

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/373840712>

BUKU AJAR ANATOMI FISILOGI MANUSIA

Book · September 2023

CITATIONS

0

READS

23,788

2 authors, including:



[Syahrhan Wael](#)

University of Pattimura

37 PUBLICATIONS 68 CITATIONS

SEE PROFILE

BUKU AJAR ANATOMI FISIOLOGI MANUSIA UNTUK S1 BIOLOGI

Prof. Dr. Johanis Fritzgal Rehena, M.Kes

Dr. Syahran Wael, M.Si.Med



PENERBIT CV. SARNU UNTUNG

BUKU AJAR ANATOMI FISILOGI MANUSIA UNTUK S1 BIOLOGI

Penulis :

Prof. Dr. Johanis Fritzgal Rehena, M.Kes

Dr. Syahran Wael, M.Si.Med

ISBN: 978-623-158-017-7 (PDF) (E-Book)

Desain Cover dan Ilustrasi:

Yahya Abdulloh

Penerbit:

CV. Sarnu Untung

Redaksi:

Jalan R.Suprpto, Gg.Pringgondani, RT 07, RW 21,

Purwodadi-Grobogan, Jawa Tengah, 58111

No. HP 085726280111

Email: ntoeng87@yahoo.co.id

(Anggota IKAPI) (No. 146/JTE/2015)

Cetakan pertama, Juni 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara

Apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

KATA PENGANTAR

Pertama-tama kami ucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga buku anatomi fisiologi manusia dapat dirampungkan dengan baik. Anatomi fisiologi manusia merupakan ilmu yang mempelajari tentang jaringan pada manusia, organ bahkan sifat dan keberlangsungan sel-sel pada tubuh manusia. Buku ini disusun untuk membantu para mahasiswa biologi pada khususnya dan pembaca pada umumnya dalam memahami konsep dasar teoritis mengenai anatomi fisiologi pada manusia, yang hingga saat ini dinilai masih terbatas pada konsep dasar. Selain itu, buku ini dapat membantu mahasiswa S1 biologi untuk mempersiapkan diri dalam perkuliahan maupun studi pustaka yang terkait.

Penulis berharap buku ini dapat bermanfaat bagi para mahasiswa dan pembaca pada umumnya dalam meningkatkan pemahaman mengenai anatomi fisiologi pada manusia. Buku ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun bagi perbaikan buku ini. Akhir kata, penulis berharap buku ini dapat bermanfaat bagi keberhasilan mahasiswa dan pembaca secara umum dalam meningkatkan pemahaman mengenai anatomi fisiologi manusia.

AmbonAgustus 2023

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB 1. HOMEOSTASIS.....	1
A. Pengertian homeostatis.....	1
B. Tahapan-tahapan dalam homeostasis	2
BAB II. SEL.....	6
A. Komponen sel	6
B. Organel sitoplasma	8
BAB III. JARINGAN	12
A. Jaringan Epitel	13
B. Jaringan Ikat.....	17
C. Jaringan otot.....	23
D. Jaringan saraf.....	25
BAB IV. ORGAN DAN SISTEM ORGAN.....	26
A. Organ.....	26
B. Sistem organ	27
BAB V. SISTEM INTEGUMEN.....	30
A. Lapisan dermis	30
B. Folikel Bulu	31
C. Kelenjar Peluh.....	32
D. Struktur kulit khusus	33
BAB VI. SISTEM KARDIVASKULER.....	35
(PEREDARAN DARAH)	35
A. Jantung	35
B. Persarafan pada jantung.....	40
C. Tekanan Darah.....	42
D. Faktor-faktor yang mempengaruhi tekanan darah.....	43

BAB VII. SISTEM RANGKA.....	45
A. Tulang rangka diklasifikasi sesuai dengan bentuk dan formasinya:.....	45
B. Kerangka Anggota Atas.....	48
C. Kerangka Anggota Gerak Bawah.....	51
BAB VIII. SISTEM OTOT	56
A. Otot Rangka	56
B. Otot Punggung.....	57
BAB IX. SISTEM PENCERNAAN	58
A. Fungsi sistem pencernaan.....	59
B. Kontrol saraf pada saluran pencernaan.....	62
C. Enzim Pencernaan.....	62
D. Anatomi gigi.....	65
E. Lambung	67
F. Pankreas.....	71
G. Hati dan kantong empedu	72
H. Absorpsi dalam usus halus	74
I. Usus besar.....	76
BAB X. SISTEM PERNAFASAN.....	78
A. Pertukaran Gas	78
B. Mekanisme pernapasan.....	81
2. Hiperkapnia.....	82
3. Hipokapnia	82
C. Asma.....	82
D. Batuk.....	82
BAB XI. SISTEM SARAF.....	84
A. Organisasi system saraf	85
B. Klasifikasi Sel Saraf	85
Neuron	86

Badan sel	86
C. Sel Neuroglia	87
D. Sistem saraf pusat.....	90
D.1. Sawar Darah Otak	93
D.2. Otak.....	96
E. Sistem saraf tepi	100
F. Sistem Saraf Otonom.....	101
G. Sistem Saraf Enterik.....	104
H. Aktivitas simpatis versus parasimpatis	105
I. Neurotransmitter	107
J. Receptor.....	108
J.1. Reseptor kolinergik.....	108
J.2. Reseptor adrenergik	109
K. Pengaturan Sistem Saraf Otonom	117
BAB XII. SISTEM ENDOKRIN.....	121
A. Mekanisme kerja hormon	123
B. Hipotalamus dan kelenjar hipofisis	124
C. Sistem portal.....	125
D. Sifat Kimia Hormon.....	130
E. Reseptor Hormon dan Mekanisme Aksi.....	131
F. Sistem neuroendokrin.....	132
F.1. Kelenjar Tiroid	132
F.2. Kelenjar Paratiroid.....	134
F.3. Kelenjar Adrenal.....	136
G. Mineralokortikoid.....	139
H. Glukortikoid	139
I. Androgen adrenal	140
J. Ovarium dan Testis.....	141
K. Kontrol sekresi oleh hipofisis posterior.....	142

K.1. Oksitosin	142
K.2 Hormon antidiuretik/antidiuretic hormone (ADH).....	143
L. Kelenjar Pineal.....	145
M. Eikosanoid	145
N. Kelainan penyakit graves.....	145
BAB XIII. SISTEM URINARIA.....	146
A. Ginjal.....	146
B. Proses Pembentukan Urin	146
C. Ureter.....	147
D. Uretra	148
E. Urine (air kemih)	148
BAB XIV. SISTEM REPRODUKSI	150
A. Organ Reproduksi Wanita.....	151
B. Organ reproduksi laki-laki.....	153
DAFTAR PUSTAKA	156

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Peran sistem organ dalam mempertahankan homeostasis	4
Tabel 2. Sistem organ dan fungsinya	28
Tabel 3. Ruang jantung dan fungsinya	37
Tabel 4. Lokasi dan struktur dan fungsi katup jantung	38
Tabel 5. Efek stimulasi parasimpatis dan simpatis	41
Tabel 6. Pencernaan karbohidrat, protein, dan lemak	63
Tabel 7. Komponen respirasi dan fungsinya	79
Tabel 8. Jenis, lokasi dan fungsi sel glia	89
Tabel 9. Bagian-bagian otak dan fungsinya	97
Tabel 10. Fungsi Lobus dari Kortex Serebral	100
Tabel 11. Merangkum perbedaan struktur antara divisi simpatis dan parasimpatis	102
Tabel 12. Merangkum efek simpatis dan parasimpatis	110
Tabel 13. Neurotransmitter, reseptornya, dan efek pengikatan	113
Tabel 14. Obat-obat terpilih yang Mempengaruhi SSO	119
Tabel 15. Daftar hormon hipotalamus, struktur dan efek yang ditimbulkan	125
Tabel 16. Daftar Hormon Hipofise, Struktur dan Efek Yang Ditimbulkan	126
Tabel 17. Kontrol, aksi, dan gangguan kelenjar tiroid dan paratiroid	135
Tabel 18. Hormon yang diproduksi oleh testis dan ovarium dan aksi utamanya	142

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Homeostasis dalam tubuh.....	2
Gambar 2. Bagian-bagian sel	6
Gambar 3. Membran sel	7
Gambar 4. Tipe jaringan pada tubuh manusia	12
Gambar 5. Klasifikasi jaringan epitel berdasarkan bentuk dan jumlah lapisan sel.....	14
Gambar 6. Jenis sel dalam jaringan ikat	18
Gambar 7. Jaringan otot dan Sel darah pada pembuluh darah manusia	24
Gambar 8. Sel saraf (neuron)	25
Gambar 9. Organ bagian anterior dan posterior.....	26
Gambar 10. Organ dalam tubuh	27
Gambar 11. Anatomi jantung	36
Gambar 12. Katup-katup jantung	39
Gambar 13. Organ utama dan sistem pencernaan.....	60
Gambar 14. Potongan Geraham	66
Gambar 15. Lambung	69
Gambar 16. (a) Trakea, (b) Alveoli	80
Gambar 17. Paru-paru dan bagian-bagiannya	81
Gambar 18. Proses batuk pada manusia	83
Gambar 19. Fungsi sistem saraf	84
Gambar 20. Organisasi sistem saraf	85
Gambar 21. Neuron dan bagian-bagiannya	86
Gambar 22. Sel Glia dari sistem saraf pusat	88
Gambar 23. Meninges	91
Gambar 24. Lokasi, pembentukan, dan sirkulasi dari CSS	93
Gambar 25. Sawar darah otak	94
Gambar 26. (a) Kapiler (b) Kapiler otak	94
Gambar 27. Bagian-bagian utama otak manusia.....	96
Gambar 28. Area sistem limbic	99
Gambar 29. Neurotransmitter dan reseptor dari saraf simpatis dan parasimpatis	108
Gambar 30. Lokasi reseptor muskarinik dan adrenergic	109
Gambar 31. Kelenjar endokrin dan lokasinya di tubuh	121
Gambar 32. Difusi hormon ke dalam darah	121
Gambar 33. Perbandingan kelenjar eksokrin dan endokrin	122
Gambar 34. Hipotalamus dan kelenjar hipofisis	124
Gambar 35. Tiga jenis stimuli kelenjar endokrin	131
Gambar 36. Mekanisme umpan balik negative	131
Gambar 37. Jaringan spesifik dan respon	132
Gambar 38. Anatomi dan histologi kelenjar tiroid	133
Gambar 39. Letak kelenjar adrenal	137
Gambar 40. Kelenjar adrenal	137
Gambar 41. Histologi korteks adrenal dan bagian medula adrenal	138
Gambar 42. Pengaturan sekresi dan aksi hormon antidiuretik (ADH)	144

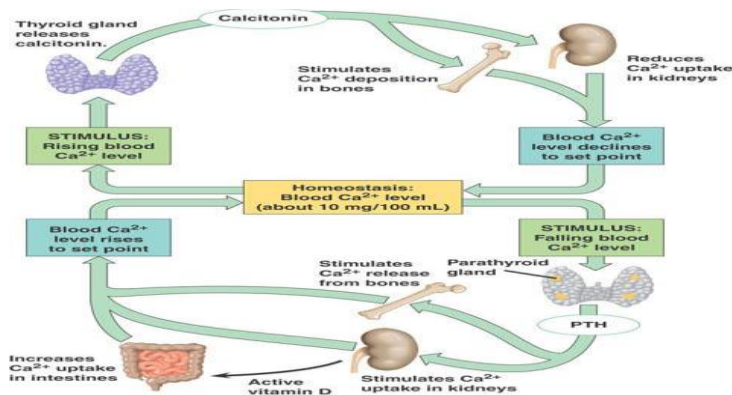
BAB 1. HOMEOSTASIS

A. Pengertian homeostatis

Kata homeostasis merupakan istilah ilmiah dalam kesehatan, ada dua kata yang dapat diartikan yaitu Homeo yang artinya sama sedangkan arti kata stasis adalah seimbang atau mempertahankan sebuah keadaan, sehingga jika diartikan secara ilmiah merupakan suatu keadaan di dalam fisik untuk mengontrol jalur keluar masuk metabolisme untuk mengetahui gangguan segala kondisi yang akan terjadi. Istilah ini banyak dipakai oleh ahli fisiologi untuk mendeskripsikan sebuah kondisi konstan yang hampir selalu ada di lingkungan dalam tubuh organisme. Pada tahun 1926, ada ahli sel yang bernama Cannon menjelaskan bahwa homeostasis merupakan kondisi dimana dari proses fisiologis dalam tubuh untuk mampu menstabilkan konstannya tubuh dan cenderungnya semua sistem jaringan tubuh guna memelihara dan mempertahankan kondisi setimbang atau *equilibrium*. Kemudian berlanjut sekitar tahun 1965, seorang ahli bernama Dubois kembali mendeskripsikan, yaitu kata homeostasis adalah kondisi dimana mampu beradaptasi dengan alam secara internal atau eksternal yang dapat sewaktu-waktu berubah sebagai suatu kunci kesuksesan, *survive* dan tetap hidup, atau suatu kondisi keseimbangan yang sifatnya turun-naik, yang mempertahankan kondisi tubuh melalui adanya adaptasi.

Berbagai macam regulator yang terkontrol dalam homeostasis itu sendiri meliputi *feed back negatif* dan *feed back positif* yang merupakan mekanisme secara otomatis dan terstruktur dengan baik secara koordinasi yang rapi. Regulasi dari adanya *negative feedback* adalah regulasi yang urgen untuk homeostasis. Regulasi dari adanya *feed back negatif* ini control sistem senantiasa mengkomparasikan dari parameter yang dikontrol (misalnya suhu tubuh atau tekanan darah). Selain itu, ada juga pengaturan umpan balik yang positif (*negative feedback*). Pengaturan ini tidak bersifat homeostasis karena tidak memperbesar stimulus, sampai ada indikator dari luar yang mampu menghentikan. dalam mempertahankan kondisi homeostasis didalam tubuh diperlukan nutrisi, mineral, dan ion-ion yang dapat mendukung pada sel, jaringan, dan organ yang mampu dalam mempertahankan tubuh dari kondisi ekstrem, serangan virus, dan gangguan fisik dari luar yang akan juga dapat menyebabkan homeostasis akan hilang keseimbangan dan membuat tubuh merasa kejang-kejang terhadap kondisi lingkungan. Homeostasis

bisa baik dari sel, organ, maupun pada jaringan tubuh organisme yang dapat memberikan saling pengertian, komunikasi, dan transport ion didalam tubuh organel, organ, dan organisme sehingga tubuh tetap terjaga dalam kondisi homeostasis.



Gambar 1. Homeostasis dalam tubuh

B. Tahapan-tahapan dalam homeostasis

1. Homeostasis pertama (primer)

Pada tahapan ini tubuh dapat mempertahankan keseimbangan tubuh untuk tidak kehilangan cairan akibat adanya luka kecil, atau robeknya sistem integument atau kulit. Jika peristiwa desquamasi terjadi dan terdapat luka kecil pada sistem transportasi, maka homeostasis primer akan muncul. Homeostasis primer ini melibatkan tunika intima dari transportasi dan trombosit. Luka menginduksi terjadinya sistem vasokonstriksi dan sumbat trombosit. Pada Homeostasis primer ini bersifat cepat dan tidak tahan lama. Jika homeostasis pada fase pertama belum cukup untuk menyembuhkan luka, maka dapat dilanjutkan ke fase kedua.

2. Homeostasis kedua (Sekunder)

Pada mekanisme kedua, jika terjadi luka yang parah dan melebar pada pembuluh darah atau jaringan yang lain, maka terjadi tingkat homeostasis yang kedua akan banyak terlibat keeping darah (trombosit) dan koagulan (penggumpalan darah) dan terjadi koagulasi. Tingkat kedua ini mencakup pembentukan fibrin, dan bersifat delayed dan waktu lama untuk merespon jika respon kedua tidak berpengaruh akan dilanjutkan ke respon yang ketiga.

3) Homeostasis ketiga (Tersier)

Homeostasis ketiga atau tersier ini bertujuan untuk dapat terkontrol dan agar aktivitas koagulasi (pembekuan darah) tidak berlebihan. Homeostasis tersier melibatkan sistem fibrinolisis, sistem fibrinolisis

adalah pembekuan darah yang digunakan untuk menghilangkan beberapa sel yang rusak. Pada homeostasis yang terakhir inilah sistem homeostasis yang dapat memperoleh keseimbangan dalam tubuh dan stabil.

Tubuh selalu dihadapkan dengan perubahan lingkungan eksternal serta kegiatan dan aktivitas yang terjadi di dalam tubuh yang dapat merubah keseimbangan. Contoh sebagian besar reaksi metabolik di dalam sel kita membutuhkan oksigen dan glukosa. Senyawa ini kemudian harus diganti. Selain itu, reaksi ini menghasilkan limbah metabolik termasuk karbondioksida dan urea yang kemudian harus dikeluarkan dari tubuh. Semua sistem organ dalam tubuh berkontribusi dalam mempertahankan homeostasis. Contoh saluran pencernaan mencerna makanan untuk memberikan nutrisi bagi tubuh. Sistem pernapasan memperoleh oksigen dan mengeluarkan karbon dioksida. Sistem sirkulasi mengangkut semua zat-zat satu bagian ke bagian tubuh lainnya. Sistem renal mengeluarkan limbah dan berperan dalam mengatur volume dan tekanan darah.

Kebutuhan tubuh sangat berbeda selama kondisi istirahat dibandingkan dengan latihan. Dalam mempertahankan homeostasis, tubuh harus mampu memantau dan merasakan perubahan dalam lingkungan internal, harus mampu mengimbangi, atau melakukan penyesuaian. Ada dua sistem pengaturan dalam tubuh yang mempengaruhi aktivitas dari semua sistem organ lainnya sehingga homeostasis dipertahankan yaitu sistem saraf dan endokrin. Sistem kontrol homeostatik dikelompokkan menjadi 2 yaitu:

1. Kontrol intrinsik (lokal) terdapat di dalam dan inherent bagi organ tersebut. Contohnya ketika otot sedang beraktivitas yang tinggi dan menggunakan oksigen yang tinggi pula, maka kadar oksigen akan turun. Perubahan kimia lokal pada otot akan menyebabkan pembuluh darah bervasodilatasi dan meningkatkan aliran darah ke otot sehingga kadar oksigen meningkat pula.
2. Kontrol ekstrinsik, sebagian besar kontrol homeostatik dipertahankan dengan kontrol ini, mekanisme regulasi dimulai di luar suatu organ untuk mengubah aktivitas organ tersebut, mekanisme ini dilakukan oleh sistem saraf dan endokrin. Contohnya mekanisme untuk memulihkan tekanan darah ke tingkat yang sesuai, dimana organ yang bekerja adalah sistem saraf jantung dan pembuluh darah di seluruh tubuh.

Tabel 1. Peran sistem organ dalam mempertahankan homeostasis

Sistem Organ	Fungsi
Sistem Saraf Sistem Endokrin Sistem Muskuler	Mengatur aktivitas muskuler dan sekresi kelenjar Mengatur proses metabolik melalui sekresi hormon Berperan dalam menggerakkan tubuh dan terhadap termoregulator
Sistem Sirkulasi	Mengangkut nutrien, oksigen, zat yang sudah tidak dibutuhkan tubuh,
Sistem Respirasi	Mengambil oksigen dan mengeluarkan karbondioksida, mengatur keseimbangan asam basa (pH)
Sistem Gastrointestinal	Mencerna dan menyerap makanan untuk memberikan nutrisi kepada tubuh
Sistem Renal	Mengeluarkan senyawa-senyawa, produk yang sudah tidak dibutuhkan oleh tubuh, mengatur volume dan tekanan darah, mengatur keseimbangan asam basa (pH)

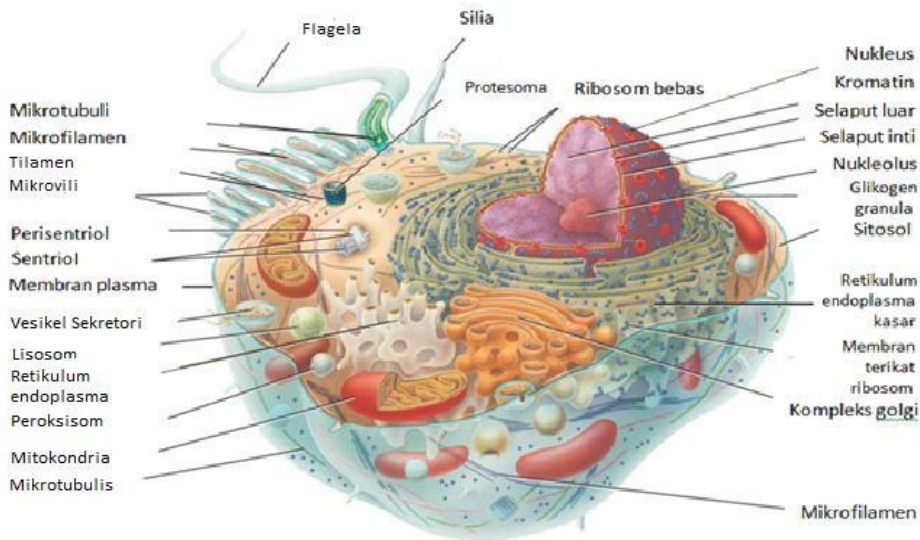
Homeostasis sangat penting karena sel dan jaringan tubuh hanya tetap hidup dan dapat berfungsi secara efisien ketika kondisi internal ini dipertahankan dengan baik. Proses dan aktivitas yang membantu untuk mempertahankan homeostasis disebut mekanisme homeostatik. Sel bekerja dengan baik ketika lingkungan di dalamnya tetap dalam keadaan stabil. Jika keseimbangan tidak dapat dipertahankan maka tubuh tidak berfungsi secara efektif dan dapat mengalami gangguan atau sakit. Aplikasi homeostatis dicontohkan pada penggunaan obat-obatan dalam mempertahankan atau menormalkan kembali fungsi tubuh sehingga tubuh dapat menjalankan fungsinya secara efektif ketika individu tidak

dapat mempertahankan homeostasis, dan satu atau lebih variabel dalam lingkungan internal akan terganggu. Akibatnya, fungsi jaringan atau organ terganggu. Penggunaan obat antihipertensi seperti enalapril untuk menurunkan dan mempertahankan tekanan darah ke kisaran normal, penggunaan insulin untuk menurunkan glukosa dan mempertahankan glukosa darah ke kisaran normal.

BAB II. SEL

Tubuh manusia mengandung sekitar 100 triliun sel. Berbagai tipe sel tubuh memiliki fitur yang membedakan satu tipe dari yang lain dan secara khusus disesuaikan untuk melakukan fungsi tertentu, misalnya sel darah merah mengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan, sel otot khusus untuk fungsi kontraksi. Sebuah sel yang khas, seperti yang terlihat oleh mikroskop cahaya, terdiri dari tiga komponen dasar:

- Membran sel
- Sitoplasma dan
- Nukleus



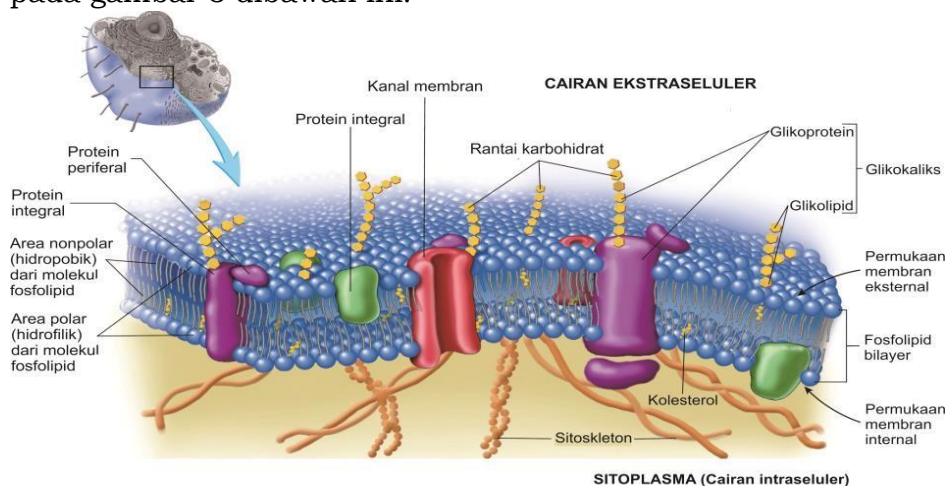
Gambar 2. Bagian-bagian sel

A. Komponen sel

1. Membran sel

Sel manusia dikelilingi oleh membran sel (membran plasma) pada bagian terluar. Membran sel yang mengelilingi sel dan menjaganya serta mengatur komponen-komponen atau cairan yang masuk dan keluar sel. Membran sel memisahkan bagian dalam sel (sitoplasma) dan bagian luar. Integritas membran sel adalah sangat penting untuk

kehidupan sel. Membran sel adalah suatu bilayer fosfolipid yang disebut sebagai permeabel atau permeabel selektif, karena melewatkan molekul-molekul tertentu untuk masuk ke sel tetapi tidak untuk yang lainnya. Molekul fosfolipid memiliki bagian kepala yang bersifat polar dan ekor yang bersifat nonpolar. Protein yang ada pada membran sel memainkan penting untuk lewatnya suatu senyawa masuk ke sel. Aktivitas masuk keluarnya molekul dalam membran sel dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Membran sel

2. Sitoplasma

Sitoplasma adalah bagian dari sel antara nukleus dan membran plasma. Matriks dari sitoplasma adalah medium semicair yang mengandung air dan berbagai tipe molekul yang terlarut dalam medium. Sitoplasma mengandung berbagai organel. Setiap tipe organel mempunyai fungsi yang spesifik. Misalnya satu tipe organel mengangkut senyawa dan yang lainnya menghasilkan ATP untuk sel. Sel juga mempunyai sitoskeleton. Elemen dari sitoskeleton mempertahankan bentuk sel dan memungkinkan sel untuk bergerak. Beberapa sel dengan menggunakan silia dan flagella yang tersusun dari mikrotubuli.

3. Nukleus

Nukleus adalah struktur utama dalam sel manusia. Nukleus sangat penting karena menyimpan informasi genetik yang menentukan karakteristik dari sel tubuh dan fungsi metabolik. Komposisi kimia yang unik dari setiap DNA seseorang adalah dasar untuk sidik jari DNA. Semua sel mempunyai paling sedikit 1 nukleus. Sel lainnya

seperti sel otot rangka mempunyai nukleus lebih dari 1. Nukleus memiliki ukuran yang relatif besar. Nukleus mengandung material genetik dari sel. Dia ditutupi oleh lapisan ganda membran nukleat yang memisahkan sitoplasma dari nukleoplasma (bagian cairan yang ada dalam nukleus). Nukleolus berada di dalam nukleus. Fungsi nukleolus adalah untuk menyalin DNA menjadi RNA ribosom dan merakit rRNA penting karena rRNA membuat ribosom yang bertanggung jawab untuk sintesis protein dalam sel.

B. Organel sitoplasma

Organel sitoplasma adalah organel kecil yang ada dalam sitoplasma sel. Setiap tipe organel mempunyai struktur dan peranan yang spesifik dalam fungsi sel.

1. Mitokondria

Mitokondria adalah tempat respirasi utama untuk aerobik. Memiliki struktur oval yang memanjang. Membran bagian dalam terlipat untuk membentuk laci-laci kecil yang disebut *cristae* yang mana terproyeksikan ke dalam matriks. Mitokondria sering disebut sebagai powerhouse dan membantu untuk menghasilkan energi untuk sel. Sel yang memerlukan sedikit energi untuk melaksanakan fungsinya seperti sel lemak memiliki sedikit mitokondria, sedangkan sel yang menggunakan energi yang banyak seperti sel otot dan hati memiliki banyak mitokondria.

2. Ribosom

Ribosom terdiri dari dua subunit, subunit besar dan subunit kecil. Setiap subunit memiliki protein dan rRNA. Ribosom ditemukan secara bebas dalam sitoplasma. Ribosom melekat pada permukaan luar retikulum endoplasma. Ribosom terdiri dari asam ribonukleat yang berfungsi dalam sintesis protein dalam sel.

3. Retikulum endoplasma

Retikulum endoplasma adalah sistem kompleks dari kanal membran yang membentang di seluruh sitoplasma. Membran yang saling berhubungan membentuk kantung datar yang berisi cairan dan kanal tubular yang disebut *cisternae*. Membran dihubungkan ke lapisan terluar membran nuklear, ke lapisan dalam membran sel, dan organel-organel tertentu lainnya. Retikulum endoplasma memberikan jalur untuk mengangkut material dari satu sel ke yang lainnya. Beberapa membran dari retikulum endoplasma memiliki ribosom granular yang melekat pada permukaan terluar yang disebut *rough*

endoplasmic reticulum (RER) yang berfungsi untuk sintesis dan transpor protein yang dibuat oleh ribosom melalui sitoplasma ke aparatus Golgi. Jadi RER khususnya dikembangkan dalam sel yang aktif dalam sintesis protein seperti Russell's bodies dari sel plasma, Granul Nissl dari sel saraf, dan sel acinar pankreas. Bagian lainnya yang tidak memiliki ribosom dan tampak halus disebut *smooth endoplasmic reticulum* (SER) dan berfungsi sebagai tempat untuk sintesis lipid, steroid (termasuk hormon seks). Banyak ditemukan pada sel Leydig dan sel koreks adrenal. Dalam otot rangka dan otot jantung, SER termodifikasi untuk membentuk retikulum sarkoplasma yang mana terlibat dalam pelepasan ion kalsium selama kontraksi otot.

4. Aparatus golgi

Aparatus golgi dinamai sesuai dengan penemunya yaitu Camillo Golgi yang menemukan aparatus tersebut dalam sel di tahun 1898. Organel ini tampak sebagai tumpukan kantung membran yang datar yang biasanya terletak dekat nukleus dan terhubung ke retikulum endoplasma. Organel ini memodifikasi dan menyortir protein yang disintesis pada RER dan mengemasnya ke dalam vesikel sekretori untuk dilepaskan ke luar sel. Seperti vesikel yang ditemukan dalam kelenjar endokrin tertentu, dimana protein hormon dilepaskan ke dalam cairan ekstrasel untuk memodifikasi aktivitas sel lainnya. Vesikel lainnya yang meninggalkan aparatus Golgi adalah lisosom.

5. Lisosom

Lisosom dibentuk oleh aparatus golgi. Lisosom adalah vesikel kecil yang mengandung enzim pencernaan hidrolitik. Enzim digunakan untuk mencerna Bakteri yang masuk ke dalam sel, bagian sel yang perlu pergantian, dan keseluruhan sel yang sudah rusak. Lisosom utamanya banyak ditemukan dalam sel yang terlibat dalam aktivitas fagositik, seperti neutrofil dan makrofag.

6. Peroxisom

Peroxisom adalah membran yang terikat vesikel yang bentuknya lebih kecil dari lisosom sehingga juga dikenal sebagai mikrobodi, yang banyak terdapat pada sel epitel hepatosit dan tubular. Seperti halnya mitokondria, peroksisom mengkonsumsi oksigen molekuler walaupun dalam jumlah yang lebih kecil. Oksigen ini tidak digunakan dalam konversi energi menjadi ATP. Peroxisom mengandung enzim *oxidases* yang mengoksidasi asam lemak. Hasil dari hidrolisis ini adalah hidrogen peroksida (H_2O_2). Peroxisom juga mengandung enzim *catalase*, yang beraksi pada hidrogen peroksida membebaskan oksigen

dan air. Fungsi enzim peroksisom adalah untuk detoksifikasi obat, alkohol, dan toksin potensial lainnya. Sel yang aktif dalam detoksifikasi seperti sel hati dan ginjal memiliki banyak peroksisom karena organ-organ ini membantu untuk membersihkan darah.

7. Sitoskeleton

Sitoskeleton adalah sistem kompleks dari serat yang mempertahankan struktur dari sel dan memungkinkannya untuk mengubah bentuk dan bergerak. Sitoskeleton juga memainkan peranan penting dalam interaksi otot. Sitoskeleton tersusun dari protein mikrofilamen dan mikrotubuli. Mikrofilamen berbentuk panjang, batang ramping dari protein yang mendukung penonjolan kecil dari membran sel yang disebut mikrovili. Mikrotubuli adalah silinder tipis lebih besar dari mikrofilamen, tersusun dari protein tubuli. Mikrotubuli juga ditemukan dalam sentriol, silia, dan flagela. Silia dan flagela terdapat di permukaan sel tertentu (spermatozoa, mukosa respiratori dan tuba fallopi).

8. Sentriol

Sentriol adalah struktur berbentuk silinder yang terdiri dari sembilan triplet mikrotubuli dan memainkan peranan penting dalam pembelahan sel untuk membentuk spindle dan asters. Sepasang sentriol dapat ditemukan di dalam struktur yang disebut sentrosom.

9. Silia

Silia dan flagela adalah penonjolan dari sel yang dapat bergerak baik seperti gelombang, cambuk, atau kaku. Silia lebih pendek dari flagela. Sel yang memiliki organel ini dapat bergerak sendiri atau memindahkan material sepanjang permukaan sel. Misalnya sel sperma, bergerak berenang dengan flagela untuk membawa material genetik ke sel telur. Sel pada dinding saluran pernapasan kita adalah bersilia. Silia menyapu kotoran yang terperangkap dalam mukus kembali ke kerongkongan dan aksi ini membantu menjaga paru-paru kita tetap bersih. Dalam tuba uterus perempuan, sel bersilia menggerakkan ovum ke uterus, dimana ovum yang dibuahi tumbuh dan berkembang. Silia menggerakkan partikel kecil melintasi permukaan sel, sedangkan flagela menggerakkan seluruh sel. Keduanya silia dan flagela mengandung mikrotubuli yang berasal dari sentriol.

10. Mikrovili

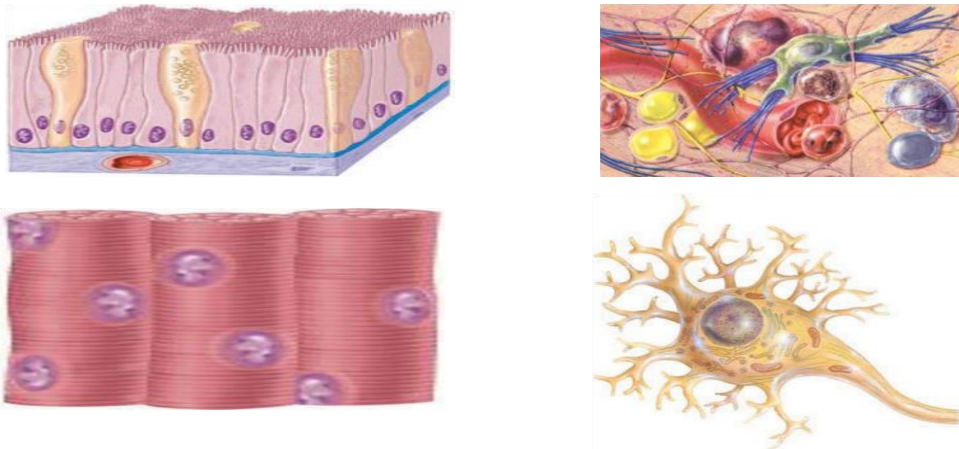
Mikrovili adalah perpanjangan dari membran sel yang bentuknya lebih kecil dan jumlahnya lebih banyak dari silia. Mikrovili tidak

bergerak seperti halnya silia dan flagela, tetapi meningkatkan luas permukaan membran sel sehingga menyerap material lebih banyak. Mikrovili banyak ditemukan pada permukaan bebas dari sel dinding usus, ginjal dan area absorpsi lainnya. Normalnya setiap sel memiliki banyak mikrovili.

BAB III. JARINGAN

Ilmu yang mempelajari tentang jaringan disebut histologi. Jaringan diklasifikasikan berdasarkan bagaimana sel-sel ini disusun, jenis dan berapa banyak material yang ditemukan antara sel-sel tersebut. Empat jenis dasar jaringan yaitu jaringan epitel, ikat, otot, dan saraf. Setiap jenis dibagi lagi dalam contoh-contoh yang spesifik. Organ adalah struktur dengan batas-batas diskrit yang terdiri dari dua atau lebih jenis jaringan. Organ tidak berasal dari fungsi mereka sendiri tetapi berasal dari bagaimana sel terorganisasi menjadi jaringan. Tidak ada satu jenis sel yang memiliki mekanisme untuk melaksanakan semua fungsi vital tubuh. Sel bekerja sama pada tugas-tugas tertentu dan jaringan juga melakukan fungsi tertentu, seperti sinyal saraf atau pencernaan makanan.

Jaringan adalah sekelompok sel dengan struktur dan fungsi yang mirip. Jaringan berperan terhadap fungsi organ dimana dia ditemukan. Jaringan tubuh dapat dikelompokkan dalam 4 tipe utama sesuai struktur dan fungsinya. Jenis-jenis jaringan pada tubuh manusia dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Tipe jaringan pada tubuh manusia

A. Jaringan epitel; menutupi permukaan tubuh dan dinding organ berongga, rongga tubuh, dan saluran membentuk kelenjar. Jaringan

ini memungkinkan tubuh untuk berinteraksi dengan lingkungan internal dan eksternal. Jaringan epitel memiliki 3 fungsi utama:

- a. Barrier selektif yang membatasi atau membantu transpor zat-zat ke dan dari dalam tubuh.
- b. Sebagai permukaan sekretori yang melepaskan produk-produk yang dihasilkan oleh sel ke dalam permukaan bebas.
- c. Sebagai permukaan pelindung yang menahan jaringan dari pengaruh abrasif oleh lingkungan.

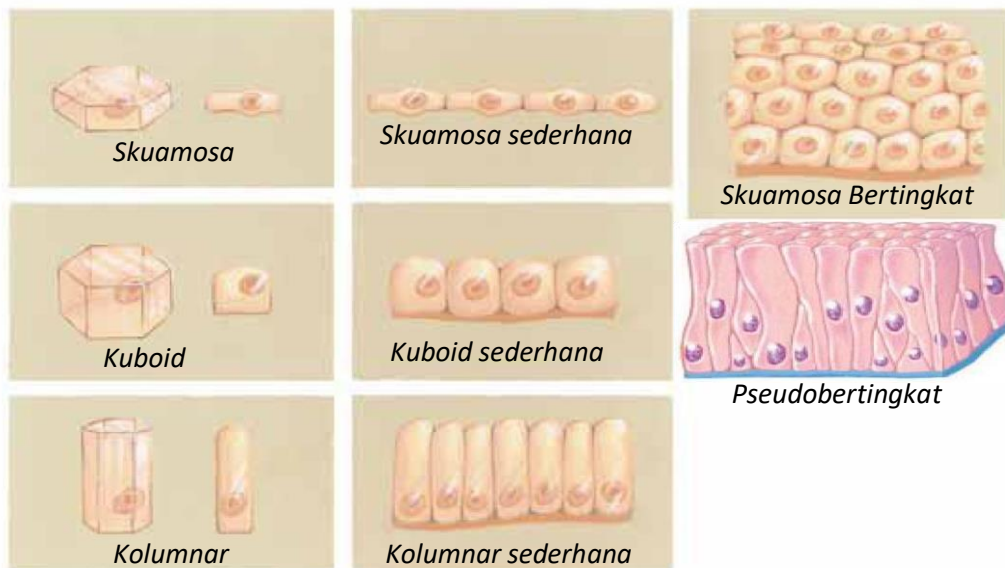
B. Jaringan ikat; melindungi dan menyokong tubuh dan organ-organnya. Beberapa tipe jaringan ikat terikat dengan organ secara bersama, menyimpan energi cadangan seperti lemak dan membantu pertahanan tubuh terhadap organisme penyebab penyakit.

C. Jaringan otot; terdiri dari sel-sel khusus untuk kontraksi dan menghasilkan tenaga. Dalam proses kontraksi, jaringan otot menghasilkan panas yang menghangatkan tubuh.

D. Jaringan saraf; mendeteksi perubahan dalam berbagai kondisi didalam dan luar tubuh dan merespon oleh sinyal elektrik yang hasilnya disebut potensial aksi saraf (impuls saraf) yang mengaktifkan kontraksi otot dan sekresi kelenjar.

A. Jaringan Epitel

Jaringan epitel bergabung dengan jaringan saraf untuk membentuk organ khusus sebagai indera pembau, pendengaran, penglihatan, dan sentuhan. Berbagai permukaan sel epitel memiliki perbedaan struktur dan mempunyai fungsi yang spesifik. Permukaan apikal bebas dari sel epitel menghadap rongga tubuh dan lumen (lubang bagian dalam) dari organ internal, atau saluran tubuh yang menerima sekresi sel. Permukaan apikal mengandung silia atau mikrovili. Permukaan lateral dari sel epitel yang berdekatan pada sisi lainnya memiliki *tight junction*, *adherens junction*, *desmosom*, dan atau *gap junction*. Epitel dikelompokkan sesuai dengan bentuk dan jumlah lapisan. (Gambar 5).

*Bentuk**Sederhana**Bertingkat*

Gambar 5. Klasifikasi jaringan epitel berdasarkan bentuk dan jumlah lapisan sel

Pengelompokan sel epitel berdasarkan bentuk sel: skuamosa, kuboid, dan kolumnar, dan bentuk inti sel sesuai dengan bentuk selnya. Sel skuamosa berbentuk gepeng, dengan inti sel besar dan tipis, sel kuboid berbentuk kubus, dengan inti sel berbentuk *spheric* (bola) dan terpusat di tengah, mempunyai mikrovili pada permukaan apikal dan memiliki fungsi untuk sekresi atau absorpsi. Sel kolumnar berbentuk tinggi dan ramping seperti kolom dan inti sel biasanya berada lebih ke bawah, dekat dengan *basement membran*. Memiliki permukaan apikal yang memiliki silia atau mikrovili dan berfungsi untuk sekresi dan absorpsi. Sel transisi yang merubah bentuk dari skuamosa ke kuboid, dan kembali dari kuboid ke skuamosa seperti peregangan pada organ kandung kemih ke ukuran yang lebih besar kemudian kembali lagi ke ukuran yang lebih kecil. Berdasarkan jumlah lapisan, jaringan epitel dikelompokkan menjadi epitel sederhana yang hanya terdiri dari satu lapis sel, dan biasanya sangat tipis sehingga tidak spesifik untuk fungsi perlindungan. Epitel sederhana terkait dengan proses absorpsi, ekskresi, dan filtrasi. Epitel bertingkat memiliki banyak lapisan sel.

Epitel skuamosa sederhana adalah satu lapisan sel berbentuk gepeng. Sel-sel ini memiliki karakteristik yang sangat tipis dan halus. Contoh

epitel skuamosa sederhana ditemukan di alveoli (kantong udara dari paru-paru merupakan contoh) dan pada ginjal, membentuk bagian dari membran filtrasi. Lokasi lain jaringan ini terdapat di pembuluh darah kapiler terkecil. Dinding kapiler hanya terdiri satu sel tebal yang memungkinkan terjadinya pertukaran gas, nutrisi, dan zat-zat yang tidak berguna antara darah dan cairan interstisial. Terdapat 2 epitel skuamosa sederhana dalam tubuh sesuai dengan lokasinya yaitu: (1) **Endotelium** "penutup bagian dalam", menjadikan permukaan licin, mengurangi gesekan pada dinding pembuluh limfa dan semua organ berongga seperti sistem kardiovaskuler (pembuluh darah dan jantung). Kapiler terdiri dari endothelium yang khusus dan tipis sehingga sangat efisien untuk pertukaran nutrisi dan sisa residu antara pembuluh darah dan jaringan sel disekitarnya. (2) **Mesotelium** "penutup bagian tengah", yaitu epitel yang ditemukan dalam dinding membran serosa, selaput yang melapisi rongga tubuh *ventral* dan menutupi organnya.

Epitel Kuboid Sederhana (*Simple Cuboidal Epithelium*) terdiri dari satu lapis sel yang berbentuk kubus. Epitel kuboid sederhana ditemukan sebagai penutup ovarium, dinding tubuli ginjal dan kebanyakan kelenjar seperti kelenjar tiroid, pankreas, dan saliva (merupakan contoh dari epitel kelenjar yang fungsinya sebagai sekresi). Pada tubuli ginjal, jaringan ini berfungsi untuk reabsorpsi zat-zat yang masih berguna kembali ke dalam darah. Pada kelenjar, bentuk sel kuboid sederhana bagian sekretori dan duktus membawa sekret ke tempat targetnya. Pada kelenjar tiroid, sel epitel kuboid mensekresikan hormon tiroid seperti tiroksin. Pada kelenjar saliva mensekresikan saliva. Epitel Kolumnar Sederhana (*Simple Columnar Epithelium*) memiliki fungsi khusus untuk sekresi dan absorpsi. Ditemukan pada dinding lambung dan usus dimana pada bagian ini memiliki fungsi untuk mensekresikan enzim pencernaan dan absorpsi nutrisi. Pada dinding usus kecil, sel ini mensekresikan enzim pencernaan dan juga menyerap hasil akhir pencernaan dari rongga usus ke dalam darah dan limfa. Untuk dapat menyerap secara efisien, sel kolumnar pada usus kecil memiliki mikrovili. Tipe lain dari sel kolumnar adalah sel *goblet* yang merupakan kelenjar uniseluler. Sel *goblet* mensekresikan mukus yang ditemukan dalam dinding usus dan dinding bagian saluran pernapasan seperti trakea. Epitel Pseudobertingkat (Pseudostratified Epithelium). Sel silia dan *goblet* sering terkait dengan epitel pseudobertingkat kolumnar. Epitel pseudobertingkat kolumnar terdapat pada sistem reproduksi pria. Disini silia membantu mendorong sperma dari satu area ke area lainnya. Contoh daerah dimana terdapat sel ini adalah duktus ekskretori dari sebagian besar kelenjar, saluran dari bagian

auditori (*eustachian*) yang menghubungkan telinga bagian tengah dengan faring dan trakea, juga terdapat pada saluran reproduksi pria.

Epitel Bertingkat (*Stratified Epithelium*) mengandung lebih banyak lapisan sel. Epitel bertingkat dinamai sesuai dengan tipe sel pada permukaan apikal, seperti pada permukaan kulit, dan dinding mulut. Epitel bertingkat terdiri dari: (1) Epitel Skuamosa Bertingkat (*Stratified Squamous Epithelium*). Epitel ini sangat tebal karena terdiri dari beberapa lapis sel. Sel terletak di permukaan sel datar yang berbentuk gepeng. Sel-sel terletak pada lapisan bawah, dekat dengan *basement membran*, biasanya kuboid atau kolumnar. Sel-sel ini mengalami mitosis. Karena sel terletak pada permukaan, sel ini mudah mengalami kerusakan, terkelupas dan mudah digantikan oleh sel dari lapisan yang lebih dalam. Karena jaringan ini tebal, epitel skuamosa bertingkat ditemukan padadaerah yang memiliki fungsi perlindungan yang utama. Epitel skuamosa bertingkat membentuk lapisan kulit terluar dan disebut sebagai *keratinasi*, karena menghasilkan protein keratin dan sel-sel permukaan mati. Epitel skuamosa bertingkat dari tipe *non-keratinasi* ditemukan pada selaput rongga mulut, esofagus, dan pada vagina. Dalam semua lokasinya, jaringan ini sebagai *barier* terhadap organisme karena sel-sel tersusun sangat rapat. (2) Epitel Kuboid Bertingkat (*Stratified Cuboidal Epithelium*). Biasanya terdiri dari dua lapis sel yang berbentuk kubus, dan berfungsi sebagai penguat dinding lumen. Lokasinya pada kelenjar keringat, pankreas dan saliva. (3) Epitel Transisi Bertingkat (*Transitional Stratified Epithelium*). Misalnya pada kandung kemih yang dilapisi oleh epitel transisi.

Epitel Kelenjar (*Glandular Epithelium*). Epitel ini khusus untuk menghasilkan dan mensekresikan suatu zat. Dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu, **eksokrin dan endokrin**. Jika kelenjar mensekresikan sekretnya ke permukaan bebas melalui suatu duktus disebut **kelenjar eksokrin**. Jika kelenjar mensekresikan sekretnya secara langsung ke dalam darah, maka disebut sebagai **kelenjar endokrin**. Kelenjar eksokrin yang hanya terdiri dari satu sel disebut kelenjar uniseluler. Sel *goblet* yang menghasilkan mukus dari dinding saluran pencernaan, respirasi, perkemihan, dan reproduksi adalah contoh dari kelenjar uniseluler. Sebagian besar kelenjar adalah multiseluler karena terdiri dari beberapa sel. Kelenjar ini mempunyai bagian sekretori dan suatu duktus yang berasal dari epitel. Sebagian besar kelenjar yang ada di dalam tubuh kita adalah kelenjar eksokrin meliputi: (1) Kelenjar keringat, mensekresikan keringat (*perspire*) untuk mendinginkan kulit, (2) kelenjar pencernaan, sekresi dari kelenjar ini memecahkan makanan, memberikan suplai darah

sehingga kebutuhan sel tubuh akan nutrisi terpenuhi. (3) Kelenjar *cerumen*; mensekresi kotoran telinga (*cerumen*) yang menempel pada partikel debu atmosfer dan mikroba yang telah memasuki saluran telinga luar, sehingga mencegah masuk ke dalam organ telinga bagian dalam. (4) Kelenjar air mata (*lakrimal*); melembabkan dan membersihkan permukaan mata oleh sekresi air mata, juga mengandung antibodi, sehingga bertindak sebagai mekanisme pertahanan eksternal. (5) Kelenjar Endokrin (*Endocrine Glands*) tidak memiliki saluran, karena itu kadang-kadang disebut sebagai kelenjar tak berduktus. Akan dibahas lebih lanjut pada sistem endokrin.

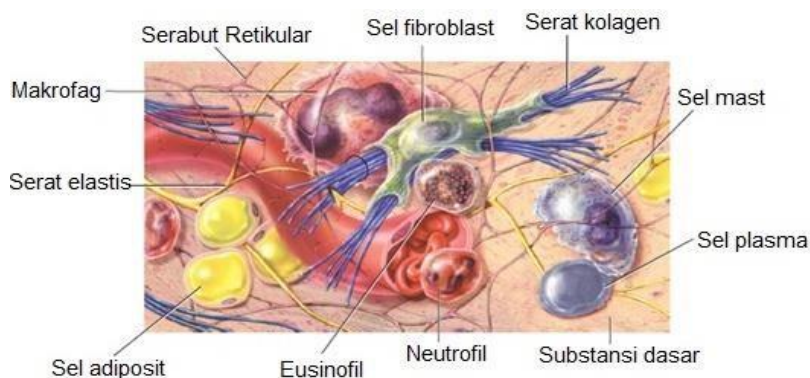
B. Jaringan Ikut

Jaringan Ikut memungkinkan pergerakan dan memberikan sokongan atau dukungan untuk jenis jaringan lainnya. Jaringan ikut dapat dikelompokkan ke dalam tiga subkelompok yaitu jaringan ikut longgar, jaringan ikut padat, dan jaringan ikut khusus. Fungsi jaringan ini adalah untuk:

- a. Menutupi dan melindungi jaringan lainnya. Lapisan jaringan ikut membentuk kapsul yang mengelilingi organ, seperti hati dan ginjal. Jaringan ikut juga membentuk lapisan yang memisahkan antara jaringan dan organ. Contoh, jaringan ikut memisahkan otot, arteri, vena dan saraf dari bagian lainnya.
- b. Mengikat jaringan satu dengan jaringan lainnya. Kabel yang kuat atau pita jaringan ikut disebut tendon yang melekatkan otot ke tulang. Sedangkan jaringan ikut pita disebut ligamen yang menahan atau menyangga tulang.
- c. Menyokong dan menggerakkan bagian tubuh. Tulang dan sistem rangka memberikan sokongan yang kaku dengan tubuh, dan kartilago yang semi kaku menyokong struktur tubuh seperti hidung, telinga, dan permukaan sendi. Sendi antara tulang menghubungkan satu bagian tubuh yang bergerak menuju ke bagian lainnya.
- d. Menyimpan zat-zat. Jaringan adiposa (lemak) menyimpan molekul energi tinggi, dan tulang menyimpan mineral, seperti kalsium dan fosfat.

Sel jaringan ikut dapat memproduksi tetapi tidak secepat sel epitel. Sebagian besar jaringan ikut memiliki suplai darah yang baik, tapi beberapa lainnya tidak, kecuali kartilago yang avaskuler. Jenis sel dalam jaringan ikut bervariasi sesuai dengan jenis jaringan dan meliputi (gambar 6):

- a. **Fibroblast**, sel gepeng besar dengan prosesus bercabang. Umumnya, sel ini terdapat di semua jaringan ikat, dan biasanya paling banyak ditemukan.
- b. **Makrofag** berkembang dari monosit, sejenis sel darah putih. Contoh makrofag, termasuk alveolar di paru-paru atau makrofag limfa di limfa. Makrofag memiliki kemampuan untuk bergerak di seluruh jaringan dan berkumpul di tempat infeksi atau peradangan untuk melanjutkan fagositosis.
- c. **Sel plasma** adalah sel kecil yang berkembang dari jenis sel darah putih yang disebut limfosit B. Sel plasma mensekresi antibodi, yaitu protein yang menyerang atau menetralkan zat asing dalam tubuh. Dengan demikian, sel plasma merupakan bagian penting dari respon kekebalan tubuh. Meskipun sel ini banyak ditemukan di dalam tubuh, sebagian besar sel plasma berada dalam jaringan ikat, terutama di saluran pencernaan dan pernapasan. Sel ini juga melimpah di kelenjar ludah, kelenjar limfa, organ limfa, dan sumsum tulang merah.
- d. **Sel mast** banyak ditemukan dekat pembuluh darah yang mensuplai jaringan ikat. Sel ini menghasilkan histamin, yaitu zat kimia yang melebarkan pembuluh darah kecil sebagai bagian dari respon inflamasi, reaksi tubuh terhadap cedera atau infeksi.
- e. **Adiposit** juga disebut sel-sel lemak atau sel adiposa, yaitu sel jaringan ikat yang menyimpan trigliserida (lemak). Sel ini ditemukan dalam kulit dan sekitar organ seperti jantung dan ginjal.
- f. **Leukosit** (sel darah putih) tidak ditemukan dalam jumlah yang signifikan dalam jaringan ikat yang normal.



Gambar 6. Jenis sel dalam jaringan ikat

Jaringan ikat longgar juga biasa disebut jaringan ikat areolar, yaitu salah satu jaringan yang paling banyak terdistribusi dalam tubuh. Jaringan ini berfungsi untuk membungkus material dalam tubuh. Jaringan ikat longgar dapat ditemukan di bawah jaringan epidermis kulit dan di bawah jaringan epitel yang dimiliki oleh semua sistem tubuh bagian luar. Sel jaringan areolar (ikat longgar) disebut fibroblas. selain itu ada jaringan adiposa. Jaringan Adiposa umumnya disebut jaringan lemak yaitu jaringan ikat longgar khusus yang didalamnya terdapat sangat sedikit matriks interseluler. Jaringan adiposa membentuk suatu bantalan pelindung sekitar ginjal, jantung, bola mata, dan berbagai sendi. Jaringan ini juga dapat ditemukan dibawah kulit yang melindunginya terhadap panas. Jaringan adiposa terletak di kulit, jantung, ginjal, tulang, dan mata. Sel jaringan adiposa juga disebut sebagai sel jaringan adiposit dan memiliki fungsi utama untuk menyimpan lemak dalam bentuk butiran cairan. Kelebihan nutrisi disimpan sebagai kalori dalam bentuk lemak yang digunakan ketika tubuh kekurangan energi. Sebagian besar lemak disimpan di bawah kulit dalam jaringan ikat areolar antara dermis dan otot.

Leptin adalah hormon penekan nafsu makan yang disekresikan oleh sel adiposit yang mengirim sinyal hipotalamus ke otak bahwa cadangan lemak masih cukup. Ketika sekresi leptin berkurang, nafsu makan meningkat. Adiposit mensekresikan paling sedikit dua senyawa kimia yang membantu mengatur penggunaan insulin dalam metabolisme glukosa dan lemak. Jaringan adiposa juga terlibat dalam inflamasi, yaitu respon pertama tubuh akan menghasilkan sitokin (senyawa kimia yang mengaktifkan sel darah putih).

Jaringan Ikat Padat. Jaringan ikat padat tersusun dari lapisan dengan lapisan protein yang padat. Jaringan ini dibagi menjadi dua subkelompok berdasarkan pada susunan serat dan proporsi dari kolagen yang padat serta serat elastin yang fleksibel. Jaringan ikat padat memiliki jumlah serat protein yang relatif banyak, yang membentuk buntelan tebal dan mengisi hampir semua ruang ekstraseluler. Sebagian besar sel-sel yang tersusun dari jaringan ikat padat adalah fibroblas yang berbentuk spindle (kumparan). Fibroblas yang telah sempurna dikelilingi oleh matriks, disebut fibrosit. Jaringan ikat padat dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok utama: teratur dan tidak teratur.

Jaringan Ikat Elastis. Sesuai dengan namanya, jaringan ikat elastis utamanya adalah serat elastin. Salah satu lokasinya adalah dalam dinding arteri besar. Pembuluh ini diregangkan ketika jantung berkontraksi dan

memompa darah kemudian sebaliknya pembuluh ini rekoil ketika jantung berelaksasi. Jaringan ikat elastis juga ditemukan mengelilingi alveoli paru. Serat elastis diregangkan selama inhalasi, kemudian kembali selama ekshalasi. Jika Anda memperhatikan pernapasan anda selama beberapa saat, anda akan melihat bahwa pernafasan normal tidak memerlukan "kerja" atau energi, ini karena elastisitas normal dari paru. Jaringan ikat elastis memiliki serat elastis yang terkemas secara padat dalam matriks interseptuler. Tipe jaringan ini memungkinkan dengan mudah untuk meregang dan kembali ke panjang aslinya seketika dalam kondisi istirahat. Pita suara dan ligamen yang menghubungkan vertebra yang berdekatan terdiri dari jaringan ikat elastis.

Jaringan Ikat Penyokong, terdiri dari: (1) Kartilago. Terdiri dari sel kartilago dalam suatu matriks yang kaku secara ekstensif dan relatif. Hampir semua permukaan kartilago dikelilingi oleh lapisan jaringan ireguler padat yang disebut **perichondrium**. Sel kartilago berasal dari *perichondrium* dan mensekresikan matriks kartilago. Kekuatan kartilago disebabkan karena serat kolagennya, selanjutnya kaitannya dengan tulang, kartilago adalah struktur kokoh dalam tubuh. Kartilago tidak mempunyai pembuluh darah atau saraf, sehingga jika terjadi luka penyembuhannya sangat lambat karena sel dan nutrisi yang diperlukan untuk memperbaiki jaringan tidak dapat mencapai area dengan mudah. Atlet terkadang mengalami kerusakan kartilago dalam sendi lutut. Biasanya akan dilakukan pembedahan untuk memelihara mobilitas sendi sebaik mungkin. Kartilago memiliki sedikit sel dan sejumlah besar matriks ekstraseluler. Sel kartilago yang matang disebut **kondrosit**. Sel kartilago atau kondrosit ini berada dalam ruang yang disebut **Lakuna** yang tersebar ke seluruh matriks ekstraseluler. Kartilago tidak memiliki suplai darah karena mensekresikan faktor anti-angiogenesis yaitu suatu senyawa yang dapat mencegah pertumbuhan pembuluh darah. Karena sifat ini, faktor anti-angiogenesis dipelajari sebagai pengobatan kanker. Jika sel kanker dihentikan dari pembentukan pertumbuhan pembuluh darah baru, kecepatan laju pembelahan sel dan ekspansi dapat diperlambat atau bahkan dapat dihentikan.

Ada tiga tipe kartilago yaitu hialin, fibrokartilago, dan kartilago elastis. (1) Kartilago hialin memiliki sejumlah besar serat kolagen dan proteoglikan. Serat kolagen tersebar secara merata diseluruh zat-zat substansial. Kartilago hialin dalam sendi memiliki permukaan yang sangat halus. Kartilago hialin umumnya ditemukan pada area yang menyokong kekuatan dan adanya fleksibilitas seperti pada tulang rusuk dan dalam trakea dan bronkus. Kartilago hialin juga menutupi

permukaan tulang yang bergerak secara halus terhadap tulang lainnya dalam sendi. Kartilago hialin membentuk sebagian besar kerangka sebelum digantikan oleh tulang semasa embrio dan terlibat dalam pertumbuhan untuk meningkatkan panjang tulang. Ketika fetus dalam kandungan sistem kerangka terbuat seluruhnya dari kartilago hialin dan terlihat setelah 3 bulan pertama kehamilan. Sebagian besar kartilago hialin ini secara bertahap digantikan oleh tulang selama 6 bulan ke depan melalui proses yang disebut osifikasi. Namun beberapa kartilago hialin tetap sebagai penutup pada permukaan tulang sendi. Septum dari hidung kita juga tersusun dari kartilago hialin. (2) Fibrokartilago. Fibrokartilago memiliki serat kolagen yang lebih banyak dari proteoglikan. Dibandingkan dengan kartilago hialin, fibrokartilago memiliki bundelan serat kolagen yang lebih tebal dan tersebar melalui matriksnya. Jaringan ini ditemukan di lutut. Pada jaringan ini alas fibrokartilago membantu menyerap guncangan dan mencegah abrasi tulang ke tulang. Cedera fibrokartilago pada sendi lutut umumnya terkait dengan olahraga. (3) Kartilago elastis memiliki sejumlah serat elastis selain kolagen dan proteoglikan yang tersebar ke seluruh matriksnya. Ditemukan di daerah yang memiliki sifat kaku, tetapi elastis seperti telinga bagian luar, epiglotis, dan tabung pendengaran.

Jaringan tulang adalah jaringan yang paling kaku dari semua jaringan ikat. Tulang berfungsi sebagai tempat pelekatan otot dan bertindak sebagai tuas mekanik untuk melakukan gerakan. Tulang juga berperan terhadap pembentukan sel darah dan berfungsi sebagai tempat penyimpanan garam-garam mineral. Unit struktural silinder disebut **osteon**. Tulang merupakan organ yang terdiri dari beberapa jaringan ikat kuat dan keras yang terdiri dari sel hidup dan matriks mineral, meliputi tulang atau jaringan *osseus*, *periosteum*, dan *endosteum*. Matriks tulang terbuat dari garam kalsium dan kolagen yang kuat dan keras dan tidak fleksibel. Matriks tulang memiliki bagian organik dan anorganik. Bagian organik terdiri dari serat protein terutama kolagen dan molekul organik lainnya. Bagian mineral atau anorganik terdiri dari kristal khusus disebut hidroksiapatit yang mengandung kalsium dan fosfat sebagai tempat pembuatan sumsum tulang merah yang menghasilkan sel darah, dan menghasilkan sumsum kuning yang menghasilkan trigliserida. Kekuatan dan kekakuan dari matriks mineral ini memungkinkan tulang untuk menyokong dan melindungi jaringan dan organ lainnya. Sel tulang atau osteosit terletak dalam rongga matriks yang disebut lakuna dan mirip dengan lakuna kartilago. Ada dua tipe tulang yaitu **Spongibone**: tampak seperti spons atau gabus dan **Compact bone**: lebih padat dan hampir

tidak ada ruang antara beberapa lapisan tipis atau lamella tulang. Tulang kaya akan suplai darah sehingga tulang dapat memperbaiki dirinya sendiri lebih cepat daripada kartilago. Kartilago, sendi, dan tulang membuat sistem kerangka. Sistem kerangka mendukung jaringan lunak, melindungi struktur halus, dan bekerja dengan otot rangka untuk menghasilkan gerakan. Beberapa tulang seperti sternum (tulang dada dan tulang pelvis) mengandung sumsum tulang merah terutama jaringan hemopoetik yang menghasilkan sel darah. Fungsi lain dari jaringan tulang adalah terkait dengan matriks tulang. Kerangka menyokong tubuh dan beberapa tulang melindungi organ internal dari cedera mekanik. Misalnya pada tulang paha tersusun beberapa jaringan tulang.

Jaringan Ikat Cair terdiri dari jaringan darah, limfa dan jaringan otot.

(1) Jaringan Darah. Darah adalah jaringan ikat yang unik karena hanya memiliki matriks cair. Darah bertindak sebagai pengangkut senyawa-senyawa ke seluruh tubuh. Darah terdiri dari sel dan plasma. Matriks darah adalah plasma darah yaitu sekitar 52 % - 62% dari total volume darah dalam tubuh. Plasma darah adalah jaringan berwarna kuning pucat yang terdiri dari sebagian besar air dengan berbagai zat-zat terlarut seperti nutrisi, enzim, protein plasma, hormon, gas respirasi, ion, dan produk-produk yang sudah tidak dibutuhkan. Sel darah dihasilkan dari *stem cell* dalam sumsum tulang merah (jaringan hemopoetik). Sel darah terdiri dari sel darah merah (eritrosit), platelet (trombosit), dan 5 jenis sel darah putih (leukosit) yaitu neutrofil, euseinofil, basofil, monosit, dan limfosit. Limfosit matang dan jaringan limfatik (organ limfa, kelenjar getah bening, dan kelenjar timus) juga mengandung *stem cell* tapi hanya menghasilkan sedikit limfosit. Sel darah merah membawa oksigen yang terikat dengan besi dalam bentuk hemoglobin. Platelet mencegah pendarahan yaitu melalui proses pembekuan darah. Sel darah putih menghancurkan patogen secara fagositosis dan memproduksi antibodi sehingga memberikan kita imunitas terhadap penyakit.

(2) Jaringan Limfa adalah cairan ekstraseluler yang mengalir dalam pembuluh limfatik. Limfa adalah jaringan ikat cair yang terdiri dari beberapa tipe sel dalam matriks ekstraseluler cair yang jernih yang mirip dengan plasma darah, tetapi sedikit protein. Komposisi limfa bervariasi dari suatu bagian tubuh ke bagian lainnya. Contoh, limfa meninggalkan kelenjar getah bening meliputi beberapa limfosit. Sebaliknya, limfa dari usus kecil memiliki kandungan lemak tinggi yang baru diserap.

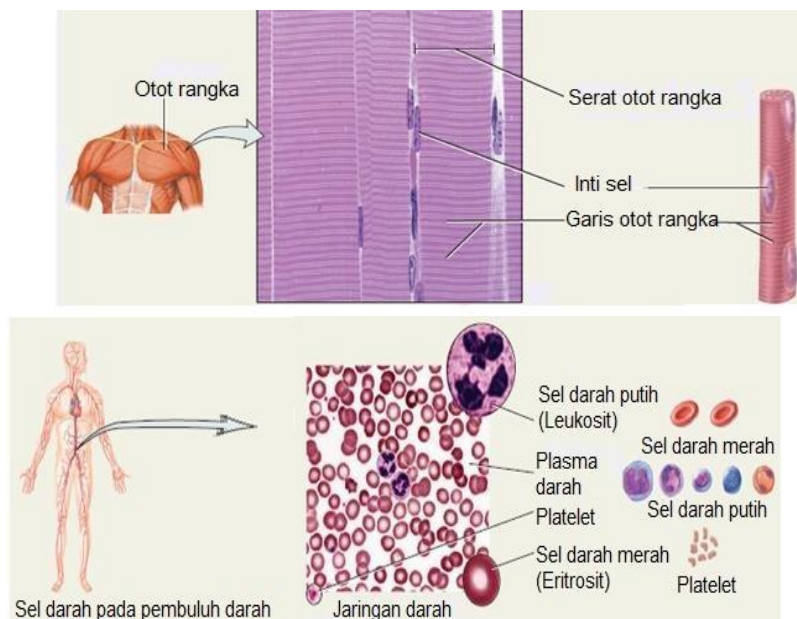
(3) Jaringan Otot adalah jaringan khusus untuk kontraksi. Ketika berkontraksi, jaringan ini memendek dan menghasilkan tipe gerakan. Jaringan ini memiliki sel dalam jumlah banyak dan disuplai dengan pembuluh darah.

C. Jaringan otot

Dalam jaringan otot, membran sel disebut sarkolema, dan sitoplasma disebut sarkoplasma. Jaringan otot terdiri dari sel-sel memanjang yang disebut serat otot atau miosit yang dapat menggunakan ATP untuk menghasilkan gaya. Sebagai hasilnya, jaringan otot mempertahankan postur tubuh, menghasilkan panas dan juga memberikan perlindungan. Karakteristik utama dari jaringan otot adalah kemampuannya untuk memendek dan menebal (kontraksi). Ini disebabkan karena adanya interaksi dari dua protein kontraktile yaitu aktin dan miosin yang membentuk mikrofiliamen dalam sitoplasma dan bertanggung jawab dalam proses kontraksi. Otot berkontraksi untuk menggerakkan seluruh tubuh, untuk memompa darah melalui jantung dan pembuluh darah, dan untuk mengurangi ukuran organ berongga seperti lambung dan kandung kemih.

Berdasarkan struktur dan fungsinya, terdapat 3 tipe jaringan otot yaitu, otot rangka, otot polos, dan otot jantung. (1) Otot rangka. Jaringan otot rangka atau lebih umum disebut sebagai otot ditemukan dalam daging manusia dan kandungannya sekitar 40 % dari berat tubuh individu. Jaringan ini juga menghasilkan sejumlah panas yang sangat penting untuk membantu mempertahankan suhu tubuh agar tetap konstan. Otot rangka juga biasa disebut otot lurik (*striated muscle*) atau otot sadar. Sel (serat) otot rangka yang panjang dan berbentuk silinder mengandung banyak nukleus terletak di tepi seldan tampak bergaris. Setiap sel otot memiliki ujung saraf motorik sendiri. Impuls saraf yang berjalan ke otot sangat penting untuk menimbulkan kontraksi. Otot rangka dikontrol oleh saraf sadar karena seseorang dapat sengaja menyebabkan kontraksi otot rangka untuk mencapai gerakan tubuh tertentu. Namun sistem saraf dapat menyebabkan otot rangka berkontraksi tanpa pengaruh kesadaran. Seperti yang terjadi pada gerakan refleks dan pemeliharaan tonus otot. (2) Otot Polos juga disebut sebagai otot tak sadar (otot viseral). Istilah viseral mengacu kepada organ internal, yang banyak mengandung sel otot polos. Umumnya, otot polos bertindak untuk mendorong zat-zat melalui organ dengan kontraksi dan relaksasi. Disebut otot polos karena tidak memiliki garis atau pita seperti halnya pada otot rangka. Sel otot polos lebih pendek dari sel otot rangka. Berbentuk *spindle* dan meruncing pada ujungnya dan hanya memiliki satu nukleus yang terletak ditengah. Meskipun impuls saraf dapat menyebabkan kontraksi, otot polos umumnya tidak dapat dirangsang untuk berkontraksi oleh saraf sadar sehingga disebut sebagai otot tak sadar. Berarti kita tidak mengontrol kontraksinya, tetapi dikontrol oleh

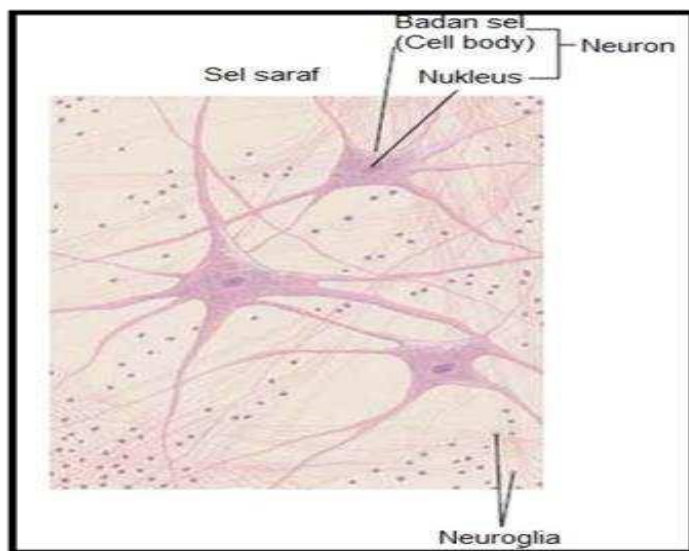
sistem saraf otonom. Jaringan otot polos ditemukan dalam dinding organ tubuh berongga seperti lambung, usus, kandung kemih, uterus, dan pembuluh darah. Sel otot polos tersusun dalam dua lapisan, lapisan longitudinal bagian luar dan lapisan sirkuler bagian dalam. Kontraksi simultan dari dua lapisan tersebut mendorong material ke dalam organ berongga dalam satu arah, karenanya makanan didorong oleh kontraksi otot polos sepanjang saluran pencernaan yang disebut *peristaltik* dan darah didorong sepanjang arteri dan vena. Urin juga didorong ke bawah menuju ureter oleh kontraksi otot polos. Dalam dinding arteri dan vena, otot polos mengonstriksi atau mendilatasi pembuluh untuk mempertahankan tekanan darah normal. Iris dari mata memiliki dua set otot polos untuk mengonstriksi atau mendilatasi pupil yang mengatur sejumlah cahaya yang masuk ke retina. (3) Otot jantung ditemukan hanya dalam dinding jantung. Sel otot jantung berbentuk silinder dan bercabang yang menghubungkan ke sel otot jantung lainnya. Cabang-cabang ini menghubungkan satu dengan yang lainnya melalui area khusus yang disebut *intercalated disk*. Otot jantung tampak bergaris mirip dengan sel otot rangka dan hanya memiliki satu nukleus setiap sel. Sel otot jantung lebih pendek daripada sel otot rangkadan otot polos. Otot ini bertanggung jawab untuk memompa darah melalui jantung dan ke dalam pembuluh darah.



Gambar 7. Jaringan otot dan Sel darah pada pembuluh darah manusia

D. Jaringan saraf

Sel dalam jaringan saraf yang menghasilkan dan menghantarkan impuls disebut neuron (sel saraf) (gambar 8). Sel ini memiliki 3 bagian utama: dendrit, badan sel, dan satu akson. Neuron adalah sel yang sangat panjang sehingga seperti sel otot, jaringan ini disebut sebagai serat saraf. Penjelasan lebih detail tentang neuron akan dibahas pada sistem saraf. Jaringan saraf membentuk otak, sumsum tulang belakang, dan berbagai saraf tubuh. Jaringan saraf mengontrol dan mengkoordinasikan aktivitas tubuh. Jaringan ini memungkinkan kita untuk memahami lingkungan dan beradaptasi terhadap perubahan kondisi. Jaringan ini mengkoordinasikan otot rangka kita, khususnya kepekaan pada penglihatan, rasa, bau, dan pendengaran. Jaringan ini mengontrol emosi dan kemampuan penalaran kita. Ini memungkinkan kita belajar melalui proses memori. Jaringan saraf juga meliputi sel yang tidak dapat mentransmisikan impuls tetapi mendukung aktivitas neuron yaitu sel glial, bentuk gabungan yang disebut *neuroglia*, yaitu sel yang terikat bersama neuron dan melindungi neuron. Jaringan saraf terdiri dari sel saraf yang disebut neuron dan beberapa sel khusus ditemukan hanya dalam sistem saraf. Sistem saraf memiliki dua divisi: sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi.

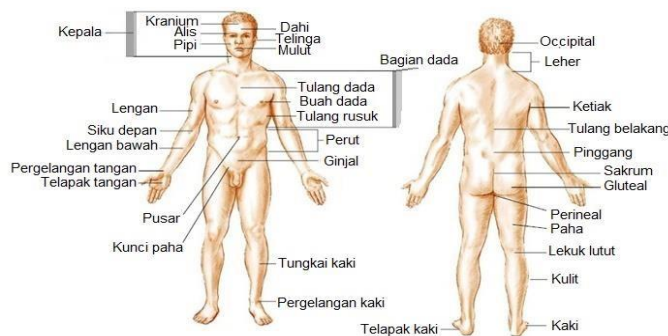


Gambar 8. Sel saraf (neuron)

BAB IV. ORGAN DAN SISTEM ORGAN

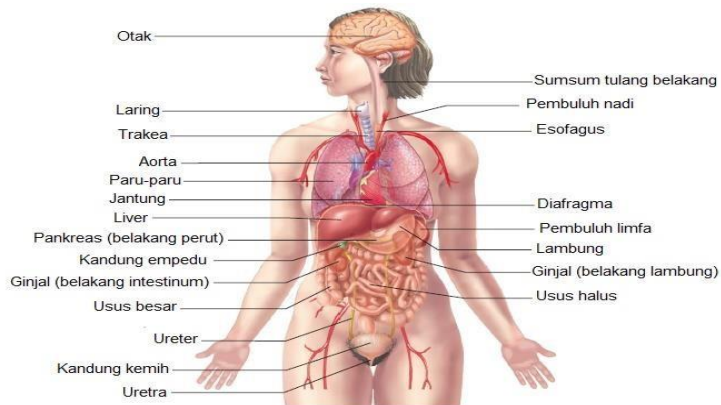
A. Organ

Organ terdiri dari dua atau lebih dari empat tipe jaringan yang tersusun dalam berbagai proporsi dan pola seperti sebagai lapisan, tabung, buntelan, dan irisan. Contoh, ginjal terdiri dari: Serangkaian tabung kecil yang masing-masing terdiri dari epitel sederhana, Pembuluh darah yang dindingnya mengandung berbagai jumlah otot polos dan jaringan ikat, Perpanjangan dari neuron yang berakhir dekat otot dan sel epitel, elemen jaringan ikat longgar yang menghubungkan seluruh bagian ginjal dan termasuk kapsul pelindung yang mengelilingi organ. Beberapa organ tersusun dalam unit yang kecil seperti subunit, yang sering disebut sebagai unit fungsional yang masing-masing melakukan fungsi organ. Contoh, unit fungsional dari ginjal adalah nefron yang mengandung tabung kecil. Intinya, kita memiliki sistem organ (kumpulan organ yang bersama melakukan fungsi secara keseluruhan). Contoh, ginjal, kandung kemih, ureter, dan uretra menyusun sistem urinari. Setiap organ tubuh manusia terdiri dari dua atau lebih jaringan yang bekerja bersama sehingga memungkinkan organ untuk melakukan fungsi spesifiknya. Tubuh mengandung sejumlah organ dan masing-masing memiliki bentuk dan fungsi yang jelas. Lambung, jantung, otak, dan juga tulang merupakan contoh organ. Bagian organ dapat dibedakan menjadi dua bagian yakni anterior dan posterior (gambar 9).



Gambar 9. Organ bagian anterior dan posterior

Beberapa contoh organ penting seperti otak, sumsum tulang belakang, pembuluh nadi, laring, esophagus, trakea, aorta, paru-paru, diafragma, jantung, liver, pankreas, lambung, kandung empedu, limfa, ginjal, usus halus, usus besar, ureter, kandung kemih, dan uretra (gambar 10).



Gambar 10. Organ dalam tubuh

B. Sistem organ

Kelompok organ terorganisir dalam sistem tubuh. Setiap sistem merupakan kumpulan organ yang melakukan fungsi yang terkait dan berinteraksi untuk menyelesaikan aktivitas umum yang sangat penting untuk kelangsungan hidup tubuh secara keseluruhan. Contoh, sistem pencernaan terdiri dari mulut, kelenjar saliva, faring, esofagus, lambung, pankreas, hati, kantung empedu, usus kecil dan usus besar. Organ pencernaan ini bekerja sama untuk memecahkan makanan menjadi molekul yang lebih kecil yang dapat diserap ke dalam darah untuk didistribusikan ke seluruh sel. Organ tubuh tersusun dalam kelompok fungsional sehingga fungsi tunggal mereka akan terkoordinasi untuk melakukan fungsi sistem yang spesifik. Kelompok fungsional yang terkoordinasi ini disebut sistem organ. Sistem pencernaan dan saraf adalah contoh dari sistem organ. Sebagian besar organ milik satu sistem organ, tetapi beberapa organ ditugaskan untuk lebih dari satu sistem organ. Contoh, pankreas termasuk ke dalam sistem pencernaan dan endokrin. Tabel 1 merangkum sistem organ dan fungsinya. Meskipun masing-masing sistem organ memiliki fungsi yang unik, semua sistem organ saling terkait satu sama lain. Contoh, semua sistem organ bergantung pada sistem kardiovaskuler untuk mengangkut material-

material ke dan dari sel mereka. Sistem organ bekerja bersama untuk mengaktifkan fungsi tubuh manusia.

Tabel 2. Sistem organ dan fungsinya

Sistem organ	Fungsi
Integumen	melindungi jaringan di bawahnya dan membantu mengatur suhu tubuh
Rangka	mendukung tubuh, melindungi organ vital, menyimpan mineral, dan menghasilkan unsur terbentuk
Otot	menggerakkan tubuh dan bagian tubuh dan menghasilkan panas
Respirasi	menukar O_2 dan CO_2 antara udara dan darah di paru-paru, pengaturan pH, dan menghasilkan suara
Kardiovaskular	mengangkut panas dan material ke dan dari sel-sel tubuh
Limfoid	mengumpulkan dan membersihkan cairan interstisial, dan mengembalikannya ke darah; memberikan kekebalan tubuh
Perkemihan	mengatur volume dan komposisi darah dengan membentuk dan mengeluarkan urin
Endokrin	mensekresikan hormon dan mengatur tubuh
Saraf	mengkoordinasi secara cepat fungsi tubuh dan mempermudah pembelajaran dan memori
Pencernaan	mencerna makanan dan menyerap nutrisi
Reproduksi pria	menghasilkan sperma dan

	mengirimkannya ke dalam vagina saat hubungan seksual
Reproduksi wanita	menghasilkan oosit, menerima sperma, menyediakan perkembangan intrauterin, pengembangan keturunan, dan memungkinkan kelahiran bayi

BAB V. SISTEM INTEGUMEN

Indera peraba terdapat pada kulit disamping itu kulit menutupi dan melindungi permukaan tubuh dan bersambung dengan selaput lendir yang melapisi rongga-rongga. Kulit menutupi dan melindungi permukaan tubuh dan bersambung dengan selaput lendir yang melapisi rongga. Kulit mempunyai banyak fungsi didalamnya terdapat ujung saraf peraba, membantu dan mengatur suhu dan mengendalikan hilangnya air dari tubuh dan mempunyai sedikit kemampuan ekskretori, sekretori dan absorpsi. Kulit umumnya paling tebal pada permukaan dorsal dan permukaan lateral anggota tubuh.

Lapisan Epidermis terdiri dari lapisan paling luar kulit, berbentuk epitel pipih banyak lapis berkeratin. Ada empat lapis yang dapat di klasifikasikan yaitu: Struktur basale, struktur spinosum, struktur granulosum, struktur corneum. Tebal epidermis bervariasi menurut tempatnya. Epidermis lazimnya tipis di daerah tubuh pelindung yang tebal, tetapi pada kulit tidak berbulu, seperti pada daerah hubungan mukokutaneus, epidermis lebih tebal.

A. Lapisan dermis

Dermis merupakan jalinan serabut kolagen, serabut elastic dan serabut retikuler. Dermis umumnya dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Lapisan superfisial (*stratum papillare*) yang berbatasan dengan lapisan dalam (*stratum reticulare*) tanpa adanya batas yang jelas. Lapisan superfisial langsung berbatasan dengan epidermis yang menyesuaikan diri dengan garis bentuk *stratum basale*. Terbentuk dari jalinan halus serabut kolagen, serabut retikuler dan elastic. Fibroblast, makrofag, sel plasma sel mast seringkali kromatofor (melanosit) dan sel lemak terdapat didalamnya.
2. Struktur lapis dalam dermis lebih kasar dan padat dari pada lapis superficial yang mengandung berkas serabut kolagen besar, tersusun parallel dengan permukaan. Di beberapa kulit kuda, lapisan ketiga terdapat dibawah lapis dalam. Pada daerah lateral leher, lapis tambahan ini terdiri dari berkas serabut kolagen yang amat tebal tersusun parallel, sedangkan di daerah gluteal dan sakral, serabut

kolagen tersusun tegak lurus. Sel-sel jaringan ikat lebih sedikit dari pada lapis dalam dibandingkan pada lapis superfisial.

3. Serabut otot polos dalam tampak pada dermis di daerah khusus seperti skrotum, punttik susu, dan penis. Serabut otot kerangka pada muskulus kulaneus (penikulus karnosus) menembus dermis yang memungkinkan gerakan kulit. Otot kerangka padat pula ada, berkaitan dengan sinus bulu besar dari daerah fasial.

Sub kulit. Subkuti (tela subcutanea) berupa jenis jaringan ikat longgar yang mempertautkan kulit dengan otot atau talang dibawahnya. Jalinan serabut kolegen dan elastis yang longgar memungkinkan fleksibitas kulit serta gerakn bebas di sekitar daerah tersebut. Jaringan lemak sering terdapat di dalamnya, dapat berupa sel-sel lemak secara individu, kelompok kecil atau merupakan sel lemak besar yang berfungsi sebagai bantalan yang disebut panikulus adiposus.

Derivate kulit. Pada hewan piaraan, bulu menutupi hamper seluruh tubuh, kecuali pada telapak kaki, kuku, gelas penis, hubungan mukokutaneus, dan punttik susu pada beberapa spesies.buluh bersifat lembut (fleksibel), menghasilkan bentuk karatin oleh folukel bulu. Bagian distal atau bagian bebas dari bulu di atas permukaan kulit disebut batang bulu. Bagian yang tertanam dalam folikel disebut akar bulu, yang memiliki bagian terminal berbentuk cawan cekung, disebut bulbus bulu yang bertaut pada papil dermal.

Batang bulu terdiri dari tiga lapis

1. Lapis kutikula paling luar: Kutikula terbentuk oleh selapis sel-sel pipih. Berkeratin yang ujung bebasnya saling menutupi seperti sususnan atap mengarah distal pada batang bulu
2. Korteks sel-sel keratin pekat: terdiri dari selapis sel barkeratin pekat yang sumbu memanjangnya tersusun parallel dengan batang bulu. Sisa-sisa inti dan pigmen terdapat dalam sel.
3. Medulla: berbentuk sel-sel kubus atau pipi tersusun agak longgar, merupakan bagian dalam diri bulu.

B. Folikel Bulu

Folikel terbentuk oleh pembuluh ectoderm ke dalam mesoderm embrio di bawahnya, tertanam dalam dermis, lazimnya berbentuk sudut, dan bulbus dapat menjulur ke dalam pencapi subkutis. Lapisan pling dalam

setelah akar buluh adalah selubung epitel granular dan lapis epitel pucat luar.

Folikel bulu diklasifikasikan dala beberapa tipe:

1. Folikel bulu prirmer memiliki :

- Diameter besar
- Tertanam dalam pada epidermis, dan biasanya berkaitan dengan kelenjar palit, kerajan peluh, muskukian disebut bulu primer, dan akarnya dekat permukaan.
- Dapat memiliki kelenjar palit,tetapi tidak memiliki kelenjar peluh dan muskukian arektor.
- Bulu dari folikel ini disebut bulu sekunder atau buluh bawah. Folikel yang hanya memiliki satu bulu yang mencuat ke permukaan di sebut folikel tunggal atau folikel sederhana.

2. Folikel majemuk

- Terdiri dari kelompok beberapa folikel bulu.
- Terletak dalam dermis.
- Folikel bulu majemuk lazimnya memiliki satu folikel bulu primer dan beberapa folikel sekunder.

Sinus Folikel Bulu. Sinus atau folikel berada pada kepala sangat khusus untuk indar peraba. Bentuk sangat besar berupa folikel tunggal ditandai dengan cincin sinus berisi darah antar lapisan dalam dan lapisan luar selubung dermis. Pada kuda dan ruminansia, cincin sinus berbatasi oleh trabekula fibroelastic pada seluruh penjangnya.

C. Kelenjar Peluh

Atas dasar ciri-ciri morfologi dan fungsional, kelenjar peluh (glandulae sudorierae) diklasifikasikan dalam dua tipe yaitu:

1. Apokrin

Perkembangan tipe aprokrin melus pada hewan piaraan. Kelenjar berbentuk katung sederhana atau tubules serderhsdsn dengan ujung kelenjar menggulung, dan penyalurannya lurus. Ujung kelenjar memiliki lumen luas, dibalut oleh epitel kubus sampai selinder rendah selapis tergantung pada aktifitas sekresi. Sitoplasmadapat mengandung glikogen, lipit atau butir pigmen. Permukan bebas sel-sel apokrin pada kelenjar peluh menunjukkan tonjilan sitoplasma, suatu bukti adanya aktivitas sekresi. Kelenjar opikrin pada hewan piaraan menyebar pada seluruh kulit. Pada kuda kelenjar ini sangat aktif dan menghasilkan peluh yang jelas pada saat bekerja padsa suhu tinggi. Pada spesies lain, sekresinya, tidak jelas karena sedikit.

2. Kelenjar merokrin

- Terdapat pada daerah kulit khusus, seperti telapak, kaki anjing kucing kuneus ugulata kuku kuda dll.
- Berbentuk tubulus sederhana dan mengulung dan bermuara langsung pada permukaan kulit dari pada ke folikel bulu.
- Alat penyalurannya relative lurus dan bermuara langsung pada permukaan epidermis.
- Terdiri dari dua lapis sel-sel epitel berbentuk kubus yang menopang membran basal.

D. Struktur kulit khusus

1. Telingan luar

Telingan luar terdiri dari:

- Daun telinga (*aurikula*: terdiri dari tulang rawan elastis pipih berlubang dan muskulus aurikularis yang berkuat). Keduanya dibalut kulit tipis mengandung kelenjar peluh, kelenjar palit dan folikel buluh.
- Saluran telinga luar (*meatus auditorius*), memiliki kontur yang tidak teratur disebabkan oleh lipatan kulit permanen dengan sel-sel lemak di tengahnya. Kulit yang membulat saluran mengandung banyak folikel bulu halus, kelenjar serumen.

2. Kelopak Mata

Kelopak mata atas dan bawah melindungi bola mata dan membentuk mempertahankan permukaannya yang harus selalu basah pembungkus paling luar kedua kelopak mata adalah kulit khusus yang mengandung kelenjar peluh, kelenjar palit dan folikel buluh. Bulu khusus disebut bulu mata, lebih banyak terdapat pada kelopak mata atas pada semua spesies, kecuali kucing. Pada kelopak mata bawah bulu mata lebih sedikit jumlahnya pada ruminansia dan kuda dan umumnya tidak ada pada kucing, anjing, dan babi. Permukaan dalam kelopak mata disebut *konjunktiva palpebra* berupa selaput lender. Epitel pembalut bervariasi dengan daerah dan spesiesnya. Mulai dari epitel pipih banyak lapis dekat pinggir kelopak mata, sampai berbagai kombinasi bentuk, selinder, kubus, polyhedral dan sel-sel pipih. Gambaran khas kelopak mata adalah kelenjar tarsal yang berkembang lebih baik dari pada kelopak mata atas. Bersifat sebagai kelenjar palit multilobular dengan saluran sentral yang bermuara pada permukaan palpebra pada pinggir kelopak mata. Kelenjar tarsal dikelilingi oleh lempeng tarsal, suatu lapis serabut kolagen dan elastik pekat.

3. Hidung

Kulit di sekitar lubang hidung luar sedikit mengalami modifikasi pada setiap spesies hewan piaraan, misalnya pada:

- Anjing, kucing, terdiri dari epidermis tebal dan berkaitan dengan elavasi serta lekuk yang jelas yang merupakan basis untuk identifikasi bentuk hidung
- Kuda, kulit biasanya tipis dan mengandung buluh halus dengan banyak kelenjar patil.

BAB VI. SISTEM KARDIVASKULER (PEREDARAN DARAH)

Sistem kardiovaskuler yaitu suatu sistem yang secara umum berperan mengedarkan darah keseluruh tubuh, sekaligus membawa oksigen dan zat gizi ke semua jaringan tubuh serta mengangkut semua zat buangan. Sistem kardiovaskuler terdiri dari jantung dan pembuluh darah. Jantung adalah pompa otot beruang empat yang mendorong darah mengelilingi sirkulasi. Sistem vaskuler atau pembuluh darah terdiri dari arteri yang membawa darah dari jantung ke jaringan, kapiler berdinding tipis yang memungkinkan difusi gas dan zat metabolik, dan vena serta venula yang mengembalikan darah ke jantung.

Secara umum sistem kardiovaskuler memiliki fungsi:

- Mengangkut nutrisi, oksigen dan hormon ke seluruh tubuh dan melepaskan limbah metabolik (karbon dioksida, limbah nitrogen).
- Perlindungan tubuh oleh sel darah putih, antibodi dan protein komplemen yang beredar dalam darah dan mempertahankan tubuh terhadap mikroba asing dan toksin. Mekanisme pembekuan juga turut serta melindungi tubuh dari kehilangan darah setelah cedera.
- Pengaturan suhu tubuh, pH cairan dan kadar air sel.
- Bagaimanapun sistem kardiovaskuler, memerlukan fungsi kooperatif sistem lain untuk mempertahankan komposisi darah dan sebagainya untuk melestarikan homeostasis intraseluler. Misalnya, pencernaan dan organ ekskretori yang berperan dalam menjaga konstitusi homeostasis darah, saraf otonom, sistem endokrin, sistem koordinat kardiovaskuler, serta fungsi lainnya.

A. Jantung

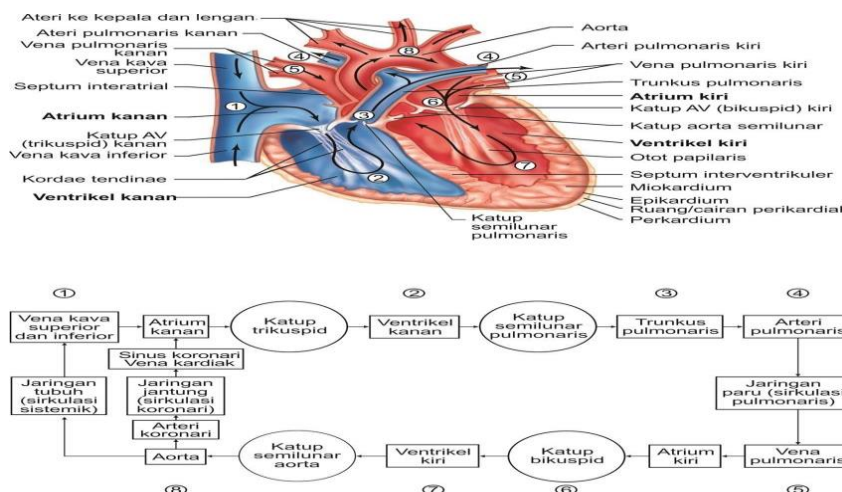
Jantung terletak dalam rongga mediastinum rongga dada, yaitu diantara paru-paru. Posisi jantung miring sehingga bagian ujungnya yang runcing (apex) menunjuk ke arah bawah ke pelvis kiri, sedangkan ujungnya yang lebar yaitu bagian dasarnya, menghadap ke atas bahu kanan. Jantung terdiri dari dua lapisan yaitu; (1) lapisan dalam atau perikardium viseral, dan (2) lapisan luar (perikardium parietal). Kedua lapisan ini dipisahkan oleh sedikit cairan pelumas, yang mengurangi

gesekan akibat gerakan pemompaan jantung. Perikardium juga melindungi terhadap penyebaran infeksi atau neoplasma dari organ-organ sekitarnya ke jantung.

Dinding jantung terdiri atas tiga lapisan yaitu:

1. Epikardia adalah lapisan visera pada perikardia serum.
2. Miokardia adalah bagian jantung yang berotot, terdiri atas otot jantung yang berkontraksi dan serta purkinje yang tidak berkontraksi yang mengantarkan impuls saraf.
3. Endokardia adalah endotelium tipis dan halus yang menjadi pembatas dalam jantung yang berhubungan dengan pembatas dalam pembuluh darah.

Dua pertiga jantung berada di sebelah kiri sternum. Apex jantung, berada di sela iga keempat dan kelima pada garis tengah klavikula. Pada dewasa rata-rata panjangnya kira-kira 12 cm dan lebar 9 cm dengan berat 300 sampai 400 g. Secara fungsional jantung dibagi menjadi pompa sisi kanan dan sisi kiri, yang memompa darah vena ke sirkulasi paru, dan darah bersih ke sirkulasi sistemik. Pembagian fungsi ini mempermudah konseptualisasi urutan aliran darah secara anatomi: vena kava, atrium kanan, ventrikel kanan, arteri pulmonalis, vena pulmonalis, atrium kiri, aorta arteri, arteriola, kapiler, venula, vena, dan vena kava (gambar 11).



Gambar 11. Anatomi jantung

Gambar 11. Penampang Diagram dari jantung (Atas). Tanda panah menunjukkan arah aliran darah. Bawah: Daftar diagram, dalam urutan,

struktur melalui mana darah mengalir di sirkulasi sistemik, paru, dan koronari. Katup jantung ditandai dengan lingkaran (bawah).

1. Ruang jantung

Jantung terdiri atas 4 ruang, yaitu 2 ruang yang ber dinding tipis disebut atrium (bilik) dan 2 ruang yang ber dinding tebal disebut ventrikel (serambi) (gambar 11).

Tabel 3. Ruang jantung dan fungsinya

Ruang Jantung	Fungsi
Atrium kanan	Sebagai penampung (reservoir) darah yang rendah oksigen dari seluruh tubuh melalui vena kava superior dan inferior dan dari jantung melalui sinus koronari. Tekanan di atrium kanan 2 sampai 6 mmHg dengan saturasi oksigen 75%. Kemudian darah dipompakan ke ventrikel kanan dan selanjutnya ke paru.
Atrium kiri	Menerima darah yang kaya oksigen dari kedua paru melalui empat buah vena pulmonalis. Tekanan atrium kiri 4 sampai 12 mmHg dengan saturasi oksigen 95% sampai 98%.
Ventrikel kanan	Menerima darah dari atrium kanan dan dipompakan ke paru-paru melalui arteri pulmonalis. Tebal dinding kanan biasanya 0,5 cm dan tekanan sistoliknya 15-39 mmHg dan diastolik 0-5 mmHg dengan saturasi oksigen 75%
Ventrikel kiri	Menerima darah dari atrium kiri dan dipompakan keseluruh tubuh melalui aorta. Tebal dari dinding ventrikel kiri normalnya adalah 120 mmHg dan diastolik 0-10 mmHg dengan saturasi oksigen sebesar 95-98%.

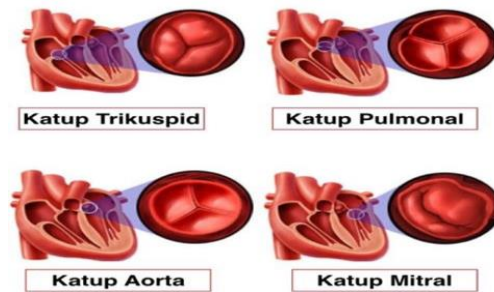
2. Katup jantung

Katup jantung adalah jaringan khusus di dalam ruang jantung yang mengatur urutan aliran darah dari satu bagian ke bagian lain. Tabel 4;

gambar 12 di bawah ini merupakan katup yang berada di dalam jantung beserta letak dan fungsinya.

Tabel 4. Lokasi dan struktur dan fungsi katup jantung

Katup	Lokasi	Struktur dan Fungsi
Katup trikuspid	Antara atrium kanan dan ventrikel kanan	Terdiri dari tiga daun katup yang mencegah aliran balik darah dari ventrikel kanan ke atrium kanan selama kontraksi ventrikel
Katup semilunar paru	Antara ventrikel kanan dan batang paru	Terdiri dari tiga flaps-bulan berbentuk setengah. Mencegah aliran balik darah dari trunkus paru ke ventrikel kanan selama ventrikel relaksasi
Katup bicuspid (mitral)	Antara atrium kiri dan ventrikel kiri	Terdiri dari dua katup yang mencegah aliran balik darah dari ventrikel kiri ke atrium kiri selama kontraksi ventrikel
Katup semilunar aorta	Antara ventrikel kiri dan aorta menaik	Terdiri dari tiga flaps-bulan berbentuk setengah. Mencegah aliran balik darah dari aorta ke ventrikel kiri selama kontraksi ventrikel.



Gambar 12. Katup-katup jantung

3. Sistem pengaturan jantung

- a. Serat Purkinje. Serat ini adalah serabut otot jantung khusus yang mampu mengantarkan impuls dengan kecepatan lima kali lipat kecepatan hantaran serabut otot jantung. Hantaran yang cepat di sepanjang sistem Purkinje memungkinkan atrium berkontraksi bersamaan, kemudian diikuti dengan kontraksi ventrikular yang serempak, sehingga terbentuk kerja pemompaan darah yang terkoordinasi.
- b. Nodus sinoatrial (nodus SA)
 - 1) Lokasi. Nodus SA adalah suatu massa jaringan otot jantung khusus yang terletak di dinding posterior atrium kanan tepat di bawah permukaan vena kava superior.
 - 2) Nodus SA melepaskan impuls sebanyak 72 kali permenit, frekuensi irama yang lebih cepat dibandingkan dalam atrium (40 sampai 60 kali permenit), dan ventrikel (20 kali permenit). Nodus ini dipengaruhi saraf simpatis dan parasimpatis sistem saraf otonom, yang akan mempercepat atau memperlambat iramanya.
 - 3) Nodus SA mengatur frekuensi kontraksi irama, sehingga disebut pemacu jantung (pacemaker).
- c. Nodus atrioventrikular (nodus AV)
 - 1) Lokasi. Impuls menjalar di sepanjang pita serat purkinje pada atrium, menuju nodus AV yang terletak di bawah dinding posterior atrium kanan.
 - 2) Nodus AV menunda impuls seperatusan detik, sampai ejeksi darah atrium selesai sebelum terjadi kontraksi ventrikular.
- d. Berkas AV (berkas His)
 - 1) Lokasi. Berkas AV adalah sekelompok besar serat purkinje yang berasal dari nodus AV dan membawa impuls di sepanjang septum interventrikular menuju ventrikel. Berkas ini dibagi menjadi percabangan berkas kanan dan kiri.

- 2) Percabangan berkas kanan memanjang di sisi dalam ventrikel kanan. Serabut bercabang menjadi serat-serat purkinje kecil yang menyatu dalam serat otot jantung untuk memperpanjang impuls.
- 3) Percabangan berkas kiri memanjang di sisi dalam ventrikel kiri dan bercabang ke dalam serabut otot jantung kiri.

4. Otot jantung

Otot jantung adalah otot penyusun dinding jantung yang meliputi sel-sel cardiomyocyte atau sel otot myocardiocyteal yang berjumlah satu atau dua, tetapi adapun berjumlah tiga atau empat inti sel yang sangat jarang terjadi. Otot jantung disebut juga myocardium. Myo artinya otot dan cardium artinya jantung. Otot jantung bergerak di bawah kesadaran yang tak dipengaruhi oleh perintah otak atau saraf pusat. Otot jantung merupakan gabungan otot polos dan otot lurik karena memiliki kesamaan, sebagaimana otot jantung memiliki daerah gelap dan terang, memiliki banyak inti sel yang terletak di tengah seperti otot lurik sedangkan otot polos memiliki kesamaan sifat seperti bergerak secara tak sadar (involunter). Otot ini bekerja tanpa lelah, tanpa beristirahat yang membuat darah terus mengalir artinya manusia tetap hidup jika berhenti maka akan membuat kematian bagi manusia. Adapun fungsi otot jantung yaitu:

1. Membantu memompa darah ke seluruh tubuh
2. Membersihkan tubuh dari hasil metabolisme (karbondioksida)
3. Sel-sel pada otot jantung membantu dalam kontraksi sel lainnya
4. Otot jantung menyediakan cara pemompaan ventrikel pada jantung
5. Otot jantung berfungsi meremas darah sehingga darah dapat keluar dari jantung saat berkontraksi dan mengambil darah pada relaksasi
6. Menunjang kerja dari organ jantung

B. Persarafan pada jantung

Jantung diatur oleh sistem saraf otonom. Sistem saraf otonom berganti pada sistem saraf pusat, dan antara keduanya dihubungkan oleh serat-serat saraf aferen dan eferen. Juga memiliki sifat seolah-olah sebagai bagian sistem saraf pusat, yang telah bermigrasi dari saraf pusat guna mencapai kelenjar, pembuluh darah, jantung, paru-paru dan usus. Oleh karena sistem saraf otonom itu terutama berkenaan dengan pengendalian organ-organ dalam secara tidak sadar. Maka kadang-kadang juga disebut susunan saraf tak sadar. Jantung diatur oleh dua cabang saraf, sistem saraf otonom: simpatis atau adrenergik dan parasimpatis atau kolinergik.

1. **Sistem saraf simpatis** terletak di depan kolumna vertebra dan berhubungan serta bersambung dengan sumsum tulang belakang melalui serat-serat saraf. Sistem saraf simpatis terdiri dari serangkaian serat kembar yang bermuatan ganglion-ganglion. Serat-serat itu bergerak dari dasar tengkorak yang terletak di depan kolumna vertebra. Kemudian berakhir dalam pelvis di depan koksigs, sebagai ganglion koksigeus.
2. **Sistem saraf parasimpatis**, bekerja sebaliknya untuk memperlambat jantung. Salah satu dari sistem saraf parasimpatis adalah saraf vagus atau saraf kranial kesepuluh, membawa impuls yang memperlambat denyut jantung (heart rate) dan konduksi impuls melewati nodus AV dan ventrikel. Rangsangan pada sistem ini mensekresikan senyawa kimia asetikolin, yang memperlambat denyut jantung. Saraf vagus dirangsang oleh baroreseptor (reseptor yang peka terhadap perubahan tekanan), khususnya sel saraf di aorta dan pembuluh arteri karotid internal. Kondisi yang menstimulasi baroreseptor juga menstimulasi saraf vagus. Sebagai contoh perubahan baroreseptor dapat terjadi selama periode hipertensi atau menggunakan alat untuk menekan arteri karotid untuk menstimulasi baroreseptor. Tindakan ini disebut pijat sinus karotid, baroreseptor pada pembuluh arteri karotid akan teraktivasi dan menyebabkan perlambatan pada kecepatan jantung.

Tabel 5. Efek stimulasi parasimpatis dan simpatis

Daerah yang Terkena	Efek Stimulasi Parasimpatis	Efek Stimulasi Simpatis
Nodus SA	Mengurangi kecepatan depolarisasi ke ambang; mengurangi kecepatan denyut jantung	Meningkatkan kecepatan depolarisasi ke ambang; meningkatkan kecepatan denyut jantung
Nodus AV	Mengurangi eksibilitas; meningkatkan penundaan nodus AV	Meningkatkan eksabilitas; mengurangi penundaan nodus AV

Jalur Hantaran Ventrikel	Tidak ada efek	Meningkatkan eksitabilitas; mempercepat hantaran melalui berkas His dan sel Purkinje
Otot Atrium	Mengurangi kontraktilitas;memperlemah kontraksi	Meningkatkan kontraktilitas; memperkuat kontraksi
Otot Ventrikel	Tidak ada efek	Meningkatkan kontraktilitas; memperkuat kontraksi
Medula Adrenal (Suatu Kelenjar Endokrin)	Tidak ada efek	Mendorong sekresi epinefrin medula adrenal, suatu hormon yang memperkuat efek sistem saraf simpatis pada jantung
Vena	Tidak ada efek	Meningkatkan aliran balik vena, yang meningkat kekuatan kontraksi jantung melalui mekanisme Frank-Starling

C. Tekanan Darah

Tekanan darah adalah kekuatan darah terhadap dinding pembuluh darah, biasanya mengacu pada tekanan darah arteri di sirkuit sistemik (dalam aorta dan cabang-cabangnya). Tekanan darah arteri adalah terbesar selama kontraksi ventrikel (sistol) ketika darah dipompa ke aorta dan cabang-cabangnya. Tekanan ini disebut tekanan darah sistolik, dan

secara optimal rata-rata 110 milimeter air raksa (mm Hg) ketika diukur di arteri brakialis. Tekanan arteri terendah terjadi selama relaksasi ventrikel (diastol). Tekanan ini disebut tekanan darah diastolik, dan secara optimal rata-rata 70 mm Hg. Perbedaan antara tekanan darah sistolik dan diastolik dikenal sebagai tekanan nadi. Peningkatan dan penurunan tekanan darah arteri selama sistol dan diastol ventrikel menyebabkan ekspansi yang sebanding dan kontraksi dinding arteri elastis. Perluasan berdenyut dari dinding arteri menyebabkan setiap ventrikel berkontraksi, dan dapat dideteksi nadinya dengan menempatkan jari pada arteri superfisial.

D. Faktor-faktor yang mempengaruhi tekanan darah

Ada tiga faktor utama yang mempengaruhi tekanan darah, yaitu: curah jantung, volume darah, dan resistensi perifer. Peningkatan setiap faktor ini menyebabkan peningkatan tekanan darah, sedangkan penurunan ke tiga faktor ini menyebabkan penurunan tekanan darah. Peningkatan atau penurunan curah jantung menyebabkan perubahan yang sebanding dengan tekanan darah. Volume darah dapat berkurang karena perdarahan berat, muntah, diare, atau asupan air berkurang. Penurunan volume darah menyebabkan penurunan tekanan darah. Banyak obat yang digunakan untuk mengobati hipertensi beraksi sebagai diuretik, yang berarti obat ini meningkatkan volume urin dan akibatnya volume darah menurun. Begitu cairan yang hilang diganti, tekanan darah kembali normal. Sebaliknya, jika tubuh menahan terlalu banyak cairan, volume darah dan tekanan darah meningkat. Diet tinggi garam merupakan faktor risiko untuk hipertensi karena menyebabkan darah untuk menahan lebih banyak air sebagai akibat dari osmosis, dan menyebabkan peningkatan volume darah.

Resistensi perifer adalah perlawanan terhadap aliran darah yang diciptakan oleh gesekan darah terhadap dinding pembuluh darah. Peningkatan resistensi perifer akan meningkatkan tekanan darah, sedangkan penurunan tahanan perifer menurunkan tekanan darah. Resistensi perifer ditentukan oleh diameter pembuluh, panjang total pembuluh, dan viskositas darah. Arteriol memainkan peran penting dalam mengontrol tekanan dengan mengubah diameter pembuluh darah. Ketika arteriol berkonstriksi, resistensi perifer meningkat dan tekanan darah meningkat pula. Ketika arteriol berdilatasi, resistensi perifer dan tekanan darah menurun. Resistensi perifer berbanding lurus dengan total panjang pembuluh darah di tubuh: semakin panjang total panjang pembuluh, semakin besar resistensi untuk mengalir. Baroreseptor juga membantu

mengatur tekanan darah. Baroreseptor mengukur tekanan darah dan terletak di aorta dan arteri karotis. Jika tekanan meningkat dalam pembuluh darah ini, informasi ini dikirimkan ke pusat jantung di medula oblongata. Pusat jantung kemudian tahu untuk menurunkan denyut jantung, yang kemudian menurunkan tekanan darah. Jika tekanan terlalu rendah di aorta, baroreseptor menangkap informasi ini dan mengirimkannya ke pusat jantung. Pusat jantung kemudian meningkatkan denyut jantung untuk meningkatkan tekanan darah.

Orang gemuk cenderung memiliki hipertensi sebagian disebabkan karena tubuh mereka mengandung lebih banyak pembuluh darah untuk melayani jaringan adiposa tambahan. Viskositas adalah resistensi dari cairan untuk mengalir. Sebagai contoh, air memiliki viskositas rendah, sedangkan madu memiliki viskositas tinggi. Viskositas darah ditentukan oleh rasio plasma terhadap elemen dan protein plasma yang terbentuk. Peningkatan viskositas, atau pergeseran rasio ke arah elemen dan protein plasma yang terbentuk, meningkatkan resistensi perifer dan tekanan darah. Dehidrasi (kehilangan air dari plasma) dan polisitemia (peningkatan jumlah sel darah merah) dapat meningkatkan viskositas. Abnormal dari kadar lemak darah dan gula darah yang tinggi juga merupakan faktor risiko hipertensi karena mereka meningkatkan viskositas darah, selain itu meningkatkan pembentukan plak di dinding pembuluh. Penurunan viskositas dengan hidrasi yang berlebihan atau jenis tertentu dari anemia akan menurunkan resistensi perifer dan tekanan darah.

BAB VII. SISTEM RANGKA

Rangka secara umum, terbagi atas:

1. Kerangka axia (kerangka sumbu) : terdiri atas kepala dan badan, termasuk tulang-tulang:
 - Tengkorak
 - Tulang belakang
 - Tulang dada dan iga
 - Tulang hyoid
2. Kerangka apendikular: terdiri atas anggota gerak dan gelang panggul.
 - Anggota gerak atas
 - Anggota gerak bawah

A. Tulang rangka diklasifikasi sesuai dengan bentuk dan formasinya:

- Tulang Panjang (tulang pipa)
Di jumpai dalam anggota gerak. Setiap tulang Panjang terdiri atas: bagian batang dua bagian ujung. Tulang pipa bekerja sebagai alat ungkit dari tubuh dan memungkinkannya bergerak.
- Tulang pendek
Sebagian besar terbentuk dari jaringan tulang jarang. Karena di perlukan sifat ringan dan kuat. Tulang-tulang ini diselubungi jaringan padat tipis. Contohnya: pada tulang-tulang karpalia di tangan dan tarsalia di kaki.
- Tulang pipih
Terdiri atas dua lapis jaringan keras dengan di tengahnya lapisan tulang seperti spons. Di jumpai seperti pada: tulang tengkorak, tulang *inominata* tulang panggul atau *koxa*, iga-iga dan scapula (tulang belikat). Tulang pipih menyediakan permukaan luas untuk kaitan otot-otot, misalnya scapula.
- Tulang tak beraturan
Tulang yang tidak termasuk dari ketiga tulang di atas. Contohnya tulang tak beraturan adalah vertebrata dan tulang wajah.
- Tulang sesamoid
Tulang pipih berkembang dalam tendon otot-otot dan di jumpai di dekat sandi. Contoh patella yang terbesar dari jenis lain.

Tulang tengkorak

Tengkorak adalah tulang tengkorak dari kepala di susun menjadi dua bagian cranium terdiri atas delapan tulang dan kerangka wajah terdiri atas empat belas tulang.

- Cranium (kalvaria) terdiri atas delapan tulang.
 - 1 tulang oksipital – tulang kepala belakang
Terletak dibagian belakang dan dibawah orngga cranium. Ditembusi oleh foramen mengnum atau lubang tulang kepala belakang yang dilalui medulla oblogata untuk bertemu dengan medulla spinalis sisi foramen magnum berupa massa tulang yang membentuk kondil-kondil (kondilus) tengkorak untuk dijadikan permukaan persediaan untuk atlas (tulang penjunjung)
 - 2 tulang parietal- tulang ubun-ubun
Membentuk bersama atas dan sisi tengkorak. Permukaan luarnya halus, tetapi permukaan dalam di tandai oleh kerutan-kerutan yang membuat arteri-arteri cranium.
 - 1 tulang frontal- tulang dahi
Membentuk dahi dan di bagian atas rongga mata. Tetapi supraobitar ditandai dengan takik di tangan sebelah dalam . melalui takik ini permulaan supraorbital dan saraf supraorbital lewat. Permukaan sebelah dalam tulang frontal ditandai dengan lekukan -lekukan yang di- timbulkan oleh lekukan- lekukan permukaan otot
 - 2 tulang temporal – tulang pelipis
Membentuk bagian bawah dari sisi kanan dan kiri dari tengkorak. Setiap tulang terdiri atas dua bagian: bagian squama dan bagian pipih menjulang keatas dan memungkinkan otot- otot temporal terkait padanya. Bagian mastoid terletak dibelakang dan berjalan kebawah sebagai proses mastoid: permukaan luar memungkinkan otot sternokleido mastoideus berkaitan padanya.
 - 1 tulang etmoid- tulang tapis
Tulang yang ringan seperti spons, berbentuk kubus terbentuk pada atas hidung dan terjepit di antara kedua rongga mata. Terdiri atas dua mata lateral atau terdiri atas rongga etmoid atau sinis. sinus – sinus ini tertutup kecuali pada penghubung rongga hidung. Etmoid juga membuat lempengan tidak lurus dan lempengan kribriiformis (bentuk tapis). Lempengan tengah yang tegak membentuk bagian atas dari spatum naslis (sekat hidung). Lempengan kiri biformis duduk tepat didalam sebuah takik pada tulang dahi diatas lempengen terletak sekumpulan alat penghidu (bulbus ofaktorus)

dan melalui lubang-lubang lempeng berjalan serabut – serabut saraf penghidu ke bagian atas hidung.

Rangka tengkorak mempunyai permukaan atas yang dikenal sebagai kubah tengkorak, licin ada permukaan luar dan pada permukaan dalam ditandai dengan gil-gil berlekukan supaya dapat sesuai dengan otak dan pembuluh darah. permukaan dari rongga di kenal sebagai dasar tengkorak atau basis kranii di tembusi oleh banyak tulang supaya dapat dilalui serabut saraf dan pembuluh darah.

Tulang muka

Terdiri atas 14 tulang yaitu:

- Dua tulang hidung membentuk lengkung hidung.
- Dua hidung pelantum membentuk atap mulut atas dan dasar hidung.
- Dua tulang lakrimalis (tulang air mata) membentuk saluran air mata bagian dari tulang rongga mata pada sudut dalam rongga mata. Melalui celah air mata disalurkan ke hidung.
- Dua tulang zigomatikus (tulang lengkung pipih). Proses dari tulang ini Bersatu dengan proses zigomatikus dari tulang temporal untuk membentuk lengkung tulang pipih atau arkus zigomatikus.
- Satu vomer (tulang pisau kuku) membentuk bagian bawah dari sekat menulang dari hidung. (bagian atas dari sekat hidung dibentuk oleh lempeng tengga etmoid atau lempeng tegak etmoid).
- Dua tulang turbinatum inferior ketrang hidung bawah merupakan pasangan terbesar dari tiga pasangan lipatan (konka hidung) dinding lateral maxilla.
- Dua maxilla membentuk rahang atas dan membuat gigi atas. Badan maxilla membuat ruang udara yang agak besar, yaitu sinus maxilaris atau antrum highmore, yang berhubungan dengan hulu hidung melalui dua lubang kecil.
- Manibula membentuk rahang bawah. Selain tulang-tulang kecil dalam telinga manibula merupakan satu-satunya tulang pada tengkorak yang dapat bergerak. Manibula terletak atas bagian badan yaitu bagian lengan yang melengkung horizontal, yang membentuk dagu dan berisi gigi bawah, dan ada dua tegak yang berisi ramus, yaitu sbelah kiri manibula atau sudut rahang. Manibula dapat ditekan dan diangkat pada waktu membuka dan menutup mulut dan ditonjolkan, di Tarik ke belakang dan sedikit di goyangkan dari kiri ke kanan dan sebaliknya sebagaimana terjadi pada waktu mengunyah.

Rangka dada.

Rangka dari dada (torax) tersusun atas tulang dan tulang rawan. Torax berupa sebuah rongga berbentuk kerucut, dibawah lebih lebar dari pada di atas dan di belakang lebih panjang daripada di depan. Disebelah belakang torax dibentuk oleh kedua belas vertebra toraklis, di depan oleh sternum disamping oleh kedua belas pasang iga, yang melingkar badan mulai dari belakang dari tulang belakang sampai ke sternum di depan.

Sternum

Sternum atau tulang dada adalah sebuah tulang pipih, yang terbagi atas 3 bagian, yaitu

1. Manubrium sterni adalah sepasang tulang berbentuk, segitiga terletak di atas badan sternum. Pada sisi atas dan sampingnya manubrium sterni membuat sendi dengan klavikula dengan perantara takik klavikuler.
2. Presesus ensiformis (tulang xifoid) adalah bagian tulang yang paling rendah dari sternum. Pada usia muda berupa tulang rawan, tetapi pada usia dewasa ia menjadi lebih tulang.
3. Iga-iga terdapat dua belas pasang iga yang bersambungan di belakang membuat sendi dengan perantara fase yang terdapat pada sisi badan ruas tulang punggung dan prosesus transversusnya yang sesuai dengan faset yang serupa pada setiap iga-iga

Tulang belakang dan gelang panggul

Kolumna vertebralis atau rangkaian tulang tulang belakang adalah sebuah struktur lentur yang dibentuk oleh sejumlah yang disebut vertebra atau ruas tulang belakang. Diantara tiap dua ruas tulang pada tulang belakang terdapat bantalan tulang rawan Panjang rangkayan tulang belakang pada orang dewasa dapat mencapai 57 sampai 67 sentimeter. Seluruhnya terdapat 33 ruas tulang, 24 buah diantaranya adalah tulang-tulang terpisah dan 9 ruas sisanya bergabung membangun dua tulang.

B. Kerangka Anggota Atas

Kerangka anggota atas dikaitkan pada kerangka badan dengan perantara gelang bahu, yang terdiri atas klavikula dan scapula dibawahnya terdapat tulang-tulang yang membentuk kerangka lengan bawah dan tapak tangan yang seluruhnya berjumlah 30 buah tulang antara lain :

1. Humerus (tulang lengan atas)

2. Ulna dan Radius(tulang hasta dan tulang pengumpil)
3. Delapan tulang karpal(tulang pangkal tangan)
4. Lima tulang metakarpal(tulang tapak tangan)
5. Empat belas falanx(ruas jari tangan)

1. Humerus

Humerus atau tulang lengan atas adalah tulang terpanjang dari anggota atas. Memperhatikan sebuah batang dan dua ujung.

1.1 Ujung atas humerus

Sepertiga dari atas humerus terdiri atas sebuah kepala, yang memuat sendi dengan rongga glenoid dan scapula dan merupakan bagian dari bangunan sendi bahu. Di bawah leher ada bagian yang sedikit lebih ramping yang disebut leher anatomik. Di sebelah luar ujung atas bawah leher anatomik terdapat sebuah benjolan yaitu tuberositas mayor dan disebelah depan ada benjolan lebih kecil yaitu tuberositas minor.

1.2 Batang humerus

Sebelah atas bundar, tetapi semakin kebawah menjadi lebih pipih. Sebuah tuberkel disebelah lateral batang, tepat diatas pertengahan, disebut tuberositas deltoideus yang menerima insersi atau kaitan otot deltoid.

1.3 Ujung bawah humeralis

Lebar dan agak pipih. Pada bagian yang paling bawah terdapat permukaan sendi yang dibentuk bersama tulang lengan bawah. Trochlea yang terletak disisi sebelah dalam berbentuk gelondong benang tempat persendian dengan ulna, dan disebelah luar terdapat karitulum yang bersendi dengan radius. Pada kedua sisi ujung bawah humerus terdapat dua epikondial, yaitu epikondil lateral dan disebelah luar epikondil medial disebelah dalam.

2. Ulna

Ulna atau tulang hasta adalah sebuah tulang pipa yang mempunyai sebuah batang dan dua ujung. Tulang itu adalah tulang sebelah medial dari lengan bawah dan lebih panjang dari radius atau tulang pengumpil. Kepala ulna ada disebelah ujung bawah.

Ujung atas ulna :

- Kuat dan tebal masuk dalam formasi sendi siku.
- Prosesus olekranon menonjol ke atas disebelah belakang dan tempat masuk dalam fossa olekranon dari humerus.

- Prosesus koronoideus dari ulna menonjol didepannya, lebih kecil dari prosesus olekranon dan tempat masuk didalam fossa koronoid dari humerus bila siku dibelokkan.

Batang ulna :

- Makin mendekati ujung bawah makin kecil
- Memberi kaitan pada otot yang mengendalikan gerakan dari pergelangan tangan dan jari.
- Otot- otot fiexer dating dari permukaan anterior dan otot-otot extensor dari permukaan posterior

3. Radius

Radius adalah sisi lateral lengan bawah. Merupakan tulang pipa dengan sebuah batang dan dua ujung dan lebih pendek dari pada ulna.

- Ujung atas radius
Ujung atas radius kecil dan memperlihatkan kepala berbentuk kancing dengan permukaan bawah dan melebar makin mendekati ujung bawah.
Sisi kepala radius bersendi dengan takik radial dari ulna, bagian kepala terletak leher, dan dibawah serta disebelah medial dari leher ada tuberositas radii, yang dikaitkan pada tedon dari insersi otot bisep.
- Batang radius
Disebelah atas batangnya lebih sempit dan lebih bundar dari pada dibawah dan melebar makin mendekati ujung bawah.
Batangnya melengkung disebelah luar dan terbagi dalam beberapa permukaan
Ujung bawah ulna gak berbentuk persegi empat dan masuk dalam formasi dua buah sendi.

4. Tulang pergelangan tangan

Tulang tangan disusun dalam beberapa kelompok:

- Karpus(tulang pangkal tangan)
Terdiri atas delapan tulang tersusun dalam dua baris, empat tulang dalam setiap baris tersusun dari luar kedalam adalah sebagai berikut: navicular (skafoid), lunatum (semilunar), trikwetrum dan pisiform.
- Metakarpus
Terdapat lima tulang metakarpal. Setiap tulang mempunyai batang dan dua ujung. Ujung bersendi dengan tulang
- Falanx

Mempunyai batang dua ujung, batangnya mengecil diarah ujung distal. Terdapat empat belas falanx, tiga pada setiap jari dan dua pada ibu jari.

C. Kerangka Anggota Gerak Bawah

Anggota gerak bawah terdiri atas 31 tulang, yaitu :

- 1 tulang koxa
- 1 femur
- 1 tibia
- 1 fibula
- 1 patela
- 1 tulang tarsal
- 5 tulang metatarsal
- 14 falanx
- Tulang pangkal paha
- Ruas jari kaki
- Tulang kering
- Tulang betis
- Tempurung lutut
- Tulang pangkal kaki
- Tulang telapak kaki

➤ **Tulang koxa(tulang pangkal paha)**

Adanya tulang pipih berbentuk tak teratur yang dibentuk oleh tiga tulang yang bertemu di asetabulum, yaitu rongga berbentuk cawan dipermukaan external dari tulang koxa dan mencekam kepala femur dalam formasi gelang panggul. Tiga tulang yang berkumpul disini adalah ilium, yang menduduki tempat terbesar, disebelah kepala adalah pubis, dan iskhium paling posterior.

➤ **Femur (tulang paha)**

Femur atau tulang paha adalah tulang terpanjang dari tubuh, bersendi dengan asetabulum dalam formasi persediaan panggul dan dari sini ada menjalur medial ke lutut dan membentuk sendi dengan tibia. Tulangnya berupa tulang pipa dan mempunyai sebuah batang dan dua ujung.

➤ **Tibia (tulang kering)**

Merupakan kerangka yang utama dari tungkai bawah dan terletak medial dari tulang bawah atau betis, tibia adalah tulang pipa dengan sebuah batang dan dua ujung.

➤ **Ujung atas**

Memperlihatkan ada kondil medial dan kondil lateral. Kondil ini merupakan bagian yang paling atas dan paling pinggir dari tulang permukaan superiornya memperlihatkan dua dataran permukaan persendiaan dan femur dalam formasi sendi lutut. Permukaan

halus, diatas permukaan terdapat tulang rawan sminular. Kondil lateral memperliatkan posterior sebuah faset untuk persendian dengan kepala fibula pada sendi fibio- fibuler.

➤ **Batang**

Dalam irisan melintang bentuknya segitiga sisi anteriornya paling menjulang dan segitiga sebelah tengah terletak sub kutan. Permukaan mendial adalah sub kutaneus pada hampir seluruh panjangnya dan permukaan daerah berguna dimana dapat diambil serpihan untuk transpalansi. Permukaan posteriornya ditandai oleh garis soleal linea poplitea

➤ **Ujung bawah**

Masuk dalam persendian mata kaki. Tulang sedikit melebar dan kebawah sebelah medial menjulang menjadi meleolus medial atau meleolus tibiae. Permukaan lateral ujung bawah bersendi dengan fibula pada persendian tibio-fibuler inferior. Tibia membentuk sendi dengan tiga tulang yaitu femur, fibula dan talus.

➤ **Fibula (tulang betis)**

Fibula atau tulang betis adalah tulang sebelah lateral tungkai bawah berbentuk pipa dengan sebuah batang dan dua ujung.

Ujung atas terbentuk kepala dan bersendi dengan bagian belakang luar dari tibia, tetapi tidak termasuk dalam formasi sendi lutut.

Batangnya ramping dan terbenam dalam otot tungkai dan memberi banyak kaitan

Ujung bawah lebih memanjang menjadi maleulus lateralis dan meleulus fibulae

➤ **Patella (tempurung lutut)**

Adalah tulang baji atau tulang sesamoid yang berkembang dibawah tendon otot kwadirsep extensor. Permukaan anterior kasar, permukaan posteriornya halus dan bersendi dengan permukaan pateler dari ujung bawah femur. Letaknya didepan sendi lutut, tetapi tida ikut serta didalamnya.

➤ **Tulang tarsal (tulang pangkal kaki)**

Ada tujuh buah tulang secara kolektif dinamakan tarsus. Tulang-tulang ini adalah tulang pendek, terbuat dari jaringan tulang berbentuk jala dengan pembungkus jaringan kompak dan mendukung berat badan kalau berdiri.

➤ **Kalkuneus (tulang tumit)**

Tulang terbesar dari tapak kaki. Ada disebelah belakang dan membentuk tumit dan mengalihkan berat badan ke atas tanah

kebelakang. Memberi kait pada otot besar dengan betis dengan perantara *tendon Achilles* atau *tendon kalkaneus*

➤ **Talus atau tulang loncat**

Merupakan pusat dan titik tertinggi dan tapak kaki. Tulang ini mendukung tibia dan setiap titik bersendi dengan meleokus; dibawah dengan kalkaneus

➤ **Navikular (tulang bentuk kapal)**

Terletak disebelah medial kaki, antara talus disebelah belakang dan tiga tulang kouniform didepan.

➤ **Tulang metatrsal**

Terdapat lima tulang metatarsal, merupakan tulang pipa dengan sebuah batang dan dua ujung, yaitu:

- ujung proximal (ujung tarsal), bersendi dengan tulang tarsal.
- ujung distal (falangel), bersendi dengan basis falanx proximal

➤ **Tulang falanx**

Falanx-falanx sama dengan jari-jari tangan tetapi lebih pendek

➤ **Lengkung pada kaki**

Pada kaki terdapat empat lengkung yaitu:

- Lengkung medial (internal), terbentuk dari belakang kedepan oleh kalkaneus, yang merupakan pendukung posterior dari lengkung, talus menjadi puncak dari lengkung dan kepala dari ketiga metatarsal sebelah dalam membentuk dukungan anterior dari lengkung.
- Lengkung lateral (lengkung longitudinal luar), dibentuk oleh kalkaneus, kuboid dan tulang metatarsal sebelah luar.
- Lengkung melintang dua, yaitu:
Lengkung tarsal melintang, dibentuk oleh tulang tarsal.
Lengkung metatarsal melintang (lengkung tranversius anterior), dibentuk oleh kepala tulang- tulang tersebut. Tulang pertama dan kelima merupakan sumbu pancang lengkung tulang-tulang kaki disatukan oleh ligament dan didukung oleh otot. Lengkung-lengkung ini dapat bertahan karena:
 - Letak tulang-tulang yang berdempet secara serasi ligament dikaki kuat.
 - otot, khususnya otot yang dikaitkan didepan dibelakang tibia.

Sendi. Sendi (artikulasi) adalah istilah yang digunakan untuk menunjuk pertemuan antara dua atau beberapa tulang dari kerangka. Artologi adalah ilmu yang mempelajari persendian.

Jenis-jenis sendi. Terdapat tiga jenis utama sendi, yaitu:

1. Sendi Fibrus (sinatroses). Adalah sendi yang tak dapat bergerak atau merekat ikat.
2. Sendi tulang rawan (amfiartroses). Adalah sendi dengan gerakan sedikit dan permukaan sendinya dipisahkan oleh bahan antara dan hanya mungkin sedikit gerakan misalnya: simfisis pubis, dimana sebuah bantalan tulang rawan mempersatukan kedua tulang pubis. Sendi interverbral dengan cakram intterverbal dari tuang rawan fibro.
3. Sendi sinovial (diartroses). Adalah persedian yang bergerak bebas dan terdapat banyak ragamnya, dimana semuanya mempunyai ciri yang sama yaitu:
 - Ujung tulang-tulang yang masuk dalam formasi persendian ditutupi oleh tulang rawan hialin
 - Ligament diperlukan untuk mengikat tulang-tulang bersama
 - Sebuah rongga persendian. Rongganya terbungkus oleh sebuah kapsul dari pada jaringan fibrus yang biasanya diperkuat oleh ligamen. Sendi sinovial terdiri atas beberapa jenis, antara lain:
 1. Sendi putar, dimana sebuah sendi bulat tepat masuk didalam sebuah sendi rongga cawan tulang lain, yang mengizinkan Gerakan kesegala jurusan, seperti bola didalam lubangberbentuk cawan, misalnya: sendi panggul dan sendi bauh.
 2. Sendi engsel, didalam jenis ini satu permukaan bundar diterima oleh yang lain sedemikian rupa hingganya mungkin Gerakan badan dalam satu bidang, seperti gerak engsel. Misalnya, sendi siku.
 3. Sendi kondiloid, mirip sendi engsel, tetaoi dapat bergerak dalam satu bidang laterl. Kebelakan dan kedepan, sehingga flkesi dan extensidan abduksi (ke samping dan ke tengah) dan sedikit srikumduksi, seperti pada pergelangan tangan tapi bukan rotasi (pertempuran)
 4. Sendi berporos atau sendi putar, ialah yang hanya mungkin berputar seprti pada bentuk paku adri axis (putar kedepan dsn sipunasi putar kebelakan) dari lengan bawah.
 5. Sendi pelana atau sendi timbal balik menerima, misalnya sendi antara trapezium (muntangulum mayus) dan tulang mertacarpal pertama dari ibu jari, memberi banyak kebebasan bergerak, memungkinkan ibu jari dengan jari-jari lainnya.

Kerangka tubuh manusia terdiri dari susunan berbagai macam tulang yang satu sama lainnya saling berhubungan, terdiri dari:

- Tulang kepala : 8 buah
- Tulang kerangka dada : 25 buah
- Tulang wajah : 14 buah
- Tulang belakan dan pinggul : 26 buah
- Tulang telinga dalam : 6 buah
- Tulang lengan : 64 buah

- Tulang lidah : 1 buah tulang kaki : 62 buah

Fungsi kerangka antara lain:

- Menahan seluruh bagian-bagian tubuh agar tidak rubuh
- Melindungi alat tubuh yang halus seperti otak, jantung dan paru-paru
- Tempat meletak otot-otot
- Untuk pergerakan tubuh dengan perantaraan otot
- Tempat pembuatan sel-sel darah terutama sel darah merah
- Memberikan bentuk pada bangunan tubuh buah

BAB VIII. SISTEM OTOT

Otot-otot rangka merupakan salah satu dari empat kelompok jaringan pokok. Ilmu yang mempelajari mengenai otot adalah **“Mitologi”**. Otot dikaitkan pada tulang, tulang rawan, ligament dan kulit. Otot kerangka dinamai menurut bentuknya seperti: deltoid, menurut jurusan serabutnya, rektus abdomenis: menurut kedudukan otot, pektoralis mayor, menurut fungsinya, seperti fleksor.

A. Otot Rangka

Otot kerangka tidak dapat berjalan sendiri-sendiri tetapi dalam kelompok-kelompok untuk melaksanakan gerakan dari berbagai-bagian kerangka. Kelompok yang berlawanan dengan yang lain dinamakan otot antagonis misalnya : flexor dan extensor abductor dan adductor, beberapa kelompok bekerja menstabilkan bagian-bagian anggota sewaktu bagian bergerak disebut otot “otot fixasi”. Sedangkan yang menguatkan sendi sementara yang bergerak, sebagaimana flexor dari pergelangan tangan menguatkan sewaktu jari dilurukan disebut sinergis.

Tendon. Misalnya tendon dari Achilles (urat kering). Urat ini berupa serabut-serabut yang putih, berkilap, tidak elastis.

Fasia Palmaris. Bagian khusus dari fascia dalam yang lebih padat terbentang diatas tapak tangan yang pitih menambat struktur dalam yang ada dibawahnya.

Reticulum. Bagian dari fascia dan dalam menambat tendon-tendon yang berjalan melalui pergelangan tangan dan mata kaki masuk kedalam tangan dan kaki.

Diafragma. Struktur muskulot-tendineus berbentuk kubah dan memisahkan rongga torax dari rongga abdomen dan membentuk lantai dari rongga torax dan atap dari rongga abdomen.

Axilia. Adalah ruang berbentuk pyramid antara lengan dan dinding dada. Medial di batasi oleh dinding tersebut, lateral di batasi oleh humerus beserta otot-otot yang terkait padanya, anterior oleh otot pektoralis dan posterior oleh otot yang terkait pada tepi axiler dari scapula. Axila berisi arteri axilaris, vena axilaris, plexus brakhasil dari urat-urat besar dan sejumlah besar pembuluh limfe dan kelenjar yang mengalirinya, tangan dan dinding dada.

B. Otot Punggung

Otot sejati terletak di sebelah belakang kanan dan kiri tulang belakang, mengisi ruang antara taju duru dan taju lintang. Otot-otot punggung sejati itu hampir sama sekali tertutup oleh otot-otot punggung sekunder yang sebenarnya termasuk otot-otot anggota gerak atas dan bawah. Kedua jurai otot tersebut dinamakan penegak batang badan dan amat penting artinya untuk sikap dan gerak tulang belakan.

BAB IX. SISTEM PENCERNAAN

Pencernaan adalah pemecahan makanan secara mekanik dan kimiawi menjadi bentuk yang lebih sederhana sehingga dapat diserap oleh sel tubuh kita. Organ gastrointestinal (saluran pencernaan) membentang dari mulut ke anus. Organ ini adalah mulut, faring, esofagus (kerongkongan), lambung, usus kecil, usus besar, dan lubang anus. Organ aksesori meliputi gigi, lidah, kelenjar saliva, hati, kantung empedu, dan pankreas. Sistem pencernaan terdiri dari saluran pencernaan, satu tabung memanjang dari mulut ke anus, dan organ aksesori yang berhubungan, terutama kelenjar yang terletak di luar saluran pencernaan yang mensekresikan cairan di dalamnya. Makanan dipecah, sedikit demi sedikit, sampai menjadi molekul yang cukup kecil untuk diserap dan produk sisa dieliminasi. Saluran pencernaan disebut juga *alimentary tract* atau *alimentary canal* (saluran gastrointestinal), terdiri dari tabung panjang yang berkesinambungan yang membentang dari mulut ke anus. Lidah dan gigi adalah struktur aksesori yang terletak di mulut. Kelenjar ludah, hati, kantung empedu, dan pankreas bukan bagian dari saluran pencernaan dan memiliki peran dalam pencernaan. Secara teknis, istilah saluran gastrointestinal hanya mengacu pada lambung dan usus tetapi sering digunakan sebagai nama lain untuk saluran pencernaan.

Daerah saluran pencernaan meliputi berikut ini:

- Rongga mulut atau mulut dengan kelenjar saliva dan tonsil sebagai organ aksesori.
- Faring atau tenggorokan
- Esofagus
- Lambung
- Usus kecil, terdiri dari duodenum, ileum, dan jejunum, dengan hati, kantung empedu, dan pancreas sebagai organ aksesori utama. Usus besar, terdiri dari cecum, kolon, rektum, dan kanal anal:
 - (lubang anus)
 - Anus

Makanan mengalami tiga proses dalam tubuh, yaitu pencernaan, absorpsi, dan metabolisme. Pencernaan dan absorpsi terjadi dalam saluran pencernaan. Setelah nutrisi diserap terbagi kesemu sel dalam tubuh kita dan digunakan oleh sel untuk metabolisme.

A. Fungsi sistem pencernaan

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

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

ORGAN AKSESORI

Kelenjar saliva

Mensekresikan saliva yang mengandung enzim yang dimulai dengan pemecahan karbohidrat

Hati

Memproduksi empedu yang mengemulsikan lemak

Kantung empedu

Tempat penyimpanan empedu, yang membawa empedu ke dalam usus halus

Pankreas

Memproduksi dan mensekresikan getah pankreas yang mengandung enzim pencernaan dan ion bikarbonat ke dalam usus kecil

KANAL ELEMENTERI

Mulut

Pemecahan makanan secara mekanik dimulai dari pencernaan karbohidrat secara kimia

Faring

Menghubungkan mulut dengan esofagus

Esofagus

Peristalsis mendorong makanan ke lambung

Lambung

Sekresi asam dan enzim. Mencampur makanan dengan sekresi dimulai dengan mencampur makanan secara enzimatik

Usus halus

Mencampur makanan dengan empedu dan getah pankreas. Akhir dari pencampuran molekul makanan secara enzimatik; tempat utama absorpsi

Usus besar

Menyerap air dan elektrolit untuk membentuk feses

Rektum

Mengatur pengeluaran feses

Anus

Gambar 13. Organ utama dan sistem pencernaan

Dinding saluran pencernaan terdiri dari 3 lapisan atau tunika:

1. Mukosa adalah lapisan terdalam dari dinding dan sebagian besar terbuat dari dinding dan sebagian besar terbuat dari jaringan epitel yang mensekresi enzim dan mukus ke dalam dari kanal. Lapisan ini sangat aktif dalam menyerap nutrisi
2. Submukosa adalah lapisan dalam dari mukosa. Mengandung jaringan ikat longgar, pembuluh darah, kelenjar, dan saraf. Pembuluh darah di lapisan ini mengangkut nutrisi yang diserap.
3. Lapisan muskuler. Lapisan ini terletak di luar submukosa. Terbuat dari lapisan jaringan otot polos dan berkontraksi untuk menggerakkan material melalui kanal.

Muskularis eksterna terdiri dari dua lapisan otot, satu lapisan sirkular dalam dan satu lapisan longitudinal luar. Kontraksi lapisan sirkular mengkonstriksi lumen saluran dan kontraksi lapisan longitudinal memperpendek dan memperlebar lumen saluran. Kontraksi ini mengakibatkan gelombang peristalsis (gambar 2) yang menggerakkan isi saluran ke arah depan.

- a) Muskularis eksterna terdiri dari otot rangka di mulut, faring, dan esofagus atas, serta otot polos pada saluran selanjutnya.
- b) Pleksus Auerbach (pleksus mienterik) yang terdiri dari serabut saraf dan sel ganglion parasimpatis, terletak di antara lapisan otot sirkular dalam dan longitudinal luar.

Serosa adalah lapisan terluar dari saluran dan juga dikenal sebagai peritoneum viseral. Serosa mengeluarkan cairan serosa untuk menjaga bagian luar saluran tetap lembab atau basah dan untuk mencegah saluran melekat ke organ lainnya. Peritoneum, mesenterium, dan omentum abdominopelvis adalah membran serosa terlebar dalam tubuh.

- a) **Peritoneum parietal** melapisi rongga abdominopelvis.
 - b) **Peritonium viseral** membungkus organ dan terhubung ke peritoneum parietal oleh berbagai lipatan.
 - c) **Rongga peritoneal** adalah ruang potensial antara viseral dan peritoneum parietal.
4. **Mesenterium** dan **omentum** adalah lipatan jaringan peritoneal berlapis ganda yang merefleks balik dari peritoneum viseral. Lipatan ini berfungsi untuk mengikat organ-organ abdominal satu sama lain dan melabuhkannya ke dinding abdominal belakang. Pembuluh darah, limfatik, dan saraf terletak dalam lipatan peritoneal.

- a) **Omentum besar** adalah lipatan ganda berukuran besar yang melekat pada duodenum, lambung, dan usus besar. Lipatan ini tergantung seperti celemek di atas usus.
 - b) **Omentum kecil** menopang lambung dan duodenum sehingga terpisah dari hati.
 - c) **Mesokolon** melekatkan kolon ke dinding abdominal belakang.
 - d) **Ligamen falsiformis** melekatkan hati ke dinding abdominal depan dan diafragma.
5. Organ yang tidak terbungkus peritoneum, tetapi hanya tertutup olehnya disebut **retroperitoneal** (di belakang peritoneum). Yang termasuk retroperitoneal antara lain: pankreas, duodenum, ginjal, rektum, kantung kemih, dan beberapa organ reproduksi perempuan.

B. Kontrol saraf pada saluran pencernaan.

Sistem saraf otonom menginervasi keseluruhan saluran pencernaan, kecuali ujung atas dan ujung bawah yang dikendalikan secara volunter.

1. **Impuls parasimpatis** yang dihantarkan dalam saraf vagus (CN X), mengeluarkan efek stimulasi konstan pada tonus otot polos dan bertanggung jawab untuk **peningkatan keseluruhan aktivitas**. Efek ini meliputi motilitas dan sekresi getah pencernaan.
2. Impuls simpatis yang dibawa medulla spinalis dalam saraf splanknik, menghambat kontraksi otot polos saluran, mengurangi motilitas, dan menghambat sekresi cairan pencernaan.
3. Pleksus Meissner dan Auerbach merupakan sisi sinaps untuk serabut praganglionik parasimpatis. Pleksus ini juga berfungsi untuk pengaturan kontraktile lokal dan aktivitas sekretori saluran.

C. Enzim Pencernaan

Selama pencernaan, ada 3 kelompok molekul yang biasa ditemui. Masing masing dipecah-pecah menjadi komponen molekul oleh enzim-enzim khusus:

- Kompleks karbohidrat atau polisakarida (seperti tepung) dipeceh menjadi oligosakarida (mengandung 2-10 monosakarida yang berhubungan), disakarida (seperti maltosa), atau monosakarida tunggal (seperti glukosa dan fruktosa). Enzim yang disebut amilase memecah amilum (tepung)

- Protein dipecah menjadi rantai asam amino pendek (peptida) atau asam amino tunggal oleh enzim yang disebut protease.
- Lemak (lipida) dipecah menjadi gliserol dan asam lemak (peptida) oleh enzim yang disebut lipase.

Ringkasan pencernaan karbohidrat, protein, dan lemak dapat dilihat pada Tabel 4. Pencernaan karbohidrat, protein, dan lemak.

Tabel 6. Pencernaan karbohidrat, protein, dan lemak

Enzim	Sumber Sekresi	Aksi
Karbohidrat Amilase saliva (ptialin) Amilase pankreas Maltase Sukrase Laktase	Kelenjar saliva Pankreas Usus halus Usus halus Usus halus	Zat tepung→Maltosa Zat tepung→Disakarida dan maltose Maltosa→Glukosa Sukrosa→Glukosa dan fruktosa Laktosa→Glukosa dan galaktosa
Protein Pepsin	Lambung (Pepsinogen diaktivasi oleh HCl lambung)	Protein→Polipeptida Protein dan peptida→Peptida
Tripsin	Pankreas (Tripsinogen diaktivasi oleh enterokinase)	yang lebih kecil Protein dan peptida→Peptida
Kimotripsin Peptidase	Pankreas (Kimotripsinogen diaktivasi oleh tripsin) Usus halus	yang lebih kecil Dipeptida→Asam amino Trigesirida→Monogliserida dan asam lemak
Lemak Lipase pankreas Lipase usus	Pankreas (dengan garam empedu) Usus halus (dengan garam empedu)	 Monogliserida→Asam lemak dan gliserol

Rongga oral dan esofagus. Adalah jalan masuk menuju sistem pencernaan dan berisi organ aksesori yang berfungsi dalam proses awal pencernaan. Rongga **vestibulum** (bukal) terletak di antara gigi dan bibir dan pipi sebagai batas luarnya. Rongga oral utama dibatasi gigi dan gusi di bagian depan, palatum lunak dan keras di bagian atas, lidah di bagian bawah, dan orofaring di bagian belakang.

Kelenjar saliva. Mensekresi saliva ke dalam rongga oral. Saliva terdiri dari cairan encer yang mengandung enzim dan cairan kental yang mengandung mukus.

- 1) Ada tiga pasang kelenjar saliva.
 - a) Kelenjar parotid adalah kelenjar saliva terbesar, terletak agak ke bawah dan di depan telinga dan membuka melalui duktus parotid (Stensen) menuju suatu elevasi kecil (papila) yang terletak berhadapan dengan gigi molar kedua pada kedua sisi.
 - b) Kelenjar submaksilar (submandibular) kurang lebih sebesar kacang kenari dan terletak di permukaan dalam pada mandibula serta membuka melalui duktus Wharton menuju ke dasar mulut pada kedua sisi frenulum lingua.
 - c) Kelenjar sublingual terletak di dasar mulut dan membuka melalui duktus sublingual kecil menuju ke dasar mulut.
- 2) Komposisi saliva. Saliva terutama terdiri dari sekresi serosa, yaitu 98% dan mengandung enzim amilase serta berbagai jenis ion (natrium, klorida, bikarbonat, dan kalium), juga sekresi mukus yang lebih kental dan lebih sedikit yang mengandung glikoprotein (musin), ion, dan air.
- 3) Fungsi saliva
 - a) Saliva melarutkan makanan secara kimia untuk pengecapan rasa.
 - b) Saliva melembabkan dan melumasi makanan sehingga dapat ditelan. Saliva juga memberikan kelembaban pada bibir dan lidah sehingga terhindar dari kekeringan.
 - c) Amilase pada saliva mengurai zat tepung menjadi polisakarida dan maltosa, suatu disakarida.
 - d) Zat buangan seperti asam urat dan urea, serta berbagai zat lain seperti obat, virus, dan logam, diekskresi ke dalam saliva.
 - e) Zat antibakteri dan antibodi dalam saliva berfungsi untuk membersihkan rongga oral dan membantu memelihara kesehatan oral serta mencegah kerusakan gigi.
- 4) Kontrol saraf pada sekresi saliva

- a) Aliran saliva dapat dipicu melalui stimulasi psikis (pikiran akan makanan), mekanis (keberadaan makanan), atau kimiawi (jenis makanan).
- b) Stimulus dibawa melalui serabut eferen dalam saraf kranial V, VII, IX, dan X menuju nuclei salivatori inferior dan superior dalam medulla. Semua kelenjar saliva dipersarafi serabut simpatis dan parasimpatis.
- c) Volume dan komposisi saliva bervariasi sesuai jenis stimulus dan jenis inervasinya (sistem simpatis atau parasimpatis).
 - (1) Stimulasi parasimpatis mengakibatkan vasodilatasi pembuluh darah dan sekresi berair (serosa) yang banyak sekali.
 - (2) Stimulasi simpatis mengakibatkan vasokonstriksi pembuluh darah dan sekresi mukus yang lebih kental dan lengket. Obat-obatan yang mengandung penghambat kolinergik (neuro transmitter parasimpatis) mengakibatkan terjadinya sensasi mulut kering.
 - (3) Pada manusia normal, saliva yang disekresi per menit adalah sebanyak 1 ml. Saliva yang disekresi dapat mencapai 1L sampai 1.5 L dalam 24 jam.

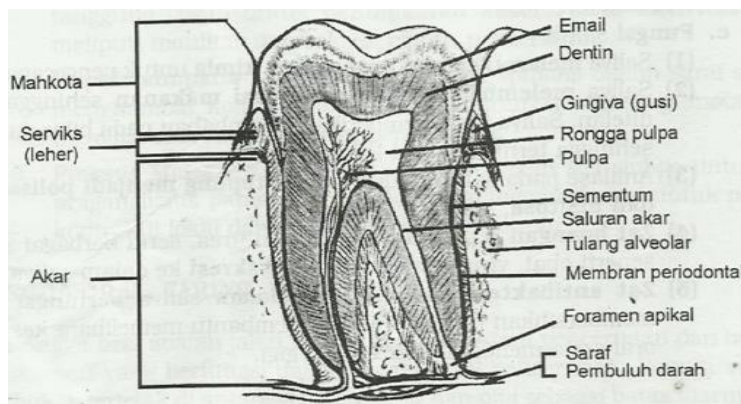
D. Anatomi gigi

- a) Setiap lengkung barisan gigi pada rahang membentuk lengkung gigi. Lengkung bagian atas lebih besar dari bagian bawah sehingga gigi-gigi atas secara normal akan menutup (overlap) gigi bawah.
- b) Manusia memiliki 2 susunan gigi: gigi primer (desiduous, gigi susu) dan gigi sekunder (permanen).
 - (1) Gigi primer dalam setengah lekung gigi (dimulai dari ruang di antara dua gigi depan) terdiri dari, dua gigi seri, satu taring, dua geraham (molar), untuk total keseluruhan 20 gigi.
 - (2) Gigi sekunder mulai keluar pada usia lima sampai enam tahun. Setengah dari lengkung gigi terdiri dari dua gigi seri, satu taring, dua premolar (bikuspid), dan tiga geraham (trikuspid), untuk total keseluruhan 32 buah. Geraham ketiga disebut “gigi bungsu”.
- c) Komponen gigi

- (1) Mahkota adalah bagian gigi yang terlihat. Satu sampai tiga akar yang tertanam terdiri dari bagian gigi yang tertanam ke dalam prosesus (kantong) alveolar tulang rahang.
- (2) Mahkota dan akar bertemu pada leher yang diselubungi gingival (gusi).
- (3) Membran periodontal merupakan jaringan ikat yang melapisi kantong alveolar dan melekat pada sementum di akar. Membran ini menahan gigi di rahang.
- (4) Rongga pulpa dalam mahkota melebar ke dalam saluran akar, berisi pulpa gigi yang mengandung pembuluh darah dan saraf. Saluran akar membuka ke tulang melalui foramen apikal.
- (5) Dentin menyelubungi rongga pulpa dan membentuk bagian terbesar gigi. Dentin pada bagian mahkota tertutup oleh email dan di bagian akar oleh sementum. Email terdiri dari 97% zat anorganik (terutama kalsium fosfat) dan merupakan zat terkeras dalam tubuh. Zat ini berfungsi untuk melindungi, tetapi dapat tererosi oleh enzim dan asam yang diproduksi bakteri mulut dan mengakibatkan karies gigi. Fluorida dalam air minum atau yang sengaja dikenakan pada gigi dapat memperkuat email.

Fungsi gigi

Gigi berfungsi dalam proses mastikasi (pengunyahan). Makanan yang masuk dalam mulut dipotong menjadi bagian-bagian kecil dan bercampur dengan saliva untuk membentuk bolus makanan yang dapat ditelan.



Gambar 14. Potongan Geraham

Esofagus

Esofagus adalah tabung sepanjang 25 cm (10 inci) yang dimulai dari laringofaring dan turun di belakang trakea melalui mediastinum (rongga di antara paru-paru) (gambar 3). Kemudian makanan melewati diafragma ke sebuah lubang yang disebut hiatus esofageal dan berhubungan dengan lambung. Makanan didorong ke esofagus menuju lambung secara peristalsis. Dua otot lingkar (sfingter), otot lingkar esofagus atas di bagian atas esofagus dan otot lingkar kardia (otot lingkar esofagus bawah) di dasar esofagus, mengendalikan pergerakan makanan ke dalam dan ke luar esofagus.

Deglutisi (Penelanan)

Penelanan, atau deglutisi dibagi menjadi tiga fase:

- 1) Fase bukal terjadi secara sadar di dalam mulut ketika lidah menggerakkan gumpalan makanan kembali ke dalam faring.
- 2) Fase faring terjadi secara tidak sadar ketika makanan memasuki faring, sebagai berikut: langit-langit lunak dan tekak tertekuk ke atas menutup nasofaring untuk mencegah masuknya makanan ke rongga hidung. Epiglottis, kelepak tulang rawan yang fleksibel di atas laring, menekuk ke bawah sementara laring naik. Akibatnya, lubang menuju laring tertutup, dan makanan hanya dapat masuk ke esofagus.
- 3) Fase esofagus terjadi secara tidak sadar di dalam esofagus. Otot lingkar esofagus, yang biasanya tertutup, terbuka memungkinkan makanan lewat ketika laring naik selama penelanan. Ketika makanan mencapai bagian bawah esofagus, otot lingkar kardia terbuka memungkinkan makanan memasuki lambung.

E. Lambung

Adalah organ berbentuk J, terletak pada bagian superior kiri rongga abdomen di bawah diafragma. Semua bagian, kecuali sebagian kecil, terletak pada bagian kiri garis tengah. Ukuran dan bentuknya bervariasi dari satu individu ke individu lain. Regia-regia lambung terdiri dari bagian kardia, fundus, bodi organ, dan bagian pilorus.

- 1) Bagian kardia lambung adalah area di sekitar pertemuan esofagus dan lambung (pertemuan gastroesofagus).
- 2) Fundus adalah bagian yang menonjol ke sisi kiri atas mulut esofagus.
- 3) Bodi lambung adalah bagian yang terdilatasi di bawah fundus, yang membentuk dua pertiga bagian lambung. Tepi medial bodi lambung

yang konfak disebut kurvatur kecil; tetapi lateral bodi lambung yang konveks disebut kurvatur besar.

- 4) Bagian pilorus lambung yang menyempit di ujung bawah lambung dan membuka ke duodenum. Antrum pilorus mengarah ke mulut pilorus yang dikelilingi sfingter pilorus muskular tebal.

Histologi dinding lambung

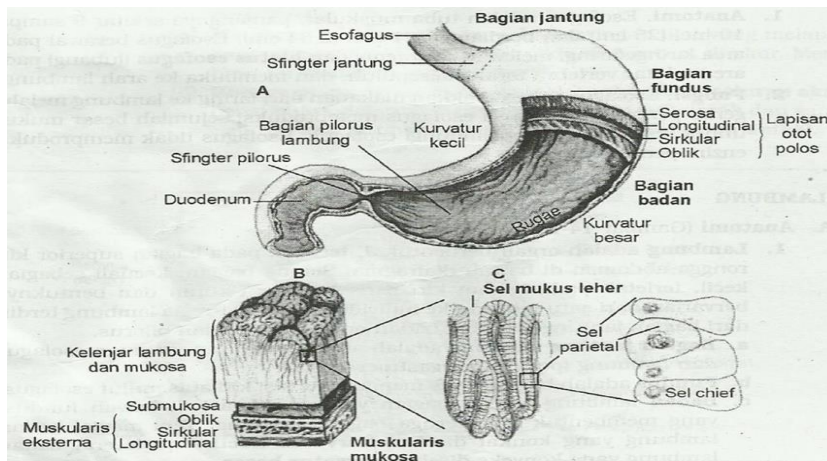
Ada tiga lapisan jaringan dasar (mukosa, submukosa, dan jaringan muskularis) beserta modifikasinya.

- 1) Muskularis eksterna pada bagian fundus dan bodi lambung mengandung lapisan otot melintang (oblik) tambahan. Lapisan otot tambahan ini membantu keefektifan pencampuran dan penghancuran isi lambang.
- 2) Mukosa membentuk lipatan-lipatan (ruga) longitudinal yang menonjol sehingga memungkinkan peregangan dinding lambung. Ruga terlihat saat lambung kosong dan akan menghalus saat lambung meregang terisi makanan.
- 3) Ada kurang lebih 3 juta pit lambung di antara ruga-ruga yang bermuara pada sekitar 15 juta kelenjar lambung. Kelenjar lambung yang dinamakan sesuai letaknya, menghasilkan 2 L sampai 3 L cairan lambung. Cairan lambung mengandung enzimenzim pencernaan, asam klorida, mukus, garam-garaman, dan air.

Fungsi lambung

1. Penyimpanan makanan. Kapasitas lambung normal memungkinkan adanya interval waktu yang panjang antara saat makan dan kemampuan menyimpan makanan dalam jumlah besar sampai makanan ini dapat terakomodasi di bagian bawah saluran. Lambung tidak memiliki peran mendasar dalam kehidupan dan dapat diangkat, asalkan makanan yang dimakan sedikit dan sering.
2. Produksi kimus. Aktivitas lambung mengakibatkan terbentuknya kimus (massa homogen setengah cair, berkadar asam tinggi yang berasal dari bolus) dan mendorongnya ke dalam duodenum.
3. Digesti protein. Lambung memulai digesti protein melalui sekresi tripsin dan asam klorida
4. Produksi mucus. Mukus yang dihasilkan dari kelenjar membentuk barier setebal 1 mm untuk melindungi lambung dari aksi pencernaan dari sekresinya sendiri.
5. Produksi faktor intrinsik

- a. Faktor intrinsik adalah glikoprotein yang disekresi sel parietal
- b. Vitamin B12, yang didapat dari makanan yang dicerna lambung, terikat pada faktor intrinsik. Kompleks faktor intrinsik vitamin B12 dibawa ke ileum usus halus, tempat vitamin B12 diabsorpsi.



Gambar 15. Lambung

A. Potongan frontal lambung dari duodenum memperlihatkan anatomi internal dan eksternal. B. Mukosa lambung. C. Kelenjar lambung dari fundus. D. Sel chief dan sel parietal.

Tiga tahap sekresi lambung

Dinamakan sesuai dengan regia tempat terjadinya stimulus. Faktor saraf dan hormon terlibat.

- a. Tahap sefalik terjadi sebelum makanan mencapai lambung. Masuknya makanan ke dalam mulut atau tampilan, bau, atau pikiran tentang makanan, dapat merangsang sekresi lambung.
- b. Tahap lambung terjadi saat makanan mencapai lambung dan berlangsung selama makanan masih ada.
 - 1) Peregangan dinding lambung merangsang reseptor saraf dalam mukosa lambung dan memicu refleks lambung. Serabut aferen parasimpatis menjalar dalam vagus menuju kelenjar lambung untuk menstimulasi produksi HCl, enzim-enzim pencernaan, dan gastrin.
 - 2) Asam amino dan protein dalam makanan yang separuh tercerna dan zat kimia (alkohol dan kafein) juga meningkatkan sekresi lambung melalui refleks lokal.

- 3) Fungsi gastrin, antara lain:
 - (a) Gastrin merangsang sekresi lambung.
 - (b) Gastrin meningkatkan motilitas usus dan lambung.
 - (c) Gastrin mengkonstriksi sfingter esofagus bawah dan merelaksasi sfingter pilorus.
 - (d) Efek tambahan, seperti stimulasi sekresi pankreas dan peningkatan motilitas usus, juga termasuk fungsi gastrin.
- 4) Pengaturan pelepasan gastrin dalam lambung terjadi melalui penghambatan umpan balik yang didasarkan pada pH isi lambung.
 - (a) Jika tidak ada makanan dalam lambung di antara jam makan, pH lambung rendah dan sekresi lambung terbatas.
 - (b) Makanan yang masuk ke lambung memiliki efek pendaparan (buffering) yang mengakibatkan peningkatan pH dan peningkatan sekresi lambung.

Kelenjar-kelenjar usus (kripta lieberkuhn) tertanam dalam mukosa dan membuka di antara basis-basis vili. Kelenjar ini mensekresi hormon dan enzim.

- 1) Enzim yang dibentuk oleh sel epithelial usus dibutuhkan untuk melengkapi digesti. Enzim ini akan dijelaskan kemudian.
- 2) Hormon-hormon yang mempengaruhi sekresi dan motilitas saluran pencernaan antara lain:
 - a) Sekretin, CCK, dan GIP berperan untuk menghalangi sekresi kelenjar lambung.
 - b) Peptida usus vesoaktif memiliki efek vasodilator dan efek relaksasi otot polos
 - c) Substansi P mempengaruhi aktivitas motorik otot polos.
 - d) Somatostatin menghambat sekresi asam klorida dan gastrin seperti hipotalamus yang melepas faktor pelepas hormon pertumbuhan.

Kelenjar penghasil mukus

- Sel goblet terletak dalam epithelium disepanjang usus halus. Sel ini memproduksi mukus pelindung.
- Kelenjar Brunner terletak dalam submukosa duodenum. Kelenjar ini memproduksi mukus untuk melindungi mukosa duodenum terhadap

kimus asam dan cairan lambung yang masuk ke pilorus melalui lambung.

Kelenjar enteroendokrin menghasilkan hormon-hormon gastrointestinal.

Jaringan limfatik. Leukosit dan nodulis limfe ada di keseluruhan usus halus untuk melindungi dinding usus terhadap infasi benda asing agregasi nodulus limfe yang disebut bercak Peyer terdapat dalam ileum.

Fungsi usus halus

1. Usus halus mengakhiri proses pencernaan makanan yang di mulai di mulut dan di lambung. Proses ini di selenggarakan oleh enzim usus dan enzim pankreas serta dibantu empedu dalam hati.
2. Usus halus secara selektif mengabsorpsi produk digesti.

F. Pankreas

Pankreas adalah kelenjar terelogasi berukuran besar dibalik kurvatur besar lambung. Sel-sel endokrin (pulau-pulau Langerhans) pankreas mensekresi hormone insulin dan glukogen. Sel-sel eksokrin (asinar) mensekresi enzim-enzim pencernaan dan larutan berair yang mengandung ion bikarbonat dalam konsentrasi tinggi. Produk gabungan sel-sel asinar mengalir melalui duktus pankreas, yang menyatu dengan duktus empedu komunis dan masuk ke duodenum di titik ampula hepatopankreas, walaupun duktus pankreas dan duktus empedu komunis membuka secara terpisah pada duodenum. Sfingter oddi secara normal mempertahankan keadaan mulut duktus agar tetap tertutup. Kontrol pada sekresi pankreas. Sekresi eksokrin pankreas dipengaruhi oleh aktivitas refleks saraf selama tahap sefalik dari lambung pada sekresi lambung. Walaupun demikian, kontrol utama terletak pada hormon duodenum yang diabsorpsi kedalam aliran darah untuk mencapai pankreas. Sekretin diproduksi oleh sel-sel mukosa duodenum dan diabsorpsi kedalam darah untuk mencapa pankreas. Sekretin akan dilepas jika kimus asam memasuki usus dan mengeluarkan sejumlah besar cairan berair yang mengandung natrium bikarbonat. Bikarbonat menetralkan asam dan membentuk lingkungan basa untuk kerja enzim pankreas dan usus.

CCK diproduksi oleh sel-sel mukosa duodenum sebagai respons terhadap lemak dan protein separuh tercerna yang masuk dari lambung. CCK ini menstimulasi sekresi sejumlah besar enzim pankreas. Komposisi

getah pankreas. Cairan pankreas mengandung enzim-enzim untuk mencerna protein, karbohidrat, dan lemak.

1. Enzim proteolitik pankreas (protease)
 - a. Tripsinogen yang disekresi pankreas diaktivasi menjadi tripsin oleh enterokinase yang diproduksi usus halus. Tripsin mencerna protein dan polipeptida besar untuk membentuk polipeptida dan peptida yang lebih kecil.
 - b. Kimotripsin teraktivasi dari kimotripsinogen oleh tripsin kimotriptida memiliki fungsi yang sama seperti tripsin terhadap protein.
 - c. Karboksipeptidase, aminopeptidase dan dipeptidase adalah enzim yang melanjutkan proses pencernaan protein untuk menghasilkan asam amino bebas.
2. Lipase pancreas menghidrolisis lemak menjadi asam lemak dan gliserol setelah lemak diemulsi oleh garam-garam empedu.
3. Amilase pancreas menghidrolisis zat tepung yang tidak tercerna oleh amilase saliva menjadi disakarida (maltosa, sukrosa, dan laktosa).
4. Ribonuklease dan deoksiribonuklease menghidrolisis RNA dan DNA menjadi blok-blok pembentuk nukleotidanya.

G. Hati dan kantong empedu

Fungsi hati dalam sistem pencernaan adalah menghasilkan empedu yang kemudian dibawa ke usus kecil untuk mengemulsikan lemak. Emulsifikasi adalah pemecahan gumpalan lemak menjadi tetesan lemak yang lebih kecil, yang menambah daerah permukaan dimana enzim pencernaan lemak (lipase) dapat bekerja. Karena empedu secara kimiawi tidak mengubah apa-apa. Empedu bukan merupakan enzim. Empedu juga bersifat basa dan berfungsi menetralkan HCl di dalam kimus. Empedu terdiri atas garam empedu, pigmen empedu, fosfolipida (termasuk lesitin), kolesterol dan berbagai ion. Pigmen utama empedu, bilirubin adalah hasil akhir dari pemecahan hemoglobin dari sel darah merah yang sudah tua. Walaupun sebagian empedu tersebut hilang dalam feses (bilirubin membuat feses berwarna cokelat), kebanyakan empedu diserap kembali oleh usus kecil dan dikembalikan ke hati lewat vena porta hepatic.

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

1. Sekresi, hati menghasilkan dan mensekresikan empedu

2. Sintesis garam empedu, garam empedu adalah derivat kolesterol yang dihasilkan di hati dan membantu pencernaan dan absorpsi lemak dan vitamin yang larut dalam lemak.
3. Sintesis protein plasma, hati mensintesis albumin, globulin (kecuali imunoglobulin), fibrinogen dan faktor pembekuan.
4. Penyimpanan, hati menyimpan glukosa dalam bentuk glikogen dan juga menyimpan besi dan vitamin A, B12, D, E dan K.
5. Ekskresi, hormon, obat dan pigmen empedu dari pemecahan hemoglobin di ekskresikan di empedu.
6. Metabolisme karbohidrat, hati memiliki peran besar dalam mempertahankan kadar glukosa darah dan mengubahnya menjadi glikogen untuk disimpan. Dia memecah glikogen menjadi glukosa ketika dibutuhkan, megubah molekul nonkarbohidrat menjadi glukosa.
7. Metabolisme lipid, fungsi hati dalam pemecahan asam lemak, dalam sintetis kolesterol dan fosfolipid, dan dalam konversi kelebihan karbohidrat dan protein menjadi lemak.
8. Metabolisme protein, hati mengubah asam amino menjadi asam amino lain yang diperlukan untuk sintetis protein, juga amonia yang dihasilkan dari pemecahan protein menjadi urea yang kurang toksik dan dapat diekskresi di empedu.
9. Penyaring, sel kuffer hepatosit yang melapisi sinusoid melepaskan bakteri, sel darah merah yang rusak dan partikel lainnya dari tubuh.
10. Detoksifikasi, sebagian besar zat-zat yang ditelan adalah berbahaya bagi sel tubuh kita. Selain itu, tubuh sendiri menghasilkan banyak produk dari hasil metabolisme, yang jika terakumulasi akan menjadi toksik. Hati membentuk pertahanan utama dengan merubah struktur dari kebanyakan zat-zat yang berbahaya ini dengan membuatnya menjadi kurang toksik atau membuatnya lebih mudah untuk dieliminasi. Sebagai contoh produk hasil dari metabolisme asam amino, adalah toksik dan tidak secara cepat dilepaskan dari sirkulasi oleh ginjal. Hepatosit melepaskan amonia dari sirkulasi dan mengubahnya menjadi urea, yang kurang toksik dari pada ammonia. Urea kemudian disekresikan ke dalam sirkulasi dan dieliminasi oleh ginjal di urin. Hepatosit hati juga melepaskan zat-zat lainnya dari sirkulasi dan mengsekresikannya ke dalam empedu.

Hati terdiri atas banyak unit fungsional yang disebut lobula. Di dalam setiap lobula, sel epitelium yang disebut hepatosit disusun dalam lapisan-lapisan yang menyebar keluar dari vena sentral. Sinusoid hati adalah

ruang yang terdapat diantara kelompok lapisan ini, sedangkan saluran yang lebih kecil yang disebut kanalikulus empedu memisahkan lapisan yang lain. Masing – masing dari (biasanya) enam sudut lobula ditempati oleh tiga pembuluh: satu duktus empedu dan dua pembuluh darah (triad portal). Pembuluh darah ini merupakan cabang dari arteri hepatic (yang membawa darah teroksigen) dan dari vena porta hepatic (yang membawa darah tak teroksigen tetapi kaya nutrisi dari usus kecil). Darah masuk ke hati lewat arteri hepatic dan vena porta hepatic dan kemudian didistribusikan ke lobula. Darah mengalir ke setiap lobula dengan melewati sinusoid hati dan berkumpul di vena sentral. Vena sentral dari semua lobula bersatu dan keluar dari hati lewat vena hepatic (bukan vena porta hepatic). Di dalam sinusoid, fagosit yang disebut sel kupffer (sel retikuloendotelium berbentuk bintang) menghancurkan bakteri dan memecah sel darah merah dan putih yang tua serta sisa-sisa yang lain. Hepatosit yang membatasi sinusoid juga menyaring darah yang masuk. Hepatosit menghilangkan berbagai zat dari darah termasuk oksigen, nutrisi, toksin dan material buangan. Dari zat ini, hepatosit menghasilkan empedu yang disekresi ke dalam kanalikulus empedu, yang masuk ke duktus empedu. Duktus empedu dari berbagai lobula bersatu dan keluar dari hati lewat duktus hepatic umum tunggal. Duktus hepatic umum ini bersatu dengan duktus sistikus dari kantung empedu membentuk ampula hepatopankreas (hepatopankreatic ampulla). Saluran terakhir ini membawa empedu ke usus kecil. Kantung empedu menyimpan kelebihan empedu. Ketika makanana mencapai usus kecil, empedu mengalir secara terus-menerus dari hati dan kantung empedu ke usus kecil. Ketika usus kecil kosong, otot lingkar (otot lingkar Oddi) menutup ampula hepatopankreas, dan empedu kembali dan mengisi kantung empedu.

H. Absorpsi dalam usus halus

1. Digesti oleh enzim usus. Enzim-enzim usus melengkapi proses pencernaan kimus sehingga produk tersebut dapat langsung dan dengan mudah terserap.
 - a. Enterokinase mengaktivasi tripsinogen pankreas menjadi tripsin, yang kemudian mengurai protein dan peptida menjadi peptida yang lebih kecil.
 - b. Aminopeptidase, tetrapeptidase, tripeptidase, dan dipeptidase mengurai peptida menjadi asam amino bebas.
 - c. Amilase usus menghidrolisis zat tepung menjadi disakarida (maltosa, sukrosa, dan laktosa).

- d. Maltase, isomaltase, laktase, dan sukrase memecah disakarida maltosa, laktosa, dan sukrosa, menjadi monosakarida (gula sederhana).
 - e. Lipase usus memecah monogliserida menjadi asam lemak dan gliserol.
2. Jalur absorptif. Produk-produk digesti (monosakarida, asam amino, asam lemak, dan gliserol juga air, elektrolit, vitamin, dan cairan pencernaan) diabsorpsi menembus membran sel epitel duodenum dan yeyunum. Hanya sedikit absorpsi yang berlangsung dalam ileum kecuali untuk garam-garam empedu dan vitamin B12.
3. Mekanisme transport absorpsi meliputi difusi, difusi terfasilitasi, transport aktif, dan pinositosis. Mekanisme utama adalah transport aktif. Zat-zat yang ditranspor dari lumen usus ke darah atau limfe harus menembus sel-sel dan cairan interstitial berikut:
 - a. Membran plasma sel epitelial kolumnar pada vilus, sitoplasmanya, dan membran dasarnya.
 - b. Jaringan ikat di antara sel epitel dan kapilar atau lakteal dalam vilus.
 - c. Dinding kapilar atau lakteal yang terletak dalam inti vilus.
4. Absorpsi karbohidrat. Setiap gula sederhana dipercaya memiliki mekanisme transportnya sendiri. Gula bergerak dari usus menuju jaringan-jaringan kapilar vilus dan dibawa menuju hati oleh vena portal hepatis.
 - a. Absorpsi glukosa terjadi bersamaan dengan transport aktif ion natrium (kotranspor).
 - b. Fruktosa ditranspor melalui difusi terfasilitasi yang diperantarai carrier.
 - c. Monosakarida lain dapat diabsorpsi melalui difusi sederhana.
5. Absorpsi protein. Transport aktif asam amino ke dalam sel-sel usus juga berlangsung bersamaan dengan transport aktif natrium, dengan sistem carrier yang terpisah untuk asam amino berbeda. Dari kapilar vilus, asam amino dibawa ke hati.
6. Absorpsi lemak. Asam lemak larut lipid dan gliserol diabsorpsi dalam bentuk micelle, yaitu suatu globulus sferikal garam empedu yang menggiling bagian berlemak. Micelle membawa asam lemak dan monoglikosida menuju sel epitel, tempatnya dilepas dan diabsorpsi melalui difusi pasif menuju membran sel usus.

- a. Asam lemak berantai karbon pendek (kurang dari 10 sampai 12 atom karbon) merupakan molekul kecil yang bergerak ke dalam kapilar vilus bersama asam amino dan monosakarida.
 - b. Asam lemak berantai karbon panjang (mencapai 90% lebih dari asam lemak yang ada) dan molekul gliserol bergerak ke retikulum endoplasma, kemudian disintesis ulang menjadi trigliserida, berikatan dengan lipoprotein, fosfolipid, dan kolesterol, serta terbebas sebagai kilomikron dari tepi lateral sel usus.
 - c. Kilomikron menembus lakteal sentral vilus menuju sistem limfatik dan sirkulasi sistemik, sebelumnya melintasi (bypassing) hati.
7. Absorpsi air, elektrolit, dan vitamin
- a. Hanya 0,5 L dari 5 L sampai 10 L cairan yang ada dalam usus halus yang mencapai usus besar. Air diabsorpsi secara pasif melalui hukum osmosis setelah absorpsi elektrolit dan makanan tercerna.
 - b. Ion dan zat renik diabsorpsi melalui difusi atau transport aktif.
 - 1) Absorpsi kalsium bervariasi sesuai dengan asupan makanan, kadar plasma, dan kebutuhan tubuh serta diatur oleh hormon paratiroid dan ingesti vitamin D.
 - 2) Absorpsi zat besi ditentukan sesuai kebutuhan metabolik. Zat besi terikat pada globulin (transferin) dalam darah dan tersimpan pada tubuh dalam bentuk feritin yang akan dilepas jika dibutuhkan.
 - 3) Vitamin larut air (C dan B) diabsorpsi melalui difusi. Vitamin larut lemak (A, D, E dan K) diabsorpsi bersama lemak. Absorpsi vitamin B12 bergantung pada faktor intrinsik lambung dan berlangsung dalam ileum.

I. Usus besar

Makanan dalam saluran pencernaan masuk ke usus besar, sebagian besar nutrisi telah dicerna dan diabsorpsi dan hanya menyisakan zat-zat yang tidak tercerna. Makanan biasa memerlukan waktu 2 sampai 5 hari untuk menempuh ujung saluran pencernaan yang satu ke ujung lainnya: 2 sampai 6 jam di lambung, 6 sampai 8 jam di usus halus, dan sisa waktunya berada di usus besar.

Fungsi usus besar

- a. Usus besar mengabsorpsi 80% sampai 90% air dan elektrolit dari kimus yang tersisa dan mengubah kimus dari cairan menjadi massa semi padat.
- b. Usus besar hanya memproduksi mukus. Sekresinya tidak mengandung enzim atau hormon pencernaan.
- c. Sejumlah bakteri dalam kolon mampu mencerna sejumlah kecil selulosa dan memproduksi sedikit kalori nutrien bagi tubuh dalam setiap hari. Bakteri juga memproduksi vitamin (K, riboflavin, dan tiamin) dan berbagai gas.
- d. Usus besar mengekskresi zat sisa dalam bentuk feses.
 - 1) Air mencapai 75% sampai 80% feses. Sepertiga materi padatnya adalah bakteri dan sisanya yang 2% sampai 3% adalah nitrogen, zat sisa organik dan anorganik dari sekresi pencernaan, serta mukus dan lemak.
 - 2) Feses juga mengandung sejumlah materi kasar, atau serat dan selulosa yang tidak tercerna. Warna coklat berasal dari pigmen empedu; bau berasal dari kerja bakteri.

BAB X. SISTEM PERNAFASAN

Sistem pernapasan atau juga dikenal sebagai sistem respirasi terdiri dari:

- Paru-paru
- Pembuluh pernapasan bagian atas, yang memungkinkan masuknya udara atmosfer ke dalam sistem pernapasan, ini melibatkan hidung (dan mulut), laring (dan faring), dan trakea (tenggorokan).
- Saluran udara pernapasan bagian bawah yang memungkinkan lewatnya udara atmosfer ke paru-paru itu sendiri, melibatkan bronkus dan bronkiolus utama.
- Saluran udara pernapasan akhir yang memungkinkan pertukaran gas terjadi, melibatkan bronkiolus pernafasan, kantung alveolar dan alveoli.

Berbeda dengan sistem kardiovaskular, yang dibungkus dan tertutup, sistem pernapasan terbuka ke atmosfer untuk memungkinkan asupan udara saat bernafas. Selama inspirasi (menghirup), udara atmosfer yang mengandung sekitar 21% oksigen ditarik ke dan melalui sistem hidung atau mulut, dan turun ke dalam struktur yang lebih kecil dari paru-paru ke alveoli. Proses ini beberapa oksigen ditukar dengan akumulasi gas karbon dioksida yang merupakan produk limbah dari kegiatan metabolisme sel-sel tubuh. Oksigen ditukar diambil dari paru-paru dalam sistem peredaran darah, yang akan digunakan oleh tubuh selama aktivitas selular, sedangkan karbon dioksida akan dilepas dari tubuh selama ekspirasi (menghembuskan nafas). Mekanisme pertukaran gas adalah fungsi utama dari sistem pernapasan.

A. Pertukaran Gas

Fungsi utama dari sistem pernapasan adalah mengambil oksigen dan mengeluarkan karbon dioksida. Pertukaran gas ini disebut respirasi dan terjadi antara atmosfer, darah, dan sel dalam fase yang berbeda:

- Ventilasi pulmonari. Kata pulmo merujuk ke paru-paru dan ventilasi pulmonari adalah istilah lain untuk pernapasan. Udara dihirup atau ditarik ke dalam paru-paru dan kemudian dikeluarkan dari paru-paru

- Respirasi eksternal (respirasi pulmonari). Pertukaran gas yang terjadi antara paru-paru dan darah. Pada respirasi eksternal darah mengambil oksigen dan melepaskan karbon dioksida
- Respirasi internal (respirasi jaringan). Pertukaran gas yang terjadi antara darah dan sel jaringan. Pada respirasi internal darah melepaskan oksigen dan mengikat karbon dioksida

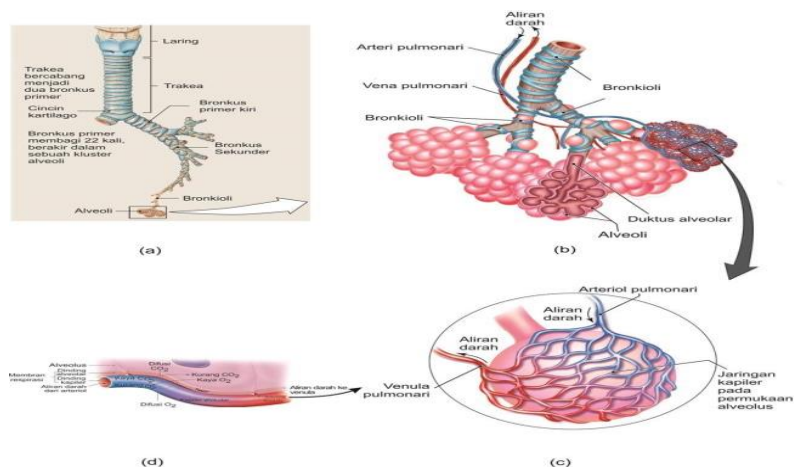
Olfaction (penciuman). Sistem respirasi sekaligus berfungsi dalam penciuman yang merasa bau.

Produksi suara. Getaran partikel udara menghasilkan suara. Ketika kita mengeluarkan udara ke luar, udara melewati laring (kotak suara) dimana terdapat membran khusus yang disebut pita suara. Udara menyebabkan pita suara bergetar dan menghasilkan bunyi yang kemudian diubah menjadi kata oleh otot faring, muka, lidah, dan bibir. Faring, rongga hidung, dan sinus paranasal juga bertindak sebagai tempat resonansi untuk suara.

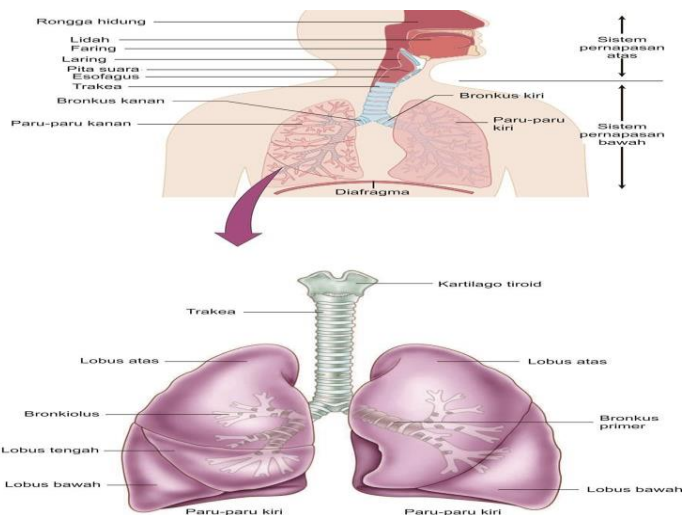
Tabel 7. Komponen respirasi dan fungsinya

Komponen	Fungsi
Hidung	Lubang hidung memungkinkan udara untuk masuk dan keluar rongga hidung; filter rongga hidung, menghangatkan, dan melembabkan udara yang dihirup
Faring	Membawa udara antara rongga hidung dan laring; filter, menghangatkan, dan melembabkan udara yang dihirup; berfungsi sebagai jalan terusan untuk makanan dari mulut ke kerongkongan; menyetarakan tekanan udara dengan telinga tengah melalui tabung pendengaran
Laring	Membawa udara antara faring dan trakea; mengandung pita suara untuk menghasilkan suara dalam vokalisasi; mencegah obyek masuk trakea

Trakea	Membawa udara antara laring dan bronkus; filter, menghangatkan, dan melembabkan udara yang dihirup
Bronkus	Membawa udara antara trakea dan bronkiolus; filter, menghangatkan, dan melembabkan udara yang dihirup
Bronkiolus	Mengatur laju aliran udara melalui bronkokonstriksi dan bronkodilatasi
Alveoli	Memungkinkan pertukaran gas antara udara di alveoli dan darah dalam kapiler sekitarnya



Gambar 16. (a) Trakea. (b) Alveoli. (c dan d) Mekanisme pertukaran gas di alveoli



Gambar 17. Paru-paru dan bagian-bagiannya

B. Mekanisme pernapasan

Selama inspirasi, otot-otot interkostal eksternal ditemukan antara kontraksi rusuk, mengerakkan tulang rusuk ke atas dan keluar. Otot diafragma juga berkontraksi dan membentuk kubah yang datar. Ini meningkatkan ruang di paru-paru dan menyebabkan udara secara otomatis ditarik ke dalam paru-paru. Selama ekspirasi, otot-otot interkostal eksternal berelaksasi dan tulang rusuk kembali ke posisi istirahat mereka. Diafragma berelaksasi, kembali ke bentuk kubah aslinya. Ini menyebabkan ruang di paru-paru menjadi lebih kecil, memaksa udara keluar dari

Masalah pernapasan

1. Hipoksia (anoksia)

Adalah defisiensi oksigen, yaitu kondisi berkurangnya kadar oksigen di badingkan kadar normalnya secara fisiologis dalam jaringan dan organ.

- Hipoksia dapat terjadi akibat insufisiensi oksigen dalam atmosfer; anemia (insufisiensi sel darah merah); gangguan sirkulasi darah; penyakit paru; yang mengganggu ventilasi pulmonary; atau keberadaan zat toksik seperti karbonmonoksida atau siania, di dalam tubuh.
- Karbon monoksida (CO) adalah zat toksik karena molekul ini berikatan dengan hemoglobin disisi yang sama untuk mengikat oksigen. Kecenderungan daya ikatnya terhadap hemoglobin lebih besar 320 kali dibandingkan daya ikat hemoglobin oksigen dan

pelepasannya lebih lambat. Oleh karena itu sejumlah kecil karbon monoksida dalam udara dapat mematikan.

2. Hiperkapnia

Adalah peningkatan kadar CO₂ dalam cairan tubuh dan sering disertai hipoksia. CO₂ berlebih meningkatkan respirasi dan konsentrasi yang hidrogen, yang akan menyebabkan asidosis (kadar asam berlebih).

3. Hipokapnia

Adalah penurunan kadar CO₂ dalam darah, biasanya terjadi akibat hiperventilasi (pernapasan cepat) dan penghambusan CO₂. penurunan kadar CO₂ menyebabkan terjadinya alkalosis (jumlah bikarbonat berlebih) dalam cairan tubuh.

C. Asma

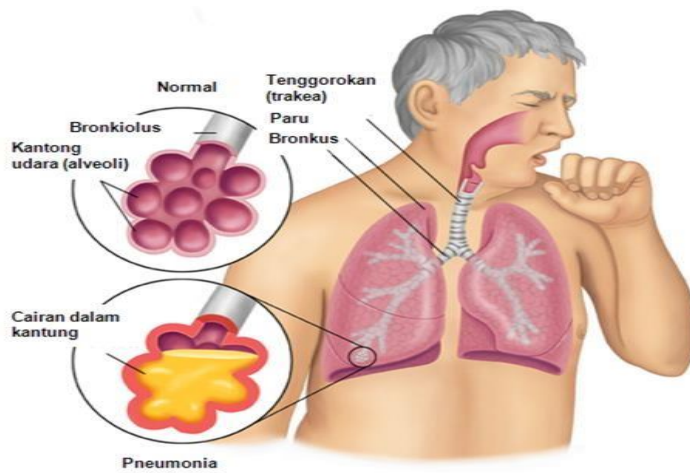
Asma adalah penyakit pernapasan obstruktif yang ditandai inflamasi saluran napas akut otot polos bronkiolus. Kondisi ini menyebabkan produksi mukus yang berlebihan dan menumpuk, penyumbatan aliran udara, dan penurunan ventilasi alveolus. Asma terjadi pada individu tertentu yang merespon secara agresif terhadap berbagai jenis iritan di jalan napas. Faktor risiko untuk salah satu jenis gangguan hiper-reponsif ini adalah riwayat asma atau alergi dalam keluarga, yang mengisyaratkan adanya kecenderungan genetik.

1) Gejala

- Dispnea yang bermakna.
- Batuk, terutama di malam hari.
- Pernapasan yang dangkal dan cepat.
- Mengi yang dapat terdengar pada auskultasi paru. Biasanya mengi terdengar hanya saat ekspirasi, kecuali kondisi pasien parah.
- Peningkatan usaha bernapas, ditandai dengan retraksi dada, disertai perburukan kondisi, napas cuping hidung.

D. Batuk

Tubuh manusia memiliki sistem pertahanan untuk melawan gangguan dari luar. Salah satunya adalah batuk. Batuk adalah respons alami yang dilakukan tubuh untuk membersihkan lendir atau faktor penyebab iritasi, seperti debu atau asap, agar keluar dari saluran pernapasan kita. Batuk umumnya akan sembuh dalam waktu tiga minggu dan tidak membutuhkan pengobatan. Keefektifan obat batuk masih belum terbukti sepenuhnya. Ramuan buatan sendiri seperti air madu dan lemon bisa membantu meringankan batuk ringan.



Gambar 18. Proses batuk pada manusia

BAB XI. SISTEM SARAF

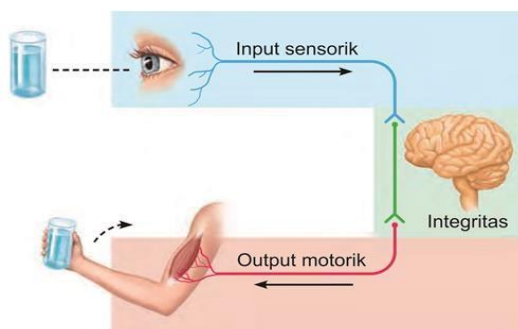
Sistem saraf adalah pusat kontrol tubuh, pengaturan dan jaringan komunikasi. Dia mengarahkan fungsi organ dan sistem tubuh. Pusat dari semua aktivitas mental, meliputi pemikiran, pembelajaran, dan memori. Sistem saraf bersama-sama dengan sistem endokrin dalam mengatur dan mempertahankan homeostasis (lingkungan internal tubuh kita) dengan mengontrol kelenjar endokrin utama (hipofisis) melalui hipotalamus otak. Melalui reseptornya, sistem saraf membuat kita berhubungan dengan lingkungan kita, baik eksternal dan internal. Seperti sistem lain dalam tubuh, sistem saraf terdiri dari organ, terutama otak, sumsum tulang belakang, saraf, dan ganglia, yang pada gilirannya, terdiri dari berbagai jaringan, termasuk saraf, darah, dan jaringan ikat yang secara bersama melaksanakan kegiatan yang kompleks dari sistem saraf. Sistem saraf menggunakan jutaan reseptor sensorik nya untuk memantau perubahan yang terjadi baik didalam dan luar tubuh. Informasi yang dikumpulkan disebut input sensorik

- Fungsi Integritas

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

- Fungsi motoric.

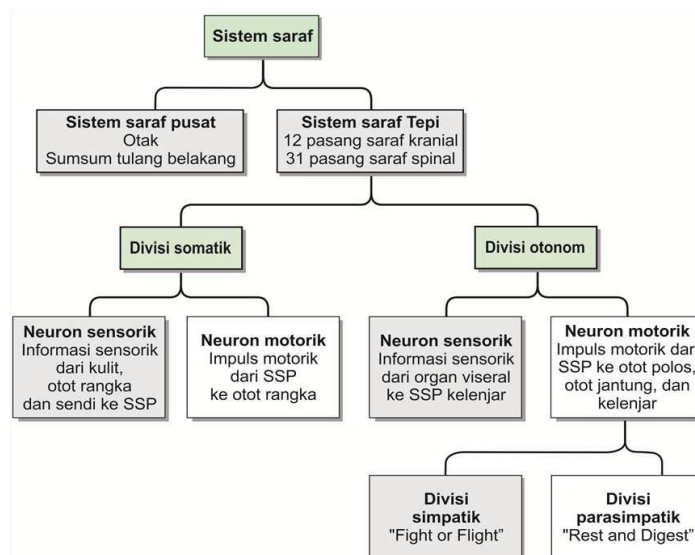
Sistem saraf mengaktifkan organ efektor, (otot dan kelenjar) untuk menimbulkan respon. Proses ini disebut output motorik.



Gambar 19. Fungsi sistem saraf

A. Organisasi system saraf

Sistem saraf dapat dikelompokkan menjadi dua kategori utama yakni pertama adalah sistem saraf pusat, yang merupakan pusat kontrol untuk seluruh sistem dan pusat integrasi saraf tubuh. Ini terdiri dari otak dan sumsum tulang belakang. Menerima informasi yang masuk (impuls saraf), analisis dan mengorganisasikannya, dan memulai tindakan yang tepat. Semua sensasi tubuh dan perubahan lingkungan eksternal kita harus disampaikan dari reseptor dan organ perasa ke SSP untuk ditafsirkan (apa yang mereka maksud). Dan kemudian, jika perlu, bertindak atas (seperti menjauh dari sumber rasa sakit atau bahaya). Kategori utama kedua adalah sistem saraf tepi (SST), yang juga akan dibahas dalam bab ini.



Gambar 20. Organisasi sistem saraf

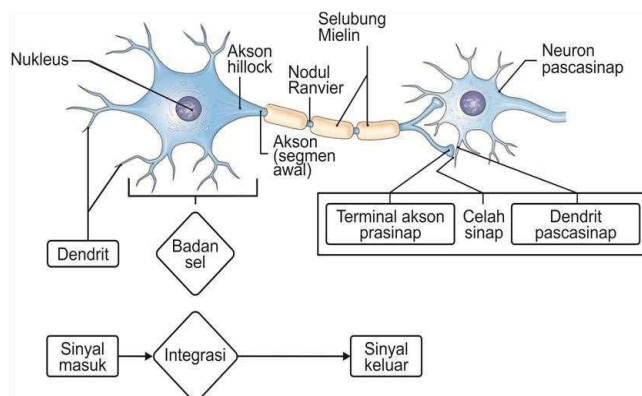
B. Klasifikasi Sel Saraf

Jaringan saraf terdiri dari kelompok sel saraf atau neuron yang mengirimkan informasi disebut impuls saraf dalam bentuk perubahan elektrokimia, dan merupakan sel konduksi. Neuron adalah sel saraf yang sesungguhnya. Jaringan saraf juga terdiri dari sel-sel yang melakukan dukungan dan perlindungan. Sel-sel ini disebut neuroglia atau sel glial. Lebih dari 60% dari semua sel otak adalah sel neuroglia. Neuroglia ini bukan sel konduksi. Mereka adalah jenis khusus dari "jaringan ikat" untuk sistem saraf.

Neuron

Neuron, atau sel-sel saraf, adalah unit struktural dan fungsional dari sistem saraf. Neuron adalah sel halus yang khusus untuk menghasilkan dan mengirimkan impuls saraf. Neuron dapat bervariasi dalam ukuran dan bentuk, tetapi mereka memiliki banyak ciri-ciri yang umum. Neuron bersifat amitotik. Ini berarti bahwa jika neuron mengalami kerusakan, tidak dapat digantikan karena neuron tidak mengalami mitosis. Neuron memiliki dua karakteristik fungsional yang unik: iritabilitas dan konduktivitas. Iritabilitas adalah kemampuan untuk menanggapi rangsangan dengan membentuk impuls saraf. Konduktivitas adalah kemampuan untuk mengirimkan impuls saraf sepanjang akson ke neuron lain atau sel efektor. Karakteristik ini memungkinkan berfungsinya sistem saraf. Pensinyalan atau sinyal lewat melalui baik sarana listrik dan kimia. Setiap neuron memiliki tiga bagian:

- Badan sel
- Satu atau lebih dendrit
- Satu akson



Gambar 21. Neuron dan bagian-bagiannya

Badan sel

Badan sel saraf merupakan bagian yang paling besar dari sel saraf. Setiap badan sel saraf mengandung inti tunggal (gambar 21). Inti ini merupakan pusat kontrol sel. Badan sel berfungsi untuk menerima rangsangan dari dendrit dan meneruskannya ke akson. Pada badan sel saraf terdapat inti sel, sitoplasma, mitokondria, sentrosom, badan golgi, lisosom. Dalam sitoplasma badan sel, ada retikulum endoplasma kasar [reticulum endoplasmic rough (RER)]. Dalam neuron, ER kasar memiliki

struktur granular disebut sebagai badan Nissl, juga disebut zat chromatophilic, dan merupakan tempat sintesis protein.

Dendrit

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

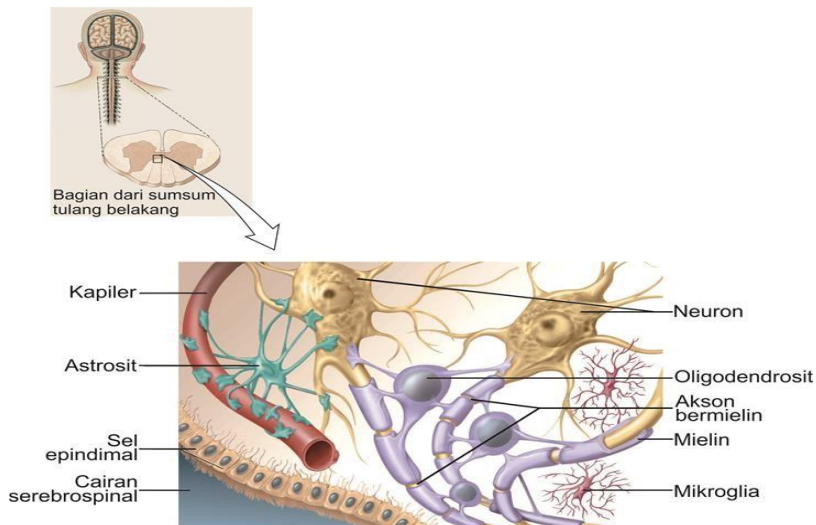
Akson

Akson adalah serabut sel saraf panjang yang merupakan penjuluran sitoplasma badan sel. Akson hillock, adalah prosesus panjang atau serat yang dimulai secara tunggal tetapi dapat bercabang dan pada ujungnya memiliki banyak perpanjangan halus disebut terminal akson yang kontak dengan dendrit dari neuron lainnya. Benang-benang halus yang terdapat di dalam akson disebut neurofibril. Neurofibril dibungkus oleh beberapa lapis selaput mielin yang banyak mengandung zat lemak dan berfungsi untuk mempercepat jalannya rangsangan. Pada bagian luar akson terdapat lapisan lemak disebut mielin yang merupakan kumpulan sel Schwann yang menempel pada akson. Sel Schwann adalah sel glia yang membentuk selubung lemak di seluruh serabut saraf mielin. Membran plasma sel Schwann disebut neurilemma. Fungsi mielin adalah melindungi akson dan memberi nutrisi. Bagian dari akson yang merupakan celah sempit dan tidak terbungkus mielin disebut nodus Ranvier, yang berfungsi mempercepat penghantaran impuls.

C. Sel Neuroglia

Ada berbagai jenis sel neuroglia, dan, tidak seperti neuron, mereka tidak menkonduksikan impuls, sehingga juga disebut sel non-saraf atau sel glial. Mereka mendukung, memelihara, dan melindungi neuron. Jumlahnya jauh lebih banyak (10–15 kali) daripada neuron dan, tidak seperti neuron, sel neuroglia dapat bermitosis. Sel neuroglia memainkan peran penting dalam reaksi saraf selama infeksi. Umumnya, sel-sel neuroglia merupakan lokasi tumor pada sistem saraf. Salah satu jenis neuroglia adalah sel Schwann, yang ada di sistem saraf tepi (SST). Empat jenis neuroglia lainnya ada di SSP, dimana jumlahnya bahkan lebih banyak dari neuron (gambar 4). Sel-sel neuroglia didistribusikan dalam sistem saraf pusat (SSP) serta sistem saraf perifer (SST). Dengan demikian sel-sel neuroglia diklasifikasikan menjadi dua jenis; Sel neuroglial sentral dan sel neuroglial tepi (perifer). Tabel 8 mencantumkan enam jenis

neuroglia. Sebagian penulis mengklasifikasikan hanya empat jenis sel pendukung ditemukan di SSP sebagai sel neuroglia sejati.



Gambar 22. Sel Glia dari sistem saraf pusat

Astrosit adalah sel berbentuk bintang yang membungkus sel-sel saraf untuk membentuk jaringan pendukung di otak dan sumsum tulang belakang. Astrosit juga bergabung dengan epitel pembuluh darah untuk membentuk sawar darah otak, yang melindungi neuron dengan mengatur secara ketat pertukaran material antara darah dan neuron.

Oligodendroglia terlihat seperti astrosit kecil. Mereka juga memberikan dukungan dengan membentuk baris semikaku seperti jaringan ikat antara neuron di otak dan sumsum tulang belakang. Mereka menghasilkan selubung mielin berlemak pada neuron otak dan sumsum tulang belakang dari SSP, tetapi mereka tidak membentuk neurilemma. Kurangnya neurilemma adalah salah satu faktor yang berkontribusi terhadap ketidakmampuan akson dalam otak dan sumsum tulang belakang untuk regenerasi setelah cedera.

Sel mikroglia adalah sel kecil yang melindungi SSP (tersebar di seluruh SSP) berperan untuk menelan dan menghancurkan mikroba seperti bakteri dan kotoran selular.

Sel epindimal melapisi ventrikel otak yang berisi cairan. Sebagian memproduksi cairan serebrospinal dan lain-lain dengan silia mengerakkan cairan melalui SSP. Sel Schwann membentuk selubung mielin yang mengelilingi serat saraf di SST.

Tabel 8. Jenis, lokasi dan fungsi sel glia

Jenis Sel	Lokasi	Deskripsi	Fungsi Utama
Astrosit	SSP	Berbentuk bintang; banyak menjalankan proses dengan ujung bulat untuk pelekatan	- Mengikat pembuluh darah ke saraf; mengatur komposisi cairan di sekitar neuron
Sel epindemal	SSP	Sel kolomnar dengan silia	- Berperan aktif dalam pembentukan dan sirkulasi CSS - Membentuk lapisan rongga di otak dan sumsum tulang belakang
Mikroglia	SSP	Sel kecil dengan prosesus panjang, makarofag dimodifikasi	- Bertindak sebagai fagosit dalam SSP, berkumpul dimanapun cedera atau

			infeksi terjadi
Oligodendroglia/ oligodendrosit	SSP	Sel kecil dengan jumlah sedikit, tapi panjang, prosesus yang membungkus akson	- Membentuk selubung - mielin di sekitar akson Memberikan dukungan dan koneksi
Sel Schwann	SST	Sel glia utama pada SST Sel datar, panjang, prosesus datar yang membungkus di sekitar akson pada SST, memiliki neurilemma	- Membentuk selubung mielin di sekitar akson pada SST Berperan aktif dalam regenerasi serat saraf
Sel satellite	SST	Terdapat pada permukaan luar neuron SST Sel datar, mirip dengan sel Schwann	- Mendukung badan sel saraf dalam ganglia

D. Sistem saraf pusat

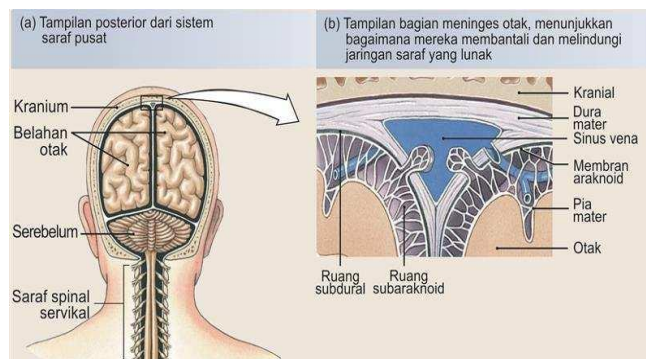
Sistem saraf pusat (SSP) terdiri dari otak dan sumsum tulang belakang, yang terletak di rongga tubuh dorsal. Ini adalah sangat penting untuk kesejahteraan kita dan tertutup dalam tulang untuk perlindungan. Otak bersambungan dengan sumsum tulang belakang di foramen magnum. Fungsi utama dari sumsum tulang belakang adalah untuk menyampaikan impuls sensorik dari tepi (perifer) ke otak dan untuk

mengkonduksikan impuls motorik dari otak ke tepi. Otak dan sumsum tulang belakang bersifat lunak, organ halus yang akan mudah rusak tanpa perlindungan yang memadai. Sekitar tulang dan membran fibrosa memberikan perlindungan dan dukungan. Otak menempati rongga tengkorak dibentuk oleh tulang tengkorak (kranial), dan sumsum tulang belakang terletak di dalam kanal tulang belakang yang dibentuk oleh tulang belakang. Tiga membran terletak antara SSP dan tulang sekitarnya. Membran ini secara kolektif disebut meninges.

Meninges adalah tiga membran jaringan ikat yang terletak eksternal ke organ SSP (gambar 23). Meninges:

- Menutupi dan melindungi SSP
- Melindungi pembuluh darah dan mengelilingi sinus vena
- Mengandung cairan serebrospinal
- Membentuk partisi di tengkorak kepala

Dari eksternal ke internal, meninges adalah dura mater, araknoid mater, dan pia mater. Ruang antara pia mater dan arachnoid mater, disebut ruang subaraknoid, terisi dengan CSS.



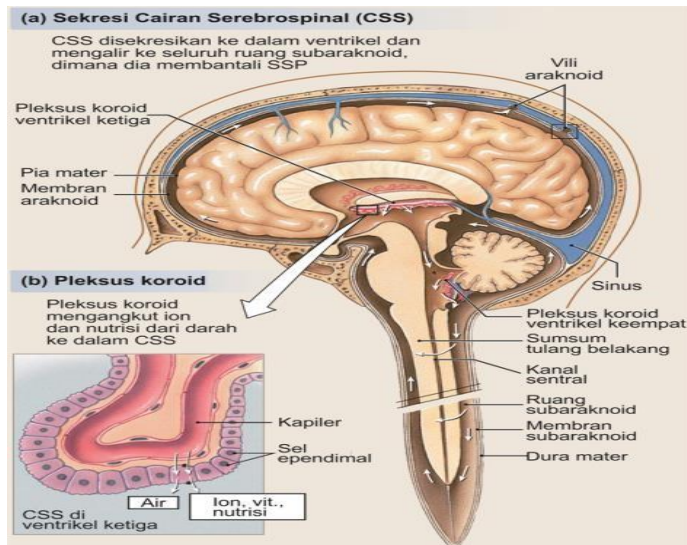
Gambar 23. Meninges

Cairan Serebrospinal

Cairan serebrospinal, atau (CSS), adalah bening, cairan berair yang menggenangi SSP, komposisinya mirip (tapi tidak identik) dengan plasma darah dari mana dia terbentuk. Namun, mengandung sedikit protein daripada plasma dan konsentrasi ion yang berbeda. Sebagai contoh, CSS mengandung lebih banyak ion Na^+ , Cl^- , dan H^+ daripada plasma darah, dan sedikit Ca^{2+} dan K^+ . CSS sepenuhnya mengelilingi SSP dan mengisi sejumlah rongga yang terletak dalam otak dan sumsum tulang belakang,

membentuk bantal cair yang memberikan daya apung untuk struktur SSP sehingga tidak bersandar langsung pada permukaan tengkorak atau dura mater. Daya apung CSS mengurangi berat otak hampir 30 kali lipat. Berat lebih ringan berarti sedikit tekanan pada pembuluh darah dan saraf yang melekat pada SSP. CSS juga melindungi otak dan sumsum tulang belakang dari pukulan dan trauma lainnya. Selain itu, melindungi otak terhadap guncangan gerakan kepala yang cepat. CSS juga memberikan beberapa nutrisi ke jaringan SSP. CSS disekresi secara terus menerus oleh pleksus koroid, daerah khusus pada dinding ventrikel. Setelah diproduksi, CSS bergerak bebas melalui ventrikel otak, kanal sentral dari sumsum tulang belakang, dan ruang subarachnoid sekitar SSP. Sel-sel pleksus koroid secara selektif memompa natrium dan zat terlarut lainnya (transpor aktif) dari plasma ke dalam ventrikel, menciptakan gradien osmotik yang menarik air bersama dengan zat terlarut. Molekul besar diangkut secara pinositosis.

Sel endotel pembuluh darah di pleksus koroid, bergabung dengan tight junction sawar darah otak, atau lebih tepatnya sawar darah-cairan serebrospinal. Akibatnya, zat tidak dapat lolos antara sel tetapi harus melewati sel. Pada orang dewasa, volume total CSS sekitar 150 ml (sekitar setengah cangkir) diganti setiap 8 jam atau lebih. Sekitar 500 ml CSS terbentuk setiap hari. Pleksus koroid juga membantu membersihkan CSS dengan membuang produk limbah dan zat terlarut yang tidak perlu. Setelah diproduksi, CSS bergerak bebas melalui ventrikel. Biasanya, CSS diproduksi dan dialirkan dengan laju yang konstan. Namun, jika sesuatu (seperti tumor) menyumbat sirkulasi atau alirannya, CSS terakumulasi dan memberikan tekanan pada otak. Kondisi ini disebut hidrosefalus ("air di otak"). Hidrosefalus memperbesar kepala bayi yang baru lahir karena tulang tengkorak belum menyatu. Namun, pada orang dewasa, tengkorak yang kaku dan keras, dan hidrosefalus cenderung merusak otak karena cairan terakumulasi menekan pembuluh darah dan meremukkan jaringan saraf yang lunak. Hidrosefalus diterapi dengan memasukkan pirau (shunt) ke dalam ventrikel untuk mengalirkan kelebihan cairan ke dalam rongga perut. Secara klinis, sampel cairan serebrospinal dianggap menjadi indikator lingkungan kimia di otak. Prosedur pengambilan sampel ini, dikenal sebagai spinal tap atau pungsi lumbal, umumnya dilakukan dengan menarik cairan dari ruang subaraknoid antara vertebra di ujung bawah dari sumsum tulang belakang. Adanya protein atau sel darah dalam cairan serebrospinal menunjukkan infeksi.



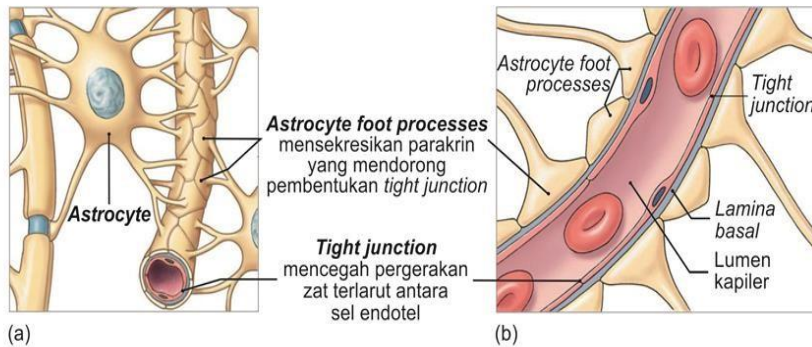
Gambar 24. Lokasi, pembentukan, dan sirkulasi dari CSS

D.1. Sawar Darah Otak

Lapisan akhir perlindungan untuk otak adalah penghalang fungsional antara cairan interstisial dan darah. Penghalang ini diperlukan untuk mengisolasi pusat kontrol utama tubuh dari zat berbahaya dalam darah dan dari patogen yang terbawa darah seperti bakteri. Untuk mencapai perlindungan ini, sebagian besar dari 400 mil kapiler otak membuat sawar darah otak fungsional. Meskipun bukan penghalang secara harfiah, permeabilitas sangat selektif dari kapiler otak melindungi otak dari toksin dan dari fluktuasi hormon, ion, dan zat neuroaktif seperti neurotransmitter dalam darah.

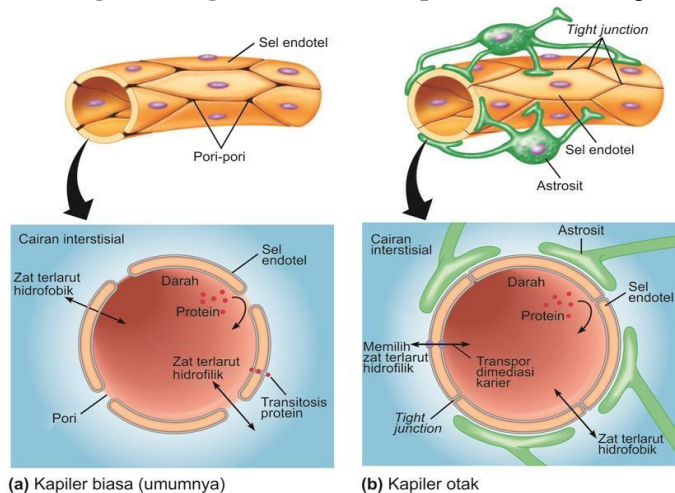
SAWAR DARAH OTAK

Neuron dilindungi dari zat berbahaya di darah karena kapiler otak tidak bocor.



Gambar 25. Sawar darah otak

Dalam SSP, sebagian besar molekul hidrofobik dapat berdifusi melintasi sel-sel endotel kapiler, seperti di jaringan lainnya. Namun, transitisis tidak terjadi di sel-sel endotel kapiler dalam SSP, dan pergerakan molekul hidrofilik melintasi dinding kapiler dibatasi oleh sawar darah otak (Gambar 11 b), penghalang fisik yang ada antara darah dan CSS, (cairan interstitial dalam SSP). Keberadaan penghalang ini karena adanya tight junction antara sel endotel kapiler yang meniadakan pori kapiler, sehingga membatasi difusi molekul hidrofilik anatar sel. Astrosit sangat penting terhadap pembentukan sawar darah otak dimana dia merangsang sel endotel untuk mengembangkan dan mempertahankan *tight junction*.



Gambar 26. (a) Kapiler umumnya yang ditemukan di sebagian besar daerah di tubuh.
(b) Kapiler otak.

Sawar darah otak melindungi SSP dari zat-zat berbahaya yang mungkin ada di darah dengan membatasi gerakan molekul melintasi sel endotel kapiler. Untuk masuk atau meninggalkan kapiler, molekul harus melintasi sel endotel mereka sendiri. Gas dan molekul hidrofobik lainnya berpenetrasi melalui sel ini secara relatif mudah, karena mereka dapat bergerak melintasi membran sel secara difusi sederhana melalui lipid bilayer. Sebagai akibatnya molekul ini dapat bergerak secara bebas antara darah dan jaringan otak. Salah satu contoh senyawa hidrofobik adalah etanol yang menekan fungsi SSP dengan beberapa mekanisme. Beberapa antihistamin membuat Anda mengantuk tetapi yang lainnya tidak. Antihistamin generasi pertama adalah golongan amina yang larut lipid yang mudah melintasi sawar darah otak dan bekerja di pusat otak yang mengontrol kewaspadaan. Obat-obat baru jauh lebih sedikit larut dalam lemak dan karenanya tidak memiliki efek sedatif. Sebaliknya, zat hidrofilik seperti ion, karbohidrat, dan asam amino tidak dapat melintasi membran plasma beberapa sel secara difusi sederhana. Melainkan harus bergantung pada transpor yang dimediasi untuk melintasi dinding kapiler di SSP. Karena transpor yang dimediasi menggunakan protein transpor yang bersifat selektif terhadap molekul tertentu, sawar darah otak adalah peremeabel secara selektif, memungkinkan hanya senyawa-senyawa tertentu untuk bergerak melintasinya. Senyawa seperti glukosa dapat berpenetrasi ke sawar darah otak secara cepat dengan difusi terfasilitasi karena protein transpor untuk glukosa ada di membran sel. Glukosa diangkut melintasi sawar darah otak oleh karier GLUT-1. Senyawa-senyawa lainnya diangkut melintasi sawar darah otak meliputi insulin, asam amino, kolin (diperlukan untuk sintesis asetilkolin) dan aspirin. Senyawa hidrofilik lainnya, seperti katekolamin, ion anorganik (meliputi ion H^+), dan obat-obat tertentu (meliputi beberapa antibiotik) tidak dapat berpenetrasi ke sawar darah otak ke tingkat yang lebih besar karena protein transpor untuk senyawa ini tidak ada di sel endotel dari kapiler SSP. Sebagai hasil permeabilitas selektif dari sawar darah otak, komposisi CSS berbeda dari plasma. Oleh karena itu penyakit SSP tertentu dapat didiagnosis secara adekuat hanya dengan mengambil sampel CSS, biasanya dengan prosedur yang disebut spinal tap.

Salah satu ilustrasi menarik tentang bagaimana sawar darah otak bekerja terlihat pada penyakit Parkinson, gangguan neurologis dimana kadar neurotransmitter dopamin otak terlalu rendah karena neuron dopaminergik rusak atau mati. Dopamin diberikan dalam pil atau suntikan tidak efektif karena tidak dapat melintasi sawar darah otak.

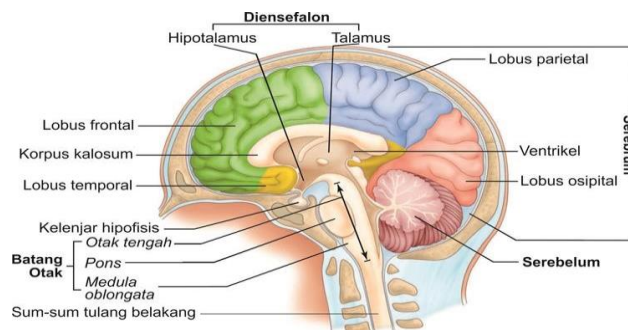
Meskipun prekursor dopamin L-dopa, diangkut melintasi sel sawar darah otak pada transporter asam amino. Setelah neuron memiliki akses ke L-dopa dalam cairan interstisial, mereka memetabolismenya menjadi dopamin, sehingga sulit untuk diobati. Daerah yang tidak memiliki sawar darah otak adalah pusat muntah di medula oblongata. Neuron ini memonitor darah dari zat-zat asing yang mungkin toksik, seperti obat. Jika mereka mendeteksi sesuatu yang berbahaya, mereka mengawali refleks muntah. Muntah mengeluarkan isi sistem pencernaan dan membantu mengeliminasi toksin yang tercerna.

Ada tiga tingkatan utama dari fungsi SSP:

1. Sumsum tulang belakang (spinal cord). Memproses refleks, mengirimkan impuls saraf ke dan dari otak.
2. Batang otak (brainstem). Menerima input sensorik dan mengawali output motorik, mengontrol proses kelangsungan hidup (misalnya, respirasi, sirkulasi, pencernaan)
3. Otak besar (serebrum) dan korteks serebral. Memproses, mengintegrasikan, dan menganalisis informasi; terlibat dengan tingkat tertinggi kognisi, mengawali gerakan secara sadar, persepsi sensorik, dan bahasa.

D.2. Otak

Otak adalah organ yang sangat kompleks. Mengandung sekitar 100 miliar neuron dan prosesus neuronal dan sinapsis tak terhitung jumlahnya. Otak terdiri dari empat komponen utama: otak besar (serebrum), otak kecil [serebelum (cerebellum)], diensefalon, dan batang otak (brainstem) (gambar 27). Otak manusia mencapai 2% dari keseluruhan berat tubuh, mengkonsumsi 25% oksigen dan menerima 1,5% curah jantung. Tabel 9 menjelaskan bagian-bagian otak dan fungsinya.



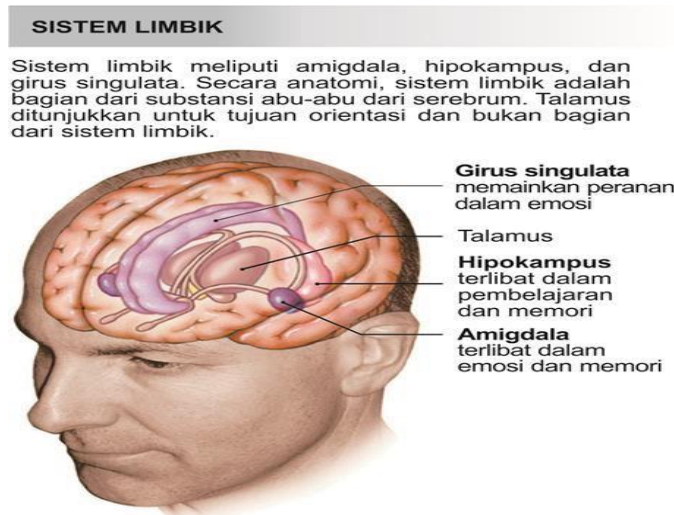
Gambar 27. Bagian-bagian utama otak manusia

Tabel 9. Bagian-bagian otak dan fungsinya

Bagian	Fungsi
Batang otak (<i>brainstem</i>)	Menghubungkan sumsum tulang belakang ke otak besar; terdiri dari medula oblongata, pons, dan otak tengah, dengan formasi reticular tersebar di ketiga daerah tersebut; memiliki banyak fungsi penting, seperti yang tercantum di bawah setiap subdivisi; merupakan lokasi inti saraf kranial.
Medula oblongata	Jalur untuk traktus saraf asending dan desending; pusat untuk beberapa refleks penting (misalnya, denyut jantung dan kekuatan kontraksi, diameter pembuluh darah, pernapasan, menelan, muntah, batuk, bersin, dan cegukan).
Pons	Mengandung traktur saraf asending dan desending; menyampaikan informasi dari otak besar (serebrum) dan otak kecil (serebelum); pusat refleks; membanyu medula mengontrol pernapasan.
Otak tengah (<i>midbrain</i>)	Mengandung traktur saraf asending dan desending; mengirim impuls saraf sensorik dari sumsum tulang belakang ke talamus dan impuls saraf motorik dari otak ke sumsum tulang belakang. Mengandung pusat refleks yang mrnggrrakkan bola mata, kepala, dan leher dalam menanggapi rangsangan visual dan pendengaran.
Formasi retikuler	Tersebar di seluruh batang otak; mengontrol banyak aktivitas batang otak, termasuk kontrol motorik, persepsi nyeri, kontraksi ritme, dan siklus tidur-bangun; Mempertahankan kewaspadaan kortikal otak [sistem pengaktivasi retikuler (<i>reticular activating system</i>)]. Koordinasi makan dan bernapas
Otak kecil (serebelum)	Mengontrol gerakan otot dan tonus; mengatur keseimbangan dan postur yang tepat; mengatur tingkat gerakan yang disengaja; terlibat dalam

	keterampilan pembelajaran motorik. Berkontribusi terhadap perencanaan, pemrograman.
Diensefalon	Menghubungkan batang otak ke otak besar; memiliki banyak fungsi pengiriman impuls dan homeostasis, seperti yang tercantum di bawah setiap subdivisi.
Talamus	Pusat pengiriman impuls sensorik utama. Menerima dan menyampaikan impuls saraf sensorik (kecuali bau) ke otak dan impuls saraf motorik ke pusat otak yang lebih rendah.
Hipotalamus	Mempengaruhi mood dan gerakan. Memberikan kesadaran penuh terhadap nyeri, sentuhan, tekanan, dan suhu. Pusat integrasi utama dari sistem saraf otonom. Mengatur suhu tubuh (termoregulator), asupan makanan, keseimbangan air dan mineral, denyut jantung dan tekanan darah rasa haus, lapar, pengeluaran urin, dan respon seksual. Mempengaruhi perilaku dan emosi. Terlibat dalam siklus tidur-bangun dan emosi kemarahan dan ketakutan. Mengatur fungsi dari kelenjar hipofisis.
Epitalamus	Mengandung inti yang merespon terhadap stimulasi penciuman dan mengandung kelenjar pineal yang memproduksi hormon melatonin.
Otak besar (serebrum)	Mengontrol persepsi sadar, pikiran, dan aktivitas motorik sadar; bisa mengabaikan kebanyakan sistem lainnya.
Inti basal	Mengontrol aktivitas otot dan postur; umumnya menghambat gerakan yang tidak disengaja saat istirahat.
Sistem limbik	

	Respon otonom terhadap bau, motivasi, emosi, mood, memori, dan fungsi lainnya.
--	--



Gambar 28. Area sistem limbic

Kedua belahan otak besar (serebrum) terdiri dari empat lobus: (gambar 28)

1. Lobus frontal
2. Lobus parietal
3. Lobus oksipital
4. Lobus temporal

Setiap lobus adalah khusus untuk kegiatan yang berbeda (lihat Gambar 28) dan Tabel 10).

Tabel 10. Fungsi Lobus dari Korteks Serebral

Lobus	Fungsi
1. Lobus Frontal	▪ Gerakan sadar (volunter) otot rangka ▪ Kemampuan berbicara ▪ Kemampuan intelektual, kepribadian, penilaian, dan perilaku yang lebih tinggi
2. Lobus Parietal	Pemrosesan dan integrasi informasi somatosensori Memahami bahasa lisan dan tertulis Merumuskan pola berbicara logis (atau menulis) untuk mengekspresikan pikiran dan emosi

E. Sistem saraf tepi

Reaksi refleks terintegrasi dan terkoordinasi melalui sistem saraf pusat (SSP), kemudian dilakukan oleh eferen yang terbagi ke dalam sistem saraf tepi (perifer) (SST). Sistem saraf tepi (SST) dibagi menjadi beberapa unit yang lebih kecil. Kategori kedua ini terdiri dari semua saraf yang menghubungkan otak dan sumsum tulang belakang dengan reseptor sensorik, otot, dan kelenjar. Terdiri dari 12 pasang saraf tengkorak (krania) yang berasal dari batang otak dan 31 pasang saraf tulang belakang (spinal) yang berasal dari sumsum tulang belakang. SST membawa impuls saraf yang dibentuk oleh reseptor sensorik, seperti reseptor nyeri dan suara, ke SSP. Selain itu juga membawa impuls saraf dari SSP ke efektor, yaitu: otot, kelenjar, dan jaringan adiposa. SST dapat dibagi lagi menjadi dua subkategori: sistem tepi aferen, yang terdiri dari neuron aferen atau sensorik yang menyampaikan informasi dari reseptor di bagian perifer atau tepi tubuh ke otak dan sumsum tulang belakang, dan sistem tepi eferen, yang terdiri dari neuron eferen atau motorik yang menyampaikan informasi dari otak dan sumsum tulang belakang ke otot dan kelenjar. Sistem tepi eferen dapat dibagi lagi menjadi dua subkategori. Yang pertama adalah sistem saraf somatik, yang menkonduksikan impuls dari otak dan sumsum tulang belakang ke otot rangka, sehingga menyebabkan kita untuk merespon atau bereaksi terhadap perubahan lingkungan eksternal kita. Yang kedua adalah sistem saraf otonom (SSO), yang melakukan impuls dari otak dan sumsum tulang belakang ke jaringan otot polos (seperti otot polos dari usus yang mendorong makanan

melalui saluran pencernaan), ke jaringan otot jantung dari jantung, dan ke kelenjar (seperti kelenjar endokrin). SSO dianggap saraf tak sadar (involunter). Organ yang dipengaruhi oleh sistem ini menerima serabut saraf dari dua divisi SSO yaitu: divisi simpatis, yang merangsang atau mempercepat aktivitas dan karenanya melibatkan pengeluaran energi dan menggunakan norepinefrin sebagai neurotransmitter, dan divisi parasimpatis, yang merangsang atau mempercepat kegiatan vegetatif tubuh seperti pencernaan, urinasi, dan defekasi dan mengembalikan atau memperlambat aktivitas lainnya. Menggunakan asetilkolin sebagai neurotransmitter di ujung saraf.

F. Sistem Saraf Otonom

Sistem saraf otonom mempertahankan homeostasis tubuh dengan mengatur berbagai aktivitas, meliputi laju jantung, laju pernapasan, suhu tubuh, proses pencernaan, dan fungsi urinari. SSO dibagi menjadi divisi simpatis, parasimpatis, dan sistem saraf enterik. Divisi simpatis dan parasimpatis berbeda secara struktural di (1) lokasi badan sel neuron praganglion mereka dalam SSP dan (2) lokasi ganglia otonom mereka. Sistem saraf enterik (SSE) adalah jaringan yang kompleks dari badan sel neuron dan akson dalam dinding saluran pencernaan. SSE dianggap sebagai bagian dari SSO karena neuron simpatis dan parasimpatis merupakan bagian penting dari SSE. Anatomi divisi simpatis dan parasimpatis dari SSO akan dijelaskan pertama, diikuti kemudian dengan penjelasan SSE.

Divisi Simpatis

Badan sel neuron praganglion simpatis berada di tanduk lateral dari substansi abu-abu sumsum tulang belakang antara segmen toraks pertama (T1) dan segmen lumbar kedua (L2). Karena lokasi badan sel praganglion ini, divisi simpatis kadang-kadang disebut divisi torakolumbar. Akson dari neuron praganglion keluar melalui akar ventral dari saraf tulang belakang (spinal) T1-L2, tentu saja melalui saraf tulang belakang untuk jarak pendek, meninggalkan saraf ini menuju ke ganglia simpatis. Ada dua jenis ganglia simpatis: rantai ganglia simpatis dan ganglia kolateral. Rantai ganglia simpatis saling terhubung satu sama lain sehingga dinamakan demikian karena mereka membentuk rantai sepanjang sisi kiri dan kanan dari kolom tulang belakang (vertebral). Mereka juga disebut ganglia paravertebral (samping kolom vertebral) karena lokasi mereka. Meskipun divisi simpatis berasal di daerah toraks dan lumbar vertebral, rantai ganglia simpatis meluas ke daerah serviks dan sakral. Sebagai hasil dari penggabungan ganglia selama perkembangan fetus, biasanya ada 3 pasang ganglia serviks, 11 pasang ganglia toraks, 4

pasang ganglia lumbar, dan 4 pasang ganglia sakral. Ganglia kolateral (yang berarti "aksesori") adalah ganglia yang tidak berpasangan terletak di rongga abdominopelvis.

Divisi Parasimpatis

Badan sel neuron praganglion parasimpatis terletak baik di dalam inti saraf kranial di batang otak atau di dalam bagian lateral dari substansi abu-abu di daerah sakral sumsum tulang belakang dari S2 ke S4. Untuk itu, divisi parasimpatis kadang-kadang disebut divisi kraniosakral. Akson dari neuron praganglion parasimpatis dari otak ada di saraf kranial III, VII, IX, dan X dan dari sumsum tulang belakang di saraf splanknik pelvis. Akson praganglion tentu melalui saraf ini ke ganglia terminal, dimana mereka bersinaps dengan neuron pascaganglion. Akson dari neuron pascaganglion memperpanjang jarak yang relatif pendek dari ganglia terminal ke efektor. Ganglia terminal baik dekat atau melekat dalam dinding organ dipersarafi oleh neuron parasimpatis. Kebanyakan dari ganglia parasimpatis kecil, tetapi beberapa, seperti di dinding saluran pencernaan adalah besar.

Tabel 11. Merangkum perbedaan struktur antara divisi simpatis dan parasimpatis.

Perbandingan Divisi Simpatis dan Parasimpatis		
Distribusi	Sebagian besar tubuh: kulit, kelenjar keringat, otot pili arektor dari folikel rambut, jaringan adiposa, otot polos pembuluh darah	Terbatas, utamanya ke kepala, dan visera toraks, abdomen dan pelvis, beberapa pembuluh darah.
Lokasi Praganglion Badan Sel	Lateral horn dari gray mater sumsum tulang belakang (T1-L2)	Batang otak dan bagian lateral dari substansi abu-abu sumsum tulang belakang (S2-S4)
Aliran Keluar dari SSP	Saraf spinal Saraf simpatis	Saraf kranial

	Saraf splanknik	Saraf splanknik pelvis
Ganglia	Ganglia rantai simpatis sepanjang susmsum tulang belakang untuk saraf spinal dan simpatis, ganglia kolateral untuk saraf splanknik	Ganglia terminal dekat atau pada organ efektor
Jumlah Neuron Pascaganglion untuk Setiap Neuron Praganglion	Banyak (banyak perbedaan)	Sedikit (sedikit perbedaan)
Panjang Realtif dari Neuron	Praganglion pendek Pasca ganlion panjang	Praganglion panjang Pasca ganlion pendek
Neurotransmitter	Neuron praganglion melepaskan asetilkolin (ACh), yang bersifat eksitatori dan merangsang neuron pascaganglion. Sebagian besar neuron pascaganglion melepaskan norepinefrin (NE). Neuron pascaganglion	Neuron praganglion melepaskan ACh, yang bersifat eksitatori dan merangsang neuron pascaganglion. Neuron pascaganglion melepaskan ACh.
	yang mempersarafi sebagian besar kelenjar keringat dan beberapa pembuluh darah di otot rangka melepaskan ACh.	

Efek fisiologi	Respon “ <i>fight or flight</i> ”	Aktivitas “ <i>rest and digest</i> ”
----------------	-----------------------------------	--------------------------------------

Pleksus

Pada bagian sebelumnya, jalur utama untuk neuron praganglion dan pascatganglion dari divisi simpatis dan parasimpatis telah dijelaskan. Dalam beberapa kasus, akson pascaganglion memperpanjang secara langsung melalui saraf ke organ target. Dalam kasus lain, akson pascaganglion menjadi bagian dari pleksus saraf otonom. Pleksus saraf otonom bersifat kompleks, jaringan saraf yang saling berhubungan yang dibentuk oleh neuron dari divisi simpatis dan parasimpatis. Akson dari neuron sensorik juga berkontribusi terhadap pleksus ini. Pleksus saraf otonom biasanya dinamai sesuai dengan organ yang mereka suplai atau pembuluh darah beserta dimana mereka ditemukan. Misalnya, pleksus jantung mensuplai jantung, dan pleksus aorta toraks ditemukan di sepanjang aorta toraks. Pleksus mengikuti rute pembuluh darah merupakan sarana utama dimana akson otonom didistribusikan ke seluruh tubuh. Pleksus saraf otonom terkait dengan keduanya, divisi simpatis dan parasimpatis.

G. Sistem Saraf Enterik

Sistem saraf enterik terdiri dari pleksus saraf dalam dinding saluran pencernaan. Pleksus memiliki kontribusi dari tiga sumber: (1) neuron sensorik yang menghubungkan saluran pencernaan ke SSP, (2) Neuron motorik SSO yang menghubungkan SSP ke saluran pencernaan, dan (3) neuron enterik, yang terbatas ke pleksus enterik. SSP mampu memantau saluran pencernaan dan mengontrol otot polos dan kelenjarnya melalui refleksi otonom. Misalnya, neuron sensorik mendeteksi regangan saluran pencernaan, dan potensial aksi ditransmisikan ke SSP. Sebagai respon, SSP mengirimkan potensial aksi ke kelenjar di saluran pencernaan, sehingga terjadi sekresi.

Ada tiga jenis utama dari neuron enterik:

1. Neuron sensorik enterik mendeteksi perubahan komposisi kimia dari isi saluran pencernaan atau mendeteksi peregangan dinding saluran pencernaan.
2. Neuron enterik motorik merangsang atau menghambat kontraksi otot polos dan sekresi kelenjar.
3. Interneuron enterik menghubungkan neuron sensorik enterik dan motorik satu sama lain.

Fitur yang unik dari neuron enterik adalah bahwa mereka mampu memantau dan mengontrol saluran pencernaan secara independen dari SSP melalui refleks lokal. Misalnya, peregangan saluran pencernaan terdeteksi oleh neuron sensorik enterik, yang merangsang interneuron enterik. Interneuron enterik merangsang saraf motorik enterik, yang merangsang kelenjar untuk mensekresi. Meskipun sistem saraf enterik mampu mengendalikan aktivitas saluran pencernaan sepenuhnya secara independen dari SSP, kedua sistem pada umumnya bekerja bersama.

H. Aktivitas simpatis versus parasimpatis

Divisi simpatis dan parasimpatis dari SSO mempertahankan homeostasis dengan menyesuaikan fungsi tubuh agar sesuai dengan tingkat aktivitas fisik. SSO mempersarafi sebagian besar organ melalui serat simpatis dan parasimpatis. Contoh organ yang dipersarafi oleh keduanya adalah saluran pencernaan, hati, kandung kemih, dan saluran reproduksi. Namun, persarafan ganda organ oleh kedua divisi dari SSO tidak bersifat universal. Misalnya, kelenjar keringat dan pembuluh darah dipersarafi oleh neuron simpatis hampir seluruhnya. Selain itu, dimana persarafan ganda ini ada, salah satu divisi mungkin lebih dominan daripada divisi lain. Misalnya, persarafan parasimpatis dari saluran pencernaan lebih dominan dan memberikan pengaruh yang lebih besar daripada persarafan simpatis. Dalam kasus dimana kedua neuron simpatis dan parasimpatis mempersarafi organ tunggal, divisi simpatis memiliki pengaruh besar pada kondisi aktivitas fisik dan stres, sedangkan divisi parasimpatis memiliki pengaruh yang lebih besar dalam kondisi istirahat. Meskipun, divisi simpatis tidak aktif selama kondisi istirahat; namun memainkan peran utama selama istirahat dengan menjaga tekanan darah dan suhu tubuh. Secara umum, selama latihan fisik divisi simpatis mengalirkan darah dan nutrisi ke struktur yang aktif dan menurunkan aktivitas organ yang tidak penting. Hal ini kadangkadang disebut sebagai respon fight-or-flight. Respon khas yang dihasilkan oleh divisi simpatis selama latihan meliputi berikut ini:

1. Peningkatan laju jantung dan kekuatan kontraksi meningkatkan tekanan darah dan pergerakan darah.
2. Vasodilatasi pembuluh darah otot terjadi selama latihan. Ketika otot rangka atau otot jantung berkontraksi, oksigen dan nutrisi telah digunakan dan produk limbah dihasilkan. Penurunan oksigen dan nutrisi dan akumulasi produk limbah merangsang vasodilatasi. Vasodilatasi menguntungkan karena meningkatkan aliran darah,

membawa oksigen dan nutrisi yang dibutuhkan dan melepaskan produk limbah. Namun vasodilatasi yang berlebihan, dapat menurunkan tekanan darah, sehingga mengurangi aliran darah. Sebaliknya, peningkatan stimulasi pembuluh darah otot rangka oleh saraf simpatis selama latihan menyebabkan vasokonstriksi, yang mencegah penurunan tekanan darah.

3. Vasokonstriksi terjadi pada pembuluh darah dari jaringan yang tidak terlibat dalam latihan. Misalnya, vasokonstriksi pada organ abdominopelvis mengurangi aliran darah melalui mereka, membuat lebih banyak darah yang tersedia bagi jaringan untuk berlatih.
4. Pelebaran saluran udara meningkatkan aliran udara masuk dan keluar dari paru-paru.
5. Peningkatan pemecahan sumber energi yang tersimpan terjadi selama latihan. Sel otot rangka dan sel hati (hepatosit) dirangsang untuk memecah glikogen menjadi glukosa. Sel otot rangka menggunakan glukosa, dan sel hati melepaskannya ke dalam darah untuk digunakan oleh jaringan lain. Adiposit memecah trigliserida dan melepaskan asam lemak ke dalam darah, yang digunakan sebagai sumber energi oleh otot rangka dan otot jantung.
6. Peningkatan suhu tubuh ketika melatih otot, akan menghasilkan panas. Vasodilatasi pembuluh darah di kulit membawa darah hangat dekat ke permukaan, dimana panas hilang ke lingkungan. Aktivitas kelenjar keringat meningkat, menghasilkan peningkatan produksi keringat, dan penguapan keringat menghilangkan panas lainnya.
7. Selama latihan, aktivitas organ yang tidak penting menurun. Sebagai contoh, proses mencerna makanan melambat karena kelenjar pencernaan menurunkan sekresinya dan kontraksi otot polos yang mencampur dan memindahkan makanan melalui saluran pencernaan menurun.

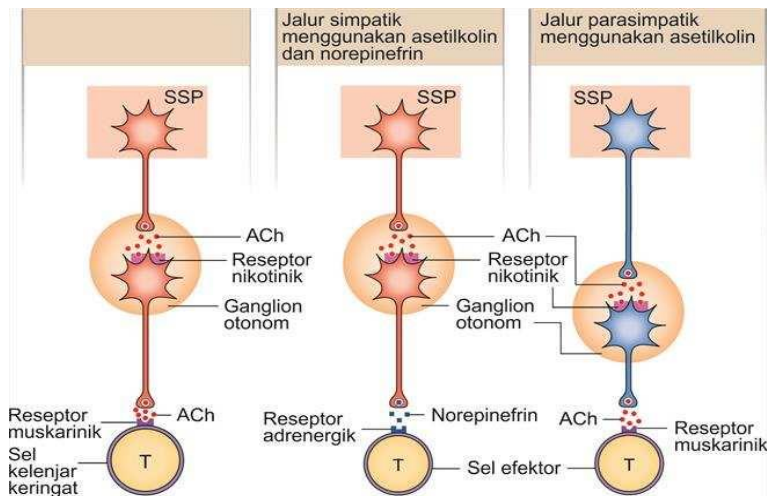
Peningkatan aktivitas dari divisi parasimpatis umumnya sejalan dengan kondisi istirahat. Divisi parasimpatis mengatur pencernaan dengan merangsang sekresi kelenjar, meningkatkan pencampuran makanan dengan enzim pencernaan dan empedu, dan menggerakkan material melalui saluran pencernaan. Divisi parasimpatis mengontrol defekasi dan urinari. Peningkatan rangsangan parasimpatis menurunkan laju jantung, sehingga menurunkan tekanan darah. Peningkatan aktivitas parasimpatis menciutkan jalan udara, pergerakan udara menurun melalui mereka.

I. Neurotransmitter

Neurotransmitter menggunakan neuron untuk berkomunikasi satu sama lain juga dengan sel lainnya di seluruh tubuh. Penelitian ilmiah telah mengidentifikasi lebih dari 100 neurotransmitter yang bekerja dalam sistem saraf manusia. Ketika dilepaskan, neurotransmitter menghasilkan efek eksitatori atau inhibitori pada sel pascasinap. Neurotransmitter eksitatori menyebabkan pembentukan impuls di sel pascasinap yang pada gilirannya akan meningkatkan fungsi sel. Neurotransmitter inhibitori menghambat pembentukan impuls di sel pascasinap, menghasilkan penghambatan fungsi sel. Apa yang membuat studi neurotransmitter menarik adalah kenyataan bahwa satu neurotransmitter dapat menghasilkan keduanya, efek eksitatori (perangsangan) dan inhibitori (penghambatan) tergantung pada sel pascasinaptik penerima sinyal. Badan sel dan dendrit dari neuron pascasinap bersinap dengan ratusan neuron prasinap. Beberapa neurotransmitter yang dilepaskan pada sinapsis ini memberi efek eksitatori (perangsangan), sementara beberapa menimbulkan efek inhibitori (penghambatan). Apakah atau tidak impuls saraf terbentuk dalam neuron pascasinaptik tergantung pada apakah efek eksitatori atau inhibitori mendominasi pada waktu itu.

Ujung saraf simpatis dan parasimpatis mensekresikan satu dari dua neurotransmitter. Jika neuron mensekresikan asetilkolin, dia adalah neuron kolinergik, jika neuron mensekresikan epinefrin, dia adalah neuron adrenergik. Neuron adrenergik dinamakan demikian karena pada suatu waktu mereka diyakini mensekresikan adrenalin atau epinefrin. Semua neuron praganglion dari divisi simpatis dan parasimpatis dan semua neuron pascaganglion dari divisi parasimpatis adalah kolinergik. Hampir semua neuron pascaganglion dari divisi simpatis adalah adrenergik, tetapi beberapa neuron pascaganglion yang mempersarafi kelenjar keringat termoregulator adalah kolinergik (gambar 29).

Dalam beberapa tahun terakhir, zat selain neurotransmitter biasa telah diekstraksi dari neuron SSO. Zat-zat ini meliputi oksida nitrat; asam lemak, seperti eikosanoid; peptida, seperti gastrin, somatostatin, kolesistokinin, peptida usus vasoaktif, enkephalin, dan substansi P; dan monoamin, seperti dopamin, serotonin, dan histamin. Peran spesifik yang banyak dari senyawa ini dalam mengatur SSO tidak jelas, tetapi mereka berfungsi baik sebagai zat neurotransmitter atau neuromodulator.



Gambar 29. Neurotransmitter dan reseptor dari saraf simpatis dan parasimpatis

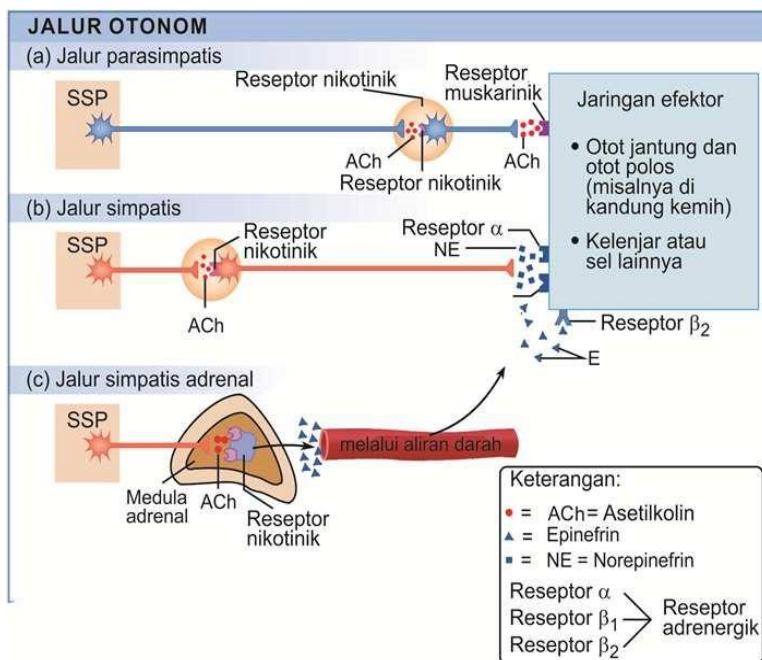
J. Receptor

Reseptor untuk asetilkolin dan norepinefrin terletak di membran plasma dari sel tertentu. Penggabungan neurotransmitter dan fungsi reseptor sebagai sinyal ke sel, menyebabkan sel untuk merespon. Bergantung pada jenis sel, reseptor eksitatori atau inhibitori. Tabel 12 merangkum efek simpatis dan parasimpatis, juga jenis reseptor spesifik untuk berbagai efektor pada tubuh. Senyawa lainnya seperti obat, dapat juga berinteraksi dengan reseptor untuk mengubah aktivitas sistem saraf otonom. Agonis terikat ke reseptor spesifik dan mengaktifkannya, sedangkan antagonis terikat ke reseptor spesifik dan mencegah aksinya.

J.1. Reseptor kolinergik

Reseptor kolinergik adalah reseptor dimana asetilkolin terikat dan dikelompokkan sebagai reseptor nikotinik, atau muskarinik. Pengelompokan reseptor ini berdasarkan penemuan laboratorium dimana nikotin (suatu alkaloid dalam tembakau) dapat terikat ke beberapa reseptor kolinergik, sedangkan muskarin [suatu alkaloid yang diekstraksi dari jamur (mushrooms)] beracun dapat terikat ke beberapa reseptor kolinergik lainnya. Walaupun nikotin dan muskarin tidak secara alami ada dalam tubuh manusia, senyawa-senyawa ini menunjukkan

perbedaan antara dua kelompok reseptor kolinergik dan oleh karena digunakan untuk membedakan keduanya. Reseptor nikotinik terletak di membran dari semua neuron pascaganglion di ganglia otonom dan membran dari sel otot rangka. Reseptor muskarinik terletak di membran sel efektor yang merespon terhadap pelepasan asetilkolin dari neuron pascaganglion (gambar 30). Asetilkolin mengikat reseptor nikotinik memiliki efek eksitatori karena dia menghasilkan pembukaan langsung kanal Na^+ dan menghasilkan potensial aksi. Ketika asetilkolin terikat ke reseptor muskarinik, respon sel dimediasi melalui protein G. Respon ini, apakah eksitatori atau inhibitori, bergantung pada efektor dimana reseptor itu ditemukan (tabel 12). Contoh, asetikolin terikat ke reseptor nikotinik pada otot jantung, responnya mengurangi laju jantung dan asetikolin terikat ke reseptor nikotinik pada sel otot polos, responnya meningkatkan laju kontraksinya.



Gambar 30. Lokasi reseptor muskarinik dan adrenergik

J.2. Reseptor adrenergik

Reseptor adrenergik adalah reseptor dimana norepinefrin atau epinefrin terikat. Mereka terletak di membran plasma efektor yang dipersarafi oleh divisi simpatis (gambar 16 b dan c). Respon sel terhadap pengikatan norepinefrin atau epinefrin ke reseptor adrenergik dimediasi

melalui protein G. Bergantung pada efektor, aktivasi protein G dapat menghasilkan respon eksitatori atau inhibitori. Reseptor adrenergik dikelompokkan lagi ke dalam dua kategori utama: reseptor alfa (α) dan reseptor beta (β). Epinefrin memiliki efek lebih besar daripada norepinefrin pada sebagian besar reseptor (α) dan (β). Subtipe utama dari reseptor (α) adalah reseptor adrenergik α_1 dan α_2 . Subtipe utama dari reseptor (β) adalah reseptor adrenergik β_1 dan β_2 . Reseptor adrenergik dapat dirangsang dalam dua cara: oleh sistem saraf atau oleh epinefrin dan norepinefrin yang dilepaskan dari kelenjar adrenal. Neuron pascaganglion simpatis melepaskan norepinefrin, yang menstimulasi reseptor adrenergik dalam sinaps (gambar 30 b dan c). Contoh, pembuluh darah secara terus menerus dirangsang untuk berkontraksi melalui pelepasan norepinefrin. Peningkatan rangsangan menyebabkan konstriksi dan mengurangi aliran darah, sedangkan penurunan rangsangan menghasilkan dilatasi dan meningkatkan aliran darah. Kontrol dari diameter pembuluh darah memainkan peran penting dalam mengatur aliran dan tekanan darah. Epinefrin dan norepinefrin dilepaskan dari kelenjar adrenal dan dibawa ke efektor oleh darah yang kemudian terikat ke reseptor adrenergik yang terletak di membran plasma sel yang tidak terlibat dalam sinapsis. Contoh, selama latihan epinefrin dan norepinefrin terikat ke reseptor.

Tabel 12. Merangkum efek simpatis dan parasimpatis

Efek Divisi Simpatis dan Parasimpatis pada Berbagai Efektor		
Efektor	Efek Simpatis dan Jenis Reseptor	Efek Parasimpatis dan Jenis Reseptor
Jaringan adiposa	Pemecahan lipid dan pelepasan asam lemak (α_2, β_1)	
Otot pili arektor	Kontraksi α_1)	Tidak ada
Darah (platelet)	Peningkatan koagulasi (α_2)	Tidak ada

Pembuluh darah		
Arteriol (membawa darah ke jaringan)		
Organ pencernaan	Kontraksi (α_1)	Tidak ada
Jantung	Kontraksi (α_1), dilatasi (β_2) [†]	Tidak ada
Ginjal	Kontraksi (α_1, α_2), dilatasi ($\beta_1\beta_2$)	Tidak ada
Paru-paru	Kontraksi (α_1), dilatasi (β_2)	Tidak ada
Otot rangka	Kontraksi (α_1), dilatasi (β_2)	Tidak ada
Kulit	Kontraksi (α_1, α_2)	Tidak ada
Vena (membawa darah dari jaringan)	Kontraksi (α_1, α_2), dilatasi (β_2)	
Mata		
Otot siliari	Relaksasi untuk pandangan jauh (β_2)	Kontraksi untuk pandangan dekat
Pupil	Dilatasi (α_1) [‡]	Konstriksi
Kandung kemih	Relaksasi (β_2)	Kontraksi
Kelenjar		
Adrenal	Pelepasan epi dan NE (n)	Tidak ada

Gastrik	Penurunan sekresi gastrik (α_2)	Peningkatan sekresi gastrik
Lakrimal	Penurunan sekresi air mata (α)	Peningkatan sekresi air mata
Pankreas	Penurunan sekresi insulin c	Peningkatan sekresi insulin
Salivari	Konstriksi pembuluh darah dan sedikit produksi saliva (kental) (α_1)	Dilatasi pembuluh darah dan banyak produksi saliva
Keringat		
Apokrin	Pekat, sekresi organik (m)	Tidak ada
Merokrin	Keringat encer dari sebagian besar kulit (m), keringat dari telapak tangan dan kaki (α_1)	Tidak ada
Jantung	Peningkatan laju dan daya kontraksi ($\beta_1\beta_2$)	Penurunan laju kontraksi
Hati	Glukosa dilepasakan ke dalam darah (α_1, β_2)	Tidak ada
Paru-paru	Dilatasi jalan udara (β_2)	Konstriksi jalan udara
Metabolisme	Peningkatan sampai 100 %	Tidak ada

	(α , β)	
Organ seks	Ejakulasi (α_1), ereksi ^s	Ereksi
Otot rangka	Pemecahan glikogen menjadi glukosa (β_2)	Tidak ada
Lambung dan Usus		
Dinding	Penurunan tonus (α_1 , $\alpha_2\beta_2$)	Peningkatan motilitas
Sfingter	Peningkatan tonus (α_1)	Penurunan tonus
Kandung kemih		
Dinding (detrusor)	Tidak ada)	Kontraksi
Leher kandung kemih	Kontraksi (α_1)	Relaksasi
Sfingter internal	Kontraksi (α_1)	Relaksasi

Tabel 13. Neurotransmitter, reseptornya, dan efek pengikatan

Neurotransmitter/ hormon	Jenis Reseptor	Lokasi Utama	Efek Pengikatan
Asetilkolin (ACh)	Nikotinik	Membran plasma dari neuron simpatis dan parasimpatis pascaganglion. Sel medula adrenal. Sarkolema dari serat otot	Eksitasi impuls di neuron pascaganglion Sekresi epi dan NE

			Eksitasi kontraksi
	Muskarinik	Semua organ target parasimpatis. Kelenjar keringat yang dipersarafi oleh neuron simpatis pascaganglion kolinergik. Otot rangka pembuluh darah yang dipersarafi oleh neuron simpatis pascaganglion kolinergik.	Eksitasi dalam sebagian besar kasus, penghambatan otot jantung. Peningkatan keringat. Penghambatan relaksasi vasodilatasi.
NE dan hormon epi dan NE	Adrenergik	Protein integral di membran plasma pascasinap.	

		Serat otot polos di pembuluh darah yang melayani kelenjar saliva, kulit, membran mukosa, dan visera abdomen, otot radial di iris mata, otot sfingter lambung dan kandung kemih. Sel kelenjar saliva. Kelenjar keringat pada telapak tangan dan kaki.	Eksitasi kontraksi yang menyebabkan vasokonstriksi, dilatasi pupil, dan penutupan sfingter. Sekresi K^+ dan air. Peningkatan keringat
		Serat otot polos pada beberapa pembuluh darah	Penghambatan relaksasi vasodilatasi
		Sel pulau pankreas yang mensekresikan hormon insulin (sel beta). Sel asinar pankreas. Platelet dalam darah	Penurunan sekresi insulin. Penghambatan sekresi enzim pencernaan. Meningkatkan pembekuan darah.
		Serat otot jantung.	Eksitasi peningkatan

		Sel juxtaglorular ginjal. Kelenjar hipofisis. Sel adiposa	daya dan laju kontraksi. Sekresi renin. Sekresi hormon antidiuretik (ADH). Pemecahan Triglicerida melepaskan asam lemak ke dalam darah.
		Otot polos bronkus, dalam pembuluh darah yang melayani jantung, otot rangka, jaringan adiposa, dan hati, dan dalam dinding organ viseral, seperti kandung kemih. Otot siliari di mata.	Penghambatan relaksasi, yang menyebabkan dilatasi bronkiola, vasodilatasi, dan relaksasi dinding organ. Penghambatan relaksasi. Glikogenolisis (pemecahan glikogen

		Hepatositis di hati.	menjadi glukosa)
		Jaringan adiposa coklat.	Termogenesis (produksi panas).

K. Pengaturan Sistem Saraf Otonom

Kemampuan individu untuk mempertahankan homeostasis bergantung pada aktivitas regulatori dari SSO. Banyak regulatori SSO terjadi melalui refleksi otonom, tetapi input dari serebrum, hipotalamus, dan area lain dari otak memungkinkan pikiran dan tindakan sadar, emosi, dan aktivitas SSP lainnya untuk mempengaruhi fungsi otonom. Refleksi otonom, seperti refleksi lainnya, melibatkan reseptor sensorik, neuron sensorik, interneuron, neuron motorik, dan sel-sel efektor. Misalnya, baroreseptor (reseptor regang) di dinding arteri besar dekat jantung mendeteksi perubahan tekanan darah, dan neuron sensorik mengirimkan informasi dari baroreseptor melalui *glossopharyngeal* dan saraf vagus ke medulla oblongata. Interneuron di medulla oblongata mengintegrasikan informasi, dan potensial aksi dihasilkan di neuron otonom yang memperpanjang ke jantung. Jika baroreseptor mendeteksi perubahan tekanan darah, refleksi otonom mengubah laju jantung, yang mengembalikan tekanan darah normal. Peningkatan mendadak tekanan darah akan memulai refleksi parasimpatis, yang menghambat sel otot jantung dan mengurangi laju jantung, sehingga mengembalikan tekanan darah ke nilai normal. Sebaliknya, penurunan mendadak tekanan darah akan memulai refleksi simpatis, yang merangsang jantung untuk meningkatkan tingkat dan kekuatan kontraksi, sehingga meningkatkan tekanan darah. Refleksi otonom lainnya membantu mengatur tekanan darah. Sebagai contoh, banyak neuron simpatis mengirimkan potensial aksi rendah tetapi frekuensi potensial aksi secara relatif konstan yang

merangsang pembuluh darah ke seluruh tubuh, mempertahankan mereka berkonstriksi sebagian. Pembuluh berkonstriksi selanjutnya, tekanan darah meningkat, jika mereka berdilatasi, tekanan darah menurun. Dengan demikian, mengubah frekuensi potensial aksi yang dikirim ke pembuluh darah sepanjang neuron simpatis yang dapat menaikkan atau menurunkan tekanan darah.

Batang otak dan sumsum tulang belakang mengandung pusat refleks otonom penting bertanggung jawab untuk mempertahankan homeostasis. Namun, hipotalamus mengontrol keseluruhan SSO tersebut. Hampir semua jenis respon otonom dapat dibangkitkan dengan merangsang bagian dari hipotalamus, yang pada gilirannya merangsang pusat SSO di batang otak atau sumsum tulang belakang. Meskipun ada tumpang tindih, rangsangan pada hipotalamus posterior menghasilkan respon simpatis, sedangkan rangsangan pada hipotalamus anterior menghasilkan respon parasimpatis. Selain itu, hipotalamus memantau dan mengontrol suhu tubuh. Hipotalamus memiliki hubungan dengan otak besar dan bagian penting dari sistem limbik, yang memainkan peran penting dalam emosi. Hipotalamus mengintegrasikan pikiran dan emosi untuk menghasilkan respon SSO. Misalnya, pikiran menyenangkan dari jamuan makan yang lezat akan mengawali peningkatan sekresi kelenjar saliva dan kelenjar dalam lambung, serta peningkatan kontraksi otot polos dalam sistem pencernaan. Respon ini dikontrol oleh neuron parasimpatis. Emosi seperti marah akan meningkatkan tekanan darah oleh peningkatan laju jantung dan konstiksi pembuluh darah melalui stimulasi simpatis.

Sistem saraf enterik terlibat dengan keduanya, refleks otonom dan refleks lokal yang mengatur aktivitas saluran pencernaan. Refleks otonom membantu mengontrol saluran pencernaan karena neuron sensorik dari plexus enterik mensuplai SSP dengan informasi tentang isi usus, dan SSO neuron ke plexus enterik mempengaruhi respons dari otot polos dan kelenjar dalam dinding saluran pencernaan. Misalnya, neuron sensorik mendeteksi peregangan dinding saluran pencernaan mengirim potensial aksi ke SSP. Sebagai respon, SSP mengirimkan potensial aksi keluar ke SSO, menyebabkan otot polos di dinding saluran pencernaan berkonstriksi. Neuron dari sistem saraf enterik juga bekerja secara independen dari SSP untuk menghasilkan refleks lokal. Refleks lokal tidak melibatkan SSP, tapi menghasilkan respon sadar, stereotip terhadap suatu rangsangan. Misalnya, neuron sensorik tidak terhubung ke SSP mendeteksi peregangan dinding saluran pencernaan. Neuron sensorik ini mengirim potensial aksi melalui plexus enterik untuk neuron motorik, yang menyebabkan otot polos berkonstriksi.

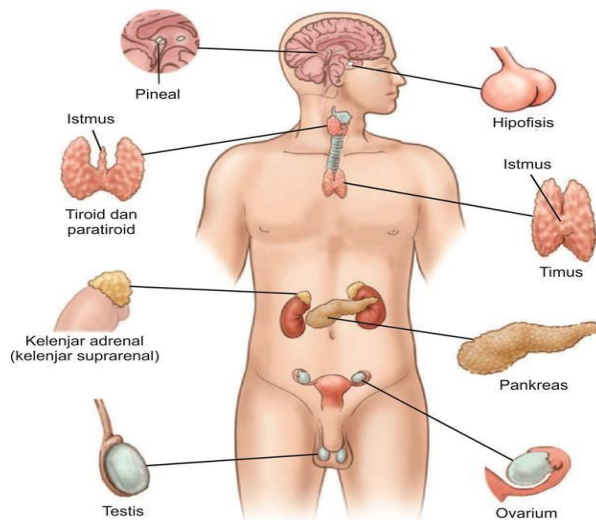
Tabel 14. Obat-obat terpilih yang Mempengaruhi SSO

Kelas Obat	Reseptor	Efek	Contoh	Aplikasi Klinik
Agen nikotinik (nilai terapeutik sedikit, tapi penting untuk kesehatan publik, karena tembakau mengandung nikotin)	Reseptor ACh nikotinik pada semua neuron pascaganglion dan dalam SSP	Biasanya merangsang efek simpatik; menaikkan tekanan darah	Nikotin	Produk berhenti merokok
Agen parasimpatomimetik (agen muskarinik)	Reseptor ACh muskarinik	Meningkatkan aktivitas parasimpatis dengan meniru efek dari ACh	Pilokarpin Betanekol	Galukoma (membuka pori drainase aqueous humor) Kesulitan berkemih (meningkatkan kontraksi kandung kemih)
Inhibitor asetilkolinesterase	Tidak ada, terikat ke enzim (AChE) yang menguraikan ACh	Efek langsung pada semua reseptor ACh; memperpanjang efek ACh	Neostigmin Sarin	Miastenia gravis (meningkatkan ACh) Digunakan sebagai agen senjata kimia (mirip dengan banyak digunakan sebagai insektisida)

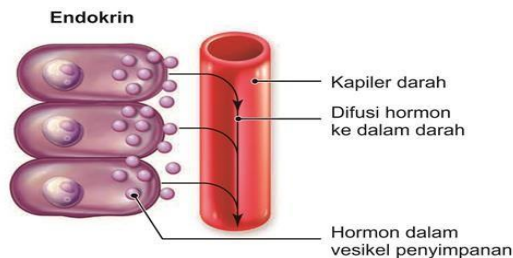
Agen simpatolitik	Reseptor adrenergik	Menurunkan aktivitas simpatik dengan memblok reseptor adrenergik atau menghambat pelepasan NE	Propanolol	Hipertensi (anggota dari kelas obat yang disebut beta bloker, yang memblok tekanan darah
-------------------	---------------------	---	------------	--

BAB XII. SISTEM ENDOKRIN

Sistem endokrin terdiri dari sel, jaringan, dan organ, secara kolektif disebut kelenjar endokrin. Kelenjar endokrin ditemukan pada sebagian besar organ tubuh (gambar 31) yang mensekresikan hormon (pesan kimia) ke dalam cairan interstitial. Hormon kemudian masuk ke dalam darah untuk dibawa ke jaringan dan organ lainnya dimana mereka melakukan aksinya dengan mengubah fungsi seluler (gambar 32).



Gambar 31. Kelenjar endokrin dan lokasinya di tubuh

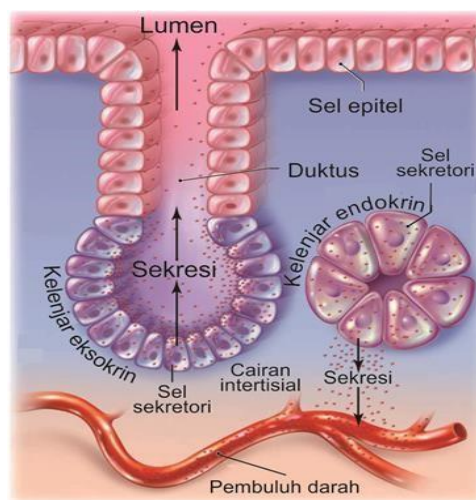


Gambar 32. Difusi hormon ke dalam darah

Ada dua jenis kelenjar:

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

Untuk membantu pemahaman Anda dalam membedakan kedua kelenjar tersebut akan diilustrasikan pada gambar 33.



Gambar 33. Perbandingan kelenjar eksokrin dan endokrin

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

mengandung sel endokrin yang terpecah atau kelompok kecil dari sel endokrin. Misalnya sel adiposa melepaskan leptin, timus melepaskan hormon timik. Hormon akan memberikan respon atau efek hanya pada sel targetnya yaitu sel yang memiliki reseptor spesifik untuk hormon tersebut. Sel yang bukan merupakan sel target untuk hormon tersebut tidak memiliki reseptor spesifik ini dan tidak dipengaruhi oleh hormon. Ilmu yang mempelajari tentang hormon dan organ endokrin disebut endokrinologi. Hormon disekresikan dalam jumlah yang sangat kecil sehingga konsentrasinya dalam darah sangat rendah. Namun karena mereka beraksi pada sel yang memiliki reseptor spesifik, sehingga tidak diperlukan jumlah besar untuk memberikan efek. Secara kimia hormon dapat dikelompokkan ke dalam dua kelompok besar, yaitu steroid yang diturunkan dari kolesterol dan nonsteroid yang diturunkan dari asam amino, peptida atau protein.

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

A. Mekanisme kerja hormon

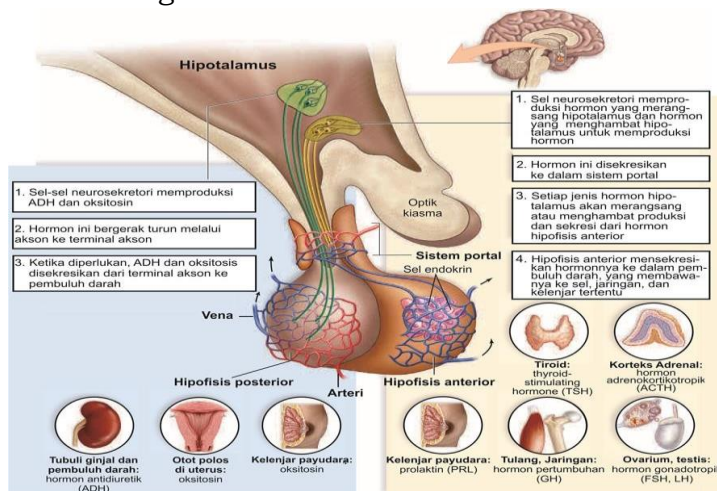
Semua hormon memberikan efek-nya melalui pengikatan pada reseptor sel target untuk hormon tersebut. Semakin banyak reseptor yang berikatan dengan hormonnya semakin besar juga efek yang ditimbulkannya pada sel target. Semua hormon mempengaruhi sel target dengan mengubah aktivitas metabolik mereka. Misalnya mereka dapat mengubah laju proses seluler secara umum atau mereka dapat menyebabkan atau menghambat proses seluler spesifik. Hasil akhir dari semua ini adalah untuk mempertahankan homeostatis. Misalnya epinefrin atau adrenalin yang mungkin sudah sering kita dengar, dapat kita jadikan salah satu contoh yang baik untuk menjelaskan respon akurat yang ditimbulkan bergantung pada jenis sel target. Ketika hormon epinefrin terikat ke sel otot polos tertentu di dinding pembuluh darah, dia akan menstimulasi dinding pembuluh darah tersebut untuk berkontraksi. Ketika epinefrin berikatan ke sel lain selain dari sel otot dia akan

memberikan efek yang sangat berbeda, dimana dia tidak menyebabkan sel ini untuk berkontraksi. Hormon umumnya menghasilkan satu atau lebih perubahan berikut:

1. Merubah permeabilitas membran palsma atau potensial membran atau keduanya melalui pembukaan atau penutupan kanal ion.
2. Menstimulasi sintesis enzim atau protein lainnya dalam sel.
3. Mengaktifkan atau menonaktifkan enzim
4. Menginduksi aktivitas sekresi
5. Menstimulasi mitosis

B. Hipotalamus dan kelenjar hipofisis

Secara bersama, hipotalamus dan kelenjar hipofisis berfungsi untuk mengatur hampir setiap sistem tubuh. Hipotalamus adalah bagian dari otak dengan beberapa fungsi tambahan terhadap perannya sebagai kelenjar endokrin. Hipotalamus dianggap sebagai kelenjar endokrin karena dia mensekresikan beberapa hormon, sebagian besar mempengaruhi kelenjar hipofisis. Kelenjar hipofisis memiliki struktur seperti kacang yang terhubung ke hipotalamus oleh tangkai kecil dari jaingan yang disebut infundibulum. Kelenjar hipofisis terbagi ke dalam dua bagian yang berbeda secara struktur dan fungsi yaitu lobus anterior (adenohipofisis) yang berasal dari jaringan epitel kelenjar dan lobus posterior (neurohipofisis) yang berasal dari jaringan saraf, dimana setiap lobus mensekresikan hormon. Hubungan yang berbeda antara hipotalamus dan dua lobus kelenjar hipofisis adalah sangat penting bagi fungsi kedua organ endokrin tersebut.



Gambar 34. Hipotalamus dan kelenjar hipofisis

C. Sistem portal

Sistem portal terletak antara hipotalamus dan hipofisis anterior. Dalam contoh ini sistem portal digunakan untuk menggambarkan pola unik berikut dari sirkulasi: kapiler-venakapiler-vena.

Tabel 15. Daftar Hormon Hipotalamus, Struktur dan Efek Yang Ditimbulkan.

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

Tabel 16. Daftar hormon hipofise, struktur dan efek yang ditimbulkan.

Hormon Kelenjar Hipofisis				
Hormon	Struktur	Organ target	Efek	Efek pada hipo dan hipersekresi
Hipofisis Posterior (Neurohipofisis)				
Hormon antidiuretik (ADH)	Peptida kecil	Ginjal	Meningkatkan penyerapan kembali air	☐ Diabetes insipidus ☐ Sindrom sekresi SIADH
Oksitosin	Peptida kecil	Uterus, kelenjar	Meningkatkan kontraksi	Belum diketahui
		payudara	uterus, meningkatkan pengeluaran ASI dari kelenjar payudara, fungsinya pada laki-laki tidak jelas	
Hipofisis Anterior (Adenohipofisis)				

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

<i>Melanocyte stimulating hormone</i> (MSH)	Peptida	Melanosit di kulit	Meningkatkan produksi melanin di melanosit untuk membuat warna kulit menjadi lebih gelap	
<i>Follicle-stimulating hormone</i> (FSH)	Glikoprotein	Folikel ovarium pada wanita di; tubulus seminiferus pada laki-laki	Pematangan folikel dan sekresi estrogen di ovarium; produksi sel sperma di testis	☐ Kegagalan seksual pematangan ☐ Tidak ada efek yang penting
<i>Luteinizing hormone</i> (LH)	Glikoprotein	Ovarium pada wanita, testis pada laki-laki	Ovulasi dan produksi progesteron di ovarium, sintesis testosteron dan dukungan untuk produksi sel sperma di	Seperti FSH
Hormon Kelenjar Hipofisis				
Hormon	Struktur	Organ target	Efek	Efek pada hipo dan hipersekresi
Prolaktin	Protein	Ovarium dan kelenjar payu dara pada wanita	Produksi ASI pada wanita menyusui; meningkatkan respon folikel terhadap LH dan FSH	☐ Produksi ASI kurang pada wanita menyusui ☐ Produksi ASI yang tidak pantas (galaktorea); penghentian menstruasi pada wanita; impotensi pada laki-laki

Secara bersama, sistem saraf dan sistem endokrin mengatur dan mengkoordinasikan aktivitas semua struktur tubuh secara esensial untuk mencapai dan mempertahankan homeostasis. Sistem endokrin seperti layaknya pelayanan pos yang mengirim surat. Sistem endokrin mengirim informasi ke sel yang dikontrolnya dalam bentuk hormon yang dibawa oleh aliran darah ke semua bagian tubuh. Sel dengan reseptor yang sesuai untuk hormonnya akan memberikan respon, sedangkan sel tanpa reseptor untuk hormon tersebut tidak akan memberikan respon. Sistem saraf dan sistem endokrin mengontrol target mereka dengan pesan senyawa kimia. Namun, apakah perbedaan antara kedua sistem tersebut. Dalam kenyataannya sulit untuk membedakan kedua sistem tersebut secara terpisah karena mereka memiliki banyak kemiripan, yaitu:

1. Kedua sistem memiliki struktur terkait dengan otak. Secara anatomi hipotalamus memainkan peran penting dalam sistem saraf dan sistem endokrin
2. Dalam kebanyakan kasus, sistem saraf menggunakan molekul tertentu seperti neurotransmitter dan sistem endokrin juga dapat menggunakan molekul yang sama sebagai hormon. Misalnya, ketika neuron mensekresikan epinefrin ke celah sinaps, itu adalah neurotransmitter. Sebaliknya ketika sel dari kelenjar adrenal mensekresikan epinefrin ke dalam aliran darah, itu adalah hormon.
3. Kedua sistem bekerja sama untuk mengatur proses tubuh dalam kondisi kritis.
4. Beberapa neuron mensekresikan hormon. Dalam kasus ini, dalam melakukan komunikasi langsung dengan sel lainnya, neuron melepaskan pesan kimia yang masuk ke aliran darah dan berfungsi sebagai hormon. Untuk membantu membedakan pesan kimia dari neurotransmitter dan hormon lain, maka mereka sering disebut sebagai **neuropeptida**, atau neurohormon. Contoh neuropeptida adalah hormon oksitosin yang menginduksi persalinan.
5. Keduanya neurotransmitter dan hormon dapat mempengaruhi target mereka melalui reseptor yang terhubung dengan protein G.

Disamping memiliki kemiripan antara sistem saraf dan sistem endokrin, keduanya juga memiliki beberapa perbedaan penting:

1. Mekanisme transport. Sistem endokrin mensekresikan hormon yang ditransportkan ke dalam aliran darah, sedangkan sistem saraf mensekresikan neurotransmitter yang dilepaskan langsung ke sel target mereka.

2. Kecepatan respon. Secara umum sistem saraf merespon lebih cepat dari sistem endokrin.
3. Durasi respon. Sistem saraf umumnya mengaktifkan responnya lebih cepat dan hanya selama potensial aksi dikirim ke target.

D. Sifat Kimia Hormon

Hormon dibagi ke dalam dua kategori kimia:

1. Hormon yang larut dalam lipid (*lipid-soluble hormones*)
2. Hormon yang larut dalam air (*water-soluble hormones*)

Oleh karena itu seluruh dasar interaksi hormon dengan targetnya bergantung pada sifat kimia hormon.

Dalam dua kategori kimia tersebut, hormon dibagi lagi menjadi ke dalam kelompok berdasarkan struktur kimianya. Hormon steroid yang diturunkan dari kolesterol, dan hormon tiroid yang diturunkan dari asam amino tirosin, sedangkan hormon lainnya dikelompokkan sebagai derivat asam amino, peptida, atau protein, termasuk glikoprotein.

Hormon yang larut lipid

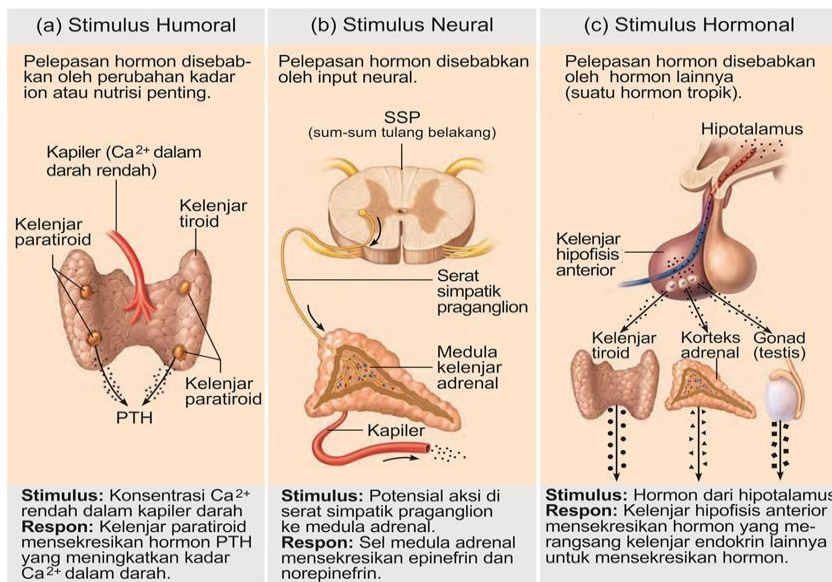
Hormon yang larut lipid adalah bersifat nonpolar dan meliputi hormon steroid, tiroid, dan hormon derivat asam lemak seperti eikosanoid tertentu. Kelompok hormon ini beraksi pada reseptor di dalam sel yang langsung mengaktifkan gen.

Hormon yang larut dalam air

Hormon yang larut dalam air adalah molekul polar, meliputi hormon protein, peptida, dan hormon derivat asam amino. Kelompok hormon ini beraksi pada reseptor di membran plasma.

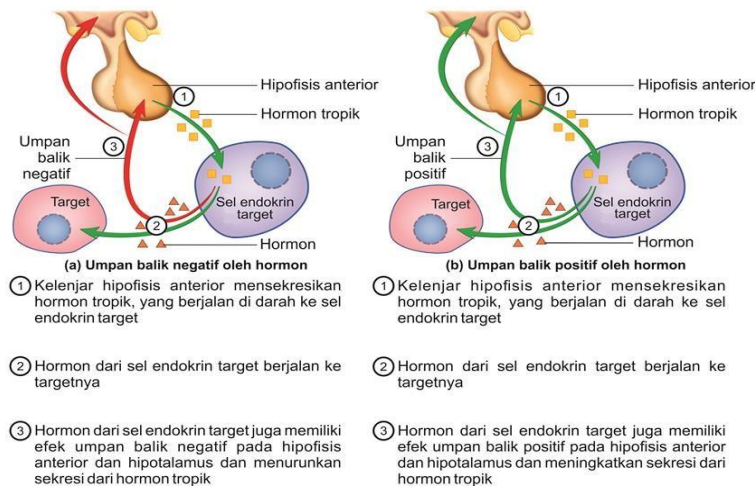
Pengaturan Kadar Hormon Dalam Darah

Sekresi hormon ke dalam pembuluh darah perlu dikontrol, jika tidak akan mengalami kekurangan atau kelebihan produksi yang dapat menyebabkan penyakit. Merangsang sekresi hormon adalah penting, tapi dengan begitu juga menghambat pelepasan hormon. Proses ini melibatkan tiga jenis rangsangan yang sama: humoral, saraf, dan hormonal (gambar 35).



Gambar 35. Tiga jenis stimuli kelenjar endokrin

Dua mekanisme utama mempertahankan kadar hormon dalam darah dalam rentang homeostatis: umpan balik negatif dan umpan balik positif. Mekanisme umpan balik negatif dan positif dari hormon ditunjukkan pada gambar 35.

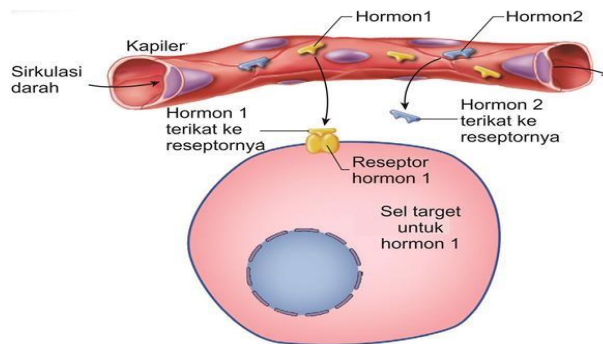


Gambar 36. Mekanisme umpan balik negatif

E. Reseptor Hormon dan Mekanisme Aksi

Hormon memperlihatkan aksi mereka dengan berikatan ke protein yang disebut reseptor. Hormon dapat merangsang hanya pada sel yang memiliki reseptor untuk hormon tersebut. Bagian dari setiap molekul

reseptor di mana hormon mengikat disebut situs reseptor, dan bentuk dan karakteristik kimia masing-masing situs reseptor memungkinkan hanya jenis tertentu hormon untuk mengikat untuk itu. Kecenderungan untuk setiap jenis hormon untuk mengikat satu jenis reseptor, dan tidak kepada yang lainnya, disebut spesifisitas (gambar 37). Misalnya, insulin mengikat reseptor insulin, tetapi tidak untuk reseptor untuk hormon tiroid. Namun, beberapa hormon, seperti epinefrin, dapat mengikat "keluarga" dari reseptor yang secara struktural mirip. Karena reseptor hormon memiliki afinitas tinggi terhadap hormon mereka yang terikat kepadanya (reseptor), sehingga hanya konsentrasi kecil dari hormon yang diberikan diperlukan untuk mengaktifkan sejumlah besar reseptornya.



Gambar 37. Jaringan spesifik dan respon

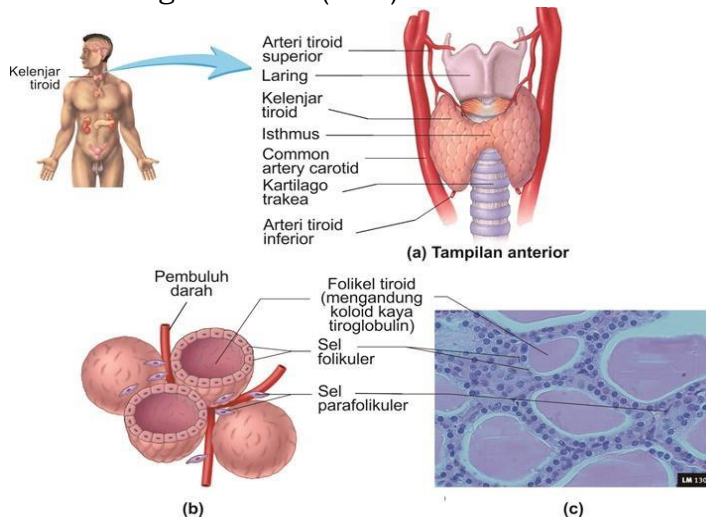
F. Sistem neuroendokrin

Secara bersama sistem saraf dan endokrin mengontrol semua perubahan yang terjadi di tubuh dan pada tingkat tertentu mereka mengontrol satu sama lain. Misalnya sistem saraf dapat merangsang atau menghambat pelepasan hormon sementara sistem endokrin dapat memberikan atau menghambat impuls saraf. Namun demikian terdapat beberapa perbedaan antara kedua sistem tersebut.

F.1. Kelenjar Tiroid

Kelenjar tiroid berbentuk kupu-kupu terletak di leher anterior, pada trakea inferior terhadap laring (gambar 38). Terdiri dari dua lobus, masing-masing lateral ke trakea yang dihubungkan oleh isthmus anterior. Kelenjar tiroid adalah kelenjar endokrin terbesar dalam tubuh. Pasokan darahnya yang luar biasa (dari arteri tiroid superior dan inferior) membuat operasi tiroid cukup melelahkan (dan berdarah). Meskipun kelenjar tiroid hanya 0,4% dari berat tubuh, dia menerima 2% dari pasokan darah sirkulasi. Pembuluh darah yang banyak untuk memasok nutrisi untuk sintesis hormon dan aliran darah untuk mengangkut hormon. Unit

fungsi dari kelenjar adalah folikel yang terisi dengan tiroglobulin (Tg). Tg adalah prekursor glikoprotein untuk hormon tiroid dan Tg yang dimodifikasi secara kolektif dikenal sebagai koloid. Sel folikel dikelilingi oleh lapisan sel epitel. Yang tersebar di antara folikel adalah sel parafolikuler, yaitu sel yang menghasilkan kalsitonin. Di membran basal sel folikuler terdapat reseptor yang terhubung dengan protein G untuk thyroid-stimulating hormone (TSH).



Gambar 38. Anatomi dan histologi kelenjar tiroid.

(a) Tampilan anterior kelenjar tiroid. (b) Histologi kelenjar tiroid. Kelenjar ini terbentuk dari beberapa folikel sferik tiroid yang mengandung koloid yang kaya tiroglobulin. Sel parafolikuler berada diantara di dalam jaringan antara folikel tiroid. Kelenjar tiroid melepaskan dua bentuk hormon tiroid, yaitu tiroksin (T4) dan triiodotironin (T3), keduanya membutuhkan iodin untuk pembentukannya. Ion iodida diambil dari diet normal yang dipekatkan oleh kelenjar tiroid dan diubah dalam sel folikel menjadi iodin. Iodin ini kemudian dihubungkan ke molekul tirosin dan molekul tirosin teriodinasi ini kemudian dihubungkan bersama untuk membentuk T3 dan T4. Semua langkah-langkah dalam produksi hormon tiroid dirangsang oleh TSH. Tiroksin (T4) adalah hormon utama yang disekresikan oleh kelenjar tiroid yang kemudian diubah menjadi T3 oleh sel target. Sebagian besar hormon tiroid terikat ke protein transpor dalam darah, sangat sedikit yang tidak terikat atau bebas dan T3 kurang kuat terikat ke protein transpor daripada T4.

Hormon tiroid mempengaruhi hampir setiap sel dalam tubuh, kecuali:

- Otak orang dewasa
- Organ ginjal
- Testis
- Uterus
- Kelenjar tiroid

Keduanya T4 dan T3 dengan mudah melintasi membran sel dan berinteraksi dengan reseptor di dalam sel. Di sel target hormon tiroid merangsang enzim yang terlibat dengan oksidasi glukosa. Ini dikenal sebagai efek *calorigenic* dan efek secara keseluruhan adalah:

- Peningkatan laju metabolik basal
- Peningkatan konsumsi oksigen oleh sel
- Peningkatan produksi panas tubuh

Laju metabolisme basal adalah jumlah energi yang dikeluarkan ketika beristirahat di lingkungan bersuhu sedang (tidak panas atau dingin). Pelepasan energi dalam kondisi ini cukup untuk fungsi organ vital. Ketika laju metabolik basal meningkat, maka konsumsi oksigen akan meningkat dimana oksigen diperlukan dalam produksi energi. Hormon tiroid juga memiliki peran penting dalam mempertahankan tekanan darah, dimana dia menstimulasi peningkatan jumlah reseptor di dinding pembuluh darah. Kontrol pelepasan hormon tiroid dimediasi oleh sistem umpan balik negatif yang melibatkan hipotalamus melalui kelenjar hipofisis. Kadar plasma hormon tiroid dimonitor di hipotalamus dan oleh sel di lobus anterior kelenjar hipofisis. Hormon tiroid [thyroid hormone (TH)] memiliki aksi biologis di setiap organ dalam tubuh dan sangat penting untuk janin, pasca kelahiran, dan pertumbuhan dan perkembangan masa pubertas. Selain itu, aksi hormon tiroid untuk mempertahankan laju metabolik basal [basal metabolic rate (BMR)].

F.2. Kelenjar Paratiroid

Kelenjar paratiroid adalah kelenjar kecil yang terletak pada permukaan superior kelenjar tiroid. Umumnya terdapat empat kelenjar tiroid, dua kelenjar pada setiap lobus (gambar 37). Setiap kelenjar memiliki massa sekitar 40 mg (0,04 g). Kelenjar tiroid tersusun atas dua jenis sel, yaitu sel chief dan sel oxyphils. Sel chief mensekresikan hormon paratiroid (PTH) juga disebut parathormone. Fungsi sel oxyphils belum diketahui. Hormon paratiroid [parathyroid hormone (PTH)] adalah suatu hormon polipeptida yang penting dalam mengontrol dan mengatur kadar kalsium dalam darah. Kontrol akurat kadar kalsium adalah sangat penting, karena homeostasis Ca^{2+} adalah esensial untuk berbagai fungsi

meliputi transmisi impuls saraf, kontraksi otot, dan pembekuan darah. Jaringan target utamanya adalah tulang, ginjal, dan usus kecil. Aksi spesifik dari PTH adalah meningkatkan jumlah dan aktivitas osteoklas. Hasil ini meningkatkan resorpsi tulang, yang mana melepaskan ion kalsium (Ca^{2+}) dan fosfat (HPO_4^{2-}) ke dalam darah. Aksi PTH pada ginjal, pertama, memperlambat atau menghambat ekskresi Ca^{2+} dan Mg^{2+} dari darah ke dalam urin. Kedua meningkatkan ekskresi HPO_4^{2-} dari darah ke dalam urin. Aksi antagonis ini, kalsitonin dari kelenjar tiroid, dan hormon paratiroid dari kelenjar paratiroid bertujuan untuk mempertahankan kadar kalsium darah dalam batas normal. Efek ketiga PTH pada ginjal yaitu mendukung pembentukan hormon calcitriol (bentuk aktif vitamin D3). Calcitriol meningkatkan laju penyerapan Ca^{2+} , HPO_4^{2-} , Mg^{2+} dari saluran pencernaan ke dalam darah.

Ketika produksi hormon paratiroid tidak adekuat akan mengakibatkan penurunan kadar kalsium darah yang dramatis sehingga terjadi hipokalsemia. Gejala dari hipokalsemia adalah nerves (gugup), kejang otot, aritmia jantung, dan konvulsi (kejang). Pada kasus yang ekstrim dapat menyebabkan tetanus pada otot rangka, meliputi otot pernapasan. Pada tetanus, otot berkontraksi secara terus menerus. Efek ini akan meningkatkan eksitabilitas saraf, yang mengawali impuls saraf secara spontan dan tanpa istirahat. Dalam beberapa kasus tetani hipokalsemia dapat menyebabkan kematian. PTH meningkatkan kadar Ca^{2+} darah melalui pelepasan kalsium dari tulang oleh osteoklas dan penghambatan penimbunan (deposit) Ca^{2+} oleh osteoblast.

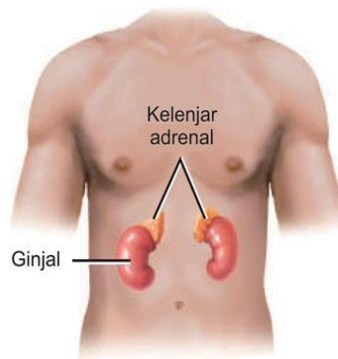
Tabel 17. Kontrol, aksi, dan gangguan kelenjar tiroid dan paratiroid

Hormon	Kontrol	Aksi	Gangguan
Tiroksin (T_4) dan triiodotironin (T_3)	TSH dari lobus anterior kelenjar hipofisis	Meningkatkan laju metabolisme; merangsang aktivitas saraf	Hiposekresi pada bayi dan anak-anak menyebabkan kretinisme;

Kalsitonin [calcitonin (CT)]	Kadar Ca^{2+} darah	Mengurangi kadar Ca^{2+} darah dengan meningkatkan deposit Ca^{2+} di tulang, menghambat pelepasan Ca^{2+} dari tulang, meningkatkan ekskresi Ca^{2+} oleh ginjal	pada orang dewasa menyebabkan miksedema. Hiperekresi menyebabkan penyakit Graves. Defisiensi iodin menyebabkan simple goiter
Hormon paratiroid [<i>parathyroid hormone</i> (PTH)]	Kadar Ca^{2+} darah	Meningkatkan kadar Ca^{2+} darah dengan meningkatkan pelepasan Ca^{2+} dari tulang, dan reabsorpsi Ca^{2+} oleh ginjal	Hiposekresi menyebabkan tetani, yang dapat berujung pada kematian. Hiperekresi menyebabkan lelah, yang dapat fraktur secara spontan

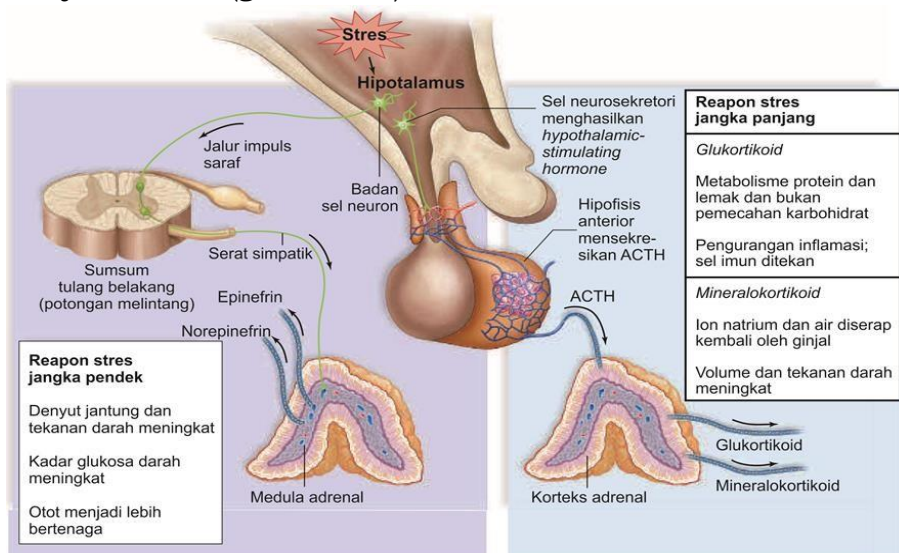
F.3. Kelenjar Adrenal

Sepasang kelenjar adrenal juga dikenal sebagai kelenjar suprarenal, karena terletak di atas ginjal dalam ruang retroperitoneal (gambar 39). Dua kelenjar adrenal (kanan dan kiri) terdiri dari lapisan medula bagian dalam (tengah) dan lapisan kortikal (korteks) bagian luar yang menghasilkan katekolamin dan hormon steroid yang penting untuk kehidupan.



Gambar 39. Letak kelenjar adrenal

Kelenjar adrenal seperti halnya kelenjar tiroid, yaitu banyak mengandung pembuluh darah. Kedua bagian ini, medula dan korteks tidak memiliki hubungan fisiologis. Medula adrenal dibawa kontrol saraf, sedangkan korteks adrenal dibawa kontrol ACTH (juga disebut kortikotropin), yaitu suatu hormon hipofisis anterior. Semua jenis stres meliputi emosi dan trauma fisik memicu hipotalamus untuk merangsang kelenjar adrenal (gambar 40).



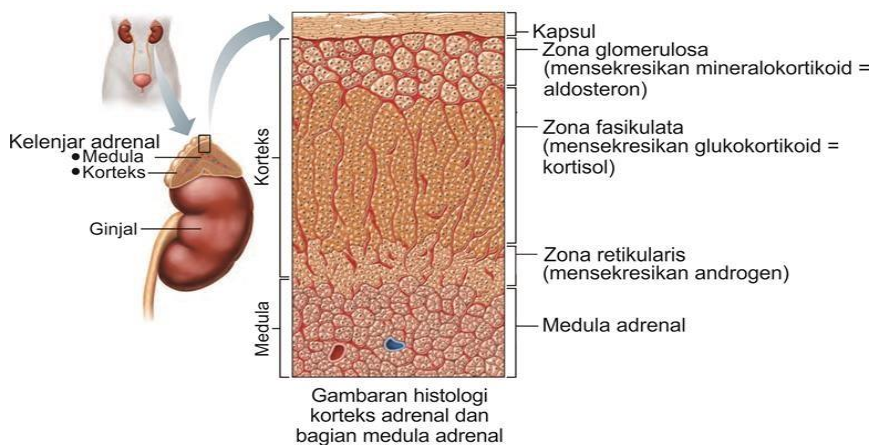
Gambar 40. Kelenjar adrenal. Baik medula dan korteks adrenal berada dibawah kontrol hipotalamus ketika mereka membantu kita dalam merespon stres. Kiri: Medula adrenal merespon secara cepat terhadap stres namun untuk jangka pendek. Kanan: Korteks adrenal merespon secara lambat terhadap stres namun untuk jangka panjang.

Adrenocorticotrophic hormone (ACTH) diperlukan untuk mempertahankan aktivitas sekrestori dari korteks adrenal, yang mana dapat mengalami atrofi secara cepat tanpa hormon ini. *Corticotropin-releasing hormone* (CRH) dilepaskan dari hipotalamus merangsang hipofisis anterior untuk mensekresikan ACTH. Zona fasikulata sangat sensitif terhadap ACTH, dan dia merespon dengan meningkatkan sekresi kortisol. Keduanya ACTH dan kortisol menghambat sekresi CRH dari hipotalamus melalui umpan balik negatif. ACTH juga merangsang sekresi aldosteron.

Struktur Kelenjar Adrenal

Korteks adrenal manusia terdiri dari tiga lapisan histologi yang berbeda (gambar 41):

- Zona glomerulosa pada bagian terluar, yang mensintesis hormon mineralokortikoid, utamanya aldosteron. Disebut mineralokortikoid karena mereka mempengaruhi homeostasis mineral.
- Zona fasikulata yang menghasilkan hormon glukokortikoid, yaitu kortisol. Dinamakan demikian karena mempengaruhi homeostasis glukosa.
- Zona retikularis pada bagian dalam yang menghasilkan hormon seks pria (androgen) utamanya dehydroepiandroeterone (DHEA) dan androstenedion.



Gambar 41. Histologi korteks adrenal dan bagian medula adrenal

Hormon korteks adrenal semuanya memiliki struktur yang mirip, yang mengandung inti steroid, yaitu derivat lipid dari kolesterol. Karena kormon ini larut lipid, mereka tidak disimpan dalam sel kelenjar adrenal

tetapi berdifusi dari sel ketika mereka disintesis. Hormon kortikal adrenal diangkut ke dalam darah dalam kombinasi dengan protein plasma spesifik, mereka dimetabolisme di hati dan diekskresikan dalam empedu dan urin. Hormon korteks adrenal terikat ke reseptor nuklear dan merangsang sintesis protein spesifik yang bertanggung jawab untuk menghasilkan respon sel.

Untuk lebih memahami ketiga hormon yang disekresikan oleh korteks adrenal, maka akan dijelaskan berikut ini.

G. Mineralokortikoid

Aldosteron adalah mineralokortikoid utama yang mengatur homeostasis dari dua ion mineral utama yaitu ion natrium (Na^+) dan kalium (K^+), dan juga membantu mengatur tekanan dan volume darah. Aldosteron juga meningkatkan ekskresi H^+ di urin, ini akan melepaskan asam dari tubuh yang dapat membantu mencegah asidosis (pH darah dibawah 7,35). Sekresi aldosteron dikontrol oleh jalur renin-angiotensin-aldosteron (RAA).

H. Glukortikoid

Glukortikoid membantu metabolisme dan resistensi terhadap stres, meliputi kortisol yang juga biasa disebut hidrokortison, kortikosteron, kortikosteron dan kortison. Dari ketiga hormon yang disekresikan oleh zona fasikulata, kortisol adalah yang paling banyak, menyumbang sekitar 95% aktivitas glukokortikoid.

Glukortikoid memiliki efek berikut:

- Pemecahan protein.
 - Pembentukan glukosa.
 - Lipolisis, yaitu pemecahan trigliserida dan pelepasan asam lemak dari jaringan adiposa ke dalam darah.
 - Resistensi terhadap stres.
 - Efek antiinflamasi.
 - Penekanan respon imun.
- Glukortikoid sintetis sering digunakan untuk menekan respon imun pada individu yang mengalami penyakit autoimun dan yang menerima transplantasi organ.
- Glukortikoid juga diperlukan untuk pematangan jaringan, seperti pada paru fetus.

I. Androgen adrenal

Korteks juga mensekresikan sejumlah kecil androgen pada pria dan wanita. Androgen adalah istilah umum untuk hormon steroid yang menyebabkan perkembangan karakteristik seks sekunder pada pria. Sebagian besar androgen disekresikan oleh sistem reproduksi. Androgen utama yang disekresikan oleh kelenjar adrenal adalah dehydroepiandrosterone (DHEA). Androgen disekresikan oleh zona retikularis dan diubah oleh jaringan perifer menjadi androgen testosteron yang poten. Setelah masa pubertas pada pria androgen testosteron dilepaskan dalam jumlah yang besar oleh testis. Pada pria, umumnya jumlah androgen yang disekresikan oleh kelenjar adrenal adalah sedikit sehingga tidak memberikan efek yang berarti. Namun pada wanita androgen adrenal memainkan peran penting. Mereka membangkitkan libido (dorongan seks) dan androgen diubah menjadi estrogen (hormon steroid wanita) oleh jaringan tubuh lainnya. Setelah menopause ketika sekresi estrogen oleh ovarium berhenti, semua estrogen wanita berasal dari androgen adrenal. Androgen adrenal juga menstimulasi pertumbuhan rambut ketiak dan pubis pada pria dan wanita. Walaupun kontrol sekresi androgen adrenal belum sepenuhnya dimengerti, tapi hormon utama yang merangsang sekresinya adalah ACTH. Medula adrenal ditemukan di bawah korteks, pada bagian tengah kelenjar, mengandung sel kromafin yang berfungsi sebagai sel pascaganglion dari sistem saraf simpatis, utamanya mensekresikan epinefrin (sekitar 80% dari sekresi) dan epinefrin dan dopamin dengan kadar yang kecil ke dalam aliran darah. Produk sekretori dari medula adrenal adalah neurohormon.

Efek epinefrin dan norepinefrin meliputi :

1. Penurunan aliran darah ke visera dan kulit
2. Peningkatan aliran darah ke otot rangka, paru-paru, dan sistem saraf
3. Konversi glikogen menjadi glukosa untuk menaikkan kadar glukosa darah, dan
4. Peningkatan laju respirasi seluler.

Epinefrin dan norepinefrin sangat penting dalam kondisi stress jangka pendek. Epinefrin dan norepinefrin bergabung dengan reseptor adrenergik, yaitu reseptor yang terikat di membran sel target. Mereka dikelompokkan sebagai reseptor α dan β adrenergik, dan setiap kelompok ini memiliki sub kelas lagi yang mempengaruhi jaringan target secara berbeda. Sekresi hormon medula adrenal mempersiapkan individu untuk aktifitas fisik dan komponen utama dari respon *fight or flight*. Pelepasan hormon medula adrenal utamanya terjadi dalam respon terhadap

stimulasi neuron simpatis karena medula adrenal bagian khusus dari sistem saraf otonom. Beberapa kondisi seperti emosi, jejas, stres, latihan, dan kadar glukosa rendah menyebabkan pelepasan neuropeptida medula adrenal.

J. Ovarium dan Testis

Gonad adalah organ yang menghasilkan gamet, sperma pada pria, dan oosit pada wanita. Selain sebagai fungsi reproduksi, gonad juga mensekresikan hormon. Ovarium mensekresikan beberapa hormon steroid meliputi dua estrogen (estradiol dan estron) dan progesteron. Hormon seks wanita bersama dengan FSH dan LH dari hipofisis anterior mengatur siklus menstruasi, mempertahankan kehamilan dan mempersiapkan kelenjar mamma untuk laktasi. Hormon ini juga menyebabkan pembesaran payudara dan pelebaran pinggul pada masa pubertas, dan membantu menjaga karakteristik seks sekunder wanita. Ovarium juga menghasilkan inhibin, suatu hormon protein yang menghambat sekresi FSH. Selama kehamilan ovarium dan plasenta menghasilkan hormon peptida yang disebut Relaxin (RLX) yang meningkatkan fleksibilitas dari simfisis pubis selama kehamilan dan membantu melebarkan serviks uterin selama persalinan. Aksi ini membantu keluarnya bayi dengan mudah karena terjadi pelebaran jalan lahir.

Gonad laki-laki, testis, kelenjar oval yang terletak di skrotum. Hormon utama yang dihasilkan dan disekresi oleh testis adalah testosteron, yaitu androgen atau hormon seks pria. Testosteron merangsang testis sebelum kelahiran, mengatur produksi sperma, dan merangsang perkembangan dan pemeliharaan karakteristik seks sekunder pria, seperti pertumbuhan janggut dan pendalaman suara. Testis juga memproduksi inhibin, yang menghambat sekresi FSH.

Tabel 18. Hormon yang diproduksi oleh testis dan ovarium dan aksi utamanya.

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

K. Kontrol sekresi oleh hipofisis posterior

K.1. Oksitosin

Selama dan setelah melahirkan bayi, oksitosin mempengaruhi dua jaringan target: uterus ibu dan payudara. Selama kelahiran, peregang

serviks uterus merangsang pelepasan oksitosin dalam jumlah besar yang pada gilirannya meningkatkan kontraksi sel otot polos di dinding uterus yang berpuncak pada kelahiran bayi. Setelah melahirkan, oksitosin merangsang pengeluaran ASI dari kelenjar susu dalam merespon rangsangan mekanik dari bayi menyusu, dimana stimulasi puting susu oleh bayi menyusu menyebabkan pelepasan prolaktin (PL), yang, pada gilirannya, menyebabkan kontraksi kelenjar susu dari payudara, memaksa ASI ke dalam saluran ASI, diisap dan diminum oleh bayi menyusu. Tidak seperti hormon lainnya, sekresi oksitosin dikontrol oleh mekanisme umpan balik positif. Misalnya, semakin besar rangsangan pada puting oleh bayi menyusu, maka semakin banyak OT dilepaskan sehingga lebih banyak ASI yang dihasilkan untuk bayi. Ketika menyusui berhenti, produksi OT juga berhenti. Fungsi oksitosin pada pria dan wanita tidak hamil tidak jelas. Percobaan pada binatang telah menunjukkan bahwa oksitosin memiliki aksi dalam otak yang menciptakan perilaku kasih sayang orang tua terhadap bayinya.

K.2 Hormon antidiuretik/antidiuretic hormone (ADH)

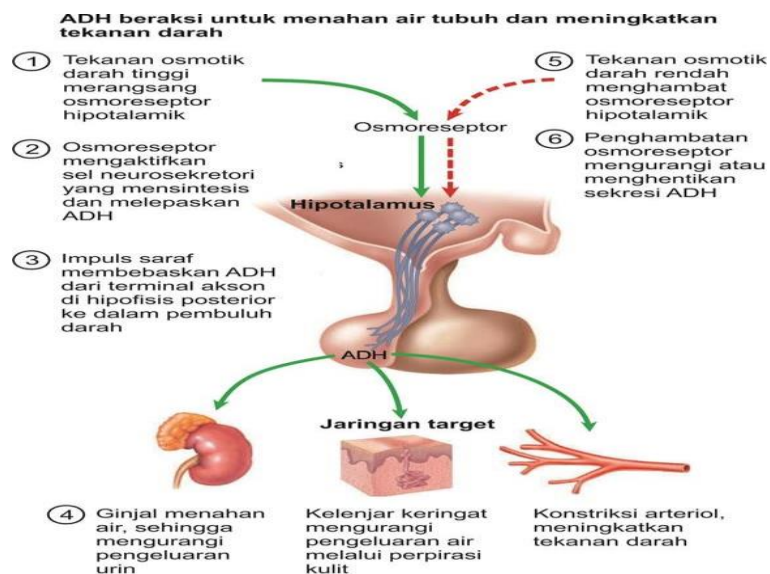
Hormon antidiuretik/antidiuretic hormone (ADH) sesuai dengan namanya karena hormon ini mencegah pengeluaran urin dalam jumlah besar (diuresis). Selain memiliki efek antidiuretik ADH juga sebagai vasopresor, yang menyebabkan konstiksi pembuluh darah dan menaikkan tekanan darah (sehingga dinamakan vasopresin) ketika dilepaskan dalam jumlah besar. Oleh karena itu ADH dilepaskan utamanya untuk merespon satu dari dua rangsangan berikut:

- ☐ Hiperosmolaritas plasma, dideteksi oleh osmoreseptor dalam hipotalamus
- ☐ Hipovolemia dan hipotensi, dideteksi oleh arterial dan baroreseptor atria

ADH meningkatkan penyerapan kembali air dari tubuli ginjal, dengan demikian mengurangi volume urin. Perubahan laju sekresi ADH terjadi dalam merespon perubahan osmolalitas dan volume darah. Osmolalitas larutan meningkat ketika konsentrasi zat terlarut dalam larutan meningkat. Neuron khusus disebut osmoreseptor yang bersinaps dengan neuron neurosekretori di hipotalamus. Osmoreseptor sangat peka terhadap perubahan osmolalitas darah. Ketika osmolalitas darah meningkat, frekuensi potensial aksi di osmoreseptor meningkat, menghasilkan lebih banyak potensial aksi di akson neuron neurosekretori ADH. Sebagai akibatnya sekresi ADH meningkat. ADH merangsang tubuli ginjal untuk menahan air, yang mana mengurangi osmolalitas darah dan

menahan setiap peningkatan lebih lanjut dalam osmolalitas cairan tubuh. Ketika konsentrasi zat terlarut turun, osmoreseptor menghentikan depolarisasi yang menyebabkan pelepasan ADH berhenti secara efektif. Ketika darah kembali menjadi encer, ADH untuk sementara tidak dilepaskan. Ini adalah contoh dari kontrol umpan balik negatif karena efek dari hormon ini (mengencerkan darah) bertindak untuk menghentikan pelepasan hormon. Umpan balik negatif mempertahankan kondisi stabil dan homeostasis. Jumlah ADH yang disekresikan bervariasi dengan tekanan darah osmotik dan volume darah.

Rangsangan lainnya yang memicu pelepasan ADH meliputi nyeri, tekanan darah rendah, ansietas (cemas), trauma, asetilkolin, nikotin, dan obat, seperti, morfin, trankuilizer, barbiturat, dan beberapa anestesi. Ketidakmampuan tubuh untuk memproduksi ADH menyebabkan diabetes insipidus (urin encer). Kondisi ini dapat dikoreksi dengan pemberian ADH. Hal menarik yang perlu dicatat adalah alkohol menekan produksi dan pelepasan ADH. Ketika ADH tidak ada, ginjal tidak menyerap kembali air. Individu yang meminum alkohol akan lebih sering buang air kecil dan dapat menyebabkan dehidrasi. Gejalanya mulut kering, rasa haus, sakit kepala, mual, pusing yang sebagian besar disebabkan karena dehidrasi. Obat diuretik mengantagonis efek dari ADH dan mengeluarkan air dari tubuh. Diuretik digunakan untuk terapi beberapa kasus hipertensi dan udem (retensi air di jaringan), biasanya pada gagal jantung kongetif.



Gambar 42. Pengaturan sekresi dan aksi hormon antidiuretik (ADH)

L. Kelenjar Pineal

Kelenjar pineal adalah struktur berbentuk biji pinus kecil ditemukan antara kedua belahan otak yang melekat pada bagian atas talamus di dekat bagian atas ventrikel ketiga. Kelenjar pineal menghasilkan hormon melatonin (terutama pada malam hari), yang disekresikan langsung ke cairan cerebrospinal. Melatonin memiliki sejumlah efek pada tubuh dan penelitian terus dilakukan pada hormon ini. Hormon ini menghambat sekresi hormon gonadotropin LH dan FSH dari kelenjar hipofisis anterior, sehingga menghambat fungsi sistem reproduksi. Melatonin terlibat dalam siklus bangun-tidur kita sehari-hari; normalnya kita bertambah mengantuk di malam hari ketika kadar melatonin meningkat dan bangun kembali di siang hari dan kadar melatonin menjadi rendah. Siklus harian 24 jam seperti ini disebut ritme sirkadian. Ritme sirkadian dikendalikan oleh mekanisme waktu internal yang disebut jam biologis. Cahaya terang menghambat sekresi melatonin. Impuls saraf yang berasal dari retina mata mengirimkan informasi cahaya untuk kelenjar pineal. Dalam cahaya gelap atau redup, impuls saraf dari mata menurun dan sekresi melatonin meningkat. Melatonin juga memainkan peran dalam masa pubertas dan pada siklus reproduksi wanita.

M. Eikosanoid

Dua golongan dari molekul eikosanoid, yaitu prostaglandin (PG) dan leukotrien (LTs), ditemukan di hampir semua sel tubuh kecuali sel darah merah, dimana mereka bertindak sebagai hormon lokal (parakrin atau autokrin) dalam merespon rangsangan kimia atau mekanis. Keduanya disintesis dari asam lemak 20 karbon yang disebut asam arakidonat dari membran molekul fosfolipid. Dari asam arakidonat, melalui reaksi enzimatik yang berbeda menghasilkan PG atau LTs. Tromboksan (TX) adalah PG dimodifikasi yang menyempitkan pembuluh darah dan meningkatkan aktivasi trombosit.

N. Kelainan penyakit graves

Penyakit Graves (goiter diffusa toksik), bentuk paling umum dari hipertiroid yang nyata, adalah suatu kondisi autoimun dimana autoantibodi diarahkan secara langsung terhadap reseptor thyroid-stimulating hormone (TSH). Akibatnya, kelenjar tiroid secara tidak tepat dirangsang dengan terbentuknya pembesaran kelenjar dan peningkatan produksi hormon tiroid. Faktor risiko untuk penyakit Graves termasuk riwayat keluarga hipertiroidisme atau berbagai gangguan autoimun lainnya, asupan iodin tinggi, stres, penggunaan steroid seks, dan merokok.

BAB XIII. SISTEM URINARIA

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 dipergunakan oleh tubuh.

A. Ginjal.

Ginjal adalah suatu kelenjar di bagian belakang dari kavum abdominalis dibelakang peritoneum pada kedua sisi vetebrata lumbalis III, melekat langsung dinding belakang abdomen. **Bentuk.** Seperti biji kacang berjumlah dua buah kiri dan kanan; ginjal kiri lebih besar dari ginjal kanan dan pada umumnya ginjal pria lebih panjang dari ginjal wanita. Fungsi ginjal terdiri dari:

- Memegang peranan penting dalam pengeluaran zat-zat toksis atau racun.
- Mempertahankan susunan keseimbangan cairan
- Mempertahankan kadar asam dan basa cairan tubuh
- Mempertahankan keseimbangan gara-garam dan zat-zat lain dalam tubuh.
- Mengeluarkan sisa-sisa metabolisme hasil akhir dari protein ureum, kreatinin dan amoniak.

Struktur ginjal. Setiap ginjal dibungkus oleh selaput tipis yang disebut kapsula renalis yang terdiri dari jaringan fibrius berwarna ungu tua; lapisan luar terdapat lapisan korteks (subtasia kontekalis), dan lapisan sebelah dalam medulla (subtansia medullaris) berbentuk kerucut dan disebut renal pyramid; puncak kerucut tapi menghadap kaliks yang terdiri dari lubang-lubang kecil yang disebut papilla renalis. Tiap-tiap pyramid dilapisi satu dengan yang lain oleh kolumna renalis; jumlah renalis kira-kira 15-16 buah.

B. Proses Pembentukan Urin

Proses filtrasi. Terjadi di glomelolus; proses ini terjadi karena permukaan aferont lebih besar dari permukaan eferent maka terjadi penyerapan darah, sedangkan bagian yang tersaring adalah bagian cairan darah kecuali protein; cairan yang tersaring ditampung oleh simpai bowmen yang terdiri dari glukosa, air, sodium, klorida, sulfat, bikarbonat dan lain-lain, ditruskan ke tubulus ginjal.

Proses reabsorpsi. Pada proses ini penyerapan kembali sebagian besar glukosa, sodium, klorida, fosfat dan beberapa ion bikarbonat. Prosesnya terjadi secara pasif yang dikenal dengan obligator reabsorpsi, terjadi pada tubulus atas. Sedangkan tubulus ginjal bagian bawah terjadi kembali penyerapan dari sodium dan ion bikarbonat, bila diperlukan akan diserap kembali kedalam tubulus bagian bawah; penyerapan terjadi secara aktif dikenal dengan reabsorpsi fakultatif dan sisanya dialirkan pada papila renalis.

Proses sekresi. Sisanya penyerapan kembali yang terjadi pada tubulus dan diteruskan pada piala ginjal selanjutnya diteruskan keluar.

C. Ureter

Terdiri dari dua sauran pipa masing-masing bersambung dari ginjal ke kandung kemih (vesikula urinaria). Panjangnya kira-kira 25-30cm dengan penampang kira-kira 0,5 cm. ureter sebagian terletak dalam rongga abdomen dan sebagian rongga pelvis.

Lapisan dinding ureter terdiri dari:

- Dinding luar jaringan ikat(jaringan fibrosa)
- Lapisan tengah lapisan otot polos
- Dinding sebelah dalam lapisan mukosa

Lapisan dinding ureter menimbulkan gerakan-gerakan peristaltik tiap lima menit sekali yang akan mendorong air kemih masuk dalam kandung kemih. Gerakan peristaltik mendorong urin melalui ureter yang disekresikan oleh ginjal dan disemprotkan dalam bentuk pancaran melalui sistem ektal untuk masuk dalam kandung kemih. Ureter berjalan hampir vertikal dibawah sepanjang fascia muskulus prosa dan dilapisi peritoneum. Penyempitan ureter terjadi pada tempat ureter meninggalkan pelvis renalis pembuluh darah, saraf, dan pembuluh limfa, berasal dari pembuluh sekitarnya mempunyai saraf sensorik.

Vesika urinaria (Kandung kemih). Kandung kemih dapat mengembang dan mengecil seperti balon karet, terletak dibelakang simfisis pubis didalam rongga panggul. Kandung kemih seperti kerucut yang dikelilingi oleh otot yang kuat berhubungan dengan ligamentum vesikoumbilicalis medius.

Bagian vesika urinaria terdiri dari:

1. Fundus, yaitu bagian yang menghadap ke arah belakang dan bawah, bagian ini terpisah dari rectum oleh rectovesikel yang terisi oleh jaringan otot duktus deferent, vesika seminalis yang runcing dan prostate.
2. Korpus, yaitu bagian antara verteks dan fundus.
3. Verteks, yaitu bagian yang runcing ke arah muka dan berhubungan dengan ligamentum vesika umbilicalis.

Proses miksi (rangangan berkemih). Distensi kandung kemih oleh air kemih akan merangsang stress resptor yang terdapa pada dinding kandung kemih dengan jumlah sekitar 250cc sudah cukup untuk merangsang berkemih(proses miksi).

Akibatnya akan terjadi reflek kontraksi dinding kandung berkemih, pada saat yang sama terjadi relaksaso spinter internus eksternus, akhirnya terjadi pengosongan kandung kemih.

D. Uretra

Merupakan saluran sempit yang berpangkal pada kandung kemih yang kemudian menembus lapisan vibrsa yang menembus tulang pubis kebagian penis panjangnya sekitar 20 cm.

Uretra laki-laki terdiri dari: Uretra prostatia, uretra membranosa, uretra kaferrosa.

Lapisan uretra laki-laki terdiri dari lapisan mukosa(lapisan bagian paling dalam) dan lapisan submukosa. Uretra pada wanita terletak pada simvibis pubis berjalan sedikit panjang sekitar 3-4cm.

Lapisan utretra pada wanita fleksus dari vena-vena: Unika muskularis, lapisan spongoesa, merupakan fleksus ari vena-vena.

E. Urine (air kemih)

Sifat fisik dari air kemih terdiri dari:

- Warna bening,dan dibiarkan keruh.
- Warna kuning tergantung dari kepekatan diet, obat-obatan dan sebagainya
- Bau khas air kemih bila dibiarkan lama berbau amoniak.
- Berat jenis 1,015-1,020
- Reaksi asam bila lama-lama akan menjadi alkalis, juga tergantung dari pada diet (sayur menyebabkan reaksi alkalis dan protein memebri reaksi asam).
- Jumlah ekskresi dalam 24 jam kira-kira 1.500 cc tergantung dari pemasukan (intake) cairan dan faktor lainnya.

Komposisi air kemih terdiri dari:

- Kira- kira 95% air
- Zat-zat sisa nitrogen hasil metabolisme protein,asam, urea,amonik dan krematinin.
- Elektrolit, natrium, kalsium,NH₃, bikarbonat, fosfat dan sulfat
- Pigmen(bilirubin, urobilin)
- Toksin
- Hormon

Mukturisi

Adalah peristiwa pembuangan urin yang mengalir melalui ureter melalui kandung kemih; keinginan buang air kecil disebabkan penambahan

tekanan didalam kandung kemih, dimana sebelumnya telah ada 170-230 ml urin. Mikturisi merupakan gerak refleks yang dapat dikendalikan dan dapat ditahan oleh pusat-pusat persarafan yang lebih tinggi dari manusia. Gerakannya oleh kontraksi otot yang menambah tekanan didalam organ, yang menekan kandung kemih membantu pengosongannya.

Ciri-ciri urin normal:

- Rata-rata dalam satu hari 1-2 liter tapi berbeda-beda situasi. Dengan jumlah cairan yang masuk.
- Warnanya bening orange pucat tanpa endapan
- Reaksinya sedikit asam terhadap lakmus rata-rata PH 6.

BAB XIV. SISTEM REPRODUKSI

Sel-sel reproduksi berkembang disebelah depan ginjal dan kemudian tertanam sebagai kolom; kolom sel yang membentuk kelenjar reproduksi yang berisi sel benih dan juga membentuk struktur sekelilingnya. Organ reproduksi dikenal sebagai traktus genitalis. Traktus genitalis yang berkembang setelah traktus urinarius. Kelainan pada laki-laki dan wanita sejak lahir sudah dapat ditentukan. Tetapi sifat-sifat kelamin belum dapat dikenal sel produksi berkembang disebelah depan ginjal yang tumbuh sebagai koloni-koloni sel kemudian membentuk kelenjar reproduksi. Perkembangannya terjadi pada umur 10-14 tahun.

Laki-laki dewasa pubertas dimulai dengan perubahan suara lebih berat, pembesaran genitalia eksternal, tampilnya bulu diatas tubuh dan muka. Pada wanita ditandainya dengan menstruasi pertama (menarche), uterus dan vagina membesar buah dada membesar serta jaringan ikat dan saluran bertambah, sifat kelamin sekunder tampil, lekung tubuh berkembang adanya bulu etiak dan pubis velvis melebar.

Menopause. Menopause atau klimakterium terjadi pada seorang wanita pada umur 45-50 tahun, menstruasi berhenti diiringi dengan gejala-gejala tertentu jaringan buah dada mengkerut, ovarium mengecil muka sering merasa panas, hormon ovarium tidak berkerja lagi dan emosi sering tidak stabil.

Rongga velvis. Terletak dibawah, berhubungan dengan rongga abdomen, dibentuk osiski dan ospubis pada sisi samping dan depan , os sacrum dan os koksigis membentuk batas belakang dan pinggiran pelvis dibentuk oleh pronatorium sacrum dibelakang, iliopektinal sebelah sisi samping sering tidak stabil.

Pintu keluar pelvis. Dibatasi oleh os koksigis dibelakang simfisis, os iski serta ligamentum yang berjalan dari os iski dan os sacrum disetiap sisi, pintu keluar ini membentuk lantai pelvis.

Parineum. Merupakan bagian terendah dari badan, merupakan sebuah garis yang menyambung kedua tuberositas iski; daerah depan segitiga konenital dan bagian belakang segitiga anak; titik tengahnya disebut badan oerineum terdiri dari otot fibrus yang kuat disebelah depan anus.

Isi pelvis. Kandung kemih dan dua buah ureter terletak dibelakang simfisis kolon sigmoid sebelah kiri fosa iliaka dan rektum terletak disebelah belakang rongga mengikuti lengkung sacrum. Kelenjar limfe serabut saraf fleksus lumbo sakralis untuk anggota gerak bawah cabang

pembuluh darah arteri interna dan vena iliaka interna melengapi isi rongga pelvis.

A. Organ Reproduksi Wanita Genital

Alat genitalia luar (vulva) terdiri dari: tudun (monseveris). Area ini mulai ditumbuhi bulu pada masa pubertas. Labiya mayora (bibir besar) dua lipatan dari kulit diantara bagian atas labiya mayora, banyak mengandung urat saraf. Labiya minora (bibir kecil) berada disebelah dalam labiya mayora. Klitoris (kulit) sebuah jaringan erektile sebesar kacang hijau dimana dapat mengeras dan tegang (erektile) yang mengandung urat saraf. Vestibulum (serambi). Merupakan rongga yang ada diantara bibir kecil, muka belakang dibatasi oleh klitoris dan perineum. Dalam vestibulum terdapat muara- muara dari:

- Liang senggama(introitus vagina)
- Uretra
- Kelenjar bartolini
- Kelenjar skene kiri dan kanan
- Himen (seleput darah).

Lapisan tipis yang menutupi sebagian besar liang senggama, ditengahnya berlubang supaya kotoran menstruasi dapat mengalir keluar, letaknya mulut vagina ada yang kaku dan ada yang lunak; lubangnya ada yang seujung jari, ada yang dapat dilalui satu jari. Perineum (kerampang), terletak diantara vulva dan anus, panjangnya kurang lebih 4cm.

Alat genitalia dalam terdiri dari:

Vagina (Liang kemaluan). Tabung yang dilapisi membran dari jenis epitelium bergaris khusus dialiri banyak pembuluh darah dan serabut saraf. Panjangnya dari vestibulum sampai uretus 7,5 cm. merupakan penghubung antara introitus vagina dan uretus. Dinding vagina 9 cm, lebih pendek dari dinding belakang. Pada puncak vagina menonjol leher Rahim (servik uterik) yang disebut porso. Bentuk vagina sebelah dalam terlibat-lipat disebut rugae.

Uterus (rahim), terdiri dari:

- Fundus uteri (dasar rahim). Bagian uterus yang terletak anatar kedua pangkal saluran telur.
- Korpus uteri, bagian uterus yang terbesar pada kehamilan berfungsi sebagai tempat janin berkembang.
- Servik uteri, ujung servik yang menuju puncak vagina disebut porsio hubungan anatar kavum uteri dan khalis servikals disebut ostium uteri internum.
- Dinding uterus terdiri dari:

Endometrium (kelenjar, epitel, jaringan dan pembuluh darah), wanita pada masa reproduksi pada kehamilan endometrium akan menebal, pembuluh darah bertambah banyak hal ini dilakukan untuk memberi

makanan pada janin. Miometrium (lapisan otot polos), tersusun sedemikian rupa sehingga dapat mendorong isinya keluar waktu persalinan. Lapisan serosa (peritoneum), terdiri atas ligamentum yang menguatkan ligamentum sakro uterium kiri dan kanan, menahan uterus supaya tidak banyak uterus yaitu:

- Ligamentum kardinale kiri dan kanan, mencegah supaya ureter tidak turun bergerak.
- Ligamentum rotundum kiri dan kanan, menahan ureter agar tetap dalam keadaan antofleksi.
- Ligamentum latum kiri dan kanan, ligamentum ini meliputi tuba.
- Ligamentum infundibulo pelvikum, ligament yang menahan tuba fallopi.

Fungsi uterus: Menahan ovum yang telah dibuahi selama perkembangan.

Ovarium merupakan kelenjar berbentuk buah kenari

Terletak dikiri dan dikanan uterus dibawah tuba uterine dan terikat disebelah belakang oleh ligamentum latum uterus setiap bulan sebuah folikel berkembang dan sebuah ovum dilepaskan pada saat kira-kira pertengahan (hari ke-14) siklus menstruasi.

Fungsi ovarium:

- Memproduksi ovum
- Memproduksi hormon estrogen
- Memproduksi progesteron

Ovarium juga disebut indung telur, didalam ovarium terdapat jaringan bulbus dan jaringan tubulus yang menghasilkan telur dan ovarium hanya terdapat pada wanita; letaknya didalam pelvis disebelah kiri kanan uterus, membentuk, mengembangkan serta melepaskan ovum dan menimbulkan sifat-sifat kewanitaan seperti pelvis membesar timbulnya siklus menstruasi.

Siklus menstruasi. Perubahan ini terjadi didalam ovarium dan uterus dimana masa menstruasi berlangsung kira-kira lima hari, selama masa ini epithelium permukaan dinding uterus terlepas terjadi sedikit pendarahan.

Masa setelah menstruasi. Adalah masa perbaikan dan pertumbuhan yang berlangsung sembilan hari ketika selaput terlepas untuk dibaharui, tahap ini dikendalikan oleh estrogen, sedangkan pengendalian estrogen dikendalikan oleh FSH terjadi pada hari ke-14 kemudian disusul 14 hari tahap sekretorik yang dikendalikan oleh progesteron.

Tuba fallopi. Berjalan kearah lateral kiri dan kanan ada dua saluran kiri dan kanan. Panjang kira-kira 12cm, diameter 3-8 mm.

Tuba fallopi terdiri atas:

- Pars interstitialis, bagian yang terdapat didinding uterus.
- Pars isthmica/istmus, merupakan bagian medial yang sempit seluruhnya.

- Parst ampularis, bagian yang berbentuk saluran leher tampak konsepsi agak lebar.
- Infundibulum, bagian ujung tuba yang terluka ke arah abdomen dan mempunyai umbai yang disebut fimbria untuk menangkap telur kemudian menyalurkan telur ke dalam tuba.

Kelenjar mammae. Payudara adalah pelengkap organ reproduksi pada wanita dan mengeluarkan air susu, buah dada terletak pada fascia superfisial di daerah antara sternum dan aksila, melebar dan iga kedua sampai iga ketujuh. Bagian tengah terdapat puting susu yang dikelilingi oleh areola mammae yang berwarna coklat. Dekat dasar puting terdapat kelenjar Montgomery yang mengeluarkan zat-zat lemak supaya puting tetap lemak. Puting mempunyai lubang kira-kira 16-20 tempat saluran kelenjar susu.

Struktur mammae: Buah dada terdiri dari jaringan kelenjar susu (jaringan alveolar), tersusun atas lobus-lobus yang saling terpisah oleh jaringan ikat dan jaringan lemak, setiap lobus bermuara ke dalam duktus lakiferus (saluran air susu).

Laktasi, pengeluaran air susu terbagi dua tahap:

- Sekresi air susu, pada tahap kehamilan minggu ke 16 mulai terjadi sekresi cairan bening dalam saluran kelenjar buah dada yang disebut kolostrum yang kaya protein. Setelah bayi lahir pengeluaran kolostrum air susu dirancang oleh hormon prolaktin.
- Pengeluaran air susu, air susu mendapat rangsangan dari bayi supaya keluar secara normal tergantung isapan bayi. Mekanisme dalam buah dada yang berkontraksi memeras air susu keluar alveoli masuk ke dalam saluran air susu.

Hormon wanita

- Estrogen mempunyai pengaruh terhadap endometrium untuk tumbuh atau berproliferasi (masa proliferasi).
- Progesteron berpengaruh terhadap endometrium yang telah berproliferasi dan menyebabkan kelenjar pada wanita terdapat releasing faktor (RF), yang dikeluarkan dari hipotalamus ke hipofisis yang merangsang pengeluaran follicle stimulating hormone (FSH) dan luteinizing hormone (LH) yang berlekuk-lekuk dan bersekreasi.

B. Organ reproduksi laki-laki

Testis. Merupakan organ kelamin tempat spermatozoa dan hormon laki-laki dibentuk. Testosteron dihasilkan di testis, berkembang di dalam abdomen sewaktu janin dan turun melalui saluran inuinal kiri dan kanan masuk ke dalam skrotum menjelang akhir kehamilan. Hormon testosteron berfungsi untuk menentukan sifat – sifat kejantanan misalnya tumbuhnya jenggot dan jakun, suara yang membesar serta bentuk badan yang besar dan kuat.

Fungsi testis yaitu;

- Membentuk gamet-gamet baru yaitu spermatozoa, dilakukan tubulus seminiferus.
- Menghasilkan hormon testoteron dilakukan oleh sel interstisial.

Vesika seminalis. Merupakan saluran yang dinamai duktus vesika seminalis. Sekresi vesika seminalis merupakan komponen pokok dari air mani yang berfungsi menghasilkan cairan yang disebut semen untuk cairan pelindung spermatozoa.

Kelenjar prostat. Merupakan kelenjar yang terletak dibawah vesika urinaria, melekat pada dinding bawah vesika urinaria disekitar uretra bagian atas. Kelenjar prostate mengeluarkan secret cairan yang bercampur dengan secret dari testis, pembesaran prostate akan mengandung uretra dan menyebabkan retensi urin. Kelenjar prostat merupakan suatu kelenjar yang terdiri dari 30-50 kelenjar yang terbagi atas empat lobus yaitu; Lobus posterior, lobus lateral, lobus anterior, lobus medial. **Fungsi kelenjar prostat.** Menambah cairan alkalis pada cairan seminalis berguna untuk melindungi spermatozoa terhadap tekanan yang terdapat pada uretra dan vaginanya.

Kelenjar bulbourethralis

- Terletak disebelah bawah dari kelenjar prostat panjangnya 2-5 cm fungsinya hampir sama dengan kelenjar prostat

Kelenjar duktul yang termasuk kelenjar duktul adalah: Epididimis, duktus seminalis, uretra.

Epididimis. Merupakan saluran halus yang panjangnya kira-kira 6cm terletak disepanjang atas tepi dan belakang dari testis. **Struktur epididymis.** Dikelilingi oleh jaringan ikat, spermatozoa melalui eferentis merupakan bagian dari kaput epididimis. Duktus eferentis panjangnya kira-kira 20cm, berkelok-kelok dan membentuk kerucut kecil dan bermuara pada duktus epididimis tempat spermatozoa disimpan, masuk kedalam vas deferens berfungsi sebagai saluran penghantar testis, mengatur sperma sebelum diejakulasi dan memproduksi semen.

Semen. Terdiri dari secret epididimis vesika seminalis dan prostat serta mengandung spermatozoa yang dikeluarkan setiap ejakulasi. Spermatozoa bergerak dalam semen lingkungan cairan alkalis melindungi dari keasamaan.

Duktus deferens. Merupakan kelanjutan dari epididimis ke kanalis inguinalis kemudian duktus ini berjalan masuk kedalam rongga perut terus ke kandung kemih. Didalam kandung kemih akhirnya bergabung dengan saluran vesika seminalis membentuk ejakulatorius dan bermuara diprostat panjang 50-60cm.

Uretra. Merupakan saluran kemih pada pria yang sekaligus merupakan saluran ejakulasi (Mani). Pengeluaran urin tidak bersama dengan ejakulasi karena diatur oleh kegiatan kontraksi prostat.

Skrotum. Merupakan kantong yang menggantung didasar pelvis, dimana sepasang testis tersimpang, didepan skotum terletak penis, dibelakang skrotum terletak anus. Skrotum berupa kantong yang terdiri dari kulit tanpa lemak.

Funikulus spermatikus. Merupakan bagian penyambung yang berisi duktus seminalis, pembuluh limfe dan serabut-serabut saraf.

Penis. Terletak menggantung didepan skotum, bagian ujung penis disebut glan penis. Bagian tengahnya disebut korpus penis dan pangkalnya disebut radik; glan penis tertutup oleh kulit korpus penis, kulit penutup disebut peputium. Penis terdiri dari jaringan seperti busa dan terletak memanjang; tempat muara uretra dari glan penis adalah preputium atau kulup.

Ereksi penis dipengaruhi oleh:

- Muskulus kavernosus, muskulus erector penis, otot-otot ini menyebabkan erektile (ketegangan) pada waktu koitus (persetubuhan).
- Muskulus bulbo kavernosus, untuk mengeluarkan urin. Penis mempunyai tiga buah korpus kavernosa (Alat penguat zakar) yaitu: dua buah korpus kavernosus uretra, terletak disebelah punggung atas dari penis. Satu korpus kavernosus uretra, terletak disebelah bawah dari penis yang merupakan saluran kemih.

DAFTAR PUSTAKA

- Andersen, C.Y., Ezcurra, D. 2014. Human steroidogenesis: implication for controlled ovarian stimulation with exogenous gonadotropins. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 12 (1): 1-11.
- Anderson, K.E. 2011. Mechanisms of penile erection and basis for pharmacological treatment of erectile dysfunction. *Pharmacol rev*. 63: 811-859.
- Ariyoshi, N., Kim, Y.C., Artemenko, I., Bhattacharyya, K.K., Jefcoate, C.R. 1998. Characterization of the rat *star* gene that encodes the predominant 3.5-kilobase pair mRNA. *The Journal of Biological Chemistry*. 273 (13): 7610-7619.
- Astuti, P. 2015. *Endokrinologi Veteriner*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. pp. 6-27.
- Baziad, A. 2008. *Kontrasepsi Hormonal*. Jilid 1 Hormon seks dan fisiologi ovum. Edisi kedua. ISBN: 978-979-8150-14-7. PT Bina Pustaka. Jakarta. pp. 1-5.
- Bhattacharya, I., Pradhan, B.S., Sarda, K., Gautam, M., Basu, S., Majumdar, S.S. 2012. A switch in sertoli cell responsiveness to FSH may be responsible for robust onset of germ cell differentiation during prepubertal testicular maturation in rats. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 303 (7): 886-898.
- Castela, A., Vendeira, P., Costa, C. 2011. Testosterone, endothelial health, and erectile function. *ISRN Endocrinology*. 201 (11): 1-7.
- Chedrese, P.J. 2009. *Introduction to the molecular organization of the endocrine/reproductive system*. Pp. 3-10. in Chedrese. *Reproductive endocrinology*. e-ISBN 978-0-387-88186-7. Springer. New York.
- Chen, G., Yang, B., Chen, J., Zhu, Leilei., Jiang, H., Yu, W., Zang, F., Chen, Y., Dai, Y. 2018. Changes in male rat sexual behavior and brain activity revealed by functional magnetic resonance imaging in response to chronic mild stress. *The journal of sexual medicine*. 15 (2): 136-147.
- Clement, P., Giulioano, F. 2015. *Handbook of clinical neurology: neurology of sexual and bladder disorders*. 3rd ed. France: Elsevier.
- Cunningham, R.L., Lumia, A.R., McGinnis, M.Y., 2012. Androgen receptors, sex behavior, and aggression. *Neuroendocrinol*. 96: 131-140.
- Emanuela, A., Geco., Giovanni, S., and Antonio, A. 2006. Combining testosterone and PDE5 inhibitors in erectile dysfunction: basic rationale and clinical evidences. *European urology*. 50: 940-947.

- Fisher, J.S. 2006. Environmental anti-androgens and male reproductive health: focus on phthalates and testicular dysgenesis syndrome. *Reproduction and Fertility*. 127: 305-315.
- Fietz, D., Bergmann, M. 2017. Functional anatomy and histology of the testis.pp 1-26. Springer International Publishing.
- Fernandez-Guasti, A., Kruijver, F.P., Fodor, M., Swaab, DF. 2009. Sex differences in the distribution of androgen receptors in the human hypothalamus. *J Comp Neurol*. 425: 422-435.
- Golkowski, M., Shimizu-Albergine, M., Suh, H.W., Beavo, J.A., Shao-En Ong. 2016. Studying mechanisms of cAMP and cyclic nucleotide phosphodiesterase signaling in Leydig cell function with phosphoproteomics. *Cellular Signalling*. 28 (7): 764-778.
- Hansson, V., Skålhegg, B.S., Taskén, K. 2000. Cyclic-AMP-dependent protein kinase (PKA) in testicular cells. Cell specific expression, differential regulation and targeting of subunits of PKA. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. 73(2): 81-92.
- Hestianah, E.P., Anwar, C., Kuncorojakti, S., Yustinasari, L.R. 2014. *Histologi veteriner*. ISBN: 978-602-7982-80-2. Departemen anatomi veteriner. Universitas Airlangga. PT Revka Petra Media. Surabaya.
- Isidora, A.M., Buvat, J., Corona, G., Goldstein, I., Jannini, E.A., Lenzy, A., Porst, H., Salonia, A., Traish, A.M. and Maggi, M. 2013. A critical analysis of the role of testosterone in erectile function: from pathophysiology to treatment-A systemic review. *European urology*. 65: 99-112.
- Johnson, L., Ing, N.H., Curley, K.O. Jr., Graham, J. and Welsh, T.H.J. 2015. Anatomy and Physiology of the Male Reproductive and Potential Targets of Toxicants. *Reference Module in Biomedical Research*. Elsevier. 1-49.
- Kubin, M., Wagner, G., Fugl-Meyer, A.R. 2003. Epidemiology of erectile dysfunction. *International Journal of Impotence Research*. (15): 63-71.
- Lauralee, S. 2022. *Fisiologi Manusia dari sel ke sistem*. Edisi 2. Penerbit Kedokteran. Jakarta.
- Lin, C-S., Lau, A., Tu, R., Tom, F., Lue. 2000. Expression of Three Isoforms of cGMP-Binding cGMP-Specific Phosphodiesterase (PDE5) in Human Penile Cavernosum. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 268 (2): 628-635.
- Lopez, H., Sartori, Roberto., Wiltbank, M.C. 2005. Reproductive Hormones and Follicular Growth During Development of One or Multiple Dominant Follicles in Cattle. *Biology of Reproduction*. 72(4): 788-795.

- McCorry, L.K. 2007. Physiology of the autonomic nervous system. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 71 (4): 1-11.
- Meadan, Ch., and Chedrese, P, J. 2009. *Androgen-molecular basis and related disorders*.pp. 205-212. In Chedrese, P, J. *Reproductive endocrinology*. e-ISBN 978-0-387-88186-7. Springer. New York.
- Melis, M.R., Argiolas, A. 2011. Central control of penile erection: a revisitation of the role of oxytocin and its interaction with dopamine and glutamic acid in male rats. *Neurosci biobehav Rev*. 35: 939-55.
- Miller, W.L., Auchus, R.J. 2011. The molecular biology, biochemistry and physiology of human steroidogenesis and its disorders. *Endocr rev*. 32 (1): 81-151.
- Nieschlag, E., Behre, H.M., Nieschlag, S., Halle., Munster. 2010. *Andrology. Male Reproductive Health and Dysfunction*. 3rd edition. Springer. Germany. pp. 1-53.
- Nieschlag, E., Behre, H.M., Nieschlag, S. 2012. *Testosterone. Action, Deficiency, Substitution*. 4rd. Cambridge University Press.
- Nieuwenhuys, R., Voogd, J., Van Huijzen, C. 2008. *The human central nervous system*. 4th ed. Germany: Springer.
- Pearce. E. C. 1999. *Anatomi dan Fisiologi Untuk Paramedis*. PT Gramedia. Jakarta.
- Pack. P. E. 2007. *Anatomi dan Fisiologi*. Pakar Raya. Bandung.
- Poongothai, J., Gopenath, T.S., Manonayaki, S. 2009. Genetic of human male infertility. *Singapore Med J*. 50 (4): 336-347.
- Purves-Tyson, T.D., Owens, S.J., Double, K.L., Desai, R., Handelsman, D.J., Weicret, C.S. 2014. Testosterone induces molecular changes in dopamine signaling pathway molecules in the adolescent male rat nigrostriatal pathway. *Plos one*. 9 (3).
- Xia, Jia-Dong., Chen, Jie., Yang, Bai-Bing., Sun, Hai-Jian., Zhu, Guo-Qing., Yu-Tian Dai., Yang, Jie., Zeng-Jun Wang. 2018. Differences in sympathetic nervous system activity and NMDA receptor levels within the hypothalamic paraventricular nucleus in rats with differential ejaculatory behavior. *Asian Journal of Andrology*. 20(4): 355-359.
- Santoso, J., Prihati, D.R., Wael, S. 2019. Perbedaan pengaruh infusa kunyit (*curcuma longa*) dengan infusa kelor (*moringa oleifera*) untuk pencegahan kerusakan pada organ lambung, organ hati, organ ginjal dan organ testis tikus yang diinduksi acetosal. *Jurnal Terpadu Ilmu Kesehatan*. 8(1) 120-129.
- Syarifuddin. 2009. *Anatomi Tubuh Manusia*. Salemba Medika. Jakarta.
- Soewolo., Basoeki. Yudani. 2005. *Fisiologi Manusia*. UM Press. Malang.
- Sasube, N., Rampengan, S.H. 2016. Disfungsi ereksi pada penyakit kardiovaskular. *Jurnal Biomedik (JBM)*. 8 (1): 8-16.

- Setchell, B.P. and Breed, W.G. 2006. Anatomy, Vasculature, and Innervation of the Male Reproductive Tract. *Physiology of Reproduction*. Third Edition. Elsevier.771-782.
- Van anders, S.M. 2012. Testosterone and sexual desire in healthy women and men. *Arch sex behav*. 41 (6): 1471-1484.
- Vogt, P.H. 2004. Molecular genetics of human male infertility. *Curr Pharmacol*. 10 (5): 471-500.
- Zhou, W., Kathryn, A., Cunningham., Mary, L.,Thomas. 2002. Estrogen regulation of gene expression in the brain: a possible mechanism altering the response to psychostimulants in female rats. *Molecular Brain Research*. 100 (2): 75-83.
- Wael S., Wahyudi D.,Wael T.,& Jaber Z.M. 2021. The effect of black cumin oil (*Nigella sativa*) on the reproduction of male Wistar rats. *Bioedupat: Pattimura Journal of Biology and Learning*, 1 (2),45-49.
- Watuguly, T.W., Samsuria, I.K., Astuti, P., Nuringtyas, T.R., Wijayanti, N. and Wael, S. 2018. The Analysis of Primer Gene of Phosphodiesterase Type 5 (PDE5) on Erectile Dysfunction. *Open Journal of Applied Sciences*, 8, 398-410.
- Wael, S., Leiwakabessy, F., Mose, W., Watuguly, T. 2023. Potensi ekstrak daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) terhadap spermatozoa tikus (*Sprague dawley*) yang dipapar minuman arak sopi. *Biopendix*. 9 (2) 211-221.
- Wael, S., Sari, A.B., Arini, I., Lestuny, M.G. 2023. Potential of extract leaf cherry (*Muntingia calabura* L) on production macrophage mice (*Mus musculus*). *Bioedupat: Pattimura Journal of Biology and Learning*. 3(1) 95-101.
- Wael, S., Astuti, P., Wijayanti, N., Nuringtiyas, T.R. Potensi ekstrak n-heksan daun cengkeh (*Syzygium aromaticum*) terhadap perilaku seksual tikus (*Rattus norvegicus berkenhout*, 1769) jantan. Disertasi. Fakultas Biologi UGM. Yogyakarta.

BIODATA PENULIS



Prof. Dr. Johanis Fritzgal Rehena, M.Kes adalah staf dosen Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura, Ambon. Karirnya saat ini menjabat sebagai ketua program studi magister pendidikan biologi pascasarjana universitas pattimura. Gelar sarjana pendidikan diperoleh dari Universitas Pattimura pada tahun 1990, Magister Kesehatan diperoleh dari Universitas Airlangga tahun 1997, sedangkan gelar Doktor diperoleh dari Universitas Negeri Malang dalam bidang pendidikan biologi pada tahun 2009. Sejak tahun 2010 penulis telah diangkat sebagai guru besar dalam bidang pendidikan biologi.



Dr. Syahrhan Wael, M.Si.Med adalah salah satu staf dosen Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura, Ambon. Karirnya sebagai dosen diawali sejak tahun 2008, ketika penulis menjadi dosen. Gelar sarjana pendidikan diperoleh dari Universitas Pattimura pada tahun 2006, Magister Medicine diperoleh dari Universitas Diponegoro tahun 2012, sedangkan gelar Doktor diperoleh dari Universitas Gadjah Mada dalam bidang Reproduksi Hewan pada tahun 2019. Saat ini penulis lebih menekuni bidang endokrinologi dan fisiologi hewan sehingga sebagian besar penelitian dan publikasi yang dihasilkan masih berbicara tentang hormon dan fisiologi hewan.