar).
- 8) A (Seperti halnya siku, ruas jari memiliki sendi pelana/engsel yaitu sendi yang memungkinkan salah satu tulang dapat bergerak ke dua arah).
- 9) A (Tengkorak memiliki sendi yang tidak dapat bergerak, karena itu sendi pada tengkorak disebut sendi mati).
- 10) B (Kapsul Sendi, berfungsi untuk menghubungkan dua tulang pada sendi tersebut, merupakan bagian berserabut yang melapisi sendi dan memiliki rongga di dalamnya).

Tes 2

- 1) B (Sifat otot lurik adalah menurut kehendak kita (dibawah kendali sistem syaraf pusat), gerakan cepat, kuat, mudah lelah dan tidak beraturan).
- 2) D (Otot jantung merupakan otot istimewa karena memiliki kedua sifat otot lurik dan polos, yaitu struktur mengikuti otot lurik akan tetapi bekerja secara tidak sadar/otonom).
- 3) B (Kontraksi memerlukan energy dan oksigen, energy yang digunakan oleh otot adalah ATP/adenosis tri phosfat yang didapatkan dari proses oksidasi biologis dan metabolisme karbohidrat, protein dan lemak).
- 4) C (Pada saat berkontraksi, maka ukuran otot akan memendek, membesar dan tegang)
- 5) B (Otot yang sering dilatih akan mengalami peningkatan kemampuan dan ukuran sel ototnya sehingga secara fisik ukurannya akan membesar atau istilahnya hipertrofi)
- 6) D (*Otot pronator*: otot yang menyebabkan gerakan pronasi (memutar kebawah) misalnya : *m pronator kwadratus* memutar telapak tangan sehingga tertelungkup yang selalu bekerja sama secara sinergis dengan *m pronator*).
- 7) B (Mioglobin terjadi sebagai protein monomer dimana globin berada disekitarnya heme. Bertindak sebagai pembawa sekunder oksigen dalam jaringan otot. Ketika sel-sel otot akan beraksi, mereka membutuhkan sejumlah besar oksigen. Sel-sel otot menggunakan protein ini untuk mempercepat difusi oksigen dan mengambil oksigen untuk waktu respirasi intens. Struktur tersier mioglobin mirip dengan struktur protein globul yang larut air).

- 8) B (Otot bisep dan trisep bekerja secara antagonis/berlawanan, artinya bila bisep berkontraaksi maka trisep relaksasi begitu pula sebaliknya. kedua otot tersebut berperan pada pergerakan terutama fleksi dan ekstensi).
- 9) C (Sebuah sarkomer adalah unit fungsional dasar dari otot lurik, atau dengan kata lain, sarkomer adalah bahan bangunan dasar dari sebagian besar sel-sel otot. Dalam tubuh manusia, setiap otot terdiri dari beberapa bundel serat otot. Serat otot ini, pada gilirannya, terdiri dari banyak helai halus yang disebut miofibril. Miofibril biasanya tidak nampak jelas kecuali dilihat di bawah mikroskop elektron, tetapi masing-masing miofibril terutama terdiri dari dua jenis filamen, disebut “tebal” dan “tipis”, dan masing-masing diatur dalam pengulangan sub-unit teratur. Setiap sub unit secara individual dikenal sebagai sarkomer, itu adalah pengaturan mereka berpola yang memberikan penampilan karakteristik otot lurik berpita).
- 10) C (Dinding usus terdiri dari otot polos. otot polos berada di sebagian besar saluran dan pembuluh darah. otot polos pada dinding usus berfungsi untuk membantu dalam pencernaan makanan dan juga pergerakan makanan dari satu organ ke yang lain dalam sistem pencernaan).

Daftar Pustaka

- Neil A. Campbell, Lawrance G. Mitchell dan Jane B. Recee. 2005. *Biologi Umum Edisi kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Renni, Diastuti. 2005. *Biologi Umum*. Surabaya: Pustaka Ilmu.
- Sistem rangka. 2012. *Kelainan sistem rangka*. <http://GuruNgeblok.com>
- Sistem rangka. 2012. *jaringan tulang*. <http://Wikipedia.com>
- Villee. 2005. *Zoologi Dasar*. Jakarta: Erlangga.
- Suratun, dkk. 2008. *Klien Gangguan Sistem Muskuloskeletal*. Jakarta: EGC.
- Davies, Kim. 2007. *Buku Pintar Nyeri Tulang dan Otot*. Jakarta: Erlangga.

BAB XII

STRUKTUR DAN FUNGSI SENSORIK

Washudi

PENDAHULUAN

Salam hangat dan bahagia selalu, semoga Tuhan yang Maha Esa senantiasa memberikan kekuatan dan perlindungan serta keselamatan kepada kita semua, aamiin. Selamat bertemu kembali pada Bab 12 ini, saya sampaikan selamat kepada Anda yang telah menyelesaikan Bab 11 yang membahas tentang sistem muskuloskeletal. Bab 12 ini merupakan kelanjutan tentang sistem pada manusia yaitu Sistem Sensorik.

Manusia dapat mengetahui keadaan luar melalui alat indera. Masuknya rangsang atau impuls saraf ke dalam tubuh melalui sensor yang disebut indra. Impuls yang dapat diterima oleh indra tersebut dapat berupa panas, tekanan, cahaya, rangsang kimia, atau gelombang suara. Manusia memiliki alat indera berupa mata (penglihatan), telinga (pendengaran), hidung (pencium), lidah (pengecap), dan kulit (peraba). Pada Bab kali ini kita akan membahas mengenai struktur dan fungsi ke lima indra tersebut.

Bab ini dikemas dalam tiga Topik yang disusun dengan urutan sebagai berikut:

Topik 1: Struktur & Fungsi Penglihatan

Topik 2: Struktur & Fungsi Pendengaran dan Penciuman

Topik 3: Struktur & Fungsi Pengecapan dan Peraba (Kulit)

Setelah mempelajari Bab 12 ini, peserta didik diharapkan mampu menjelaskan Struktur & Fungsi Penglihatan, Pendengaran, Penciuman, Pengecapan, dan Peraba. Untuk memudahkan Anda agar dapat mengikuti proses pembelajaran dengan baik dalam Bab ini, maka peserta didik sebaiknya mengikuti langkah-langkah belajar sebagai berikut:

1. Pahami dahulu pengetahuan dasar tentang sel, sel saraf, sistem saraf.
2. Pelajari dahulu Topik sebelumnya secara berurutan.
3. Baca dengan seksama materi yang disampaikan dan buatlah ringkasan materi yang dibahas.
4. Untuk mempelajari Bab ini, Anda membutuhkan waktu sekitar 30 menit untuk setiap Topik, berarti Anda diharapkan dapat meluangkan waktu sebanyak 90 menit.
5. Keberhasilan proses pembelajaran jarak jauh yang Anda jalani saat ini sangat tergantung pada kesungguhan Saudara dalam belajar dan mengerjakan latihan/tugas terkait materi yang dibahas.
6. Guna mempertahankan motivasi Saudara silahkan belajar berkelompok dengan teman sejawat.

✂ ■ Biomedik Dasar ✂ ■

Baiklah Saudara peserta didik pembelajaran jarak jauh, selamat belajar semoga Anda sukses memahami pengetahuan yang diuraikan dalam mata kuliah ini untuk meningkatkan kemampuan Saudara dalam melayani masyarakat di tempat Saudara bekerja dengan baik.

Topik 1

Struktur dan Fungsi Penglihatan

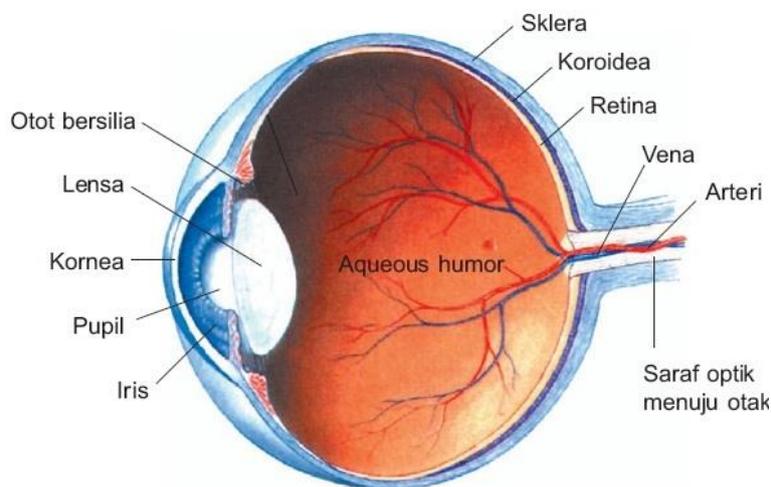
Setelah menyelesaikan Unit Topik 1 dalam Bab 12 ini, peserta didik diharapkan mampu menjelaskan tentang Struktur dan fungsi Indera Penglihatan sebagai landasan dalam melaksanakan Asuhan Keperawatan.

Setelah menyelesaikan Topik 1, diharapkan Anda dapat:

1. Menjelaskan Struktur organ penglihatan.
2. Menjelaskan Fungsi mata.
3. Menjelaskan Proses penglihatan.

Setelah memahami tujuan yang harus dicapai, mari kita mulai pembelajaran Bab 12 ini diawali dengan Struktur Indera Penglihatan.

Indera Penglihatan pada Manusia (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 12.1. untuk mengetahui bagian-bagian bola mata.



Sumber: *Biology, Raven dan Johnson*

Gambar 12.1. Struktur Bola Mata

Mata terdiri atas beberapa bagian. Bagian-bagian mata dan fungsinya dijelaskan dalam Tabel 12.1. berikut.

Tabel 12.1. Bagian-Bagian Mata dan Fungsinya

Bagian Mata			Fungsi
a.	Sklera	: pembungkus lapisan luar	• Melindungi bola mata dari kerusakan mekanis dan memungkinkan melototnya otot mata
b.	Kornea	: selaput bening tembus pandang pada bagian depan sclera	• Penerima rangsang cahaya • Mereaksikan cahaya
c.	Koroidea	: lapisan tengah di antara sklera dan retina berupa selaput darah (kecuali di bagian depan)	• Penyedia makan bagi bagian mata yang lain
d.	Iris (selaput pelangi)	: selaput berwarna (mengandung pigmen melanin) merupakan bagian depan koroidea	• Melindungi refleksi cahaya dalam mata • Mengendalikan kerja pupil
e.	Pupil	: berupa lubang yang dibatasi oleh iris	• Mengatur banyak sedikit cahaya yang diperlukan mata
f.	Lensa	: berupa lensa bikonveks	• Membiaskan dan memfokuskan cahaya agar bayangan benda tepat jatuh pada retina mata
g.	Aqueous humor	: berupa cairan encer	• Menjaga bentuk kantong depan bola mata
h.	Vitreous humor	: berupa cairan bening dan kental selaput jala	• Meneruskan rangsang ke bagian mata memperkukuh bola mata
i.	Retina	:	• Menerima bayangan dan untuk melihat benda
j.	Fovea (bintik kuning)	: berupa bagian yang mengandung sel-sel kerucut	• Sebagai tempat bayangan jatuh pada daerah retina
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

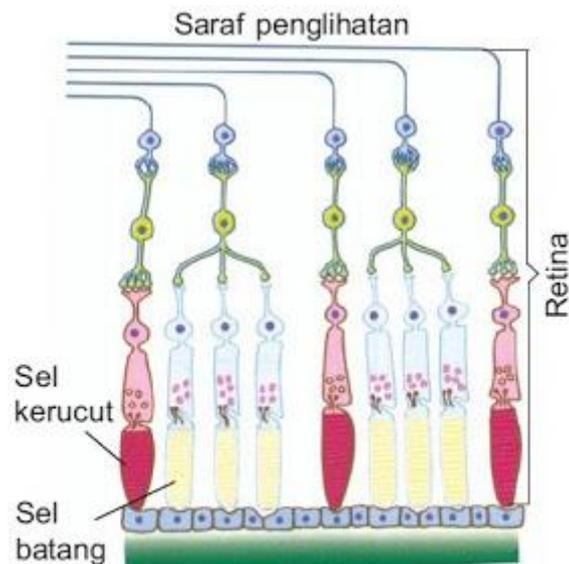
Rangsang yang diterima indra penglihat (mata) berupa cahaya. Cahaya yang masuk melalui kornea akan diteruskan seperti berikut:

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.

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.



Sumber: *New Understanding Biology For Advanced Level*, Glenn dan Susan Toole

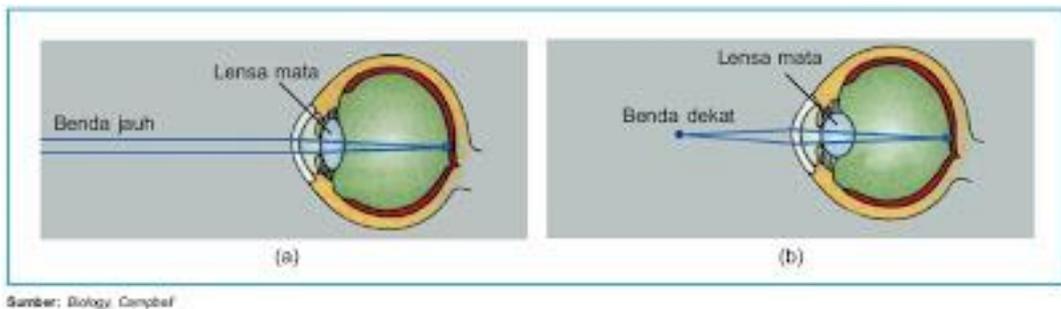
Gambar 12.2. Sel Kerucut dan Sel Batang Pada Mata

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.

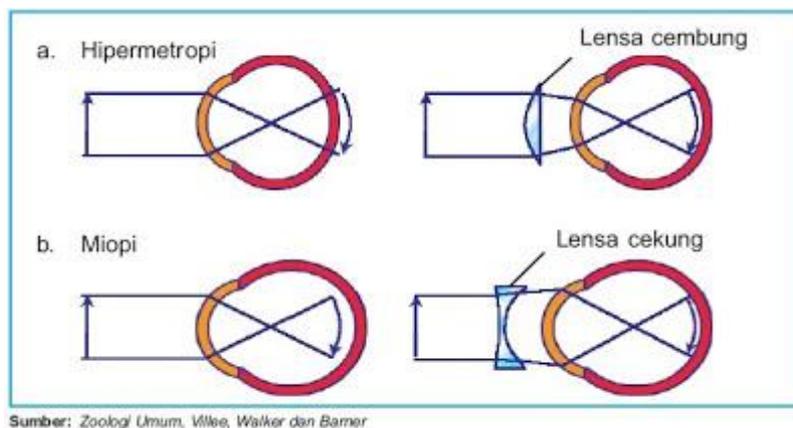
Selain harus ada cahaya, syarat agar mata dapat melihat dengan baik yaitu mata harus dalam keadaan normal. Mata normal (emetropi) yaitu mata yang dapat berakomodasi dengan baik. Titik terjauh (punctum remotum) berada pada jarak sejauhjauhnya. Titik terdekat (punctum proximum) berada pada jarak baca ideal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



Gambar 12.3. 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.



Gambar12.4. 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. LENSAMATA = LENSAMATA

Bagian-bagian, fungsi, dan proses yang terdapat pada kamera dibuat seperti mata manusia. Akan tetapi, 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)

Latihan

- 1) Cobalah Anda membaca buku dengan jarak normal (25-30cm). Kemudian jauhkan jaraknya (>30cm) dan baca kembali bukunya. Kemudian dekatkan (<25cm) dan coba membaca kembali.
 - a) pada jarak berapa Anda dapat membaca dengan nyaman.
 - b) pada saat dijauhkan apa yang Anda rasakan, apa yang terjadi dengan proses penglihatan?
 - c) pada saat didekatkan apa yang Anda rasakan, apa yang terjadi dengan proses penglihatan?
- 2) Masuklah pada ruang gelap, berapa lama waktu yang diperlukan untuk dapat melihat sesuatu? sel apa yang bekerja?

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Lensa mata memiliki daya akomodasi untuk menyesuaikan etak bayangan benda agar jatuh tepat di titik buta. Apabila akomodasi terlalu maksimal, lensa akan berkontraksi maksimal dan akibatnya cepat lelah. apabila akomodasi minimal maka lensa akan relaksasi/kontraksi minimal dan tidak akan mudah lelah namun akan tidak jelas melihat benda. maka ada jarak ideal untuk melihat benda.
- 2) Mata memiliki pupil untuk mengatur banyaknya cahaya yang masuk, akan tetapi warna yang ditangkap akan diinterpretasikan oleh sel batang dan sel kerucut. Sel kerucut akan menangkap frekuensi warna, sedangkan sel batang akan menangkap gelap dan terang. Untuk menyesuaikan antara gelap dan terang, sel batang memerlukan waktu. barulah setelah sel batang beradaptasi, sel kerucut akan menangkap warna.

Ringkasan

Mata merupakan organ yang berperan dalam indera penglihatan. Mata terdiri dari 2 buah yang akan bekerjasama membentuk bayangan sehingga kita dapat melihat benda disekitar kita dengan adanya cahaya.

1. Mata terdiri dari:
 - a. Otot Mata.
 - b. Bola Mata.
 - c. Saraf Mata.
2. Alat tambahan mata yaitu:
 - a. Alis Mata berfungsi untuk melindungi mata dari keringat.
 - b. Kelopak Mata melindungi mata dari benturan dan lingkungan luar mata.
 - c. Bulu Mata melindungi mata dari cahaya yang kuat, debu dan kotoran.

Semua bagian mata mempunyai fungsi masing-masing yang akan mendukung dalam proses penglihatan yang apabila terganggu maka proses penglihatan pun akan terganggu.

Tes 1

- 1) Sel yang berperan untuk penglihatan dalam gelap adalah
 - A. Sel kerucut
 - B. Sel konus
 - C. Sel batang
 - D. Sel granulose
 - E. Sel fibroblast
- 2) Bagian dari lapisan retina yang dilalui berkas saraf dan tidak peka terhadap sinar adalah
 - A. Sclera
 - B. Koroid
 - C. Bintik buta
 - D. Bintik kuning
 - E. Fovea
- 3) Mata dapat menangkap gambar benda karena benda tersebut
 - A. Memantulkan cahaya
 - B. Nyata
 - C. Besar bentuknya
 - D. Berwarna
 - E. Benda padat
- 4) Cara untuk mengamati adanya reflex pupil ialah dengan mengamati
 - A. Perubahan warna pupil
 - B. Perubahan diameter pupil

- C. Perubahan diameter lensa mata
 - D. Perubahan aktivitas berkedip oleh mata
 - E. Perubahan warna iris pada mata
- 5) Jika ada benda asing masuk ke mata, maka reflek yang timbul adalah
- A. Reflek cahaya
 - B. Reflek mengedip
 - C. Reflek bola mata
 - D. Reflek pupil
 - E. Reflek lensa
- 6) Bagian mata yang paling peka terhadap cahaya adalah
- A. Retina
 - B. Fovea
 - C. Pupil
 - D. Iris
 - E. Kornea
- 7) Kelainan presbiopia pada mata dapat di bantu dengan lensa
- A. Cembung
 - B. Cekung
 - C. Silindris
 - D. Rangkap
 - E. Tunggal
- 8) Syaraf mata berperan untuk
- A. Mengolah bayangan ke sistem saraf
 - B. Membentuk cahaya datang
 - C. Membentuk benda
 - D. Membentuk bayangan
 - E. Menghubungkan mata kiri dan kanan
- 9) Kelenjar air mata terletak di
- A. Kornea
 - B. Kelopak mata
 - C. Sudut mata
 - D. Lensa mata
 - E. Dalam mata
- 10) Daya akomodasi lensa mata adalah
- A. Kemampuan lensa mata untuk memipih dan mencembung
 - B. Kemampuan lensa mata bergerak maju atau mundur
 - C. Kemampuan lensa mata membesar atau mengecil
 - D. Kemampuan lensa mata untuk memipih
 - E. Kemampuan lensa mata untuk melihat benda

Topik 2

Struktur dan Fungsi Pendengaran dan Penciuman

Setelah menyelesaikan Unit Topik 2 dalam Bab 12 ini, peserta didik diharapkan mampu menjelaskan tentang Struktur dan fungsi Indera Pendengaran dan Penciuman sebagai landasan dalam melaksanakan Asuhan Keperawatan

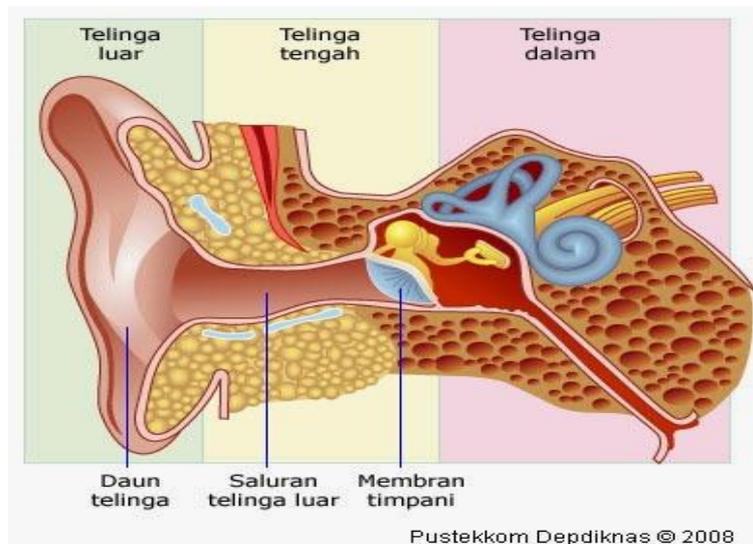
Setelah menyelesaikan Topik 1, diharapkan Anda dapat:

1. Menjelaskan Struktur telinga dan hidung.
2. Menjelaskan Fungsi pendengaran dan penciuman.
3. Menjelaskan Proses pendengaran dan penciuman.

Baiklah, semoga lancar dalam mempelajari materi di Topik 2 ini. Mari kita mulai dengan siste pendengaran.

A. PENDENGARAN

Telinga merupakan indra pendengaran, terbagi atas beberapa bagian seperti: telinga luar, tengah, dan dalam.



Gambar 12.1. 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 12.2. 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 :

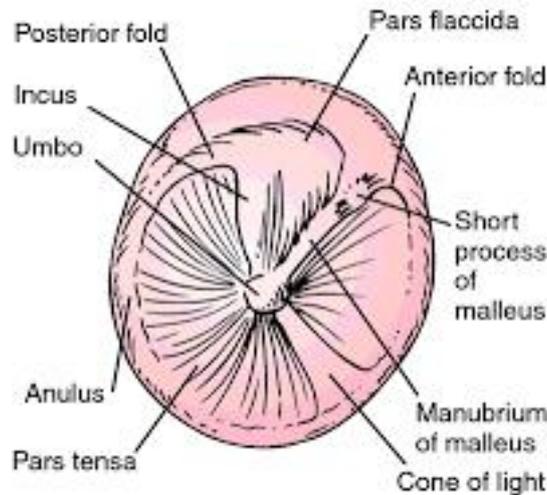
- tengah : terdiri dari serat kolagen dan sedikit serat elastin

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 12.3. 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

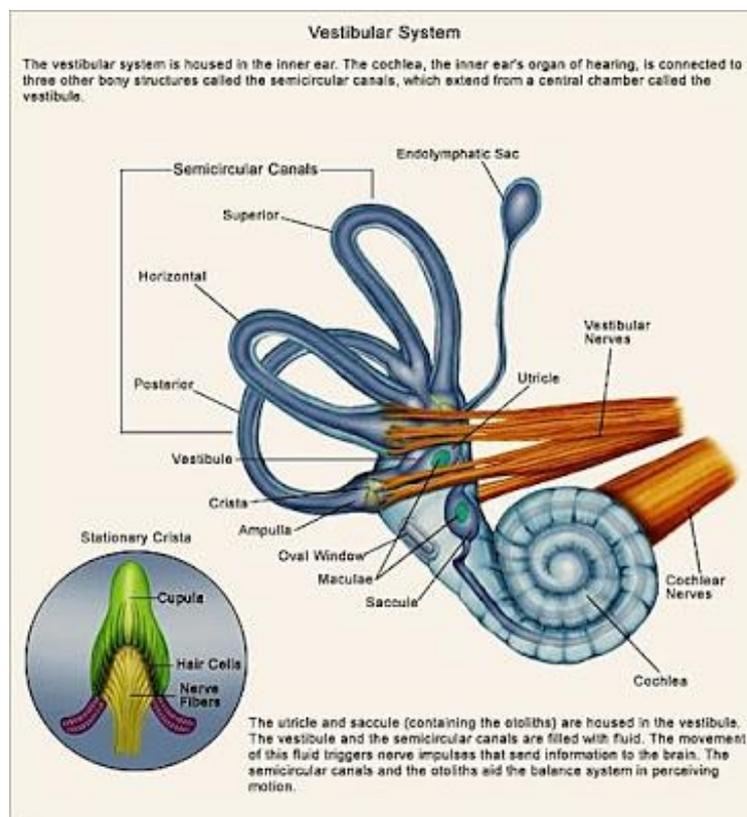
3. Telinga dalam => berisi cairan dan terletak dalam tulang temporal

Terdiri dari

a. Labirin

Terdiri dari:

- 1) Labirin tulang => ruang berlubuk 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
 - c) S. semisirkular anterior (superior) dan posterior mengarah pada bidang vertikal di setiap sudut kanannya.
 - d) S. semisirkular lateral => terletak horizontal



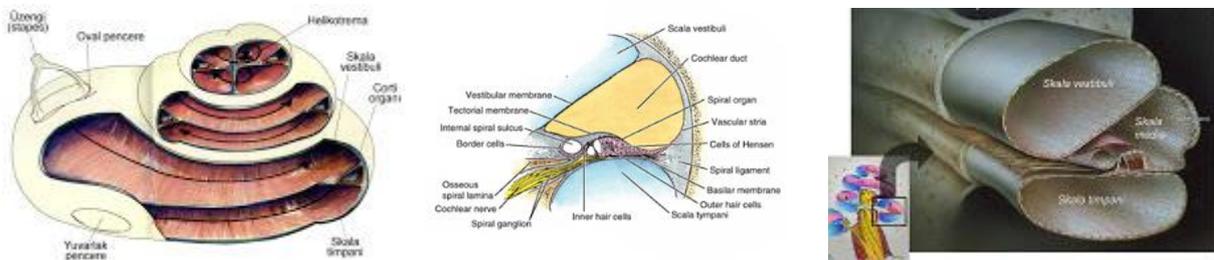
Gambar 12.4. Koklea (rumah Siput)

- 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:
- b) duktus koklear (skala medial) => bagian labirin membranosa yang terhubung ke sakulus, berisi cairan endolimfe

- c) 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.
 - h. membran reissner (membran vestibuler) => pisahkan skala media dari skala vestibuli yang berhubungan dengan fenestra vestibuli.
 - i. membran basilar => pisahkan skala media dengan skala timpani, berhubungan dengan fenestra koklear.
 - j. 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.
- 2) 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 (utrrikulus 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.

b. Nervus

- 1) Nervus vestibular.
- 2) Nervus koklear.



Gambar 12.6. Labirin/Cochlea

B. EKUILIBRIUM DAN APARATUS VESTIBULAR

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

1. 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).
 - Aktivitas reseptor ditransmisikan ke ujung saraf vestibular (CN VIII) yang melilit di sekeliling dasar sel rambut.
2. 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).

C. FISILOGI PENDENGARAN

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

D. 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.



Gambar 12.7. 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

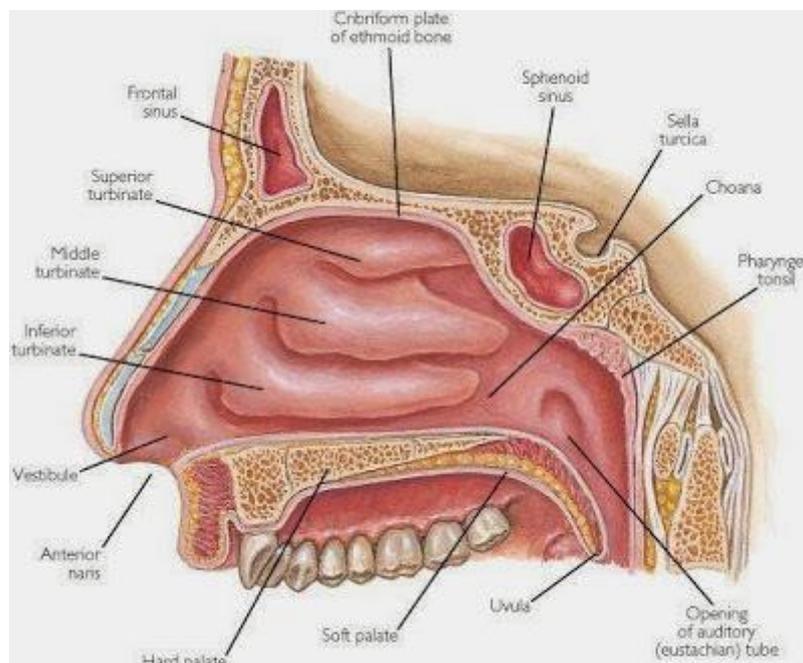
kumpulan tulang rawan, yang lentur, sehingga harus dilindungi. Tulang rawan juga memiliki nama lain kartilago.

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 12.8. Bagian Hidung

8. Fungsi hidung sebagai penghangat udara

Apakah Anda pernah pergi mendaki ke gunung yang dingin, dan Anda tetap dapat bernafas tanpa terganggu? Ya, ini terjadi karena pembuluh kapiler dalam hidung yang berada pada daerah sekitar 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.

Latihan

- 1) Coba dengarkan suara ketukan tembok, kemudian dengarkan suara ketukan di tembok dengan menempelkan telinga langsung ke tembok. Mana yang lebih jelas, mengapa demikian?
- 2) Coba cium beberapa jenis bau-bauan seperti parfum, berapa bau jenis parfum yang dapat Anda hirup, mengapa demikian.

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Perambatan melalui benda padat akan lebih mudah dan cepat bila dibandingkan dengan melalui udara, karena benda padat memiliki molekul yang berdekatan sehingga lebih mudah merambatkan getaran.
- 2) Hidung tidak bisa mencium bau-bauan banyak sekaligus karena ada ambang rangsan dan perlu waktu untuk adaptasi. Jika terlalu banyak aroma yang masuk ke dalam hidung, maka reseptor akan menerima semua dalam waktu yang sama dan jadinya malah kita tidak dapat menentukan ini aroma apa.

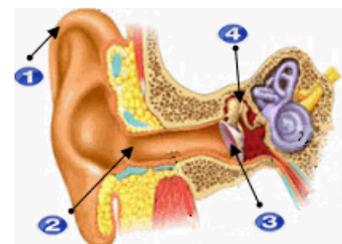
Ringkasan

Indra pendengaran dan penciuman bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing dan diatur oleh susunan saraf pusat. Indra pendengaran selain menangkap suara juga berfungsi sebagai pusat keseimbangan dan posisi tubuh. Indra penciuman akan menangkap stimulus berupa bau-bauan yang terdiri dari beribu-ribu stimulus. Kerja indra penciuman dapat dipengaruhi oleh aliran udara dan organ hidung. Apabila aliran udara tidak lancar, maka bau-bauan tidak akan masuk dan ditangkap oleh sensorik penghidu. begitu pula jika sedang terjadi gangguan kesehatan di hidung maka proses penciuman akan terganggu.

Tes 2

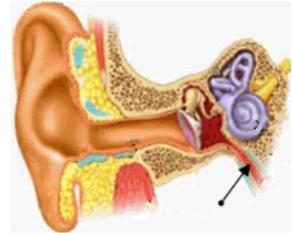
- 1) Perhatikan gambar bagian-bagian telinga di samping !
Bagian telinga yang berfungsi menerima getaran bunyi yang ditangkap daun telinga dan kemudian meneruskannya ke tulang-tulang pendengaran ditunjukkan oleh nomor

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



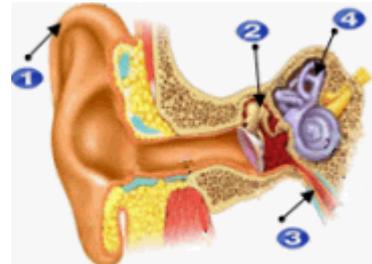
- 2) Fungsi bagian alat indera yang diberi tanda panah seperti pada gambar di samping yaitu

- A. mengendalikan keseimbangan tubuh
- B. menangkap gelombang bunyi yang masuk
- C. memperkuat getaran dan menghasilkan bunyi
- D. menghubungkan mulut dengan telinga tengah



- 3) Pada gambar di samping bagian yang ditunjukkan oleh nomor 4 berfungsi untuk

- A. menerima rangsang bunyi
- B. menangkap dan mengumpulkan gelombang bunyi
- C. mengendalikan keseimbangan tubuh
- D. menghubungkan rongga mulut dengan telinga tengah



- 4) Organ keseimbangan yang terdapat di telinga dalam terdiri dari

- A. Tulang martil, tulang landasan, tulang sanggurdi
- B. Pembuluh Eustachius dan membran timpani
- C. Membrane timpani dan koklea
- D. Saluran setengah lingkaran, sakulus dan utrikulu

- 5) Syaraf keseimbangan terletak pada rongga telinga bagian

- A. Koklea
- B. Vestibula
- C. Membran timpani
- D. Tulang martil

- 6) Hidung kita mempunyai rambut hidung yang berfungsi untuk

- A. bernapas
- B. mencium bau
- C. mencegah penyakit
- D. menyaring kotoran

- 7) Empat bau dasar yang dapat dicium oleh hidung adalah

- A. Wangi, asam, anyir, dan busuk
- B. Pedas, pahit, busuk, dan segar
- C. Wangi, segar, pedas, dan busuk
- D. Anyir, getir, harum, dan busuk

- 8) Hidung adalah alat indra yang peka terhadap

- A. Getaran benda
- B. Cahaya
- C. Perubahan suhu
- D. Gas

Topik 3

Struktur dan Fungsi Pengecapan dan Peraba (Kulit)

Akhirnya, kita sampai pada topik terakhir pada Bab ini. Selamat kepada Anda yang telah sampai kesini karena sudah menyelesaikan 2 Topik sebelumnya. Pada Topik 3 ini akan dibahas mengenai fungsi Pengecapan dan Peraba yaitu lidah dan kulit.

Setelah menyelesaikan Unit Topik 3 dalam Bab 12 ini, peserta didik diharapkan mampu menjelaskan tentang Struktur dan fungsi pengecapan dan peraba (lidah dan kulit) sebagai landasan dalam melaksanakan Asuhan Keperawatan.

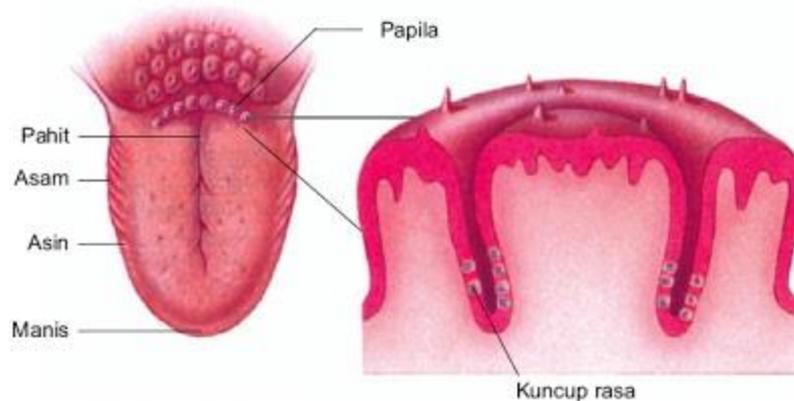
Setelah menyelesaikan Topik 3, diharapkan Anda dapat:

1. Menjelaskan pengertian indra pengecapan dan peraba.
2. Menjelaskan struktur lidah dan kulit.
3. Menjelaskan fungsi lidah dan kulit.
4. Menjelaskan proses pengecapan rasa dan sensasi raba.

Untuk lebih jelasnya, mari kita langsung masuk ke dalam pembahasan tentang pengecapan dan peraba.

A. PENGECAPAN

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 indra penciuman. Bagaimana hubungan indra penciuman dengan indra pengecap? Pada bagian ini, Anda akan mempelajari lebih lanjut mengenai indra pengecap. Rangsang yang diterima indra 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.



Sumber: *Biology, Raven dan Johnson*

Gambar 12.1. 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

Bagaimana Citra Rasa Cabai ?

Rasa pedas lada dan cabai tidak mempunyai cita rasa yang jelas. Makanan tersebut dapat dikecap karena mengiritasi permukaan lidah, sehingga ada sensasi seperti terbakar. (Sumber: Biologi, Kimball)

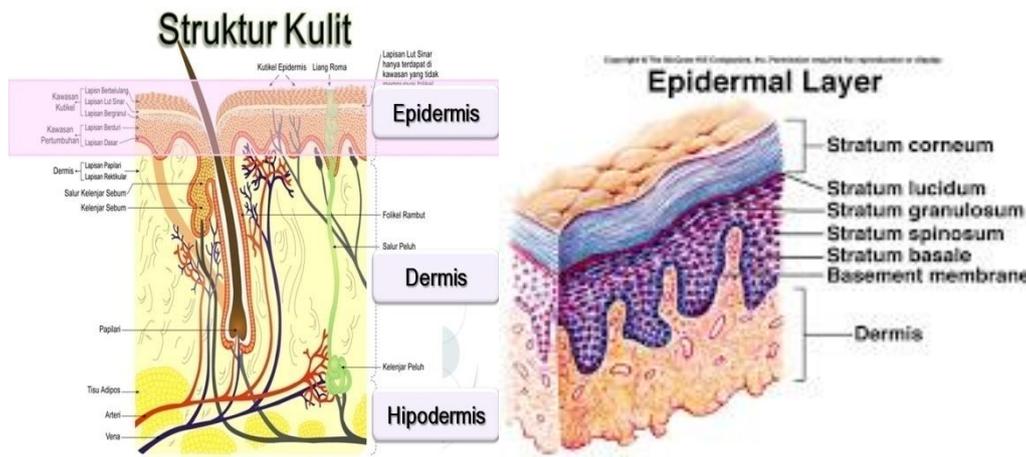
B. PERABA (KULIT)

1. ANATOMI KULIT

Kulit merupakan pembatas tubuh dengan lingkungan sekitar karena posisinya yang terletak di bagian paling luar. Luas kulit dewasa 1,5 m² dengan berat kira-kira 15% berat badan.

Klasifikasi berdasar:

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



Gambar 12.2. Struktur kulit

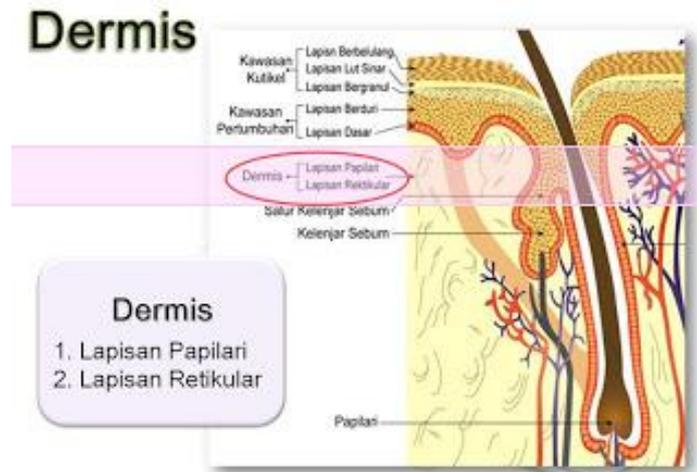
2. Anatomi kulit secara histopatologik

a. Lapisan Epidermis (kutikel)

Klik gambar untuk perbesar

- 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).

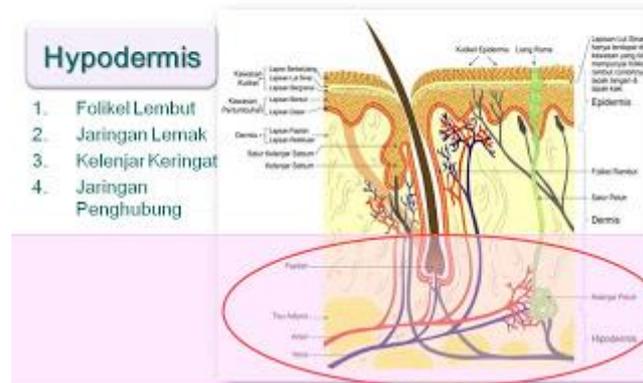
- b. Lapisan Dermis (korium, kutis vera, *true skin*) => terdiri dari lapisan elastik dan fibrosa pada dengan elemen-elemen selular dan folikel rambut.



Gambar 12.3. 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 12.4. 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.

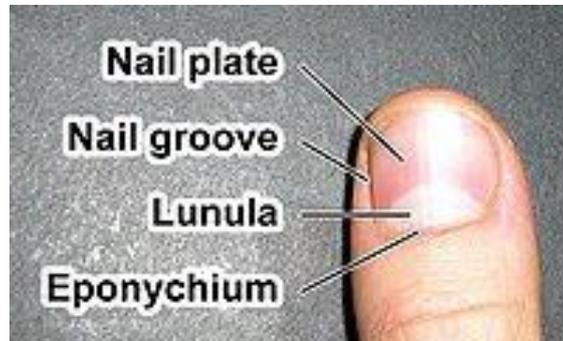
Dipengaruhi oleh saraf adrenergik, terdapat di aksila, aerola mammae, pubis, labia minora, saluran telinga. Fungsinya belum diketahui, waktu lahir ukurannya kecil, saat dewasa menjadi lebih besar dan mengeluarkan secret

2) Kelenjar Palit (glandula sebacea)

Terletak di seluruh permukaan kulit manusia kecuali telapak tangan dan kaki. Disebut juga dengan kelenjar holokrin karena tidak berlumen 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 (invulsi 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.

C. 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 O₂, CO₂, 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 ekstrasvasasi 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.

Latihan

- 1) Siapkan makanan yang memiliki rasa pedas, asin, asam, manis, pahit. Setelah itu, minta rekan Anda untuk menutup matanya, kemudian dengan menggunakan kapas lidi berikan makanan tadi dengan di teteskan ke-5 area lidah. kemudian tanyakan apa rasanya dan dibagian mana rasa itu paling dominan. coba satu persatu rasa.
- 2) Coba siapkan beberapa benda yang dingin, panas, kasar, halus. Setelah itu minta rekan Anda untuk menutup matanya, kemudian coba sentuhkan benda-benda tadi satu persatu sambil meminta rekan Anda untuk mengatakan apa yang dia rasakan. Cobalah di beberapa bagian tubuh seperti tangan, kaki, dan bibir. Kira-kira mana yang paling peka.

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Lidah akan merasakan rasa yang ada saat makanan menyentuh papil lidah di daerah tertentu sesuai dengan pembagian sarafnya. Silahkan sesuaikan dengan gambar apakah rasa yang dirasakan sesuai dengan area sarafnya.
- 2) sama seperti lidah, kulit memiliki saraf yang akan bertugas sebagai sensor terhadap stimulus. Masing-masing sensor akan peka terhadap jenis stimulusnya. Silakan sesuaikan stimulus yang diberikan dengan jenis saraf sensorik yang bekerja. Semakin banyak saraf sensorik didaerah tersebut, maka akan semakin peka daerah tersebut.

Ringkasan

Pada permukaan lidah terdapat Indra pengecap. Lidah merupakan organ yang tersusun atas otot. Permukaan lidah dilapisi dengan lapisan epitelium yang banyak mengandung kelenjar lendir. Selain itu terdapat reseptor pengecap berupa kuncup pengecap. Kuncup pengecap tersebut terdiri atas sekelompok sel sensori yang memiliki tonjolan seperti rambut. Kuncup pengecap dapat membedakan 4 macam rasa yaitu; manis, asin, asam dan pahit. Letak kuncup pengecap tertentu lebih banyak berkumpul didaerah tertentu pada lidah. Untuk kuncup rasa manis lebih banyak terdapat di ujung lidah, kuncup

rasa asin lebih banyak berkumpul ditepi depan kiri- kanan lidah, dan kuncup rasa asam lebih banyak berkumpul ditepi belakang kiri-kanan lidah serta kuncup rasa pahit lebih banyak berkumpul di pangkal lidah.

Kulit merupakan indra peraba, sebab memiliki ujung-ujung saraf sensorisebagai reseptor khusus untuk sentuhan, tekanan, temperature (panas dan dingin) serta rasa sakit. Ujung-ujung saraf tersebut ada yang terbungkus kapsul (disebut *korpuskel*) dan ada yang tidak terbungkus (disebut ujung-ujung saraf bebas). Ujung saraf yang tergolong *korpuskel* adalah *korpuskel Meissner* (reseptor untuk sentuhan, terletak dekat permukaan kulit), dan *korpuskel Pacini* (reseptor tekanan). Ujung saraf bebas antara lain *ujung saraf Ruffini* (reseptor panas) dan *ujung saraf*.

Krausse (reseptor dingin)

Tes 3

- 1) Bagian lidah yang peka terhadap rasa pahit terletak di
 - A. pangkal
 - B. ujung
 - C. samping kiri
 - D. samping kanan

- 2) Pada waktu mengenali cita rasa makanan, indra pengecap kita bekerja sama dengan indra
 - A. peraba
 - B. pendengar
 - C. pembau
 - D. penglihat

- 3) Jenis rangsangan yang dirasakan oleh kulit adalah
 - A. bau
 - B. sentuhan
 - C. suara
 - D. cahaya

- 4) Bagian kulit yang berfungsi menghangatkan tubuh adalah lapisan
 - A. lemak
 - B. keringat
 - C. luar
 - D. dalam

- 5) Kelenjar yang berfungsi untuk melarutkan kotoran di kulit dan mengeluarkan air
 - A. kelenjar keringat
 - B. kelenjar minyak
 - C. kelenjar lemak
 - D. kelenjar getah bening

Kunci Jawaban Tes

Tes 1

- 1) C (Sel batang berperan terhadap cahaya terang dan gelap, sedangkan sel kerucut berperan pada warna).
- 2) C (Bintik buta merupakan jalur penglihatan yang memproses bayangan ke otak untuk dipersepsikan dan tidak peka terhadap cahaya).
- 3) A (Sebetulnya, yang ditangkap oleh mata adalah cahaya. jadi benda yang memantulkan cahaya dapat dilihat oleh mata).
- 4) B (Pupil bertugas untuk mengatur banyak sedikitnya cahaya yang masuk ke daam mata. diameter pupil akan mengecil jika cahaya terlalu banyak dan akan melebar jika kurang cahaya).
- 5) B (Mata akan melindungi diri dari benda asing pertama kali dengan cara reflek mengedip. jika ada benda asing kemata, mata akan otomatis mengedip).
- 6) C (Pupil merupakan bagian mata yang peka cahaya karena mengatur banyak sedikitnya chaya yang masuk).
- 7) D (Presbiopi meruapakan kelainan akibat penurunan fungsi akomodasi lensa, oleh Karen itu harus dibantu dengan lensa rangkap untuk melihat jauh dan dekat).
- 8) A (Saraf mata berfungsi untuk mengolah bayangan benda yang jatuh ke dalam mata sehingga kita dapat melihat benda tersebut).
- 9) C (Kelenjar lakrimalis terletak pada bagian lateral atas mata yang disebut dengan fossa lakrimalis. Bagian utama kelenjar ini bentuk dan ukuranya mirip dengan biji almond, yang terhubung dengan suatu penonjolan kecil yang meluas hingga ke bagian posterior dari palpebra superior).
- 10) A (Akomodasi adalah kemampuan lensa mata untuk memipih atau mencembung yang berfungsi untuk mengatur pembentukan bayangan di bintik buta).

Tes 2

- 1) C (Bagian yang berfungsi menerima getaran bunyi yang ditangkap daun telinga dan kemudian meneruskanya ke tulang-tulang pendengaran adalah gendang telinga yang ditunjukkan oleh nomor tiga (3)).
- 2) D (Bagian yang ditunjuk anak panah adalah saluran Eustachius berfungsi menghubungkan rongga mulut dengan telinga tengah).
- 3) C (Bagian yang ditunjukkan oleh nomor 4 adalah saluran setengah lingkaran berfungsi mengendalikan keseimbangan tubuh).
- 4) D (Bagian telinga dalam terdapat Indra Pengatur Keseimbangan atau organ Vestibular. Bagian ini secara struktural terletak di belakang labirin yang membentuk struktur utrikulus dan sakulus serta tiga saluran setengah lingkaran atau *Saluran Gelung atau semisirkular*. Kelima bagian ini berfungsi mengatur keseimbangan Tubuh dan memiliki sel rambut yang akan dihubungkan dengan bagian keseimbangan dari saraf Pendengaran).

- 5) B (Bagian telinga dalam terdapat Indra Pengatur Keseimbangan atau organ Vestibular)
- 6) D (Di dalam rongga hidung terdapat selaput lendir dan rambut halus yang disebut rambut hidung. Rambut hidung dan selaput lendir berguna untuk menahan kotoran yang masuk bersama-sama dengan udara pernapasan).
- 7) A (Hidung dapat mencium bau dasar dari wangi hingga bau busuk. wangi, asam, anyir dan busuk dapat dicium oleh hidung. pedas, pahit itu adalah rasa yang dapat dikecap oleh lidah).
- 8) D (Hidung sangat peka terhadap perubahan gas/udara, karena bau akan masuk ke hidung lewat udara).

Tes 3

- 1) A (Bagian lidah yang peka terhadap rasa pahit terletak di pangkal berisi saraf yang peka rasa pahit).
- 2) C (Pada waktu mengenali cita rasa makanan, indra pengecap kita bekerja sama dengan indra pembau).
- 3) B (Indra peraba kita adalah kulit. Kita dapat merasakan adanya sentuhan, rasa nyeri, dingin, panas, dan kasar-halus dengan menggunakan kulit).
- 4) A (Bagian kulit yang berfungsi menghangatkan tubuh adalah lapisan lemak. Lemak dapat menghasilkan panas sehingga tubuh kita tidak akan kedinginan. Lemak terdapat di bawah kulit).
- 5) A (Kelenjar keringat yang berfungsi menghasilkan keringat yang akan mengikat kotoran dan berfungsi untuk penguapan jika tubuh mengalami kepanasan).

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%20Indra%20Pada%20Manusia%209.1), (online)
- Bagian-bagian mata*. [http://articles.myhardisk.com/2009/08/bagian- bagian_mata.html](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](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](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](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.
- Syaifudin. 2009. *Anatomi tubuh manusia untuk keperawatan*. Jakarta: Salemba Medika.