



ILMU BIOMEDIK UNTUK PERAWAT

Zulaika Harissya | Anggi Setiorini | Muji Rahayu | Bambang Supriyanta
Asbath | Liganda Endo Mahata | Anida | Dian Mitra Desnawati Silalahi
Rahmawati | Ani Oranda Panjaitan | Silphia Novelyn | Nining Andriaty Abdul
Wa Ode Nurlina | Dewi Nugrahwati Putri | Frisca Ronauli Batubara



EDITOR:

Dr.Mubarak, M.Sc
Muhaimin Saranani, S.Kep, Ns., M.Sc

PENYUNTING:

dr. Muhammad Rustam HN, M.Kes,Sp.OT

ILMU BIOMEDIK UNTUK PERAWAT



Buku ini ditulis untuk membantu memenuhi kebutuhan ilmu biomedik dasar bagi keperawatan yang berkaitan dengan anatomi dan fisiologi tubuh manusia. Buku ini juga disusun untuk membantu mahasiswa keperawatan memahami konsep tentang ilmu biomedik dasar bagi keperawatan, sebagai landasan dalam pengembangan profesi keperawatan dan hingga akhirnya dapat bermanfaat bagi pelayanan kesehatan di masyarakat pada umumnya. Buku ilmu biomedik untuk perawat ini terdiri dari 15 bab yaitu :

- Bab 1 Pengantar Ilmu Biomedik dan Perannya dalam Keperawatan
- Bab 2 Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia
- Bab 3 Biokimia dan Metabolisme
- Bab 4 Genetik dan Sel
- Bab 5 Dasar-dasar Patologi
- Bab 6 Farmakologi Dasar
- Bab 7 Anatomi Fisiologi Sistem Kardiovaskular
- Bab 8 Anatomi Fisiologi Sistem Respirasi
- Bab 9 Anatomi Fisiologi Sistem Pencernaan
- Bab 10 Anatomi Fisiologi Sistem Intergumen
- Bab 11 Anatomi Fisiologi Sistem Perkemihan
- Bab 12 Anatomi Fisiologi Sistem Saraf
- Bab 13 Anatomi Fisiologi Sistem Endokrin
- Bab 14 Anatomi Fisiologi Sistem Penglihatan
- Bab 15 Prinsip Dasar dalam Nutrisi dan Gizi Klinis



eureka
media aksara
Anggota IKAPI
No. 225/UTE/2021

☎ 0858 5343 1992
✉ eurekaakarsara@gmail.com
📍 Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-623-151-731-8



9 786231 517319

ILMU BIOMEDIK UNTUK PERAWAT

Ns. Zulaika Harissya, S.Kep., M.Kep.
dr. Anggi Setiorini, M.Sc., AIFO-K
Muji Rahayu, S.Si., M.Sc., apt.
Bambang Supriyanta, S.Si., M.Sc.
Dr. Asbath, S.Kep., Ns., M.Kes.
dr. Liganda Endo Mahata, M.Biomed
Anida, S.Kep., Ns., M.Sc.
Dian Mitra D. Silalahi, Ners., M.Kep.
Rahmawati, S.Kep., Ns., M.Kes.
dr. Ani Oranda Panjaitan, M.Biomed
dr. Silphia Novelyn, M.Biomed
Nining Andriaty Abdul, S.Kep., Ns., M.Biomed
Wa Ode Nurlina, S.Kep., Ns., M.Kep
dr. Dewi Nugrahwati Putri, Sp.M
dr. Frisca Ronauli Batubara, M.Biomed



eureka
media aksara

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

ILMU BIOMEDIK UNTUK PERAWAT

Penulis : Ns. Zulaika Harissya, S.Kep., M.Kep.
dr. Anggi Setiorini, M.Sc., AIFO-K
Muji Rahayu, S.Si., M.Sc., apt.
Bambang Supriyanta, S.Si., M.Sc.
Dr. Asbath, S.Kep., Ns., M.Kes.
dr. Liganda Endo Mahata, M.Biomed
Anida, S.Kep., Ns., M.Sc.
Dian Mitra D. Silalahi, Ners., M.Kep.
Rahmawati, S.Kep., Ns., M.Kes.
dr. Ani Oranda Panjaitan, M.Biomed
dr. Silphia Novelyn, M.Biomed
Nining Andriaty Abdul, S.Kep., Ns., M.Biomed
Wa Ode Nurlina, S.Kep., Ns., M.Kep
dr. Dewi Nugrahwati Putri, Sp.M
dr. Frisca Ronauli Batubara, M.Biomed

Editor : Dr. Mubarak, M.Sc.
Muhaimin Saranani, S.Kep., Ns., M.Sc.

Penyunting : dr. Muhammad Rustam HN, M.Kes., Sp.OT

Desain Sampul : Eri Setiawan

Tata Letak : Meuthia Rahmi Ramadani

ISBN : 978-623-151-731-9

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, OKTOBER 2023**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekamediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2023

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Pujian dan syukur kepada Tuhan yang Maha Kuasa atas berkat dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada para penulis, sehingga dapat menyelesaikan buku ini dengan judul 'Ilmu Biomedik untuk Perawat'.

Buku ini ditulis untuk membantu memenuhi kebutuhan ilmu biomedik dasar bagi keperawatan yang berkaitan dengan anatomi dan fisiologi tubuh manusia. Buku ini juga disusun untuk membantu mahasiswa keperawatan memahami konsep tentang ilmu biomedik dasar bagi keperawatan, sebagai landasan dalam pengembangan profesi keperawatan dan hingga akhirnya dapat bermanfaat bagi pelayanan kesehatan di masyarakat pada umumnya. Buku ilmu biomedik untuk perawat ini terdiri dari 15 bab yaitu :

Bab 1 Pengantar Ilmu Biomedik dan Perannya dalam Keperawatan

Bab 2 Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia

Bab 3 Biokimia dan Metabolisme

Bab 4 Genetika dan Sel

Bab 5 Dasar – dasar Patologi

Bab 6 Farmakologi Dasar

Bab 7 Anatomi Fisiologi Sistem Cardiovasculer

Bab 8 Anatomi Fisiologi Sistem Respirasi

Bab 9 Anatomi Fisiologi Sistem Pencernaan

Bab 10 Anatomi Fisiologi Sistem Integumen

Bab 11 Anatomi Fisiologi Sistem Perkemihan

Bab 12 Anatomi Fisiologi Sistem Saraf

Bab 13 Anatomi Fisiologi Sistem Endokrin

Bab 14 Anatomi Fisiologi Sistem Penglihatan

Bab 15 Prinsip Dasar dalam Nutrisi dan Gizi Klinis

Pada akhirnya penulis menyadari buku ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis menerima setiap masukan, saran dan kritikan, agar menjadi lebih baik dan sempurna di masa yang

akan datang. Ucapan terimakasih yang tak terhingga penulis sampaikan kepada keluarga, dan rekan-rekan sejawat.

Pekanbaru, 28 Agustus 2023

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
BAB 1 PENGANTAR ILMU BIOMEDIK DAN PERANNYA DALAM KEPERAWATAN	1
A. Definisi Ilmu Biomedik Dasar	1
B. Peran Ilmu Biomedik dalam Keperawatan.....	1
C. Ruang Lingkup Ilmu Biomedik.....	2
DAFTAR PUSTAKA.....	13
BAB 2 ANATOMI DAN FISILOGI TUBUH MANUSIA.....	14
A. Pendahuluan	14
B. Klasifikasi Anatomi dan Fisiologi	16
C. Bagian-Bagian Tubuh	16
D. Sistem Tubuh Manusia	18
DAFTAR PUSTAKA.....	27
BAB 3 BIOKIMIA DAN METABOLISME.....	28
A. Pendahuluan	28
B. Energi	28
C. Metabolisme	29
DAFTAR PUSTAKA.....	51
BAB 4 GENETIKA DAN SEL	53
A. Genetika.....	53
B. Sel	66
DAFTAR PUSTAKA.....	81
BAB 5 DASAR - DASAR PATOLOGI.....	82
A. Pendahuluan	82
B. Struktur Sel.....	84
C. Cedera Sel (Jejas Sel)	85
DAFTAR PUSTAKA.....	93
BAB 6 FARMAKOLOGI DASAR	94
A. Pendahuluan	94
B. Farmakokinetik.....	95
C. Farmakodinamik	100
D. <i>Medication Safety</i>	101
E. Interaksi Obat	102
DAFTAR PUSTAKA.....	104

BAB 7	ANATOMI FISIOLOGI SISTEM	
	CARDIOVASKULER	106
	A. Definisi	106
	B. Lapisan Jantung	107
	C. Ruang Jantung	109
	D. Katup Jantung	110
	E. Pembuluh Darah.....	111
	F. Sistem Konduksi Listrik Jantung.....	113
	G. Sirkulasi Darah.....	114
	H. Sirkulasi Jantung.....	115
	DAFTAR PUSTAKA	118
BAB 8	ANATOMI FISIOLOGI SISTEM RESPIRASI.....	119
	A. Pendahuluan	119
	B. Organ-Organ Sistem Pernapasan	119
	C. Fisiologi Pernapasan	125
	D. Proses Pernapasan Manusia.....	126
	E. Volume Udara Pernapasan	127
	F. Pertukaran O ² dan Co ² dalam Pernapasan	129
	G. Energi dan Pernapasan	132
	H. Frekuensi Pernapasan	132
	I. Gangguan pada Sistem Pernapasan.....	133
	DAFTAR PUSTAKA	135
BAB 9	ANATOMI FISIOLOGI SISTEM PENCERNAAN	136
	A. Pendahuluan	136
	B. Sistem Pencernaan.....	137
	C. Organ Pencernaan	144
	DAFTAR PUSTAKA	160
BAB 10	ANATOMI FISIOLOGI SISTEM INTEGUMEN	161
	A. Pendahuluan	161
	B. Kulit	161
	C. Rambut.....	175
	D. Kuku	179
	DAFTAR PUSTAKA	181
BAB 11	ANATOMI FISIOLOGI SISTEM PERKEMIHAN	182
	A. Pendahuluan	182
	B. Ginjal	182
	C. Ureter.....	190

	D. Kandung Kemih	192
	E. Uretra	196
	DAFTAR PUSTAKA.....	198
BAB 12	ANATOMI FISILOGI SISTEM SARAF	199
	A. Pendahuluan	199
	B. Organisasi dan Sel Sistem Saraf	202
	C. Sel Saraf (Neuron)	205
	D. Pengahantaran Impuls Saraf.....	207
	E. Sistem Saraf Pusat	210
	F. Sistem Saraf Tepi	214
	DAFTAR PUSTAKA.....	217
BAB 13	ANATOMI FISILOGI SISTEM ENDOKRIN	218
	A. Pendahuluan	218
	B. Anatomi Fisiologi Sistem endokrin	218
	DAFTAR PUSTAKA.....	234
BAB 14	ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM PENGLIHATAN	235
	A. Pendahuluan.....	235
	B. Orbita	236
	C. Palpebra.....	239
	D. Lapisan Air Mata dan Apparatus Lakrimalis.....	243
	E. Konjungtiva.....	246
	F. Kornea.....	247
	G. Sklera.....	249
	H. Uvea	251
	I. Lensa	255
	J. Retina	256
	K. Visual Pathway.....	258
	L. Vitreous	259
	DAFTAR PUSTAKA.....	261
BAB 15	PRINSIP DASAR DALAM NUTRISI DAN GIZI KLINIS.....	263
	A. Pendahuluan	263
	B. Sejarah dan Perkembangan Ilmu Gizi di Indonesia	265
	C. Masalah Gizi di Indonesia.....	266
	D. Pedoman Umum Gizi Seimbang (PUGS).....	267
	E. Prinsip Nutrisi dalam Gizi Klinis.....	268

F. Kebutuhan Gizi Manusia.....	271
G. Evaluasi Status Gizi Manusia.....	273
H. Intervensi Gizi.....	276
I. Penutup.....	277
DAFTAR PUSTAKA.....	279
TENTANG PENULIS	281



ILMU BIOMEDIK UNTUK PERAWAT

Ns. Zulaika Harissya, S.Kep., M.Kep.
dr. Anggi Setiorini, M.Sc., AIFO-K
Muji Rahayu, S.Si., M.Sc., Apt.
Bambang Supriyanta, S.Si., M.Sc.
Dr. Asbath, S.Kep., Ns., M.Kes.
dr. Liganda Endo Mahata, M.Biomed
Anida, S.Kep., Ns., M.Sc
Dian Mitra D. Silalahi, Ners., M. Kep.
Rahmawati, S.Kep., Ns., M.Kes.
dr. Ani Oranda Panjaitan, M.Biomed
dr. Silphia Novelyn, M.Biomed
Nining Andriaty Abdul, S.Kep.,Ns.,M.Biomed
Wa Ode Nurlina, S.Kep., Ns., M. Kep
dr. Dewi Nugrahwati Putri, Sp.M
dr. Frisca Ronauli Batubara, M. Biomed



BAB

1

PENGANTAR ILMU BIOMEDIK DAN PERANNYA DALAM KEPERAWATAN

Ns. Zulaika Harissya, S.Kep., M.Kep.

A. Definisi Ilmu Biomedik Dasar

Ilmu biomedik dasar adalah bagian dari ilmu keperawatan yang memakai landasan-landasan pengetahuan dasar, serta pengetahuan yang mencakup anatomi, fisiologi, biologi, kimia, dan fisika. Ilmu biomedik dasar merupakan pedoman dalam menjelaskan fenomena kehidupan pada tingkat molekul, sel, maupun organ tubuh secara komprehensif. Selain itu, juga dijadikan sebagai asas-asas pengetahuan untuk bekal dalam pelaksanaan proses keperawatan. Hal tersebut berkaitan dengan letak, struktur, fungsi, serta cara kerja seluruh sistem tubuh yang menjelaskan perjalanan penyakit atau masalah keperawatan yang dialami oleh klien. Materi terkait ilmu biomedik dasar terdiri atas struktur, komponen tubuh manusia, perkembangan, serta fungsi tubuh manusia, meliputi nutrisi, enzim, oksidasi biologi, metabolisme karbohidrat, metabolisme lipid, metabolisme asam amino dan metabolisme purin pirimidin.

B. Peran Ilmu Biomedik dalam Keperawatan

Ilmu biomedik dasar merupakan komponen penting dari keberhasilan klinis. Secara khusus, ini memberikan pemahaman rinci tentang proses penyakit yang mendasari pengembangan prosedur diagnostik baru, intervensi terapeutik, dan strategi pencegahan yang dapat diuji dalam studi klinis. Berbagai jenis penyakit yang dialami pasien dapat merangsang penyelidikan

klinis yang pada akhirnya menunjukkan mekanisme penyakit baru yang dapat diperiksa lebih lanjut dalam studi dasar yang melibatkan organisme model.

Berbagai penelitian mendukung hipotesis bahwa pengetahuan mengenai ilmu biomedik dasar merupakan aset utama untuk pengambilan keputusan klinis. Pemahaman tentang ilmu biomedik seperti biologi, patofisiologi, atau farmakologi yang mendasari masalah klinis akan menghasilkan keputusan yang lebih logis dan beralasan yang terbentuk dari pemahaman tentang hubungan suatu kausalitas atau hubungan sebab-akibat. Mempelajari hubungan kausalitas suatu penyakit akan mendorong tenaga kesehatan untuk melakukan pengamatan, yang mendorong pemahaman baru tentang penyakit manusia dan pengembangan strategi baru untuk pencegahan, diagnosis, dan pengobatannya (Brass, 2009).

Ilmu biomedik adalah bidang ilmu obat dan terapi dari suatu penyakit. Ilmu biomedik juga merupakan bidang ilmu yang paling cepat berkembang dalam rumpun ilmu biologi. Ilmu biomedik bertujuan untuk memberikan dukungan bagi para profesional kesehatan dalam melakukan prosedur medis termasuk pengumpulan data, analisis, diagnosis dan terapi suatu penyakit. Dan untuk mengembangkan bidang lintas disiplin ini, diperlukan ilmu dan teknik dasar, termasuk anatomi dan fisiologi, biologi, biokimia, patologi, dan farmakologi dasar.

C. Ruang Lingkup Ilmu Biomedik

Ilmu biomedik dapat dihubungkan dengan banyak kategori lain di bidang kesehatan dan biologi. Ilmu biomedik merangkul banyak disiplin biomedis serta berbagai bidang spesialisasi berupa imunologi, parasitologi, fisiologi, patologi, anatomi, toksikologi, biologi molekuler, biokimia, bioteknologi, biologi sel, embriologi, nanobioteknologi, teknik biologi, biologi medis laboratorium, sitogenetika, genetika, terapi gen, bioinformatika, biostatistik, biologi sistem, ilmu saraf,

mikrobiologi, virologi, dan beberapa cabang ilmu biomedik lainnya.

1. Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia

Anatomi dan fisiologi merupakan dua cabang ilmu dasar yang penting untuk memahami bagian struktur tubuh tubuh beserta fungsinya. Anatomi adalah ilmu yang mempelajari struktur tubuh dan keterkaitan bagian-bagian tubuh satu sama lain, sementara fisiologi adalah ilmu yang mempelajari tentang bagaimana tubuh manusia bekerja beserta fungsinya masing-masing. Anatomi dan fisiologi merupakan dua cabang ilmu biomedik yang tidak dapat terpisahkan, dan akan dipelajari secara beriringan karena struktur tubuh akan mengikuti fungsinya.

Saat kita mempelajari struktur tubuh manusia, maka kita juga akan mempelajari fungsi rangka. Tubuh manusia memiliki cara yang unik untuk mempertahankan kondisi stabilnya. Berbagai perubahan yang terjadi pada lingkungan internal dan eksternal tubuh, dapat mempengaruhi kondisi homeostatis, dimana gangguan homeostatis dapat mempengaruhi semua sistem organ yang ada.

2. Biokimia dan Metabolisme

Biokimia berasal dari kata Yunani *bios* yang yaitu kehidupan, dan *chemis* yaitu kimia. Biokimia sering diartikan sebagai ilmu yang mempelajari dasar kimia kehidupan ataupun dapat juga diartikan sebagai salah satu ilmu yang mempelajari reaksi-reaksi kimia atau interaksi molekul pada sel. Mempelajari biokimia artinya mengetahui tentang reaksi-reaksi kimia penting yang terjadi pada sel. Hal tersebut menunjukkan bahwa kita dapat memahami proses-proses yang terjadi didalam tubuh. Definisi fungsional biokimia yaitu sebagai ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan unsur-unsur kimiawi pada sel hidup organisme, dengan berbagai reaksi, proses, dan interaksi antara berbagai molekul senyawa organik. Reaksi tersebut akan membentuk

susunan dan pola yang terintegrasi dan terkoordinasi dengan baik.

Metabolisme merupakan sebuah proses yang menggambarkan perubahan interaksi makro molekul pada senyawa organik, yang diakibatkan oleh interkonversi kimiawi secara biologis. Proses metabolisme tersebut dibantu oleh enzim yang bekerja secara spesifik, dimana hasil metabolisme secara biokimia adalah terjadinya pembentukan maupun penguraian makro molekul organik seperti protein, lemak, karbohidrat hingga asam nukleat (Umbu Henggu and Nurdiansyah, 2022). Makro molekul berupa protein, lemak, karbohidrat, mineral, vitamin, bahkan air, akan digunakan sebagai penghasil energi dan keseimbangan elektrolit.

Makro molekul tersebut akan dicerna di traktus gastrointestinal, dan akan menghasilkan ikatan fosfat berenergi tinggi, dimana ketika proses hidrolisis ATP terjadi, maka terjadi pembentukan energi yang akan digunakan untuk transpor ion pada semua membran sel. Transpor aktif bertujuan untuk mempertahankan distribusi ion yang diperlukan untuk beberapa proses seluler, salah satunya yaitu sebagai penghantar impuls saraf. Selain sebagai transfer energi, ATP juga berfungsi sebagai prekursor dari siklus adenosin monofosfat (cAMP), sebuah molekul sinyal yang penting.

Total kebutuhan energi rata-rata pada orang dewasa yaitu 39 kkal/kg pada pria, dan sebesar 34 kkal/kg pada wanita. Sebanyak 20 kkal/kg diperlukan untuk metabolisme basal, yang dipergunakan untuk mempertahankan integritas membran sel dan fungsi lainnya yang membutuhkan energi untuk membuat seseorang tetap dapat hidup. Sedangkan dalam keadaan istirahat, kebutuhan kalori basal yaitu sekitar 1,1 kkal per menit, yang memerlukan sekitar 200 sampai 250 mL oksigen per menit pada pria dengan berat badan 70 kg untuk oksidasi nutrien.

3. Genetik dan Sel

Setiap organisme yang hidup tersusun dari sel sebagai elemen terkecil penyusun tubuh manusia, yang dibatasi oleh membran, terdapat cairan atau protoplasma didalamnya. Sel sebagai komponen terkecil dalam organisme yang hidup, memiliki morfologi atau bentuk serta ukuran yang berbeda-beda. Sebagian makhluk hidup adalah organisme yang merupakan uniseluler (satu sel) seperti bakteri dan protozoa, dan sebagian besar lainnya sebagai makhluk hidup multiseluler (banyak sel) yaitu manusia, hewan dan tumbuhan.

Sel merupakan bagian terkecil makhluk hidup yang dapat menjalankan aktivitasnya sebagai unit terkecil penyusun makhluk hidup, secara struktural maupun secara fungsional. Kandungan sel tersusun atas senyawa organik dan anorganik. Senyawa organik berkisar antara 10-20% di dalam sel tersusun atas protein, karbohidrat, dan unsur mineral. Senyawa-senyawa tersebut terlarut di dalam sitoplasma. Protein sangat diperlukan dalam pembentukan DNA dan RNA sebagai materi genetik yang mewariskan sifat induk kepada keturunannya. Senyawa anorganik terdiri atas air sebesar 75-85%. Struktur Sel terdiri dari bagian membran sel, organel sel, dan sitoplasma. Struktur sel prokariotik dan eukariotik berbeda, begitu pula struktur sel tumbuhan dan sel hewan atau manusia. Akan tetapi, semua jenis struktur sel tersebut adalah sama, yaitu berfungsi untuk menjalankan fungsi sel seperti metabolisme, penyimpanan gen, pembelahan sel, dan sintesis DNA.

Konsep Genetika membahas terkait dengan struktur materi genetik yang mencakup gen, kromosom, DNA, RNA, plasmid, episom, dan elemen tranposabel. Reproduksi materi genetik yang mencakup reproduksi sel, replikasi DNA, *mendelian inheritance*, *cytoplasmic inheritance*, *reverse transcription*, dan *rolling circle replication*. Selain itu juga membahas terkait dengan kerja materi genetik yang mencakup ruang lingkup materi genetik, transkripsi,

modifikasi pasca transkripsi, kode genetik, translasi, konsep one gene one enzyme, interaksi kerja gen, kontrol kerja gen pada prokariotik, kontrol kerja gen pada eukariotik, kontrol genetik terhadap respon imun, kontrol genetik terhadap pembelahan sel, ekspresi kelamin, perubahan materi genetik. Serta membahas mengenai perubahan materi genetik yang mencakup mutasi, dan rekombinasi, genetika dalam populasi, dan perekrayaan materi genetik (Nusantara 2014).

4. Dasar-Dasar Patologi

Jika didefinisikan secara bahasa, patologi berasal dari kata *logos* berarti ilmu, dan kata *pathos* yang berarti penderitaan. Patologi merupakan ilmu yang menghubungkan praktik klinis dan ilmu dasar yang berkaitan dengan etiologi atau penyebab suatu penyakit dan mekanisme kejadian yang menjadi penyebab timbulnya tanda dan gejala pada pasien. Kelainan struktural maupun fungsional yang terjadi pada sel, jaringan, dan organ dapat dipahami dengan menggunakan teknik molekuler kontemporer, imunologik, dan mikrobiologik. Selain itu, diagnosis dan pedoman terapi dalam praktik klinis dapat dibuat oleh ahli patologi dengan mengidentifikasi perubahan makroskopis maupun mikroskopis sel dan jaringan. Secara umum, ilmu patologi terbagi menjadi dua bagian, yaitu patologi umum dan patologi sistemik. Patologi umum berfokus pada respons seluler dan jaringan yang esensial terhadap rangsang patologik, sedangkan patologi sistemik berfokus pada pemeriksaan respons tertentu pada organ tertentu.

5. Farmakologi Dasar

Secara bahasa, farmakologi (*pharmacology*) berasal dari bahasa Yunani, yaitu *pharmacon* yang berarti obat, dan kata *logos* yang berarti ilmu. Farmakologi didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang interaksi antara obat dengan tubuh, sehingga dapat menghasilkan efek

terapeutik. Farmakologi adalah sebuah istilah yang merujuk kepada suatu bidang ilmu tentang pengaruh senyawa terhadap sel-sel hidup dalam tubuh melalui proses kimiawi. Senyawa berupa obat merupakan tiap-tiap zat kimiawi yang dapat mempengaruhi suatu proses hidup pada tingkat molekuler.

Berbagai macam jenis obat yang digunakan pada terapi dapat dibagi dalam tiga golongan besar, yaitu:

a. Obat Farmakodinamis

Obat farmakodinamis bekerja didalam tubuh dengan cara mempercepat atau memperlambat proses fisiologi atau fungsi biokimia dalam tubuh, seperti pada hormon, diuretika, hipnotika, dan obat otonom.

b. Obat Kemoterapeutis

Obat kemoterapeutis merupakan jenis obat yang dapat membunuh parasit maupun kuman di dalam tubuh. Secara optimal, obat ini memiliki fungsi farmakodinamika yang sangat kecil terhadap organisme tubuh, dan sangat efektif dalam membunuh sebanyak mungkin parasit berupa cacing dan protozoa, serta mikroorganisme lainnya seperti bakteri dan virus. Obat-obatan neoplasma seperti sitostatika, onkolitika, dan obat-obat kanker juga dianggap termasuk kedalam golongan ini.

c. Obat Diagnostik

Jenis obat ini merupakan obat yang berperan dalam membantu melakukan diagnosis atau identifikasi suatu penyakit, seperti penggunaan barium sulfat untuk mengenali penyakit pada saluran lambung dan usus, atau pada penggunaan natrium propanoat untuk pemeriksaan saluran empedu.

Berdasarkan penggunaannya, obat mempunyai berbagai macam bentuk. Semua bentuk obat mempunyai karakteristik dan tujuan tersendiri. Ada zat yang tidak stabil

jika berada dalam sediaan tablet sehingga harus dalam bentuk kapsul atau ada pula obat yang dimaksudkan larut dalam usus bukan dalam lambung. Semua diformulasikan khusus demi tercapainya efek terapi yang diinginkan. Oleh sebab itu, perlu diperhatikan etiket obat yang dibuat pada saat melayani suatu resep. Misalnya perbedaan tablet dengan kaplet, atau tablet yang harus dikunyah dulu (seperti obat maag golongan antasida). Etiket obat harus memuat instruksi yang singkat namun benar dan jelas sehingga pasien tidak bingung dengan petunjuk etiket obat. Oleh karena itu penting sekali bagi kita semua untuk mengetahui bentuk sediaan obat.

Beberapa bentuk dan tujuan penggunaan obat sebagai berikut.

a. Kapsul

Kapsul adalah sediaan padat yang digunakan untuk konsumsi oral, berupa obat dalam cangkang keras atau lunak yang dapat larut dalam air.

b. Tablet

Tablet adalah sediaan padat keras yang dibuat dalam bentuk tabung pipih atau bulat melingkar dengan kedua permukaan rata atau cembung. Setiap sediaan tablet mengandung satu jenis obat atau lebih dengan atau tanpa bahan tambahan.

c. Pil

Pil adalah sediaan padat dengan berat kurang lebih 100-500 mg dan berbentuk bulat. Umumnya, setiap pil dengan berat 300 mg, mengandung satu atau lebih zat aktif. Sediaan padat bulat dengan berat dibawah 100 mg umumnya disebut dengan istilah granul, sementara pil dengan berat lebih dari 500 mg, disebut dengan istilah boli.

d. Krim

Krim adalah sediaan obat khusus untuk penggunaan topikal pada kulit, dengan tekstur setengah

padat yang mengandung satu atau lebih bahan obat terlarut atau terdispersi dalam bahan dasar yang sesuai.

e. Emulsi

Emulsi adalah sediaan obat dengan sistem dua fase, dimana salah satu cairannya terdispersi dalam cairan yang lain, dalam bentuk tetesan kecil.

f. Ekstrak

Ekstrak adalah sediaan pekat yang diperoleh dengan mengekstraksi zat aktif dari simplisia nabati atau simplisia hewani menggunakan pelarut yang sesuai, kemudian semua atau hampir semua pelarut diuapkan dan massa atau serbuk yang tersisa diperlakukan sedemikian rupa sehingga memenuhi syarat baku yang ditetapkan. Ekstrak dapat dibuat menjadi sediaan lain seperti tablet atau sediaan larutan lain.

g. Gel/Jeli

Gel adalah sediaan obat khusus untuk penggunaan topikal di kulit dengan tekstur semi padat yang terdiri dari suspensi yang terbuat dari partikel anorganik kecil, atau molekul organik yang besar dimana terpenetrasi oleh suatu cairan.

h. Imunoserum

Imunoserum adalah sediaan yang mengandung immunoglobulin khas yang diperoleh dari serum hewan dengan pemurnian.

i. Implan

Implan adalah sediaan dengan massa padat steril berukuran kecil, yang berisi obat dengan kemurnian tinggi. Sediaan obat ini berfungsi untuk disisipkan di dalam tubuh dengan tujuan untuk memperoleh pelepasan obat secara berkesinambungan dalam jangka waktu lama.

j. Infusa

Infusa merupakan sediaan obat cair yang dibuat dengan mengekstraksi simplisia nabati dengan air pada suhu 90°C selama 15 menit.

k. Inhalasi

Inhalasi adalah sediaan obat atau larutan yang terdiri dari satu atau lebih bahan obat yang diberikan melalui saluran napas yaitu hidung atau mulut, yang bertujuan untuk mendapatkan efek lokal ataupun sistemik.

l. Injeksi

Injeksi adalah sediaan steril untuk kegunaan parenteral, yaitu di bawah atau menembus kulit atau selaput lendir.

m. Irigasi

Irigasi adalah larutan steril yang digunakan untuk mencuci atau membersihkan luka terbuka atau rongga-rongga tubuh yang digunakan secara topikal.

6. Prinsip Dasar dalam Nutrisi dan Gizi Klinis

Makanan yang kita konsumsi sehari-hari berupa beras, gandum, sayuran, buah-buahan, susu, telur, ikan, daging, gula, dan jenis bahan pangan lainnya, mengandung komponen-komponen zat gizi yang memiliki manfaatnya masing-masing bagi tubuh. Nutrisi yang ditemukan dalam makanan adalah karbohidrat, protein, lemak, mineral, vitamin dan mineral (Mudambi and Rajagopal, 2007; Furkon, 2014). Nutrisi dapat dibagi menjadi dua bagian, berdasarkan kebutuhannya bagi tubuh, yaitu zat gizi makro dan zat gizi mikro. Zat gizi makro adalah zat gizi yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah besar (makro), yaitu dalam satuan gram/orang/hari, yang terdiri dari karbohidrat, protein, dan lemak. Sedangkan zat gizi mikro adalah zat gizi yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah kecil, yaitu dalam satuan miligram atau bahkan mikrogram/orang/ hari. Zat gizi

makro terdiri berbagai jenis vitamin dan mineral (Furkon, 2014).

a. Karbohidrat

Karbohidrat adalah komponen zat gizi yang tersusun atas atom karbon, hidrogen, dan oksigen. Fungsi utama karbohidrat adalah menyediakan energi yang dibutuhkan oleh tubuh kita sebagai bahan bakar. Karbohidrat yang tidak digunakan, akan disimpan dalam bentuk glikogen atau diubah menjadi lemak dalam organ hati dan jaringan otot. Glikogen akan diuraikan menjadi glukosa untuk digunakan sebagai pasokan energi cadangan jika diperlukan, seperti saat seseorang puasa. Selain berfungsi menjadi sumber energi, karbohidrat juga berfungsi sebagai pemberi rasa manis, pengatur metabolisme lemak, menghemat fungsi protein, sumber energi utama bagi otak dan susunan saraf pusat, dan membantu dalam pengeluaran feses (Furkon, 2014; Otuosorochi Ikechukwu, Godswill and Somtochukwu, 2020).

b. Lemak

Lemak merupakan zat gizi esensial yang berfungsi sebagai sumber energi, dan menjadi komponen utama dalam pembentukan membran sel. Lemak juga merupakan sumber energi yang menyumbangkan energi 2.5 kali lebih besar dibandingkan dengan karbohidrat dan protein, yaitu sebanyak 9 kkal/g lemak. Lemak adalah sumber energi terkonsentrasi, pembawa vitamin yang larut dalam lemak dan sumber asam lemak esensial. Asam lemak esensial seperti omega 3 dan omega 6, merupakan zat nutrisi yang dibutuhkan tubuh dalam pembentukan otak. (Otuosorochi Ikechukwu, Godswill and Somtochukwu, 2020).

c. Protein

Fungsi utama protein adalah membangun jaringan baru dan memelihara serta memperbaiki sel-sel yang

sudah dibangun. Sintesis zat pengatur dan pelindung seperti enzim, hormon, dan antibodi juga merupakan fungsi dari protein makanan. Sekitar 10 persen dari total energi dipasok oleh protein dalam makanan, yaitu 4 kkal/g protein. (Furkon, 2014).

d. Mineral

Mineral diperlukan untuk pembentukan tubuh, untuk pembentukan tulang, gigi, dan bagian struktural jaringan lunak. Mereka juga berperan dalam pengaturan proses dalam tubuh, misalnya kontraksi otot, pembekuan darah, rangsangan saraf, dll. Mineral merupakan zat gizi mikro (*m micronutrient*) dalam tubuh yang bersama-sama dengan vitamin berfungsi dalam proses metabolisme unsur gizi makro (karbohidrat, protein dan lemak) dan diperlukan dalam pembentukan tubuh, untuk pembentukan tulang, gigi, dan bagian struktural jaringan lunak. (Furkon, 2014; Otuosorochi Ikechukwu, Godswill and Somtochukwu, 2020).

e. Vitamin

Vitamin terbagi menjadi dua bagian, yaitu vitamin yang larut dalam lemak dan vitamin yang larut dalam air. Vitamin yang larut dalam lemak yaitu vitamin A, D, E dan K, sedangkan vitamin yang larut dalam air yaitu vitamin C dan B. Vitamin diperlukan untuk pertumbuhan, fungsi normal tubuh dan proses tubuh normal (Furkon, 2014).

DAFTAR PUSTAKA

- Brass, E.P. (2009) 'Basic Biomedical Sciences and The Future of Medical Education: Implications for Internal Medicine', *Journal of General Internal Medicine*, 24(11), pp. 1251-1254. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11606-009-0998-5>.
- Furkon, L.A. (2014) 'Mengenai Zat Gizi', in *Ilmu Gizi dan Kesehatan*. Jakarta: Universitas Terbuka, pp. 1-53. Available at: <http://www.pustaka.ut.ac.id/lib/wp-content/uploads/pdfmk/PEBI4428-M1.pdf>.
- Mudambi, S.R. and Rajagopal, M.V. (2007) *Fundamentals of Foods, Nutrition and Diet Therapy*. New Delhi: New Age International (P) Ltd.
- Otuosoroichi Ikechukwu, A., Godswill, C. and Somtochukwu, V. (2020) 'Nutritional Diseases and Nutrient Toxicities: a Systematic Review of the Diets and Nutrition for Prevention and Treatment', *International Journal of Advanced Academic Research*, 6(1). Available at: <https://www.researchgate.net/publication/338389172>.
- Umbu Henggu, K. and Nurdiansyah, Y. (2022) 'Review dari Metabolisme Karbohidrat, Lipid, Protein, dan Asam Nukleat', *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 3(2), pp. 9-17. Available at: <https://doi.org/10.33059/jq.v3i2.5688>.

BAB 2

ANATOMI DAN FISIOLOGI TUBUH MANUSIA

dr. Anggi Setiorini, M.Sc., AIFO-K

A. Pendahuluan

1. Definisi Anatomi

Anatomi dan Fisiologi adalah ilmu yang mempelajari tentang struktur tubuh bersamaan dengan fungsinya. Kata *anatomy* berasal dari bahasa Yunani yang berarti “membuka suatu potongan”. Anatomi adalah suatu ilmu yang mempelajari bagian dalam dan luar dari struktur tubuh manusia dan hubungannya dengan bagian tubuh yang lain. Anatomi secara harfiah diartikan oleh Bahasa Latin, berasal dari kata “Ana” adalah bagian atau memisahkan, dan “Tomi” adalah irisan atau potongan. Sehingga anatomi dapat juga diartikan sebagai ilmu yang mempelajari bentuk dan susunan tubuh baik secara keseluruhan maupun bagian-bagian serta hubungan alat tubuh yang satu dengan lainnya. Anatomi terdiri dari berbagai pengetahuan tentang bentuk, letak, ukuran, dan hubungan berbagai struktur dari tubuh manusia yang sehat sehingga sering disebut sebagai anatomi deskriptif atau topografis (Hartati & Supriyadi, 2014). Anatomi tubuh manusia adalah ilmu yang mempelajari struktur tubuh manusia. Anatomi tubuh manusia tersusun atas sel, jaringan, organ, dan sistem organ. Sistem organ merupakan bagian yang menyusun tubuh manusia. Sistem ini terdiri atas berbagai jenis organ, yang memiliki struktur dan fungsi yang khusus. Sistem organ memiliki struktur dan fungsi yang khas. Masing-masing sistem organ saling

tergantung satu sama lain, baik secara langsung maupun tidak langsung. Anatomi juga dapat dibagi berdasarkan “regio”, dimana arti dari kata regio adalah bagian atau lokasi atau daerah tertentu (Pearce, 2016).

2. Definisi Fisiologi

Kata *physiology* juga berasal dari bahasa Yunani yaitu ilmu yang mempelajari suatu organisme dalam melakukan fungsi utamanya. Fisiologi secara makna kata berasal dari Bahasa Latin, yaitu dari kata “Fisis” (*Physis*) adalah alam atau cara kerja. “Logos” (*Logi*) adalah ilmu pengetahuan. Maka fisiologi adalah ilmu yang mempelajari faal atau pekerjaan atau fungsi dari tiap-tiap jaringan tubuh atau bagian dari alat-alat tubuh dan fungsinya. Anatomi fisiologi adalah dua hal yang saling bersinergi untuk memahami tubuh manusia baik dari segi sel, organ dan sistem kerja (Tortora, 2008).

Anatomi dan Fisiologi adalah ilmu yang mempelajari tentang struktur tubuh beserta fungsinya, rendahnya minat dalam membaca anatomi dan fisiologi menjadi masalah cukup yang berarti bagi mahasiswa kesehatan. Hal ini mengakibatkan mahasiswa kesehatan memiliki pemahaman yang belum memuaskan tentang topik-topik anatomi dan fisiologi yang harus dikuasai. Salah satu penyebabnya adalah buku-buku dengan tema tersebut dianggap susah dimengerti. Untuk itu anatomi dan fisiologi menjadi *basic science* (ilmu dasar), yang mendasari capaian pembelajaran. Anatomi Fisiologi yaitu ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang susunan atau potongan tubuh dan bagaimana alat tubuh tersebut bekerja. Dua cabang ilmu ini yaitu anatomi dan Fisiologi menjadi dasar yang penting untuk memahami bagian tubuh dan fungsinya. Karena struktur dan fungsinya sulit dipisahkan maka kedua ilmu ini akan dipelajari secara bersama-sama. Struktur tubuh akan mengikuti fungsinya, contohnya adalah ketika kita mempelajari struktur rangka manusia maka kita akan mempelajari fungsi rangka juga. Tubuh manusia memiliki cara yang unik untuk mempertahankan kondisi stabilnya. Berbagai perubahan

yang terjadi pada lingkungan internal dan eksternal tubuh dapat mempengaruhi kondisi homeostatis. Gangguan terhadap kondisi homeostatis dapat mempengaruhi semua sistem organ (Rumanta *et al.*, 2009).

B. Klasifikasi Anatomi dan Fisiologi

Berdasarkan aspek yang dipelajari, anatomi terbagi atas 2 bagian yaitu :

1. Anatomi Mikroskopik adalah mempelajari suatu struktur yang tidak bisa dilihat dengan mata telanjang. Bentuk pemeriksaan mikroskopis adalah pemeriksaan sitology dan histology. Sitology mempelajari suatu sel secara individual sedangkan histology mempelajari suatu jaringan.
2. Anatomi Makroskopik adalah mempelajari suatu struktur yang besar dan bisa dilihat dengan mata telanjang, antara lain yaitu anatomi permukaan (ciri-ciri permukaannya), anatomi regional (fokus pada area tertentu), anatomi sistemik (mempelajari organ secara sistem pencernaan, sistem reproduksi, sistem kardiovaskular, dll), serta anatomi perkembangan (mempelajari perubahan tubuh dari sudut pandang struktur) (Syarifuddin, 2011).

Fisiologi manusia adalah ilmu yang mempelajari tentang faal (fungsi) dari tubuh manusia. Adapun spesifikasi fisiologi dari anatomi antara lain yaitu :

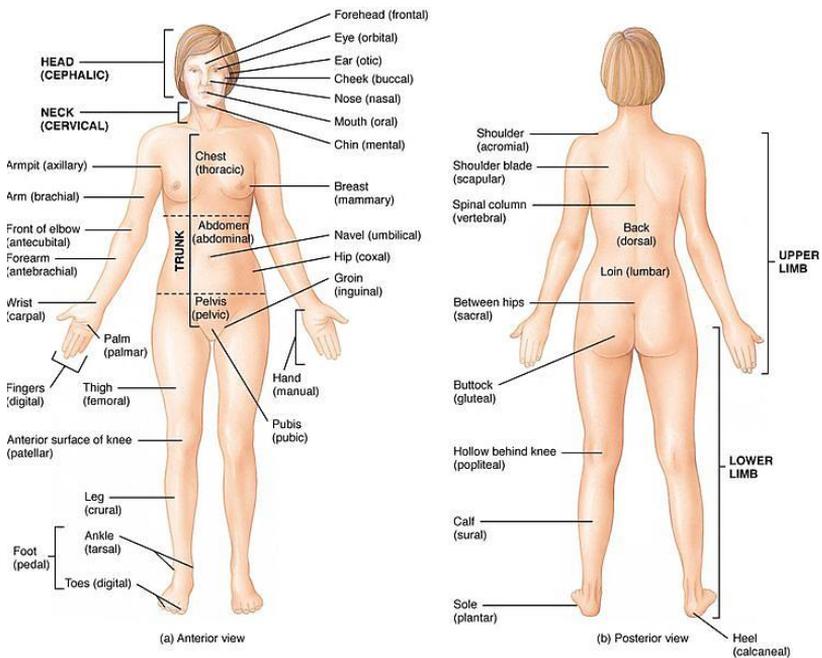
1. Fisiologi Sel (mempelajari fungsi sel dan bagian-bagiannya)
2. Fisiologi Spesifik (mempelajari suatu organ)
3. Fisiologi Sistemik (mempelajari fungsi organ secara sistemik)
4. Fisiologi Patologikal (mempelajari efek penyakit terhadap suatu organ) (Guyton, 2006).

C. Bagian-Bagian Tubuh

Tubuh dibagi dalam batang badan atau biasa disebut sebagai "truncus" dan anggota badan atas atau anggota badan bawah yang biasa disebut dengan ekstrimitas superior dan ekstrimitas inferior. Truncus dibagi menjadi kepala, leher dan torso. Torso sendiri terdiri atas thorax (dada), abdomen (perut),

pelvis (panggul). Ekstremitas superior dihubungkan dengan truncus melalui gelang bahu dan ekstremitas inferior dengan gelang pelvis. Gelang bahu terdiri atas tulang clavícula dan tulang scapula. Sedangkan gelang pelvis terdiri atas tulang coxae dan tulang sacrum (Adyana, 2008).

Penamaan bagian - bagian tubuh pada manusia dalam ilmu anatomi diberi nama Terminologia Anatomica atau TA adalah standar internasional mengenai terminology anatomi pada tubuh manusia. Istilah ini dikembangkan oleh Komite Federasi Terminologi Anatomi (FCAT) dan Federasi Internasional Asosiasi Anatomi (IFAA). Hal tersebut menggantikan standar sebelumnya, Nomina Anatomica. Terminologia Anatomica berisi terminologi sekitar 7500 struktur anatomi manusia (secara makroskopik) (Dorland, 2002).



Gambar 2.1. Bagian - Bagian Tubuh Manusia

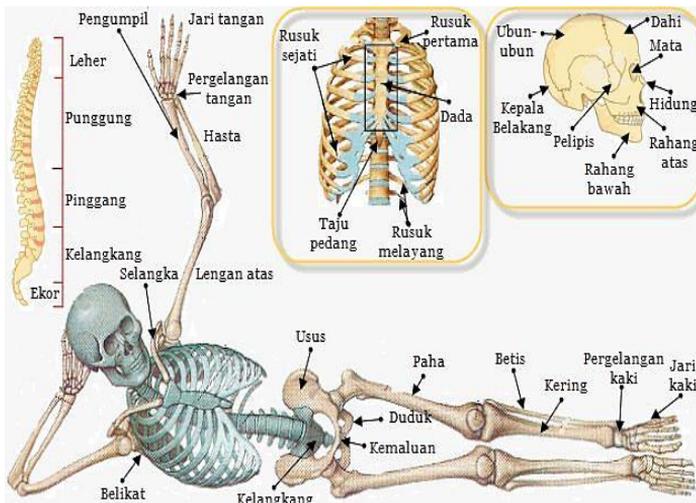
D. Sistem Tubuh Manusia

Pada buku ini akan mempelajari mengenai fisiologi secara sistemik, yaitu mempelajari konsep anatomi dan fisiologi mengikuti pendekatan sistem tubuh, dengan harapan lebih memudahkan pada mahasiswa untuk mempelajari, mengidentifikasi, menunjukkan dan menerapkan anatomi dan fisiologi dalam konteks sistemik tubuh diintegrasikan dalam ruang lingkup biologi (Ganong, 1995).

1. Sistem Rangka

Pembagian sistem tubuh manusia yang pertama yaitu sistem rangka. Rangka manusia tersusun dari 206 tulang yang dihubungkan tendon, ligamen, dan tulang rawan. Berikut keterangan tulang-tulang yang menyusun kerangka manusia:

- 8 buah tulang di kepala
- 25 buah tulang di kerangka dada
- 14 buah tulang di wajah
- 26 buah tulang di belakang dan pinggul
- 6 buah tulang di telinga dalam
- 64 buah tulang di lengan
- 1 buah tulang di lidah
- 62 buah tulang di kaki



Gambar 2.2. Sistem Rangka Manusia

Fungsi dari sistem rangka yaitu untuk bergerak, tempat melekatnya otot, melindungi organ-organ dalam, menopang dan memberikan bentuk tubuh.

2. Sistem Otot

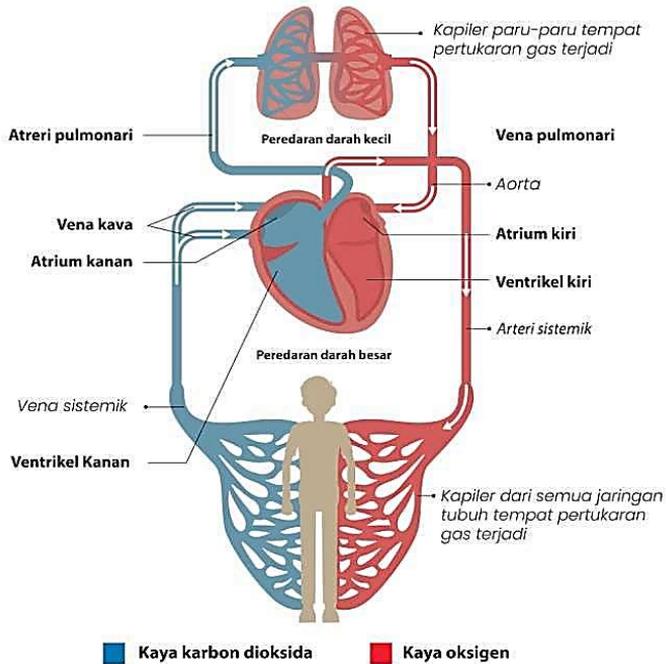
Sistem anatomi tubuh manusia dan fungsi selanjutnya yaitu otot. Di dalam sistem otot manusia terdiri atas 600 otot. Fungsi dari otot yaitu membantu pergerakan tubuh, aliran darah, dan menjalankan fungsi tubuh lainnya. Otot ini juga berada pada anatomi tubuh manusia bagian belakang. Berikut 3 jenis otot pada tubuh manusia:

- a. Otot rangka yang terhubung dengan tulang
- b. Otot polos yang ditemukan di dalam organ pencernaan
- c. Otot jantung yang ditemukan di jantung

3. Sistem Peredaran Darah

Sistem peredaran darah atau bisa disebut juga dengan sistem cardiovascular dimana jantung bekerja sebagai pusat utamanya. Sistem peredaran darah memiliki 3 fungsi, yaitu:

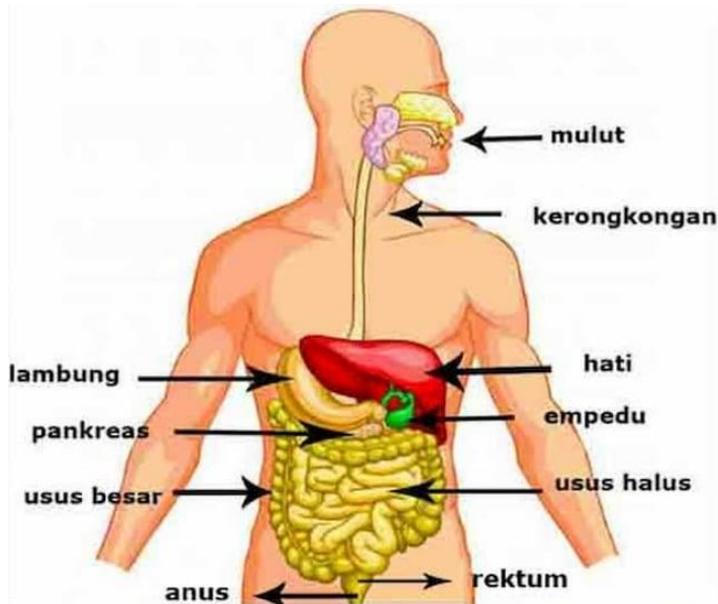
- a. Mengedarkan darah ke seluruh tubuh
- b. Melindungi tubuh melalui sel darah putih untuk melawan kuman yang telah masuk ke dalam tubuh
- c. Mempertahankan homeostasis (keseimbangan kondisi tubuh) pada beberapa kondisi internal



Gambar 2.3. Sistem Peredaran Darah Manusia

4. Sistem Pencernaan

Sistem pencernaan melibatkan organ- organ yang disebut sebagai saluran pencernaan. Saluran pencernaan dimulai dari organ yang ada di mulut hingga usus besar. Akhir dari sistem pencernaan yaitu menghasilkan urin dan feses yang dibuang melalui anus. Fungsi dari sistem pencernaan adalah untuk memproses makanan menjadi zat-zat gizi yang dibutuhkan tubuh.



Gambar 2.4. Sistem Pencernaan Manusia

5. Sistem Endokrin

Sistem endokrin terdiri dari beberapa kelenjar yang mengeluarkan hormon ke dalam darah. Kelenjar tersebut yaitu hipotalamus, kelenjar pituitari, kelenjar pineal, kelenjar tiroid, kelenjar paratiroid, kelenjar adrenal, pankreas, dan kelenjar kelamin (gonad). Kelenjar tersebut akan bekerja sesuai dengan rangsangan yang diterima dari sistem saraf pusat dan reseptor kimiawi di dalam darah dan hormon yang diproduksi oleh kelenjar lain.

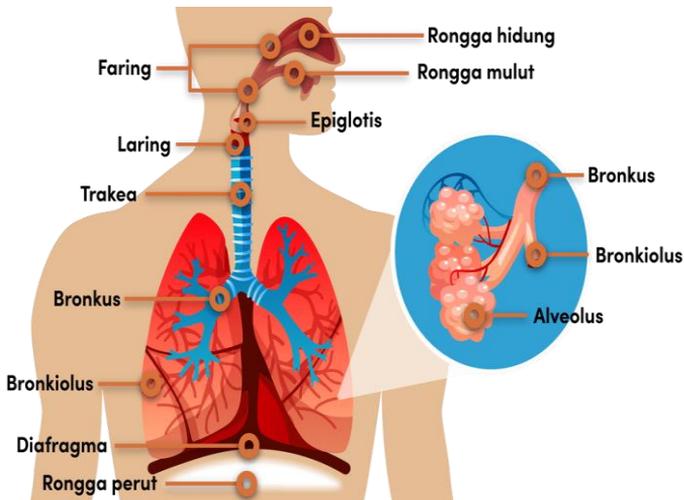
6. Sistem Saraf

Sistem anatomi manusia selanjutnya yaitu sistem saraf. Sistem saraf memiliki fungsi untuk mengumpulkan, mengirimkan, dan memproses informasi dalam otak dan saraf. Sistem saraf manusia terdiri dari saraf pusat dan saraf tepi. Saraf pusat terdiri atas otak dan sumsum tulang belakang, sedangkan saraf tepi terdiri dari saraf otonom dan somatis.

7. Sistem Pernapasan

Sistem pernapasan berfungsi untuk menyediakan oksigen ke seluruh tubuh, mengeluarkan karbon dioksida serta produk limbah lainnya yang dapat mematikan jika dibiarkan menumpuk. Terdapat 3 bagian dari sistem pernapasan utama yaitu:

- Saluran napas, fungsinya membawa udara melewati hidung menuju paru-paru. Saluran napas terdiri dari hidung, mulut, faring, laring, trakea, bronkus, dan bronkiolus.
- Paru-paru, fungsinya untuk pertukaran oksigen ke dalam tubuh dan karbon dioksida keluar tubuh.
- Otot respirasi, termasuk diafragma dan otot interkostal yang bekerja sama memompa, mendorong udara masuk dan keluar dari paru-paru saat bernapas.



Gambar 2.5. Sistem Pernafasan Manusia

8. Sistem Kekebalan Tubuh

Sistem kekebalan tubuh berfungsi untuk pertahanan tubuh terhadap bakteri, virus, dan patogen lainnya yang berbahaya. Getah bening, limpa, sumsum tulang, limfosit (termasuk sel B dan sel T), timus, dan leukosit termasuk dalam sistem kekebalan tubuh.

9. Sistem Limfatik

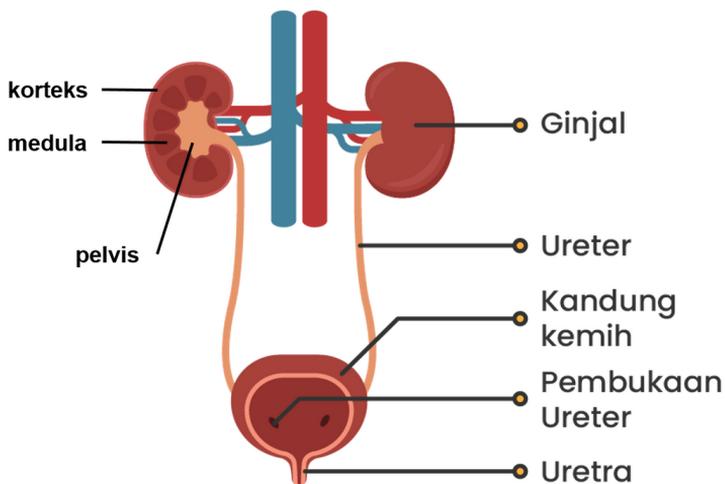
Sistem limfatik merupakan sistem yang berperan pula terhadap pertahanan tubuh. Sistem limfatik terdiri dari kelenjar getah bening, saluran getah bening, dan pembuluh getah bening. Tugas utamanya yaitu membuat dan menyalurkan getah bening yang dapat membantu tubuh melawan infeksi. Selain itu sistem limfatik juga membantu menghilangkan cairan getah bening dari jaringan tubuh dan mengembalikannya ke darah.

10. Sistem Ekskresi

Sistem ekskresi berfungsi untuk mengeluarkan zat sisa yang tidak dibutuhkan lagi oleh manusia. Organ-organ ekskresi terdiri dari ginjal, hati, kulit, dan paru-paru. Organ hati berfungsi mengeluarkan empedu, kulit berfungsi mengeluarkan keringat, dan paru-paru mengeluarkan uap air dan karbon dioksida.

11. Sistem Urinaria

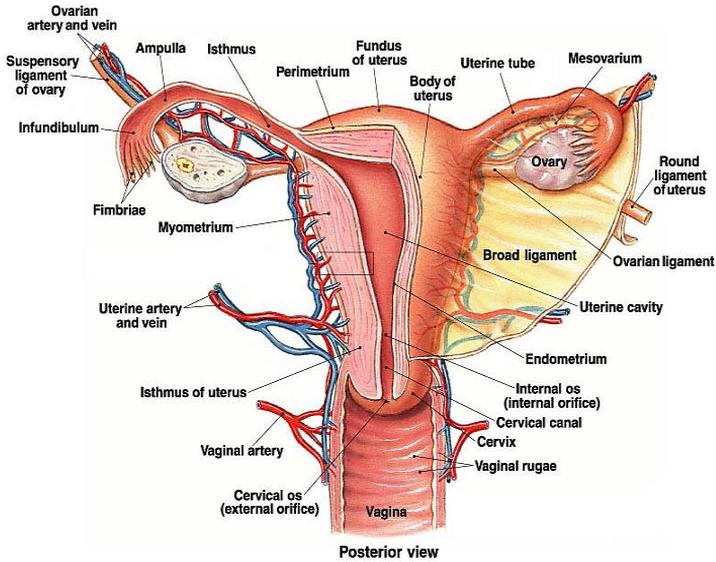
Sistem urinaria atau perkemihan juga termasuk dari sistem ekskresi. Tetapi sistem urinaria terdiri dari ginjal, ureter, kandung kemih, dan uretra. Ginjal berfungsi menyaring darah untuk membuang limbah dan menghasilkan urine. Ureter, kandung kemih, dan uretra bersama - sama membantuk saluran kemih yang berfungsi mengalirkan urine dari ginjal, menyimpannya, dan kemudian melepaskannya saat buang air kecil. Selain menyaring dan menghilangkan limbah dari tubuh, sistem urinaria juga dapat mempertahankan homeostasis air, ion, pH, tekanan darah, kalsium, dan sel darah merah.



Gambar 2.6. Sistem Urinaria Manusia

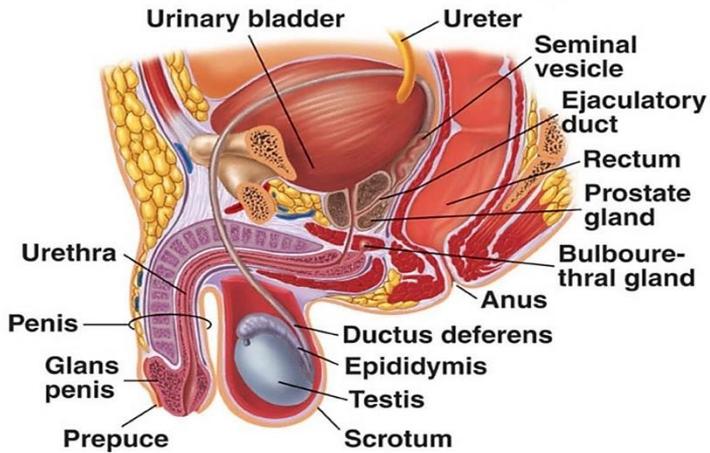
12. Sistem Reproduksi

Sistem reproduksi manusia terdiri dari dua jenis, yaitu sistem reproduksi wanita dan pria. Kedua jenis tersebut sama-sama berfungsi untuk menghasilkan keturunan. Sistem reproduksi wanita terdiri dari ovarium, saluran telur, rahim, vagina, vulva, kelenjar susu, dan payudara. Sedangkan reproduksi laki-laki mencakup skrotum, testis, saluran sperma, kelenjar seks, dan penis.



Gambar 2.7. Sistem Reproduksi Wanita

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Gambar 2.8. Sistem Reproduksi Pria

13. Sistem Indra

Anatomi tubuh manusia yang terakhir yaitu sistem indra yang berfungsi sebagai penerima rangsangan yang berasal dari lingkungan sekitarnya. Terdapat 5 sistem indra

yang disebut panca indra dengan tugasnya masing- masing, yaitu:

- a. Indra penglihatan dengan menggunakan mata
- b. Indra pendengaran dengan menggunakan telinga
- c. Indra penciuman melalui hidung
- d. Indra peraba yang dapat dirasakan melalui kulit
- e. Indra pengecap menggunakan lidah

DAFTAR PUSTAKA

- Adyana, K. (2008). Dasar-dasar Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia. Bandung: Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia.
- Dorland. 2002. Kamus Kedokteran Dorland: Edisi 29, Buku Kedokteran EGC.
- Ganong, W.F, 1995; Buku Ajar Fisiologi Kedokteran, Edisi 14; EGC Penerbit Buku Kedokteran, Jakarta
- Guyton, A.C. and Hall, J.E., 2006. Textbook of Medical Physiology, in: Textbook of Medical Physiology. Elsevier Saunders.
- Hartati, E.W & Supriyadi. 2014. Anatomi Tubuh Manusia. UM Press. Malang.
- Pearce, Evelyn C. 2016. Anatomi dan Fisiologis Untuk Para Medis, Cetakan kedua puluh Sembilan. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Rumanta, M., Hutasoit, L. R., Sukiniarti, S., Wahyuningsih, T., Ristasa, R., Iryani, K., & Rokhiyah, S. 2009. Anatomi dan Fisiologi Manusia.
- Syaifuddin. 2011. Anatomi Fisiologi. Jakarta : EGC.
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. H. 2008. Principles of anatomy and physiology. John Wiley & Sons

BAB 3

BIOKIMIA DAN METABOLISME

Muji Rahayu, S.Si., M.Sc., apt.

A. Pendahuluan

Biokimia merupakan ilmu yang membahas tentang struktur kimia, fungsi dan metabolisme makromolekul karbohidrat, lipid dan protein, asam nukleat serta pengaturannya yang melibatkan enzim dan hormon.

Fenomena dasar biokimia adalah untuk memahami bagaimana kumpulan molekul-molekul mati yang membentuk organisme hidup berinteraksi satu sama lain untuk mempertahankan kehidupan. Sel merupakan unit fungsional terkecil makhluk hidup, di dalam sel inilah terjadi metabolisme untuk menghasilkan energi untuk menjalani kehidupan.

B. Energi

Organisme hidup terdiri dari sel-sel, dan sel mengandung banyak komponen biokimia seperti protein, lipid, dan karbohidrat. Sel hidup adalah kumpulan “teratur” yang terorganisir dari molekul-molekul ini. Untuk mempertahankan dan menciptakan keteraturan dalam sel memerlukan input energi. Tanpa energi, kehidupan tidak mungkin terjadi. Manusia termasuk organisme heterotrofik, mendapatkan energi dari makanan yang kita makan.

Bagaimana kita mengekstrak energi dari makanan yang kita makan?

Mekanisme utama yang digunakan oleh organisme non-fotosintetik untuk memperoleh energi adalah oksidasi dan

karbon adalah sumber energi yang paling sering teroksidasi. Energi yang dilepaskan selama langkah oksidatif "ditangkap" dalam bentuk ATP (adenosine tri phosphate) dan dapat digunakan nanti untuk sumber energy (Ahern and Rajagopal, 2013).

C. Metabolisme

1. Metabolisme Karbohidrat

Glukosa adalah sumber utama energi yang tersedia untuk hampir semua sel tubuh. Glukosa juga berperan penting dalam berbagai proses biosintetik (sintesis protein dan asam lemak, glikosilasi, dll.), meskipun ini merupakan bagian yang sangat kecil dari metabolisme keseluruhannya (Tappy, 2008).

Katabolisme monosakarida terdiri dari tiga tahap utama yaitu glikolisis, siklus asam sitrat dan dilanjutkan reaksi rantai transport elektron.

a. Glikolisis (*Embden-Meyerhof-Parnas Pathway*)

Pada sebagian besar jaringan hewan dan manusia, katabolik utama glukosa dan jalur utama untuk metabolisme fruktosa, galaktosa, dan karbohidrat lain yang berasal dari makanan. Glikolisis merupakan pemecahan glikolitik menjadi piruvat, yang sebagian besar kemudian dioksidasi melalui siklus asam sitrat, yang akhirnya mengarah pada pembentukan ATP (Nelson and Cox, 2004).

Glikolisis adalah jalur katabolik dalam sitoplasma yang ditemukan di hampir semua organisme baik aerobik atau anaerobik (Koolman dan Roehm, 2005). Kemampuan glikolisis untuk menyediakan ATP dalam keadaan tidak adanya oksigen sangat penting karena memungkinkan otot rangka bekerja pada tingkat yang sangat tinggi ketika suplai oksigen tidak mencukupi dan karena memungkinkan jaringan bertahan dari episode anoxic (Murray *et al.*, 2003).

Reaksi keseimbangan glikolisis dirangkum sebagai berikut:



Berbagai D-heksosa, termasuk fruktosa, galaktosa, dan manosa, dapat dimetabolisir melalui glikolisis. D-Galaktosa, produk hidrolisis disakarida laktosa (gula susu), melewati darah dari usus ke hati, di mana ia pertama kali difosforilasi pada C-1, membutuhkan ATP, oleh enzim galaktokinase. D-Mannose, dilepaskan dalam pencernaan dari berbagai polisakarida dan glikoprotein makanan. Demikian halnya D-Fruktosa, yang berada dalam bentuk bebas pada banyak buah-buahan dan juga hasil digesti sukrosa di usus halus vertebrata. Masing-masing gula tersebut diubah menjadi glukosa 6-fosfat atau fruktosa 6-fosfat untuk selanjutnya masuk ke dalam reaksi glikolisis dan seterusnya sehingga menghasilkan energy (Nelson dan Cox, 2004).

Jika jaringan tidak mendapat suplai oksigen yang cukup untuk mendukung oksidasi aerobik dari piruvat dan NADH yang dihasilkan dalam glikolisis, maka piruvat direduksi menjadi laktat. Beberapa jaringan dan jenis sel (seperti eritrosit, yang tidak memiliki mitokondria sehingga tidak dapat mengoksidasi piruvat menjadi CO₂) menghasilkan laktat dari glukosa bahkan dalam kondisi aerobik. Reduksi piruvat dikatalisis oleh laktat dehydrogenase (Nelson dan Cox, 2004).

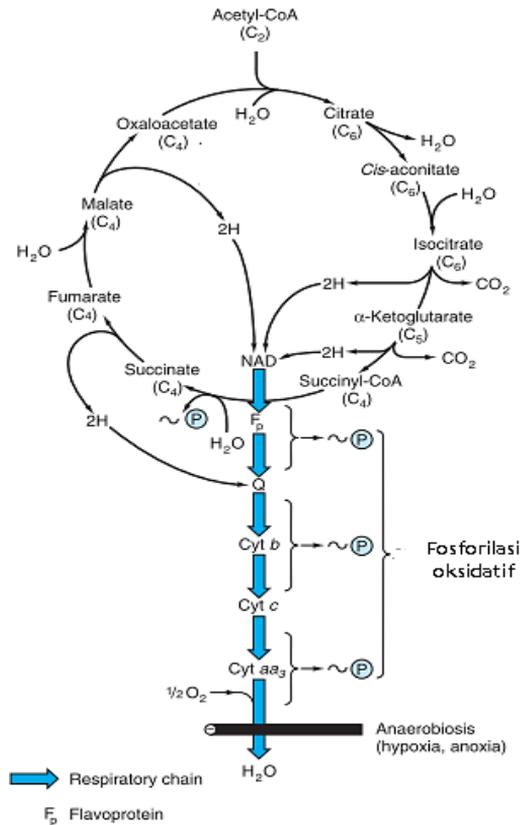
Laktat yang dibentuk oleh otot rangka yang aktif (atau oleh eritrosit) dapat didaur ulang; dibawa oleh darah ke hati, di mana laktat diubah menjadi glukosa selama pemulihan dari aktivitas otot yang berat. Ketika laktat diproduksi dalam jumlah besar selama kontraksi otot yang kuat (selama lari sprint, misalnya), pengasaman yang dihasilkan dari ionisasi asam laktat dalam otot dan darah membatasi periode aktivitas yang kuat. Atlet

dengan kondisi terbaik dapat melakukan sprint dengan kecepatan tinggi tidak lebih dari satu menit (Nelson dan Cox, 2004).

b. Siklus Asam Sitrat

Piruvat yang dibentuk di sitosol, diangkut ke dalam mitokondria oleh simporter proton, kemudian didekarboksilasi secara oksidatif menjadi asetil-KoA oleh kompleks multienzim yang berhubungan dengan membran dalam mitokondria (Murray et al., 2003).

Siklus asam trikarboksilat (siklus TCA, juga dikenal sebagai siklus asam sitrat atau siklus Krebs) adalah jalur metabolisme siklik dalam matriks mitokondria. Siklus asam sitrat terdiri dari delapan langkah, mengubah residu asetil ($\text{CH}_3\text{-CO-}$) menjadi karbon dioksida (CO_2). Elektron yang diperoleh dalam proses ini ditransfer ke NAD^+ atau ubiquinone, dan dari sana ke rantai pernapasan (Koolman and Roehm, 2005). Rangkaian siklus asam sitrat digambarkan dalam Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1. Siklus Asam Sitrat ((Murray *et al.*, 2003)

Siklus asam sitrat adalah jalur umum terakhir untuk oksidasi aerobik karbohidrat, lipid, dan protein karena glukosa, asam lemak, dan sebagian besar asam amino dimetabolisme menjadi asetil-KoA atau zat antara siklus. Ini juga memiliki peran sentral dalam glukoneogenesis, lipogenesis, dan interkonversi asam amino. Banyak dari proses ini terjadi di sebagian besar jaringan, tetapi hati adalah satu-satunya jaringan di mana semuanya terjadi secara signifikan (Murray *et al.*, 2003).

c. Glikogenesis dan Glikogenolisis

Dua jam setelah makan akan terjadi peningkatan kadar glukosa darah pada pembuluh darah vena porta sebagai hasil dari absorbs hasil digesti karbohidrat dari

makanan. Hal ini akan memicu pengeluaran hormon insulin dari sel endokrin pancreas. Insulin, disamping membantu masuknya glukosa ke dalam sel otot, hepar dan sel lemak, juga memicu penyimpanan glukosa dalam sel otot dan hepar. Proses penyimpanan ini disebut glikogenesis.

Glikogen adalah karbohidrat penyimpanan utama pada hewan, seperti halnya pati pada tanaman. Glikogen ini adalah polimer bercabang dari α -D-glukosa. Glikogenesis ini terjadi terutama di hati hingga 6% dan otot tidak lebih dari 1%. Namun, karena massanya yang lebih besar, otot mengandung sekitar tiga sampai empat kali lebih banyak glikogen daripada hati (Murray et al., 2003).

Glukosa darah dipertahankan selama puasa dengan konsentrasi 0.8-1.2 g/l. Sekitar 70-120 g glukosa yang disimpan sebagai glikogen di hati dan 200-1000 g di otot rangka. Penggunaan glikogen otot terbatas pada otot rangka karena otot tidak dapat melepaskan glukosa ke dalam sirkulasi karena ketiadaan enzim glukosa-6-fosfatase (Tappy, 2008).

Glikogen otot adalah sumber glukosa yang tersedia untuk glikolisis di dalam otot itu sendiri. Sedangkan glikogen hati berfungsi untuk menyimpan dan mengeksport glukosa untuk mempertahankan glukosa darah di antara waktu makan. Setelah 12-18 jam berpuasa, glikogen hati hampir habis seluruhnya (Murray et al., 2003). Proses pembongkaran simpanan glikogen inilah yang disebut glikogenolisis, dipicu oleh hormon glukagon dan adrenalin.

d. Glukoneogenesis

Glukoneogenesis adalah proses di mana molekul non-karbohidrat (piruvat, laktat, gliserol, alanin, dan glutamin) diubah menjadi glukosa di hati, ginjal, otak, testis, dan eritrosit. Glukoneogenesis adalah proses

kebalikan dari glikolisis dan sebagian besar terjadi di sitoplasma (Dashty, 2013).

Beberapa jaringan, seperti otak dan eritrosit, bergantung pada suplai glukosa yang konstan. Jika jumlah karbohidrat yang diserap dari makanan tidak mencukupi, kadar gula darah dapat dipertahankan untuk waktu yang terbatas dengan membongkar glikogen hati. Jika cadangan ini juga habis, sintesis glukosa de-novo (glukoneogenesis) dimulai. Hati terutama bertanggung jawab untuk hal ini, tetapi sel-sel tubulus ginjal juga menunjukkan aktivitas glukoneogenetik tingkat tinggi. Bahan utama glukoneogenesis adalah asam amino yang diturunkan dari protein otot. Bahan penting lainnya adalah laktat, yang dibentuk dalam eritrosit dan otot ketika terjadi kekurangan oksigen. Gliserol yang dihasilkan dari pemecahan lemak juga dapat digunakan untuk glukoneogenesis. Namun, pengubahan asam lemak menjadi glukosa tidak mungkin dilakukan dalam metabolisme hewan. Manusia dapat mensintesis beberapa ratus gram glukosa per hari melalui gluconeogenesis (Koolman and Roehm, 2005).

e. Jalur Pentosa Fosfat

Proses ini disebut juga jalur fosfoglukonat atau lintasan heksosa monofosfat. Jalur oksidasi glukosa ini terjadi di hati, jaringan adiposa, korteks adrenal, testis, kelenjar susu, sel fagosit dan sel darah merah. Jalur metabolisme ini menghasilkan ribosa-5-fosfat (R5P), riboluse-5-fosfat (Ru5P) dan koenzim tereduksi NADPH₂ (nicotinamida dinucleotida phosphat tereduksi). Ribosa adalah gula lima karbon digunakan untuk sintesis nukleotida asam nukleat (Dashty, 2013).

Dalam jalur oksidatif ini, NADP⁺ adalah penerima elektron, menghasilkan NADPH. Sel-sel yang membelah dengan cepat, seperti sumsum tulang, kulit, dan mukosa usus, menggunakan pentosa untuk membuat RNA (ribonucleic acid), DNA (deoxyribonucleic acid) , dan

koenzim seperti ATP, NADH, FADH₂ (flavine adenine dinucleotide tereduksi), dan koenzim A.

Di jaringan lain, produk penting dari jalur pentosa fosfat bukanlah pentosa tetapi NADPH donor elektron, yang diperlukan untuk biosintesis reduktif atau untuk melawan efek radikal oksigen yang merusak. Jaringan yang melakukan sintesis asam lemak yang luas (hati, adiposa, kelenjar mammae pada masa laktasi) atau sintesis kolesterol dan hormon steroid yang sangat aktif (hati, kelenjar adrenal, gonad) membutuhkan NADPH yang disediakan oleh jalur tersebut. Eritrosit dan sel-sel lensa dan kornea terpapar langsung dengan oksigen dan dengan demikian radikal bebas yang merusak dihasilkan oleh oksigen (Nelson and Cox, 2004).

f. Jalur Asam Glukuronat

Jalur asam glukuronat disebut juga jalur uronat, terutama ditemukan di sitosol hati, adalah jalur metabolisme glukosa yang secara kuantitatif kecil. Reaksi pada jalur ini tidak menghasilkan energy ATP, tetapi digunakan untuk menghasilkan bentuk glukuronat teraktivasi, UDP-glukuronat yang terutama digunakan untuk detoksifikasi bahan kimia asing dan untuk sintesis mukopolisakarida. Jalur ini juga menghasilkan Asam Askorbat pada hewan tertentu (Ho et al., 2019).

Asam glukuronat adalah metabolit utama dari glukosa yang terlibat dalam detoksifikasi senyawa xenobiotic (Ho et al., 2019). Asam glukuronat sangat polar sehingga diperlukan untuk mengubah senyawa kurang larut air seperti steroid, bilirubin, dan beberapa obat menjadi lebih larut air. Pengikatan dengan asam glukuronat terjadi dengan reaksi konjugasi oleh enzim UDP-glukuronosiltransferase. Konjugasi ini juga mengurangi aktivitasnya atau toksisitasnya sehingga disebut detoksifikasi. Oleh karena senyawa hasil konjugasi ini lebih larut air maka mempercepat

ekskresinya oleh ginjal melalui urin, sehingga terjadi pembersihan yang efektif dari tubuh (Ho et al., 2019).

Asam glukuronat juga merupakan komponen polisakarida struktural yang disebut glikosaminoglikan (asam hialuronat dan polisakarida jaringan ikat lainnya (Bhagavan and Ha, 2015), yang merupakan komponen matriks ekstraseluler. Komponen ini terkait dengan peningkatan adhesi dan migrasi sel. Gangguan pada metabolisme asam glukuronat berhubungan dengan pertumbuhan dan metastasis beberapa tumor, seperti kanker payudara, ovarium, dan paru-paru (Qingzhu Gao et al., 2022).

g. Pengaturan Metabolisme Karbohidrat

Metabolisme glukosa (dan makronutrien lainnya) terutama diatur oleh hormon, dengan kontribusi faktor saraf dan lokal. Insulin adalah hormon anabolik utama: sekresinya tetap relatif rendah di antara waktu makan, dan sekresi basal ini pada dasarnya mengatur produksi glukosa hati. Sekresi insulin meningkat setelah makan karbohidrat, dan hiperinsulinemia, yang terjadi setelah penggunaan dan penyimpanan glukosa.

Sekelompok hormon katabolik, yang perwakilan utamanya adalah glukagon, adrenalin, kortisol, dan hormon pertumbuhan (growth hormone), berlawanan aksinya terhadap insulin. Sekresi hormon katabolik meningkat di antara waktu makan atau selama stres. Secara keseluruhan, hormon katabolik menurunkan penyerapan glukosa dalam jaringan sensitif insulin (otot, hepar dan lemak) dan merangsang produksi glukosa hati. Metabolisme glukosa diatur oleh keseimbangan antara insulin dan hormon katabolik.

Pada kondisi postabsorpsi, sekresi glukagon, kortisol, adrenalin dan hormon pertumbuhan relatif tinggi, sedangkan sekresi insulin rendah. Konsentrasi insulin dalam darah pada vena portal lebih tinggi daripada sistemik, dan insulin membatasi stimulasi produksi

glukosa oleh hormon katabolik, memungkinkan kesesuaian antara produksi glukosa dan pemanfaatan glukosa dalam jaringan yang tidak sensitif terhadap insulin. Setelah makan makanan karbohidrat, sekresi insulin meningkat dan penurunan hormon katabolik, mengakibatkan penghambatan produksi glukosa oleh hepar (gluconeogenesis) dan stimulasi pemanfaatan glukosa dalam jaringan sensitif insulin. Glukosa darah pada vena portal yang tinggi dan konsentrasi insulin juga meningkatkan pengambilan glukosa oleh hepar dan penyimpanan glikogen dalam hepar (Tappy, 2008).

2. Metabolisme Protein

Protein adalah makro-molekul yang terdiri dari asam amino (AA) yang penting untuk berbagai aktivitas seluler. Seseorang dengan berat badan 70 kg mengandung sekitar 10 kg protein, yang sebagian besar terletak di otot. Oleh karena itu, keseimbangan nitrogen organisme terutama ditentukan oleh metabolisme protein (Koolman and Roehm, 2005).

Pada orang sehat, sintesis dan degradasi protein dijaga seimbang. Metabolisme protein adalah proses kompleks di mana tubuh memecah, mensintesis, dan menggunakan protein sebagai sumber energi dan blok bangunan untuk berbagai fungsi jaringan. Protein adalah makronutrien esensial yang diperlukan untuk pertumbuhan, pemeliharaan, dan perbaikan jaringan tubuh, serta untuk mensintesis enzim, hormon, dan antibodi yang berperan penting dalam fungsi kekebalan dan proses metabolisme.

Selama digesti, protein dipecah menjadi asam amino individu melalui proses hidrolisis, yang terjadi di lambung, pankreas, dan usus halus. Setelah protein dipecah, asam amino diangkut ke hati, di mana mereka menjalani proses lebih lanjut. Hati membantu mengatur metabolisme protein dengan mengendalikan produksi protein dan memodulasi pemecahan asam amino.

Asam amino kemudian dapat digunakan untuk membangun protein baru, memperbaiki jaringan yang rusak, atau digunakan sebagai sumber energi. Proses sintesis protein baru membutuhkan asam amino spesifik dalam jumlah yang cukup untuk menciptakan ikatan kimia yang diperlukan. Tubuh juga bisa mendapatkan asam amino dari sumber makanan, antara lain daging, susu, biji-bijian, dan kacang-kacangan.

Mempertahankan metabolisme protein yang seimbang sangat penting untuk kesehatan secara keseluruhan. Ketidakseimbangan atau kekurangan asam amino dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk berkurangnya massa otot, gangguan fungsi kekebalan tubuh, dan gangguan metabolisme seperti diabetes. Penting untuk mengonsumsi makanan kaya protein berkualitas tinggi dari berbagai sumber untuk memastikan metabolisme protein yang memadai dan hasil kesehatan yang optimal.

a. Metabolisme Asam Amino

Sumber asam amino dapat berasal dari pemecahan protein yang berasal dari makanan atau sintesis *de novo*. Dari sudut pandang nutrisi, asam amino dikategorikan sebagai asam amino "non-esensial" dan "esensial". Asam amino non disintesis di dalam tubuh dari karbohidrat dan lipid yang berasal dari nitrogen dari asam amino lainnya. Asam amino esensial, tidak dapat disintesis dan oleh karenanya harus diperoleh secara memadai dari makanan (Pasini *et al.*, 2018). Kelompok asam amino esensial dan non esensial ditunjukkan pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Daftar Asam Amino Essensial dan Non Essensial

Asam Amino Essensial	Asam Amino Non Essensial
Arginin	Alanin
Histidin	Asparagin
Isoleusin	Aspartate

Asam Amino Essensial	Asam Amino Non Essensial
Leusin	Sistein
Lysin	Glutamate
Fenilalanin	Glutamin
Threonin	Glysin
Triptofan	Hidroksiprolin
Valin	Hidroksilisin
	Prolin
	Serin
	Tirosin

Sumber: (Murray *et al.*, 2003)

Pada orang dewasa, jumlah nitrogen umumnya dalam kesetimbangan yaitu jumlah nitrogen protein yang diserap dan dikeluarkan per hari kira-kira sama. Jika jumlah nitrogen yang diekskresikan lebih sedikit dari jumlah yang diserap maka disebut keseimbangan nitrogen positif. Hal ini terjadi pada masa selama pertumbuhan, sedangkan keseimbangan negatif biasanya terjadi karena penyakit (Koolman and Roehm, 2005).

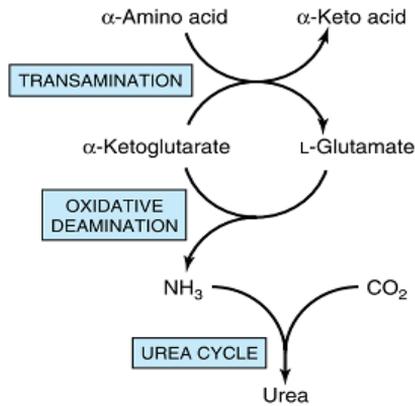
Asam amino mempunyai banyak fungsi di dalam tubuh, yang pertama sebagai satu-satunya sumber nitrogen untuk mensintesis prekursor purin dan/atau pirimidin dari molekul energi utama (yaitu, ATP, ADP, IMP) dan/atau asam nukleat (yaitu, DNA/RNA), dan/atau untuk menghasilkan senyawa yang dapat mengatur jalur pensinyalan biokimia utama, seperti oksida nitrat (NO). Yang kedua, proses pelepasan gugus amine dari asam amino dari otot rangka dan/atau protein viseral yang bersirkulasi menghasilkan kerangka karbon yang kaya akan oksigen dan hidrogen yang cocok untuk transformasi biokimia selanjutnya. Kerangka karbon ini dapat digunakan oleh hati untuk menghasilkan glukosa melalui glukoneogenesis dan makromolekul lainnya, seperti lipid. Kerangka karbon derivat asam amino juga

berkaitan dengan produksi senyawa antara memicu siklus Krebs yang kemudian diubah menjadi energi dan atau metabolit antara lainnya. Oleh karena itu, asam amino dianggap sebagai “molekul biokimia totipoten” dapat diubah menjadi energi, karbohidrat, lipid, dan intermediet biokimia, bergantung pada kebutuhan metabolisme tubuh (Pasini *et al.*, 2018).

b. Katabolisme Asam Amino - Siklus Urea

Degradasi dan sintesis protein seluler yang terus-menerus terjadi pada semua makhluk hidup. Setiap hari manusia melepaskan 1-2% dari total protein tubuh, terutama protein otot. Tingkat degradasi protein yang tinggi terjadi pada jaringan yang mengalami penataan ulang structural, misalnya pada jaringan rahim selama kehamilan, atau otot rangka saat kelaparan. Dari asam amino yang dibebaskan, sekitar 75% digunakan kembali. Kelebihan nitrogen membentuk urea. Karena kelebihan asam amino tidak disimpan, asam amino yang tidak segera dimasukkan ke dalam protein baru akan terdegradasi dengan cepat (Murray *et al.*, 2003).

Selama degradasi sebagian besar asam amino, gugus α -amino awalnya dihilangkan dengan transaminasi atau deaminasi (Gambar 3.2). Ketika terjadi proses deaminasi maka akan dilepaskan gugus amin dari asam amino dalam bentuk amonia yang bersifat toksik. Maka jaringan mengubah amonia menjadi nitrogen amida dari glutamin yang tidak beracun. Selanjutnya terjadi proses deaminasi glutamin di hati melepaskan amonia, yang kemudian diubah menjadi urea yang tidak beracun yang kemudian diekskresi bersama urin. Jika fungsi hati terganggu, seperti pada sirosis atau hepatitis, peningkatan kadar amonia darah menimbulkan tanda dan gejala klinis (Murray *et al.*, 2003).



Gambar 3.2. Katabolisme Asam Amino

Sumber: (Murray *et al.*, 2003)

Siklus Urea

Asam amino terutama dipecah di hati. Degradasi basa nukleotida juga menghasilkan amonia dalam jumlah yang signifikan. Amonia (NH_3) adalah basa yang relatif kuat, dan pada nilai pH fisiologis, terutama terdapat dalam bentuk ion amonium NH_4^+ . NH_3 dan NH_4^+ beracun, dan pada konsentrasi yang lebih tinggi menyebabkan kerusakan khususnya pada otak. Oleh karena itu, amonia harus dinonaktifkan dan diekskresikan secara efektif. Pada manusia terjadi dengan cara diubah menjadi urea. Sebagai molekul kecil yang tidak bermuatan, urea mampu melintasi membran biologis dengan mudah dan mudah diangkut dalam darah selanjutnya diekskresikan dalam urin (Koolman and Roehm, 2005).

Sintesis Protein

Hampir semua sel mampu melakukan biosintesis protein. Pembentukan rantai peptida melalui translasi pada ribosom. Namun, bentuk fungsional sebagian besar protein terjadi hanya setelah serangkaian langkah tambahan. Pertama-tama, didukung oleh protein

tambahan, konformasi aktif secara biologis dari rantai peptida harus dibentuk (pelipatan). Selama pematangan "pasca-translasi" berikutnya, banyak protein menghilangkan bagian dari rantai peptida lagi dan penambahan gugus tambahan misalnya oligosakarida atau lipid. Proses ini berlangsung pada retikulum endoplasma dan aparatus Golgi. Terakhir, protein harus dipindahkan ke tempat kerjanya (penyortiran) (Koolman and Roehm, 2005).

Sintesis protein meliputi tahapan aktivasi asam amino sebelum inkorporasinya ke dalam polipeptida dan pemrosesan pascatranslasi dari polipeptida yang telah selesai. Langkah ini memainkan peran yang sangat penting dalam memastikan ketepatan sintesis dan fungsi yang tepat dari produk protein (Nelson and Cox, 2004).

3. Metabolisme Lipid

Lemak adalah ester asam lemak dari gliserol dan umumnya disebut trigliserida. Lemak mewakili kelas lipid yang paling umum dan tersebar luas di alam, terutama berlimpah dalam kacang-kacangan, biji-bijian, dan timbunan lemak hewan. Lemak memiliki tiga fungsi fisiologis utama dalam tubuh manusia yaitu: sebagai sumber energi cadangan; berfungsi sebagai isolasi terhadap hilangnya panas tubuh; dan sebagai bahan bantalan untuk melindungi organ dalam.

a. Metabolisme Lipid

Asam lemak merupakan sumber energi penting bagi banyak organisme seluler. Kelebihan asam lemak, glukosa dan nutrisi lainnya dapat disimpan secara efisien sebagai lemak. Trigliserida menghasilkan lebih dari dua kali lebih banyak energi untuk massa yang sama seperti halnya karbohidrat atau protein. Semua membran sel dibangun dari fosfolipid, yang masing-masing mengandung dua asam lemak. Asam lemak juga digunakan untuk modifikasi protein. Oleh karena itu, metabolisme asam lemak terdiri dari proses katabolik

yang menghasilkan energi dan metabolit primer dari asam lemak, dan proses anabolik yang menghasilkan molekul penting secara biologis dari asam lemak dan sumber karbon makanan lainnya.

Kelompok molekul lipid termasuk lemak, minyak (dan asam lemak penyusunnya), steroid (contohnya kolesterol), vitamin yang larut dalam lemak (vitamin A,D,E_i), prostaglandin, gliserofosfolipid, dan sphingolipid. Lipid terpenting dalam sel kita adalah asam lemak, karena merupakan komponen dari semua lipid lain, kecuali beberapa steroid dan vitamin yang larut dalam lemak.

Asam lemak terdiri dari gugus karboksil yang terikat dengan rantai alifatik panjang. Asam lemak dibedakan sebagai:

- 1) Asam lemak jenuh (tidak ada ikatan rangkap) contohnya asam butirrat, asam stearat,
- 2) Asam lemak tak jenuh (satu atau lebih ikatan rangkap). Asam lemak dengan lebih dari satu ikatan rangkap disebut sebagai asam lemak tak jenuh ganda. Contohnya: asam oleat, asam linoleat, DHA (docosahexaenoic acid)

Peningkatan jumlah asam lemak tak jenuh dalam lemak menurunkan suhu lelehnya. Hal ini merupakan faktor fluiditas membran. Jika suhu leleh lemak cukup rendah sehingga menjadi cair pada suhu kamar, kita disebut sebagai minyak. Ikan yang hidup di lingkungan dingin, memiliki lebih banyak lemak tidak jenuh. Inilah sebabnya mengapa minyak ikan merupakan sumber yang kaya akan asam lemak tak jenuh ganda (Ahern and Rajagopal, 2013).

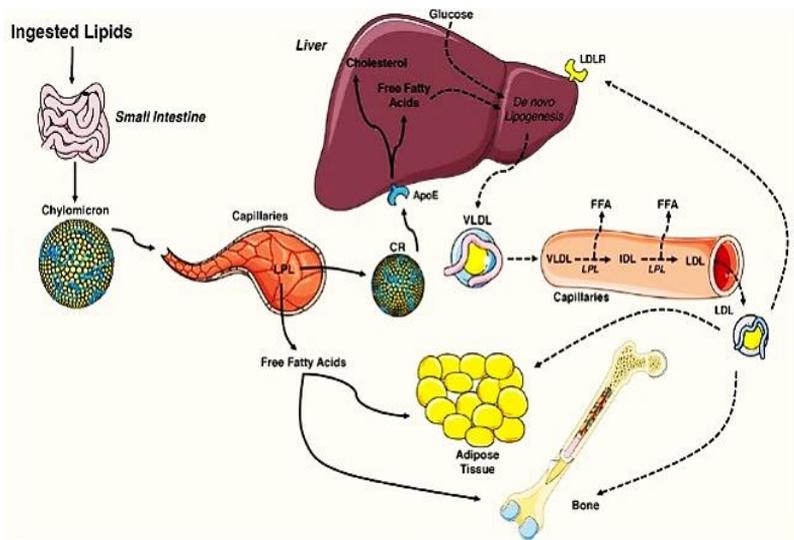
Lemak berasal dari dua sumber utama: lemak tubuh yang disimpan dan lemak makanan. Lemak makanan pertama-tama harus diemulsikan untuk meningkatkan luas permukaannya untuk kontak dengan lipase yang larut dalam air. Ini terjadi sebagian besar di

duodenum setelah bercampur dengan asam empedu. Selanjutnya trigliserida dihidrolisis oleh lipase menghasilkan asam lemak dan monogliserol. Asam lemak dan monoasilgliserol diserap oleh sel-sel usus, diubah menjadi asil lemak CoA dan disusun kembali menjadi triasilgliserol. Triasil gliserol kemudian bergabung dengan fosfolipid dan kolesterol membentuk kilomikron untuk diangkut melalui getah bening dan darah ke jaringan (Gajera, Patel and Golakiya, 2008).

Ketika kilomikron mencapai sel jaringan, triasilgliserol kembali dihidrolisis oleh lipoprotein lipase menjadi asam lemak yang dapat diambil oleh sel jaringan perifer. Saat trigliserida dikeluarkan dari kilomikron, ukuran lipoprotein ini menjadi lebih kecil disebut kilomikron sisa, dibawa ke hati, tempat mereka dibongkar. Isi sisa kilomikron, serta lipid lain di hati, dimasukkan ke dalam jenis lipoprotein lain yang disebut lipoprotein densitas sangat rendah (very low density lipoprotein=VLDL). Mirip dengan kilomikron, tugas utama VLDL adalah mengantarkan trigliserida ke sel-sel tubuh, dan lipoprotein lipase membantu memecah trigliserida sehingga dapat masuk ke dalam sel. Saat trigliserida dilepaskan dari VLDL, lipoprotein ini menjadi lebih kecil dan lebih padat, karena sekarang mengandung protein yang relatif lebih banyak dibandingkan dengan trigliserida, disebut lipoprotein densitas menengah (intermediate density lipoprotein=IDL) dan akhirnya lipoprotein densitas rendah (low density lipoprotein=LDL). Tugas utama LDL adalah mengantarkan kolesterol ke sel-sel tubuh. Kolesterol memiliki banyak peran di dalam tubuh, jadi ini adalah pekerjaan yang penting. Namun, terlalu banyak LDL dapat meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular seseorang. Sedangkan lipoprotein densitas tinggi (HDL) dibuat di hati dan saluran pencernaan. Sebagian besar terdiri dari protein, jadi sangat padat. Tugas HDL adalah mengambil

kolesterol dari sel-sel tubuh dan mengembalikannya ke hati (<https://openoregon.pressbooks.pub/nutritionscience/chapter/5e-lipid-transport-storage-util/>).

Dalam sel adiposa, asam lemak kemudian diubah menjadi asil lemak KoA dan digabungkan menjadi triasilgliserol untuk disimpan (Gambar 3.3). Sebagai alternatif, asam lemak dapat dipecah menjadi energi menggunakan berbagai jalur oksidatif pada jaringan tertentu (Gajera, Patel and Golakiya, 2008).



Gambar 3.3. Rangkuman Transport Lipid

Sumber: https://www.frontiersin.org/files/Articles/578194/fendo-11-578194-HTML/image_m/fendo-11-578194-g001.jpg

Komponen asam lemak dari lipid yang memasuki hepatosit akan mengalami beberapa kemungkinan yaitu:

- 1) Diubah menjadi lipid (trigliserida) hati
- 2) Menjadi sumber energi oksidatif utama di hati. Asam lemak bebas dapat diaktifkan dan dioksidasi untuk menghasilkan asetil-KoA dan NADH. Asetil-KoA selanjutnya dioksidasi melalui siklus asam sitrat, dan

oksidasi dalam siklus mendorong sintesis ATP melalui fosforilasi oksidatif.

- 3) Kelebihan asetil-KoA yang dilepaskan oleh oksidasi asam lemak dan tidak dibutuhkan oleh hati diubah menjadi badan keton, asetoasetat dan β -hidroksibutirat; ini beredar dalam darah ke jaringan lain, untuk digunakan sebagai bahan bakar untuk siklus asam sitrat. Mereka dapat mensuplai fraksi energi yang signifikan di beberapa jaringan ekstrahepatik—hingga sepertiga di jantung, dan sebanyak 60% hingga 70% di otak selama puasa berkepanjangan.
- 4) Beberapa asetil-KoA yang berasal dari asam lemak (dan dari glukosa) digunakan untuk biosintesis kolesterol, yang diperlukan untuk sintesis membran. Kolesterol juga merupakan prekursor dari semua hormon steroid dan garam empedu, yang penting untuk pencernaan dan penyerapan lipid (Nelson and Cox, 2004).

b. Sintesis Lipid

Lemak (triasilgliserol) adalah cadangan energi terpenting dalam tubuh manusia. Sebagian besar lemak disimpan dalam bentuk yang tidak larut dalam sel-sel jaringan adiposa (disebut adiposit) di mana lemak terus disintesis dan dipecah lagi.

Sintesis asam lemak dan lemak terjadi di hati dan jaringan adiposa, juga di ginjal, paru-paru, dan kelenjar susu. Bahan terpenting untuk sintesis lemak adalah glukosa, tetapi asam amino tertentu juga dapat digunakan (Koolman and Roehm, 2005).

c. Sintesis Kolesterol

Kolesterol adalah komponen utama membran sel-sel. Tubuh manusia dapat memenuhi kebutuhan kolesterol hariannya secara penuh (kira-kira 1 g) dengan mensintesisnya sendiri. Namun, dengan diet campuran,

hanya sekitar setengah dari kolesterol berasal dari biosintesis endogen, yang berlangsung di usus dan kulit, dan terutama di hati (sekitar 50%). Sisanya diambil dari makanan. Sebagian besar kolesterol dimasukkan ke dalam lapisan lipid membran plasma, atau untuk membuat asam empedu. Sejumlah kecil kolesterol digunakan untuk biosintesis hormon steroid. Selain itu, hingga 1 g kolesterol per hari dilepaskan ke dalam empedu dan kemudian diekskresi (Koolman and Roehm, 2005).

4. Metabolisme Asam Nukleat

Nukleotida tersusun dari basa nitrogen (purin dan pirimidin), gula ribosa dan fosfat, merupakan komponen dari asam nukleat. Nukleotida memainkan berbagai peran penting dalam semua sel yaitu sebagai prekursor DNA dan RNA, pembawa energi kimia terutama ATP dan sebagai GTP. Nukleotida juga komponen dari kofaktor NAD, FAD, S-adenosilmetionin, dan koenzim A, serta intermediet biosintetik aktif pada glikolisis dan sintesis lipid.

a. Degradasi Asam Nukleat

Produk akhir katabolisme purin pada primata, burung, dan beberapa hewan adalah asam urat yang diekskresikan melalui urin. Manusia dewasa yang sehat mengeluarkan asam urat dengan kecepatan sekitar 0,6 g/24 jam; produk yang dikeluarkan muncul sebagian dari purin yang dicerna dan sebagian dari pergantian nukleotida purin dari asam nukleat (Nelson and Cox, 2004).

b. Hiperurisemia

Degradasi purin pada manusia berhenti pada tahap asam urat dapat menimbulkan masalah, karena asam urat sulit larut dalam air. Ketika asam urat terbentuk dalam jumlah besar atau pemrosesan asam urat terganggu, konsentrasi asam urat yang berlebihan dapat terjadi dalam darah (hiperurisemia). Hal ini dapat mengakibatkan penumpukan kristal asam urat di dalam

tubuh. Pengendapan kristal ini di persendian dapat menyebabkan serangan asam urat yang sangat nyeri. Sebagian besar kasus hiperurisemia disebabkan akibat gangguan ekskresi asam urat melalui ginjal, diet purin tinggi (misalnya daging) atau adanya penyakit keturunan yang langka, sindrom Lesch-Nyhan, diakibatkan oleh cacat enzim hypoxanthine phosphoribosyl- transferase (Koolman and Roehm, 2005).

5. Pengaturan Metabolisme oleh Hormon

Kadar glukosa darah dijaga pada kadar sekitar 4,5 mMol/L atau 80 mg/dL untuk menjamin ketersediaan sumber energi. Penyesuaian menit demi menit untuk menjaga kadar tersebut melibatkan aksi gabungan insulin, glukagon, epinefrin, dan kortisol pada proses metabolisme di banyak jaringan tubuh, tetapi terutama di hati, otot, dan jaringan adiposa. Insulin memberi sinyal pada jaringan ini bahwa glukosa darah lebih tinggi dari yang diperlukan; akibatnya, sel mengambil kelebihan glukosa dari darah dan mengubahnya menjadi senyawa simpanan glikogen dan triasilgliserol. Glukagon memberi sinyal bahwa glukosa darah terlalu rendah, dan jaringan merespon dengan memproduksi glukosa melalui pemecahan glikogen dan glukoneogenesis (di hati) dan dengan mengoksidasi lemak untuk mengurangi penggunaan glukosa. Epinefrin dilepaskan ke dalam darah untuk mempersiapkan otot, paru-paru, dan jantung untuk aktivitas yang tinggi. Kortisol memediasi respon tubuh terhadap stres jangka panjang (Nelson and Cox, 2004).

Pengaturan metabolisme oleh hormon Selama Puasa, Kelaparan, atau kondisi "stress"

Cadangan bahan bakar manusia dewasa yang sehat terdiri dari tiga jenis: glikogen yang disimpan di hati dan, dalam jumlah yang relatif kecil, di otot; sejumlah besar triasilgliserol dalam jaringan adiposa; dan protein jaringan, yang dapat terdegradasi bila diperlukan untuk menyediakan

bahan bakar. Dalam beberapa jam pertama setelah makan, kadar glukosa darah sedikit berkurang, dan jaringan menerima glukosa yang dilepaskan dari glikogen hati. Ada sedikit atau tidak ada sintesis lipid. Dalam 24 jam setelah makan, glukosa darah semakin turun, sekresi insulin melambat, dan sekresi glukagon meningkat. Sinyal hormonal ini memobilisasi triasilgliserol, yang kemudian menjadi bahan bakar utama untuk otot dan hati. Untuk menyediakan glukosa bagi otak, hati mendegradasi protein yang paling banyak dikonsumsi dalam organisme yang tidak mencerna makanan. Asam amino nonesensial dilepaskan gugus aminanya dan diubah menjadi urea, yang diangkut melalui aliran darah ke ginjal dan diekskresikan dalam urin.

Juga di hepar, kerangka karbon asam amino glukogenik diubah menjadi piruvat atau perantara dari siklus asam sitrat. Perantara ini, serta gliserol yang berasal dari triasilgliserol dalam jaringan adiposa, menyediakan bahan awal untuk glukoneogenesis di hati, menghasilkan glukosa untuk otak. Akhirnya penggunaan perantara siklus asam sitrat untuk glukoneogenesis menghabiskan oksaloasetat, menghambat masuknya asetil-KoA ke dalam siklus asam sitrat. Akibatnya acetyl-CoA yang diproduksi oleh oksidasi asam lemak sekarang terakumulasi, mendorong pembentukan acetoacetyl-CoA dan badan keton di hati. Akibatnya adalah, setelah beberapa hari berpuasa, kadar badan keton dalam darah meningkat (Nelson and Cox, 2004).

Ketika manusia dihadapkan pada situasi penuh tekanan yang membutuhkan peningkatan aktivitas sinyal saraf dari otak, memicu pelepasan epinefrin dan norepinefrin dari medula adrenal. Epinefrin bekerja terutama pada jaringan otot, adiposa, dan hati dengan mempengaruhi enzim sehingga merangsang konversi glikogen hati menjadi glukosa darah, bahan bakar untuk kerja otot anaerobik. Epinefrin juga mendorong pemecahan anaerobik glikogen otot melalui fermentasi asam laktat, merangsang pembentukan ATP glikolitik serta merangsang mobilisasi

lemak di jaringan adiposa. Epinefrin menstimulasi sekresi glukagon dan menghambat sekresi insulin, memperkuat efeknya dalam memobilisasi bahan bakar dan menghambat penyimpanan bahan bakar.

Berbagai stresor (kecemasan, ketakutan, nyeri, perdarahan, infeksi, glukosa darah rendah, kelaparan) merangsang pelepasan hormon kortikosteroid kortisol dari korteks adrenal. Kortisol bekerja pada otot, hati, dan jaringan adiposa untuk memasok bahan bakar untuk menahan stres. Di jaringan adiposa, kortisol menyebabkan peningkatan pelepasan asam lemak dari triasilgliserol yang disimpan. Asam lemak dikirimkan untuk digunakan sebagai bahan bakar untuk jaringan lain, dan gliserol digunakan untuk glukoneogenesis di hati. Kortisol merangsang pemecahan protein otot dan ekspor asam amino ke hati, di mana mereka berfungsi sebagai prekursor untuk glukoneogenesis. Di hati, kortisol mendorong glukoneogenesis dengan menstimulasi sintesis enzim yang terlibat.; glukagon memiliki efek yang sama, sedangkan insulin memiliki efek sebaliknya. Glukosa yang diproduksi dengan cara ini disimpan di hati sebagai glikogen atau segera dikirimkan ke jaringan yang membutuhkan glukosa sebagai bahan bakar. Efek bersih dari perubahan metabolisme ini adalah mengembalikan glukosa darah ke kadar normalnya dan meningkatkan simpanan glikogen, siap untuk mendukung respon fight-or-flight yang umumnya terkait dengan stres. Oleh karena itu, efek kortisol mengimbangi efek insulin (Nelson and Cox, 2004).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahern, K. and Rajagopal, I. (2013) *Biochemistry Free and Easy*.
- Bhagavan, N. V. and Ha, C.-E. (2015) 'Carbohydrate Metabolism II : Gluconeogenesis , Glycogen Synthesis and Breakdown , and Alternative Pathways', in Bhagavan, N. V. and Ha, C.-E. (eds) *Essentials of Medical Biochemistry*. Academic Press, pp. 205-225. doi: 10.1016/B978-0-12-416687-5.00014-2.
- Dashty, M. (2013) 'A Quick Look at Biochemistry: Carbohydrate Metabolism', *Clinical Biochemistry*, 46(13), p. Pages 1339-1352. doi: 10.1016/j.clinbiochem.2013.04.027.
- Gajera, H. P., Patel, S. V. and Golakiya, B. A. (2008) *Fundamentals of Biochemistry: a textbook*, International Book Distributing Co. Available at: <https://labalbaha.files.wordpress.com/2014/04/fundamentals-of-biochemistry.pdf>.
- Ho, A. *et al.* (2019) 'Circulating Glucuronic Acid Predicts Healthspan and Longevity in Humans and Mice', *Aging*, 11(18), pp. 7694-7706.
- Koolman, J. and Roehm, K.-H. (2005) *Color Atlas of Biochemistry*. 2nd edn. Stuttgart, Germany: Georg Thieme Verlag. Available at: <http://www.thieme.com>.
- Murray, R. K. *et al.* (2003) *Harper 's Illustrated Biochemistry*. 26th edn. Toronto: Lange Medical Books/McGraw - Hill Co.
- Nelson, D. L. and Cox, M. M. (2004) *Lehninger Principles of Biochemistry*. 4th edn, www.whfreeman.com/lehninger4e. 4th edn. doi: 10.1007/s11655-011-0820-1.
- Pasini, E. *et al.* (2018) 'Protein-Amino Acid Metabolism Disarrangements: The Hidden Enemy of Chronic Age-Related Conditions', *Nutrients*, 10(4), pp. 1-11. doi: 10.3390/nu10040391.
- Qingzhu Gao *et al.* (2022) 'Dysregulated Glucuronic Acid Metabolism Exacerbates Hepatocellular Carcinoma

Progression and Metastasis Through The TGF β Signalling Pathway', *Clinical and Translational Medicine*, 12(8), pp. 1-17. doi: 10.1002/ctm2.995.

Tappy, L. (2008) 'Basics in Clinical Nutrition: Carbohydrate Metabolism', pp. 192-195. doi: 10.1016/j.eclnm.2008.06.010.

BAB

4

GENETIKA DAN SEL

Bambang Supriyanta, S.Si., M.Sc.

A. Genetika

1. Pengertian Genetika

Genetika adalah cabang biologi yang menjelaskan persamaan dan perbedaan sifat yang diwariskan, hubungan antara induk dan turunan, mekanisme pewarisan materi genetika, dan peran materi genetika. (Effendi, 2020).

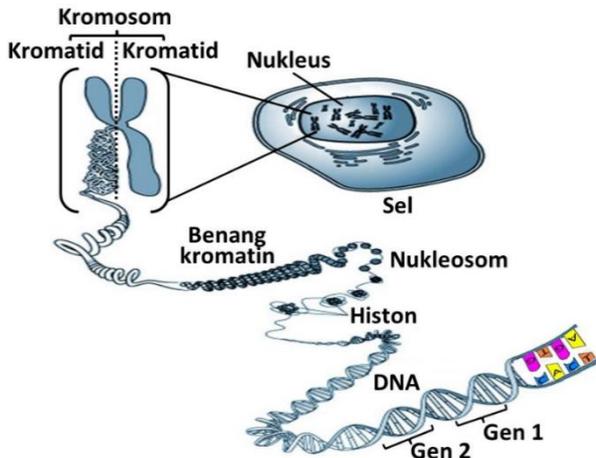
Menurut Kabesch (2013) Genetika mempelajari struktur, pembentukan, dan pewarisan gen serta mekanisme ekspresinya untuk mengendalikan sifat organisme. Proses kehidupan secara biologi adalah proses metabolisme yang berlangsung di dalam sel. Gen menentukan sifat organisme melalui pengendalian reaksi kimia yang menyusun proses metabolisme.

2. Bidang Kajian Genetika

Kajian genetika mencakup dari molekular hingga populasi dan menjelaskan bahan pembawa informasi (bahan genetik), ekspresi genetik, dan warisan genetik. (Rahmadina, 2019).

Materi genetik meliputi DNA (Deoksiribonukleotida), dan RNA (Ribonukleotida). Untai ganda DNA mengelilingi histon dinamakan nukleosom, beberapa nukleosom bergabung membentuk benang kromatin, benang-benang kromatin membentuk kromatid, selanjutnya dua buah

kromatid membentuk kromosom, seperti yang terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Kromosom, Kromatid, Benang kromatin, Nukleosom, Histon dan DNA

Segmen untai ganda DNA yang mengkode sintesis protein tertentu disebut gen. Gen memiliki kemampuan untuk menumbuhkan dan mengatur berbagai sifat tubuh, termasuk sifat fisik (morfologi, anatomi, fisiologi) dan sifat psikis (pemalu, pemarah, penakut, ingin). Selain itu, gen memiliki kemampuan untuk menumbuhkan dan mengatur sifat melalui proses sintesa protein dalam sel. Gen merupakan unit hereditas yang ditransmisikan dari satu generasi ke generasi berikutnya (diwariskan) (Rahmadina, 2019).

DNA adalah materi genetik yang bersifat hereditas. DNA ditemukan di dalam inti sel dan mitokondria organisme eukariot, termasuk manusia. Pola pewarisan DNA mitokondria berasal dari garis ibu, juga dikenal sebagai garis matrilineal. DNA berfungsi sebagai cetak biru, atau blueprint, untuk setiap aktivitas sel karena menyimpan informasi tentang sintesis protein dalam sitoplasma. Kode asam amino yang membentuk protein pada RNA berhubungan dengan kode genetik pada DNA.

Dalam biologi molekular, Dogma sentral (Central Dogma) adalah hubungan informasi antara DNA, RNA, dan protein. Ide transfer informasi genetika, juga dikenal sebagai informasi pewarisan sifat oleh Crick, terdiri dari tiga proses utama yang umum terjadi di dalam sel:

a. Replikasi DNA (Sintesis DNA)

Replikasi DNA adalah proses penduplikatan untai ganda DNA induk untuk menghasilkan untai ganda DNA anak dengan urutan deoksinukleotida yang identik atau mentransfer informasi genetik dari DNA induk ke DNA anak, melalui proses perangkaian secara linier satuan – satuan monomer deoksinukleotida penyusun DNA untuk membentuk replika yang tepat sama dengan DNA induk.

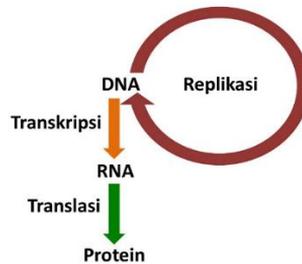
b. Transkripsi (Sintesis RNA)

Transkripsi adalah proses transfer informasi dari untai ganda DNA ke rantai tunggal RNA, melalui proses perangkaian secara linier satuan – satuan monomer nukleotida penyusun RNA dengan menggunakan satu untai tunggal bagian dari untai ganda DNA sebagai cetakan.

c. Translasi (Sintesis Protein)

Translasi adalah proses penyusunan protein dengan urutan asam amino ditentukan oleh kode genetika, yang terdapat sebagai kode triplet pada mRNA (Nicholl, 1995).

Dogma sentral dapat digambarkan seperti yang terlihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2. Dogma Sentral

Secara ideal proses replikasi dan transfer informasi DNA dari sel induk ke sel anak berjalan dengan konsisten, tetapi yang terjadi sesungguhnya dapat terjadi perubahan atau kesalahan, yang berakibat timbulnya mutasi. Mutasi dapat terjadi pada tingkat gen maupun tingkat kromosom. Mutasi dapat dipengaruhi oleh lingkungan.

3. Mutasi

Mutasi berasal dari kata Latin "mutatus", yang berarti perubahan. Perubahan materi genetik gen yang terjadi pada kromosom autosome atau kromosom seks dapat menyebabkan variasi organisme dan dapat diwariskan kepada keturunannya. Hukum Mendel biasanya digunakan untuk pola pewarisan gangguan gen tunggal. Genotip seseorang adalah struktur genetika pada lokus tertentu, sedangkan fenotip adalah ekspresi genotipe dalam bentuk biokimia, morfologi, atau molekul yang dapat normal atau abnormal. Gen pada lokus tertentu disebut alel.

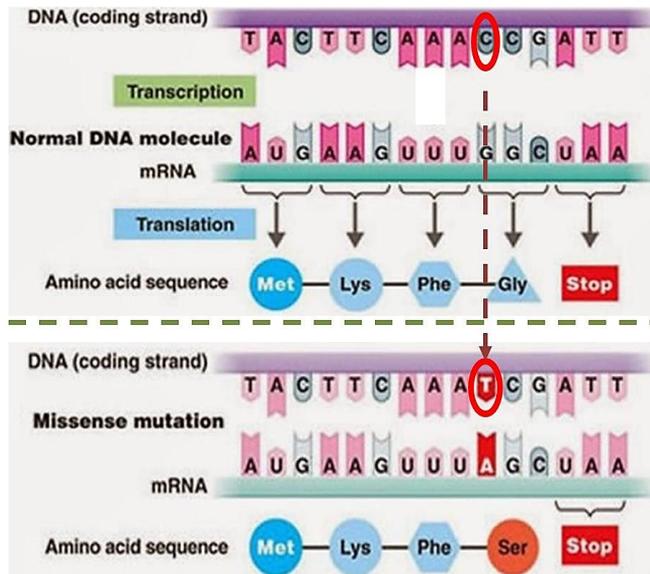
Beberapa macam mutasi :

a. Mutasi Tingkat Gen

Mutasi tingkat gen, juga dikenal sebagai mutasi gen, adalah perubahan pada satu atau beberapa pasangan basa pada satu gen yang mengubah sifat seseorang tanpa mengubah jumlah atau susunan kromosomnya. Mutasi titik hanya terjadi pada satu pasangan basa. Substitusi (penggantian), delesi (penghapusan), insersi (penyisipan), dan duplikasi (pengulangan) adalah beberapa faktor yang dapat menyebabkan mutasi tingkat gen. Mutasi gen akan mengubah kodon, yang mengubah asam amino yang dikodekan, sehingga mengubah polipeptida. Namun, tidak semua mutasi yang mengubah kodon mengubah asam amino, karena beberapa kodon mengkodekan asam amino. Pengaruh mutasi gen terhadap beberapa kodon, seperti:

1) Mutasi Salah Arti (*Missense Mutation*) (Mutasi yang Merubah Asam Amino)

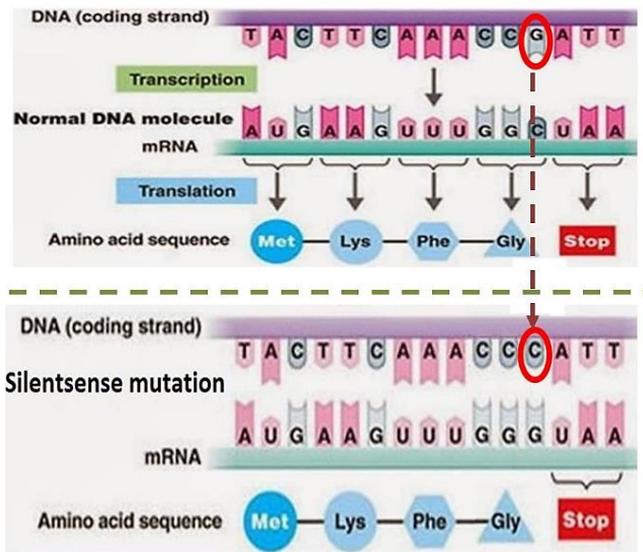
Mutasi salah arti merupakan perubahan suatu kode genetik (umumnya pada posisi 1 dan 2 pada kodon) sehingga menyebabkan asam amino berubah. Perubahan asam amino penyusun protein memberikan dampak yang berbeda-beda terhadap protein, tergantung dari posisi asam amino tersebut dalam protein dan sifat asam amino penggantinya. Bila asam amino tersebut tidak berada pada sisi aktif, mungkin tidak akan berpengaruh terhadap fungsi protein, namun bila asam amino tersebut berada pada sisi aktif, dan sifat asam amino penggantinya berbeda, maka mungkin fungsi protein tersebut akan berubah. Mutasi ini dapat disebabkan oleh peristiwa transisi dan transversi. Secara skematis mutasi salah arti tertera pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Mutasi Salah Arti pada Mutasi Gen

2) Mutasi Diam (*Silent Mutation*) (Mutasi yang Tidak Merubah Asam Amino)

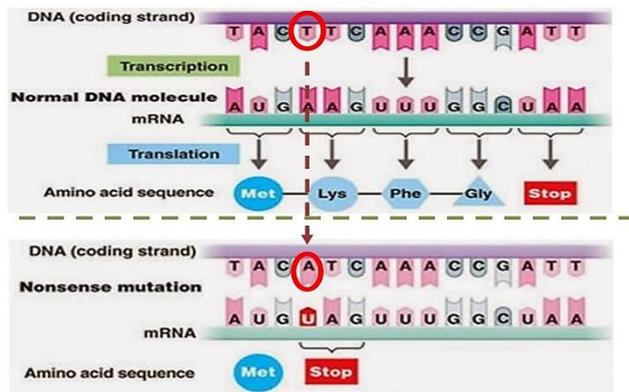
Mutasi diam merupakan perubahan suatu pasangan basa dalam gen (pada posisi 3 kodon) yang menimbulkan perubahan satu kode genetik tetapi tidak mengakibatkan perubahan atau pergantian asam amino yang dikode. Mutasi ini tidak akan berpengaruh terhadap fungsi protein. Mutasi diam biasanya disebabkan oleh peristiwa transisi dan transversi. Pada mutasi silent-sense terjadi perubahan kodon (triplet) dari kode basa N asam amino tetapi tidak mengakibatkan kesalahan pembentukan protein. Misalnya, CCG diganti CCC yang sama-sama merupakan kode asam amino glisin. Ekspresi mutasi ini sering tidak akan terdeteksi kecuali pada tingkat DNA atau mRNA. Bila tidak ada perubahan protein, tidak akan ada perubahan fenotip organisme. Secara skematis mutasi diam pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Mutasi Diam pada Mutasi Gen

3) Mutasi Tanpa Arti (*Nonsense Mutation*) (Mutasi yang Merubah Asam Amino Menjadi Stop Kodon)

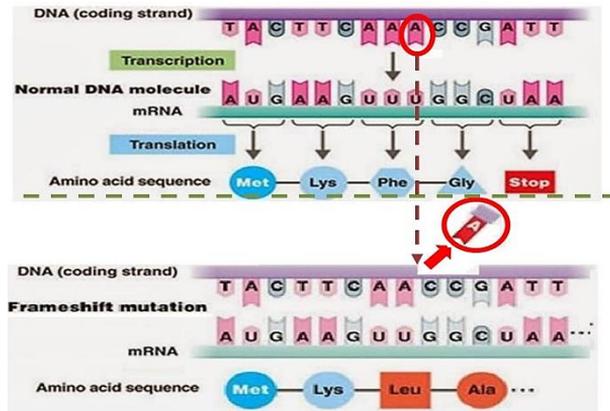
Mutasi tanpa arti merupakan perubahan kodon asam amino tertentu menjadi kodon terminasi (kodon stop). Mutasi tanpa arti dapat mengakibatkan suatu protein menjadi inaktif karena protein yang dihasilkan tidak lengkap sehingga muncul fenotip baru/mutan. Hal tersebut dapat menyebabkan dampak yang serius terhadap organisme. Mutasi tanpa arti dapat terjadi karena transisi, transversi, insersi, atau delesi. Secara skematis mutasi tanpa arti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Mutasi Tanpa Arti pada Mutasi Gen

4) Mutasi Pergeseran Kerangka/Perubahan Kerangka Baca (*Frameshift Mutation*) (Mutasi yang merubah Pola Pembacaan Urutan Pengkode)

Mutasi frame shift merupakan perubahan pola pembacaan urutan pengkode polipeptida. Hal tersebut disebabkan oleh adanya peristiwa insersi atau delesi pada satu pasang basa atau lebih. Mutasi tersebut akan mengubah asam amino penyusun protein sehingga protein tersebut tidak dapat berfungsi dan menyebabkan fenotip baru/mutan. Mutasi yang merubah pola pembacaan ini disebut mutasi frameshift. Secara skematis mutasi pergeseran kerangka baca pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Mutasi Pergeseran Kerangka pada Mutasi Gen

b. Mutasi Tingkat Kromosom (Variasi Kromosom=Aberasi Kromosom)

Mutasi tingkat kromosom terjadi apabila perubahan terjadi pada sebagian besar kromosom, bahkan seluruh kromosom, yang disebabkan terjadinya perubahan struktur kromosom. Mutasi tingkat kromosom dapat dibedakan berdasarkan:

1) Perubahan Struktur Kromosom

Mutasi tingkat kromosom berdasarkan perubahan struktur kromosom terdapat tiga tipe, yaitu:

a) Delesi

Delesi terjadi ketika beberapa segmen kromosom hilang sehingga jumlah segmen yang ada lebih sedikit daripada segmen kromosom yang asli. (hilangnya sebagian daerah pada kromosom). Delesi jarang terjadi pada manusia, bila terjadi akan menyebabkan efek yang serius. Penyebabnya tidak diketahui, namun beberapa peristiwa menyebabkan rusaknya DNA dalam kromosom, sehingga menyebabkan hilangnya beberapa gen. Beberapa penyakit yang disebabkan oleh delesi pada kromosom adalah : retinoblastoma (penyakit kanker mata turunan sejak kecil) dan Wilms' tumor

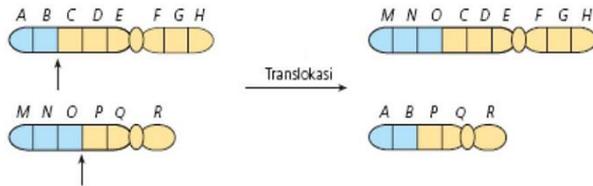
(kanker ginjal sejak kecil). Secara skematis delesi tertera pada Gambar 4.7



Gambar 4.7. Delesi pada Aberasi Kromosom

b) Translokasi

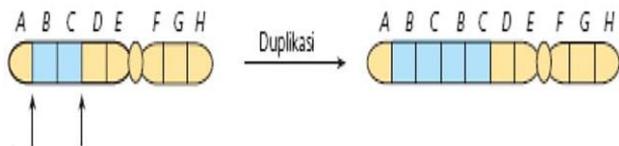
Jika pemotongan terjadi dalam daerah bukan pengkode pada DNA, maka tidak ada informasi genetik yang akan rusak. Sehingga tidak ada perubahan fenotip yang dihasilkan dari translokasi ini. Tapi jika translokasi terjadi dalam daerah pengkode, maka informasi yang dimiliki oleh gen akan rusak. Contoh : Leukemia dan Burkitt's lymphoma. Secara skematis delesi tertera pada Gambar 4.8



Gambar 4.8. Translokasi pada Aberasi Kromosom

c) Duplikasi

Duplikasi adalah munculnya penambahan segmen tertentu pada kromosom sehingga jumlah segmen yang ada lebih banyak daripada segmen kromosom yang asli. Secara skematis duplikasi tertera pada Gambar 4.9



Gambar 4.9. Duplikasi pada Aberasi Kromosom

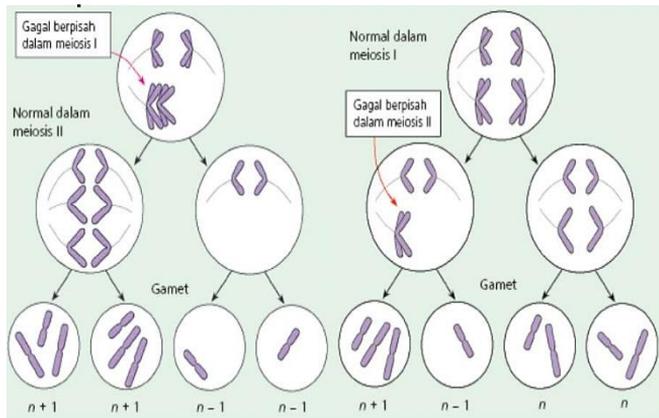
2) Perubahan Jumlah Kromosom

Mutasi tingkat kromosom berdasarkan jumlah kromosom, antara lain:

a) Aneuploid

Yaitu bila jumlah kromosom abnormal, tetapi tidak melibatkan semua genom berubah. Aneuploid sering juga disebut dengan aneuksoni. Aneuploidi bisa disebabkan oleh anafase lag (peristiwa tidak melekatnya benang-benang spindel ke sentromer) dan adanya non-disjunction (gagal berpisah). Contoh: monosomik, nullisomik, trisomik, dan tetrasomik.

Aneuploid yang paling umum adalah trisomi, dimana terdapat tiga copy dari kromosom tertentu di dalam sel. Aneuploidi terjadi pada proses meiosis selama pembelahan sel, dimana mekanisme normal pemisahan kromosom gagal terjadi. Trisomi yang paling umum adalah Down Sindrom, yaitu trisomi pada kromosom 21. Down Sindrom terjadi setiap satu dalam 600-700 kelahiran.



Gambar 4.10. Gagal berpisah saat meiosis I dan meiosis II

Terdapat hubungan yang positif antara umur wanita melahirkan dengan insiden Down sindrom. Bila wanita dengan umur 45-50 tahun melahirkan, maka resiko melahirkan anak Down sindrom 50x-60x lebih tinggi. Ciri-ciri Sindroma Down adalah sebagai berikut:

- (1) Kariotipe 47 XX atau 47 XY
- (2) Memiliki nilai IQ yang rendah (± 40)
- (3) Gigi berukuran kecil dan tidak rapat, air liur selalu menetes, imunitas tubuh rendah, mata sipit, dan bertelapak tebal.

Beberapa trisomy juga berhubungan dengan kromosom sex. Klinefelter sindrom (terdapat dua copy kromosom X dan satu kromosom Y atau XXY) terjadi setiap satu dalam 700 kelahiran. Orang yang menderita penyakit ini adalah laki-laki tapi memiliki beberapa sifat wanita. Efek fisik dan mental bisa bervariasi, ada yang tidak kelihatan, ada yang mengalami keterbelakangan mental dan ada juga yang mengalami masalah emosi.

Ciri-ciri Sindroma Klinefelter adalah sebagai berikut:

- (1) Memiliki kelebihan kromosom seks X sehingga kariotipenya adalah 47 XXY.
- (2) Testis berukuran kecil dan gagal menghasilkan sperma.
- (3) Rambut dada tidak tumbuh, ukuran dada membesar.
- (4) Suara menyerupai wanita.

Trisomik XYY yang juga terjadi pada laki-laki, ternyata memiliki dampak sosial. Sebuah penelitian menemukan bahwa trisomik ini menyebabkan penyakit mental, keterbelakangan mental, badan tinggi, dan agresif. Penelitian yang dilakukan terhadap trisomik di rumah sakit jiwa

dan penjara ini melaporkan bahwa trisomik XYY berhubungan dengan tingkah laku agresif, sehingga media menyebutkan 'gen kriminal'. Kondisi XYY menghasilkan laki-laki dengan tingkah laku agresif dan sangat suka berbuat kriminal. Namun beberapa penelitian membantah hasil ini sebab terdapat banyak laki-laki trisomik yang hidup normal tanpa menyadari bahwa dia memiliki kelebihan kromosom Y.

b) Euploid

Euploid adalah peristiwa yang terjadi ketika ada penambahan atau pengurangan perangkat kromosom (genom)/terjadi perubahan pada jumlah n . Makhluk hidup pada umumnya bersifat diploid (memiliki 2 perangkat kromosom pada sel somatisnya/ $2n$). Jika kehilangan perangkat kromosom, maka organisme tersebut bersifat haploid. Jika terjadi penambahan perangkat kromosom, organisme tersebut bersifat triploid, tetraploid, atau poliploid.

4. Kelainan Genetik

Kelainan genetik merupakan suatu kondisi terjadinya perubahan sifat dan komponen di dalam gen yang dapat menimbulkan penyakit. Kelainan genetik dapat menimbulkan beragam kondisi, mulai dari cacat atau kelainan fisik dan mental, hingga penyakit tertentu seperti kanker. Tetapi tidak semua penyakit kanker disebabkan oleh kelainan genetik. Kanker juga dapat terjadi karena faktor lingkungan dan gaya hidup yang tidak baik. Kelainan genetik dapat disebabkan oleh kelainan pada gen yang diwarisi dari orang tua. Beberapa contoh kelainan pada gen yang diwarisi dari orang tua, antara lain :

a. Buta Warna

Normalnya, mata manusia memiliki tiga jenis sel kerucut yang bereaksi terhadap panjang gelombang

cahaya berbeda-beda. Untuk dapat melihat warna dengan baik, maka pigmen dari ketiga jenis sel kerucut tersebut harus dapat bekerja dengan baik. Jika tidak, maka akan terjadi buta warna. Terdapat dua jenis utama buta warna, yaitu:

1) Buta Warna Sebagian (Parsial)

Buta warna sebagian ini mengalami kesulitan membedakan warna biru dan kuning saja, atau warna hijau dan merah saja.

2) Buta warna total, atau disebut juga dengan achromatopsia.

b. Penyakit Sel Sabit

Penyakit sel sabit disebabkan adanya kesalahan gen yang kemudian mempengaruhi perkembangan sel darah merah. Sel darah merah penderita penyakit ini memiliki bentuk yang tidak wajar, sehingga menyebabkan sel darah tersebut tidak dapat hidup lama seperti sel darah sehat pada umumnya (Jane B Reece, Lisa A Urry, Michael L Cain, Steven A Wasserman, Peter V Minorsky, 2014).

c. Hemofilia

Hemofilia merupakan kelompok kelainan darah yang terjadi karena keturunan. Kelainan genetik ini terjadi karena adanya kesalahan pada salah satu gen pada kromosom X, yang menentukan bagaimana tubuh membuat faktor pembekuan darah. Kondisi ini menyebabkan darah tidak dapat membeku secara normal, sehingga ketika penderitanya mengalami cedera atau luka, perdarahan yang terjadi akan lebih lama

d. Sindrom Klinefelter

Sindrom Klinefelter Merupakan kelainan genetik yang hanya terjadi pada laki-laki. Penderita sindrom Klinefelter memiliki gejala 8 berupa bentuk penis dan testis yang kecil, rambut hanya tumbuh sedikit di tubuh, memiliki payudara yang besar, badan tinggi dan berbentuk kurang proporsional. Ciri khas lain pada

kelainan genetik ini adalah kurangnya hormon testosteron dan infertilitas.

e. Sindrom Down

Sindrom Down terjadi karena adanya materi genetik yang berlebih pada anak, sehingga menyebabkan terhambatnya perkembangan anak secara fisik dan mental. Normalnya, seseorang mendapatkan 23 kromosom dari ayah dan 23 kromosom dari ibu dengan total 46 kromosom. Pada sindrom Down, terjadi kelainan genetik di mana jumlah kromosom 21 bertambah, sehingga total kromosom yang didapat oleh anak adalah 47 kromosom.

B. Sel

Semua makhluk hidup terdiri dari sel-sel yang merupakan ruang-ruang kecil diselubungi membran yang berisi cairan kimia pekat dalam pelarut air dan komponen-komponen penting penyusun sel. Bentuk kehidupan yang paling sederhana adalah sel-sel tunggal yang menggandakan diri dengan cara pembelahan. Organisme-organisme yang tergolong dalam tingkat yang lebih tinggi, terdiri dari kelompok-kelompok sel yang masing-masing menjalankan fungsi khusus namun antara kelompok satu dan lainnya terjalin suatu sistem komunikasi, bekerja sama dalam suatu tatanan tertentu sehingga terbentuk fungsi fisiologis maupun biokimiawi tubuh secara utuh.

Terdapat dua jenis sel yaitu Sel prokariotik dan eukariotik. Dalam bab ini hanya membahas sel eukariotik karena merupakan komponen utama organisme multiseluler.

Sel ditinjau secara histologi merupakan kesatuan struktural dan fungsional kehidupan (beserta proses penyakit) di dalam semua jaringan, organ dan sistem organ. Sel eukariotik tersusun dari 3 komponen utama yaitu membran sel, sitoplasma dan nukleus. Secara lebih rinci dijelaskan dibawah ini

1. Membran Sel

Membran sel memisahkan sel dari lingkungannya dan membentuk kompartementalisasi fungsional, seperti nukleus dan organela, di dalam sel. Plasmalema atau membran

plasma adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan membran sel bagian luarnya. Hasil dari analisis kimiawi, membran sel terutama terdiri dari lipid dan protein. Fosfolipid dan kolesterol adalah lipid utama yang membentuk membran, yang terdiri dari dua lapisan. Banyak fungsi dilakukan oleh membran sel, termasuk permeabilitas selektif yang berhubungan dengan homeostasis; transduksi sinyal, yang terjadi karena adanya reseptor baik di permukaan membran maupun yang terikat dengan ligand; dan endositosis, yang merupakan peristiwa di mana sel memakan zat ekstraseluler dan dibawa ke dalam sitoplasma (Nalini Chandar *et al.*, 2010).

Karakter membran sel antara lain :

a. Komponen Biokimiawi

Komponen biokimiawi membran sel antara lain:

1) Lipid

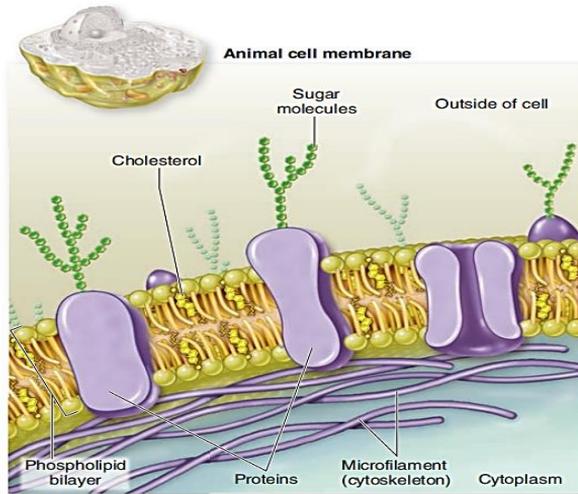
Lipid yang terdapat di dalam membran sel meliputi fosfolipid, sfingolipid dan kolesterol. Jenis fosfolipid yang paling banyak adalah lesitin. Membran fosfolipid tersusun dua lapis

2) Protein

Protein yang terdapat pada membran meliputi protein membran integral dan protein membran perifer

3) Karbohidrat

Karbohidrat yang terdapat dalam membran sel hanya Oligosakarida, yaitu glikoprotein dan glikolipid.



Gambar 4.11. Membran Sel (Hoefnagels, 2011)

b. Fungsi Membran

Membran sel berfungsi antara lain :

1) Permeabilitas Selektif

Permeabilitas selektif membran sel berkaitan dengan homeostasis, meliputi Difusi pasif, Difusi fasilitasi dan Transport aktif.

2) Transduksi Signal

Transduksi signal membran sel berkaitan dengan adanya reseptor, ada yang terletak di permukaan membran untuk signal eksogenous, dan yang terletak pada signal molekul

3) Endositosis

Endositosis berkaitan dengan proses sel memakan substansi ekstra seluler dan diangkut ke dalam sitoplasma, meliputi Fagositosis, Pinositosis dan Endositosis diperantarai reseptor

2. Sitoplasma

Koloid protein hidrofilik, amorf sampai berbutir-butir (granular) adalah matriks sitoplasma pengisi sel. Sitoplasma dapat berbentuk cairan yang mengalir (fase sol) atau matriks

semi-padat yang lentur (fase gel). Sitoplasma bergerak di dalam aliran yang disebut sikosis selama fase sol. Beberapa organel, seperti mitokondria, akan dibawa bersama aliran sitoplasma. Hialoplasma adalah sitoplasma yang mengelilingi organel. Sitoplasma di dekat membran luar (ektoplasma) biasanya lebih padat, sedangkan sitoplasma di bagian dalam sel (endoplasma) biasanya lebih cair. Sitoplasma berfungsi sebagai medium pendukung organel-organel dan mengandung berbagai senyawa terlarut dan garam (solut). Cairan yang terletak di sekitar nukleus disebut sitoplasma. Terdapat tiga struktur kelompok dalam sitoplasma, yaitu:

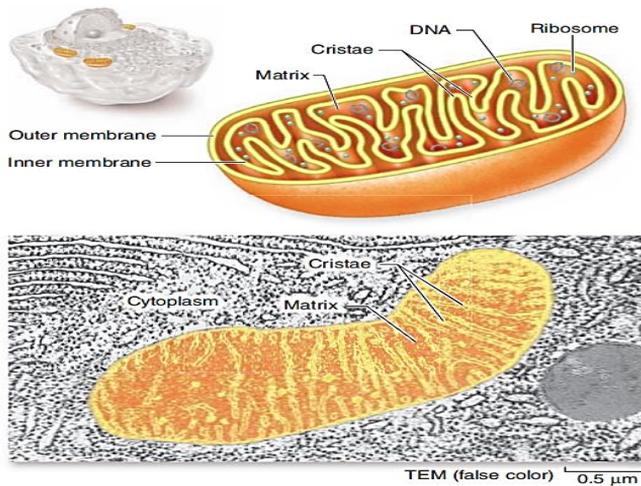
a. Organela

Organela merupakan struktur yang terbungkus membran dan merupakan bagian subseluler yang mengandung enzim. Organela merupakan bangunan yang selalu terdapat dalam semua sel dan dianggap sebagai organ-organ (alat) kecil sel. Organela merupakan kesatuan substansi hidup dan berfungsi penting dalam proses metabolisme seluler. Organel-organel penting dalam sel antara lain :

1) Mitokondria

Istilah mitokondria (mitochondria) berasal dari kata mitos (=bening) dan chondrion (=butir). Mitokondria memiliki berbagai macam bentuk antara lain sferis, ovoid, filamentosa. Ukuran mitokondria sebesar ukuran bakteri, diameternya berkisar antara 0,5-1,5 μm dan panjangnya 3-10 μm apabila berbentuk memanjang. Jumlah mitokondria dalam sel sangat bervariasi. Mitokondria dalam jumlah banyak dapat dijumpai pada sel-sel yang sedang aktif tumbuh atau sel-sel yang memerlukan banyak energi, misalnya sel otot, sel sperma. Dalam sel hepar yang normal paling sedikit terdapat 1000 mitokondria.

Setiap mitokondria dibungkus 2 unit membran, ialah : membran luar yang halus namun relatif berpori membran dalam kurang berpori, bersifat semipermeabel, melipat-lipat ke arah dalam membentuk krista. Mitokondria berfungsi menyediakan energi untuk kerja kimiawi dan mekanik dengan cara menimbun energi yang diperoleh dari metabolisme seluler pada ikatan ATP berenergi tinggi (Carbondale *et al.*, 2004).

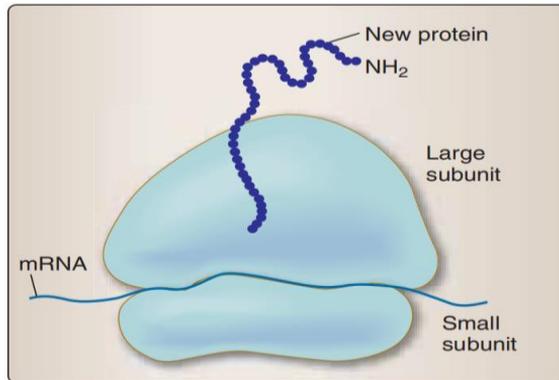


Gambar 4.12. Mitokondria (Hoefnagels, 2011)

2) Ribosoma

Ribosoma merupakan organela terkecil yang tersuspensi di dalam sitoplasma. Organel ini sedemikian kecilnya sehingga hanya dapat tampak jelas strukturnya dengan bantuan mikroskop elektron. Ribosoma adalah organel yang berfungsi penting dalam mekanisme sintesis protein. Terdapat 2 jenis ribosoma yaitu ribosoma mitokondria (ukuran $\pm 20 \mu\text{m}$) dan ribosoma sitoplasmik (ukuran $\pm 25 \mu\text{m}$). Pada sel saraf terdapat benda-benda yang berkelompok pada sitoplasma yang disebut Badan Nissl (*Nissl Bodies*)

yang sebenarnya disebabkan oleh adanya ribosoma tersebut. Ribosoma sitoplasmik ada 2 macam yaitu :



Gambar 4.13. Mitokondria (Nalini Chandar *et al.*, 2010)

a) Ribosoma Bebas (*Free Ribosome*)

Ribosom bebas merupakan ribosoma individual yang terdapat tersebar di dalam sitoplasma.

b) Poliribosoma atau Polisoma

Poliribosom merupakan kelompokan ribosoma yang terdapat di sepanjang untai mRNA. Poliribosoma ada yang tersebar bebas dalam sitoplasma yang mensintesis protein dan enzim untuk penggunaan intraseluler, ada pula poliribosoma yang melekat pada membran luar retikulum endoplasmik yang mensintesis protein untuk disekresikan.

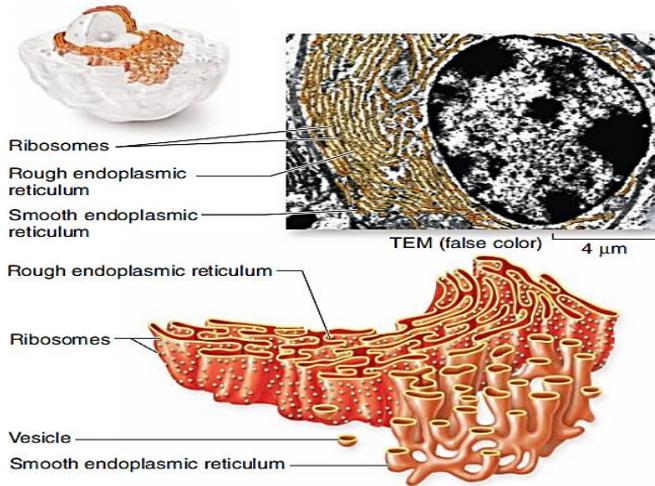
3) Endoplasmik Retikulum

Endoplasmik retikulum merupakan kompleks organela yang terlibat di dalam sintesis, pengemasan, dan pemrosesan berbagai substansi sel. Terdapat 2 macam Endoplasmik retikulum yaitu:

a) Endoplasmik Retikulum Kasar

Endoplasmik retikulum kasar (granular) pada membran luarnya banyak ditemplei ribosom,

berfungsi mensintesis protein yang disekresi. Endoplasmik retikulum kasar tersusun paralel, pipih dan memanjang terutama pada sel yang mensintesis protein, misalnya sel Plasma yang memproduksi Antibodi dan sel asinus pankreas.



Gambar 4.14. Retikulum Endoplasmik Kasar dan Halus (Hoefnagels, 2011)

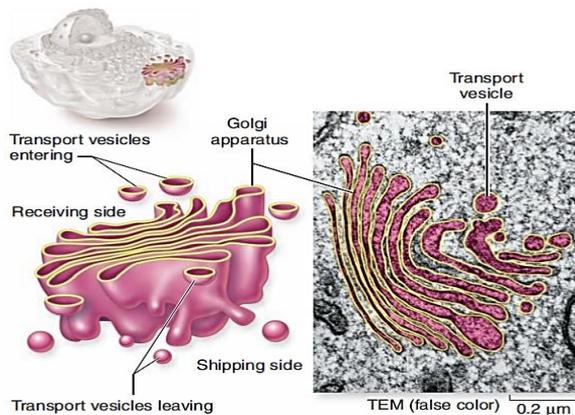
b) Endoplasmik Retikulum Halus

Endoplasmik Retikulum Halus (agranular) merupakan endoplasmik retikulum yang pada membran luarnya tidak terdapat butir-butir ribosom, jadi bentuk dan susunannya sama dengan endoplasmic retikulum granular namun tanpa ribosom, mempunyai fungsi dalam metabolisme lemak, sintesis hormon steroid, pemecahan glikogen (glukosa G-fosfatase) dan berperan dalam detoksifikasi.

4) Kompleks Golgi (*Aparatus Golgi*)

Letak dan bentuk Kompleks Golgi tergantung dari tipe selnya. Pada sel sekretoris biasanya terletak pada bagian puncak sel dekat intinya. Kompleks Golgi merupakan organela bermembran yang tampak

sebagai kumpulan “kantong” pipih yang tersusun melengkung yang disebut diktiosom, dengan bulatan-bulatan pada bagian ujungnya. Diktiosom adalah badan di dalam sel berbentuk piringan yang tersusun dari beberapa kantong (vesikel) pipih yang disebut sisterna (*cisternae*). Pada bagian tepi sisterna tersusun jaringan tabung-tabung yang pada ujungnya terbentuk vesikel bulat yang dapat terlepas. Vesikel-vesikel itu kemudian bergerak ke bagian lain dari sel, terutama ke plasmalema. Aparatus Golgi terlibat dalam banyak kegiatan terutama yang berkaitan dengan proses sekresi. Fungsi Kompleks Golgi antara lain: sintesis polisakarida, memodifikasi produk sekretorik, misalnya : protein dan lipid yang telah disintesis di tempat lain selanjutnya dikemas di dalam vesikel untuk diangkut ke bagian lain, memekatkan dan menyimpan produk sekretorik.

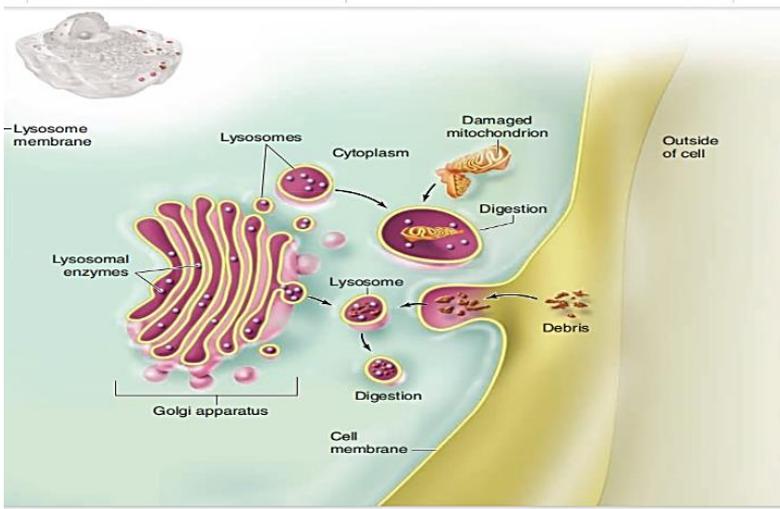


Gambar 4.15. Kompleks Golgi (Hoefnagels, 2011)

5) Lisosoma

Lisosoma merupakan organela berbentuk bulat dengan membran satu lapis (sebagai vesikel bermembran). Lisosoma berisi banyak macam enzim yang bersifat asam, antara lain Fosfatase asam, Deoksiribonuklease, Ribonuklease, Katepsin,

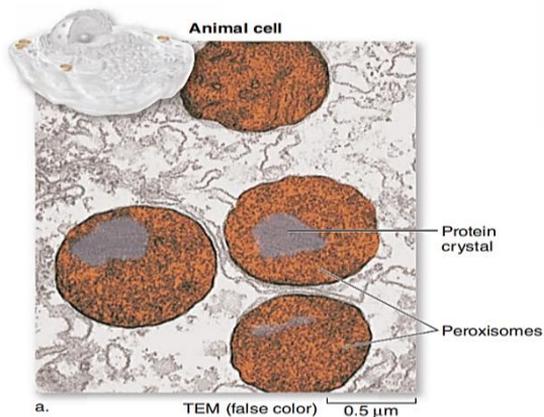
Sulfatase, β -glukuronidase, Fosfolipase, Protease (Hoefnagels, 2011).



Gambar 4.16. Lisosoma (Hoefnagels, 2011)

6) Peroxisoma

Peroxisoma merupakan vesikel bermembran yang memiliki ukuran lebih besar daripada Lisosoma primer, disamping itu juga memiliki banyak enzim. Perbedaan dengan Lisosoma Primer, yaitu adanya *granular nucleoid*.



Gambar 4.17. Peroxisosoma (Hoefnagels, 2011)

b. Inklusion

Inklusion merupakan benda-benda atau bangunan-bangunan dalam sitoplasma yang merupakan hasil aktivitas metabolisme tapi tidak ikut dalam kegiatan metabolisme itu sendiri, yaitu: tetes tetes lemak, granula glikogen, melanin. Terdapat 3 macam inklusion yaitu:

1) Timbunan Makanan

Timbunan (simpanan) makanan terutama disimpan dalam sitoplasma sel-sel tertentu. Timbunan makanan ini diperlukan untuk metabolisme dalam tubuh. Untuk metabolisme diperlukan bahan-bahan makanan pokok yaitu protein, karbohidrat dan lemak. Protein tidak disimpan secara khusus, karena sitoplasma sendiri sudah banyak mengandung protein. Karbohidrat dari makanan yang telah diserap oleh usus akan diangkut oleh pembuluh darah ke hepar. Di dalam hepar, karbohidrat diubah menjadi glikogen yang ditimbun dalam sel-sel hepar atau dalam sel-sel otot. Pada praktikum ini akan diamati granula glikogen pada hepatocytus (sel hepar) dengan pewarnaan PAS. Pada preparat terlihat sel-sel hepar berbentuk poligonal berderet-deret tersusun radier mengelilingi vena centralis. Granula glikogen terletak dalam sitoplasma tersebar berupa butiran-butiran berwarna merah magenta. Lemak ditimbun terutama dalam sel lemak. Sel lemak banyak dijumpai pada kulit. Lemak tadi mula-mula ditimbun sebagai tetes lemak yang lama-lama menjadi banyak dan berfusi hingga mendesak sitoplasma dan nukleus ke tepi.

2) Butir-Butir Sekresi

Butir-butir sekresi dapat dijumpai pada sel-sel kelenjar yang menghasilkan sekret. Pada sel-sel ini, sekret yang telah selesai diolah dalam aparatus Golgi sedikit demi sedikit dilepaskan dalam bentuk gelembung-gelembung kecil. Pada tahap akhir sintesis protein untuk tujuan sekresi hasilnya akan dilepaskan

dalam vesikel sekretori yang selanjutnya akan menuju ke permukaan sel sebagai butir-butir sekresi. Pada praktikum ini akan diamati butir-butir (granulum) zymogeni pada pars eksokrin pankreas yang berbentuk butir-butir. Asinus tersusun atas sel-sel berbentuk piramidal dengan bagian puncak sel berbatasan dengan lumen asinus. Pada preparat dapat dilihat dengan jelas butir-butir berwarna merah di bagian puncak sel yang tidak lain adalah butir-butir zymogen.

3) Pigmen

Pigmen adalah benda-benda dalam sel atau jaringan yang mempunyai warna tersendiri pada waktu masih hidup meski tidak diwarnai. Pigmen berperan penting dalam diagnosis klinik penyakit tertentu, bahkan terkadang merupakan faktor utama yaitu adanya perubahan warna dalam jaringan dari bagian tubuh tertentu. Warna jaringan terutama tergantung pada jenis dan jumlah pigmen yang dikandung. Pigmen selain terdapat sebagai inklusi mungkin juga terdapat di antara sel-sel. Pigmen berdasar asalnya dikelompokkan menjadi 2 yaitu : a. pigmen endogen, misalnya hemoglobin pada eritrosit, mioglobin pada sel otot, melanin pada kulit. pigmen eksogen, misalnya debu-debu arang, silikat yang mungkin terdapat dalam pulmo. Nukleus Salah satu struktur yang tampak dominan di dalam sel eukariot adalah inti sel atau nukleus. Nukleus memperagakan berbagai variasi di dalam hal ukuran, jumlah dalam tiap sel, pola kromatin maupun letaknya di dalam sel. Hal tersebut menyebabkan perbedaan penampilan nukleus dari jaringan satu dengan jaringan yang lain, dari satu jenis sel ke sel lain. Meskipun demikian, nukleus umumnya mempunyai membran inti, kromatin, nukleoplasma dan satu atau lebih nukleolus (anak inti). Membran inti (= selubung nukleus)

Merupakan membran ganda yang memisahkan nukleus dari sitoplasma. Pada sisi luar membran inti dapat ditemplei ribosom, sehingga ada yang memperkirakan nukleus adalah perluasan retikulum endoplasma yang bergranula. Pada bagian dalam membran dalam dilapisi dengan lamina fibrosa suatu protein yang disebut laminin. Pada beberapa tempat pada membran inti terdapat pori-pori (nuclear pores). Pori-pori ini terikat oleh 8-9 lobuler sub unit yang disebut protein anular, dan setiap porus ditutupi oleh diafragma. Pori-pori itu merupakan lubang penghubung inti sel dengan sitoplasma yang dapat dilewati makromolekul dari inti sel ke luar (ke sitoplasma) dan dari sitoplasma masuk ke dalam inti sel. RNA dari inti sel (mRNA) akan keluar dari sel melalui pori-pori itu.

c. Sitoskeleton

Sitoskeleton merupakan kerangka sel yang tersusun oleh anyaman elemen-elemen yang terdiri dari:

1) Mikrotubulus

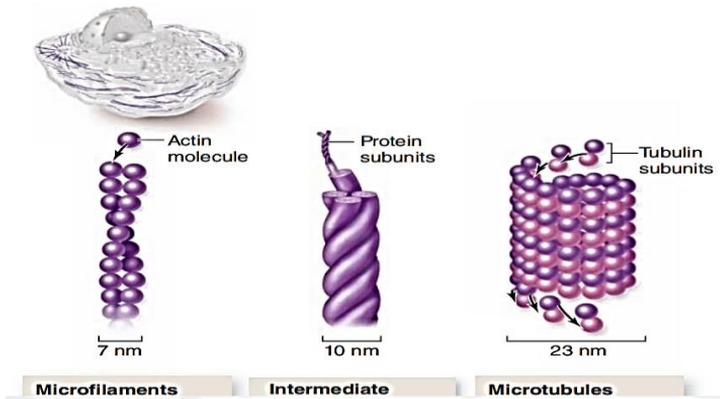
Mikrotubulus tersusun oleh subunit Tubulin heterodimer. Tubulin heterodimer masing-masing tersusun oleh α -tubulin, fungsinya memelihara bentuk sel, lokasinya di seluruh sitoplasma dan tersusun berkelompok dengan baik dalam Sentiola, Cilia, Flagela, Basal bodies dan Benang mitotik.

2) Mikrofilamen

Mikrofilamen merupakan komponen Sitoskeleton paling tipis, tersusun dari salah satu jenis protein aktin, fungsinya untuk berkontraksi, tetapi harus berinteraksi dengan myosin, lokasinya tersebar secara tidak teratur di dalam sitoplasma selain sel otot polos.

3) Filamen Intermedia

Filamen intermedia berukuran antara Mikrotubulus dan Mikrofilamen. Strukturnya tersusun atas protein yang secara struktural berkaitan dengan lamins pada nukleus dan berbeda tergantung pada jenis sel, misalnya pada sel epitel disebut sitoskeleton, sel yang berasal dari mesenkim disebut vimentin, sel otot disebut desmin, sel glia disebut glial fibrillary acidic protein, dan neuron disebut neurofilament.



Gambar 4.18. Peroksiosoma (Hoefnagels, 2011)

3. Nukleus

Nukleus disebut juga Inti sel. Bentuk Nukleus bisa berbeda-beda, tetapi pada umumnya memiliki:

a. Membran Nukleus

Membran nukleus merupakan membran ganda yang memisahkan Nukleus dari sitoplasma. Membran nukleus berpori.

b. Kromosom

Kromosom merupakan kondensasi kromatin dan terlihat dengan jelas pada waktu mitosis. Pada sel manusia terdapat 23 pasang kromosom, 22 pasang kromosom somatik dan sepasang kromosom jenis

kelamin (kromosom XX pada wanita dan kromosom XY pada laki-laki).

c. Kromatin

Kromatin berisi DNA dan sangat bersifat basofil. Di dalam nukleus dapat terlihat adanya butir-butir basofil yang disebabkan oleh adanya kromatin. Kromatin ini berisi DNA sehingga dengan pewarnaan HE tampak berwarna biru. Tiap sel yang berbeda tampak adanya perbedaan mengenai ukuran dan penyebaran butir-butir kromatinnya. Gambaran nukleus antara interfase dengan mitosis terdapat perbedaan bahwa butir-butir kromatin yang tampak pada interfase menjadi tidak tampak lagi pada saat mitosis karena kromatin berkondensasi membentuk struktur baru berbentuk benang sebagai kromosom. Telah diketahui bahwa kromosom merupakan bagian nukleus yang membawa gen yang akan menentukan sifat-sifat yang diturunkan dalam bentuk individu yang bersangkutan.

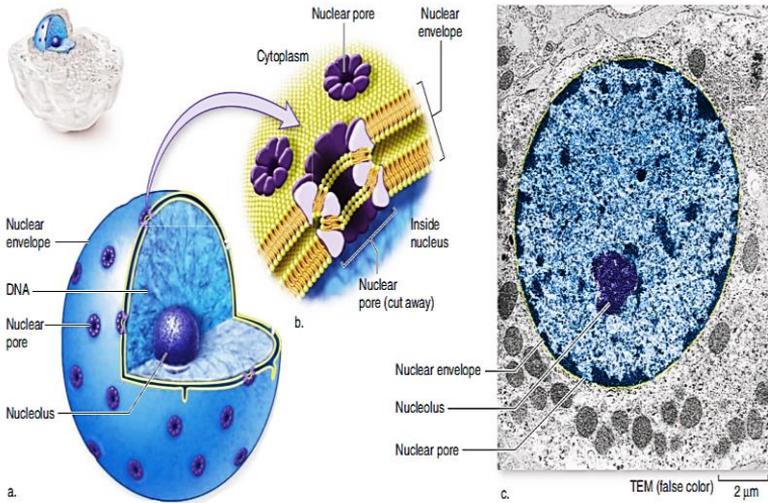
d. Nukleoplasma

Nukleoplasma merupakan matriks nukleus, yang tersusun dari protein enzimatik dan non enzimatik, metabolit, ion dan air. Nukleoplasma Di dalam inti sel terdapat matriks protein yang menyusun plasma inti (=nukleoplasma). Nukleoplasma agak kental dan mengandung butiran-butiran berbagai ukuran dan kerapatan sehingga nukleoplasma tampak lebih rapat elektron daripada sitoplasma.

e. Nukleolus

Nukleolus sangat bersifat basofil. Dengan mikroskop cahaya, nukleolus terlihat sebagai sebuah atau lebih bangunan basofil dalam sebuah nukleus yang ukurannya lebih besar daripada butir-butir kromatin. Nukleolus tersusun dari protein (84%) dan mengandung RNA (11%) berupa filamen dan granula, serta DNA (5%). RNA di dalam nukleolus terutama adalah RNA ribosom

(rRNA) sehingga nukleolus merupakan tempat sintesis prekursor ribosom. rRNA akan keluar dari inti sel melalui pori-pori membran inti.



Gambar 4.19. Nukleus (Hoefnagels, 2011)

DAFTAR PUSTAKA

- Carbondale, M. T. M. S. I. U. *et al.* (2004) *Brock Biology of Microorganisms*. Pearson. 13th ed. Wageningen, Netherlands: Pearson Education, Inc. doi: 10.1088/1751-8113/44/8/085201.
- Effendi, Y. (2020) *Buku Ajar Genetika Dasar, Pustaka Rumah C1nta*.
- Hoefnagels, M. (2011) *Biology: Concepts and Investigations*, Mc GrawHill. Available at: <http://books.google.com/books?id=T3rISgAACAAJ&pgis=1>.
- Jane B Reece, Lisa A Urry, Michael L Cain, Steven A Wasserman, Peter V Minorsky, R. B. Jackson (2014) *Campbell Biology*. 10th edn, *Journal of Chemical Information and Modeling*. 10th edn. Edited by B. Wilbur. Pearson.
- Nalini Chandar, P. *et al.* (2010) *Lippincott's Illustrated Reviews: Cell and Molecular Biology*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Nicholl, D. S. T. (1995) *An Introduction to Genetic Engineering*. First publ, *Cambridge University Press*. First publ. New York. doi: 10.5860/CHOICE.32-4491.

BAB

5

DASAR - DASAR PATOLOGI

Dr. Asbath, S.Kep., Ns., M.Kes.

A. Pendahuluan

Konsep dasar patologi mencakup pemahaman tentang apa itu patologi sebagai ilmu kedokteran, tujuan utamanya, serta beberapa prinsip dasar yang terkait dengan studi perubahan struktur dan fungsi jaringan dan organ akibat penyakit (Sapada and Wita Asmalinda, 2022).

1. Pengertian Patologi

Patologi adalah ilmu yang mempelajari perubahan struktur dan fungsi sel, jaringan, dan organ dalam tubuh yang terjadi akibat penyakit. Ilmu ini berfokus pada pemahaman mekanisme dan proses patologis, serta cara pengaruhnya terhadap tubuh secara keseluruhan. Patologi berperan penting dalam mendiagnosis penyakit, memahami penyebabnya, dan mengembangkan strategi pengobatan yang efektif. Berikut pengertian patologi dari beberapa ahli;

Menurut American Board of Pathology (ABP): "Patologi adalah cabang ilmu kedokteran yang berfokus pada studi perubahan struktural, biokimia, dan fungsional yang terjadi pada sel, jaringan, dan organ tubuh akibat penyakit. Patologi juga mencakup studi proses penyakit, mekanisme penyebabnya, dan pengaruhnya terhadap tubuh manusia."

Menurut Robbins and Cotran Pathologic Basis of Disease (Buku Patologi Terkini Karya Robbins dan Cotran): "Patologi adalah ilmu yang mempelajari sifat dan perubahan penyakit, baik morfologis (struktural) maupun fungsional

(biokimia dan molekuler). Patologi bertujuan untuk memahami mekanisme dasar penyakit, mendiagnosis penyakit, dan memberikan pemahaman tentang dasar biologis yang mendasari perubahan patologis."

Menurut Kamal Ramzi, MD, FRCPC (Ahli Patologi dan Penulis Buku Patologi): "Patologi adalah ilmu yang berfokus pada identifikasi dan karakterisasi penyakit melalui pemeriksaan mikroskopis dan molekuler dari jaringan dan sel.

Menurut College of American Pathologists (CAP): "Patologi adalah ilmu yang menyelidiki perubahan yang terjadi pada tingkat sel, jaringan, dan organ sebagai akibat dari penyakit atau kondisi patologis lainnya. Patologi melibatkan berbagai teknik diagnostik, termasuk pemeriksaan makroskopis, mikroskopis, dan molekuler, untuk mendiagnosis penyakit dan memberikan informasi penting dalam perawatan pasien."

2. Tujuan Patologi

Tujuan utama patologi adalah untuk menganalisis dan memahami perubahan biologis yang terjadi akibat penyakit, luka, atau kondisi patologis lainnya. Dengan mengidentifikasi perubahan ini, patologi dapat membantu dalam :

- a. Mendiagnosis penyakit ; identifikasi dan klasifikasi penyakit berdasarkan perubahan struktural atau molekuler yang terjadi
- b. Memahami mekanisme penyakit ; memahami penyebab, jalur dan proses yang terlibat dalam perkembangan penyakit
- c. Merencanakan pengobatan; memahami bagaimana perubahan patologis dapat mempengaruhi pilihan pengobatan yang tepat
- d. Memprediksi perkembangan penyakit; mengidentifikasi faktor risiko dan melihat progresif penyakit untuk meramalkan hasil klinis.

3. Perubahan Seluler sebagai Dasar Penyakit

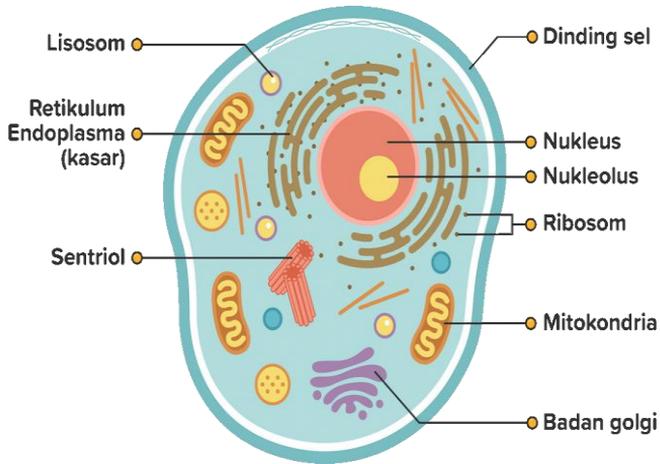
Pada dasarnya, tubuh terdiri dari unit kehidupan dasar, yaitu sel, dan setiap organ adalah sekelompok sel yang berbeda yang dihubungkan oleh struktur pendukung antar sel (Nelson, 2003). Tubuh kita terdiri dari satuan dasar yang hidup yakni berupa sel-sel. Kemudian sel-sel tersebut akan berkelompok membentuk jaringan yang berbeda-beda yang saling menghubungkan satu sama lainnya. Setiap sel dapat beradaptasi dan berkemampuan untuk berkembang biak. Bila sel tersebut rusak dan mati, maka sel-sel yang masih hidup akan terus membelah diri terus menerus sampai jumlahnya mencukupi kembali.

Penyakit apa pun yang diderita oleh pasien pada dasarnya yang diserang adalah sel dan sel akan melakukan adaptasi (menyesuaikan diri). Sel normal merupakan mikrokosmos yang berdenyut tanpa henti, secara tetap mengubah struktur dan fungsinya untuk memberi reaksi terhadap tantangan dan tekanan yang selalu berubah. Bila tekanan atau rangsangan terlalu berat, struktur dan fungsi sel cenderung bertahan dalam jangkauan yang relatif sempit.

Penyesuaian sel mencapai perubahan yang menetap, mempertahankan kesehatan sel meskipun tekanan berlanjut. Tetapi bila batas kemampuan adaptasi tersebut melampaui batas maka akan terjadi jejas sel atau cedera sel bahkan kematian sel. Dalam bereaksi terhadap tekanan yang berat maka sel akan menyesuaikan diri, kemudian terjadi jejas sel atau cedera sel yang akan dapat pulih kembali dan jika tidak dapat pulih kembali sel tersebut akan mengalami kematian sel.

B. Struktur Sel

Sel mengandung struktur fisik yang terorganisir dinamakan organel yang terdiri dari dua bagian utama yaitu inti (Nukleus) dan Sitoplasma (Cytoplasma) keduanya dipisahkan oleh membran inti. Berikut disajikan dalam gambar sel dan bagian-bagiannya: (Bus, Labus and Patofisiologi, no date)



Gambar 5.1. Struktur Sel

Beberapa bagian sel penting dan fungsinya yang harus diketahui:

1. Retikulum endoplasma (Endoplasmic Reticulum) berfungsi dalam mensintesis protein, lipid dan enzim.
2. Mitokondria (mitochondrion) berfungsi untuk energi dalam sel. Merupakan sumber tenaga dari sel karena diolah berbagai zat makanan untuk menghasilkan tenaga penggerak bagi kegiatan lain dari sel.
3. Lisosom merupakan organ pencernaan sel.
4. Inti (nucleus) berfungsi sebagai pusat pengawasan atau pengaturan sel dan mengandung DNA yang disebut gen.

C. Cedera Sel (Jejas Sel)

Tubuh seorang manusia mudah mendapat berbagai macam cedera setiap saat, ini berarti cedera tersebut dialami oleh sel. Jejas sel (cedera sel) terjadi apabila suatu sel tidak lagi dapat beradaptasi terhadap rangsangan (Ferrell, 2016). Hal ini dapat terjadi bila rangsangan tersebut terlalu lama atau terlalu berat. Sel dapat pulih dari cedera atau mati bergantung pada sel tersebut dan besar serta jenis cedera. Berikut ini berbagai penyebab cedera sel (Price, 2007) :

1. Hipoksia Hipoksia adalah cedera sel akibat penurunan konsentrasi oksigen. Hipoksia bisa terjadi karena hilangnya

perbekalan darah akibat gangguan aliran darah. Dapat juga karena hilangnya kemampuan darah mengangkut oksigen seperti karena anemia atau keracunan. Respons adaptasi sel terhadap hipoksia tergantung pada tingkat keparahan hipoksia.

2. Bahan kimia Bahan kimia termasuk obat-obatan menyebabkan perubahan terhadap berbagai fungsi sel, seperti fungsi penghasil energi, mencerna lipid dan protein sehingga sel menjadi rusak dan mati. Sebagai contoh ulkus lambung (luka pada lambung) yang sering terjadi karena sering mengonsumsi obat analgesik dan kortikosteroid. Hal tersebut menyebabkan sel mukosa lambung cedera dan rusak dan akhirnya terjadi ulkus (luka).
3. Agen fisik Agen fisik seperti trauma mekanik, suhu rendah dan suhu terlalu tinggi, radiasi dan trauma listrik. Semua agen fisik tersebut dapat menyebabkan perubahan atau pergeseran struktur sel yang mengakibatkan terganggunya fungsi sel yang akhirnya menyebabkan kematian sel.



Gambar 5.2. Cedera Akibat Trauma Agen Fisik

4. Agen mikrobiologi Agen mikrobiologi adalah berbagai jenis bakteri, virus, mikoplasma, klamida, jamur dan protozoa yang mengeluarkan eksotoksin yang dapat merusak dinding sel sehingga dinding fungsi sel terganggu dan akhirnya menyebabkan kematian sel.
5. Mekanisme imun Reaksi imun sering menjadi penyebab kerusakan pada sel. Sebagai contoh penyakit alergi yang

sering dialami pasien usia lanjut atau karena reaksi imun lain yang menimbulkan gatal atau kerusakan sel kulit.

D. Mekanisme Adaptasi Sel

Mekanisme adaptasi sel adalah cara di mana sel-sel merespons perubahan lingkungan atau kondisi fisiologis untuk mempertahankan keseimbangan internal atau homeostasis. Ada beberapa jenis adaptasi sel yang dapat terjadi (Nelson, 2003):

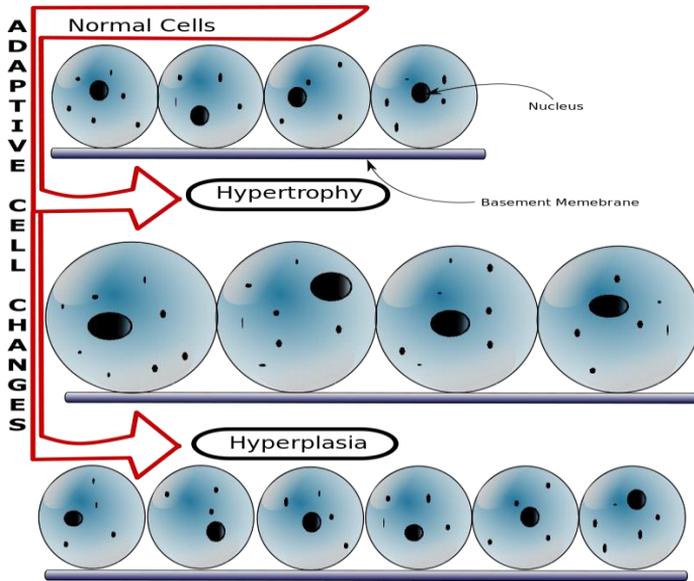
1. Hipertrofi adalah mekanisme adaptasi sel yang melibatkan peningkatan ukuran sel akibat peningkatan volume sitoplasma dan organel-organel di dalam sel. Hipertrofi biasanya terjadi sebagai respons terhadap peningkatan permintaan fungsional pada sel. Ada dua jenis utama hipertrofi: fisiologis dan patologis.
2. Hipertrofi Fisiologis: Ini adalah jenis hipertrofi yang terjadi dalam kondisi normal dan sehat sebagai respons terhadap rangsangan fisik atau hormonal. Ini adalah cara tubuh menyesuaikan diri dengan meningkatnya beban atau permintaan fungsional. Contoh yang umum adalah pertumbuhan otot pada atlet atau binaragawan yang terlibat dalam latihan beban berat. Selama latihan, otot-otot mengalami mikro trauma yang merangsang mereka untuk tumbuh lebih besar dan lebih kuat sebagai respons adaptasi.
3. Hipertrofi Patologis: Ini adalah jenis hipertrofi yang terjadi sebagai respons terhadap kondisi patologis atau penyakit tertentu. Misalnya, hipertrofi otot jantung yang terjadi pada pasien dengan hipertensi kronis atau penyakit katup jantung. Dalam kasus ini, jantung harus bekerja lebih keras untuk mengatasi resistensi tekanan darah tinggi atau kerusakan katup, dan akibatnya, otot jantung bertambah besar dalam usaha untuk memenuhi permintaan ini.

Faktor-faktor molekuler dan sinyal seluler memainkan peran kunci dalam mekanisme hipertrofi. Beberapa protein dan jalur sinyal penting yang terlibat dalam hipertrofi termasuk protein kinase C (PKC), faktor pertumbuhan seperti IGF-1 (insulin-like growth factor 1), dan jalur sinyal MAPK (mitogen-

activated protein kinase). Faktor-faktor ini berperan dalam merangsang sintesis protein dan pertumbuhan seluler yang mengarah pada peningkatan ukuran sel. Hipertrofi yang berlebihan atau kronis dapat berkontribusi pada perkembangan penyakit seperti penyakit jantung hipertrofik, di mana pembesaran otot jantung dapat mengurangi kemampuan pompa jantung dan menyebabkan masalah kesehatan serius. Oleh karena itu, sifat adaptif atau patologis hipertrofi dapat sangat tergantung pada konteks dan faktor penyebabnya

4. Hiperplasia: Ini melibatkan peningkatan jumlah sel akibat pembelahan sel yang lebih cepat. Terjadi dalam respons terhadap stimulus atau rangsangan tertentu. Contohnya adalah hiperplasia kelenjar payudara selama kehamilan atau hiperplasia kelenjar tiroid pada respons terhadap defisiensi hormon tiroid.
5. Metaplasia: Ini adalah perubahan jenis sel yang terjadi sebagai respons terhadap iritasi atau perubahan lingkungan kronis. Sel-sel satu jenis digantikan oleh sel-sel jenis lain yang lebih tahan terhadap stres tersebut. Contohnya adalah perubahan dari epitel silinder berlapis menjadi epitel skuamosa berlapis pada orang yang merokok.
6. Atrofi: Ini adalah penurunan ukuran sel dan fungsi karena pengurangan permintaan fungsional atau nutrisi yang kurang. Atrofi dapat terjadi karena kurangnya penggunaan atau stimulasi sel, seperti yang terjadi pada otot yang tidak digunakan.
7. Apoptosis: Ini adalah kematian sel terprogram yang terjadi secara normal dalam perkembangan dan pemeliharaan keseimbangan tubuh. Apoptosis membantu menghilangkan sel-sel yang rusak, tidak diperlukan, atau yang mengancam keseimbangan.
8. Autophagy: Ini adalah proses di mana sel menguraikan dan mendaur ulang komponen sel yang rusak atau usang untuk mempertahankan fungsi seluler yang sehat. Autophagy membantu menjaga keseimbangan dan kelangsungan hidup sel.

Semua mekanisme adaptasi sel bertujuan untuk memungkinkan sel bertahan dalam menghadapi perubahan lingkungan atau stres yang berubah-ubah. Namun, penting untuk diingat bahwa dalam beberapa kasus, adaptasi sel mungkin tidak cukup dan dapat berkontribusi pada perkembangan penyakit jika stres terus berlanjut atau berlebihan.



Gambar 5.3. Adaptasi Sel

E. Proses Kematian Sel

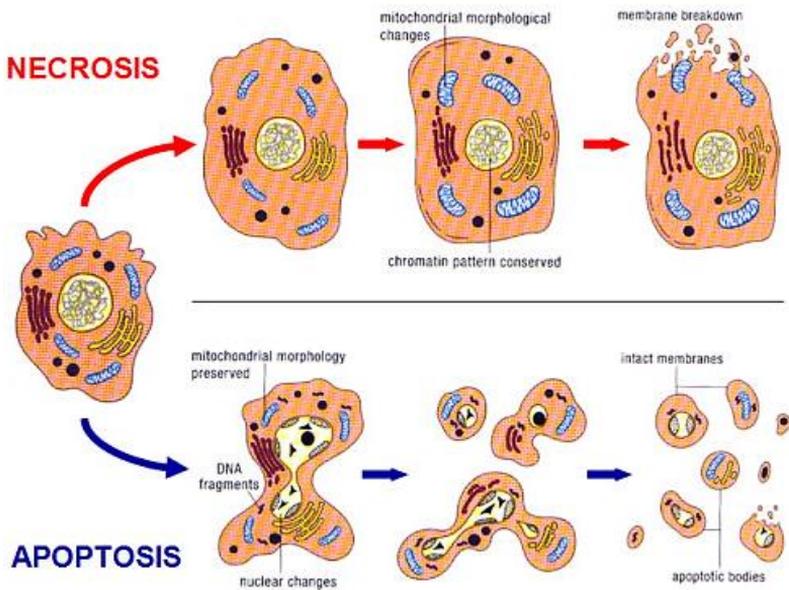
Akibat jejas yang paling ekstrem adalah kematian sel (cellular death). Kematian sel dapat mengenai seluruh tubuh (somatic death) atau kematian umum dan dapat pula setempat, terbatas mengenai suatu daerah jaringan teratas atau hanya pada sel-sel tertentu saja. Terdapat dua jenis utama kematian sel, yaitu apoptosis dan nekrosis. Apoptosis (dari Bahasa Yunani apo= dari dan ptosis= jatuh) adalah kematian yang terprogram (program cell death) yang normal terjadi dalam perkembangan sel untuk menjaga keseimbangan pada organisme multiseluler. (Zimmermann and Green, 2001)

Apoptosis adalah proses alami kematian sel terprogram yang terjadi dalam tubuh sebagai bagian dari perkembangan normal, pemeliharaan homeostasis, dan penghapusan sel yang rusak atau tidak diperlukan. Apoptosis merupakan mekanisme yang sangat teratur dan terkontrol yang melibatkan sejumlah tahapan kompleks. Ini adalah cara tubuh menghilangkan sel-sel yang tidak diperlukan, rusak, atau berpotensi membahayakan.

Berikut adalah tahapan-tahapan utama dalam proses apoptosis:

1. **Pengecilan Sel dan Pembungkukan Membran:** Sel yang mengalami apoptosis mengalami pengecilan dan pembentukan tonjolan atau bungkukan di membran sel.
2. **Kondensasi Nukleus:** Nukleus (inti sel) mengalami kondensasi, yang menyebabkan perubahan dalam struktur DNA.
3. **Pemotongan DNA:** DNA dalam sel mengalami pemotongan menjadi fragmen-fragmen lebih pendek oleh enzim endonuklease. Hasil dari pemotongan ini adalah fragmen DNA yang kemudian akan dibentuk menjadi tubuh-tubuh kecil yang disebut "badan apoptotik".
4. **Perubahan Membran Mitokondria:** Mitokondria mengalami perubahan yang mengakibatkan pelepasan faktor-faktor pro-apoptosis, seperti sitokrom c, dari dalam mitokondria ke dalam sitosol sel.
5. **Aktivasi Kaspase:** Kaspase adalah jenis enzim protease yang berperan penting dalam proses apoptosis. Faktor-faktor pro-apoptosis yang dilepaskan mengaktifkan kaspase, yang kemudian memicu serangkaian reaksi biokimia yang menyebabkan degradasi struktur seluler dan DNA.
6. **Fragmentasi Seluler:** Kaspase merangsang pemecahan struktur seluler dan sitoskeleton, mengakibatkan bentuk sel yang terdistorsi.
7. **Fagositosis:** Setelah sel mengalami apoptosis, tubuh mengaktifkan sel-sel fagosit, yang memakan dan menghilangkan sisa-sisa sel apoptotik. Ini mencegah

merembetnya zat-zat merusak dari sel yang mati ke sel-sel yang sehat.



Gambar 5.4. Proses Kematian Sel

Kematian Sel Sebelumnya sudah dibahas bahwa cedera dan kematian sel dapat disebabkan kekurangan oksigen (hipoksia), bahan kimia, agen fisik, agen mikrobiologi dan mekanisme imun. Berdasarkan tingkat kerusakannya, cedera atau jejas sel dikelompokkan menjadi 2 kategori utama yaitu jejas reversible (degenerasi sel) dan jejas irreversible (kematian sel). Jejas reversible adalah suatu keadaan ketika sel dapat kembali ke fungsi dan morfologi semula jika rangsangan perusak dihilangkan. Sedangkan jejas irreversible adalah suatu keadaan saat kerusakan berlangsung secara terus-menerus, sehingga sel tidak dapat kembali ke keadaan semula dan sel itu akan mati.

Kekurangan oksigen (hipoksia) adalah penyebab paling umum cedera dan kematian seluler. Kondisi berikut dapat menimbulkan masalah seperti iskemia, trombosis, emboli, infark dan nekrosis (Tambayong, 2016). Cedera ini bersifat reversible

pada beberapa keadaan, atau dapat berlanjut menjadi permanen (ireversibel).

1. Iskemik Iskemik merupakan kekurangan suplai darah pada area terlokalisasi. Keadaan ini bersifat reversible, yaitu jaringan kembali pada fungsi normal setelah oksigen dialirkan kembali. Iskemik biasanya terjadi pada adanya aterosklerosis, yaitu penyempitan pada pembuluh darah akibat penimbunan lipid atau lemak. Contoh keadaan ini adalah angina pectoris pada jantung yang memiliki gejala klinik berupa rasa nyeri pada dada sebelah kiri dan menghilang ketika istirahat.
2. Trombosis Trombosis adalah pembentukan bekuan pada lapisan dalam (endotel) pembuluh darah. Trombosis dapat menurunkan aliran darah atau secara total menyumbat pembuluh darah. Trombosis juga dapat terjadi pada lapisan endotel jantung. Trombosis pada arteri dapat menghentikan aliran darah ke area yang dialiri oleh pembuluh tersebut dan menyebabkan iskemik atau infark pada area tersebut
3. Emboli Emboli adalah kumpulan bekuan darah (thrombus) atau bisa juga dari substansi lain seperti kolesterol yang terlepas dari pembuluh darah utama dan memasuki aliran darah yang dapat menuju kemana saja dan menyebabkan berbagai masalah termasuk stroke, jantung koroner, gagal ginjal ataupun emboli paru.
4. Nekrosis adalah keadaan terjadinya perubahan biokimia dan morfologis (tampilan) sel akibat cedera yang fatal pada sel sehingga tidak dapat pulih kembali (ireversibel). Nekrosis juga disebut kematian sel (celluler death) yang dapat terjadi pada seluruh tubuh (somatic death) atau terbatas mengenai suatu jaringan hanya pada sel tertentu saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Bus, J.S., Labus, D. and Patofisiologi, B.S. (no date) 'EGC.'
- Ferrell, J.E. (2016) 'Perfect and Near-Perfect Adaptation in Cell Signaling', *Cell systems*, 2(2), pp. 62–67.
- Nelson, W.J. (2003) 'Adaptation of Core Mechanisms to Generate Cell Polarity', *Nature*, 422(6933), pp. 766–774.
- Sapada, E. and Wita Asmalinda, S.S.T. (2022) *Buku Ajar Patofisiologi*. CV Literasi Nusantara Abadi.
- Zimmermann, K.C. and Green, D.R. (2001) 'How Cells Die: Apoptosis Pathways', *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 108(4), pp. S99–S103.

BAB 6

FARMAKOLOGI DASAR

dr. Liganda Endo Mahata, M.Biomed

A. Pendahuluan

Farmakologi dasar merupakan pemahaman dasar tentang obat-obatan dan interaksinya dengan tubuh manusia atau organisme lain. Terdapat dua topik utama dalam farmakologi dasar yaitu farmakokinetik dan farmakodinamik. Farmakokinetik adalah ilmu yang mempelajari nasib obat di dalam tubuh manusia, dimana obat akan mengalami proses absorpsi, distribusi, metabolisme, dan ekskresi. Selanjutnya farmakodinamik adalah teori reseptor, transmitter saraf, *second messenger*, serta teori agonis-antagonis. (Katzung, Kruidering and Trevor, 2019)

Pemikiran kritis tenaga kesehatan terutama perawat sangat penting dalam memutuskan pemberian terapi yang aman dan efektif terhadap pasien. Sebagai contoh, seorang perawat harus dapat berpikir kritis terkait keamanan pemberian terapi beta bloker kepada pasien, amankah pemberian terapi tersebut disesuaikan dengan frekuensi nadi pasien. Atau, seorang perawat harus jeli dalam menilai apakah terapi yang diberikan dapat mengurangi keluhan pasien. (Sharma, 2018)

Pemahaman tentang farmakologi dasar sangat dibutuhkan dalam keperawatan terutama pada penerapan farmakologi dalam kondisi khusus seperti pada kehamilan, laktasi, neonatus, pediatrik, geriatrik serta pasien dengan penyakit ginjal ataupun hati. Memahami farmakologi dasar dapat menunjang peran perawat dalam proses pemberian obat

serta menerapkan cara penggunaan dan pemberian obat yang aman.

Bab ini akan membahas terkait dengan konsep dasar farmakologi dalam farmakokinetik dan farmakodinamik, bentuk sediaan obat, prinsip pemberian obat, dan pentingnya evaluasi respon obat pada pasien, dengan pemahaman yang baik tentang farmakologi dasar, perawat dapat memberikan perawatan yang komprehensif dan optimal kepada pasien, meminimalkan risiko efek samping, dan meningkatkan keselamatan serta pemulihan pasien secara optimal.

B. Farmakokinetik

Farmakokinetik adalah ilmu yang mempelajari bagaimana perjalanan obat di dalam tubuh. Parameter utama yang dibahas dalam farmakokinetik adalah absorpsi, distribusi, metabolisme, dan ekskresi (ADME). Pemahaman mengenai farmakokinetik dapat membantu tenaga kesehatan dalam memberikan farmakoterapi yang efektif dan minim efek samping karena topik ini akan menganalisis bagaimana obat bergerak dalam sistem tubuh, berapa lama obat menetap di dalam tubuh serta bagaimana tubuh mengeliminasi obat. (Sean and Preuss, 2022)

Proses awal pada farmakokinetik adalah absorpsi. Absorpsi adalah proses obat masuk ke dalam sistem sirkulasi tubuh dari lokasi masuknya obat. Rute administrasi obat ke dalam tubuh antara lain melalui oral seperti mengkonsumsi tablet paracetamol, enteral seperti memasukan obat melalui *nasogastric tube*, rectal seperti memasukan obat suppository, inhalasi menggunakan sediaan obat inhaler, intramuskular, subkutaneus, dan transdermal. (Sharma, 2018)

Absorpsi sangat penting untuk menentukan seberapa cepat dan seberapa banyak obat yang tersedia di dalam sirkulasi darah sehingga dapat mempengaruhi organ atau jaringan target. Proses perpindahan molekul obat menuju sistem sirkulasi dan mencapai target reseptornya sangat dipengaruhi oleh beberapa aspek, yaitu:

1. Rute administrasi obat. Cara pemberian obat memiliki pengaruh signifikan terhadap proses absorpsi obat ke dalam tubuh. Seperti rute intravena, obat langsung disuntikan ke dalam aliran darah, sehingga bioavailabilitas obat menjadi 100 %. Berbeda dengan obat yang masuk melalui rute oral, proses absorpsi akan dipengaruhi oleh interaksi dengan makanan dan stabilitas obat dalam asam lambung, sehingga bioavailabilitasnya akan berkurang. (Sean and Preuss, 2022)
2. Sifat obat. Daya absorpsi obat akan lebih mudah apabila obat memiliki ukuran molekul yang lebih kecil, bersifat *hydrophobic* serta non polar. Obat yang bersifat *hydrophobic* dan non polar akan lebih mudah untuk melewati membran secara difusi pasif sehingga bioavailabilitas obatnya akan lebih tinggi. (Orme, 1984)
3. Kecepatan aliran darah, pada kondisi tekanan darah yang menurun, maka proses absorpsi obat akan semakin berkurang
4. *Contact time* dan total *surface area*, semakin lama *contact time* dan semakin luas *surface area* maka daya absorpsi obat akan semakin meningkat, Klinis seperti diare akan menurunkan durasi *contact time* sehingga daya absorpsi obat pada pasien diare berkurang. Penderita *Irritable Bowel Syndrom* akan mengalami penurunan kemampuan absorpsi obat karena terjadi kerusakan mikrofilia usus sehingga mengurangi *total surface area*.

Proses berikutnya dalam farmakokinetik adalah distribusi. Distribusi adalah proses perpindahan obat dari aliran darah ke berbagai jaringan dan organ dalam tubuh. Setelah obat diserap melalui rute pemberian tertentu (seperti oral atau intravena) dan masuk ke dalam aliran darah, obat akan didistribusikan ke berbagai bagian tubuh sebelum dimetabolisme dan diekskresikan. (Waller and Sampson, 2018)

Distribusi obat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk:

1. Sifat Kimia Obat, seperti kelarutan dalam air atau lemak dapat mempengaruhi seberapa baik obat dapat berpindah melintasi membran sel.
2. Permeabilitas Membran. Membran sel di berbagai jaringan memiliki permeabilitas yang berbeda terhadap obat-obatan. Beberapa obat dapat dengan mudah menembus membran dan masuk ke jaringan tertentu, sedangkan yang lain mungkin lebih terbatas.
3. Aliran Darah. Jaringan dengan aliran darah yang tinggi akan lebih cepat mendapatkan pasokan obat daripada jaringan dengan aliran darah rendah.
4. Ikatan dengan Protein Plasma: Obat-obatan yang terikat pada protein plasma seperti albumin akan memiliki distribusi yang lebih terbatas karena hanya bentuk bebas (tidak terikat) yang dapat berpindah melintasi membran sel.
5. Ukuran Molekul: Ukuran molekul obat dapat mempengaruhi distribusi obat, semakin kecil ukuran molekul akan semakin luas distribusi obat.

Kemampuan distribusi obat dinilai dengan volume distribusi. Volume distribusi (VD) adalah nilai dari seberapa banyak obat tersebar dalam tubuh atau jaringan, dimana rumus dari VD adalah:

$$VD = \frac{F \times D}{C}$$

VD = Volume Distribusi

F = Bioavailabilitas

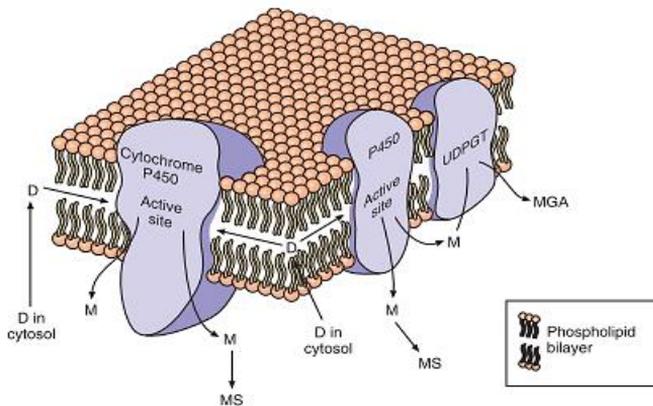
D = Dosis

C = Konsentrasi obat di dalam plasma

Metabolisme adalah proses biokimia berupa pengolahan obat oleh tubuh menjadi senyawa lainnya. Proses ini berupa mengubah obat yang bersifat non-polar menjadi polar sehingga lebih mudah larut dalam air, hal ini bertujuan untuk mempermudah proses ekskresi obat lewat ginjal. Metabolisme

juga dapat berfungsi untuk mengubah obat pro-drug menjadi bentuk aktifnya seperti pemberian Kodein. Kodein akan dimetabolisme oleh CYP 2D6 menjadi morfin. (Sean and Preuss, 2022)

Proses metabolisme dapat terjadi di berbagai bagian tubuh, seperti saluran pencernaan, kulit, plasma, ginjal, atau paru-paru, tetapi sebagian besar metabolisme terjadi melalui reaksi fase I (CYP450) dan fase II di hati. Reaksi fase I umumnya mengubah zat menjadi metabolit polar melalui oksidasi sehingga reaksi konjugasi Fase II dapat terjadi (gambar 6.1). Proses ini umumnya menonaktifkan obat, mengubahnya menjadi metabolit yang lebih hidrofilik, dan memungkinkan obat dikeluarkan dalam urin atau empedu (Waller and Sampson, 2018)



Gambar 6.1. Obat yang larut dalam lemak (D) masuk ke dalam lapisan lemak dari retikulum endoplasma. Sitokrom P450 mengoksidasi obat menjadi metabolit (M) yang lebih mudah larut dalam air dan menyebar keluar dari lapisan lemak. Metabolit tersebut kemungkinan akan mengalami reaksi fase 2 (konjugasi) yang dihasilkan oleh UDP-glukuronil transferase (UDPGT) di dalam retikulum endoplasma, sehingga menghasilkan konjugat glukuronida (MGA), atau dengan sulfat di dalam sitosol untuk menghasilkan MGA sulfat. (Waller and Sampson, 2018)

Metabolisme obat dalam tubuh dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu:

1. Polimorfisme. Polimorfisme genetik pada enzim sitokrom P450 menghasilkan variasi populasi yang memiliki kemampuan berbeda dalam metabolisme obat tertentu. Polimorfisme ini menyebabkan penurunan, peningkatan, atau hilangnya ekspresi atau aktivitas enzim melalui beberapa mekanisme molekuler. (Meyer and Zanger, 1997)
2. Interaksi obat, beberapa obat memiliki sifat menghambat ataupun menginduksi kerja dari enzim sitokrom. Seperti rifampisin, phenytoin dan carbamazepin bersifat menginduksi kerja dari enzim CYP 450 sehingga metabolisme obat menjadi cepat dan konsentrasi obat inaktif akan meningkat, hal ini akan mengurangi efikasi dari terapi obat yang berinteraksi. Contoh lain adalah obat omeprazol, obat ini bersifat menghambat kerja dari CYP 450, hal ini mengakibatkan aktivitas metabolisme obat berkurang dan meningkatkan kadar obat aktif dalam darah, hal ini dapat meningkatkan risiko efek samping obat. (Kennedy, 2020)
3. Gangguan fungsi hepar. Pasien dengan gangguan hepar yang menurun akan menurunkan efektivitas dari enzim sitokrom, sehingga proses metabolisme obat akan menurun dan meningkatkan potensi toksisitas dari suatu obat. (Katzung, Kruidering and Trevor, 2019)

Obat yang telah dimetabolisme tubuh dan menjadi inaktif akan mengalami proses ekskresi. Ekskresi adalah proses pengeluaran obat dan metabolitnya dari tubuh, ginjal merupakan organ utama yang berperan dalam proses ini, walau demikian proses ekskresi juga terjadi melalui feses, keringat, air mata, air susu maupun pernapasan. (Waller and Sampson, 2018)

Terdapat tiga proses ekskresi obat di ginjal yaitu filtrasi glomerulus, reabsorpsi pada tubulus dan sekresi tubulus. Molekul obat yang kecil dari 20kDa dan tidak terikat dengan protein plasma dapat diekskresikan dari tubuh melalui filtrasi glomerulus memanfaatkan tekanan positif hidrostatik. Hasil filtrasi glomerulus tidak seluruhnya menjadi urine, beberapa

substrat seperti karbohidrat, asam amino, vitamin dan beberapa obat-obatan yang bersifat lipofilik akan direabsorpsi. Obat-obatan yang bersifat polar dan besar dapat juga diekskresikan melalui sekresi tubular ginjal dengan bantuan transporter, seperti *Organic Anion Transporter* dan *Organic Cation Transporter*. (Waller and Sampson, 2018)

C. Farmakodinamik

Farmakodinamik adalah ilmu yang mempelajari bagaimana obat berinteraksi dengan sistem biologis dan menghasilkan efek farmakologi di dalam tubuh. Farmakodinamik mencakup cara kerja obat berinteraksi dengan target biologisnya, mekanisme aksi obat dan interaksi obat dengan sistem biologis. (Katzung, Kruidering and Trevor, 2019)

Obat bekerja dengan cara berinteraksi dengan reseptor spesifik di dalam tubuh. Mekanisme kerja obat tergantung pada jenis obat dan reseptor yang diinteraksikan, secara garis besar mekanisme kerja obat dapat dibagi menjadi tiga, yaitu agonis, antagonis, dan agonis negatif. (Katzung, Kruidering and Trevor, 2019)

Agonis adalah obat yang efeknya menyerupai senyawa endogen, berdasarkan kemampuannya obat agonis diklasifikasikan menjadi obat full agonis, partial agonis dan inverse agonis. Obat full agonis mampu sepenuhnya mengaktifkan sistem efektif saat berikatan dengan reseptor dan memberi efek menyerupai endogen, sedangkan partial agonis menghasilkan efek kurang dari efek penuh. Inverse agonis adalah obat yang memberi efek berkebalikan dengan endogen, obat ini bersifat menginaktifkan reseptor. (Brunton, Dandan and Knollmann, 2018)

Antagonis adalah obat yang mengikat reseptor tanpa menghasilkan respon biologis yang biasanya dihasilkan oleh endogen. Antagonis bertindak dengan menginhibisi agonis atau endogen alami berikatan dengan reseptor. Kondisi ini dapat menghasilkan efek mengurangi atau menghentikan respon dari suatu kondisi yang tidak diharapkan. Berdasarkan cara

kerjanya, terdapat dua jenis antagonis utama, yaitu antagonis reseptor dan antagonis fungsional. Antagonis reseptor bekerja dengan mengambil site reseptor binding sehingga menghalangi agonis untuk berikatan dengan reseptornya dan mencegah respon biologis yang dapat terjadi. Antagonis fungsional bertindak dengan cara mengganggu jalur signal atau mekanisme biokimia tertentu, hal ini biasanya dengan menghambat enzim-enzim tertentu. (Katzung, Kruidering and Trevor, 2019)

D. Medication Safety

Medication safety mengacu pada upaya dan praktik yang memastikan pasien menerima pengobatan farmakologis secara aman, efektif dan tepat. Tujuan utama dari medication safety adalah menghindari risiko kesalahan pemberian terapi yang dapat merugikan pasien, termasuk efek samping obat, interaksi obat yang tidak diinginkan dan tidak tepat dosis. (Stefanacci and Riddle, 2016)

Pertimbangan dosis memainkan peran penting dalam memahami efek yang muncul pada pasien setelah pemberian obat. Selama pemberian terapi, perawat harus memperhatikan secara cermat efek respon terapeutik pasien. Oleh karena itu, perawat harus memahami efikasi obat serta rentang dosis aman untuk obat yang akan diberikan kepada pasien.

Terdapat tiga prinsip respon obat yang harus dipahami oleh seorang perawat agar dapat memberikan rencana perawatan pasien yang baik, yaitu onset, peak, dan durasi. Onset adalah waktu saat obat pertama kali mulai berfungsi, peak merujuk pada konsentrasi maksimal obat dalam tubuh sehingga memberi efek terapi terbaik bagi pasien, dan durasi adalah lamanya waktu obat menghasilkan efek terapeutik yang diinginkan. (Sharma, 2018)

Pemahaman akan farmakokinetik dan farmakodinamik akan membantu tenaga medis dalam mempertimbangkan dosis yang efektif dan aman untuk pasien. Pasien neonatus ataupun anak-anak belum memiliki fungsi ginjal yang optimal. Sehingga filtrasi glomerulus, reabsorpsi, dan sekresi tubulusnya belum

efektif. Akibatnya, pasien dengan golongan umur ini tidak dapat mengeluarkan obat dengan efisien dari tubuhnya. Dengan dasar ini, pemberian dosis untuk kelompok umur neonatus dan anak-anak lebih rendah dan disesuaikan dengan berat badannya. Selain itu, proses distribusi dan metabolisme dari pasien anak juga belum matang, sehingga potensi terjadinya toksisitas akibat pengobatan akan lebih tinggi. (Sharma, 2018)

Tidak hanya golongan neonatus dan anak-anak. Golongan geriatri juga harus diperhatikan. Seringkali fungsi ginjal dan hepar sudah mulai berkurang, hal ini dapat menyebabkan proses ekskresi obat berkurang, akibatnya durasi obat di dalam tubuh lebih lama dan meningkatkan efek toksisitas pada pasien geriatri. Dosis obat yang lebih kecil akan lebih direkomendasikan untuk pasien geriatri. (Sharma, 2018)

E. Interaksi Obat

Interaksi obat adalah interaksi yang terjadi antara dua atau lebih obat, suplemen atau dengan makanan dan minuman. Dampak yang dapat timbul dari kejadian ini adalah penurunan efikasi obat sehingga terjadi kegagalan terapi atau peningkatan efektivitas obat sehingga terjadi toksisitas. (Javier and Rivera, 2018) Berdasarkan tempat terjadinya, interaksi obat dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu interaksi farmaseutikal, interaksi farmakokinetik, dan interaksi farmakodinamik.

Interaksi Farmaseutikal timbul di luar tubuh akibat hasil kontak antara dua atau lebih zat aktif dalam formulasi obat. Interaksi farmakokinetik adalah penggunaan dua atau lebih obat secara bersamaan yang menyebabkan terpengaruhnya proses penyerapan, distribusi, metabolisme dan ekskresi obat satu sama lain. Sedangkan interaksi farmakodinamik adalah interaksi antara dua atau lebih obat pada tingkat reseptor atau jalur transduksi sinyal sehingga mempengaruhi respon biologis yang dihasilkan. (Katzung, Kruidering and Trevor, 2019)

Kondisi pasien khusus seperti pasien dengan kelainan fungsi hepar juga harus diperhatikan dalam pemberian terapi. Masalah peresepan obat sering dilaporkan pada pasien dengan

penyakit hati lanjut. Studi In Vitro menunjukkan terjadi perubahan aktivasi enzim CYP2B6 dan CYP2C9 pada pasien perlemakan hati, hal ini tentu akan menstimulasi interaksi farmakokinetik pada penggunaan obat tertentu. (Rey-Bedon et al., 2022)

Dampak dari interaksi obat dapat terjadi dalam tiga tingkatan, yaitu interaksi mayor, pada kondisi ini efek dari interaksi berpotensi mengancam jiwa atau mengakibatkan kerusakan permanen terhadap organ tubuh. Interaksi moderate menyebabkan terjadi perubahan status klinis pasien, dan interaksi minor yaitu efek samping yang timbul tidak berbahaya sehingga tidak memerlukan terapi tambahan khusus. (Agustin dan Fitrianiingsih, 2020)

Masalah interaksi obat harus menjadi perhatian bagi praktisi kesehatan tidak terkecuali perawat. Praktisi klinis memiliki tanggung jawab untuk menjamin terapi yang diberikan kepada pasien dapat mencapai target terapi yang direncanakan. Pengkajian dalam mengidentifikasi kemungkinan terjadinya interaksi obat dan memberikan informasi penanganan yang tepat oleh perawat dapat menjadi salah satu langkah upaya pencegahan, deteksi dan pelaporan interaksi obat. (Javier and Rivera, 2018)

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, O. A. and Fitriyaningsih (2020) 'Kajian Interaksi Obat Berdasarkan Kategori Signifikansi Klinis Terhadap Pola Peresepan Pasien Rawat Jalan Di Apotek X Jambi', *Electronic Journal E-SEHAD*, 1(1), pp. 1-10. Available at: <https://online-journal.unja.ac.id/e-sehad/article/view/10759>.
- Brunton, L., Dandan, R. H. and Knollmann, B. (2018) *Goodman and Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics*. 13th edn, Mc Graw Hill Education. 13th edn. doi: 10.4324/9780203813034.
- Javier, B. and Rivera, A. (2018) 'Drug Interactions: What You Should Know', Council on Family Health.
- Katzung, B., Kruidering, M. and Trevor, A. (2019) *Pharmacology Examination & Board Review (Twelfth Ed)*, McGraw-Hill Companies.
- Kennedy, C. (2020) 'Drug interactions Key points', *Medicine*, pp. 1-6. doi: 10.1016/j.mpmed.2020.04.001.
- Meyer, U. A. and Zanger, U. M. (1997) 'Molecular mechanisms of genetic polymorphisms of drug metabolism', *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 37, pp. 269-296. doi: 10.1146/annurev.pharmtox.37.1.269.
- Orme, M. (1984) 'Drug absorption in the gut', *British Journal of Anaesthesia*, 56(1), pp. 59-67. doi: 10.1093/bja/56.1.59.
- Rey-Bedon, C. et al. (2022) 'CYP450 drug inducibility in NAFLD via an in vitro hepatic model: Understanding drug-drug interactions in the fatty liver', *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 146, pp. 1-22. doi: 10.1016/j.biopha.2021.112377.
- Sean, G. and Preuss, C. V (2022) 'Pharmacokinetics', in NCBI. StatPearls Publishing LLC. This, pp. 5-7.

Sharma, H. (2018) 'Nursing Pharmacology', Clinical Record Book of Medical-Surgical Nursing, pp. 31-31. doi: 10.5005/jp/books/14252_8.

Stefanacci, R. G. and Riddle, A. (2016) Preventing medication errors, Geriatric Nursing. doi: 10.1016/j.gerinurse.2016.06.005.

Waller, D. and Sampson, A. (2018) 'The biological basis of pharmacokinetics', Pharmacokinetics. Medical Pharmacology and Therapeutics, pp. 33-62. doi: 10.1016/B978-0-7020-7167-6.00002-6.

BAB

7

ANATOMI FISIOLOGI SISTEM CARDIOVASKULER

Anida, S.Kep., Ns., M.Sc

A. Definisi

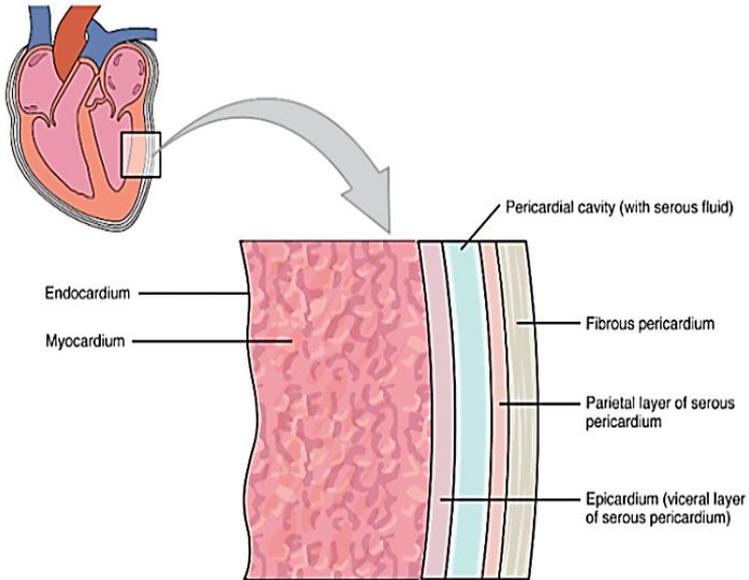
Jantung dapat didefinisikan sebagai sebuah rongga, rongga organ berotot yang memompa darah melalui pembuluh darah akibat kontraksi otot jantung yang berulang. Jantung adalah organ yang terletak dalam rongga dada, diantara kedua paru yang berfungsi untuk memompa darah ke seluruh bagian tubuh. Jantung adalah sebuah organ vital berotot yang mempunyai empat ruang yang terletak di rongga dada, dilindungi oleh tulang iga, dan lebih sedikit ke sebelah kiri sternum.

Sistem kardiovaskuler merupakan system yang menjelaskan tentang sirkulasi darah yang terjadi pada tubuh manusia, sirkulasi yang baik dapat dilihat dari komponen di dalamnya. dalam kondisi yang baik besar jantung pada orang dewasa 250-360 gr letak jantung berada di rongga mediastinum medialis sebelah kiri, di belakang sternum, di depan dari tulang belakang dan di atas diafragma serta dikelilingi oleh paru kanan dan kiri (Yudha, 2017).

Jantung terletak dalam rongga dada antara paru-paru kiri dan kanan (rongga mediastinum), diatas diafragma agak ke kiri. Adapun batas jantung adalah : batas kiri: Rongga intercosta kelima, batas kiri adalah pada 1 jari media dari garis midclavicularis, batas kanan di parasternal kanan, batas atas pada rongga intercosta kedua dan batas bawah ada di rongga intercosta kelima. Bentuk jantung seperti buah mangga, dengan

ukuran sebesar tinju (250-300 gr). ukuran jantung dipengaruhi oleh umur, jenis kelamin, tinggi badan, lemak perikardium, dan status nutrisi. Bagian atas jantung lebih tumpul disebut dengan BASIS CORDIS dan bagian bawah lebih runcing disebut APEX CORDIS.

B. Lapisan Jantung



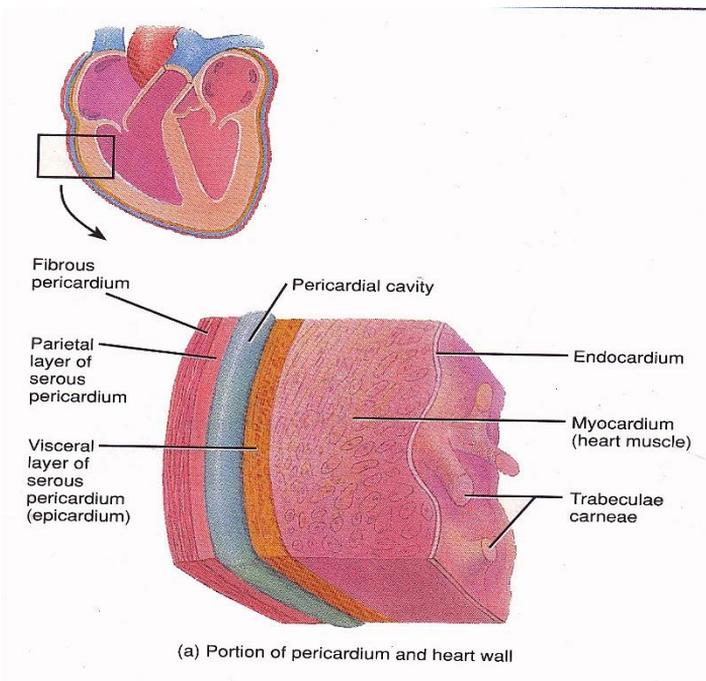
Gambar 7.1. Lapisan Jantung

Jantung adalah organ yang vital untuk tubuh manusia maka jantung dilapisi oleh selaput yang kuat, dan dikelilingi oleh rongga perikardium yang terdiri oleh 2 lapisan perikardium. Bagian luar perikardium terdapat pembuluh darah besar dan diletakkan oleh ligament pada kolumna vertebralis, diafragma, dan bagian-bagian jaringan lain di dalam rongga mediastinum (Yudha, 2017). Lapisan perikardium terdiri dari :

1. Perikardium, merupakan selaput-selaput yang mengitari jantung yang terdiri atas dua lapisan, yaitu:
 - a. Perikardium parietalis (lapisan luar yang melekat pada tulang dada dan selaput paru).

- b. Perikardium visceralis (lapisan permukaan dari jantung yang disebut epikardium).

Diantara kedua lapisan perikardium,terdapat rongga atau cavum yang disebut cavum perikardium. Cavum tersebut menghasilkan lebih kurang 50 cc cairan perikardium yang berfungsi sebagai pelumas agar tidak terjadi gesekan antara perikardium dan epikardium yang timbul akibat gerak jantung saat memompa.



Gambar 7.2. Lapisan Perikardium

2. Miokardium

Miokardium merupakan lapisan tengah (lapisan inti) dari jantung dan paling tebal dan tersusun dari otot-otot jantung. Karena lapisannya tersusun dari jaringan otot maka jantung dapat melakukan fungsi memompanya dengan cara kontraksi dan relaksasi pada otot jantung.

3. Endokardium

Endokardium merupakan lapisan paling luar yang terdiri dari jaringan endotel. Jika dilihat lapisan jantung ini berbentuk lembaran atau sinsitium, sehingga pada jantung ini jika satu otot jantung berkontraksi maka seluruh otot jantung berkontraksi dalam waktu yang bersamaan.

C. Ruang Jantung

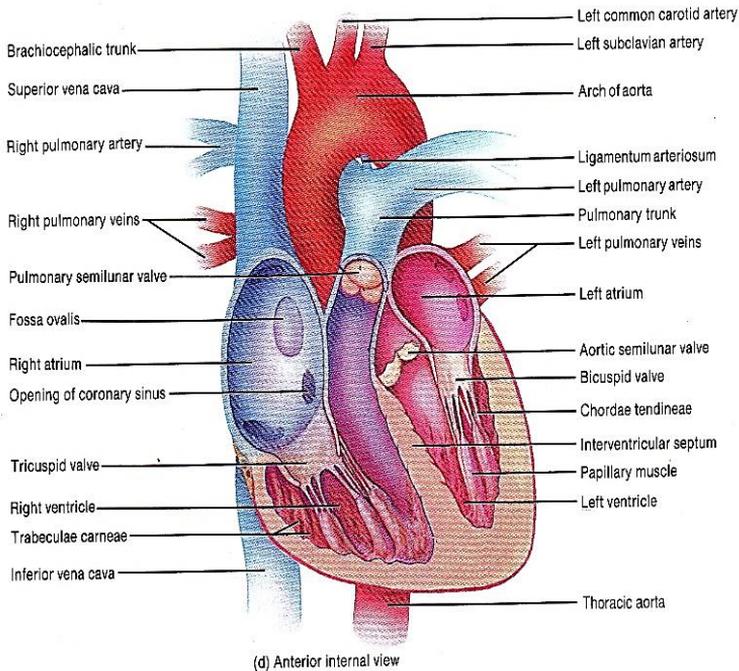
Jantung mempunyai 2 ruang yaitu ruang atrium dan ruang ventrikel (Muttaqin, 2009). Ruang atrium mempunyai lapisan lebih tipis dibandingkan ventrikel dengan lapisan yang lebih tebal.

Dua ruang jantung tersebut masing - masing dipisahkan oleh sekat yang disebut dengan Septum.

2 ruang jantung masing masing terbagi menjadi :

1. Atrium : ruang jantung yang memiliki lapisan lebih tipis dibagi menjadi
 - a. Atrium dextra : ruang jantung yang menerima darah yang berasal dari vena kava superior, vena kava inferior, dan sinus coronarius, selanjutnya memompakan darah menuju ke ventrikel dextra
 - b. Atrium sinistra : ruang jantung yang menerima darah yang berasal dari paru melalui vena pulmonalis dextradan sinistra, selanjutnya memompakan darah ke ventrikel sinistra
2. Ventrikel : ruang jantung yang memiliki lapisan lebih tebal yang terdiri dari :
 - a. Ventrikel dextra : ruang jantung yang menerima darah dari atrium dextraselanjutnya akan memompakan darah menuju paru - paru melalui arteri pulmonalis dextradan sinistra. Darah yang dipompakan merupakan darah yang sedikit oksigen dan kaya CO₂. Atrium dextrajuga disebut sebagai penampungan (reservoir) karena atrium dextramenerima dan menampung darah yang rendah oksigen dari seluruh tubuh.

- b. Ventrikel sinistra : ruang jantung yang menerima darah dari atrium sinistra selanjutnya memompakan darah menuju ke aorta. Darah yang dipompakan adalah darah yang banyak kandungan oksigen dan sedikit CO₂.



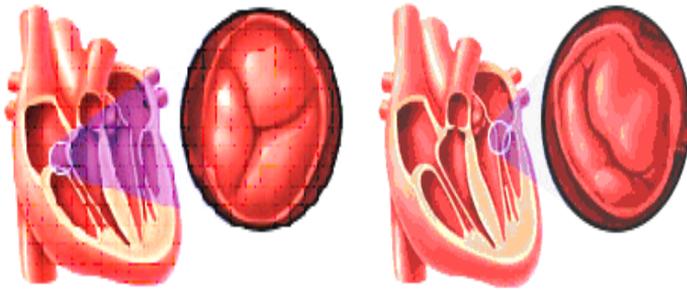
Gambar 7.3. Ruang Jantung

D. Katup Jantung

Jantung memiliki beberapa katup - katup yang sangat penting dalam susunan peredaran darah dan pergerakan jantung

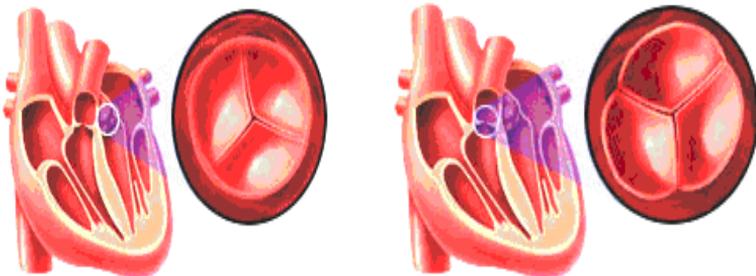
1. Katup Atrioventrikuler

- a. Valvula Trikuspidalis, terdapat diantara atrium dextradengan ventrikel dextrayang terdiri dari 3 katup.
- b. Valvula Bikuspidalis, terletak diantara atrium sinistra dengan ventrikel sinistra yang terdiri dari 2 katup.



Gambar 7.4. Katup Atrioventrikuler

2. Katup Semilunier
 - a. Katup Semilunaris Pulmonalis : terletak antara ventrikel dextradengan arteri pulmonalis, tempat darah mengalir dari ventrikel dextrake paru - paru.
 - b. Katup Semilunaris Aorta : terletak antara ventrikel sinistra dengan aorta tempat darah mengalir dari ventrikel sinistra menuju ke seluruh tubuh.

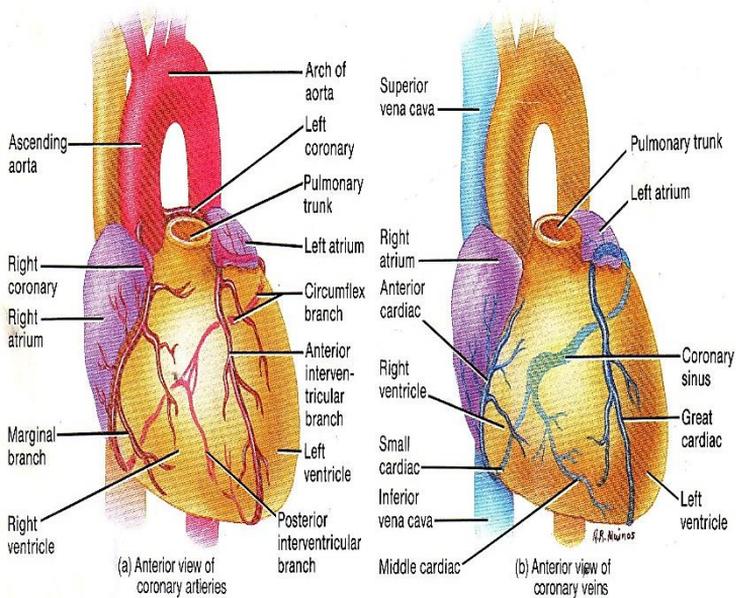


Gambar 7.5. Katup Semilunier

E. Pembuluh Darah

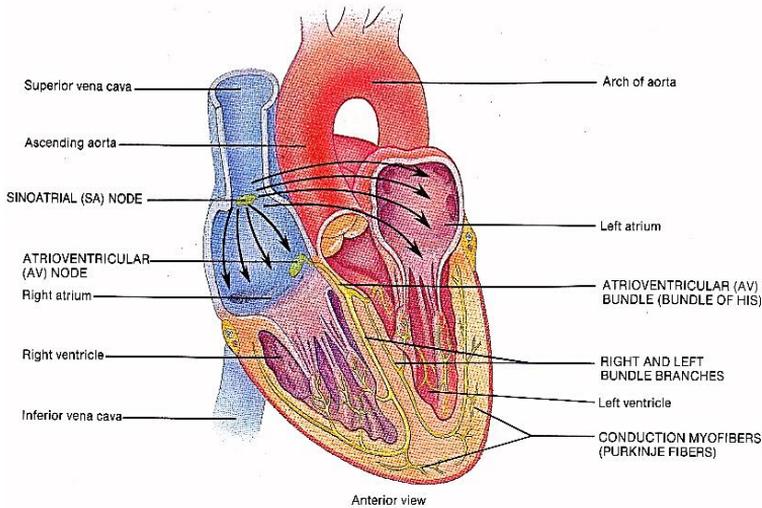
1. Pembuluh Darah yang masuk ke Jantung
 - a. Vena kava : pembuluh darah yang membawa darah masuk ke atrium dextradari seluruh tubuh. Vena kava terdiri dari vena kava superior dan inferior, darah yang dibawa adalah darah yang kaya CO₂.
 - b. Vena pulmonalis : pembuluh darah yang membawa darah menuju ke atrium sinistra dari paru-paru. Darah yang dibawa adalah darah yang kaya O₂.

2. Pembuluh Darah yang keluar ke Jantung
 - a. Aorta : pembuluh darah paling besar yang membawa darah keluar dari ventrikel sinistra menuju seluruh tubuh, darah yang dibawa adalah darah yang kaya O₂.
 - b. Arteri pulmonalis : pembuluh darah yang membawa darah keluar dari ventrikel dextra ke paru-paru, darah yang dibawa adalah darah yang kaya CO₂.
3. Arteri coronaria : pembuluh darah pada dinding jantung yang berfungsi untuk memberi nutrisi otot jantung.



Gambar 7.6. Pembuluh Darah Jantung

F. Sistem Konduksi Listrik Jantung



Gambar 7.7. Sistem Konduksi Listrik Jantung

Jantung mempunyai sistem intrinsik artinya otot jantung memiliki sifat otomatis terstimulasi untuk berkontraksi tanpa harus ada rangsangan atau stimulasi dari luar. Hal tersebut disebut dengan autoritmik. Pada sebagian sel neuromuskular khusus pada miokardium melakukan inisiasi dan konduksi impuls yang dapat menyebabkan kontraksi otot jantung tetap sinkron dan terkoordinasi. Adapun sistem konduksi jantung terdiri dari :

1. Nodus Sinoatrial (SA Node)

Nodus AV terletak di dinding atrium dextradekat lubang vena kava superior. Nodus SA merupakan pacemaker utama dari jantung, nodus SA secara normal menginisiasi impuls listrik semakin lebih cepat menuju ke atrium sehingga akan menyebabkan kontraksi pada atrium.

2. Nodus Atrioventrikuler (AV Node)

Nodus AV terletak di septum atrium dekat katup atrioventrikuler. Nodus AV mendapatkan impuls dari SA Node melalui atrium, sehingga ada keterlambatan impuls karena atrium harus menyelesaikan kontraksi sebelum

ventrikel berkontraksi. AV Node ini disebut pacemaker kedua dan dapat mengambil alih fungsi SA Node jika terjadi masalah pada SA Node. Kecepatan listriknya lebih lambat dibanding SA Node.

3. Berkas Atrioventrikuler (Berkas AV atau Berkas His)

Berkas his merupakan masa serat khusus yang berasal dari AV Node. Berkas his ini melewati cincin fibrosa yang memisahkan atrium dan ventrikel, selanjutnya di ujung atas septum ventrikel berkas menjadi cabang berkas his kanan dan kiri. Di dalam miokardium ventrikel, cabang ini bercabang lagi menjadi serat - serat halus yang disebut serabut purkinje. Berkas his, cabang berkas his, dan serabut purkinje menghantarkan impuls listrik dari AN Node ke apeks miokardium sehingga kontraksi ventrikuler dimulai kemudian bergerak ke atas dan keluar memompa darah ke arteri pulmonal dan aorta.

G. Sirkulasi Darah

Sirkulasi dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

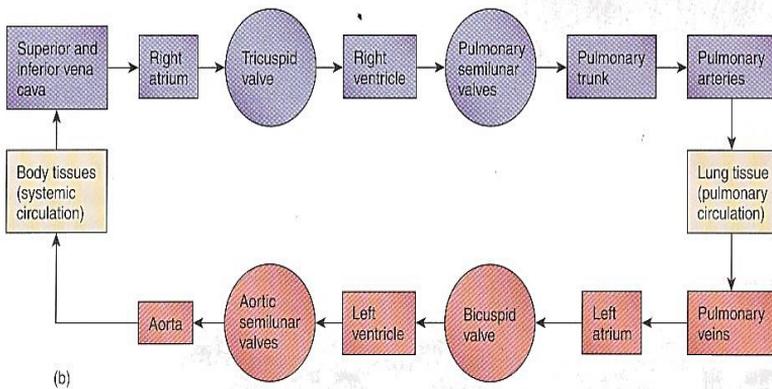
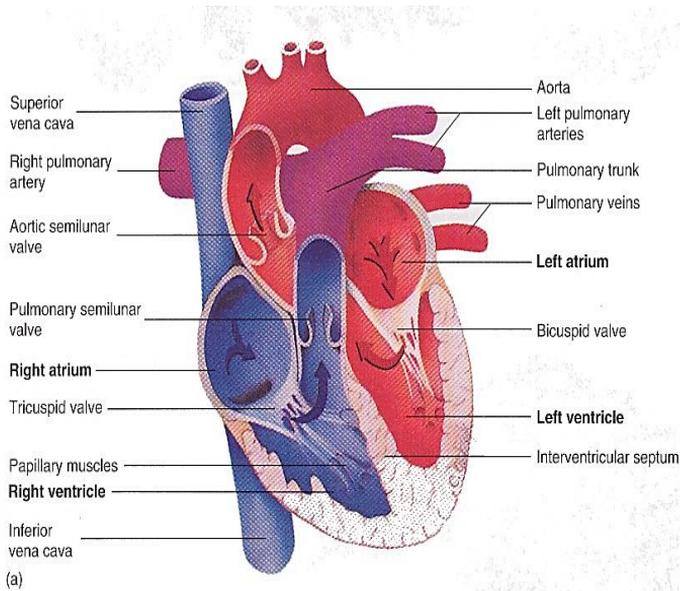
1. Sirkulasi Pulmonal

Sirkulasi pulmonal dilakukan oleh jantung bagian dekstra. Sirkulasi pulmonal dimulai darah masuknya darah dari vena kava superior, vena kava inferior, sinus coronarius kemudian menuju ke atrium dekstra, melalui katup trikuspidalis masuk ke ventrikel dextraselanjutnya darah masuk ke paru - paru melalui arteri pulmonalis.

2. Sirkulasi Sistemik

Sirkulasi pulmonal dilakukan oleh jantung bagian sinistra. Sirkulasi sistemik dimulai dari darah dari paru menuju ke atrium sinistra melalui vena pulmonalis dextradan sinistra, kemudian masuk ke ventrikel sinistra melalui katup bikuspidalis dan dari ventrikel sinistra melalui katup aorta darah menuju ke aorta ke seluruh tubuh.

3. Sirkulasi koroner : berawal dari arteri koronaria yang berasal dari percabangan di aorta menuju ke seluruh badan jantung.



Gambar 7.8. Sirkulasi Darah

H. Sirkulasi Jantung

Fungsi utama jantung adalah untuk mempertahankan sirkulasi darah yang konstan ke seluruh tubuh. Siklus adalah suatu keadaan yang terjadi dalam jantung selama peredaran darah. Jumlah siklus jantung per menit berkisar 60 - 80 kali denyut. Siklus jantung terdiri dari : Sistole Atrial, Sistole ventrikuler, relaksasi (awal diastole) dan relaksasi akhir (akhir diastolik).

1. Sistole Atrial (Kontraksi Atrium)

Nodus SA menembakkan impuls listrik seperti yang dikeluarkan oleh saraf yang memulai tahap kontraksi. Sebagian impuls menyebar melalui dinding atrium dan merangsang kontraksi otot jantung atrium. Aktivitas ini menyebabkan darah dipompa di dalam atrium keluar melalui katup atrioventrikuler menuju ke ventrikel, dan kondisi ventrikel masih berelaksasi. Pada kondisi ini menyebabkan atrium berkontraksi dalam waktu 0,1 detik sebagian besar sinyal menjalar ke nodus AV lebih cepat.

2. Sistole Ventrikuler (Kontraksi Ventrikel)

Nodus AV mendorong impuls ke sepanjang serat penghantar di dalam septum (dinding sekat) ke ventrikel di bawah dan ke atas melalui otot ventrikel. Pada fase ini merupakan fase denyut jantung paling aktif dan paling kuat, otot jantung yang tebal dalam dinding ventrikel berkontraksi akibat rangsangan dari nodus AV. Hal ini menyebabkan tekanan ventrikel meningkat sehingga membuka katup aorta dan pulmonal pada pintu ventrikel. Karena pembukaan katup semilunar maka darah terdorong keluar menuju arteri utama dan mengunci kembali katup atrioventrikuler.

3. Relaksasi (Awal Diastole)

Impuls menjalar melalui dinding ventrikel kembali ke arah atrium dalam waktu 0,2 detik dari nodus SA kemudian menembakkan sinyal lagi untuk melanjutkan siklus. Dinding ventrikel mulai relaksasi sehingga tekanan di ventrikel menurun. Tekanan darah yang baru dikeluarkan di arteri utama menjadi meningkat, sehingga katup aorta dan pulmonal menutup. Hal ini untuk mencegah aliran balik ke ventrikel. Saat tekanan ventrikel pada katup AV menurun, maka katup terbuka agar tekanan dalam atrium menurun sehingga darah bisa masuk kembali dari vena utama.

4. Relaksasi Akhir (Akhir Diastolik)

Nodus AV bersifat tidak aktif pada sebagian besar diastol. Saat sistol sudah dekat nodus ini mulai mengirim

gelombang impuls listrik yang akan mengatur denyut jantung. Pada tahap urutan denyut jantung ini dinding otot jantung mengalami relaksasi. Atrium mengembang sedikit karena terisi darah bertekanan rendah dari vena utama. Darah yang miskin oksigen dari tubuh masuk ke atrium dextrasedangkan darah yang kaya oksigen masuk ke atrium sinistra. Sebagian darah di atrium mengalir ke ventrikel sehingga pada tahap akhir ventrikel terisi sekitar 80 % dari volume total.

DAFTAR PUSTAKA

- Gerard Tortora, 2014, Principles of Anatomy and Physiology,.
- Sanders Tina, Scanlon Valerie, 2006, Essentials of Anatomy and Physiology,.
- Saladin, 2003, Anatomy and Physiology The Unity of Form and Function.
- Rizzo C Donald, 2015, Fundamentals of Anatomy and Physiology.
- Ganong. WF. 1999, Review of Medical Physiology, Philadelphia: JB Lippincott (BU 2)
- Gibson., Jhon. 2002, Fisiologi dan anatomi modern untuk perawatan, Jakarta : EGC (BU 4)

BAB

8

ANATOMI FISILOGI SISTEM RESPIRASI

Dian Mitra D. Silalahi, Ners., M. Kep.

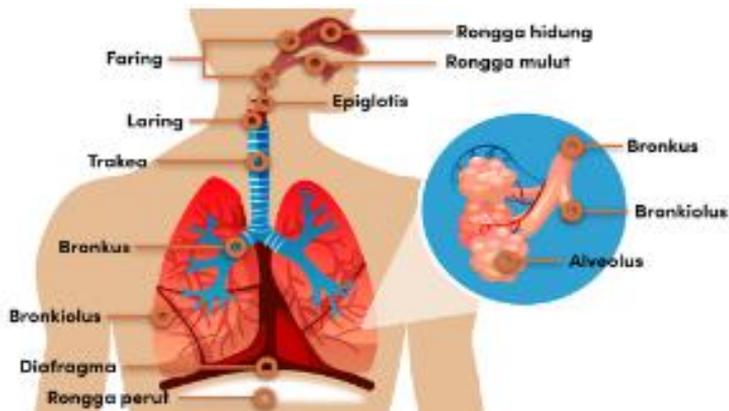
A. Pendahuluan

Setiap makhluk hidup memiliki alat untuk bernapas yang disesuaikan dengan proses pernapasan makhluk hidup tersebut. Pada manusia, pernapasan dijalankan oleh struktur-struktur yang membentuk sistem pernapasan.

Respirasi atau yang biasa disebut dengan pernapasan adalah proses menghirup (Inspirasi) udara bebas yang mengandung O_2 (Oksigen) dan mengeluarkan (Ekspirasi) udara yang mengandung CO_2 (Karbon dioksida) sebagai sisa oksidasi dari tubuh. Dalam proses pernapasan oksigen merupakan zat utama yang diperoleh dari lingkungan sekitar. (Utama, 2017).

B. Organ-Organ Sistem Pernapasan

Sistem pernapasan pada manusia terdiri atas sistem pernapasan bagian atas yang terdiri dari Rongga Hidung, Faring, Laring, Epiglotis dan Pita Suara, dan pernapasan bagian bawah yaitu Trakea, Bronkus, Bronkiolus, Paru-Paru dan Alveolus.



Gambar 8.1. Anatomi Sistem Pernapasan

1. Hidung dan Rongga Hidung

Udara dari luar akan masuk lewat rongga hidung (*cavum nasalis*). Rongga hidung berlapis selaput lendir, di dalamnya terdapat kelenjar minyak (*kelenjar sebacea*) dan kelenjar keringat (*kelenjar sudorifera*). Selaput lendir berfungsi menangkap benda asing yang masuk lewat saluran pernapasan. Selain itu, terdapat juga rambut pendek dan tebal yang berfungsi menyaring partikel kotoran yang masuk bersama udara. Selain itu terdapat konka yang mempunyai banyak kapiler darah yang berfungsi menghangatkan udara yang masuk. Di sebelah belakang rongga hidung terhubung dengan nasofaring melalui dua lubang yang disebut *choanae*. (Patwa A, 2015)

2. Faring

Faring atau tekak adalah pipa berotot yang berjalan dari dasar tengkorak sampai persambungannya dengan esofagus pada ketinggian tulang rawan krikoid. Letaknya dibelakang hidung (*nasofaring*), di belakang mulut (*orofaring*) dan di belakang laring (*Faring-laringeal*). Mukosa pada *nasofaring* sama dengan organ respirasi, sedangkan *orofaring* dan *laringofaring* sama dengan saluran cerna. Mukosa faring tidak memiliki *muskularis mukosa*. *Lamina propria* tebal, mengandung serat *elastin*. Lapisan *fibroelastis*

menyatu dengan jaringan ikat interstisial. *Orofaring* dan *laringofaring* dilapisi epitel berlapis gepeng, mengandung kelenjar mukosa murni. (Patwa A, 2015)

3. Laring

Laring merupakan suatu alat bersaluran yang terletak di bawah faring dan di atas trakea. Organ ini terdapat di depan ruas tulang servikal keempat, kelima, dan keenam. Laring memiliki dua fungsi. Fungsi pertama berkaitan dengan peredaran udara untuk pernapasan dan fungsi kedua adalah untuk mengeluarkan suara. Pada saat makan makanan dihantarkan ke *oesophagus*. Pada saat bernapas udara dihantarkan ke laring. (Lyndon Saputra, 2014)

4. Epiglotis

Epiglotis adalah pipa berotot yang berjalan dari dasar tengkorak sampai persambungannya dengan esofagus pada ketinggian tulang rawan krikoid. Merupakan kartilago (tulang rawan) yang berbentuk daun dan menonjol ke atas dibelakang dasar lidah yang berfungsi membantu menutup laring sewaktu menelan. Melekat di bagian belakang vertebra cartilago thyroideum. Plica Ary-epiglottica, berjalan ke belakang dari samping epiglotis menuju cartilago arytenoidea, membentuk batas jalan masuk laring. Epiglotis dilapisi sel epitelium berlapis. (Pearce, 2010)

5. Pita Suara

Pita Suara terletak disebelah dalam laring, berjalan dari tulang rawan tiroid di sebelah depan sampai di kedua tulang rawan arytenoid, dengan gerakan dari tulang rawan arytenoid yang ditimbulkan oleh berbagai otot laryngeal, pita suara ditegangkan dan dikendurkan, dengan demikian lebar sela-sela antara pita-pita atau rima glottis berubah-ubah sewaktu bernapas dan berbicara. Suara dihasilkan akibat getaran pita yang disebabkan udara yang melalui glottis. Berbagai otot yang terkait pada laring mengendalikan suara. (Pearce, 2010)

6. Trakea

Trakea merupakan suatu saluran dengan Panjang 11,5 cm dan lebar 2,5 cm pada orang dewasa, tersusun atas 16-20 cincin tulang rawan berbentuk C. permukaan belakang saluran ini tidak memiliki tulang rawan dan dilengkapi dengan membrane. Diantara tulang rawan tersebut terdapat otot bebas. Tulang rawan ini menguatkan dinding trakea dan memungkinkan peredaran udara terus menerus di dalamnya tanpa penghalang. (Lyndon Saputra, 2014)

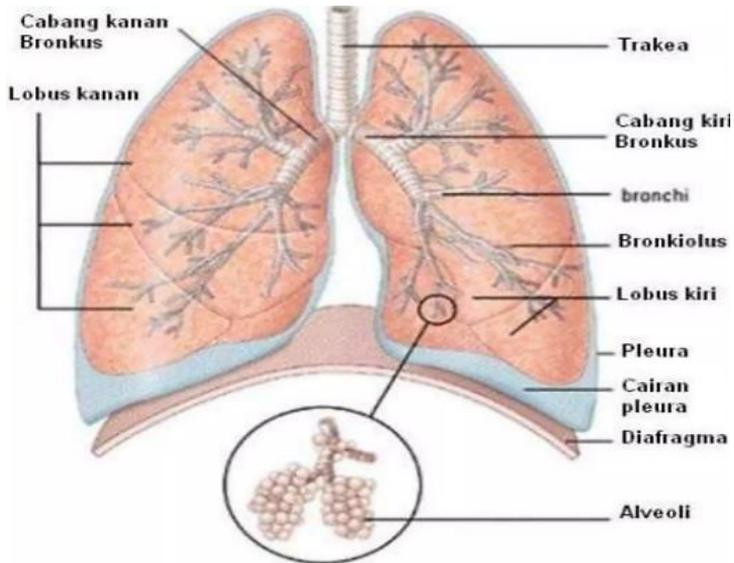
7. Bronkus

Bronkus yang terbentuk dari belahan dua trakea pada ketinggian kira-kira vertebrata torakalis kelima, mempunyai struktur serupa dengan trakea dan dilapisi oleh jenis sel yang sama. Bronkus-bronkus itu berjalan ke bawah dan kesamping ke arah tumpuk paru. Bronkus dibagi menjadi bronkus kanan dan kiri. Bronkus kanan lebih pendek, lebih lebar, dan lebih vertical daripada yang kiri, sedikit lebih tinggi dari arteri pulmonalis dan mengeluarkan sebuah cabang utama lewat di bawah arteri disebut bronkus lobus bawah. Bronkus kiri lebih panjang dan lebih langsing dari yang kanan, dan berjalan dibawah arteri pulmonalis sebelum di belah menjadi beberapa cabang yang berjalan ke lobus atas dan bawah. (Irianto, 2017)

8. Bronkhiolus

Bronkus kiri dan kanan bercabang lagi menjadi bronkus lobaris (sekunder) dan kemudian menjadi lobus segmentalis (tersier). Percabangan ini berjalan terus menjadi bronkus yang ukurannya semakin kecil, sampai akhirnya menjadi bronkhiolus terminalis dengan diameter 1 mm, yaitu saluran udara terkecil yang tidak mengandung alveoli (kantong udara) saluran inilah dinamakan sebagai bronkhiolus. Bronkhiolus tidak diperkuat oleh cincin tulang rawan, tetapi dikelilingi oleh otot polos sehingga ukurannya dapat berubah. Bronkhiolus ini berfungsi sebagai penghantar udara ke tempat pertukaran gas paru-paru. (Irianto, 2017)

9. Paru-Paru



Gambar 8.2. Paru-Paru

Paru-paru merupakan alat pernapasan utama yang mengisi rongga dada, terletak disebelah kanan dan kiri dipisahkan oleh jantung beserta pembuluh darah besar dan struktur lainnya yang terletak disalam mediastinum. Paru-paru adalah organ yang berbentuk kerucut dengan apeks (puncak) di atas dan muncul lebih sedikit tinggi dari pada klavikula di dalam leher. Pangkal paru-paru duduk diatas kandai rongga toraks, di atas diafragma. Paru-paru mempunyai permukaan luar yang menyentuh iga-iga, permukaan dalam yang memuat tampuk paru-paru, sisi belakang yang menyentuh tulang belakang, dan sisi depan yang menutupi sebagian depan sisi depan jantung. (Pearce, 2010)

Paru-paru dibungkus oleh pleura yang menempel dengan dinding dalam rongga dada (pleura parietalis) dan bagian yang melekat dengan paru-paru (pleura viseralis). Pleura merupakan kantung yang berisi cairan serous yang berguna sebagai pelumas antar dinding rongga dada dan paru-paru jika terjadi gesekan pada waktu respirasi. Kantung

ini disebut kavum pleura. Pada beberapa bagian pleura terdapat rongga serap kavum pleura yang disebut sinus pleura, yaitu sinus prenikokostalis dan sinus kostomediastinalis. Pada inspirasi, pinggir paru agak bergeser ke dalam sinus pleura. Paru-paru dibagi oleh alur paru-paru menjadi beberapa bagian yang disebut lobus. Paru kiri terdiri dari dua lobus (superior dan inferior), dan paru-paru kanan terdiri dari tiga lobus (superior, medius, dan inferior). (Irianto, 2017)

10. Alveoli

Alveoli merupakan bagian terakhir dari perjalanan udara. Di alveoli terjadi pertukaran oksigen dan Karbon dioksida dari pembuluh darah kapiler dengan udara. Terdapat \pm 300 juta alveoli di kedua paru dengan diameter masing-masing rata-rata 0,2 millimeter. (Widiharti, 2020)

11. Rongga Dada

Rongga dada diperkuat oleh tulang-tulang yang membentuk rangka dada. Rangka dada terdiri dari *costa* (iga-iga), *sternum* (tulang dada) tempat sebagian iga-iga menempel di depan, vertebra torakal (tulang belakang) tempat menempelnya iga-iga dibagikan belakang. (Widiharti, 2020)

12. Otot Pernapasan

Otot yang menempel pada rangka dada berfungsi penting sebagai otot pernapasan seperti *interkostalis eksternus* (antar iga luar) berfungsi mengangkat iga, *sternokleidomastoid* (tulang dada) berfungsi mengangkat sternum, *skalenus* mengangkat dua iga teratas, *interkostalis internus* (antar iga dalam) menurunkan iga-iga, *otot perut* berfungsi menarik iga ke bawah, membuat isi perut mendorong diafragma ke atas dan otot dalam *diafragma* berfungsi menurunkan diafragma. (Widiharti, 2020)

C. Fisiologi Pernapasan

Paru-paru berfungsi untuk pertukaran gas. Oksigen dari udara dibawa ke darah dan Karbon dioksida serta uap air dari darah di keluarkan. Udara biasa mengandung kurang lebih 20% oksigen dan 0,04% Karbon dioksida, tetapi udara yang dihembuskan keluar hanya mengandung 16% oksigen dan kandungan Karbon dioksida yang meningkat 100 kali menjadi 4%. Kandungan nitrogen tidak berubah yaitu 79%.

Pernapasan dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu pernapasan interna (pernapasan jaringan) dan pernapasan eksterna (pernapasan paru-paru). (Lyndon Saputra, 2014)

1. Pernapasan Interna

Pernapasan interna terjadi di dalam semua jaringan tubuh. Oksigen yang termuat di dalam darah digunakan untuk metabolisme jaringan, sedangkan Karbon dioksida dan uap air yang dihasilkan oleh jaringan tersebut dikeluarkan oleh darah.

2. Pernapasan Eksterna

Pernapasan Eksterna terjadi di paru-paru. Oksigen yang terdapat di udara dibawa ke darah dan Karbondioksida serta uap air dikeluarkan. Udara yang sampai di dalam alveolus kaya akan oksigen. Dinding alveolus tersusun atau satu lapisan jaringan. Kapiler darah yang mengelilingi alveolus juga tersusun demikian, struktur dinding seperti ini sangat permeabel terhadap gas.

Pertukaran gas terjadi secara difusi, oksigen dari alveolus masuk ke dalam darah kemudian berikatan dengan hemoglobin dari sel darah merah. Karbon dioksida dan uap air keluar dari darah, kemudian masuk ke dalam alveolus dan dilepaskan keluar. Sebagian besar Karbon dioksida terdapat di dalam pembuluh darah dalam bentuk asam karbonat dan natrium hydrogen karbonat. Hanya sedikit Karbon dioksida yang berbentuk gas dan berikatan dengan hemoglobin. Walaupun Karbon dioksida merupakan salah satu limbah tubuh, tidak semua gas ini keluar, hanya 10% saja

yang dikeluarkan, sisanya tetap terdapat didalam darah untuk menyegarkan pusat pernapasan medulla oblongata.

Volume udara yang dapat dicapai masuk dan keluar paru-paru pada penarikan napas paling kuat disebut kapasitas vital paru-paru. Diukur dengan menggunakan alat spirometer. Pada laki-laki normal 4-5 liter dan pada seorang Perempuan 3-4 liter. Hanya sebagian kecil dari udara ini, kira-kira 1/10nya atau 50 ml adalah udara pasang surut (tidal air), yaitu yang dihirup masuk dan dihembuskan keluar pada pernapasan biasa dengan tenang. Kapasitas itu berkurang pada penyakit paru-paru, penyakit jantung (yang menimbulkan kongesti paru-paru) dan kelemahan otot pernapasan. (Pearce, 2010)

D. Proses Pernapasan Manusia

Berdasarkan kegiatan otot-otot pernapasan, maka pernapasan dibedakan menjadi dua yaitu pernapasan dada dan pernapasan perut. (Irianto, 2017)

1. Pernapasan Dada

Pada pernapasan dada otot yang berperan penting adalah otot antar tulang rusuk. Otot tulang rusuk dapat dibedakan menjadi dua, yaitu otot tulang rusuk luar yang berperan dalam mengangkat tulang-tulang rusuk dan tulang rusuk dalam yang berfungsi menurunkan atau mengembalikan tulang rusuk ke posisi semula. Bila otot antar tulang rusuk luar berkontraksi, maka tulang rusuk akan terangkat sehingga volume dada bertambah besar. Bertambah besarnya akan menyebabkan tekanan dalam rongga dada lebih kecil dari pada tekanan rongga dada luar. Karena tekanan udara kecil pada rongga dada menyebabkan aliran udara mengalir dari luar tubuh dan masuk ke dalam tubuh, proses ini disebut proses 'inspirasi'. Sedangkan pada proses ekspirasi terjadi apabila kontraksi dari otot dalam, tulang rusuk kembali ke posisi semula dan menyebabkan tekanan udara didalam tubuh meningkat. Sehingga udara

dalam paru-paru tertekan dalam rongga dada, dan aliran udara terdorong ke luar tubuh, proses ini disebut 'ekspirasi'.

2. Pernapasan Perut

Pada pernapasan ini otot yang berperan aktif adalah otot diafragma dan otot dinding rongga perut. Bila otot diafragma berkontraksi, posisi diafragma akan mendatar. Hal itu menyebabkan volume rongga dada bertambah besar sehingga tekanan udaranya semakin kecil. Penurunan tekanan udara menyebabkan mengembangnya paru-paru, sehingga udara mengalir masuk ke paru-paru (inspirasi). Pernapasan adalah suatu proses yang terjadi secara otomatis walau dalam keadaan tertidur sekalipun karena sistem pernapasan dipengaruhi oleh susunan saraf otonom. Menurut tempat terjadinya pertukaran gas maka pernapasan dapat dibedakan atas 2 jenis, yaitu pernapasan luar dan pernapasan dalam. Pernapasan luar adalah pertukaran udara yang terjadi antara udara dalam alveolus dengan darah dalam kapiler, sedangkan pernapasan dalam adalah pernapasan yang terjadi antara darah dalam kapiler dengan sel-sel tubuh. Masuk keluarnya udara dalam paru-paru dipengaruhi oleh perbedaan tekanan udara dalam rongga dada dengan tekanan udara di luar tubuh. Jika tekanan di luar rongga dada lebih besar maka udara akan masuk. Sebaliknya, apabila tekanan dalam rongga dada lebih besar maka udara akan keluar. Sehubungan dengan organ yang terlibat dalam pemasukkan udara (*inspirasi*) dan pengeluaran udara (*ekspirasi*) maka mekanisme pernapasan dibedakan atas dua macam, yaitu pernapasan dada dan pernapasan perut. Pernapasan dada dan perut terjadi secara bersamaan.

E. Volume Udara Pernapasan

Ketika dalam keadaan normal, volume udara paru-paru manusia mencapai 4500 cc. Udara ini dikenal sebagai kapasitas total udara pernapasan manusia.

Walaupun demikian, kapasitas vital udara yang digunakan dalam proses bernapas mencapai 3500 cc, yang 1000

cc merupakan sisa udara yang tidak dapat digunakan tetapi senantiasa mengisi bagian paru-paru sebagai residu atau udara sisa. Kapasitas vital adalah jumlah udara maksimum yang dapat dikeluarkan seseorang setelah mengisi paru-parunya secara maksimum.

Dalam keadaan normal, kegiatan inspirasi dan ekspirasi atau menghirup dan menghembuskan udara dalam bernapas hanya menggunakan sekitar 500 cc volume udara pernapasan (kapasitas tidal = \pm 500 cc). Kapasitas tidal adalah jumlah udara yang keluar masuk paru-paru pada pernapasan normal. Dalam keadaan luar biasa, inspirasi maupun ekspirasi dalam menggunakan sekitar 1500 cc udara pernapasan (expiratory reserve volume= inspiratory reserve volume = 1500 cc).

Lihat skema udara pernapasan berikut ini:

Tabel 8.1. Persentase gas utama pernapasan dalam udara yang keluar masuk paru-paru

Gas	Udara Luar Sebelum Masuk Paru-Paru (%)	Udara di Alveoli (%)	Udara yang keluar dari Paru-Paru (%)
Nitrogen (N ₂)	79,01	80,7	79,6
Oksigen (O ₂)	20,95	13,8	16,4
Karbon dioksida (CO ₂)	0,04	5,5	4,0

Pertukaran udara berlangsung di dalam alveolus dan pembuluh darah yang mengelilinginya. Gas oksigen dan Karbon dioksida akan berdifusi melalui sel-sel yang menyusun dinding alveolus dan kapiler darah. Udara aveolus mengandung zat oksigen yang lebih tinggi dan karbon dioksida lebih rendah daripada gas di dalam darah pembuluh kapiler. Oleh karena itu molekul cenderung berpindah dari konsentrasi yang lebih tinggi ke rendah, maka oksigen berdifusi dari udara alveolus ke dalam

darah, dan karbondioksida akan berdifusi dari pembuluh darah ke alveolus.

Pengangkutan CO_2 oleh darah dapat dilaksanakan melalui 3 cara yaitu:

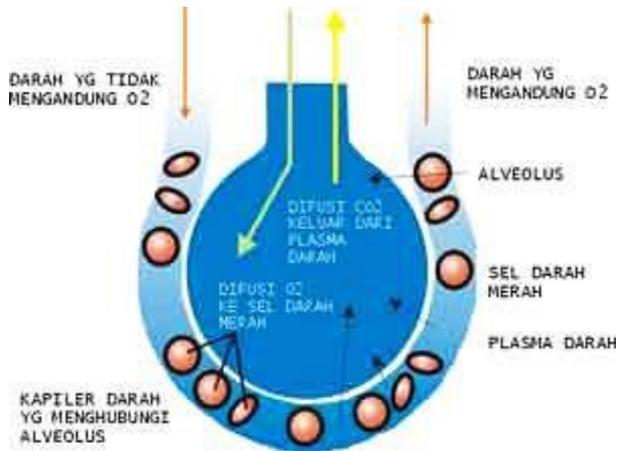
1. Karbon dioksida larut dalam plasma dan membentuk asam karbonat dengan enzim anhidrase.
2. Karbon dioksida terikat pada haemoglobin dalam bentuk karbomino hemoglobin.
3. Karbon dioksida terikat dalam gugus ion bikarbonat (HCO_3^-) melalui proses berantai pertukaran klorida.

F. Pertukaran O_2 dan CO_2 dalam Pernapasan

Jumlah oksigen yang diambil melalui udara pernapasan tergantung pada kebutuhan dan hal tersebut biasanya dipengaruhi oleh jenis pekerjaan, ukuran tubuh, serta jumlah maupun jenis bahan makanan yang dimakan. Pekerja-pekerja berat termasuk atlet lebih banyak membutuhkan oksigen dibanding pekerja ringan. Demikian juga seseorang yang memiliki ukuran tubuh lebih besar dengan sendirinya membutuhkan oksigen lebih banyak. Selanjutnya, seseorang yang memiliki kebiasaan memakan lebih banyak daging akan membutuhkan lebih banyak oksigen daripada seorang vegetarian.

Dalam keadaan biasa, manusia membutuhkan sekitar 300 cc oksigen sehari (24 jam) atau sekitar 0,5 cc tiap menit. Kebutuhan tersebut berbanding lurus dengan volume udara inspirasi dan ekspirasi biasa kecuali dalam keadaan tertentu saat konsentrasi oksigen udara inspirasi berkurang atau karena sebab lain, misalnya konsentrasi hemoglobin darah berkurang.

Oksigen yang dibutuhkan berdifusi masuk ke darah dalam kapiler darah yang menyelubungi alveolus. Selanjutnya, sebagian besar oksigen diikat oleh zat warna darah atau pigmen darah (hemoglobin) untuk diangkut ke sel-sel jaringan tubuh. Hemoglobin yang terdapat dalam butir darah merah atau eritrosit ini tersusun oleh senyawa *hemin* atau *hematin* yang mengandung unsur besi dan *globin* yang berupa protein.



Gambar 8.3. Proses Pertukaran O² menjadi CO²

Secara sederhana, pengikatan oksigen oleh hemoglobin dapat diperlihatkan menurut persamaan reaksi bolak-balik berikut ini:

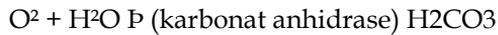


Reaksi di atas dipengaruhi oleh kadar O₂, kadar CO₂, tekanan O₂ (P O₂), perbedaan kadar O₂ dalam jaringan, dan kadar O₂ di udara. Proses difusi oksigen ke dalam arteri demikian juga difusi CO₂ dari arteri dipengaruhi oleh tekanan O₂ dalam udara inspirasi. Tekanan seluruh udara lingkungan sekitar 1 atmosfer atau 760 mm Hg, sedangkan tekanan O₂ di lingkungan sekitar 160 mm Hg. Tekanan oksigen di lingkungan lebih tinggi dari pada tekanan oksigen dalam alveolus paru-paru dan arteri yang hanya 104 mm Hg. Oleh karena itu oksigen dapat masuk ke paru-paru secara difusi. Dari paru-paru, O₂ akan mengalir lewat vena pulmonalis yang tekanan O₂ nya 104 mm; menuju ke jantung. Dari jantung O₂ mengalir lewat arteri sistemik yang tekanan O₂ nya 104 mm hg menuju ke jaringan tubuh yang tekanan O₂ nya 0 - 40 mm hg. Di jaringan, O₂ ini akan dipergunakan. Dari jaringan CO₂ akan mengalir lewat vena sistemik ke jantung. Tekanan CO₂ di jaringan di atas 45 mm hg, lebih tinggi dibandingkan vena sistemik yang hanya 45 mm Hg. Dari jantung, CO₂ mengalir lewat arteri pulmonalis yang

tekanan O₂ nya sama yaitu 45 mm hg. Dari arteri pulmonalis CO₂ masuk ke paru-paru lalu dilepaskan ke udara bebas.

Minimal darah yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan oksigen pada jaringan adalah Setiap 100 mm³ darah dengan tekanan oksigen 100 mmHg dapat mengangkut 19 cc oksigen. Bila tekanan oksigen hanya 40 mmHg maka hanya ada sekitar 12 cc oksigen yang bertahan dalam darah vena. Dengan demikian kemampuan hemoglobin untuk mengikat oksigen adalah 7 cc per 100 mm³ darah.

Pengangkutan sekitar 200 mm³ CO₂ keluar tubuh umumnya berlangsung menurut reaksi kimia berikut:



Tiap liter darah hanya dapat melarutkan 4,3 cc CO₂ sehingga mempengaruhi pH darah menjadi 4,5 karena terbentuknya asam karbonat.

Pengangkutan CO₂ oleh darah dapat dilaksanakan melalui 3 cara yaitu:

1. Karbon dioksida larut dalam plasma, dan membentuk asam karbonat dengan enzim anhidrase (7% dari seluruh CO₂)
2. Karbon dioksida terikat pada hemoglobin dalam bentuk karbomino hemoglobin (23% dari seluruh CO₂).
3. Karbon dioksida terikat dalam gugus ion bikarbonat (HCO₃) melalui proses berantai pertukaran klorida (70% dari seluruh CO₂).

Reaksinya adalah sebagai berikut $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{P}} \text{H}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{P}} \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$

Gangguan terhadap pengangkutan CO₂ dapat mengakibatkan munculnya gejala asidosis karena turunnya kadar basa dalam darah. Hal tersebut dapat disebabkan karena keadaan Pneumoni. Sebaliknya apabila terjadi akumulasi garam basa dalam darah maka muncul gejala alkalosis.

G. Energi dan Pernapasan

Energi yang dihasilkan oleh proses pernapasan akan digunakan untuk membentuk molekul berenergi, yaitu ATP (Adenosin Tri Phosphate). Selanjutnya, molekul ATP akan disimpan dalam sel dan merupakan sumber energy utama untuk aktivitas tubuh. ATP berasal dari perombakan senyawa organik seperti karbohidrat, protein dan lemak. Gula (glukosa) dari pemecahan karbohidrat dalam tubuh diubah terlebih dahulu menjadi senyawa fosfat yang dikatalisis oleh bantuan enzim glukokinase. Selanjutnya senyawa fosfat diubah menjadi asam piruvat dan akhirnya dibebaskan dalam bentuk H_2O dan CO_2 sebagai hasil samping oksidasi tersebut. Proses respirasi sel dari bahan glukosa secara garis besar, meliputi tiga tahapan, yaitu proses glikosis, siklus Krebs, dan transfer elektron. Pada pekerja berat atau para atlet yang beraktivitas tinggi, pembentukan energy dapat dilakukan secara anaerobic. Hal ini disebabkan bila tubuh kekurangan suplai oksigen maka akan terjadi proses perombakan asam piruvat menjadi asam laktat yang akan membentuk 2 mol ATP.

H. Frekuensi Pernapasan

Jumlah udara yang keluar masuk ke paru-paru setiap kali bernapas disebut sebagai frekuensi pernapasan. Pada umumnya, frekuensi pernapasan manusia setiap menitnya sebanyak 15-18 kali. Cepat atau lambatnya frekuensi pernapasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Usia

Semakin bertambahnya usia seseorang akan semakin rendah frekuensi pernapasannya. Hal ini berhubungan dengan energy yang dibutuhkan.

2. Jenis Kelamin

Pada umumnya pria memiliki frekuensi pernapasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan wanita. Kebutuhan akan oksigen serta produksi Karbon dioksida pada pria lebih tinggi dibandingkan wanita.

3. Suhu Tubuh

Semakin tinggi suhu tubuh seseorang maka akan semakin cepat frekuensi pernapasannya, hal ini berhubungan dengan peningkatan proses metabolisme yang terjadi dalam tubuh.

4. Posisi atau Kedudukan Tubuh

Frekuensi pernapasan ketika sedang duduk akan berbeda dibandingkan dengan ketika sedang berjongkok atau berdiri. Hal ini berhubungan erat dengan energy yang dibutuhkan oleh organ tubuh sebagai tumpuan berat tubuh.

5. Aktivitas

Seseorang yang aktivitas fisiknya tinggi seperti olahragawan akan membutuhkan lebih banyak energi daripada orang yang diam atau santai, oleh karena itu, frekuensi pernapasan orang tersebut juga lebih tinggi. Gerakan dan frekuensi pernapasan diatur oleh pusat pernapasan yang terdapat di otak. Selain itu, frekuensi pernapasan distimulus oleh konsentrasi Karbon dioksida (CO_2) dalam darah.

I. Gangguan pada Sistem Pernapasan

Sistem pernapasan manusia yang terdiri atas beberapa organ dapat mengalami gangguan. Gangguan ini biasanya berupa kelainan atau penyakit. Penyakit atau kelainan yang menyerang sistem pernapasan ini dapat menyebabkannya proses pernapasan. Berikut adalah beberapa contoh gangguan pada sistem pernapasan manusia. (Kelly, 2014)

1. Emfisema

Merupakan penyakit pada paru-paru. Paru- paru mengalami pembengkakan karena pembuluh *darahnya kemasukan udara*.

2. Asma

Merupakan kelainan penyumbatan saluran pernapasan yang disebabkan oleh alergi, seperti debu, bulu,

ataupun rambut. Kelainan ini dapat diturunkan. Kelainan ini juga dapat kambuh jika suhu lingkungan.

3. Tuberkulosis (TBC)

Merupakan penyakit paru-paru yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis*. Bakteri tersebut menimbulkan bintil - bintil pada dinding alveolus. Jika penyakit ini menyerang dan dibiarkan semakin luas, dapat menyebabkan sel-sel paru-paru mati. Akibatnya paru- paru akan kuncup atau mengecil. Hal tersebut menyebabkan para penderita TBC napasnya sering terengah-engah.

4. Influenza (Flu)

Merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus influenza. Penyakit ini timbul dengan gejala bersin-bersin, demam, dan pilek.

5. Kanker Paru-Paru

Penyakit ini merupakan salah satu paling berbahaya. Sel- sel kanker pada paru-paru terus tumbuh tidak terkendali. Penyakit ini lama- kelamaan dapat menyerang seluruh tubuh. Salah satu pemicu kanker paru- paru adalah kebiasaan merokok. Merokok dapat memicu terjadinya kanker paru- paru dan kerusakan paru-paru.

Merokok dapat menyebabkan perubahan struktur dan fungsi saluran pernapasan dan jaringan paru-paru. Misalnya, sel mukosa membesar (disebut hipertrofi) dan kelenjar mukus bertambah banyak (disebut hiperplasia). Dapat pula terjadi radang ringan, penyempitan saluran pernapasan akibat bertambahnya sel sel dan penumpukan lendir, dan kerusakan alveoli. Perubahan anatomi saluran pernapasan menyebabkan fungsi paru-paru terganggu.

DAFTAR PUSTAKA

- Irianto, K., 2017. *Anatomi dan Fisiologi*. Agustus 2017 ed. Bandung: ALVABETA.
- Kelly, F., 2014. Influence of Air Pollution on Respiratory Disease. *European Medical Journal*, p. 8.
- Lyndon Saputra, E. L. D., 2014. *Anatomi dan Fisiologi untuk Perawat dan Paramedis*. 2014 ed. Tangerang Selatan: Binapura Aksara.
- Majumder, N., 2015. Physiology of Respiration. *IOSR Journal of Sports and Physical Education*, Volume 2, (May – Jun. 2015), PP 16-17 (Issue 3), p. 2.
- Patwa A, S. A., 2015. Anatomy and Physiology of Respiratory System Relevant to Anaesthesia. *Indian Journal of Anaesthesia*, 59(9), p. 9.
- Pearce, E. C., 2010. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. GM 20301090008 ed. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Utama, S. Y. A., 2017. *Buku Ajar Keperawatan Medikal Bedah Sistem Respirasi*. 2017 ed. Yogyakarta: Deepublish.
- Widiharti, D. J. E. S. H. P., 2020. *Anatomi Fisiologi*. April 2020 ed. Bangkalan: CV. Groceri Rizquna

BAB 9

ANATOMI FISIOLOGI SISTEM PENCERNAAN

Rahmawati, S.Kep., Ns., M.Kes.

A. Pendahuluan

Anatomi fisiologi sistem pencernaan merupakan sistem yang diperlukan pada tubuh manusia untuk memenuhi kebutuhan terhadap zat-zat nutrisi bagi tubuh (Mira Asmirajanti, 2020).

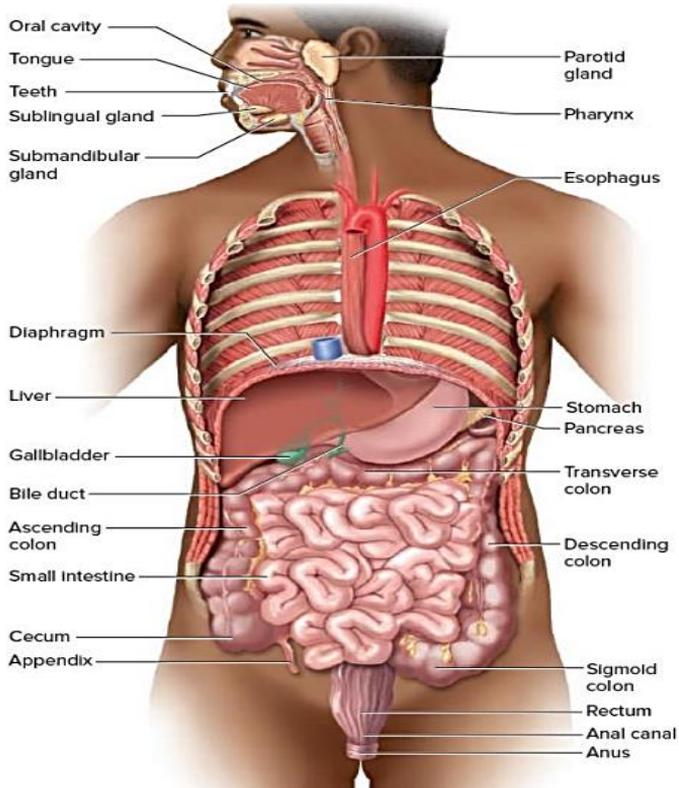
Sistem pencernaan pada manusia terdiri atas saluran pencernaan (alimentar), yaitu organ berbentuk saluran atau tuba muskular panjang yang Organ pencernaan pembentuk saluran terdiri dari esofagus, lambung, usus halus, usus besar, rectum dan anus. Selain itu, sistem pencernaan juga terdiri dari organ-organ aksesoris yang tidak berbentuk saluran diantaranya terdiri dari gigi, lidah, kelenjar saliva, hati, kantung empedu, dan pankreas. Saluran pencernaan yang terletak di bawah area diafragma disebut saluran gastrointestinal (GI)(Sitti Khadijah dkk, 2020).

Sistem Saluran pencernaan dapat memisahkan makanan menjadi senyawa yang mikroskopis dan zat gizi yang dapat dicerna ke dalam plasma darah kemudian diedarkan ke seluruh sel tubuh. Sel tubuh ini juga berfungsi untuk mendistribusikan air dan elektrolit dari lingkungan luar sel (extra sel) ke lingkungan dalam sel (Intra sel). (Rahmawida Putri dkk, 2022). Sistem pencernaan (mulai dari mulut sampai anus) adalah sistem organ dalam manusia yang berfungsi selain untuk menerima makanan, juga dapat mencerna makanan menjadi zat-zat gizi dan energi, yang dapat diserap ke dalam aliran darah.

Makanan yang tidak dapat dicerna atau merupakan sisa proses tersebut maka akan dibuang dari tubuh melalui anus (Hesti Widowati, 2020).

B. Sistem Pencernaan

1. Pengertian Sistem Pencernaan

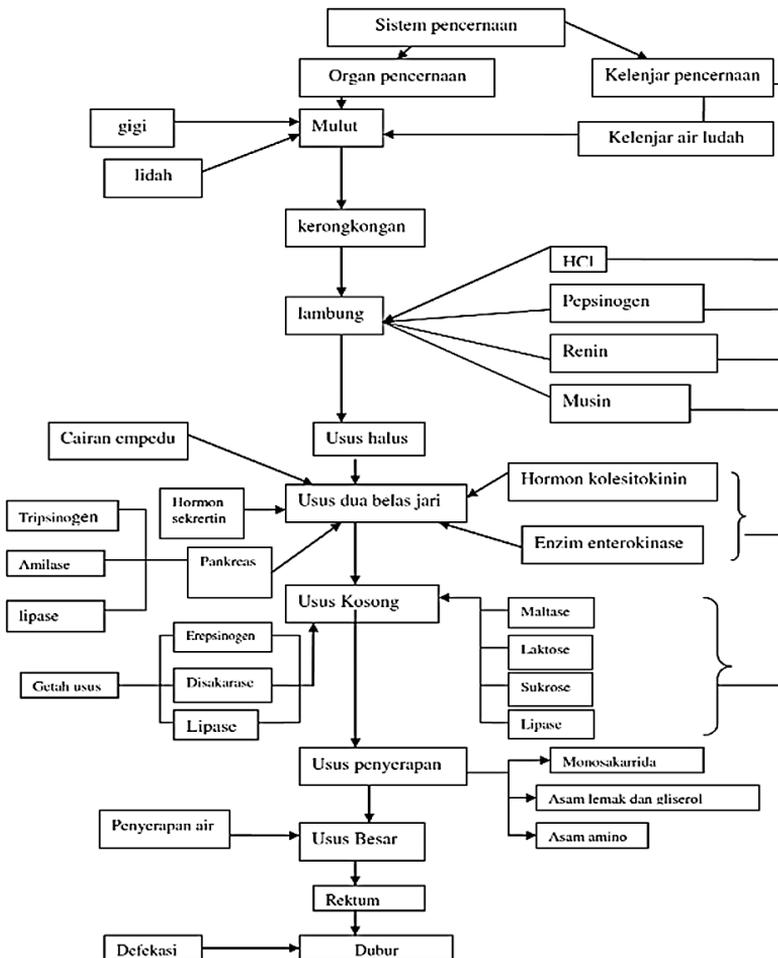


Gambar 9.1. Sistem Pencernaan

Sumber : (Ahmad Husairi, 2020)

Sistem Pencernaan adalah sebuah sistem yang terdiri atas beberapa organ yang saling berkaitan satu sama lain untuk mencerna makanan ke seluruh tubuh. Sistem pencernaan manusia terdiri atas saluran pencernaan dan kelenjar-kelenjar yang membantu dalam proses pencernaan. Sistem pencernaan manusia terdiri dari saluran pencernaan yaitu suatu tabung memanjang dari mulut hingga ke anus,

kemudian organ aksesori yang terdiri dari Lidah dan gigi yang terletak di mulut, serta kelenjar-kelenjar yang dihasilkan oleh organ-organ baik organ yang berkaitan dengan sistem pencernaan seperti lambung yang menghasilkan HCL, Renin, Pepsin, dan Musin maupun organ diluar sistem pencernaan namun berperan dalam membantu proses kimiawi pencernaan diantaranya Kelenjar saliva(ludah), hati, kantung empedu, dan pankreas.

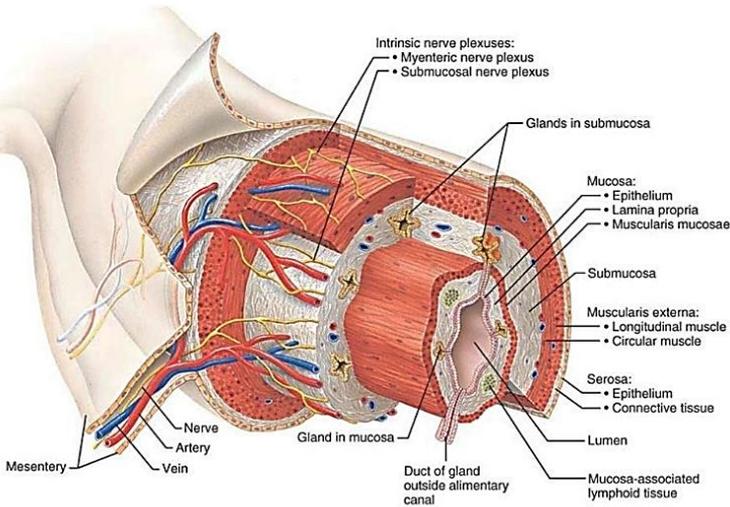


Gambar 9.2. Skema Sistem Pencernaan

Pencernaan adalah proses menghancurkan makanan yang awalnya berbentuk kasar menjadi bentuk yang lebih halus, Makanan dipecah sedikit demi sedikit sampai menjadi molekul yang cukup kecil untuk diserap dan produk sisa akan dieliminasi.

2. Fungsi sistem pencernaan adalah (Chalik, 2016):
 - a. Menyediakan makanan, air, dan elektrolit bagi tubuh dari nutrien yang dicerna sehingga siap diabsorpsi.
 - b. Membuang zat-zat berbahaya serta produk sisa yang sudah tidak diperlukan tubuh dalam bentuk feses.
3. Proses pencernaan dibagi menjadi dua yaitu :
 - a. Proses pencernaan Mekanik yaitu proses penghancuran makanan dari bentuk kasar menjadi halus dengan menggunakan gigi serta gerak peristaltik yang membantu mendorong makanan masuk ke dalam organ pencernaan.
 - b. Proses Pencernaan Kimiawi yaitu proses dimana makanan dihancurkan oleh enzim-enzim pencernaan yang dikeluarkan di mulut, lambung, usus halus, kantung empedu, dll (Waschke, 2018).
4. Proses lain pada pencernaan makanan yaitu :
 - a. Ingesti yaitu ketika makanan masuk ke dalam mulut.
 - b. Pemotongan dan penggilingan makanan secara mekanik oleh gigi kemudian Makanan akan bercampur dengan saliva sebelum ditelan (menelan).
 - c. Peristalsis yaitu gelombang kontraksi otot polos involunter yang menggerakkan makanan tertelan melalui saluran pencernaan.
 - d. Digesti yaitu hidrolisis kimia (penguraian) molekul besar menjadi molekul kecil sehingga zat-zat nutrisi pada makanan dapat diabsorpsi.
 - e. Absorpsi adalah gerakan produk akhir pencernaan dari lumen saluran pencernaan ke dalam sirkulasi darah dan limfatik sehingga dapat digunakan oleh sel tubuh

- f. Defekasi (Egesti) yaitu proses eliminasi pada zat-zat sisa yang tidak tercerna, juga bakteri, dalam bentuk feces dari saluran pencernaan (Sitti Khadijah dkk, 2020).
5. Saluran pencernaan terdiri dari 4 lapisan dinding atau tunika yaitu :



Gambar 9.3. Lapisan Dinding Saluran Pencernaan

- 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
- Submukosa adalah lapisan dalam dari mukosa. Mengandung jaringan ikat longgar, pembuluh darah, kelenjar, dan saraf. Pembuluh darah di lapisan ini mengangkut nutrisi yang diserap.
- 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 yang menggerakkan isi saluran ke arah depan.

- 1) Muskularis eksterna terdiri dari otot rangka dimulut, faring, dan esofagus atas, serta otot polos pada saluran selanjutnya.
 - 2) *Pleksus Auerbach* (pleksus mienterik) yang terdiri dari serabut saraf dan sel ganglion parasimpatis, terletak di antara lapisan otot sirkular dalam dan longitudinal luar
- d. 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.
- 1) Peritoneum parietal melapisi rongga abdominopelvis.
 - 2) Peritoneum viseral membungkus organ dan terhubung ke peritoneum parietal oleh berbagai lipatan.
- e. 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.
- 1) Omentum besar adalah lipatan ganda berukuran besar yang melekat pada duodenum, lambung, dan usus besar. Lipatan ini tergantung seperti celemek di atas usus.
 - 2) Omentum kecil menopang lambung dan duodenum sehingga terpisah dari hati.

- 3) Mesokolon melekatkan kolon ke dinding abdominal belakang.
 - 4) Ligamen falsiformis melekatkan hati ke dinding abdominal depan dan diafragma.
- f. Retroperitoneal (di belakang peritoneum) adalah Organ yang tidak terbungkus oleh peritoneum, tetapi hanya tertutup lapisan peritoneum. Organ yang termasuk retroperitoneal adalah : pankreas, duodenum, ginjal, rektum, kantung kemih, dan beberapa organ reproduksi perempuan (Chalik, 2016).
6. Enzim Pencernaan

Ada 3 kelompok molekul enzim yang ditemui selama proses pencernaan. Masing-masing dipecah-pecah menjadi komponen molekulnya oleh enzim-enzim khusus yaitu :

- a. Kompleks karbohidrat atau polisakarida (seperti tepung) akan diurai menjadi oligosakarida (m mengandung 2-10 monosakarida yang berhubungan), disakarida (seperti maltosa), atau monosakarida tunggal (seperti glukosa dan fruktosa). Proses pemecahan tepung (amilum) ini terjadi oleh Enzim amilase.
- b. Protein diurai menjadi rantai asam amino pendek (peptida) atau asam amino tunggal oleh enzim protease.
- c. Lemak (lipida) diurai menjadi gliserol dan asam lemak (peptida) oleh enzim yang lipase (Chalik, 2016).

Tabel 9.1. Enzim yang Berperan pada Pencernaan Karbohidrat, Protein, dan Lemak

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

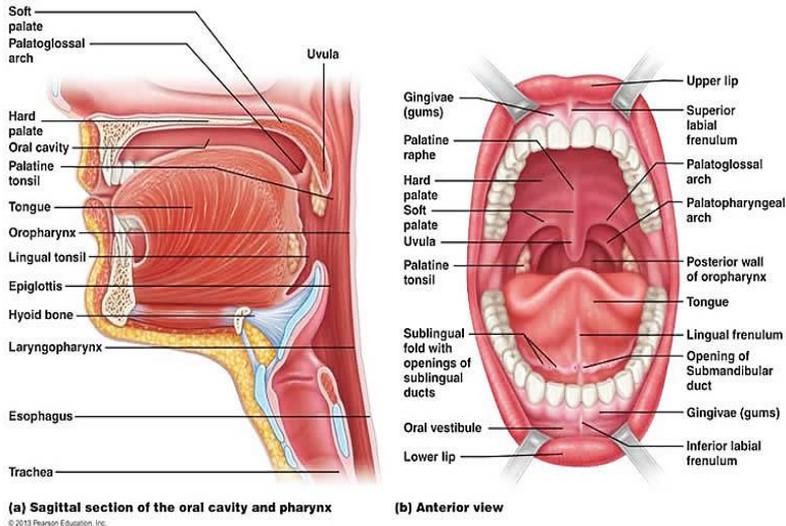
7. Saraf yang Mengontrol pada Saluran Pencernaan

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

- a. 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.
- b. Impuls simpatis yang dibawa medulla spinalis dalam saraf splanknik, menghambat kontraksi otot polos saluran, mengurangi mortalitas, dan menghambat sekresi cairan pencernaan.
- c. Pleksus Meissner dan Auerbach merupakan sisi sinaps untuk serabut praganglionik parasimpatis. Pleksus ini juga berfungsi untuk pengaturan kontraktil lokal dan aktivitas sekretori saluran.

C. Organ Pencernaan

1. Mulut



Gambar 9.4. Anatomi Rongga Mulut (Cavum Oral)

Mulut atau Rongga oral (Oral Cavity) Adalah jalan masuk menuju sistem pencernaan dan berisi organ aksesori yang berfungsi dalam proses awal pencernaan. Rongga vestibulum (bukal) terletak di antara gigi, 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. Aktivitas yang terjadi pada rongga mulut yaitu (Ahmad Husairi, 2020) :

- a. Gerakan mekanik oleh gigi geligi
- b. Sekresi saliva oleh kelenjar saliva

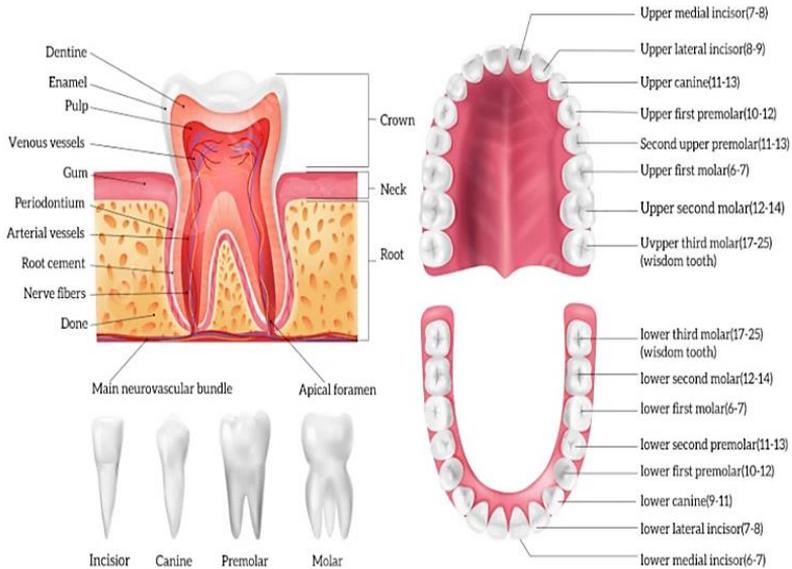
a. Anatomi Gigi

Gigi tersusun dalam kantong-kantong (alveoli) pada mandibula dan maxila.

- 1) 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.

DENTAL ANATOMY



Gambar 9.5. Anatomi dan Jenis-Jenis Gigi

2) Komponen gigi

- a) 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.
- b) Mahkota dan akar bertemu pada leher yang diselubungi gingival (gusi).
- c) Membran periodontal merupakan jaringan ikat yang melapisi kantong alveolar dan melekat pada sementum di akar. Membran ini menahan gigi di rahang.
- d) 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.

- e) 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 (Chalik, 2016).
- 3) Manusia memiliki 2 susunan gigi yaitu :
- Gigi primer (desiduous, gigi susu). Gigi primer dalam setengah lengkung gigi (dimulai dari ruang di antara dua gigi depan) terdiri dari dua gigi seri, satu taring, dua geraham (molar), untuk total keseluruhan 20 gigi.
 - Gigi sekunder (permanen) 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".

Bagian-bagian gigi:

- gigi seri/ Incisivus
- gigi taring/ Caninus
- gigi geraham depan/ Pre Molare
- gigi geraham belakang/ Molare

1) Rumus gigi sulung (susu)

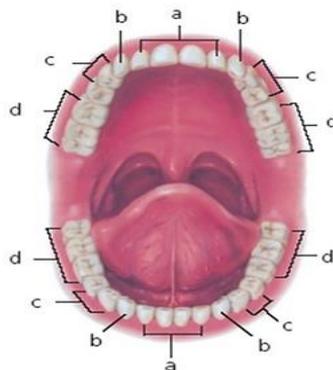
$$\frac{M_0 P_2 C_1 I_2}{M_0 P_2 C_1 I_2} \quad \left| \quad \frac{I_2 C_1 P_2 M_0}{I_2 C_1 P_2 M_0} \right.$$

2) Rumus gigi tetap (permanen)

$$\frac{M_3 P_2 C_1 I_2}{M_3 P_2 C_1 I_2} \quad \left| \quad \frac{I_2 C_1 P_2 M_3}{I_2 C_1 P_2 M_3} \right.$$

Keterangan:

- I : Insisivus (gigi seri)
 C : Caninus (gigi taring)
 P : Premolare (gigi geraham depan)
 M : Molare (gigi geraham belakang)

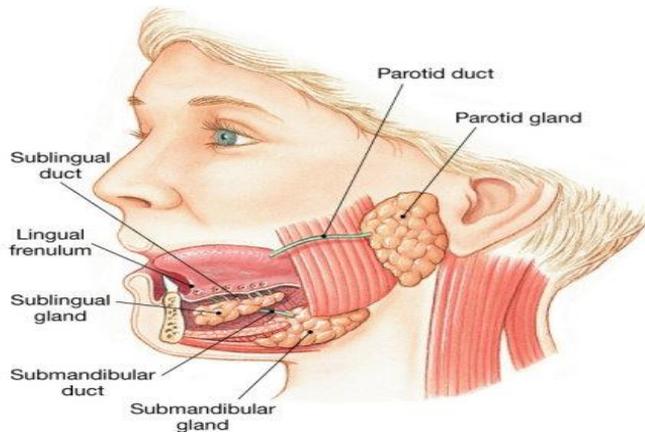


Gambar 9.6. Susunan Gigi Susu dan Gigi Permanen

- 4) Fungsi gigi yaitu membantu dalam proses mastikasi (pengunyahan). Makanan yang masuk dalam mulut dipotong oleh gigi menjadi bagian-bagian kecil dan bercampur dengan saliva untuk membentuk bolus makanan sehingga dapat ditelan (Chalik, 2016).

b. Kelenjar Saliva

Kelenjar saliva mensekresi saliva ke dalam rongga mulut. Saliva terdiri dari cairan encer yang mengandung enzim dan cairan kental yang mengandung mukus. PH saliva berkisar 6,0-7,4, kandungan saliva terdiri dari 99,5% air dan 0,5% protein dan elektrolit. Kelenjar saliva terdiri dari 3 pasang yaitu :



Gambar 9.7. Kelenjar Saliva

- 1) 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.
- 2) 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.

- 3) Kelenjar sublingual terletak di dasar mulut dan membuka melalui duktus sublingual kecil menuju ke dasar mulut.

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 (Ahmad Husairi, 2020)

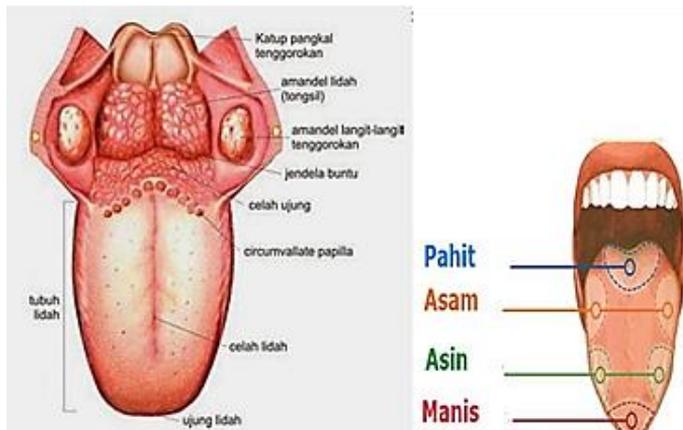
Fungsi Saliva adalah :

- 1) Saliva melarutkan makanan secara kimia untuk pengecapan rasa.
- 2) Saliva melumasi dan melembabkan makanan sehingga dapat ditelan, juga memberikan kelembaban pada bibir dan lidah sehingga terhindar dari kekeringan.
- 3) Amilase pada saliva mengubah zat tepung menjadi polisakarida dan maltosa, suatu disakarida.
- 4) Saliva mensekresi zat buangan seperti asam urat dan urea, serta berbagai zat lain seperti obat, virus, dan logam.
- 5) Zat antibakteri dan antibodi dalam saliva berfungsi untuk membersihkan rongga mulut dan membantu memelihara kesehatan mulut serta dapat mencegah kerusakan gigi.

Saliva akan dihasilkan ketika dipicu oleh stimulasi psikis (seseorang yang memikirkan atau membayangkan makanan), Stimulasi mekanis (tentang keberadaan makanan) serta stimulasi kimiawi (jenis makanan). Sistem saraf yang mengontrol kerja sekresi kelenjar saliva yaitu 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. Volume dan komposisi saliva bervariasi sesuai jenis stimulus dan jenis inervasinya (sistem simpatis atau parasimpatis) :

- 1) Stimulasi parasimpatis mengakibatkan terjadinya vasodilatasi pembuluh darah dan sekresi berair (serosa) yang banyak sekali.
- 2) Stimulasi simpatis mengakibatkan vasokonstriksi pada pembuluh darah dan sekresi mukus yang lebih kental dan lengket. Obat-obatan yang mengandung penghambat kolinergik (neurotransmitter 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 (Chalik, 2016).

c. Lidah



Gambar 9.8. Anatomi lidah dan Area Pengecap permukaan lidah

Lidah merupakan indra pengecap pada manusia hanya terdapat pada lidah. Zat perangsangnya adalah zat kimia yang larut dalam air/reseptornya adalah ludah dan langit-langit mulut (Waschke, 2018). Pada permukaan lidah, reseptornya berupa tonjolan-tonjolan kecil yang dinamakan papila feliformis, papila fungitormis dan papila circumfalata. Reseptornya berbentuk piala pengecap yang disebut gemma sustantorea. Pengecapan

ini juga disarafi oleh Nervus VII (Fasialis), dan Nervus IX (Glosofaringeus). Disamping itu pada lidah ada Nervus V (Trigeminus), yaitu untuk mensarafi raba, sakit dan suhu (Mega Iswari, 2018).

2. Esofagus

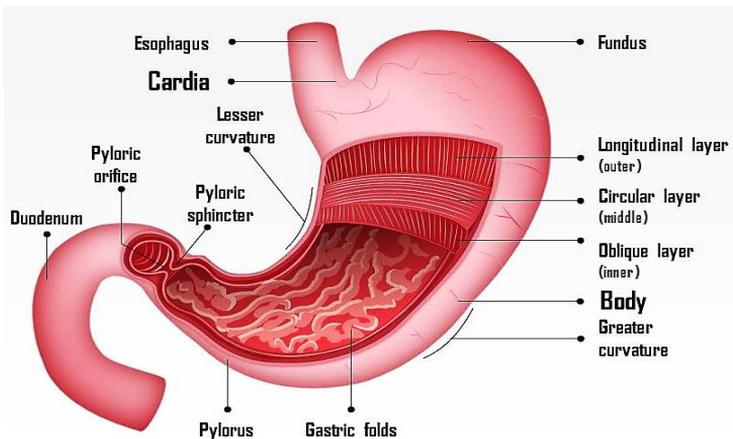
Esofagus adalah tabung sepanjang 25 cm (10 inci) yang dimulai dari laringofaring dan turun di belakang trakea melalui mediastinum (rongga di antara paru-paru). Kemudian makanan melewati diafragma ke sebuah lubang yang disebut hiatus esofageal dan berhubungan dengan lambung. Makanan didorong ke esofagus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

- a. Fase bukal terjadi secara sadar di dalam mulut ketika lidah menggerakkan gumpalan makanan kembali ke dalam faring.
- b. 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. Epiglotis, 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.
- c. Fase esofagus terjadi secara tidak sadar di dalam esofagus. Otot lingkaran esofagus, yang biasanya tertutup, terbuka memungkinkan makanan lewat ketika laring naik selama penelanan. Ketika makanan mencapai bagian bawah esofagus, otot lingkaran kardia terbuka memungkinkan makanan memasuki lambung (Chalik, 2016).

3. Lambung

Lambung adalah organ yang berbentuk seperti huruf J. Ukuran lambung pada setiap orang pun berbeda, karena dapat mengembang saat penuh serta mengempis saat kosong. Letak lambung berada di perut bagian atas sisi kiri tubuh. Bagian atas terhubung pada katup yang disebut sebagai sfingter esofagus (otot di ujung kerongkongan). Sedangkan, bagian bawah lambung terhubung pada organ usus kecil. Berikut ini adalah beberapa bagian dalam anatomi lambung selengkapnya (Chalik, 2016):

- Bagian kardia lambung adalah area di sekitar pertemuan esofagus dan lambung (pertemuan gastroesofagus).
- Fundus adalah bagian yang menonjol ke sisi kiri atas mulut esofagus.
- Bodi lambung adalah bagian yang terdilatasi di bawah fundus, yang membentuk dua pertiga bagian lambung. Tepi medial bodi lambung yang konkaf disebut kurvatur kecil; tetapi lateral bodi lambung yang konveks disebut kurvatur besar.
- 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 (Waschke, 2018).



Gambar 9.9. Anatomi Lambung

Fungsi lambung adalah :

- a. Menyimpan makanan. Setelah selesai dikunyah di dalam mulut, makanan akan ditelan dan melewati kerongkongan. Kemudian, makanan yang masuk melalui kerongkongan tersebut akan disimpan sementara didalam lambung sebelum diolah dan dicerna.
- b. Sekresi Kimus. Aktivitas lambung mengakibatkan terbentuknya kimus (massa homogen setengah cair, berkadar asam tinggi yang berasal dari bolus) dan mendorongnya ke dalam duodenum.
- c. Digesti Protein. Mukus yang dihasilkan dari kelenjar membentuk barier setebal 1 mm untuk melindungi lambung dari aksi pencernaan dari sekresinya sendiri.
- d. Produksi Faktor intrinsik :
 - 1) Sekresi glikoprotein oleh sel parietal lambung
 - 2) 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.
- e. Absorpsi nutrien yang berlangsung dalam lambung hanya sedikit. Beberapa obat larut lemak (aspirin) dan alkohol diabsorpsi pada dinding lambung. Zat terlarut dalam air terabsorpsi dalam jumlah yang tidak jelas (Chalik, 2016).

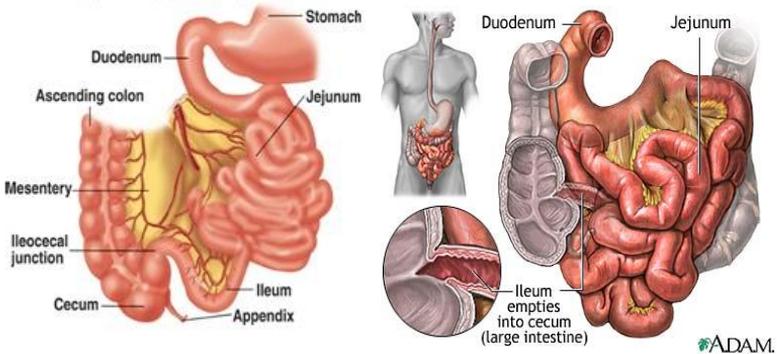
4. Usus Halus

Usus halus adalah tuba terilit yang merentang dari sfingter pilorus sampai ke katup ileosekal (Katup antara usus halus dan usus besar). Diameter usus halus kurang lebih 2,5 cm dan panjangnya 3 sampai 5 meter saat bekerja. Pada Mayat panjangnya mencapai 7 meter sebab terjadi relaksasi pada lapisan muskularis eksterna. Bagian dari usus halus yaitu :

- a. Duodenum (usus 12 jari) adalah bagian yang terpendek (25 cm - 30 cm). Duktus empedu dan duktus pankreas,

keduanya membuka ke dinding posterior duodenum beberapa sentimeter di bawah mulut pilorus.

- b. Yeyenum atau biasa disebut dengan usus kosong adalah bagian yang selanjutnya. Panjangnya kurang lebih 1 m - 1,5 m.
- c. Ileum atau usus penyerapan memiliki ukuran 2 m - 2,5 meter merentang sampai menyatu dengan usus besar.



Gambar 9.10. Anatomi dan bagian-bagian usus halus

Fungsi usus halus adalah :

- a. 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.
- b. Usus halus secara selektif mengabsorpsi produk digesti.

Absorpsi pada usus halus :

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

- 4) Maltase, isomaltase, laktase, dan sukrase memecah disakarida maltosa, laktosa, dan sukrosa, menjadi monosakarida (gula sederhana).
 - 5) Lipase usus memecah monogliserida menjadi asam lemak dan gliserol.
- b. 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.
 - c. Mekanisme transport absorpsi meliputi difusi, difusi terfasilitasi, transport aktif, dan pinositosis. Mekanisme utama adalah transpor aktif. Zat-zat yang ditranspor dari lumen usus ke darah atau limfe harus menembus sel-sel dan cairan interselular berikut:
 - 1) Membran plasma sel epitelial kolumnar pada vilus, sitoplasmanya, dan membran dasarnya.
 - 2) Jaringan ikat di antara sel epitel dan kapilar atau lakteal dalam vilus.
 - 3) Dinding kapilar atau lakteal yang terletak dalam inti vilus.
 - d. Absorpsi karbohidrat. Setiap gula sederhana dipercaya memiliki mekanisme transpornya sendiri. Gula bergerak dari usus menuju jaring-jaring kapilar vilus dan dibawa menuju hati oleh vena portal hepatis.
 - 1) Absorpsi glukosa terjadi bersamaan dengan transport aktif ion natrium (ko-transport).
 - 2) Fruktosa ditranspor melalui difusi terfasilitasi yang diperantarai carrier.
 - 3) Monosakarida lain dapat diabsorpsi melalui difusi sederhana.
 - e. Absorpsi protein. Transpor 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.

f. 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 monoglikoserida menuju sel epitel, tempatnya dilepas dan diabsorpsi melalui difusi pasif menuju membran sel usus.

1) 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.

2) 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.

3) Kilomikron menembus lakteal sentral vilus menuju sistem limfatik dan sirkulasi sistematik, sebelumnya melintasi (bypassing) hati.

g. Absorpsi air, elektrolit, dan vitamin

1) 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.

2) Ion dan zat renik diabsorpsi melalui difusi atau transport aktif :

a) Absorpsi kalsium bervariasi sesuai dengan asupan makanan, kadar plasma, dan kebutuhan tubuh serta diatur oleh hormon paratiroid dan ingesti vitamin D.

b) 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.

- c) Vitamin larut air (B dan C) 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.

5. Usus Besar

Saat Produk saluran pencernaan masuk ke usus besar, sebagian besar nutrien telah dicerna dan diabsorpsi dan hanya menyisakan zat-zat yang tidak tercerna. Waktu yang dibutuhkan oleh makanan untuk menempuh ujung saluran pencernaan satu ke ujung lainnya yaitu sekitar 2 sampai 5 hari. 2 - 6 jam di lambung, 6 - 8 jam di usus halus, dan sisa waktunya berada di usus besar (Chalik, 2016). Usus besar adalah tempat sisa makanan kemudian berada dan nantinya akan dibusukkan menggunakan bakteri *escherichia coli* sehingga bisa menjadi kotoran yang kemudian akan dibuang melalui anus (Sitti Khadijah dkk, 2020).

Usus besar tidak memiliki vili, tidak memiliki plicae circulares (lipatan-lipatan sirkular), dan diameternya lebih lebar, panjangnya lebih pendek, dan daya regangnya lebih besar dibandingkan usus halus. Serabut otot longitudinal dalam muskularis eksterna membentuk tiga pita, *taeniae coli*, yang menarik kolon menjadi kantong-kantong besar yang disebut *haustra*. Katup *ileosekal* adalah mulut sfingter antara usus halus dan usus besar. Normalnya, katup ini tertutup, dan akan terbuka untuk merespons gelombang peristaltik sehingga memungkinkan kimus mengalir 15 ml sekali masuk, untuk total aliran sebanyak 500 ml sehari. Bagian-Bagian usus besar (Chalik, 2016) :

- a. Sekum adalah kantong tertutup yang menggantung di bawah area katup *ileosekal*. *Apendiks vermiform*, suatu tabung buntu yang sempit berisi jaringan limfoid, menonjol dari ujung sekum. Sekum merupakan bagian

usus besar yang memiliki bentuk seperti kantong. Sekum merupakan penghubung antara bagian akhir usus kecil (ileum) dengan usus besar. Sisa makanan dari usus kecil yang masuk ke dalam sekum umumnya masih berbentuk bubur cair (chyme).

b. Kolon adalah bagian usus besar dari sekum sampai rektum. Kolon terdiri dari 3 bagian yaitu :

- 1) Kolon asenden merentang dari sekum sampai ke tepi bawah hati di sebelah kanan dan membalik secara horizontal pada fleksura hepatica. Kolon asenden merupakan bagian awal yang akan dilewati oleh sisa pencernaan dari usus kecil. Jenis kolon ini terletak di sisi kanan tubuh, memanjang dari sekum ke atas
- 2) Kolon transversa merentang menyilang abdomen di bawah hati dan lambung sampai ke tepi lateral ginjal kiri, tempatnya memutar ke bawah pada fleksura splenik. Kolon transversa terletak di bagian atas yang mendatar dan membentang dari sisi kanan ke sisi kiri rongga perut.
- 3) Kolon desenden merentang ke bawah pada sisi kiri abdomen dan menjadi kolon sigmoid berbentuk S yang bermuara di rektum. Kolon Desenden terletak di sisi kiri usus besar, memanjang dari lengkungannya di limpa ke bagian kolon sigmoid.
- 4) Kolon sigmoid, yaitu bagian terakhir kolon sebelum sisa pencernaan masuk ke rektum. Jenis kolon ini terletak di bawah kolon desenden, berbentuk seperti huruf S

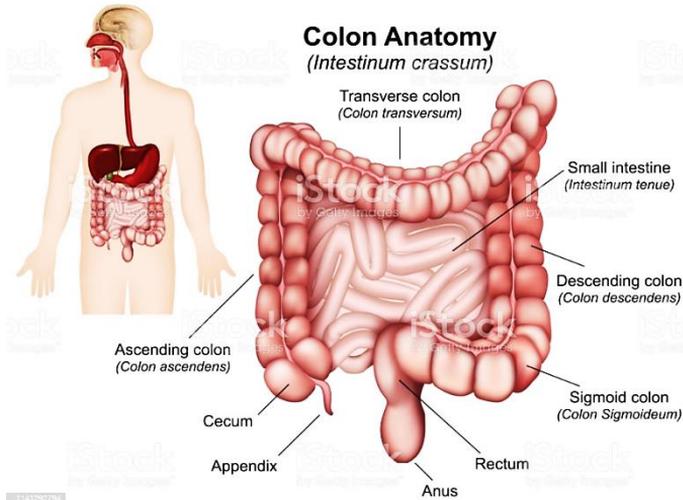
c. Rektum

Rektum adalah bagian bawah usus besar yang berukuran sekitar 15 cm dan terhubung dengan kolon sigmoid. Bagian usus besar ini berfungsi untuk menerima dan menyimpan limbah dari kolon hingga tiba saatnya dikeluarkan oleh tubuh melalui anus. Ketika ada limbah seperti gas atau tinja masuk ke dalam rektum, akan ada sensor yang mengirimkan rangsangan ke otak.

Selanjutnya, sistem saraf pada otak akan memberikan sinyal kapan gas atau tinja tersebut dikeluarkan.

d. Anus

Anus adalah bagian akhir dari usus besar. Ketika rektum sudah terisi penuh dan tinja siap dikeluarkan melalui anus, Anda akan merasakan mulas dan muncul dorongan untuk buang air besar. Proses pengolahan dan pencernaan makanan hingga menjadi tinja umumnya memerlukan waktu kurang lebih 30-70 jam. Mukosa saluran anal tersusun dari kolumna rektal (anal), yaitu lipatan-lipatan vertikal yang masing-masing berisi arteri dan vena. Sfingter anal internal otot polos (involunter) dan sfingter anal eksternal otot rangka (volunter) mengitari anus (Azzouz, 2023).



Gambar 9.11. Anatomi Usus Besar

Fungsi Usus Besar adalah (Chalik, 2016) :

- 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 nutrisi bagi tubuh dalam setiap hari. Bakteri juga memproduksi vitamin (K, riboflavin, dan tiamin) dan berbagai gas.
- d. Usus besar mengekskresi zat sisa dalam bentuk feces. Air mencapai 75% sampai 80% feces. 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. Feces juga mengandung sejumlah materi kasar, atau serat dan selulosa yang tidak tercerna. Warna coklat berasal dari pigmen empedu; bau berasal dari kerja bakteri.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Husairi, D. (2020). *Sistem Pencernaan, tinjauan Anatomi*. CV. IRDH.
- Azzouz, L. L. (2023). *Physiology, Large Intestine*. NCBI Bookshelf. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507857/#_article-24030_s2_
- Chalik, R. (2016). *Anatomi Fisiologi Manusia*. PPSDMK KEMENKES RI.
- Hesti Widowati, E. R. (2020). *Buku Ajar Anatomi*. Umsida Press.
- Mega Iswari, N. (2018). *Anatomi, Fisiologi dan Genetika*. Universitas Negeri Padang.
- Rahmawida Putri dkk. (2022). *Anatomi Fisiologi Manusia (Issue July)*. Nuta Media.
- Sitti Khadijah dkk. (2020). *Buku Ajar Anatomi & Fisiologi Manusia*. Respatti Press.
- Waschke, J. (2018). *Buku Ajar Anatomi Sobotta (Bahasa Ind)*. Elsevier.

BAB 10

ANATOMI FISIOLOGI SISTEM INTEGUMEN

dr. Ani Oranda Panjaitan, M.Biomed

A. Pendahuluan

Tubuh manusia adalah kumpulan sistem yang rumit yang bekerja secara harmonis, di antaranya adalah sistem integumen. Sistem integumen adalah sistem yang menutupi seluruh permukaan tubuh, yang terpapar langsung dengan lingkungan eksternal. Sistem ini terdiri dari kulit, yang paling dominan, rambut dan kuku yang memainkan peran penting dalam mempertahankan homeostasis dalam tubuh dengan melakukan perlindungan, regulasi dan komunikasi. Dengan mempelajari anatomi dan fisiologi sistem integumen diharapkan tenaga medis, khususnya perawat, dapat memahami perlakuan yang baik dan tidak baik dilakukan terhadap sistem tersebut saat melakukan tindakan atau perawatan terhadap pasien.

B. Kulit

1. Anatomi Kulit

Kulit terdiri dari 2 lapis jaringan yaitu epidermis, sebagai lapisan terluar dan dermis, yang berada di bawah epidermis. Epidermis merupakan jaringan epitel berlapis gepeng dengan lapisan tanduk sedangkan dermis merupakan jaringan ikat. Kulit yang lebih tebal memberikan tameng yang lebih kuat terhadap ancaman dari luar, serta meminimalkan risiko infeksi dan cedera.

a. Epidermis

Epidermis terdiri dari berlapis-lapis sel yang didominasi oleh sel yang bernama keratinosit. Karena merupakan jaringan epitel maka tidak ditemukan pembuluh darah pada epidermis. Pertukaran gas, nutrisi dan limbah sel terjadi melalui proses difusi dari dan ke pembuluh darah di dermis. Sel ini terus mengalami mitosis dengan konstan di lapisan basal (dasar). Pembelahan ini terjadi di malam hari. Sel yang terus membelah menyebabkan sel yang baru terbentuk mendesak sel sebelumnya atau sel lama sehingga sel lama akan berubah posisi, bergerak ke arah atas sampai ke permukaan. Sel yang bergerak ini mengalami perubahan intrasel sehingga terjadi diferensiasi atau perubahan bentuk sel yang membentuk lapisan-lapisan yang khas. Awalnya sel memproduksi filamen keratin sitoplasma. Filamen ini semakin lama semakin banyak sampai akhirnya sel tua dan apoptosis (mati) membentuk lapisan keratin yang keras di permukaan kulit. Lapisan-lapisan epidermis yang terbentuk itu adalah:

1) **Stratum Germinativum**

Lapisan ini disebut juga stratum basale. Sel keratinosit yang berbentuk kuboid atau silindris rendah bersusun disokong oleh membrana basalis tepat di atas dermis. Sel tersebut merupakan Keratinosit sangat aktif bermitosis. Di antara dominasi keratinosit terdapat sel Merkel dan melanosit.

2) **Stratum Spinosum**

Di atas lapisan germinativum terdapat lapisan keratinosit yang disebut stratum spinosum yang memiliki taut antar sel jenis desmosom yang sangat banyak. Desmosom merupakan ikatan semacam sekrup yang dipancang masuk ke dalam tiap sel yang bersebelahan/berdekatan dari dinding sampai ke sitoplasmanya oleh *intermediate filament* agar sel, yang membentuk jaringan, tidak terlepas satu dengan yang

lain, akibat suatu gaya regangan yang kuat, guna mencegah terjadinya robekan jaringan. Lapisan ini merupakan lapisan epidermis yang paling tebal. Bentuk keratinosit disini khas seperti berduri (spinosum dari kata spina yang artinya duri). Selain keratinosit pada lapisan ini juga terdapat sel Langerhans

3) **Stratum Lusidum**

Lapisan ini terdiri atas keratinosit yang sudah memulai program apoptosis (kematian sel). Keratinosit banyak mengandung granul kerato-hialin yang dilepaskan secara eksositosis ke ruangan ekstrasel (ruang antar sel) sehingga membentuk lembaran-lembaran yang waterproof. Hal ini mencegah cairan ekstrasel dari bawah, yang berdifusi dari kapiler di dermis, sehingga sel di atasnya mati karena dehidrasi dan kekurangan nutrisi. Lapisan ini hanya jelas ditemukan pada kulit tebal.

4) **Stratum Korneum**

Lapisan ini terdiri atas keratinosit mati tanpa nukleus maupun organel sel lain. Tumpukan sel mati ini mengalami meniggalkan filamen keratin yang bersatu menjadi lapisan tanduk dan lama-kelamaan dapat terkelupas.

b. **Dermis**

Dermis adalah jaringan ikat kulit yang letaknya di bawah epidermis. Jaringan ini memengaruhi kekenyalan kulit. Disini terdapat 2 lapisan jaringan ikat, yaitu lapisan papilar dan lapisan retikular. Sel yang terdapat pada dermis adalah fibroblas, limfosit, sel mast dan sebagainya. Bagian dermis yang menonjol ke arah epidermis disebut papila dermis (rigi dermis) sedangkan bagian epidermis yang menonjol ke arah dermis disebut rete ridges.

1) Lapisan Papilar

Lapisan ini merupakan lapisan permukaan dermis yang tipis, yang berhubungan langsung dengan membrana basalis epidermis. Jenis jaringannya adalah jaringan ikat longgar dimana seratnya seragam pada matriks ekstrasel tidak padat. Jaringan ini banyak dilewati oleh kapiler darah yang merupakan sumber pertukaran zat bagi epidermis dan memberikan rona kemerahan pada kulit. Kapiler ini membuat jalinan yang dinamakan pleksus subpapilaris.

2) Lapisan Retikular

Lapisan ini adalah lapisan dermis yang paling dominan yang terletak di bawah lapisan papilar dermis yang juga kaya akan pembuluh darah. Pili dan pembuluh darah disini disebut pleksus subdermal.

c. Hipodermis

Di bawah kulit terdapat lapisan yang dinamakan lapisan hipodermis yang merupakan bagian dari fascia superfisial. Artinya bukan merupakan jaringan kulit. Jaringan ini dibentuk oleh jaringan ikat longgar yang banyak mengandung lemak.

d. Kulit Tipis dan Tebal

Secara kasar ada dua jenis kulit yang menutupi tubuh manusia, yaitu kulit tipis dan kulit tebal. Kulit tipis menutupi sebagian besar area permukaan tubuh dan memiliki banyak variasi. Misalnya kulit di bawah mata berbeda karakteristiknya dengan kulit di daerah adhi dan sebagainya. Sedangkan kulit tebal menutupi area telapak tangan dan kaki yang tidak memiliki folikel rambut namun banyak mengandung kelenjar keringat.

e. Asesoris Kulit

1) Kelenjar Keringat

Pada kulit terdapat 2 jenis kelenjar keringat, yaitu kelenjar keringat ekrin dan apokrin. Kelenjar keringat ekrin tersebar pada seluruh permukaan kulit, menghasilkan sekret yang encer. Saluran (duktus) kelenjar keringat ini keluar langsung pada permukaan kulit sedangkan duktus kelenjar keringat apokrin bermuara pada folikel rambut. Berdasarkan caranya mengeluarkan sekret, kelenjar keringat ekrin mengeluarkan sekretnya dari sitoplasma sel keluar melewati dinding sel tanpa mengoyak sel. Sedangkan kelenjar keringat apokrin mengoyak dinding selnya saat mengeluarkan sekret, sehingga bentuk sel kelenjarnya compang-camping di bagian apex (puncak).

2) Folikel Rambut

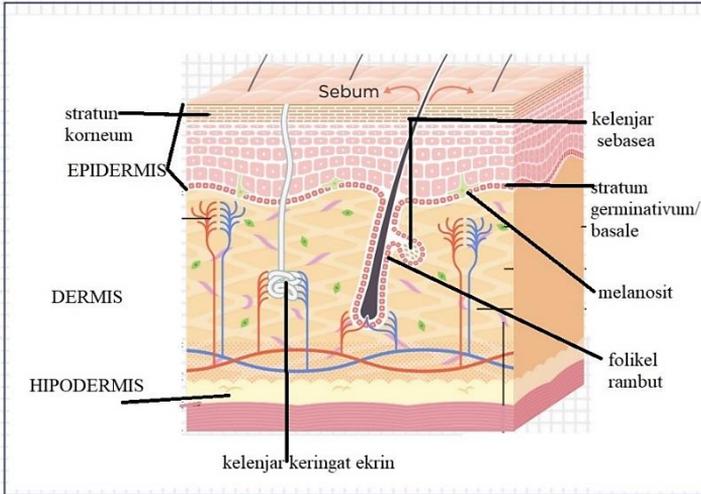
Sebagian besar permukaan tubuh manusia ditumbuhi oleh rambut halus yang dinamakan rambut vellus (pada wajah dijuluki dengan istilah *peach fuzz*). Rambut ini halus, pendek dan memiliki sedikit pigmen.

Perubahan hormonal saat pubertas memicu beberapa rambut vellus bertransisi menjadi rambut yang lebih kasar dan berpigmen yang disebut rambut terminal. Rambut ini terletak di area tertentu seperti di daerah kemaluan dan ketiak. Kehadiran hormon androgen selama pubertas bertanggung jawab atas transformasi ini.

3) Kelenjar Sebacea

Kelenjar sebacea mensekresikan minyak yang dikenal dengan nama sebum. Sebum berfungsi mempertahankan kelembaban kulit, menjerat benda asing dan menghambat perkembangan bakteri. Sebum merupakan gabungan antara kolesterol, trigliserida dan debris sel. Kelenjar ini bermuara ke

folikel rambut. Jenis kelenjarnya adalah kelenjar holokrin yaitu dimana sekret kelenjarnya terbentuk akibat proses apoptosis sel kelenjar. Sel yang apoptosis kemudian akan hancur dan bersama sekret di sitoplasmanya akan menjadi produk kelenjar.



Gambar 10.1. Anatomi Kulit

2. Fisiologi Kulit

Kulit manusia termasuk organ yang kompleks dan serba guna, yang sering dikaitkan dengan keindahan dan estetika. Sebenarnya peran kulit jauh melampaui daya tarik visualnya. Adanya sifat fisiologis dari kulit menyebabkan kulit memiliki banyak fungsi. Peran utama kulit adalah sebagai perisai yang melindungi tubuh dari ancaman eksternal seperti patogen, bahan kimia, suhu, sinar ultraviolet dan trauma fisik. Fungsi kulit tersebut terdiri atas:

a. Pelindung Terhadap Stres Mekanis

Kulit menunjukkan kemampuan beradaptasi yang luar biasa terhadap berbagai tekanan mekanis. Paparan mekanis seperti gesekan dan tekanan, memicu respons seluler pada epidermis maupun dermis yang akhirnya menyebabkan penebalan kulit. Adaptasi ini terlihat jelas di area tubuh yang sering mengalami tekanan mekanis

berulang, seperti di telapak tangan dan telapak kaki. Stres mekanis dapat timbul dari aktivitas sehari-hari seperti akibat tubuh bergerak, kulit tertekan akibat menahan beban atau menekan dan atau bergesekan dengan sesuatu.

Ketika mengalami stres mekanik, kanal ion mekanosensitif pada keratinosit di epidermis menjadi teraktivasi. Hal ini menyebabkan pelepasan growth factor, seperti TGF- β (transforming growth factor beta) dan EGF (epidermal growth factor). Faktor-faktor ini mengatur respons seluler, termasuk peningkatan proliferasi dan sintesis matriks ekstraseluler, yang pada akhirnya menyebabkan penebalan epidermis.

Di dermis, stres mekanis memicu aktivasi mekanoreseptor pada fibroblas sehingga menginisiasi kaskade pensinyalan intraseluler yang berujung pada sintesis dan remodeling kolagen yang lebih aktif. Peningkatan kepadatan kolagen akan memperkuat lapisan dermal untuk gaya mekanis eksternal.

b. Pelindung Terhadap Mikroorganisme

Peptida antimikroba atau dalam Bahasa Inggris disebut *Antimicrobial peptide* yang lazim disingkat AMP adalah molekul alami yang memainkan peran penting dalam kekebalan bawaan. Ada berbagai macam jenis AMP yang dapat ditemukan di berbagai jaringan dan cairan tubuh, termasuk kulit. Di kulit, AMP terutama diproduksi oleh keratinosit. Peptida ini membantu melindungi kulit dari infeksi bakteri, jamur, dan virus. Beberapa jenis AMP yang dihasilkan keratinosit adalah:

1) Cathelicidin

Ini adalah keluarga AMP yang disimpan sebagai prekursor tidak aktif yang akan diaktifkan sebagai respons terhadap infeksi atau inflamasi.

2) **Defensin**

Defensin memiliki sub tipe alfa dan beta yang membantu membuat lubang-lubang di membran sel mikroba, sehingga mengganggu integritasnya.

3) **Histatin**

Selain di kulit, AMP ini dapat ditemukan dalam air liur yang memiliki sifat antijamur.

4) **Ribonuklease (Rnase)**

Rnase tertentu telah lama diketahui memiliki kemampuan aktivitas antimikroba.

Peptida antimikroba ini membantu menjaga keseimbangan mikroba di permukaan kulit dan berkontribusi pada pertahanan tubuh terhadap patogen potensial. AMP merupakan garis pertahanan pertama melawan mikroorganisme yang menyerang.

Penting untuk diperhatikan bahwa komposisi dan ekspresi peptida antimikroba pada kulit dapat bervariasi pada setiap individu dan dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti genetika, usia, dan kondisi lingkungan.

Pada epidermis kita dapat menemukan sel Langerhans yang tersebar di antara keratinosit terutama di stratum spinosum. Sel ini merupakan sel kembara (bukan asli berasal dari kulit) yang berasal dari sumsum tulang. Sitoplasmanya banyak mengandung granula Birbeck/vermiformis. Sel Langerhans merupakan antigen presenting cell (APC) yang berfungsi memfagositosis (menelan dan menghancurkan) antigen seperti mikroorganisme atau benda asing kemudian mempresentasikan epitop antigen tersebut kepada Limfosit T untuk dikenali dan diserang.

Kulit yang memiliki kelenjar sebacea akan menghasilkan sebum yang juga membantu menekan pertumbuhan mikroba.

c. Sintesis Vitamin D

Kulit berfungsi sebagai lokasi utama terjadinya sintesis vitamin D. Setelah terpapar radiasi UVB (panjang gelombang 280-315 nm), molekul prekursor vitamin D3 yang terdapat di kulit, yaitu 7-dehydrocholesterol, mengalami reaksi fotokimia sehingga berubah menjadi previtamin D3. Senyawa yang tidak stabil ini terisomerisasi menjadi vitamin D3, yang kemudian diangkut ke hati untuk diproses lebih lanjut. Di hati, vitamin D3 mengalami hidrosilasi menghasilkan 25-hidroksi vitamin D. Hidrosilasi lebih lanjut terjadi di ginjal menghasilkan bentuk vitamin D yang aktif yang disebut kalsitriol.

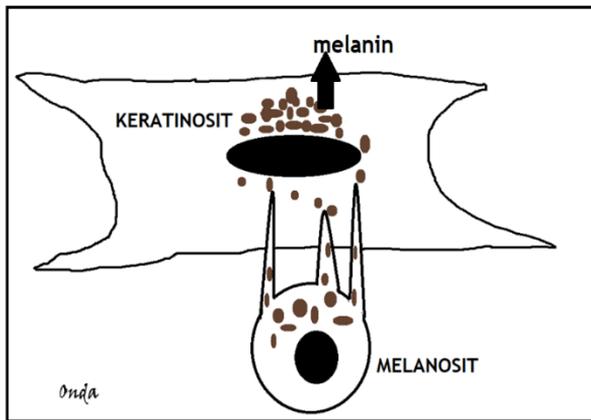
d. Pelindung terhadap Sinar Ultraviolet

Kulit terus-menerus terpapar faktor lingkungan, dengan radiasi UV menjadi salah satu yang paling umum. Walaupun kita ketahui sinar UV dapat membantu sintesis vitamin D namun paparan yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan DNA, stres oksidatif dan disfungsi seluler. Radiasi UV diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama: UVA, UVB, dan UVC. UVA menembus kulit secara mendalam, berkontribusi terhadap penuaan dini dan kerusakan jangka panjang. UVB bertanggung jawab atas terjadinya kulit terbakar (sengatan matahari) dan memainkan peran penting dalam perkembangan kanker kulit. UVC diserap oleh lapisan ozon sehingga tidak mencapai permukaan bumi.

Radiasi UVA dan UVB secara bersamaan dapat mengganggu proses seluler. Mekanisme kulit untuk mencegah hal ini adalah dengan menghasilkan melanin dan menebalkan kulit yang terancam. Produksi melanin yang memberi warna gelap pada kulit.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pada stratum germinativum epidermis terdapat sel bernama melanosit. Sel ini menghasilkan melanosom dan enzim tirosinase yang inaktif. Tirosinase diaktifkan oleh sinar

ultraviolet dan setelah aktif akan mengkonversi tirosin dalam melanosom sehingga menjadi melanin. Badan sel melanosit memiliki banyak tonjolan/prosesus. Prosesus ini bertindak seperti suntikan. Prosesus tersebut dapat menembus dinding sel keratinosit di stratum spinosum dan menyuntikkan melanin ke dalam sitoplasma keratinosit. Di dalam sitoplasma keratinosit, melanin ditranspor ke area supranuklir, yaitu menutupi nukleus di arah yang menghadap ke permukaan kulit (atas) sebagai perisai terhadap sinar UV, terutama UV A agar tidak dapat mengenai nukleus.



Gambar 10.2. Melanosit dan Keratinosit

e. Pencegah Evaporasi

Salah satu fungsi kulit yang luar biasa adalah bertindak sebagai penghalang/barier proses evaporasi/penguapan. Proses ini dikenal sebagai proses kehilangan air transepidermal atau dalam Bahasa Inggris disebut dengan *transepidermal water loss* yang disingkat TEWL. Proses TEWL yang terkontrol akan mempertahankan suhu tubuh yang optimal sekaligus mencegah kehilangan cairan yang berlebihan. Gangguan kulit seperti dermatitis atopik dan psoriasis dapat menurunkan kemampuan kulit menjaga TEWL sehingga menyebabkan kekeringan dan peradangan kulit. TEWL

dapat diukur sehingga berguna untuk menilai keparahan penyakit atau efektivitas pengobatan.

f. Termoregulator

Termoregulasi adalah proses fisiologis dalam memelihara suhu tubuh internal agar selalu stabil bagi semua organisme hidup. Pada mamalia, termasuk manusia, kulit memainkan peran penting dalam mengatur suhu tubuh melalui interaksi yang kompleks antara struktur anatomi, jaras saraf dan proses biokimia.

Salah satu mekanisme paling penting dimana kulit mengatur suhu tubuh adalah melalui produksi keringat. Kelenjar keringat ekrin, terdistribusi di seluruh permukaan tubuh, menyekresi cairan encer yang mengandung elektrolit. Saat suhu tubuh naik, sistem saraf otonom memicu aktivasi kelenjar keringat. Cairan keringat akan menyerap panas dari tubuh, sehingga mendinginkan kulit dan suhu internal tubuh.

Mekanisme lain adalah dengan bantuan pembuluh darah. Kulit mengatur aliran darah melalui proses vasodilatasi (melebarkan pipa pembuluh darah) dan vasokonstriksi (menyempitkan pipa pembuluh darah). Saat suhu tubuh panas pembuluh darah di kulit melebar sehingga volume darah menjadi lebih besar mengalir ke arah permukaan tubuh kemudian pelebaran pembuluh tersebut melepaskan panas. Sebaliknya, dalam kondisi dingin, pembuluh darah menyempit sehingga mengurangi aliran darah ke kulit (permukaan tubuh) dan meminimalkan kehilangan panas.

g. Reseptor Sensasi

Kulit berfungsi sebagai organ sensorik yang canggih, yang menyampaikan berbagai sensasi taktil, suhu dan nyeri yang memungkinkan kita menghindari atau mengetahui adanya bahaya. Ketebalan kulit memengaruhi kepadatan dan distribusi reseptor sensorik yang bertanggung jawab untuk mendeteksi rangsangan tersebut. Kulit yang lebih tebal umumnya lebih banyak

menampung reseptor sensorik. Di lokasi ini kemampuan untuk merasakan sensasi sentuhan dan membedakan antara rangsangan lebih peka dibandingkan kulit yang tipis.

Pada stratum germinativum kita dapat menemukan sel Merkel yang menyebar di antara keratinosit. Sel ini banyak ditemukan di daerah ujung jari, mukosa mulut dan kulit yang memiliki folikel rambut. Sel ini membentuk kompleks dengan axon terminal saraf sensoris yang berfungsi sebagai mekanoreseptor sensasi sentuhan.

Selain itu terdapat mekanoreseptor rasa getar yaitu badan Meissner, yang terletak di papila dermis dan badan Vater Pacini, di bagian bawah dermis dan hypodermis, untuk rasa tekan. Termoreseptor untuk rasa hangat diterima oleh badan Ruffini dan badan Krause untuk rasa dingin yang berada di area tengah dermis.

h. Alat Identifikasi

Alur kulit (*friction ridge skin*), seperti pada telapak tangan dan kaki, memiliki pola yang unik bagi tiap individu. Bangunan ini dipakai sebagai alat identifikasi manusia, yang biasa ditempel setelah dilumuri tinta untuk cap jari. Alur-alur yang menonjol ini sebenarnya sangat dipengaruhi oleh papila dermis (tonjolan dermis ke arah epidermis) kulit tebal. Papila dermis disini lebih menonjol dari papila dermis di tempat lain, hal ini diikuti oleh lapisan-lapisan di atasnya dan akhirnya membuat tonjolan pada permukaan kulit, menghasilkan garis-garis berbentuk lingkaran dan lengkungan.

Selain untuk identifikasi ternyata fungsi utama dari alur ini ternyata dapat meningkatkan kepekaan sentuhan, yang memungkinkan untuk merasakan dan menginterpretasikan tekstur, bentuk dan suhu dengan lebih sensitif. Hal ini sangat berguna sebagai aktivitas yang membutuhkan ketangkasan, seperti saat memegang benda dan tugas motorik halus lain.



Gambar 10.3. Kulit telapak yang beralur

3. Proses Merinding pada Kulit

Folikel rambut vellus yang sudah dijelaskan pada anatomi kulit terhubung dengan otot bernama muskulus arektor pili yang merupakan otot polos yang menempel pada folikel rambut vellus dengan posisi miring/oblik. Otot ini dikendalikan oleh sistem saraf otonom, khususnya sistem saraf simpatik. Sifatnya involunter (tidak sesuai kehendak). Otot ini dipengaruhi oleh respons stres atau suhu dingin. Saat tubuh merasakan ancaman, stress atau dingin, sistem saraf simpatik diaktifkan. Sinyal saraf berjalan dari saraf tulang belakang ke otot arektor pili sehingga berkontraksi. Ketika berkontraksi, ia menarik folikel rambut, menyebabkan rambut menjadi lebih tegak dan mengakibatkan permukaan kulit membentuk benjolan kecil yang dikenal sebagai istilah merinding.

4. Pengaruh Anatomi dan Fisiologi Kulit Terhadap Suntikan Obat di Area Kulit (Intrakutan dan Subkutan)

Suntikan subkutan dilakukan dengan melepaskan zat/obat ke dalam jaringan hipodermis. Metode ini menyebabkan penyerapan zat yang relatif agak lambat serta berkelanjutan ke dalam aliran darah. Suntikan subkutan

biasanya digunakan untuk insulin, vaksin tertentu dan obat lain yang membutuhkan penyerapan bertahap.

Lapisan subkutan memiliki area permukaan untuk penyerapan yang rendah dibandingkan dengan otot. Dalam suntikan intramuskular massa otot memungkinkan penyerapan lebih cepat karena besarnya luas permukaan yang tersedia untuk obat berdifusi ke dalam aliran darah.

Selain itu kepadatan kapiler darah yang bertanggung jawab dalam memfasilitasi pertukaran zat dari aliran darah ke jaringan rendah. Otot memiliki kepadatan kapiler yang lebih tinggi dibandingkan dengan jaringan subkutan. Kepadatan kapiler yang besar pada otot ini meningkatkan laju penyerapan untuk injeksi intramuskular dibandingkan dengan injeksi subkutan.

Tingginya akumulasi sel lemak pada area hipodermis juga dapat menghambat pergerakan molekul obat dari tempat suntikan ke dalam aliran darah. Sebaliknya, otot memiliki lebih sedikit sel lemak sehingga penyerapan lebih cepat.

Sistem limfatik bertanggung jawab untuk mengalirkan kelebihan cairan dari jaringan. Obat yang disuntikkan secara subkutan dapat terserap ke dalam sistem limfatik sebelum memasuki aliran darah, menyebabkan penundaan efek sistemiknya.

Suntikan intrakutan dilakukan dengan melepaskan zat/obat ke area epidermis kulit. Suntikan ini biasanya diberikan untuk tujuan diagnostik, seperti tes alergi atau untuk membiarkan sejumlah kecil zat berkhasiat yang diharapkan bekerja secara lokal di permukaan kulit. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, epidermis tidak dilewati oleh pembuluh darah sehingga masuknya zat yang disuntikkan sampai terbawa oleh aliran darah dermis hanya berharap dari proses difusi yang menyebabkan penyerapan di area ini sangat lambat.

C. Rambut

Rambut manusia adalah struktur filamen (seperti benang) yang kompleks yang muncul dari folikel rambut di dalam kulit. Rambut memiliki fungsi vital, termasuk perlindungan terhadap faktor lingkungan, termoregulasi dan persepsi sensorik.

1. Anatomi Rambut

Rambut yang lebat dan memiliki banyak pigmen terkonsentrasi pada area tertentu pada tubuh manusia. Area seperti kepala, ketiak dan genitalia merupakan lokasi tipe rambut ini. Tipe rambut seperti ini disebut dengan rambut terminal.

Rambut diproduksi di dalam folikel rambut, yaitu lubang tempat tumbuhnya rambut. Bangunan yang terdapat pada folikel rambut adalah:

a. Akar Rambut

Akar rambut berada pada bagian bawah folikel rambut yang melebar, tempat dimulainya pertumbuhan rambut. Akar rambut dibentuk oleh beberapa bangunan.

b. Papila Rambut

Bangunan ini berada paling dasar dari akar rambut yang merupakan titik dimana rambut tumbuh. Disini banyak mengandung kapiler darah yang memberi nutrisi pada rambut yang tumbuh di atasnya.

c. Sarung Akar Rambut/ Matriks Rambut

Sarung akar rambut turut menyusun akar rambut, dengan posisi memeluk papila rambut. Bangunan ini dibentuk oleh sel yang membelah secara aktif yang berkontribusi pada pertumbuhan rambut.

d. Batang Rambut

Batang rambut terdiri dari tiga lapisan yaitu medula, korteks dan kutikula. Kutikula adalah lapisan terluar dari batang rambut, terdiri dari sel-sel yang tumpang tindih yang melindungi lapisan dalam. Korteks adalah lapisan tengah, yang mengandung sebagian besar pigmen rambut dan berkontribusi pada kekuatan dan

elastisitasnya sedangkan medula adalah lapisan paling dalam.

e. Kelenjar Sebacea

Kelenjar ini sudah diterangkan pada anatomi kulit. Selain berguna bagi kulit, sebum hasil kelenjar ini juga membantu melembabkan dan melindungi rambut. Sebum bergerak di sepanjang batang rambut dan berkontribusi pada kesehatan dan penampilan rambut secara keseluruhan.

f. Muskulus Arektor Pili

Seperti yang telah disebutkan pada jawaban sebelumnya, muskulus arektor pili adalah otot kecil yang melekat pada folikel rambut dipengaruhi saraf simpatis. Apabila berkontraksi akan menarik rambut.

g. Saraf Sensorik

Folikel rambut berhubungan dengan ujung saraf sensorik, memungkinkan kita untuk merasakan sensasi seperti sentuhan dan tekanan.

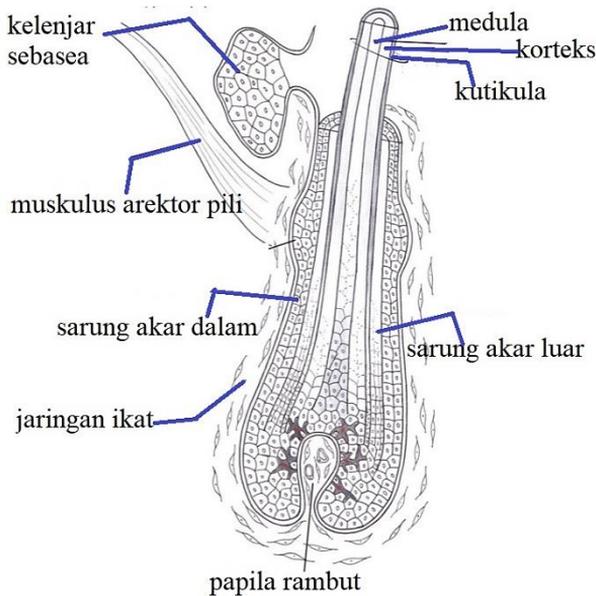


Figure 1 Hair and its follicle *Melanocytes

Gambar 10.4. Anatomi rambut

2. Fisiologi Rambut

Proses pembentukan keratin pada rambut mirip dengan proses pembentukan keratin/jaringan tanduk kulit. Hanya saja pada rambut yang terbentuk adalah keratin keras sedangkan pada kulit lunak.

Sel korteks menghasilkan granula keratohialin yang banyak yang kemudian bersatu membentuk filamen keratin. Sel-sel rambut disuntikkan melanin untuk mendapatkan warnanya, sama seperti pada keratinosit kulit, yang dilakukan oleh melanosit. Jumlah dan jenis melanin menentukan warna rambut, mulai dari hitam, coklat hingga pirang.

Pada proses degenerasi atau penuaan, melanosit tidak lagi mampu memproduksi tirosinase, enzim yang dapat memecah melanosom menjadi melanin. Hal ini menyebabkan melanin tidak terbentuk dan rambut kehilangan pigmen yang dikenal dengan istilah uban.

a. Siklus Pertumbuhan Rambut

Rambut manusia mengalami proses pertumbuhan terus menerus dan siklus yang dikenal sebagai siklus pertumbuhan rambut. Siklus ini terdiri dari tiga fase utama, yaitu:

1) Fase Anagen

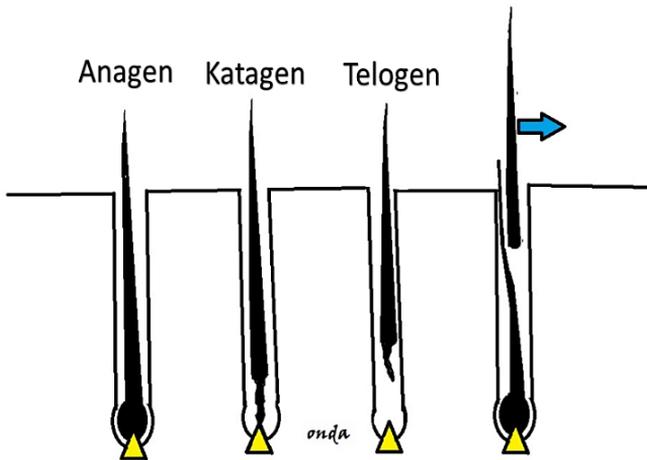
Selama fase ini, folikel rambut tumbuh secara aktif, dengan sel-sel dalam akar rambut membelah dengan cepat. Rambut memanjang sekitar 1 sentimeter setiap 28 hari, dan fase ini dapat berlangsung selama beberapa tahun.

2) Fase Katagen

Pada fase ini pembelahan sel melambat dan pertumbuhan folikel mengalami kemunduran. Akhirnya Rambut berhenti tumbuh dan bagian bawah folikel mengalami perubahan struktural sehingga menyempit dan tidak ada celah untuk rambut terhubung dengan papila rambut sebagai sumber nutrisi.

3) Fase Telogen

Fase ini adalah fase istirahat di mana rambut yang terputus tetap tertahan di dalam saluran rambut. Setelah beberapa minggu hingga bulan fase ini akan berakhir diganti fase anagen kembali. Setelah siklus rambut baru dimulai, folikel membuka dan menumbuhkan rambut baru. Rambut lama yang bertahan pada saluran di atasnya akan terdesak oleh rambut yang baru tumbuh kemudian rontok.



Gambar 10.5. Fase Perkembangan Rambut

b. Regulasi fisiologis rambut

Hormon, *growth factor* dan molekul pensinyalan lainnya mengatur siklus pertumbuhan rambut. Hormon androgen, termasuk testosteron dan dihidrotestosteron (DHT), memainkan peran penting dalam pertumbuhan dan pola rambut. Kecenderungan genetik, fluktuasi hormonal, dan faktor lingkungan dapat memengaruhi kepekaan folikel rambut terhadap hormon-hormon ini, yang menyebabkan kondisi seperti androgenetic alopecia (kebotakan).

D. Kuku

Kuku merupakan bagian tubuh yang tampaknya tidak penting, sebenarnya memainkan peran penting di luar estetika. Struktur dan fungsi kuku melibatkan interaksi yang kompleks antara anatomi, histologi, dan fisiologi.

Anatomi dan Fisiologi Kuku

Kuku merupakan organ turunan kulit. Kuku yang sehat berupa pelat keras tipis dan transparan yang menutupi permukaan dorsal ujung jari dengan mulus, yang pada wanita sering dihias. Zat utama pembentuk pelat ini adalah keratin, protein keras dan berserat. Kuku dibingkai oleh lipatan kuku (sebenarnya lebih tepat sebagai lipatan kulit) pada lokasinya di ujung jari. Adapun bangunan pembentuk kuku yaitu:

1. Matriks kuku/akar kuku
2. Bantalan kuku/*nail bed*
3. Lempeng kuku/*nail plate*,
4. Eponikium/kutikula
5. Paronikium
6. Hiponikium.

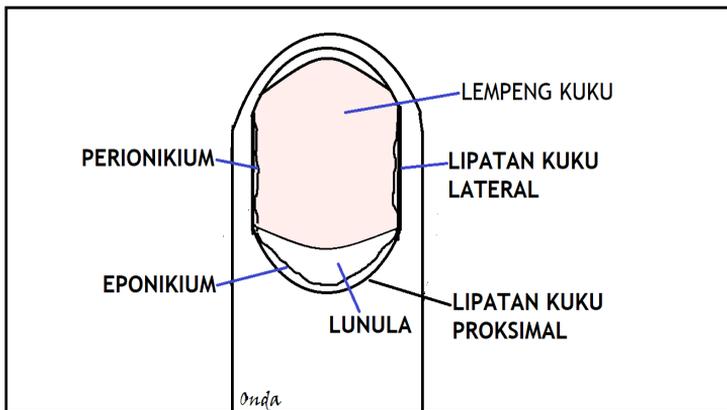
Yang lazim disebut dengan kuku oleh masyarakat awam adalah lempeng kuku. Lempeng kuku tumbuh dari proksimal/pangkal ke arah distal/ujung/luar. Lempeng kuku ini tumbuh di atas bantalan kuku dan menempel padanya. Bantalan kuku merupakan kulit, yang menjadi dasar dari lempeng kuku. Bantalan kuku seperti kulit umumnya terdiri dari dermis dan epidermis. Dermisnya banyak mengandung pembuluh darah yang memberikan rona kemerahan pada kuku.

Lipatan kuku pada area pangkal menyambung dengan lipatan di lateral kanan dan kiri ujung jari. Epidermis lipatan kuku lateral akan menyatu dengan epidermis bantalan kuku membentuk paronikium. Sedangkan yang di area pangkal kuku membentuk eponikium. Matriks kuku tumbuh di bawahnya. Pangkal matriks kuku tidak terlihat dari luar karena tertutup lipatan kuku. Matriks ini yang akan menumbuhkan banyak sel epitel yang sangat padat, sejajar dengan bantalan kuku/*nail bed*.

Sel-sel pada matriks kuku mengandung granula keratin di sitoplasmanya yang kemudian akan terkeratinisasi, mirip pembentukan stratum corneum pada epidermis kulit dan pembentukan batang rambut. Disini keratin akan membentuk lempeng kuku yang keras.

Matriks kuku di bagian yang terlihat dari luar membentuk bangunan bentuk seperti bulan sabit berwarna putih di pangkal kuku dijuluki dengan istilah lunula. Lunula ini merupakan bagian matriks yang bertanggung jawab untuk memproduksi sebagian besar lempeng kuku.

Laju pertumbuhan lempeng kuku dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk usia, genetika, dan kesehatan secara keseluruhan. Tingkat rata-rata pertumbuhannya adalah sekitar 3 mm per bulan.



Gambar 10.6. Anatomi Kuku

DAFTAR PUSTAKA

- Buffoli, B. et al. (2014) 'The human hair: from anatomy to physiology', *International Journal of Dermatology*, 53, pp. 331-341.
- Elhoseny, M. et al. (2018) 'Multimodal Biometric Personal Identification and Verification', *Advances in Soft Computing and Machine Learning in Image Processing*, Springer International Publishing, pp. 249-276.
- Gartner, Leslie P; Hiatt, J.L. (2006) *Color Textbook of Histology*. 3rd edn, Human Stem Cell Manual. 3rd edn. Saunders.
- Haneke, E. (2015) 'Anatomy of the nail unit and the nail biopsy', *Frontline Medical Communications*, 34, pp. 95-99.
- Herskovitz I, Macquhae F, Fox JD, Kirsner RS. (2016) Skin movement, wound repair and development of engineered skin, *Exp. Dermatol.* Feb;25(2), pp. 99-100
- Kamboj, S et al,. (2013) 'Recent Advances in Permeation Enhancement Techniques for Transdermal Drug Delivery Systems: A Review', *Current Drug Therapys*, 8(3)
- Maiti, R. et al. (2019) 'Morphological parametric mapping of 21 skin sites throughout the body using optical coherence tomography', *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 102.

BAB 11

ANATOMI FISIOLOGI SISTEM PERKEMIHAN

dr. Silphia Novelyn, M.Biomed

A. Pendahuluan

Sistem perkemihan terdiri dari ginjal, ureter, kandung kemih dan uretra. Fungsi utama dari sistem perkemihan adalah untuk membuang produk limbah organik atau sisa metabolisme sel-sel tubuh. Beberapa fungsi lain yang tidak kalah penting adalah mengatur volume dan tekanan darah, mengatur konsentrasi ion-ion di dalam plasma dan membantu menstabilkan pH darah.

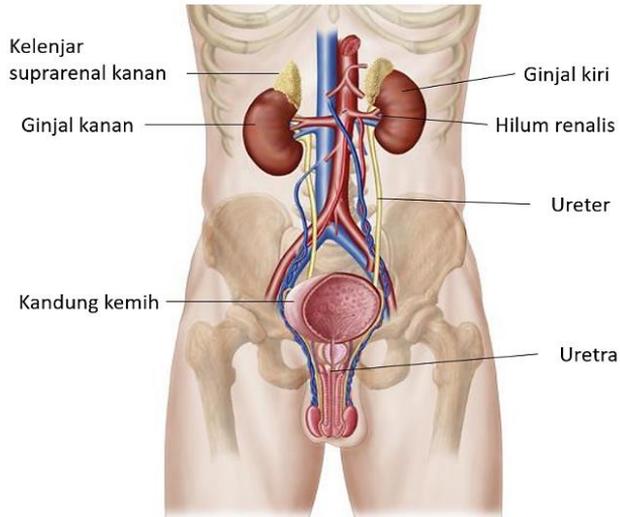
Setiap hari ginjal akan menyaring darah, mengirimkan toksin, sisa buangan metabolik, kelebihan cairan dan ion keluar dari tubuh dalam bentuk urin.

B. Ginjal

1. Anatomi Ginjal

Ginjal (dalam bahasa Latin disebut *ren*) merupakan organ yang berperan sebagai pembentuk urin. Secara anatomi letak ginjal adalah di dalam rongga perut pada bagian atas belakang, tepatnya di sebelah kiri dan kanan dari tulang belakang. Walaupun berada di dalam rongga perut, tetapi letak ginjal adalah retroperitoneal, berarti berada di belakang peritoneum yang merupakan selaput pelapis bagian dalam dinding perut sekaligus menjadi pemisah antar organ-organ dalam rongga perut.

Sehubungan dengan adanya organ hati, letak ginjal kanan sedikit lebih rendah dibandingkan ginjal kiri. Bentuk ginjal seperti biji kacang, dengan tepi bagian samping (margo lateral) cembung, sedangkan tepi bagian tengah (margo medial) yang menghadap ke tulang belakang adalah cekung, sehingga dapat diilustrasikan seperti dua buah biji kacang yang menghadap ke tulang belakang. Pada bagian atas masing-masing ginjal terdapat kelenjar suprarenal, fungsi kelenjar ini tidak berhubungan dengan fungsi ginjal. Pada pertengahan bagian medial ginjal ini terdapat bagian yang disebut hilum renalis, yang merupakan tempat keluar dan masuknya pembuluh darah, ureter dan saraf.



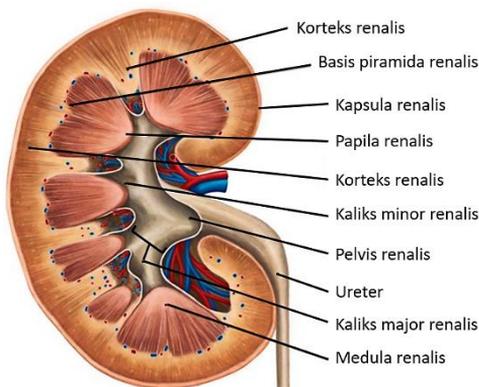
Gambar 11.1. Ginjal di dalam tubuh pria, dilihat dari depan

Ginjal dilindungi oleh pembungkus yang berfungsi sebagai pelindung ginjal dan juga untuk menjaga bentuk serta posisi ginjal. Pembungkus ginjal ini tersusun atas tiga lapisan:

- a. Lapisan paling luar disebut dengan fascia renalis, merupakan jaringan ikat kolagen. Di bagian luar lapisan ini dilindungi oleh jaringan lemak yang disebut dengan jaringan lemak perirenalis.

- b. Lapisan di bawah fasia renalis disebut dengan kapsula adiposa renalis atau jaringan lemak pararenalis. Lapisan lemak baik perirenalis maupun pararenalis berfungsi sebagai bantalan bagi ginjal (berfungsi sebagai pelindung) dan membantu menjaga ginjal untuk tetap berada pada posisinya.
- c. Lapisan terakhir yang juga merupakan lapisan pembungkus ginjal paling dalam adalah kapsula fibrosa, yang merupakan jaringan ikat padat yang tipis dan melekat erat pada permukaan ginjal.

Bagian dalam ginjal dapat dibedakan atas bagian korteks dan medula, yang bersama-sama membentuk parenkim ginjal. Bagian korteks ginjal terletak lebih superfisial dan berwarna lebih terang. Bagian yang terletak lebih dalam dan berwarna lebih gelap disebut sebagai medula ginjal. Bagian medula terdiri dari beberapa bangunan berbentuk segitiga terbalik yang dinamakan piramida renalis. Di antara bangunan-bangunan piramida renalis ini terdapat bagian dari korteks yang menjorok masuk ke dalam medula, disebut sebagai kolumna renalis. Setiap satu piramida renalis beserta dengan bagian korteks yang mengelilinginya merupakan satu lobus renalis. Masing-masing ginjal terdiri dari lima sampai sebelas lobus renalis.

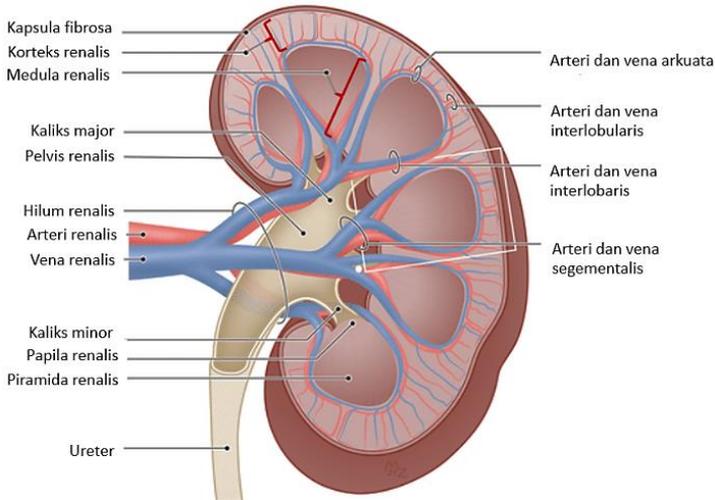


Gambar 11.2. Struktur bagian dalam ginjal

Alas (basis) dari tiap piramida renalis menghadap dan berbatasan dengan korteks renalis, sedangkan puncak dari tiap piramida renalis (disebut sebagai papila renalis) menghadap ke bagian dalam (menjauhi korteks). Setiap papila membuka ke suatu bangunan seperti saluran yang disebut sebagai kaliks minor renalis. Beberapa kaliks minor renalis bergabung dan bermuara ke dalam satu kaliks major renalis. Semua kaliks major renalis akan bermuara ke dalam suatu saluran yang disebut sebagai pelvis renalis. Pelvis renalis merupakan saluran yang lebar dan berbentuk seperti corong yang merupakan bagian atas (pangkal) dari ureter. Pelvis renalis ini terletak di bagian dalam hilum renalis.

Kedua ginjal mendapatkan aliran darah melalui arteri renalis yang merupakan cabang langsung dari aorta abdominalis. Tiap arteri renalis akan bercabang menjadi arteri segmentalis, yang kemudian akan mempercabangkan arteri interlobaris yang memperdarahi setiap lobus ginjal. Arteri-arteri interlobaris akan melanjutkan diri sebagai arteri arkuata yang berjalan di antara bagian medula dan korteks renalis. Setiap arteri arkuata akan mempercabangkan beberapa arteri interlobularis, yang selanjutnya akan mempercabangkan arteriol-arteriol afferen. Arteriol-arteriol afferen inilah yang memperdarahi setiap nefron.

Setelah mengalir dalam kapiler-kapiler tiap nefron, aliran darah akan memasuki venul-venul yang membentuk vena interlobularis. Dari vena interlobularis aliran darah balik akan bermuara ke vena arkuata, kemudian bermuara ke vena interlobaris di setiap lobus ginjal. Dari vena-vena interlobaris, aliran darah balik akan bermuara ke vena renalis yang selanjutnya akan bermuara ke vena kava inferior, dan pada akhirnya akan bermuara ke serambi jantung kanan.



Gambar 11.3. Bagian dalam ginjal beserta arteri dan vena; tanda kotak menunjukkan satu lobus ginjal

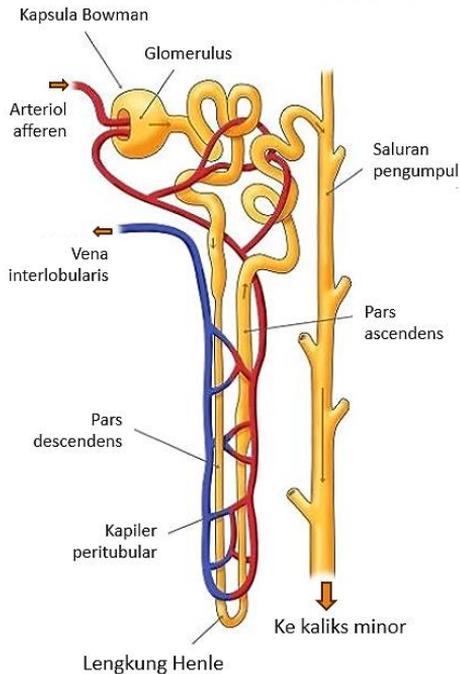
2. Fisiologi Ginjal

Fungsi ginjal sebagai organ antara lain untuk memproduksi hormon, misalnya hormon renin yang membantu mengendalikan tekanan darah, dan juga memproduksi hormon eritropoietin yang akan merangsang pembentukan sel-sel darah merah baru, serta turut berperan dalam menjaga keseimbangan asam-basa dengan cara mengendalikan tingkat pH tubuh yang sangat penting agar sel dapat berfungsi secara baik.

Dalam sistem perkemihan, tugas utama ginjal adalah proses penyaringan, reabsorpsi dan juga sekresi. Ketiga hal tersebut penting dalam pengaturan volume urin, keseimbangan elektrolit dan keseimbangan asam basa. Secara terus menerus ginjal akan menyaring darah untuk membuang kelebihan garam, produk sisa atau limbah metabolisme, dan kelebihan air, dengan cara membuangnya dalam bentuk urin.

Unit fungsional ginjal yang bekerja melakukan fungsi penyaringan adalah nefron. Nefron adalah unit struktural sekaligus unit fungsional ginjal. Nefron berada pada bagian

korteks ginjal. Masing-masing ginjal manusia memiliki kurang lebih satu juta nefron.



Gambar 11.4. Satu Unit Nefron

Satu unit nefron terdiri dari korpuskulus renalis dan tubulus renalis.

a. Korpuskulus Renalis

Merupakan suatu struktur berbentuk menyerupai bola yang terdiri dari glomerulus dan kapsula Bowman. Setiap glomerulus dilingkupi oleh selubung yang disebut dengan kapsula Bowman. Satu glomerulus dengan kapsula Bowman yang melingkupinya disebut sebagai badan Malphigi.

b. Tubulus Renalis

1) Tubulus kontortus proximal (kontortus artinya bergelung). Bagian ini sangat aktif dalam melakukan proses reabsorpsi dan sekresi. Permukaan bagian ini dilapisi oleh sel kuboid bermikrovili, fungsi mikrovili

ini adalah untuk memperluas permukaan untuk penyerapan air. Sel-sel pada bagian ini memiliki banyak mitokondria sebagai penyedia energi untuk melakukan proses reabsorpsi.

- 2) Lengkung Henle (Ansa Henle). Bagian ini berbentuk seperti huruf U dan memiliki dinding yang permeable.
- 3) Tubulus kontortus distal. Dinding bagian ini juga dilapisi oleh epitel kuboid. Bagian ini memiliki fungsi untuk reabsorpsi ion dan sekresi selektif. Perbedaan struktur bagian ini dengan tubulus kontortus proksimal adalah bagian distal ini tidak memiliki mikrovili dan tidak seaktif bagian proksimal dalam hal reabsorpsi.
- 4) Duktus koligentes atau saluran pengumpul. Bagian ini bisa dikatakan berfungsi untuk menahan air; saat tubuh harus menghemat air maka kelenjar hipofisis bagian posterior akan mengeluarkan hormon anti diuretik (ADH) yang mengakibatkan permeabilitas saluran pengumpul dan juga tubulus kontortus distal terhadap air meningkat, sehingga air diserap dari filtrat pada saluran ini ke kapiler-kapiler di sekitarnya, sehingga volume urin yang dihasilkan menjadi menurun.

Glomerulus merupakan jaringan kapiler yang padat yang menjadi tempat penyaringan molekuler awal, memisahkan produk limbah dan substansi berlebih dari darah, dan membentuk cairan yang disebut filtrat. Filtrat selain mengandung produk limbah seperti ureum dan kreatinin juga mengandung substansi yang bermanfaat seperti ion, glukosa dan asam amino.

Filtrasi merupakan suatu proses dinamis yang diatur oleh beberapa faktor, diantaranya adalah laju filtrasi glomerulus (GFR = *glomerulus filtration rate*). GFR dapat memberi gambaran keefektifan proses filtrasi oleh ginjal. Keadaan hidrasi tubuh dan keseimbangan elektrolit di dalam

tubuh akan direspon oleh ADH dan hormon aldosteron, yang kemudian akan mengatur laju filtrasi dan juga reabsorpsi.

Tahap awal filtrasi memisahkan partikel-partikel berdasarkan muatan dan ukurannya, melibatkan tekanan hidrostatik di dalam glomerulus dan penghalang filtrasi yang terdiri dari sel endotel, membran basal dan podosit. Molekul-molekul kecil seperti air, glukosa dan produk limbah sisa metabolisme bisa melewatinya, sedangkan molekul yang lebih besar seperti sel darah dan protein akan tertahan.

Setelah terjadi filtrasi di glomerulus, filtrat akan bergerak menuju tubulus renalis, dimana fungsi utama tubulus adalah menjalankan proses reabsorpsi dan sekresi. Saat filtrat tiba di tubulus, terjadilah penyerapan kembali zat-zat yang penting bagi tubuh seperti elektrolit, glukosa dan asam amino ke dalam darah. Proses penyerapan kembali ini disebut dengan reabsorpsi, yang terjadi melalui mekanisme transpor selektif, untuk memastikan substansi tersebut tidak terbuang melalui urin dan dengan demikian membantu mempertahankan komposisi optimal dari tubuh. Telah disebutkan sebelumnya bahwa penyerapan kembali air dilakukan dibawah kendali ADH yang dihasilkan oleh kelenjar hipofisis di otak, yang mengatur permeabilitas saluran pengumpul terhadap air, sehingga tubuh bisa menahan air saat dibutuhkan dan sebaliknya tubuh bisa meningkatkan pengeluaran air saat asupan cairan berlebihan.

Saat filtrat diteruskan ke tubulus renalis, filtrat akan mengalami proses pemekatan dan modifikasi. Fungsi sekresi dijalankan oleh tubulus dengan secara aktif mengangkut produk limbah tambahan, obat-obatan dan ion berlebih dari darah. Urin terbentuk setelah filtrat mengalami modifikasi di tubulus renalis, selanjutnya dialirkan ke saluran pengumpul, untuk kemudian menuju ke kaliks minor, kaliks major dan akhirnya pelvis renalis. Dari pelvis renalis urin akan dialirkan ke ureter untuk nantinya ditampung di dalam kandung kemih sebelum akhirnya dikeluarkan dari tubuh secara berkala.

Gangguan fungsi ginjal dapat menyebabkan beberapa keadaan seperti ketidakseimbangan elektrolit, glomerulonephritis, bahkan gagal ginjal. Fungsi ginjal dapat dinilai dengan pemeriksaan laju filtrasi glomerulus dan bersihan kreatinin.

C. Ureter

1. Anatomi Ureter

Ureter merupakan sepasang saluran berbentuk tabung dengan diameter kecil yang mengalirkan urin yang dihasilkan oleh masing-masing ginjal ke dalam kandung kemih. Sama seperti ginjal, ureter terletak retroperitoneal. Ureter berawal dari pelvis renalis yang merupakan muara dari semua kaliks major renalis di dalam masing-masing ginjal, dan berakhir pada saat bermuara ke dalam kandung kemih.

Panjang ureter pada orang dewasa berbeda-beda, berkisar antara 25 - 30 cm. Dinding ureter tersusun atas tiga lapisan yaitu:

a. Tunika Mukosa

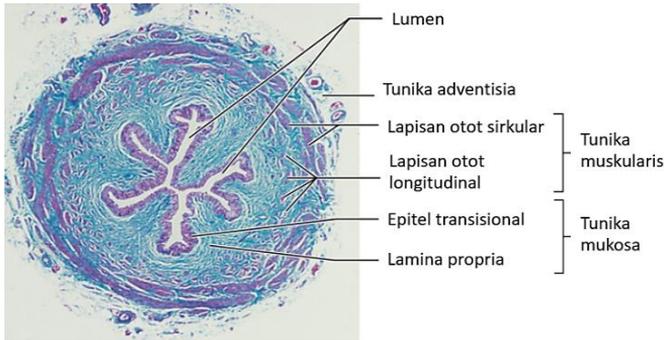
Merupakan lapisan dinding ureter yang paling dalam. Lapisan ini tersusun dari epitel transisional yang memungkinkan ureter meregang saat dilewati oleh urin, dan lamina propria yang merupakan jaringan ikat fibroelastik.

b. Tunika Muskularis

Terdiri dari serat otot polos yang berjalan secara longitudinal di bagian dalam dan sirkular di bagian yang lebih luar. Gerakan peristaltik yang dihasilkan oleh lapisan otot ini, ditambah dengan tekanan hidrostatis dan gaya gravitasi, akan menyebabkan urin mengalir turun ke arah kandung kemih. Gelombang gerakan peristaltik yang berawal dari pelvis renalis akan terjadi dengan frekuensi berkisar antara satu sampai lima kali per menit, tergantung dari kecepatan produksi urin oleh ginjal.

c. Tunika Adventisia

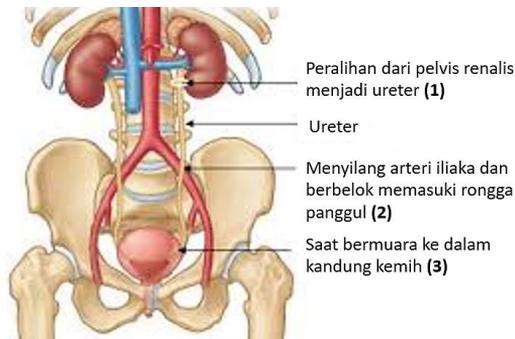
Lapisan terluar dari dinding ureter, merupakan jaringan ikat yang menyokong bentuk dari saluran ureter di dalam rongga abdomen dan rongga panggul.



Gambar 11.5. Potongan Melintang Ureter

Dalam perjalanannya, ureter mengalami tiga penyempitan secara fisiologis, yaitu:

- Saat beralih dari pelvis renalis menjadi ureter. Telah disebutkan sebelumnya bahwa pelvis renalis merupakan struktur berbentuk seperti corong dimana bagian yang lebih menyempit merupakan awal dari ureter; inilah penyempitan fisiologis pertama ureter. Bagian ini disebut sebagai ureteropelvic junction.
- Pada saat ureter berjalan menyilang arteri iliaka dan berbelok memasuki rongga panggul.
- Pada saat ureter bermuara ke dalam kandung kemih.



Gambar 11.6. Lokasi penyempitan fisiologis ureter

Lubang tempat bermuaranya kedua ureter pada kandung kemih disebut dengan ostium ureteris dextra(kanan) dan sinistra (kiri). Sebelum memasuki kandung kemih melalui dinding belakang kandung kemih, ureter akan melengkung ke medial dan akan masuk secara menyerong. Pada saat kandung kemih terisi urin, tekanan di dalam kandung kemih akibat volume urin akan menekan bukaan menyerong muara ureter. Hal ini berguna untuk mencegah terjadinya aliran balik (refluks) urin dari kandung kemih ke dalam ureter.

2. Fisiologi Ureter

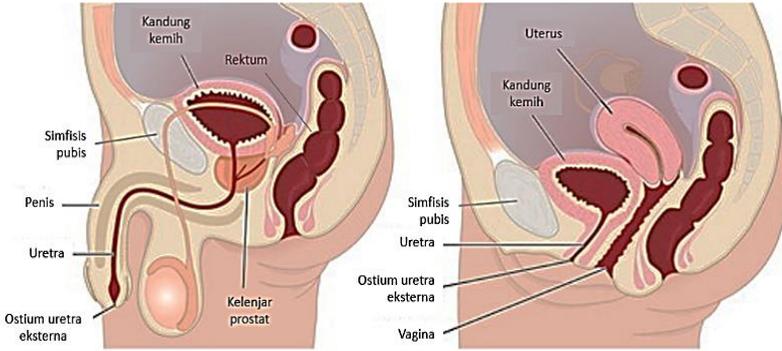
Peran penting ureter dalam mengalirkan urin hasil produksi kedua ginjal ke dalam kandung kemih tidak lepas dari gerakan peristaltik yang dihasilkan oleh lapisan otot pada dinding ureter. Pada saat urin terbentuk dan terkumpul di dalam pelvis renalis, reseptor regang pada dinding ureter akan terstimulasi. Stimulasi ini akan memicu lapisan otot polos dinding ureter untuk melakukan gerakan peristaltik, sehingga urin akan terdorong masuk ke dalam ureter. Tahanan yang dihasilkan dari adanya urin di dalam ureter akan memicu lapisan otot polos dinding ureter untuk berkontraksi secara ritmis dibawah pengaturan sistem saraf otonom.

D. Kandung Kemih

1. Anatomi Kandung Kemih

Kandung kemih (bahasa Latin: vesica urinaria) merupakan organ muskular yang berperan sebagai tempat penampungan sementara urin sebelum dikeluarkan melalui proses berkemih (miksi). Apabila dalam keadaan kosong (tidak terisi urin) organ ini kempis dan terletak di dalam rongga panggul, tetapi apabila dalam keadaan penuh maka bentuknya menjadi hampir membulat, dan bagian teratasnya yang disebut dengan fundus dapat melewati tepi atas rongga panggul dan masuk dalam rongga abdomen. Daya tampung

kandung kemih berkisar antara 700 – 800 ml. Kandung kemih pada pria terletak di antara simfisis pubis (di depan) dan rektum (di belakang), sedangkan pada wanita terletak di antara simfisis pubis (di depan) dan uterus (di belakang).



Gambar 11.7. Kandung Kemih Pria (Kiri) dan Wanita (Kanan)

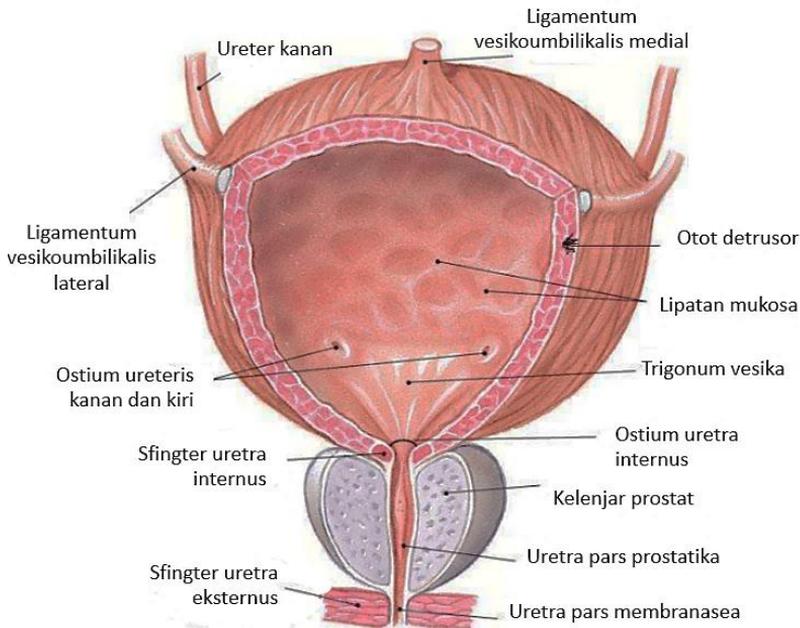
Pada saat kosong bentuk kandung kemih menyerupai piramida rebah. Pada bagian atas yang menyerupai kubah, tepat di tengah bagian tertingginya terdapat suatu jaringan ikat yang disebut ligamentum vesikoumbilikalis medial, yang melekatkan bagian tersebut ke bagian dalam dinding perut. Di sudut depan kanan dan kiri terdapat jaringan ikat sejenis yang dinamakan ligamentum vesikoumbilikalis lateral, kiri dan kanan.

Dinding kandung kemih terdiri dari tiga lapisan otot yang tersusun secara longitudinal – sirkuler – longitudinal. Otot ini dinamakan otot detrusor. Saat seseorang berkemih, otot di dinding kandung kemih akan berkontraksi untuk mendorong urin ke uretra.

Mukosa bagian dalam kandung kemih membentuk lipatan-lipatan yang disebut rugae, pada keadaan terisi penuh lipatan ini akan menghilang. Pada bagian bawah kandung kemih terdapat lubang saluran keluar urin yang disebut ostium uretra internus. Pada dinding lubang tersebut terdapat pita otot polos di sekelilingnya yang membentuk

semacam cincin, disebut sfingter uretra internus, yang mengatur pengeluaran urin dari kandung kemih ke uretra.

Dua buah lubang di dinding belakang kandung kemih tempat bermuaranya ureter kiri dan kanan serta satu buah lubang di bagian bawah yang merupakan lubang keluar ke uretra membentuk struktur berbentuk segitiga. Pada struktur berbentuk segitiga ini tidak terdapat rugae, dan lapisan mukosanya tebal. Struktur ini membentuk semacam corong yang berfungsi mengarahkan urin ke uretra.



Gambar 11.8. Kandung Kemih Dilihat dari Depan (Pria)

Pada bagian bawah kandung kemih pria melekat kelenjar prostat dan kelenjar vesikulosa yang merupakan organ bagian dari sistem reproduksi pria. Apabila terjadi pembesaran kelenjar prostat, misalkan pada kasus benign prostatic hyperplasia (BPH) maka akan terjadi kesulitan berkemih atau retensi urin.

2. Fisiologi Kandung Kemih

Berkemih atau disebut juga miksi dilakukan melalui campuran antara kontraksi otot yang terjadi secara sadar dan tidak disadari. Batas volume urin yang dapat ditampung oleh kandung kemih sebelum menimbulkan dorongan untuk miksi adalah sebanyak 200 – 400 ml. Saat volume urin yang terkumpul dalam kandung kemih sudah mencapai 500 ml, akan terjadi peningkatan tekanan di dalam kandung kemih, yang akan menstimulasi reseptor regang yang terdapat di dalam dinding kandung kemih. Reseptor ini kemudian mengirimkan sinyal ke medula spinalis dan akan memicu refleksi spinal yaitu refleksi berkemih.

Lengkung refleks yang terjadi adalah sinyal parasimpatis dari pusat berkemih akan dihantarkan dan disebarkan ke dinding kandung kemih yang mengakibatkan terjadinya kontraksi otot detrusor, dan dihantarkan juga ke sfingter uretra internus yang akan memicu terjadinya relaksasi cincin otot polos tersebut. Pada saat yang sama, pusat berkemih yang terletak setinggi sakrum dua dan tiga ini akan menghambat saraf motorik somatik yang mempersarafi cincin otot rangka pada sfingter uretra eksternus. Pada saat terjadi kontraksi otot dinding kandung kemih dan relaksasi otot-otot sfingter uretra inilah terjadi miksi.

Walaupun disebutkan bahwa berkemih adalah merupakan refleks, tetapi seseorang dapat mengontrol secara sukarela kapan akan berkemih, dengan adanya latihan berkemih sejak kecil dan juga latihan otot-otot tertentu pada panggul maka seseorang dapat menunda kapan harus berkemih dalam jangka waktu tertentu.

E. Uretra

1. Anatomi Uretra

Uretra merupakan saluran berbentuk tabung, mirip seperti ureter, yang merupakan saluran keluar dari kandung kemih. Ujung akhir dari uretra disebut sebagai ostium uretra eksternus.

Terdapat perbedaan anatomi antara uretra pria dan wanita. Pada wanita, uretra lebih pendek. Uretra pada wanita juga tidak terbagi menjadi hanya terdiri dari satu bagian saja. Sedangkan pada pria, uretra lebih panjang dan dapat dibagi menjadi empat bagian (pars) sesuai dengan perjalanannya.

Pembagian uretra pria secara anatomi adalah sebagai berikut:

a. Uretra Pars Intramuralis atau Pars Interstisium

Adalah bagian paling awal dari saluran uretra, dan bagian uretra pria yang paling sempit. Merupakan bagian uretra pria saat uretra menembus dinding kandung kemih sebelum memasuki kelenjar prostat.

b. Uretra Pars Prostatika

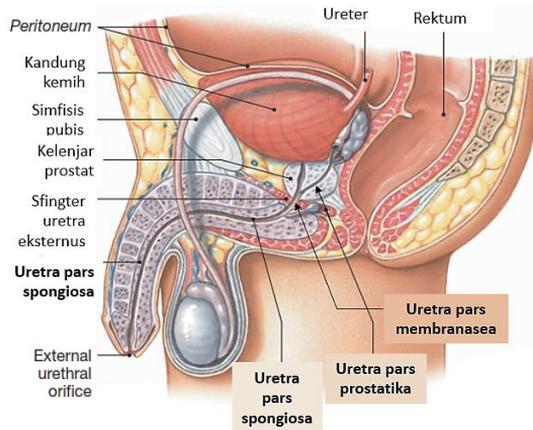
Adalah bagian uretra pada saat uretra melintasi kelenjar prostat yang terdapat di sebelah bawah dari kandung kemih.

c. Uretra Pars Membranasea

Ini adalah bagian dari uretra saat uretra melintasi dasar panggul yang disebut dengan diafragma panggul, sebelum memasuki bagian dari alat kelamin pria yang disebut korpus spongiosum penis. Merupakan bagian uretra pria yang paling pendek.

d. Uretra Pars Spongiosa

Merupakan bagian uretra pria yang paling panjang, yaitu sepanjang perjalanannya melintasi korpus spongiosum penis. Mendekati bagian ujung, sebelum mencapai ostium uretra eksternus, terdapat pelebaran fisiologis dari uretra pars spongiosa ini, yang disebut dengan cekungan navikulare.



Gambar 11.9. Uretra Pria

2. Fisiologi Uretra

Fungsi uretra secara fisiologis adalah sebagai saluran keluar urin dari kandung kemih ke dunia luar. Terdapat perbedaan fungsi uretra antara pria dan wanita, dimana uretra pria juga berfungsi sebagai saluran reproduksi pria, yaitu mulai dari uretra pars prostatika, dimana uretra selain mengalirkan urin juga mengalirkan cairan seminalis saat terjadi ejakulasi. Lubang keluar dari uretra pada pria terletak di ujung penis, sedangkan pada wanita terletak di antara klitoris dan ostium vagina.

Dinding uretra dilapisi oleh otot polos. Saat proses berkemih, kontraksi otot ini yang menimbulkan gerakan peristaltik uretra dan adanya perbedaan tekanan antara kandung kemih dengan lingkungan luar akan mendorong urin untuk keluar.

Akhirnya dapat dimengerti bahwa dengan sistem perkemihan yang berfungsi dengan baik, maka keseimbangan cairan, elektrolit dan asam basa akan terjaga. Sistem perkemihan juga turut mengatur volume dan tekanan darah. Semua hal tersebut menciptakan lingkungan yang homeostasis bagi sel-sel tubuh untuk dapat menjalankan fungsinya dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Feher J. Quantitative human physiology: an introduction. 2nd ed. London: Elsevier Inc., 2017.
- Jamshidi P. *et al.* Investigating associated factors with glomerular filtration rate: structural equation modelling. *BMC Nephrology*, 2020;21:30
- Marieb EN, Wilhelm PB, Mallat J. The urinary system. In: Human anatomy. 6th ed media update. Pearson Education Inc., 2012.p.708-21.
- Martini FH, Nath JL, Bartholomew EF. Fundamentals of anatomy & physiology. 9th ed. CA, Pearson Education Inc., 2012.p.953-91.
- Sherwood L. Human Physiology from cells to systems. 9th ed. Boston: Cengage Learning, 2016.
- Tortora GJ, Derrickson B. Principles of anatomy & physiology. 15th ed. John Wiley & Sons Inc., 2016

BAB 12

ANATOMI FISIOLOGI SISTEM SARAF

Nining Andriaty Abdul, S. Kep., Ns., M.Biomed

A. Pendahuluan

Sistem saraf bersifat unik dalam hal proses berpikir dan fungsi pengaturan yang sangat kompleks yang dapat dilakukan oleh sistem ini. Sistem ini setiap menit menerima berjuta-juta informasi yang berasal dari bermacam-macam saraf sensorik dan organ sensorik, kemudian mengintegrasikan semuanya untuk menentukan respon tubuh (Guyton dan Hall, 2016).

Salah satu fungsi yang paling penting dalam sistem saraf adalah mengolah informasi yang masuk dengan cara yang sedemikian rupa sehingga timbul respons motorik dan mental yang sesuai. Lebih dari 99 persen informasi sensorik diabaikan oleh otak karena tidak relevan dan tidak penting. Sebagai contoh, seseorang biasanya sama sekali tidak memperhatikan bagian tubuh yang bersinggungan dengan pakaian, seperti juga tidak memperhatikan tekanan pada tempat duduk sewaktu ia duduk. Sama dengan hal ini, perhatian hanya akan dicurahkan pada objek khusus yang terdapat pada lapangan penglihatan, dan bahkan suara bising di sekitar kita yang berlangsung terus-menerus biasanya akan dialihkan ke alam bawah sadar. Tetapi, ketika informasi sensorik yang penting merangsang pikiran, informasi tersebut segera disalurkan ke bagian integrasi dan motorik otak yang sesuai sehingga dapat timbul respons yang diinginkan. Penyaluran dan pemrosesan informasi ini disebut fungsi integral sistem saraf. Jadi, bila seseorang meletakkan

tangganya di atas sebuah tungku yang panas, akan timbul respons segera yang diinginkan, yakni mengangkat tangan tersebut. Terjadi juga respons berikutnya, seperti memindahkan seluruh tubuh menjauhi tungku bahkan mungkin berteriak kesakitan (Guyton dan Hall, 2016).

Sistem saraf adalah salah satu dari dua sistem regulatorik utama tubuh selain sistem endokrin. Ketiga jenis fungsional dasar neuron (neuron aferen, neuron eferen dan dan antar neuron) membentuk jalinan interaktif kompleks sel peka rangsang. Sembilan puluh persen sel sistem saraf adalah sel glia yang tidak peka rangsang, yang sangat berinteraksi secara struktural dan fungsional dengan neuron. Sistem saraf pusat (SSP) yang terdiri dari otak dan medulla spinalis, menerima masukan tentang lingkungan eksternal dan internal dari neuron aferen. SSP menyortir dan mengolah masukan ini melalui interneuron dan kemudian memulai arahan yang sesuai di neuron eferen, yang membawa perintah ke kelenjar atau otot untuk melaksanakan respons yang diinginkan, yaitu beberapa jenis sekresi dan pergerakan. Berbagai aktivitas yang dikontrol oleh saraf ini ditujukan untuk mempertahankan homeostasis. Pada umumnya sistem saraf bekerja melalui sinyal listrik (potensial aksi) dan pelepasan neurotransmitter untuk mengontrol respons cepat pada tubuh (Sherwood, 2016).

Cara manusia bertindak dan bereaksi tergantung pada pemrosesan sel saraf yang rumit, tersusun dan tersendiri. Banyak pola neuron penunjang kehidupan dasar, misalnya pola yang mengontrol respirasi dan sirkulasi, serupa pada semua orang. Tetapi tentu ada sedikit perbedaan dalam hal integrasi sel saraf antara seseorang yang merupakan komponis berbakat dan orang yang tidak bisa menyanyi, atau antara seorang pakar matematika dan orang yang kesulitan membagi bilangan. Separuh perbedaan pada sistem saraf individu disebabkan oleh faktor genetik. Namun, sisanya disebabkan oleh pengaruh lingkungan dan pengalaman. Ketika sistem saraf imatur berkembang sesuai cetak biru genetiknya, terbentuk sel saraf dan sinaps dalam jumlah yang berlebihan. Bergantung pada

rangsangan dari luar dan tingkat pemakaiannya, sebagian jalur-jalur saraf ini dipertahankan, dibentuk lebih pasti, dan bahkan meningkat, sementara yang lain dieliminasi (Sherwood, 2016).

Susunan saraf pusat terdiri dari otak sampai korda spinalis. Masing-masing dilindungi oleh tulang tengkorak dan kolumna vertebralis. Susunan saraf pusat merupakan sistem saraf sentral pengontrol tubuh yang menerima, menginterpretasi dan mengintegrasikan semua rangsangan, serta menyampaikan impuls saraf ke otot dan kelenjar. Susunan saraf tepi terdiri dari sel-sel saraf dan serabutnya yang terletak di luar susunan saraf pusat, yang merupakan pembawa informasi ke seluruh bagian tubuh. Berdasarkan arah alur informasi sistem saraf, saraf perifer dibagi menjadi dua, yaitu serabut aferen dan eferen. Serabut aferen (sensorik) mengantarkan informasi dari organ tubuh (reseptor) ke susunan saraf pusat, sedangkan serabut eferen (motorik) mengantarkan informasi dari susunan saraf pusat ke organ tubuh (efektor) (Satyanegara, 2014).

Otak sebagai bagian dari sistem saraf, berfungsi mengatur dan mengkoordinasi Sebagian besar Gerakan, perilaku dan fungsi tubuh. Sistem saraf terdiri dari jutaan sel saraf (neuron) yang saling berhubungan dan vital untuk perkembangan bahasa, pikiran dan ingatan. Unit yang paling kecil dalam sistem saraf adalah neuron yang diikat oleh sel-sel glia. Fungsi sistem saraf adalah sebagai penerima informasi dalam bentuk stimulasi, memproses informasi yang diterima, dan memberi respon atau reaksi terhadap stimulasi. Rasa nikmat dan lezat dari tiap makanan yang dirasakan dipengaruhi oleh adanya rangsangan pada lidah. Ungkapan rasa sakit seperti mengucapkan kata “aduh” juga terkait stimulus pada bagian tertentu tubuh kita. Oleh karena itu, rangsangan (stimulus) diartikan sebagai segala sesuatu yang menyebabkan perubahan pada tubuh atau bagian tubuh tertentu. Sedangkan alat tubuh yang menerima stimulus tersebut dinamakan indra (reseptor). Adanya reseptor, memungkinkan rangsangan dihantarkan menuju sistem saraf pusat. Di dalam sel saraf pusat, stimulus akan diolah untuk dikirim kembali menuju efektor, seperti otot

dan tulang oleh suatu sel saraf sehingga terjadi tanggapan (respons). Sementara itu, rangsangan yang menuju tubuh dapat berasal dari bau, rasa (seperti pahit, manis, asam, dan asin), sentuhan, cahaya, suhu, tekanan, dan gaya berat. Rangsangan semacam ini akan diterima oleh indra penerima yang disebut reseptor luar (eksteroreseptor). Sedangkan stimulus yang berasal dari dalam tubuh misalnya rasa lapar, kenyang, nyeri, maupun kelelahan akan diterima oleh indra yang dinamakan reseptor dalam (interoreseptor). Tentu semua rangsangan ini dapat kita rasakan karena pada tubuh kita terdapat sel-sel reseptor (Devi, 2017).

B. Organisasi dan Sel Sistem Saraf

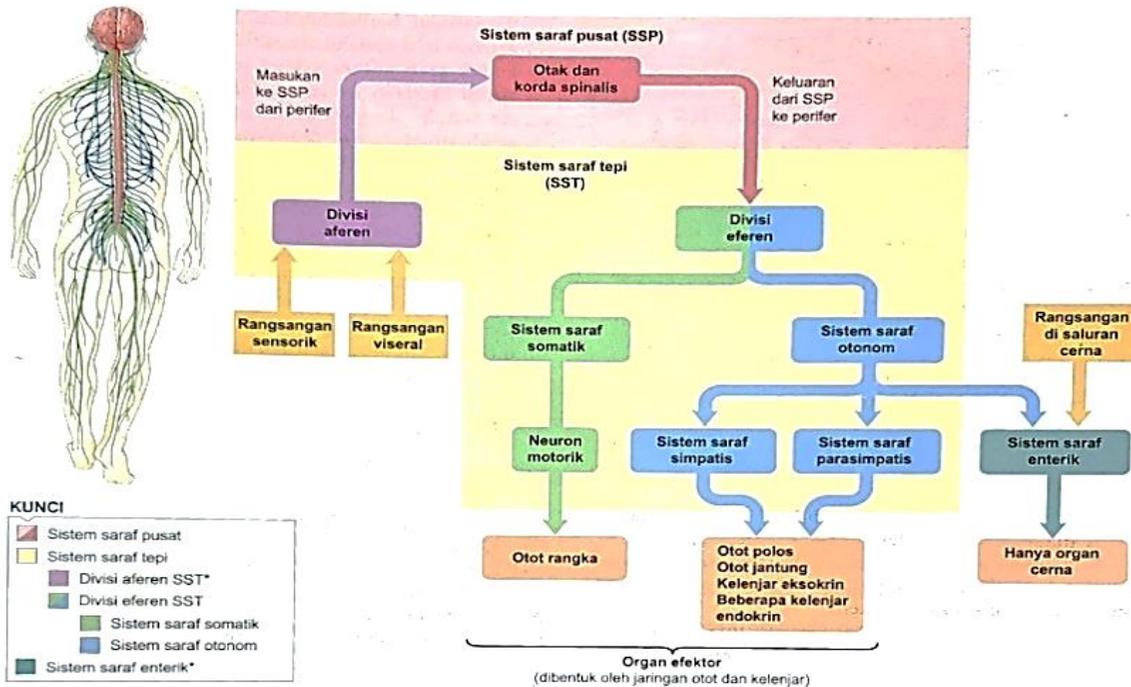
Sistem saraf tersusun menjadi sistem saraf pusat (SSP) yaitu otak dan korda spinalis, dan sistem saraf tepi (SST) yang terdiri dari serat-serat saraf yang membawa informasi antara SSP dan bagian tubuh lain (perifer). SST dibagi menjadi divisi aferen dan eferen. Divisi aferen membawa informasi ke SSP, memberi tahu tentang lingkungan eksternal dan aktivitas internal yang sedang diatur oleh susunan saraf. Instruksi dari SSP disalurkan melalui divisi eferen ke organ efektor otot atau kelenjar yang melaksanakan perintah agar dihasilkan efek yang sesuai. Sistem saraf eferen terbagi menjadi sistem saraf somatik, yang terdiri dari serat-serat sel saraf motorik yang menyarafi otot rangka, dan sistem saraf autonom yang terdiri dari serat-serat yang menyarafi otot polos, otot jantung dan kelenjar. Sistem yang terakhir ini dibagi lagi menjadi sistem saraf simpatis dan sistem saraf parasimpatis, keduanya menyarafi sebagian besar organ yang disarafi oleh sistem saraf autonom. Selain SSP dan SST, sistem saraf enterik merupakan anyaman saraf luas di dinding saluran cerna. Aktivitas digestif dikontrol oleh sistem saraf autonom, sistem saraf enterik, dan hormon. Sistem saraf enterik dapat bekerja independen tanpa sistem saraf lainnya tetapi juga dipengaruhi oleh serat autonom yang berakhir di neuron enterik. Sistem saraf enterik kadang-kadang dianggap sebagai komponen ketiga sistem saraf autonom, sistem yang

hanya menyarafi organ digestif. Perlu diketahui bahwa semua “sistem saraf” ini sebenarnya adalah subdivisi dari satu sistem saraf terpadu. Sistem-sistem ini dibagi berdasarkan perbedaan dalam struktur, lokasi, dan fungsi berbagai bagian sistem saraf keseluruhan (Sherwood, 2016).

Pada akhirnya, peran yang paling penting pada sistem saraf adalah mengatur berbagai aktivitas tubuh. Hal ini dapat dicapai melalui pengaturan:

1. Kontraksi otot rangka yang tepat di seluruh tubuh
2. Kontraksi otot polos organ dalam; dan
3. Sekresi bahan kimia aktif oleh kelenjar eksokrin dan endokrin di sebagian besar tubuh.

Seluruh aktivitas ini disebut efektor karena merupakan struktur anatomis sesungguhnya yang melaksanakan fungsinya sesuai dengan yang diperintahkan oleh sinyal saraf (Guyton dan Hall, 2016).

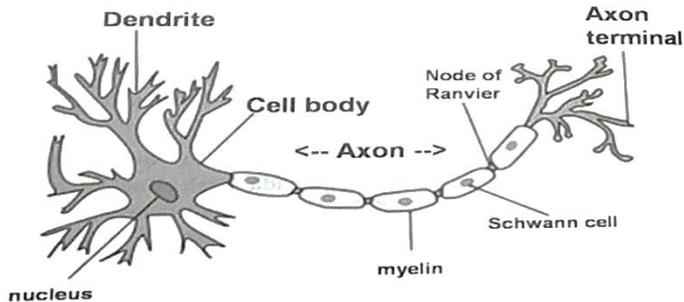


Gambar 12.1. Organisasi Sistem Saraf

Sumber: Sherwood, 2016

C. Sel Saraf (Neuron)

Dikutip dari (Devi, 2017), sistem saraf tersusun atas miliaran sel yang sangat khusus yang disebut sel saraf (neuron). Setiap neuron tersusun atas badan sel, dendrit dan akson (neurit).



Gambar 12.2. Sel Saraf (Neuron)

Sumber: (Devi, 2017)

Badan sel merupakan bagian sel saraf yang mengandung nukleus (inti sel) dan tersusun pula sitoplasma yang bergranula dengan warna kelabu. Di dalamnya juga terdapat membrane sel, nucleolus (anak inti sel) dan retikulum endoplasma. Retikulum endoplasma tersebut mempunyai struktur berkelompok yang disebut badan Nissl.

Pada badan sel terdapat bagian yang berupa serabut dengan penjurulan pendek. Bagian ini disebut dendrit. Dendrit mempunyai struktur yang bercabang-cabang seperti pohon dengan berbagai macam bentuk dan ukuran. Fungsi dendrit adalah menerima impuls (rangsang) yang datang dari reseptor. Kemudian impuls tersebut dibawa menuju ke badan sel saraf.

Selain itu, pada badan sel juga terdapat penjurulan panjang dan kebanyakan tidak bercabang. Namanya adalah akson atau neurit. Akson bertugas dalam menghantarkan impuls dari badan sel menuju efektor, seperti otot dan kelenjar. Walaupun diameter akson hanya beberapa mikrometer, namun panjangnya bisa mencapai 1 hingga 2 meter.

Agar informasi atau impuls yang dibawa tidak bocor (sebagai isolator), akson dilindungi oleh selubung mielin. Selubung mielin dikelilingi oleh sel-sel Schwann. Selubung mielin tersebut dihasilkan oleh sel-sel pendukung yang disebut oligodendrosit. Sementara itu, pada akson terdapat bagian yang tidak terlindungi oleh selubung mielin. Bagian ini dinamakan Nodus Ranvier, yang berfungsi memperbanyak impuls saraf atau mempercepat jalannya rangsangan.

Berdasarkan struktur dan fungsinya, neuron dikelompokkan dalam beberapa bagian sebagai berikut:

1. Saraf sensorik, berfungsi menghantar impuls (pesan) dari reseptor ke sistem saraf pusat, yaitu otak (ensefalon) dan sumsum tulang belakang (medulla spinalis). Ujung akson dari saraf sensorik berhubungan dengan saraf asosiasi/penghubung (intermediet).
2. Saraf motorik, mengirim impuls dari sistem saraf pusat ke otot atau kelenjar yang hasilnya berupa tanggapan tubuh terhadap rangsangan. Badan sel saraf sensorik berada pada sistem saraf pusat. Dendritnya sangat pendek berhubungan dengan akson saraf asosiasi, sedangkan aksonnya dapat sangat panjang terdapat di sistem saraf pusat dan bertugas menghubungkan sel saraf motorik dengan sel saraf sensorik atau berhubungan dengan sel saraf lainnya yang ada di dalam sistem saraf pusat. Sel saraf intermediet menerima rangsangan dari reseptor sensorik atau sel saraf asosiasi lainnya. Kelompok-kelompok serabut saraf, akson dan dendrit bergabung dalam satu selubung dan membentuk urat saraf. Sedangkan badan sel saraf, berkumpul membentuk ganglion atau simpul saraf.
3. Saraf asosiasi (penghubung), terdapat pada sistem saraf pusat yang berfungsi menghubungkan sel saraf motorik dengan sel saraf sensorik atau berhubungan dengan sel saraf lainnya yang ada di dalam sistem saraf pusat. Sel saraf asosiasi menerima rangsangan dari reseptor sensorik atau sel saraf asosiasi lainnya.

4. Saraf adjutor, berfungsi sebagai penghubung saraf sensorik dan motorik di sumsum tulang belakang dan otak.

D. Pengahantaran Impuls Saraf

Sel sel saraf bekerja secara kimiawi, sel saraf yang sedang tidak aktif mempunyai potensial listrik yang disebut potensial istirahat. Apabila ada rangsang, semisal sentuhan, potensial istirahat berubah menjadi potensial aksi. Potensial aksi merambat dalam bentuk arus listrik yang disebut impuls yang merambat dari sel saraf ke sel saraf berikutnya sampai ke pusat saraf atau sebaliknya. Jadi, impuls adalah arus listrik yang timbul akibat adanya rangsang. Dalam pelaksanaannya, sel-sel saraf bekerja Bersama-sama. Pada saat datang rangsang, impuls mengalir dari satu sel saraf ke sel saraf penghubung, sampai ke pusat saraf atau sebaliknya dari pusat saraf ke sel saraf terus ke efektor. Hubungan antara dua sel saraf disebut sinapsis (Devi, 2017).

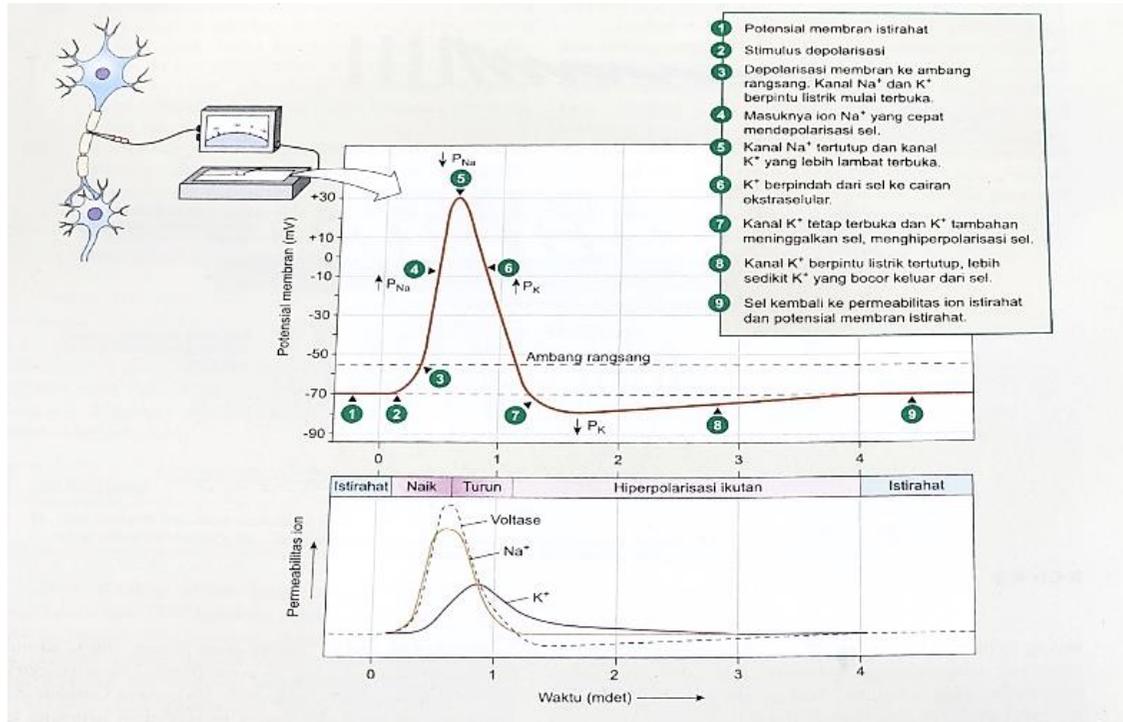
Ujung neurit bercabang-cabang dan ujung cabang yang berhubungan dengan sel saraf lain menjadi besar disebut bongkol sinaps (knob). Pada hubungan dua sel saraf yang disebut sinaps tersebut, dilakukan dengan melekatnya neurit dengan dendrit atau dinding sel. Jika impuls sampai ke bongkol sinaps, pada bongkol sinaps akan disintesis zat penghubung atau neuro transmitter, misalnya zat asetilkolin. Dengan zat transmitter inilah akan terjadi potensial aksi pada dendrit yang berubah menjadi impuls pada sel saraf yang dihubungkannya. Selain itu, asetilkolin akan segera tidak aktif karena diuraikan oleh enzim kolin esterase menjadi asetat dan kolin.

Seperti halnya jaringan komputer, sistem saraf mengirimkan sinyal listrik yang sangat kecil dan bolak-balik, dengan membawa informasi dari satu bagian tubuh ke bagian tubuh yang lain. Sinyal listrik tersebut dinamakan impuls (rangsangan). Ada dua cara yang dilakukan neuron sensorik untuk menghantarkan impuls tersebut, yakni melalui membran plasma dan sinaps.

Di dalam neuron, sebenarnya terdapat membran plasma yang sifatnya semi permeable. Membran plasma neuron tersebut mempunyai fungsi melindungi cairan sitoplasma yang berada di dalamnya. Hanya ion-ion tertentu yang akan dapat bertranspost aktif melewati membrane plasma menuju membrane plasma neuron lain.

Apabila tidak terdapat rangsangan atau neuron dalam keadaan istirahat, sitoplasma di dalam membran plasma bermuatan listrik negatif, sedangkan cairan di luar membran bermuatan positif. Keadaan ini dinamakan polarisasi atau potensial istirahat. Perbedaan muatan ini terjadi karena adanya mekanisme transport aktif yakni pompa natrium-kalium. Konsentrasi ion natrium (Na^+) di luar membrane plasma dari suatu akson neuron lebih tinggi dibandingkan konsentrasi di dalamnya. Sebaliknya konsentrasi ion kalium (K^+) di dalamnya lebih besar dari pada di luar. Akibatnya mekanisme transport aktif terjadi pada membrane plasma.

Lalu, apabila neuron dirangsang dengan kuat, permeabilitas membran plasma terhadap ion Na^+ berubah menjadi meningkat. Peningkatan permeabilitas membran ini menjadikan ion Na^+ berdifusi ke dalam membrane, sehingga muatan sitoplasma berubah menjadi positif. Fase seperti ini disebut depolarisasi atau potensial aksi. Sementara itu, ion K^+ akan segera berdifusi keluar melewati membrane. Fase ini dinamakan repolarisasi. Perbedaan muatan pada bagian yang mengalami polarisasi dan depolarisasi akan memunculkan arus listrik. Kondisi depolarisasi ini akan berlangsung secara terus-menerus, sehingga menyebabkan arus listrik. Dengan demikian, impuls saraf akan terhantar sepanjang akson. Setelah impuls terhantar, bagian yang mengalami depolarisasi akan mengalami fase istirahat kembali dan tidak ada impuls yang lewat. Waktu pemulihan ini dinamakan fase refraktori atau *undershoot* (Devi, 2017).



Gambar 12.3. Potensial Aksi

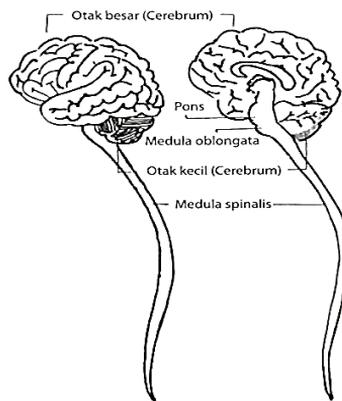
Sumber: Siverthorn, 2014

E. Sistem Saraf Pusat

Semua aktivitas tubuh manusia dikendalikan oleh sistem saraf pusat. Sistem ini yang mengintegrasikan dan mengolah semua pesan yang masuk untuk membuat sebuah keputusan atau perintah yang akan dihantarkan melalui saraf motorik ke otot atau kelenjar. Sistem saraf pusat terdiri dari otak dan sumsum tulang belakang atau korda spinalis. Otak dilindungi oleh tulang-tulang tengkorak, sedangkan korda spinalis dilindungi oleh ruas-ruas tulang belakang.

Selain itu, kedua organ tersebut dilindungi oleh selaput yang terdiri dari jaringan ikat yang dinamakan meningen. Meningen terdiri atas tiga lapisan yaitu: piameter, arachnoid dan durameter. Piameter, merupakan lapisan terdalam yang banyak mengandung pembuluh darah. Arachnoid, yaitu lapisan tengah berupa selaput jaring yang lembut. Antara arachnoid dengan piameter terdapat rongga arachnoid yang berisi cairan serebrospinal. Durameter, merupakan lapisan terluar, yang berupa membran tebal fibrosa yang melapisi dan melekat pada tulang.

Otak terbagi menjadi tiga bagian yaitu otak depan, otak tengah dan otak belakang. Pembagian daerah ini tampak nyata hanya selama perkembangan otak pada fase embrio. Otak pada manusia dewasa terdiri dari beberapa bagian (lobus).



Gambar 12.4. Otak sampai madula spinalis

Sumber: (Satyanegara, 2014)

1. Otak Besar

Otak besar mengisi penuh bagian depan dari rongga tengkorak, dan terdiri dari dua belahan (hemifer) besar, yaitu belahan kiri dan belahan kanan. Setiap belahan mengendalikan bagian tubuh yang berlawanan, yaitu belahan kiri mengatur tubuh bagian kanan, sebaliknya bagian kanan mengatur tubuh bagian kiri. Otak besar terdiri dari dua lapisan yaitu lapisan luar (korteks) yang berisi badan neuron dan lapisan dalam yang berisi serabut saraf yaitu dendrit dan neurit. Otak besar terbagi menjadi empat lobus, yaitu lobus frontalis (bagian dahi), lobus parietalis (bagian ubun-ubun), dan lobus temporalis (bagian pelipis), lobus oksipitalis (bagian belakang kepala).

Otak besar merupakan saraf pusat yang utama karena berperan dalam pengaturan seluruh aktivitas tubuh, yaitu kecerdasan, kepribadian, daya cipta, daya khayal, pendengaran, pernapasan dan sebagainya. Setiap kegiatan akan dikendalikan oleh bagian yang berbeda, yaitu lobus frontalis (daerah dahi), berhubungan dengan kemampuan berpikir. Lobus temporalis (daerah pelipis), dan ubun-ubun mengendalikan kemampuan berbicara dan bahasa. Daerah belakang kepala merupakan pusat penglihatan dan memori tentang apa yang dilihat. Daerah ubun-ubun selain sebagai pusat berbicara juga pusat untuk merasakan dingin, panas, dan rasa skit. Bagian pelipis selain sebagai pusat bicara juga sebagai pusat pendengaran.

2. Otak Tengah

Otak tengah manusia berbentuk kecil dan tidak terlalu menonjol. Di dalam otak tengah terdapat bagian-bagian seperti lobus optic yang mengatur gerak bola mata dan kolikulus inferior yang mengatur pendengaran. Otak tengah bertugas menyampaikan impuls antara otak depan dan otak belakang, kemudian antara otak depan dan mata.

3. Otak Belakang

Otak belakang terletak di bawah lobus oksipital serebrum, terdiri atas dua belahan dan permukaannya

berlekuk-lekuk. Otak belakang terdiri atas tiga bagian utama yaitu: jembatan Varol (*pons Varolli*), otak kecil (*serebelum*), dan sumsum lanjutan (*medulla oblongata*). Ketiga bagian otak belakang ini membentuk batang otak. Jembatan Varol berisi serabut yang menghubungkan antara lobus kiri dan lobus kanan otak kecil, menghubungkan antara otak kecil dengan korteks otak besar. Otak kecil, terletak di bawah bagian belakang otak belakang, terdiri atas dua belahan yang berliku-liku sangat dalam. Otak kecil berfungsi sebagai pusat keseimbangan, koordinasi kegiatan otak, koordinasi kerja otot dan rangka. Sumsum lanjutan, *medulla oblongata* membentuk bagian bawah batang otak, berfungsi sebagai pusat pengatur refleks fisiologis, misalnya pernapasan, detak jantung, tekanan darah, suhu tubuh, gerak alat pencernaan, gerak refleks seperti batuk, bersin, dan mata berkedip.

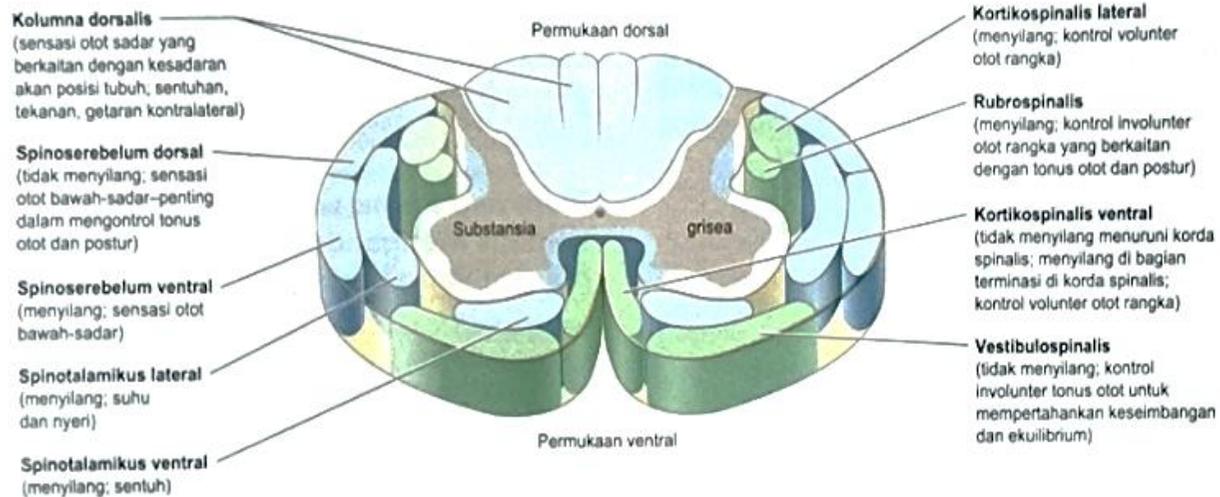
4. Medula Spinalis

Medula spinasil atau korda spinalis biasa juga disebut sumsum tulang belakang merupakan tali putih kemilau berbentuk tabung dari dasar otak menuju ke tulang belakang. Pada irisan melintangnya, tampak ada dua bagian, yakni bagian luar yang berpenampakan putih dan bagian dalam yang berpenampakan abu-abu dengan berbentuk kupu-kupu. Bagian luar sumsum tulang belakang berwarna putih, karena tersusun oleh akson dan dendrit yang berselubung mielin. Sedangkan bagian dalamnya berwarna abu-abu, tersusun oleh badan sel yang tak berselubung mielin dari interneuron dan neuron motorik.

Jika medula spinalis diiris secara vertikal, bagian dalam berwarna abu-abu terdapat saluran tengah yang disebut ventrikel dan berisi cairan serebrospinal. Ventrikel ini berhubungan juga dengan ventrikel di dalam otak. Bagian dalamnya mempunyai dua akar saraf yaitu akar dorsal yang berisi saraf sensorik ke arah punggung, dan akar ventral yang berisi saraf motorik ke arah perut (Devi, 2017).

KUNCI

- Traktus asendens
- Traktus descendens



Gambar 12.5. Traktus Asendens dan Desendens di Substansia Alba Korda Spinalis Dalam Potongan Melintang

Sumber: Sherwood, 2016

Cairan serebrospinal (CSS) mengelilingi dan menjadi bantalan bagi otak dan medula spinalis. CSS memiliki densitas yang hampir sama seperti otak itu sendiri, sehingga otak pada hakikatnya mengapung atau tersuspensi di dalam lingkungan cairan khusus ini. Fungsi utama CSS adalah sebagai cairan peredam-kejut untuk mencegah otak menumbuk bagian interior tengkorak keras ketika kepala mengalami gerakan mendadak yang menggetarkan dengan keras (Sherwood,2016).

Sumsum tulang belakang memiliki fungsi penting dalam tubuh antara lain menghubungkan impuls dari saraf sensorik ke otak dan sebaliknya, menghubungkan impuls dari otak ke saraf motorik; memungkinkan menjadi jalur terpendek pada gerak refleks. Mekanisme penghantaran impuls yang terjadi pada tulang belakang yakni sebagai berikut; rangsangan dari reseptor dibawa oleh neuron sensorik menuju sumsum tulang belakang melalui akar dorsal untuk diolah dan ditanggapi. Selanjutnya, impuls dibawa neuron motorik melalui akar ventral ke efektor untuk direspon.

F. Sistem Saraf Tepi

Sistem saraf tepi (saraf perifer) merupakan bagian dari sistem saraf tubuh yang meneruskan rangsangan (impuls) menuju dan dari sistem saraf pusat. Karena itu, di dalamnya terdapat serabut saraf sensorik (saraf aferen) dan serabut saraf motorik (saraf eferen).

Serabut saraf sensorik ialah sekumpulan neuron yang menghantarkan impuls atau rangsangan dari reseptor menuju sistem saraf pusat. Sedangkan serabut saraf motorik berperan dalam menghantarkan impuls dari sistem saraf pusat menuju efektor (otot dan kelenjar) untuk ditanggapi.

Dari asalnya, sistem saraf tepi terbagi atas saraf kranial dan saraf spinal yang masing-masing berpasangan, juga ganglia (tunggal: ganglion). Saraf kranial merupakan semua saraf yang keliar dari permukaan dorsal otak. Saraf spinal adalah semua

saraf yang keluar dari kedua sisi tulang belakang. Masing-masing saraf ini mempunyai karakteristik fungsi dan jumlah saraf yang berbeda. Sementara itu, ganglia merupakan kumpulan badan sel saraf yang membentuk simpul-simpul saraf dan di luar sistem saraf pusat.

Berdasarkan cara kerjanya, sistem saraf tepi dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai berikut:

1. Sistem Saraf Sadar

Ialah sistem saraf yang mengatur segala gerakan yang dilakukan secara sadar atau di bawah koordinasi saraf pusat atau otak. Berdasarkan asalnya sistem saraf sadar dibedakan menjadi dua yaitu: sistem saraf kepala (*cranial*) dan sistem saraf tulang belakang (*spinal*).

2. Sistem Saraf Tak Sadar (Saraf Otonom)

Sistem saraf tak sadar yang juga dinamakan saraf otonom adalah sistem saraf yang bekerja tanpa diperintah oleh sistem saraf pusat dan terletak khusus pada sumsum tulang belakang. Sistem saraf otonom terdiri dari neuron-neuron motorik yang mengatur kegiatan organ-organ dalam, misalnya jantung, paru-paru, ginjal, kelenjar keringat, otot polos sistem pencernaan, otot polos pembuluh darah.

Berdasarkan sifat kerjanya, sistem saraf otonom dibedakan menjadi dua yaitu saraf simpatik dan saraf parasimpatik. Saraf simpatik memiliki ganglion yang terletak di sepanjang tulang belakang yang menempel pada sumsum tulang belakang, sehingga memiliki serabut pra ganglion pendek dan serabut post-ganglion yang panjang. Serabut pra ganglion adalah serabut saraf yang menuju ganglion dan serabut saraf yang keluar dari ganglion adalah serabut post ganglion.

Saraf parasimpatik berupa susunan saraf yang berhubungan dengan ganglion yang tersebar di seluruh tubuh. Sebelum sampai pada organ, serabut saraf akan mempunyai sinaps pada sebuah ganglion. Saraf parasimpatik memiliki serabut pra ganglion yang panjang dan serabut post ganglion pendek. Saraf simpatik dan parasimpatik bekerja pada efektor

yang sama tetapi pengaruh kerjanya berlawanan sehingga keduanya bersifat antagonis.

Contoh fungsi saraf simpatik dan saraf parasimpatik antara lain: saraf simpatik mempercepat denyut jantung, memperlambat proses pencernaan, merangsang ereksi, memperkecil diameter pembuluh arteri, memperbesar pupil, memperkecil bronkus dan mengembangkan kantung kemih., sedangkan saraf parasimpatik dapat memperlambat denyut jantung, mempercepat proses pencernaan, menghambat ereksi, memperbesar diameter pembuluh arteri, memperkecil pupil, memperbesar bronkus dan mengerutkan kantung kemih.

DAFTAR PUSTAKA

- Guyton, Hall. 2016. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Edisi Revisi Berwarna ke- 12. Jakarta: Elsevier.
- Sherwood, L. 2016. *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem*. Edisi 8. Jakarta: EGC.
- Silverthorn, D. 2014. *Fisiologi Manusia Sebuah Pendekatan Terintegrasi*. Edisi 8. Jakarta: EGC.
- Satyanegara.2014. *Ilmu Bedah Saraf*. Edisi 5. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Pearce EC. 2016. *Anatomi dan Fisiologi Untuk Paramedis*. Cetakan ke Empat Puluh Empat. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Devi Anakardian. 2017. *Anatomi Fisiologi dan Biokimia Keperawatan*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Ethel, Sloane. 2004. *Anatomi dan Fisiologi untuk Pemula*. Jakarta: EGC
- Ahmad. 2003. *Kamus Lengkap Kedokteran Edisi Revisi*. Surabaya: Gitamedia Press.
- Waxman, S.G. 2010. *Clinical Neuroanatomy*. United State of America: The Mc Graw-Hill Company.

BAB 13

ANATOMI FISIOLOGI SISTEM ENDOKRIN

Wa Ode Nurlina, S.Kep., Ns., M.Kep

A. Pendahuluan

Sistem endokrin merupakan salah satu sistem pengatur kelenjar yang terdapat dalam tubuh manusia dan berguna melakukan sekresi atau mengeluarkan hormon. Kata endokrin berasal dari bahasa Yunani yang memiliki arti “sekresi ke dalam” zat aktif utama dari sekresi interna ini disebut hormon. Sistem endokrin meliputi sistem dan alat yang mengeluarkan hormone yang berupa mediator kimia. Hormon yang diproduksi dalam sistem endokrin dihasilkan oleh kelenjar endokrin yang nantinya akan disalurkan melalui darah dan akan digunakan untuk membantu proses kerja pada setiap organ-organ dalam tubuh.

B. Anatomi Fisiologi Sistem endokrin

1. *Hipotalamus*

Hipotalamus adalah salah satu bagian terkecil pada otak tengah yang memiliki peranan sangat penting. Dalam proses kerjanya, hipotalamus membantu sistem saraf dan sistem endokrin dalam berbagai hal atau bias disebut juga sebagai pengendali global semua sistem endokrin.

Beberapa kerja hipotalamus seperti :

- a. Mengendalikan suhu tubuh, respirasi dan tekanan darah
- b. Mempengaruhi keadaan emosional berupa rasa takut, cemas, amarah, kegusaran, kegembiraan dan rasa nyeri

- c. Menghasilkan hormon-hormon yang menstimulasi hipofise dan mempengaruhi inhibisi serta pelepasan hormon-hormon hipofise

Hipotalamus mengendalikan suhu tubuh, respirasi, dan tekanan darah. Dengan peranannya yang sangat penting, hipotalamus tidak hanya menghasilkan satu dua hormone saja. Hormon-hormon yang diproduksi oleh hipotalamus ada delapan macam yaitu (Ward, dkk, 2009):

- a. Oksitosin : berfungsi melakukan pengontrolan dalam pelepasan keluarnya ASI dan kontraksi pada uterus saat terjadinya persalinan
- b. Dopamin : menghambat pelepasan prolactin
- c. Somastostatin : menghambat pelepasan hormon pertumbuhan
- d. *Growth Hormone Releasing Hormone* (GHRH) : untuk melakukan pengontrolan dalam pelepasan hormon pertumbuhan
- e. *Corticotropin Releasing Hormone* (CRH) : untuk melakukan pengontrolan dalam pelepasan ACTH
- f. *Gonadotropin Releasing Hormone* (GnRH) : berfungsi melakukan pengontrolan dalam pelepasan hormon luteinisasi (LH) dan hormon penstimulus folikel (FSH).
- g. *Thyrotropin Releasing Hormone* (TRH) : melakukan pengontrolan dalam pelepasan *Thyroid Stimulating Hormone* (TSH).
- h. *Antidiuretic Hormone* (ADH) : melakukan peningkatan reabsorpsi air pada tubulus ginjal.

2. Kelenjar Pineal

Kelenjar pineal adalah tempat di mana jiwa manusia tinggal karena satu kelenjar tidak menghasilkan hormone yang tepat dapat membuat manusia sakit jiwa. Kelenjar pineal adalah salah satu kelenjar yang masuk dalam sistem endokrin dan menghasilkan hormone melatonin, ukurannya lebih kecil dari hipotalamus, dan terletak pada otak besar tepatnya di bawah corpus callosum.

Kelenjar pineal menghasilkan hormon melatonin. Hormon melatonin merupakan hormon yang berperan penting dalam regulasi biologis seperti mengatur pola istirahat manusia. Itulah mengapa kelenjar ini disebut-sebut sebagai penyebab utama seseorang terserang sakit jiwa, karena saat di dalam tubuh seseorang tidak menghasilkan melatonin, orang tersebut akan terjaga terus-menerus dan hal itu akan berakibat buruk bagi fisik dan juga pikirannya. Selain mengatur kualitas tidur, hormon melatonin juga memiliki berbagai fungsi lain yang tidak kalah penting, yaitu:

- a. Mengatur siklus menstruasi yang terjadi pada wanita.
- b. Mengurangi risiko kanker.
- c. Menjaga kesehatan jantung.
- d. Menjaga suasana hati tetap stabil.

Menurut Haryanto dan Nia (2012), kelenjar pineal tidak hanya memproduksi hormon melatonin, tetapi juga menghasilkan hormon serotin yang fungsi adalah menstimulus seseorang menjadi bersemangat dalam melakukan aktivitas fisiknya. Biasanya hormon serotin yang diproduksi oleh kelenjar pineal pada waktu siang hari, saat hormon melatonin melemah.

3. Kelenjar Pituitari/Hipofisis

Kelenjar hipofisis merupakan kelenjar yang terbagi menjadi dua komponen, yaitu hipofisis anterior dan hipofisis posterior. Dalam hubungannya dengan hipotalamus masing-masing hipofisis memiliki jalur yang berbeda, hipofisis anterior berhubungan dengan hipotalamus melalui pembuluh darah, sedangkan hipofisis posterior melalui hormon persarafan (Mery dkk., 2009).

Fungsi hipofisis pada umumnya adalah mengatur proses kerja kelenjar lainnya dan memengaruhi proses hormone, berdasarkan fungsi umumnya itulah hipofisis dikenal juga sebagai master gland atau kelenjar induk. Sementara itu, fungsi hipofisis yang lebih spesifik dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

a. Hipofisis Anterior

Hipofisis anterior merupakan sebuah kelenjar yang terbuat dari oral ectoderm dan terdiri dari berbagai jaringan epitel, letaknya di bagian depan, serta mempunyai sebut lain sebagai *glandular hormone* atau *adenohipofisis*. Hipofisis anterior menghasilkan hormon-hormon penting, yang nantinya akan memengaruhi kinerja berbagai organ dalam tubuh, seperti adrenal, tiroid, ovarium, payudara, dan testis.

Berdasarkan fungsinya, hormon yang dihasilkan oleh hipofisis anterior dibagi menjadi lima bagian, yaitu:

- 1) Bagian I: Untuk merangsang jalannya pertumbuhan fisik manusia ada hormon: *growth hormone* atau somatotropik (GH). Letak hormon ini berada di semua tempat.
- 2) Bagian II: Untuk mengatur gonad sesuai aktivitas reproduksi, ada hormon: *Follicle Stimulating Hormone* (FSH) di semua jenis kelamin, lalu ada interstitial *Cell Stimulating Hormone* (ISH) pada pria, dan terakhir ada *Luteinizing Hormone* (LH) yang terdapat pada wanita
- 3) Bagian III: Untuk sekresi ASI dan pertahanan korpus luteum ada hormon: prolactin (PRL) pada wanita. Letaknya berada di kelenjar mama dan ovarium.
- 4) Bagian IV: Untuk mengatur sekresi hormon adrenokortikal dan memengaruhi metabolisme glukosa, lemak, dan protein, ada hormon: *Adrenocorticotropic Hormone* (ACTH).
- 5) Bagian V: Untuk mengatur kecepatan sekresi tiroksin dan triiodotironin oleh kelenjar tiroid, dan mengatur kecepatan reaksi kimia dalam tubuh, ada hormon: *Thyroid Stimulating Hormone* (TSH) atau disebut juga sebagai thyrotropin.

Kelima bagian di atas memiliki efek yang sangat berguna bagi tubuh, berikut beberapa efek kelenjar hipofisis anterior terhadap tubuh manusia (Hasnita, 2011):

1) *Growth Hormone* (Somatotropik atau GH)

Growth hormone atau dikenal dengan nama lain somatotropik merupakan hormon yang dapat menyebabkan pertumbuhan di seluruh jaringan tubuh yang memang mampu untuk bertumbuh. Hormon ini menambah ukuran sel dan meningkatkan proses mitosis yang diikuti dengan bertambahnya jumlah sel dan diferensiasi khusus dari beberapa tipe sel seperti sel-sel pertumbuhan tulang dan sel-sel otot awal. Efek metabolik dari hormon pertumbuhan ini adalah meningkatnya jumlah protein dalam tubuh, menggunakan lemak dari tempat penyimpanannya, dan menghemat karbohidrat.

2) *Adrenocorticotrophic Hormone* (ACTH)

Ada tiga efek yang dihasilkan oleh hormon ACTH dalam tubuh, yaitu:

- a) Efek kortisol terhadap metabolisme karbohidrat yaitu dapat merangsang glukoneogenesis (pembentukan karbohidrat dari protein), penurunan pemakaian glukosa oleh sel, serta peningkatan glukosa darah dan diabetes adrenal.
- b) Efek kortisol terhadap metabolisme protein yaitu dapat membuat kurangnya penyimpanan protein sel, dan menekan pengangkutan asam amino ke dalam sel-sel otot.
- c) Efek kortisol terhadap metabolisme lemak yaitu untuk memobilisasi asam lemak, dan kegemukan yang khas pada penderita yang kelebihan sekresi kortisol.

3) *Thyroid Stimulating Hormone* (TSH)

Ada dua efek yang dihasilkan oleh hormon TSH dalam tubuh, yaitu:

- a) Efek hormon tiroid terhadap pertumbuhan adalah untuk meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan otak selama kehidupan janin di

kandungan dan beberapa tahun pertama setelah dilahirkan.

- b) Efek hormon tiroid terhadap mekanisme tubuh yang spesifik adalah meningkatnya glikolisis dan glukogenesis, kecepatan absorpsi dari saluran cerna, meningkatnya kebutuhan akan vitamin, meningkat dan menurunnya laju metabolisme basal, serta sekresi insulin dengan hasil akhirnya seperti efek terhadap metabolisme karbohidrat, mempercepat proses oksidasi asam lemak bebas oleh sel, menurunnya jumlah kolesterol, fosfolipid, dan trigliserida

4) *Prolactin* (PRL)

Hormon *prolactin* saat dihasilkan dalam tubuh hanya memiliki satu efek terhadap tubuh, yaitu meningkatnya sekresi dari air susu, dan biasanya hormon ini hanya ada pada wanita.

- 5) Hormon Gonadotropin terdiri dari *Follicle Stimulating Hormone* (FSH), *Interstitial Cell Stimulating Hormone* (ISH) pada pria, dan *Luteinizing Hormone* (LH) pada wanita.

Dari ketiga hormon yang dimiliki oleh hormon gonadotropin itu memiliki efek estrogen pada tuba falopi yaitu estrogen menyebabkan jaringan kelenjar berproliferasi, dan menyebabkan sel-sel epitel bersilia yang membatasi tuba falopi bertambah banyak, estrogen menyebabkan meningkatnya aktivitas osteoblastik. Sementara itu, testosteron yang disekresi testis salah satunya menyebabkan hipertropi mukosa laring dan pembesaran laring sehingga terjadilah perubahan suara pada pria.

b. Hipofisis Posterior

Hipofisis posterior merupakan kelenjar yang berguna sebagai tempat penyimpanan hormon yang dihasilkan oleh hipotalamus. Hormon yang disimpan dan

dikeluarkan dari hipofisis posterior adalah hormon antidiuretik (ADH) dan oksitosin. Masing-masing hormon yang dikeluarkan memiliki target tujuan tersendiri, hormon ADH menjadikan ginjal dan arteriol sebagai tujuan utamanya, sedangkan oksitosin bertujuan untuk membantu payudara dan uterus. Fungsi dari kedua hormon tersebut adalah:

- 1) Fungsi ADH pada ginjal:
 - a) Reabsorpsi air pada ginjal
 - b) Mendorong atau menciptakan rasa haus
 - c) Mengendalikan tekanan darah
 - d) Mengendalikan keseimbangan air pada ginjal
 - e) Mengendalikan jumlah osmol pada tubuh agar tetap normal
- 2) Fungsi Oksitosin pada payudara dan uterus yaitu:
 - a) Menstimulasi uterus agar dapat berkontraksi bila sudah waktunya persalinan
 - b) Merangsang payudara agar dapat memproduksi air susu ibu atau ASI pada saat sedang laktasi.

4. Kelenjar Tiroid

Kelenjar tiroid merupakan kelenjar yang terletak di leher bagian depan tepatnya berada di bawah kartilago krikoid, antara fasia koli media dan fasia prevertebralis. Pada orang dewasa berat tiroid kira-kira mencapai 18 gram. Satu kelenjar tiroid yang terdapat pada manusia selalu memiliki dua lobus kanan dan kiri yang dibatasi oleh isthmus, dan masing-masing lobus memiliki ketebalan 2 cm dengan lebar sekitar 2,5 cm serta mempunyai panjang 4 cm. Selain memiliki lobus, kelenjar tiroid juga mempunyai folikel dan para folikuler.

Di ruang yang sama dengan tiroid juga terletak trakea, esofagus, pembuluh darah besar dan saraf. Kelenjar tiroid melekat pada trakea dan melingkarinya dua pertiga sampai tiga perempat lingkaran. Keempat kelenjar paratiroid umumnya terletak pada permukaan belakang kelenjar tiroid.

Sirkulasi yang membantu kerja kelenjar tiroid didapatkan dari arteri tiroidea superior dan inferior, serta dipersarafi oleh saraf adrenergic dan kolinergik. Pembuluh darah besar yang terdapat dekat kelenjar tiroid adalah arteri karotis komunis dan arteri jugularis interna. Sementara itu, saraf yang ada adalah nervus vagus, terletak bersama di dalam sarung tertutup yang dikenal dengan laterodorsal tiroid. Untuk nervus rekurensnya sendiri mempunyai letak di dorsal tiroid sebelum masuk laring.

Kelenjar tiroid menghasilkan hormon tiroid utama yaitu tiroksin (T₄) atau Tetra Iodotironin. Bentuk aktif dari hormon tiroksin adalah triyodotironin (T₃) yang sebagian besar berasal dari konversi hormon T₄ diperifer dan sebagian kecil langsung dibentuk oleh kelenjar tiroid. Dalam kinerjanya menghasilkan hormon, kelenjar tiroid memiliki bahan baku yaitu yodida inorganik. Bahan baku tersebut didapatkannya dengan melakukan penyerapan dari saluran cerna. Yodida inorganik yang diserap oleh kelenjar tiroid nantinya akan mengalami oksidasi lalu menjadi bentuk organik, dan selanjutnya akan menjadi bagian dari tirosin yang terdapat dalam tiroglobulin sebagai monoyodotirosin (MIT).

Sekresi hormon tiroid dikendalikan oleh kadar hormon perangsang tiroid yaitu Thyroid Stimulating Hormone (TSH) yang dihasilkan oleh lobus anterior pada kelenjar hipofisis. Kelenjar TSH secara langsung dipengaruhi dan diatur aktivitasnya oleh kadar hormon tiroid dalam sirkulasi yang bertindak sebagai umpan balik negatif terhadap lobus anterior hipofisis dan terhadap sekresi hormon pelepas tiotropin Thyrotropine Releasing Hormone (TRH) yang berasal dari hipotalamus. Selain menghasilkan hormon-hormon yang telah disebutkan di atas, kelenjar tiroid juga mengeluarkan kalsitonin dari sel parafolikuler. Kalsitonin merupakan polipeptida yang berguna untuk menurunkan kadar kalsium serum, kinerjanya sendiri

dengan melakukan penghambatan reabsorpsi kalsium dan tulang.

Fungsi dari hormon-hormon kelenjar tiroid dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

- a. Fungsi hormon tiroksin dan triiodotironin:
 - 1) Mengatur laju atau kecepatan metabolisme pada tubuh
 - 2) Merangsang pertumbuhan testis, saraf, dan tulang
 - 3) Mempertahankan sekresi GH dan gonadotropin
 - 4) Menambah kekuatan kontraksi otot dan irama jantung
 - 5) Merangsang pembentukan sel darah merah
 - 6) Memengaruhi kekuatan dan ritme pernapasan, sebagai kompensasi tubuh terhadap kebutuhan oksigen akibat metabolisme
 - 7) Mengatur katabolisme lemak, protein, dan karbohidrat pada tiap sel di dalam tubuh
 - 8) Mempertahankan aktivasi kalsium
- b. Fungsi hormon kalsitonin (Baradero dkk., 2009):
 - 1) Mengurangi kalsium dan fosfat serum dalam tubuh
 - 2) Mengurangi absorpsi kalsium dan fosfor oleh GI.

5. *Kelenjar Paratiroid*

Kelenjar paratiroid merupakan kelenjar yang tumbuh di dalam endoderm dan menempel pada bagian anterior serta posterior di kedua lobus kelenjar tiroid. kelenjar paratiroid pada manusia berjumlah empat buah yang terdiri dari chief cells dan oxyphilic cells. Bentuk tiap kelenjar paratiroid sangat kecil yaitu hanya berukuran sekitar 3x3x2 mm dengan berat keseluruhan kurang lebih 100 mg. masing-masing kelenjar tiroid yang berwarna kekuningan itu mensintesis dan mengeluarkan hormone paratiroid atau dikenal dengan nama lain Parathyroid Hormone (PTH) atau parahormon.

Kelenjar paratiroid adalah empat kelenjar kecil yang terletak di leher yang mengontrol kadar kalsium tubuh. Setiap kelenjar berukuran sebesar beras (beratnya sekitar 30 miligram dan berdiameter 3-4 milimeter).

Peran utama hormon paratiroid adalah mengolah atau mengkoordinir kadar kalsium dan fosfat di dalam darah. Selain peran utama tersebut, hormon pth juga memiliki fungsi lain yang bekerja pada 3 sasaran utama dalam pengendalian homeostatis kalsium, yaitu:

- a. Pada ginjal : berguna untuk meningkatkan reabsorpsi kalsium
- b. Pada tulang : Berguna untuk merangsang aktivitas osteoplastik
- c. Pada usus : berfungsi untuk meningkatkan absorpsi kalsium

Kelenjar paratiroid mensintesis dan mengeluarkan hormon paratiroid, yang nantiya sintesis PTH akan dikendalikan oleh kadar kalsium dalam plasma, jika kadar kalsium tidak seimbang maka sintesis yang sedang berjalan mengakibatkan beberapa gangguan seperti gangguan pada kerusakan jantung tulang, gangguan transmisi impuls saraf, gangguan kram otot atau tremor otot, dan gangguan pertumbuhan tulang. Saat mendapati kadar kalsium dalam darah menjadi rendah dan demi tercegahnya gangguan mengerikan yang telah disebutkan sebelumnya, hormon paratiroid dapat meningkatkannya dengan beberapa cara, seperti:

- a. Melakukan stimulasi pada tulang atau aktivitas osteoklas, hal ini berguna untuk mengeluarkan kalsium ke dalam darah
- b. Melakukan peningkatan absorpsi kalsium dan fosfat melalui GI. Dalam hal ini, vitamin D juga sangat dibutuhkan untuk mengabsorpsi kalsium melalui GI.
- c. Melakukan peningkatan absorpsi kalsium melalui tubula ginjal

6. *Kelenjar Adrenal*

Kelenjar adrenal merupakan kelenjar yang menempel pada ginjal sehingga kelenjar ini dikenal sebagai kelenjar anak ginjal atau kelenjar suprarenal. Kelenjar adrenal

memiliki dua lapis bagian yaitu bagian luar (korteks adrenal) dan bagian dalam (medula adrenal), sedangkan untuk letaknya sendiri yakni berada di kutub atas kedua ginjal atau di bagian ujung superior ginjal. Berdasarkan bagian lapis yang memiliki kelenjar adrenal, hormon yang dihasilkannya pun dibagi menjadi dua bagian yaitu:

a. Bagian Korteks

Pada lapisan bagian luar ini, korteks adrenal mensintesis 3 hormon, yaitu:

- 1) Mineralokortikoid (Aldosteron) yang memiliki fungsi sebagai pengatur keseimbangan elektrolit dengan cara meningkatkan retensi natrium dan ekskresi kalium serta membantu mempertahankan tekanan darah normal dan curah jantung.
- 2) Glukokortikoid (kortisol, kortison, kortikosteron) yang memiliki peran penting dalam metabolisme glukosa yang nantinya akan meningkatkan kadar gula darah, metabolisme cairan dan elektrolit, serta inflamasi dan imunitas terhadap stressor.
- 3) Androgen atau hormon seks yang terdiri dari androgen dan estrogen. Masing-masing memiliki fungsi tersendiri. Hormon androgen berguna untuk mengatur virilisme atau penampilan sifat laki-laki secara fisik dan mental pada wanita, sedangkan hormon estrogen mengakibatkan ginekomastia, retensi natrium dan air.

b. Bagian Medula

Pada lapisan bagian dalam ini, kelenjar paratiroid melakukan stimulasi pada sistem saraf simpatis dengan bantuan hipotalamus, yang akhirnya akan membuat medulla adrenal menghasilkan katekolamin. Hormon katekolamin yang terdiri dari epinefrin dan norepinefrin memiliki hasil kinerja yang tidak sama pada setiap manusia. Hal ini sebabkan reseptor pada organ tubuh manusia berbeda-beda. Hormon norepinefrin yang

dihasilkan di medulla memiliki fungsi sebagai stimulus pada alfa adrenergic resptor.

7. *Pankreas*

Pankreas adalah kelenjar pipih panjang yang terletak jauh di dalam abdomen. Pankreas adalah organ yang penting sebagai pengontrol kadar gula darah dan berfungsi dalam sistem pencernaan. Kelenjar yang terdapat di pankreas adalah kelenjar endokrin dan eksokrin, letaknya berada di retroperitoneal rongga abdomen atas dan terbentang horizontal dari cincin duodenal ke lien, serta memiliki panjang sekitar 10-20 cm dan lebar 2,5 - 5 cm. Kelenjar yang terdapat di pankreas juga disebut sebagai kelenjar akrosorius, dan dalam kinerjanya mendapat asupan darah dari arteri mesenterika superior dan splenikus.

Pada masing-masing kelenjar memiliki fungsi yang berbeda-beda, fungsi dari kelenjar endokrin adalah membantu menyekresikan hormon dari pulau langerhans, sedangkan kelenjar eksokrin membantu menyekresikan enzim pencernaan. Pulau langerhans yang berdiameter 75-150 micron memiliki 4 macam sel (baradero, dkk., 2009):

- a. Sel alfa yang terdiri dari 20% menyekresi hormon glukagon.
- b. Sel beta yang terdiri dari 75% menyekresi insulin
- c. Sel delta yang terdiri dari 5% menyekresi somatostatin yang dapat menekan keluarnya (inhibitor) hormon pertumbuhan, insulin dan gastrin
- d. Sel F menyekresi polipeptida pankreas. Sel alfa menghasilkan glukagon, dan sel beta merupakan sumber insulin, sedangkan sel delta mengeluarkan somatostatin, gastrin dan polipeptida pankreas.

8. *Kelenjar Gonad*

Kelenjar gonad disebut juga sebagai kelenjar kelamin yang berfungsi menghasilkan hormon kelamin dan memiliki letak yang berbeda berdasarkan jenis kelaminnya. Pada

wanita, kelenjar gonad letaknya berada di ovarium, sedangkan pada pria kelenjar gonad terletak di testis. Kelenjar gonad terbentuk pada saat minggu-minggu pertama gestasi dan tampak jelas pada minggu pertama. Keaktifan kelenjar gonad terjadi pada masa pubertas dengan meningkatnya sekresi gonadotropin (FSH dan LH).

a. Ovarium

Merupakan salah satu organ dalam sistem reproduksi dan salah satu fungsinya sebagai penghasil hormone seks. Ovarium berbentuk oval seperti bola football akan tetapi memiliki ukuran yang sangat kecil sekitar ukuran ibu jari atau kira-kira mempunyai panjang 2,5 sampai 5 cm, sedangkan lebarnya 1,5 sampai 3 cm dengan ketebalan yaitu sekitar 0,5 sampai 1,5 cm. Letak ovarium berada di kanan dan kiri dekat dengan dinding uterus, lebih tepat berada di belakang uterus. Selain itu, ovarium memiliki dua bagian yaitu medulla dan korteks serta memiliki warna yang mengikuti umur individunya. Jika wanita dalam masa pubertas hingga masa matang akan memiliki warna merah muda, sedangkan untuk wanita yang sudah menginjak masa pasca matang atau menopause warnanya akan berubah menjadi abu-abu.

Sistem reproduksi pada wanita dikendalikan oleh berbagai hormon, yaitu hormon-hormon gonadotropin atau steroid yang berasal dari poros thalamus, hipotalamus, hipofisis, adrenal, dan terakhir ovarium. Hormon-hormon tersebut meliputi:

1) *Human Chorionic Gonadotropin (HCG)*

Memiliki fungsi untuk menambahkan dan membuat pertahanan pada fungsi korpus luteum dan produksi hormon tiroid pada masa kehamilan awal. Hormon ini berasal dari jaringan tropoblas atau plasenta yang sudah diproduksi sejak usia kehamilan 3-4 minggu. Pada saat masa hamil menginjak usia 10-12 minggu, hormon mengalami peningkatan dan akan

menurun lagi pada saat trimester dua lalu akan naik kembali menjelang trimester tiga.

2) *Progesteron*

Hormon progesterone ini dibuat di korpus luteum, beberapa bagian juga ada yang diproduksi di kelenjar adrenal. Hormon ini dapat melakukan perubahan pada sekretorik atau fase sekresi saat endometrium dan jika nantinya terjadi implantasi progesteron ini akan menjadikan endometrium berada di keadaan maksimal.

3) *Estrogen*

Produksi utama hormon estrogen terjadi di dalam sel granulosa dan folikel ovarium dan lutea corpora. Hormon estrogen juga diproduksi di organ lain dalam kadar rendah, yaitu pada hati/hepar, kelenjar adrenal, dan payudara. Fungsi dari estrogen adalah untuk mengatur perkembangan seksual pada wanita, misalnya siklus menstruasi, pertumbuhan dan perkembangan payudara serta berhubungan dengan kehamilan.

Fungsi tersebut terbagi pada beberapa organ reproduksi wanita, yaitu:

- a) Tulang. Berguna untuk merangsang osteoblast sehingga memicu pertumbuhan atau regenerasi tulang
- b) Vagina. Berguna untuk proliferasi atau pertumbuhan dan perkembangan sel yang sama pada epitel vagina.
- c) Serviks. Berguna untuk pengentalan lendir di serviks dan melembutkan serviks.
- d) Uterus. Berguna untuk tumbuh kembang sel yang sangat cepat pada endometrium.
- e) Payudara. Berguna untuk menstimulasi pertumbuhan payudara.

4) *Luteotrophic Hormone (LTH)*

Hormon LTH ini mempunyai dampak inhibisi pada GnRH, bila kadarnya kurang akan menimbulkan gangguan pematangan folikel, gangguan ovulasi dan gangguan haid. Pembuatan hormon LTH ini terjadi hipofisis anterior. Hormon LTH ini bekerja di payudara dan ovarium. Pekerjaannya yang berbeda-beda tempat menjadikan fungsinya juga berbeda-beda di setiap sistem reproduksi. Pada payudara, LTH berfungsi menambah produksi dan keluarnya asi susu di kelenjar payudara. Hormon ini sangat nampak kinerjanya pada saat masa laktasi atau pasca persalinan. Sedangkan pada ovarium hormone LTH ikut andil dalam pematangan sel telur serta dapat mempengaruhi fungsi korpus luteum.

5) *Gonadotropin-releasing Hormone (GnRH)*

Hormon GnRH ini berasal dari hipotalamus dan memiliki fungsi sebagai rangsangan hipofisis anterior untuk dapat memproduksi dan melepaskan hormone-hormon gonadotropin seperti FSH dan LH.

6) *Luteinizing Hormone (LH)*

Produksi hormone LH terjadi di sel-sel hipofisis anterior bersama FSH, LH dilepaskan secara periodic ini mempunyai fungsi sebagai pemicu perkembangan folikel seperti sel teka dan granulosa. Selain itu LH juga membuat terjadinya ovulasi di tengah. Hormon LH memiliki fungsi yang diatur oleh putaran waktunya sendiri yaitu pada saat fase luteal LH menambah sekaligus membuat pertahanan pada fungsi korpus luteum pasca ovulasi. Dalam waktu bersamaan LH juga menghasilkan progesteron.

7) *Follicle-stimulating Hormone (FSH)*

FSH melakukan pelepasan dengan cara pusatif atau bisa juga dengan cara periodic. Hormon ini dibuat di sel-sel basal hipofisis anterior, sebagai jawaban dari

GnRH. Fungsinya hampir mirip dengan LH karena terjadi di ovarium tetapi FSH hanya menjadi pemicu perkembangan dan pematangan folikel serta sel-sel granulosa di ovarium., FSH tidak seperti LH yang membuat ovulasi terjadi di tengah.

DAFTAR PUSTAKA

- Rudi, H. and Dwi, S. B. A. (2019) *Buku Ajar Asuhan Keperawatan Pada Pasien Dengan Gangguan Sistem Endokrin*. Edited by D. U. Athiyah. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Manurung Nixon (2017) *Asuhan Keperawatan Sistem Endokrin Dilengkapi dengan Mind Mapping dan ASuhan Keperawatan Nanda NIC-NOC*. Deepublish.
- Limited, C. C. (1998) *Anatomi Fisiologi Kelenjar Endokrin dan Sistem Persarafan*. 2nd edn. Jakarta: EGC.
- Paulus, S. (2019) *Buku Ajar Asuhan Keperawatan Pada Pasien Dengan Gangguan Sistem Endokrin*. Pustaka Baru Press.
- Amber, A. and Olivia, V. (2018) *Sistem Endokrin, Metabolisme dan Nutrisi*. 1st edn. Edited by R. R. Daniel Horton-Szar, Achmad Rudijanto.

BAB 14

ANATOMI DAN FISIOLOGI SISTEM PENGLIHATAN

dr. Dewi Nugrahwati Putri, Sp.M

A. Pendahuluan

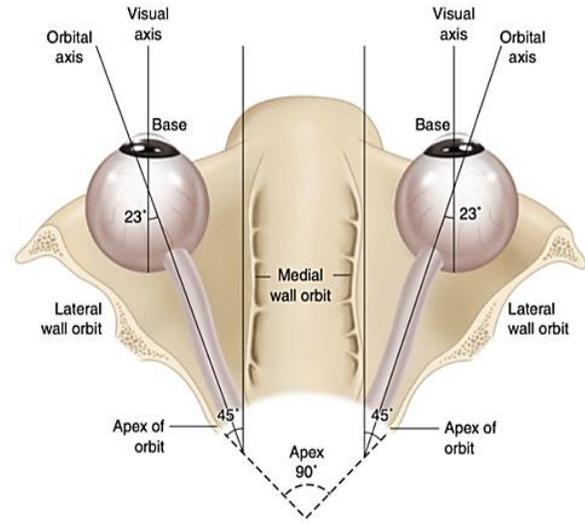
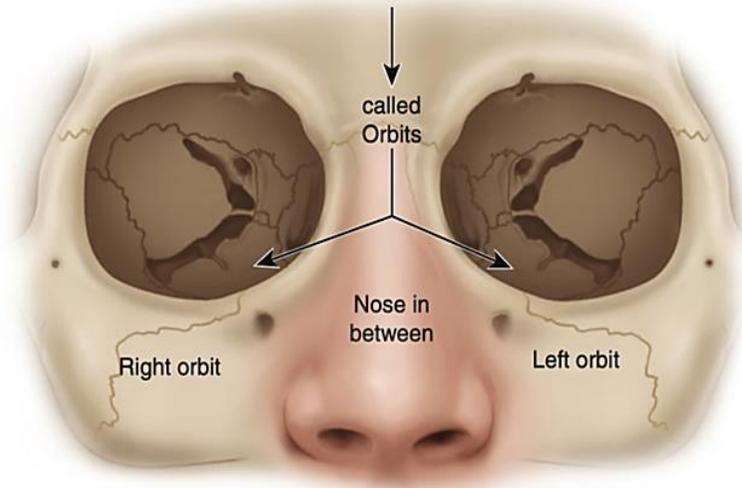
Mata berfungsi sebagai organ penglihatan, yaitu salah satu sistem indera yang sangat penting untuk manusia. Melihat merupakan suatu proses yang kompleks. Diawali dengan bola mata menerima cahaya yang berasal dari luar. Berkas cahaya tersebut diteruskan dan dibiaskan oleh media refrakta mulai dari lapisan air mata, menembus kornea, melewati humor aqueous, diteruskan ke lensa dan vitreous, kemudian bayangan tersebut difokuskan pada satu titik tepat di retina. Cahaya tersebut diubah menjadi impuls listrik di retina, lalu diteruskan oleh jaras penglihatan menuju ke otak untuk kemudian akhirnya dipersepsikan (cahaya, bentuk, kontras, dan warnanya) sebagai gambar (Khurana, 2007). Untuk menghasilkan penglihatan yang jelas, maka anatomi dan fisiologi organ yang terlibat harus dalam kondisi normal.

Pengetahuan dasar tentang anatomi dan fisiologi organ sistem penglihatan memudahkan perawat untuk memahami patomekanisme penyakit, kerusakan yang ditimbulkan, melakukan prosedur pemeriksaan, dan membantu prosedur pengobatan sehingga dapat menjalankan asuhan keperawatan dibidang kesehatan mata dengan optimal.

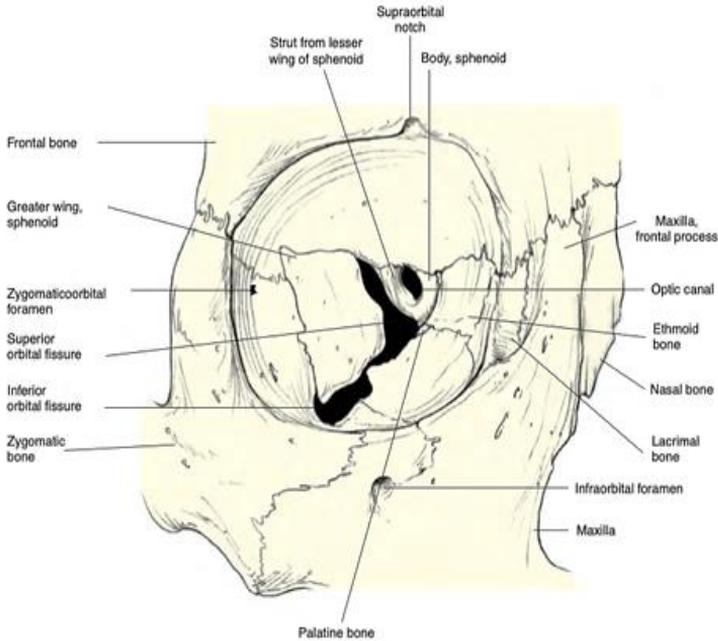
B. Orbita

Bulbus okuli atau bola mata terletak di dalam cavum orbita, yaitu rongga berbentuk seperti piramida dengan alas (*base*) berbentuk persegi empat terbuka di bagian anterior dan puncak (*apex*) mengerucut di posterior (Ansari and Nadeem, 2016).

Cavum orbita adalah rongga tulang yang berisi bola mata, otot-otot ekstraokular, saraf, lemak, dan pembuluh darah. Cavum orbita orang dewasa memiliki volume sekitar hampir 30 mL, tinggi ± 35 mm, lebar ± 45 mm, dan kedalaman ± 40 -45 mm. Dinding cavum orbita dibentuk oleh 7 tulang yang mengelilingi dan melindungi bulbus oculi, antara lain Os. Frontalis, Os. Zigomatikum, Os. Maksilaris, Os. Ethmoidalis, Os. Sphenoidalis (ala parva dan ala magna), Os. Lakrimalis, Os. Palatina (Gambar 14.2). Tulang - tulang tersebut tersusun sebagai dasar, atap, dinding medial, dan dinding lateral. Dinding medial tersusun atas tulang yang paling tipis dan tulang yang di bagian lateral merupakan yang terkuat (Ansari and Nadeem, 2016; Brar *et al.*, 2020; Remington, 2012;).



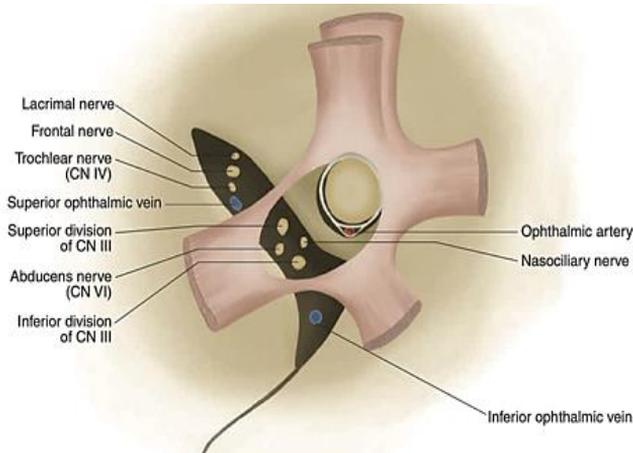
Gambar 14.1. Cavum Orbita (Ansari and Nadeem, 2016).



Gambar 14.2. Tulang penyusun cavum orbita, serta foramen dan fissura didalamnya (Remington, 2012).

Diantara orbita dengan fossa cranii media, sinus paranasalis, dan wajah, terdapat beberapa foramen dan fissura yang menjadi tempat keluar masuknya pembuluh darah dan saraf (Gambar 14.3.). Lubang tersebut dan struktur yang melewatinya, antara lain (Brar et al.,2020; Remington, 2012):

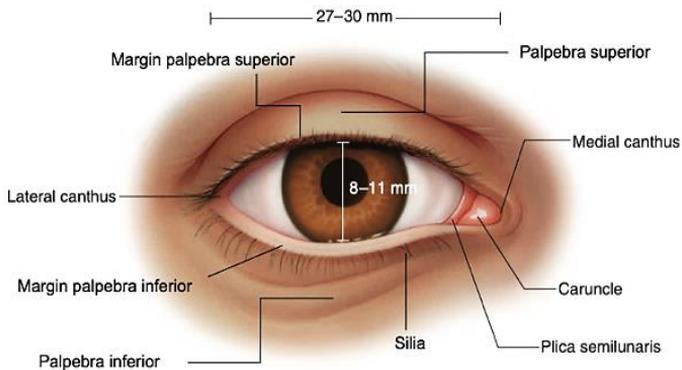
1. Kanalis optik (optic foramen), dilewati oleh nervus optik, arteri oftalmika, serabut saraf simpatis.
2. Supraorbital foramen/notch dilewati oleh pembuluh darah dan nervus supraorbita (perpanjangan N. V1)
3. Fissura orbita superior dilewati oleh N. Lakrimalis (V1), N. Frontalis (V1), N IV (N. trockhlearis), Vena oftalmika superior, divisi superior dan inferior CN III (N. oculomotorius), cab. nasosiliaris N. V1 , serabut simpatis, N VI (N. abducent)
4. Fissura orbita inferior dilewati oleh N. V2 (cab. Infraorbita dan Zygomatic), Vena oftalmika inferior, saraf orbita dari ganglion pterigopalatina.



Gambar 14.3. Distribusi saraf dan pembuluh darah yang memasuki kanalis optik dan fissura orbita (Brar et al., 2020).

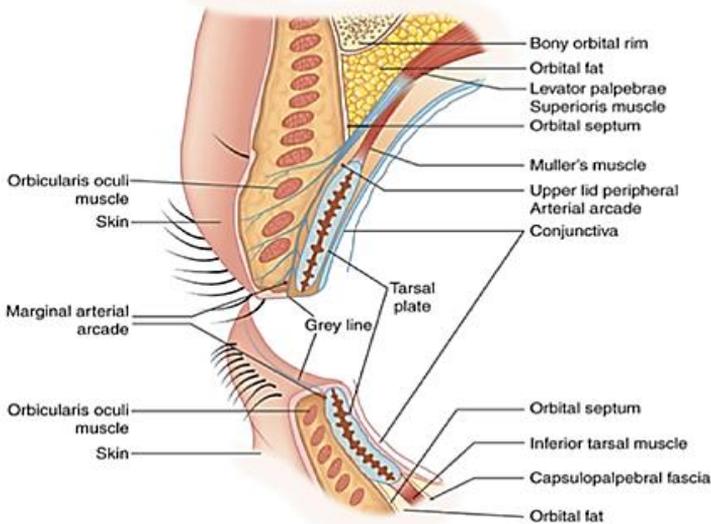
C. Palpebra

Palpebra atau kelopak mata adalah lipatan tipis kulit, otot, dan jaringan fibrosa yang berfungsi melindungi bola mata dari kerusakan mekanis maupun dari intensitas cahaya yang berlebihan, serta mendistribusikan air mata sejak diproduksi hingga meninggalkan permukaan bola mata (Sundaram, 2009). Topografi palpebra yang normal bervariasi, dipengaruhi oleh usia, jenis kelamin, ras, etnis, dan anatomi wajah (Gladstone, 2005).



Gambar 14.4. Topografi palpebra (Brar, 2020).

Pada posisi mata melihat ke depan, tepi atau margin palpebra superior berada 1,5 hingga 2 mm dibawah limbus superior dengan puncak sedikit ke arah nasal dari tengah pupil. Sedangkan margin palpebra inferior terletak di limbus kornea, bagian terendahnya terletak agak temporal dari pupil. Fisura palpebra horizontal berukuran 27-30 mm dan vertikal sekitar 8-11 mm. (Collin and Rose, 2001; Dutton, 2013; Gladstone, 2005)

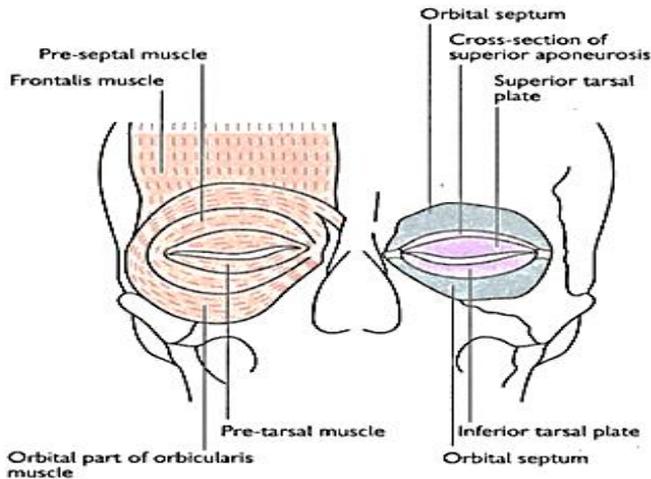


Gambar 14.5. Anatomi Palpebra Superior dan Inferior potongan Sagital. (Lu et al., 2017)

Struktur anatomi palpebra dari anterior ke posterior terdiri dari tujuh lapisan (Gambar 5), sebagai berikut (Khurana, 2007; Levin and Kaufman, 2011; Lu et al., 2017; Sundaram, 2009):

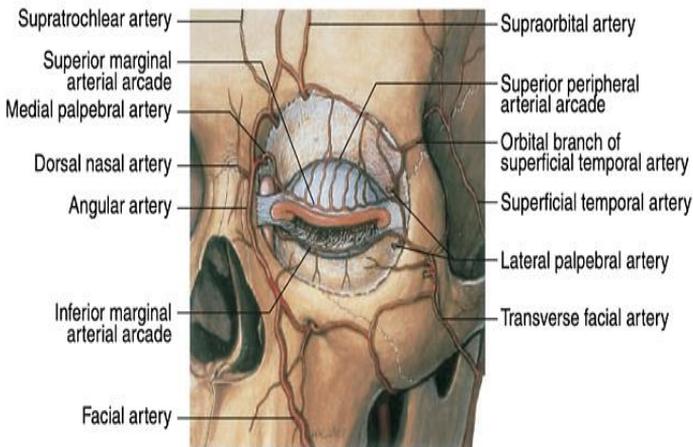
1. Kulit, merupakan yang paling tipis di seluruh tubuh dan tidak memiliki lemak subkutan sehingga sangat mudah digerakkan.
2. Otot protractor, yaitu m. orbicularis oculi yang terdiri dari tiga bagian: orbitalis, preseptal dan pretarsal (Gambar 6). Berfungsi untuk menutup kelopak mata, menjaga posisi kelopak mata, membentuk ekspresi wajah, serta memfasilitasi distribusi air mata dari permukaan bola mata ke sakus lakrimalis. Otot ini dipersarafi oleh nervus fasialis (CN VII).

3. Septum orbita, merupakan perluasan periosteum mulai dari tepi rongga orbita hingga ke tarsus. Lapisan ini menjadi penghalang mekanis dan fisiologis struktur palpebra bagian dalam terhadap patogen.
4. Lemak orbita, berfungsi sebagai bantalan untuk bola mata dan struktur intraokular lainnya.
5. Otot retraktor, berfungsi untuk membuka kelopak mata. Di superior terdiri dari m. levator palpebra superior yang dipersarafi oleh nervus okulomotorius (CN. III) dan m. tarsal superior atau m. Muller superior yang dipersarafi oleh saraf simpatis, sedangkan di inferior dibentuk oleh fascia kapsulopalpebral dan otot tarsal inferior.
6. Tarsus, merupakan lempengan jaringan ikat padat yang memberi bentuk dan kekencangan pada kelopak mata. Tarsus superior dan inferior bergabung satu sama lain di kantung medial dan lateral, melekat pada tepi orbita melalui ligamen palpebra medial dan lateral. Di dalam lempengan tarsal terdapat kelenjar meibom yang berbaris paralel.
7. Konjungtiva tarsalis, merupakan membran transparan yang melapisi bagian dalam palpebra dan melekat kuat pada tarsus.



Gambar 14.6. Anatomi muskulus orbikularis dan jaringan di bawahnya (Sundaram, 2009).

Vaskularisasi palpebra bersumber dari dua arteri, yaitu: (1) a. karotis interna (utama) yang mempercabangkan a. oftalmika yang selanjutnya bercabang menjadi a. supraorbital, a. supra trochlear dan a. dorsonasal di bagian medial serta a. lakrimal di lateral dan (2) arteri karotis eksterna bercabang menjadi a. angular dan temporal pada wajah. Keduanya beranastomosis melalui palpebra superior dan inferior membentuk arkade marginal dan perifer (Amato, Monheit &, John, 2003; Liesegang, Skuata, 2009). Aliran vena dibagi atas dua bagian yaitu bagian pretarsal atau superfisial dan bagian postarsal atau bagian profunda. Bagian pretarsal mengalir ke vena jugularis eksterna dan interna. Bagian post tarsal mengalirkan darah vena ke dalam vena oftalmika dan berakhir di sinus kavernosus (Liesegang, Skuata, 2009). Oleh karena itu, sirkulasi vena kelopak mata yang menghubungkan wajah dengan sinus kavernosus, dapat menjadi jalur dalam penyebaran infeksi (Brar, 2020; Ansari and Nadeem, 2016).



Gambar 14.7. Pembuluh darah arteri pada palpebra. Brar, 2020)

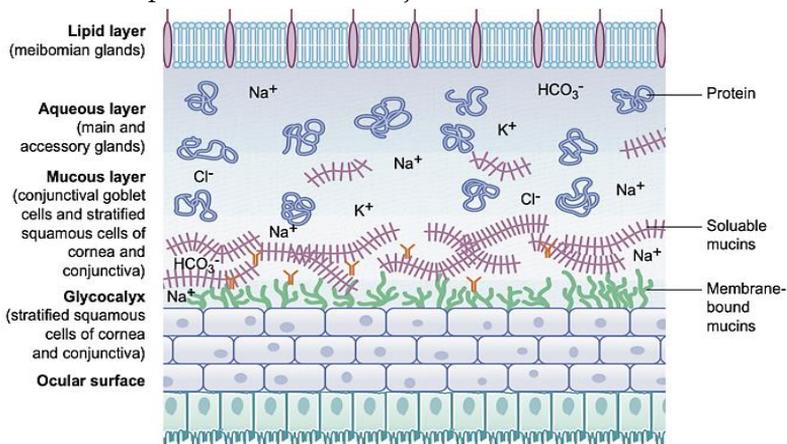
Sistem limfatik palpebra paralel dengan sistem vena. Post-tarsal mengalirkan cairan limfa konjungtiva dan kelenjar tarsal, sedangkan pretarsal mengalirkan cairan limfa dari kulit dan struktur kulit. Sisi lateral mengalir ke kelenjar preauricular

dan parotis; yang dari sisi medial mengalir ke kelenjar getah bening submandibular (Ansari and Nadeem, 2016).

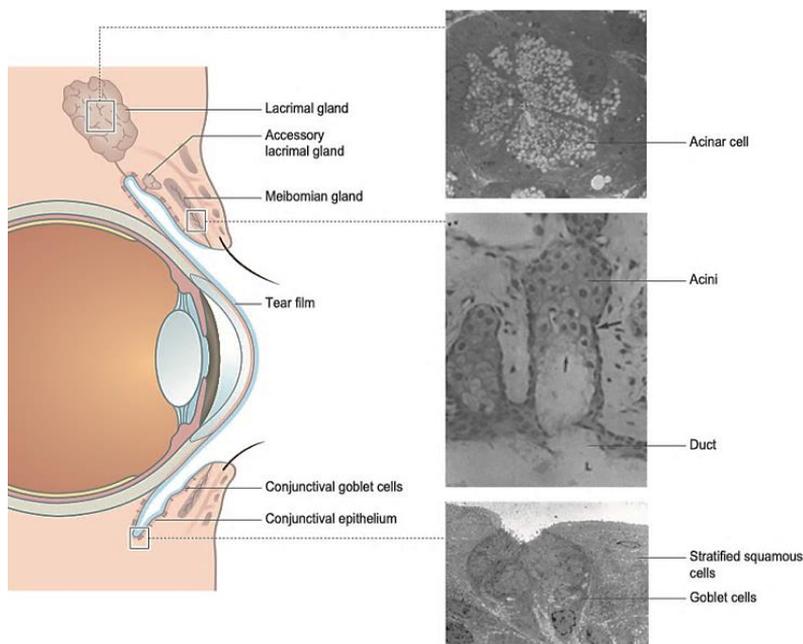
D. Lapisan Air Mata dan Apparatus Lakrimalis

Lapisan Air Mata (LAM) atau *tear film* adalah cairan yang melapisi permukaan bola mata, meliputi kornea dan epitel konjungtiva. Lapisan ini berperan sebagai pelindung dengan menjadi batasan antara epitel permukaan bola mata dengan lingkungan eksternal dan merupakan media refraksi yang pertama. Berikut adalah struktur yang membentuk lapisan air mata dengan fungsi masing-masing, yaitu (Brar, 2020; Remington, 2012):

1. Lipid. Diproduksi oleh kelenjar meibom dan kelenjar Zeis, berfungsi menghambat penguapan air mata dan membentuk sawar kedap air saat palpebra tertutup.
2. Aqueous. Diproduksi oleh apparatus lakrimalis, berfungsi menyuplai O_2 dan elektrolit ke epitel kornea, mengandung antimikroba dan antiviral, melicinkan permukaan kornea, dan membersihkan debris.
3. Mucin. Diproduksi oleh sel Goblet yang tersebar di sela – sela sel squamous konjungtiva, terutama di apex. Berfungsi sebagai pelumasan dengan mengubah permukaan epitel kornea dari lapisan hidrofobik menjadi hidrofilik.



(a)

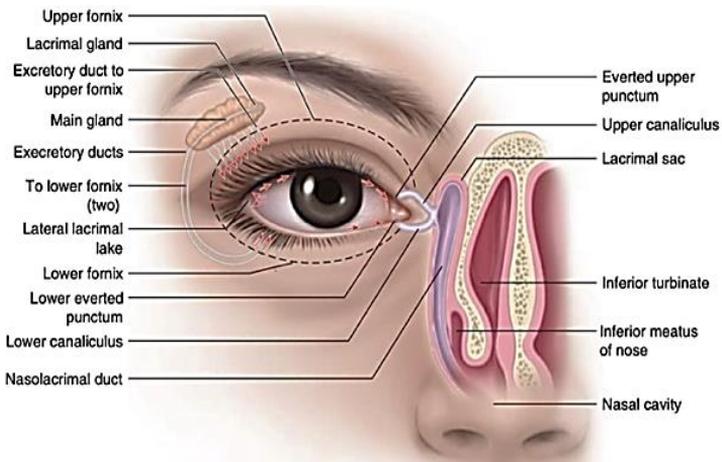


(b)

Gambar 14. 8. (a) Komposisi Lapisan Air Mata. (b) Skema Kelenjar dan Epitel yang Memproduksi Lapisan Air Mata (Levin and Kaufman, 2011).

Apparatus lakrimalis terbagi menjadi dua sistem, yaitu sistem sekretori yang memproduksi komponen aqueous dari lapisan air mata, dan juga sistem ekskretori yang berfungsi sebagai sistem drainase (Ansari and Nadeem, 2016). Sistem sekretori terdiri dari (1) kelenjar lakrimal utama yang terletak di fossa glandula lakrimalis di kuadran temporal atas orbita, (2) kelenjar lakrimal aksesori, yaitu kelenjar Krause dan Wolfring terletak di dalam konjungtiva, terutama di forniks superior. Kelenjar lakrimal utama bekerja ketika ada stres emosional atau iritasi di segmen anterior bola mata, yang akan menyebabkan peningkatan jumlah sekresi dan memerlukan drainase ke hidung. Jalur aferen untuk refleks tersebut adalah melalui nervus trigeminus divisi oftalmikus dan jalur eferen melalui nervus fasialis (Brar, 2020; Ansari and Nadeem, 2016).

Sedangkan sekresi dari kelenjar aksesori, sering disebut sekretor basal, sekresinya cukup untuk memenuhi fungsi air mata untuk mempertahankan kesehatan permukaan bola mata. Kelenjar lakrimal mendapatkan suplai vaskuler dari arteri lakrimalis yang merupakan cabang lakrimalis arteri oftalmika dan cabang infraorbital arteri maksilaris. Sedangkan arus balik vena melalui vena oftalmika superior (Riordan-Eva, 2010; Ansari and Nadeem, 2016).



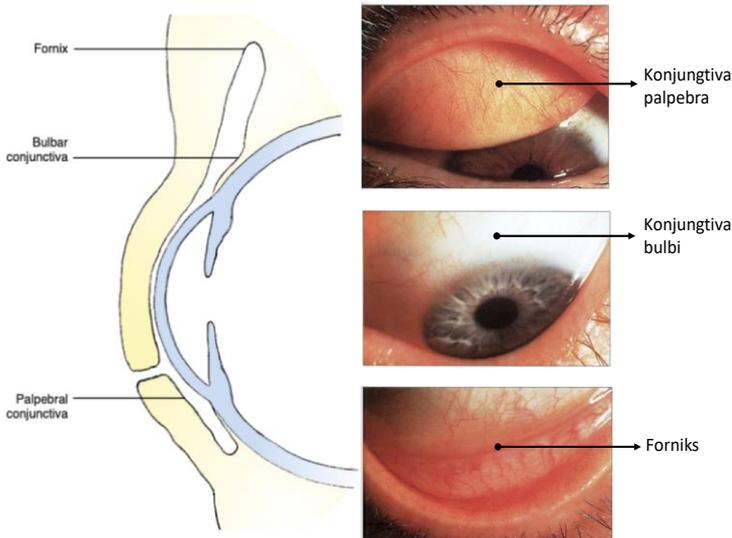
Gambar 14.9. Aparatus Lakrimal Bagian Sekretori dan Drainase (Ansari and Nadeem, 2016)

Sistem drainase lakrimal terdiri dari punctum lakrimalis superior dan inferior, kanalikuli, saccus lakrimalis, dan duktus nasolakrimalis. Sistem ini berhubungan dengan kantung medial palpebra dan memungkinkan aliran keluar air mata mengalir ke saluran hidung (Khurana, 2007; Lu et al., 2017). Sebanyak 10-20% air mata mengalami penguapan (evaporasi), sisanya melewati permukaan okular dan bertahan sepanjang margo palpebra superior dan inferior. Sekitar 80% didrainase melalui punctum lakrimalis inferior dan 20% melalui punctum superior. Siklus pompa lakrimal terjadi saat mata berkedip, dimana kontraksi m. orbikularis saat kelopak mata tertutup mengembungkan saccus lakrimalis sehingga terbentuk tekanan negatif yang menyedot air mata dari kanalikuli menuju ke dalam saccus. Pada saat kelopak terbuka, saccus kolaps, dan air mata didorong ke dalam

duktus nasolakrimal. Selain itu, kanalikuli membuka dan bertindak sebagai tabung untuk menampung air mata melalui punctum. Air mata mengalir ke duktus nasolakrimalis terutama oleh gravitasi, dimana sebagian besar diserap oleh lapisan mukosa sebelum air mata yang tersisa memasuki meatus inferior di hidung. (Remington, 2012; Sundaram, 2009).

E. Konjungtiva

Konjungtiva adalah membran mukosa transparan dan tipis yang menutupi bola mata bagian sklera anterior hingga bagian dalam palpebra (Ansari and Nadeem, 2016). Terbagi menjadi tiga bagian yang saling berhubungan satu sama lain, yaitu: (1) bagian yang melapisi palpebra adalah konjungtiva palpebra, atau konjungtiva tarsal, (2) konjungtiva bulbi menutupi sklera, dan (3) forniks konjungtiva adalah cul-de-sac yang menghubungkan bagian palpebra dan bulbi di superior, inferior, medial dan lateral (Khurana, 2007).



Gambar 14.10. Anatomi Konjungtiva (Spalton, 2004).

Konjungtiva hanya melekat erat pada tarsus dan limbus, sedangkan di permukaan sklera melekat secara longgar. Selain itu, pada kantung medial (plica semilunaris) dan forniks,

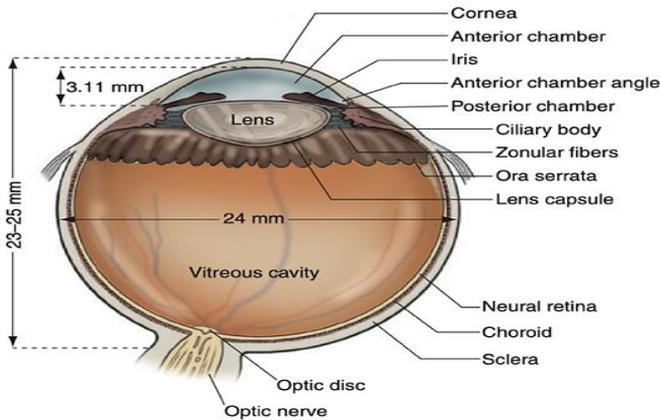
konjungtiva membentuk beberapa lipatan, sehingga memudahkan bola mata untuk bebas bergerak tanpa meregangkan konjungtiva bulbi. Di sebelah medial dari plika semilunaris, terdapat karunkula (Gambar 4) yang mirip dengan konjungtiva karena mengandung sel goblet dan kelenjar lakrimal aksesori, juga memiliki elemen kulit seperti rambut halus, kelenjar sebacea dan kelenjar keringat (Remington, 2012). Di bawah konjungtiva bulbi terdapat lapisan tipis membran fibrosa elastis yang membungkus sklera dari limbus hingga nervus optik, disebut kapsul tenon (Riordan-Eva, 2010).

Konjungtiva memiliki sejumlah fungsi penting, termasuk berperan menjaga kesehatan kornea bersama dengan palpebra, sel goblet dan kelenjar lakrimal aksesori yang terdapat dalam konjungtiva menghasilkan komponen lapisan air mata yang melembabkan permukaan bola mata, serta berperan sebagai suatu reservoir air mata. Selain itu, konjungtiva juga berperan dalam sistem pertahanan melawan berbagai agen patogen (Spalton, 2004; Lang, 2006).

Suplai darah konjungtiva palpebra berasal dari arteri siliaris anterior dan arteri yang menyuplai palpebra, merupakan cabang dari a. oftalmika. Persarafan konjungtiva berasal dari nervus trigeminus (CN V) divisi pertama (cabang oftalmik) yang memiliki serabut nyeri yang relatif sedikit (Riordan-Eva, 2010).

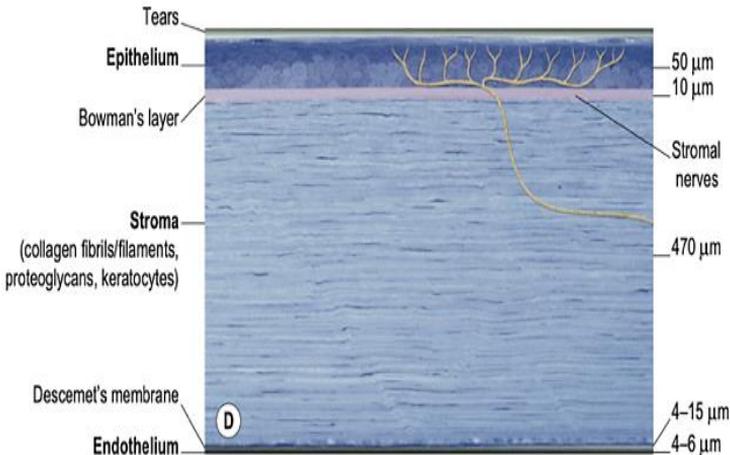
F. Kornea

Dinding bola mata terdiri dari tiga lapisan, dimana lapisan terluar adalah tunika fibrosa yang terdiri dari kornea dan sklera (Levin and Kaufman, 2011). Kornea terdiri atas jaringan ikat avaskular yang membentuk satu per enam bagian depan dinding bola mata (Gambar 11). Secara histologi kornea terdiri dari 5 lapisan (Gambar 12), dari luar ke dalam yaitu: epitel, lapisan Bowman, stroma, membran Descemet, dan endotel (Welsenthal, 2020).



Gambar 14.11. Anatomi bola mata potongan sagital (Brar, 2020)

Kornea merupakan struktur transparan seperti kaca dengan kekuatan refraksi sekitar 43.25 Dioptri (D), dimana merupakan tiga per empat dari seluruh kekuatan refraksi mata (60 D). Oleh karena itu, kornea menjadi media refrakta utama yang memfokuskan berkas cahaya yang masuk ke retina. Adanya kekeruhan di kornea akan menyebabkan penurunan tajam penglihatan yang signifikan (Welsenthal, 2020; Lang, 2006).

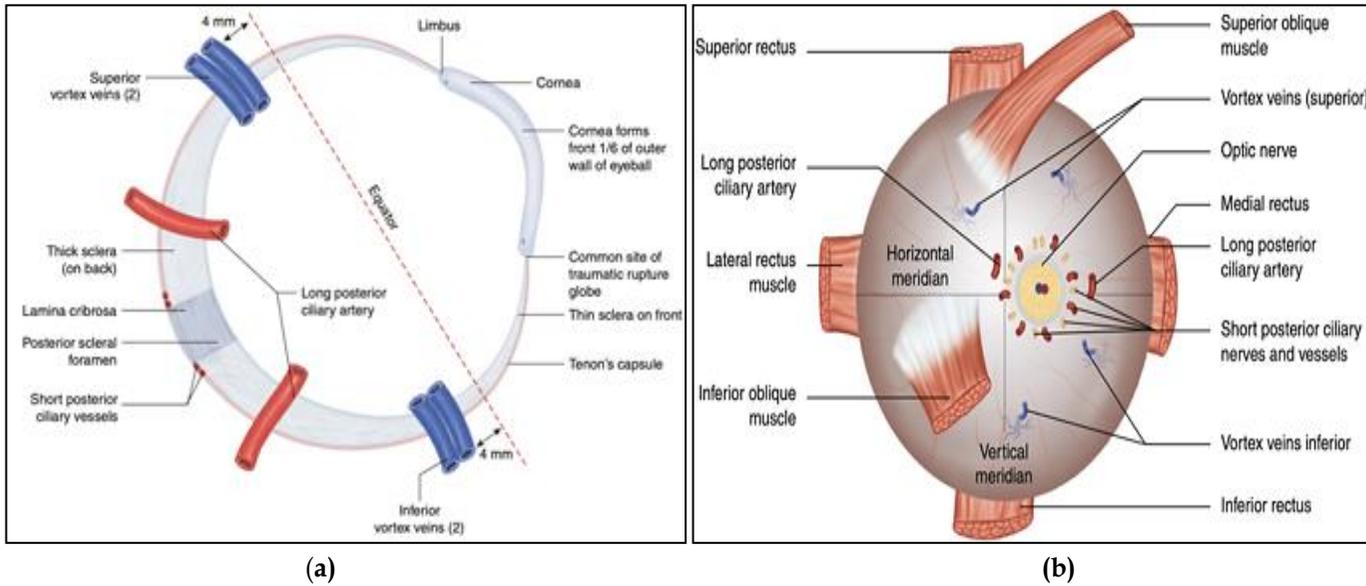


Gambar 14.12. Lapisan Kornea. Tampak serabut saraf menembus stroma dan berakhir di epitel kornea (Levin and Kaufman, 2011).

Kornea tidak mengandung pembuluh darah sehingga mendapat nutrisi dari oksigen yang ada di lapisan air mata dan glukosa yang berdifusi dari humor aqueous yang berada di bilik mata depan. Selain itu, kornea perifer juga mendapat suplai oksigen dari vaskularisasi yang ada di limbus (Riordan-Eva, 2010). Limbus merupakan zona transisi antara kornea yang transparan dengan sklera yang putih. Kornea memiliki sensitivitas yang sangat tinggi karena mengandung ujung-ujung saraf dengan jumlah yang paling banyak di antara seluruh organ tubuh manusia. Serabut saraf sensoris berasal dari nervus siliaris anterior yaitu percabangan nervus kranialis trigeminus (N V₁) (Khurana, 2007).

G. Sklera

Sklera merupakan bagian putih dinding bola mata yang tersusun oleh jaringan ikat fibrosa yang keras dan padat (Remington, 2012). Sklera merupakan lima per enam lapisan paling luar bola mata yang berbatasan dengan kornea di bagian anterior dan nervus optik (lamina kribrosa) di posterior (Gambar 14.11.). Dinding sklera ditembus oleh beberapa arteri, vena, dan saraf (Gambar 14.13.) (Khurana, 2007).



Gambar 14.13. Sklera dan struktur yang menembus dan melekat di permukaannya. (a) Potongan sagittal. (b) Sklera mata kiri dari arah posterior (Ansari and Nadeem, 2016).

Lapisan sklera secara histologi terdiri dari 3 lapisan, yaitu (1) jaringan episkleral, merupakan lapisan jaringan ikat tipis dengan vaskularisasi yang padat; (2) Sklera, merupakan struktur avaskular yang terdiri dari serat kolagen padat; (3) Lamina fusca adalah bagian paling dalam dari sklera yang bercampur dengan lapisan suprakoroidal dan suprasiliar dari traktus uvea (Khurana, 2007). Pembuluh darah *superficial plexus* berjalan di bawah tenon, sedangkan *deep plexus* melekat pada permukaan sklera. Terdapat banyak saraf sensoris pada sklera, yaitu cabang nervus siliaris brevis dan nervus siliaris longus (cabang N V₁). Sehingga, bila terjadi inflamasi (skleritis) akan menyebabkan nyeri bola mata. Fungsi sklera menjaga bentuk bola mata dan merupakan jaringan penunjang yang kuat (Ansari and Nadeem, 2016).

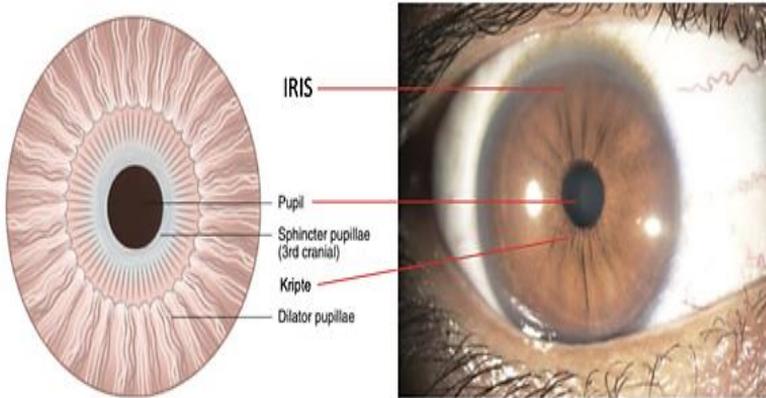
H. Uvea

Traktus uvea adalah tunika vaskulosa, merupakan lapisan kedua bola mata yang berada di antara retina dan sklera. Traktus uvea merupakan kompartemen vaskular utama pada mata. Terdiri dari iris, korpus siliaris (*ciliary body*), dan koroid (*choroid*) yang berkesinambungan satu sama lain (Gambar 11) (Brar, 2020; Spalton, 2004).

1. Iris

Iris adalah traktus uvea yang paling anterior dibentuk oleh pembuluh darah dan jaringan ikat. Lapisan batas anterior iris mengandung fibroblast dan sel pigmen melanosit yang memberi warna pada iris. Pada area kriptel lapisan tersebut lebih tipis (Khurana, 2007). Pada lapisan stroma terdapat dua otot involunter yang menyusun iris (Gambar 14). Muskulus *sphincter pupillae* berjalan secara sirkuler, dimana saat terang akan berkontraksi menyebabkan konstiksi pupil (miosis), dipersarafi oleh N. III (parasimpatis). Muskulus dilatator pupillae diinnervasi oleh saraf simpatis, berjalan radial sehingga kontraksinya saat gelap menyebabkan pupil dilatasi (midriasis). Otot-otot tersebut mengatur diameter pupil (bagian sentral iris)

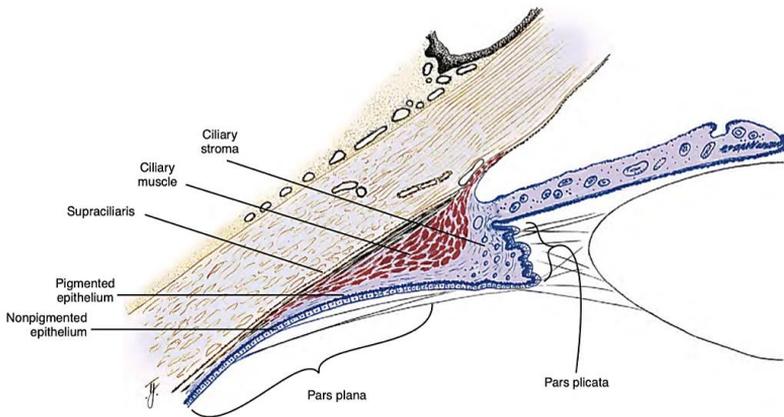
sehingga iris menjadi apertura sistem optik yang berfungsi mengatur jumlah cahaya yang masuk ke dalam bola mata. Iris juga membagi segmen anterior menjadi bilik mata depan dan bilik mata belakang (Spalton, 2004; Lang, 2006).



Gambar 14.14. Iris dan otot-otot involunter didalamnya (Ansari and Nadeem, 2016; Levin and Kaufman, 2011).

2. Corpus Ciliare

Bagian tengah traktus uvea yang mulai dari akar iris hingga ke ora serrata disebut corpus ciliare atau badan siliar. Struktur ini berbentuk segitiga, mengandung muskulus, vaskular dan epitel. Terdiri dari bagian yang berlipat-lipat, kaya vaskularisasi yaitu pars plikata, serta pars plana pada bagian posterior yang permukaannya rata dan relatif avaskular (Gambar 15). Pars plikata mengandung prosesus siliaris yang menonjol seperti jari-jari ke bilik mata belakang. Prosesus siliaris terbentuk dari kapiler berdiameter besar dan berlubang, memiliki fungsi sebagai pembentuk cairan *humor aqueous* (Ansari and Nadeem, 2016; Lang, 2006; Remington, 2012).



Gambar 14.15. Bagian dan lapisan corpus ciliare (Remington, 2012).

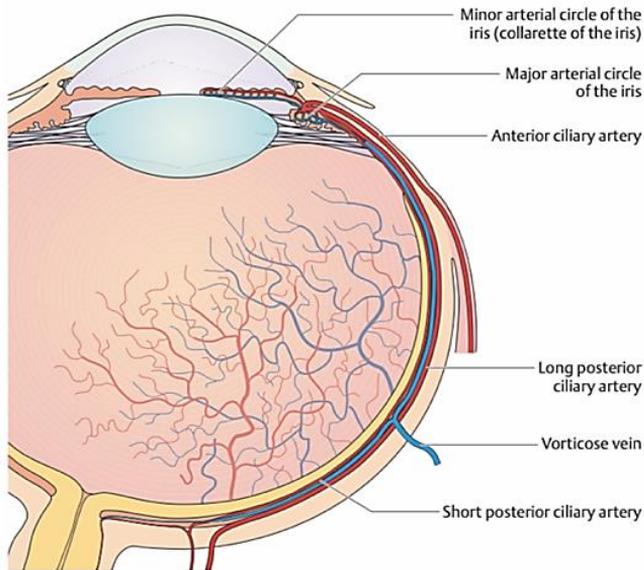
Humor aqueous adalah cairan jernih yang di produksi epitel tidak berpigmen prosessus siliaris. Cairan ini memiliki beberapa fungsi, diantaranya: menyuplai nutrisi untuk kornea, lensa, dan trabekula meshwork; membuang sisa metabolisme; mempertahankan tekanan intraokuler dan integritas bola mata; media refrakta; serta memfasilitasi respon imun. Setelah disekresi ke bilik mata belakang, humor aqueous mengalir ke bilik mata depan melalui pupil, kemudian menuju ke sudut bilik mata depan untuk dikeluarkan. Aliran keluar humor aqueous terdiri dari dua jalur. Sebesar 90% melalui jalur *trabecular meshwork*, lalu masuk ke kanalis schlemm lalu ke saluran kolektor, vena aqueous dan pleksus intrasklera, lalu bermuara di vena episklera. Sedangkan 10% sisanya melalui jalur uveoskleral, yaitu melalui corpus ciliare dan masuk ke ruang suprachoroidal lalu bermuara ke sirkulasi vena corpus ciliare. Keseimbangan antara produksi dan aliran keluar tersebut berperan dalam mempertahankan tekanan bola mata. (Ansari and Nadeem, 2016)

Corpus ciliare memiliki otot involunter yang disebut muskulus siliaris dengan tiga kombinasi serat, yaitu sirkular, radial, dan longitudinal (Ansari and Nadeem, 2016).

Rangsangan saraf parasimpatis mengaktifkan kontraksi otot ini, sedangkan innervasi simpatis memiliki efek inhibitor (Remington, 2012).

3. Koroid

Koroid merupakan bagian posterior dari traktus uvea, yang meluas dari ora serrata hingga ke nervus optik, terletak antara sklera dan retina (Remington, 2012). Koroid kaya akan pembuluh darah besar dan kapiler, dimana alirannya merupakan yang terbesar di seluruh tubuh (Lang, 2006). Koroid berfungsi menyediakan oksigen dan nutrisi pada lapisan luar retina (terutama fotoreseptor), memfasilitasi pengeluaran hasil metabolisme retina, menyerap kelebihan cahaya yang diserap oleh RPE, dan menjadi peredam panas yang dihasilkan dari penyerapan cahaya (Brar, 2020).



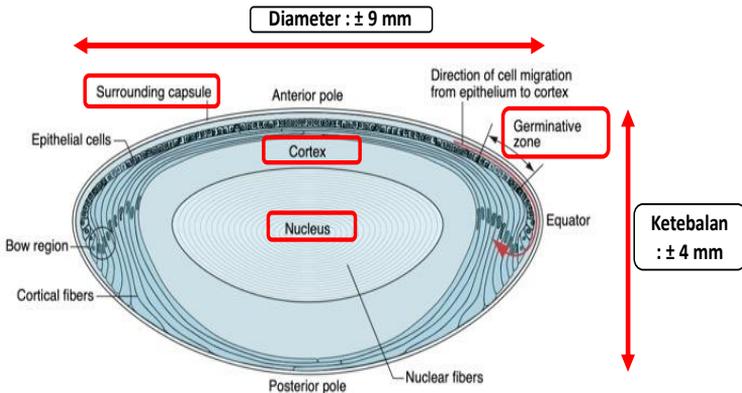
Gambar 14.16. Vaskularisasi Traktus Uvea (Lang, 2006).

Traktus uvea mendapat suplai darah dari a. oftalmika, dimana cabang a. siliaris posterior brevis menyuplai darah ke koroid, cabang a. siliaris posterior longus memperdarahi koroid dan membentuk sirkulus arterial mayor dan minor yang memperdarahi iris. Arteri siliaris anterior yang berasal

dari a. muskularis yang juga merupakan percabangan arteri oftalmika, membentuk anastomosis dengan arteri siliaris posterior longus memperdarahi corpus ciliare. Vena-vena traktus uvea bersatu membentuk vena vortex yang mengalir ke vena oftalmika dan sinus kavernosus (Khurana, 2007).

I. Lensa

Lensa adalah komponen bola mata yang terletak tepat di belakang pupil di antara permukaan posterior iris dan corpus vitreous (Gambar 11). Lensa orang dewasa berdiameter sekitar 9 mm dan ketebalan 4 mm yang terus meningkat seiring pertambahan usia. Serat zonula Zinn merupakan penggantung lensa yang melekat di permukaan kapsul lensa secara radial dan menghubungkannya dengan corpus siliaris (Gambar 15). Serat tersebut bertindak sebagai ligament suspensorium yang mempertahankan posisi lensa tetap berada di fossa hialoid dan juga berperan dalam proses akomodasi (Lang, 2006).



Gambar 14.17. Struktur Lensa Kristalina. Tanda panah pada equator lensa menunjukkan arah migrasi sel dari epitelium menuju korteks (Brar, 2020).

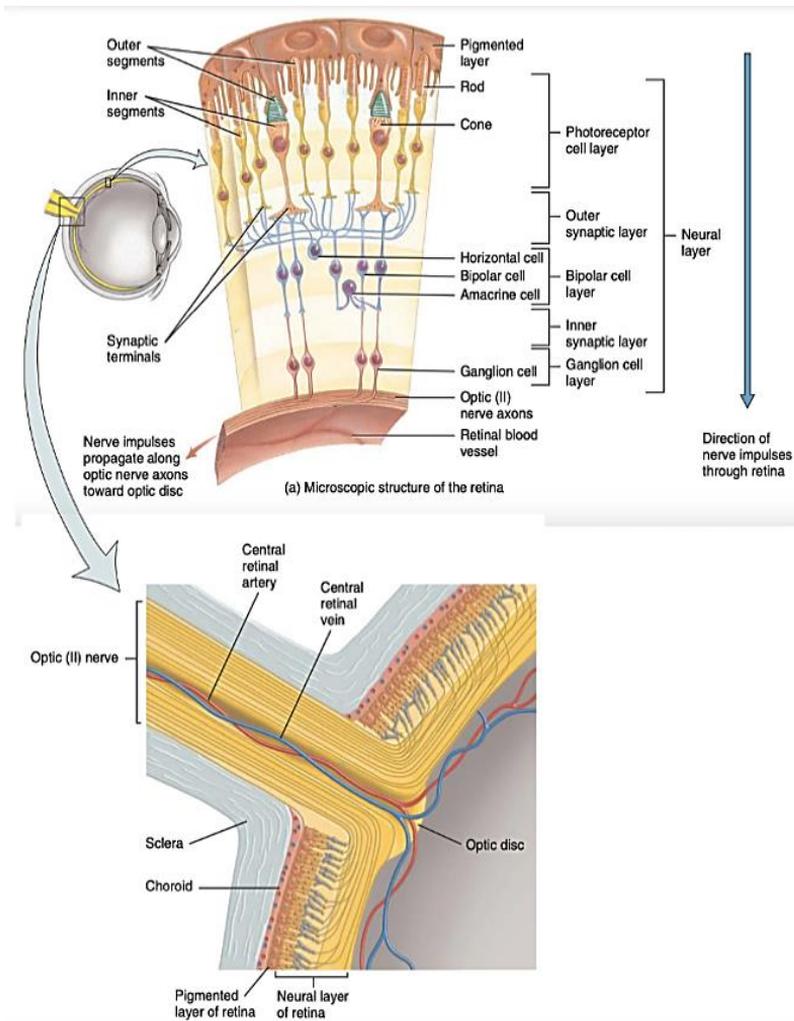
Struktur lapisan lensa terdiri dari (Gambar 17): (1) kapsul, bersifat elastis dan semipermeabel. (2) Selapis sel epitelium, berada di bawah kapsul anterior. Sel-sel epitel di daerah equator membelah secara aktif dan memanjang untuk membentuk serat lensa baru sepanjang hidup sehingga makin menambah

kepadatan lensa. (3) Serat lensa, berupa nukleus dan korteks. Nukleus berada di tengah lensa, merupakan serat yang lebih tua sehingga lebih keras. Sedangkan korteks adalah serat yang baru terbentuk dan berada paling luar (Riordan-Eva, 2010; Tsai, 2020).

Lensa merupakan media refrakta yang berbentuk bikonveks, jernih, dan hampir transparan. Lensa berkontribusi sebanyak 20.00 D dari kekuatan refraksi mata. Lensa juga berfungsi dalam proses akomodasi yaitu mekanisme untuk memfokuskan cahaya yang berasal dari jarak dekat agar tetap jatuh di retina. Menurut teori Hemholtz, pada proses akomodasi muskulus siliaris berkontraksi dan serat zonula Zinn menjadi relaksasi. Kurvatura lensa meningkat dan lensa menjadi semakin tebal sehingga kekuatan dioptri refraksi lensa bertambah. Dengan demikian, bayangan dari jarak dekat menjadi terlihat dengan jelas. Lensa merupakan struktur avaskular dan tidak memiliki saraf. Lensa mendapatkan nutrisi dari humor aqueous dan vitreous (Tsai, 2020; Khurana, 2007).

J. Retina

Retina merupakan tunika nervosa, yaitu lapisan paling dalam dari bola mata. Retina menyerupai lembaran tipis dan transparan, berada di antara koroid dan vitreus, mulai dari nervus optik hingga ke ora serrata (Gambar 11). Ora serrata merupakan batas anterior retina, dimana retina melekat kuat baik pada vitreous maupun koroid. Di bagian posterior dari equator (polus posterior) terdapat diskus optikus dan makula (area pusat penglihatan) (Khurana, 2007).



Gambar 14.18. Struktur Mikroskopis Retina. Panah biru ke bawah menunjukkan arah sinyal yang melewati lapisan saraf retina (Tortora and Derrickson, 2014).

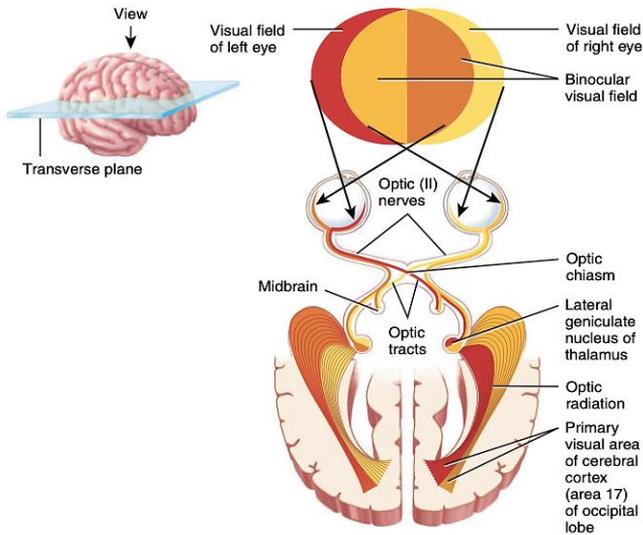
Retina terbentuk dari lapisan sel-sel neuron yang berperan dalam proses penglihatan. Cahaya yang masuk ke bola mata menembus sebagian besar lapisan retina yang lebih anterior dan ditangkap oleh sel fotoreseptor (Gambar 18). Fotoreseptor mengubah cahaya tersebut menjadi impuls listrik, yang disebut sebagai proses fototransduksi. Sinyal visual

tersebut kemudian diteruskan ke sel bipolar dan horizontal, lalu ditransfer ke sel amakrin menuju sel ganglion. Sel ganglion memiliki akson-akson yang menggabungkan sinyal dari seluruh retina. Akson sel ganglion akan membentuk lapisan serabut saraf retina yang memanjang menuju diskus optik, yang merupakan kepala dari nervus optik (CN II) (McCannel, 2020; Lang, 2006).

Retina mendapatkan vaskularisasi yang berbeda pada lapisan luar dan dalam. Arteri retina rentral is merupakan cabang dari arteri oftalmika menyuplai 2/3 bagian dalam lapisan retina. Sedangkan sirkulasi koroid menyuplai 1/3 luar lapisan retina mulai dari lapisan pleksiform luar, lapisan inti luar, fotoreseptor, dan epitel pigmen retina (RPE) melalui proses difusi (Riordan-Eva, 2010).

K. Visual Pathway

Visual pathway adalah jaras penglihatan yang menghantarkan sinyal saraf visual yang telah diproses oleh retina keluar dari bola mata menuju ke otak (McCannel, 2020; Lang, 2006). *Visual pathway* afferen dimulai dari retina, yang lapisan serabut sarafnya akan membentuk nervus optik. Akson-akson nervus optik kemudian melewati kiasma optikum, titik dimana nervus optik bagian nasal dari masing-masing mata mengalami persilangan. Sedangkan akson yang lain tetap berjalan disisi yang sama. Akson yang menyeberang ke sisi yang berlawanan kemudian bergabung dengan serabut saraf dari retina temporal yang berlawanan untuk membentuk traktus optikus.



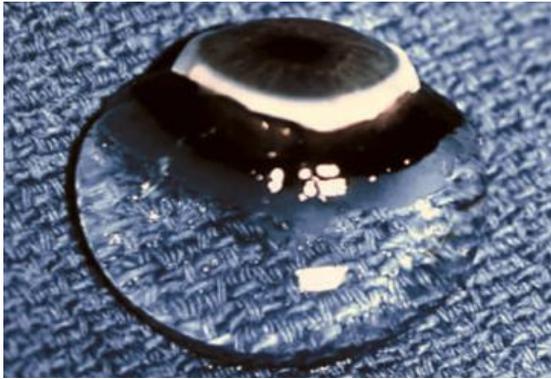
Gambar 14.19. Tampilan Superior *Visual Pathway* (Tortora and Derrickson, 2014).

Setelah melewati kiasma optikum, akson menjadi traktus optikus, masuk ke otak dan kemudian bersinaps di nukleus genikulatum lateral dorsal thalamus. Di sini akson tersebut bersinaps dengan neuron yang aksonnya membentuk *optic radiation* (traktus *geniculocalcarine*), yang bermuara ke area visual primer di lobus oksipital korteks serebri. Setelah diproses oleh korteks visual primer, informasi visual kemudian menjalani pengolahan dan pemisahan yang lebih kompleks pada tingkat area visual yang lebih tinggi untuk memulai persepsi visual, menerjemahkan impuls listrik menjadi sebuah gambar (Hall and Guyton, 2011; Sherwood, 2014; Tortora and Derrickson, 2014).

L. Vitreous

Setiap mata terdiri dari sekitar 4,5 ml vitreous, yakni struktur berbentuk gel transparan yang mengisi 80% volume bola mata (Gambar 20). Vitreus dikelilingi dan melekat langsung dengan retina, corpus ciliare pars plana, dan lensa. Kekuatan perlekatan vitreus terhadap jaringan di sekitarnya berbeda-beda, tergantung lokasinya. Diketahui bahwa vitreus melekat kuat pada lapisan vitreus basal, nervus optik dan makula, serta

pembuluh darah retina. Vitreous tersusun atas 99% air. Sisanya terdiri dari kolagen dan asam hialuronat (McCannel, 2020).



Gambar 14..20. Vitreous (Brar, 2020)

Vitreous memiliki beberapa fungsi diantaranya memberi perlindungan fisik dengan menahan retina tetap melekat di koroid untuk mendapat suplai nutrisi. Vitreous memfasilitasi metabolisme retina dan lensa. Vitreous yang bersifat viskoelastis, bertindak sebagai "peredam kejut", untuk melindungi retina yang rapuh selama bola mata bergerak cepat dan pada aktivitas fisik yang berat. Vitreous yang jernih berfungsi untuk meneruskan dan membiaskan cahaya, serta membantu memfokuskan sinar pada retina (Remington, 2012).

DAFTAR PUSTAKA

- Ansari, M.W., Nadeem, A., 2016. Atlas of Ocular Anatomy. Springer International Publishing, Cham.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-42781-2>
- Brar, V.S., Law, S.K., Lindsey, J.L., Mackey, D.A., Schultze, R.L., Silverstein, E. (Eds.). 2020. Basic and Clinical Science Course 2020 - 2021: Fundamentals and Principles of Ophthalmology. American Academy of Ophthalmology. San Fransisco
- Collin, R., Rose, G. (Eds.), 2001. Plastic and orbital surgery, 1. publ. ed, Fundamentals of clinical ophthalmology. BMJ Books, London.
- Dutton, J.J., 2013. Atlas of oculoplastic and orbital surgery. Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health, Philadelphia.
- Gladstone, G.J. (Ed.), 2005. Oculoplastic surgery atlas: cosmetic facial surgery. Springer, New York, NY.
- Hall, J.E., Guyton, A.C., 2011. Guyton and Hall textbook of medical physiology, 12th ed. ed. Saunders/Elsevier, Philadelphia, Pa.
- Khurana, A.K. 2007. Comprehensive Ophthalmology .4th ed. New Age International, New Delhi.
- Korn B.S., et al. (Eds.). 2020. Basic and Clinical Science Course 2020 - 2021: Oculofacial Plastic and Orbital Surgery. American Academy of Ophthalmology. San Fransisco.
- Lang, G.K. 2006. Ophthalmology - A Pocket Textbook Atlas. 2nd ed. Thieme Stuttgart, New York.
- Lauralee Sherwood - Human Physiology_ From Cells to Systems- Cengage Learning USA (2014).pdf, n.d.
- Levin, L.A., Kaufman, P.L. (Eds.), 2011. Adler's physiology of the eye: clinical application, 11th ed. ed. Saunders/Elsevier, Edinburgh ; New York.

- Lu, G.N., Pelton, R.W., Humphrey, C.D., Kriet, J.D., 2017. Defect of the Eyelids. *Facial Plast. Surg. Clin. N. Am.* 25, 377–392. <https://doi.org/10.1016/j.fsc.2017.03.009>
- McCannel, C.A. et al. (Eds.). 2020. Basic and Clinical Science Course 2020 - 2021: Retina and Vitreous. American Academy of Ophthalmology, San Fransisco.
- Remington, L.A., 2012. Visual System, in: *Clinical Anatomy and Physiology of the Visual System*. Elsevier, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-1926-0.10001-3>
- Riordan-Eva, P. 2010. Vaughan and Asbury's General Ophthalmology. 17th Edition. Mc Graw-Hill Companies.USA.
- Spalton, D., Hitchings, R., Hunter, P.A. 2004. *Atlas of Clinical Ophthalmology* .3rd ed. Mosby Ltd.
- Sundaram, V., Barsam, A., Alwitry, A., Khaw, P.T. 2009. *Training in Ophthalmology-The Essential Clinical Curriculum*. Oxford University Press, New York.
- Tong J, Lopez MJ, Patel BC. (2021). StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Jul 26, 2021. *Anatomy, Head and Neck, Eye Orbicularis Oculi Muscle*.
- Tortora, G.J., Derrickson, B., 2014. *Principles of Anatomy and Physiology*. 14th Edition. Wiley. USA.
- Tsai, L.M., et al. (Eds.). 2020. Basic and Clinical Science Course 2020 - 2021: Lens and Cataract. American Academy of Ophthalmology, San Fransisco.
- Welsenthal, R.W., et al. (Eds.). 2020. Basic and Clinical Science Course 2020 - 2021: External Disease and Cornea. American Academy of Ophthalmology. San Fransisco.

BAB 15

PRINSIP DASAR DALAM NUTRISI DAN GIZI KLINIS

dr. Frisca Ronauli Batubara, M. Biomed

A. Pendahuluan

Asupan nutrisi yang tepat dan seimbang sangat penting untuk diperhatikan agar kesehatan tubuh dapat terpelihara. Status gizi buruk atau malnutrisi masih menjadi satu permasalahan kesehatan yang umum terjadi di beberapa negara berkembang, termasuk Indonesia. Salah satu ciri kekurangan nutrisi yaitu lambatnya pertumbuhan yang dapat dilihat dengan kehilangan proporsi lemak tubuh dalam jumlah berlebihan. Malnutrisi ini dapat ditemukan baik pada anak-anak maupun pada orang dewasa. (M Natsir Solok, 2021)

Sebaliknya pemilihan jenis makanan yang kurang tepat serta porsi asupan nutrisi yang berlebihan juga dapat menyebabkan obesitas serta meningkatnya resiko penyakit sistemik seperti hipertensi, diabetes, stroke dan masalah kesehatan lainnya. Pengaturan diet atau asupan nutrisi yang seimbang dan pola makan yang sehat dapat membantu memulihkan berat badan yang ideal. Oleh karena itu, ilmu gizi klinis sangatlah diperlukan untuk membantu mengatasi masalah gizi yang ada. (Tim Penyusun Standar Kompetensi Nutrisionis, 2018)

Nutrisi dan gizi pada dasarnya memiliki makna yang berbeda, namun dalam keseharian kedua istilah tersebut seringkali tidak bisa dibedakan. Menurut kamus besar bahasa indonesia (KBBI), gizi adalah makanan pokok yang diperlukan

bagi pertumbuhan dan kesehatan badan. Sementara nutrisi adalah proses pemasukan dan pengolahan zat makanan oleh tubuh; makanan bergizi; ilmu tentang gizi. Dengan kata lain, gizi adalah zat yang terkandung dalam makanan, sedangkan nutrisi adalah zat yang diserap atau yang diolah oleh tubuh.

Istilah “nutrisi” berasal dari bahasa latin yaitu *nutritionem* atau dalam bahasa inggris *nutrition*. Sementara istilah “gizi” diambil dari bahasa Arab yaitu *ghidza* atau dibaca ghizi. Kedua istilah tersebut sama-sama bermakna makanan. Namun, pada tahun 1958, Prof. dr. Poorwo Soedarmo memilih ‘gizi’ menjadi terjemahan resmi istilah ilmiah yang dipakai untuk manusia. Sementara istilah ‘nutrisi’, nutrient bagi ternak dan unsur hara bagi tumbuhan, lebih sering digunakan dalam dunia peternakan dan pertanian di Indonesia. (Sa’pang, Sitoayu and Novianti, 2017)

Makanan yang bergizi merupakan sumber energi/tenaga yang dibutuhkan dalam aktivitas sehari-hari. Sumber energi diperlukan tubuh dalam jumlah lebih besar dibandingkan dengan kebutuhan zat pembangun dan zat pengatur. Sementara, kebutuhan tubuh akan zat pengatur diperlukan dalam jumlah lebih besar dibandingkan kebutuhan zat pembangun. Tubuh manusia membutuhkan makanan yang bergizi untuk dapat memenuhi nutrisi yang dibutuhkan agar proses metabolisme, perbaikan sel, serta fungsi organ tubuh dapat bekerja dengan baik. Apabila seseorang kekurangan atau kelebihan gizi tertentu maka aktivitas normal tubuh dapat terganggu dan beresiko memengaruhi kesehatan, baik fisik maupun mental.(Sari, Darmayanti and Ulfah, 2021)

Nutrisi yang seimbang dapat mendukung sistem kekebalan tubuh yang sehat. Kekurangan vitamin dan mineral, dapat mengakibatkan lemahnya sistem kekebalan tubuh sehingga meningkatkan risiko infeksi dan penyakit. Oleh karena itu, asupan nutrisi yang tepat dapat membantu mencegah berbagai penyakit infeksi. Asupan nutrisi tertentu, seperti vitamin B kompleks dan asam lemak omega-3 diketahui juga berperan dalam kesehatan mental, karena berperanan dalam

mengatur hormonal yang memengaruhi tingkat emosional, mood, dan fungsi otak seseorang. Asupan nutrisi yang tepat yang kaya akan serat, vitamin, dan antioksidan dapat mengurangi risiko obesitas dan penyakit-penyakit degeneratif. (M Natsir Solok, 2021; Mardalena, 2021)

Oleh karena pentingnya mempelajari nutrisi dalam gizi klinis, dalam Bab ini, dibahas mengenai prinsip dasar dalam nutrisi dan gizi klinis.

B. Sejarah dan Perkembangan Ilmu Gizi di Indonesia

Berdasarkan sejarah, di Indonesia, upaya perbaikan gizi masyarakat telah dimulai sejak tahun 1950. Pada saat itu, Prof. dr. Poorwo Soedarmo diangkat sebagai ketua Lembaga Makanan Rakyat (LMR) oleh Menteri Kesehatan Indonesia yaitu dr. J Leimena, dan juga merupakan bagian dari Lembaga Penelitian Kesehatan, Lembaga Eijckman.

Hari Gizi Nasional ditetapkan untuk memperingati pengkaderan tenaga gizi Indonesia dan didirikannya Sekolah Juru Penerang Makanan oleh LMR pada 25 Januari 1951. Sejak saat itu pendidikan tenaga gizi terus berkembang pesat di banyak perguruan tinggi di Indonesia. (Yayasan Institut Danone, 2020)

Pada tahun 1960, penelitian tentang gizi berkembang dan melibatkan disiplin ilmu lain (multidisiplin). Prof. dr. Poorwo Soedarmo, selanjutnya dikenal sebagai Bapak Gizi Indonesia, juga mengenalkan pedoman 'empat sehat lima sempurna' untuk memenuhi kecukupan gizi. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, pedoman 'empat sehat lima sempurna' tersebut tidak berlaku lagi. Hingga saat ini pedoman yang berlaku di Indonesia dikenal sebagai PUGS atau pedoman umum gizi seimbang. Peringatan hari gizi nasional pertama kali diadakan pada pertengahan 1960-an oleh LMR, kemudian sejak 1970-an hingga saat ini dilanjutkan oleh Direktorat Gizi Masyarakat. (Yayasan Institut Danone, 2020)

C. Masalah Gizi di Indonesia

Makanan merupakan sumber nutrisi bagi makhluk hidup. Nutrisi merupakan zat dicerna, diolah, dan diserap oleh tubuh kita sehingga berguna bagi jaringan tubuh, menghasilkan energi, mengatur sistem fisiologi organ tubuh, dan melindungi tubuh dari berbagai serangan penyakit. Pemilihan asupan makanan harus dilakukan dengan bijak dengan memperhatikan kandungan gizi dan kebutuhan gizi manusia. Kandungan gizi dapat berupa makronutrien dan mikro nutrient. Sedangkan kebutuhan gizi manusia adalah jumlah nutrisi makronutrien maupun mikronutrien yang diperlukan oleh tubuh manusia untuk menjalankan fungsi-fungsinya dengan baik. (Sa' pang, Sitoayu and Novianti, 2017)

Makronutrien adalah nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah besar oleh tubuh seperti protein, karbohidrat, dan lemak. Protein diperlukan untuk membangun dan memperbaiki jaringan tubuh, serta untuk memproduksi enzim dan hormon. Karbohidrat diperlukan sebagai sumber energi utama tubuh. Sementara lemak diperlukan untuk mempertahankan fungsi tubuh dan sebagai sumber energi cadangan. Mikronutrien adalah unsur nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit oleh tubuh, seperti vitamin dan mineral. Vitamin dan mineral berperan dalam menjaga kesehatan dan fungsi tubuh yang optimal. Air juga sangat penting untuk menjaga keseimbangan cairan dalam tubuh. (Adelina *et al.*, 2023)

Masalah gizi di masyarakat dapat berupa gizi buruk yang dapat menyebabkan stunting (pendek) atau obesitas (kelebihan berat badan) yang disebabkan oleh pemilihan asupan makanan yang kurang tepat. Di Indonesia kedua masalah gizi itu masih terjadi hingga saat ini, atau disebut juga mengalami beban ganda masalah gizi. Untuk itu, pemerintah Indonesia telah berupaya mengatasi masalah ini, dengan cara seperti fortifikasi pangan atau pengayaan zat gizi mikro pada bahan makanan komersil seperti garam, tepung terigu, dan minyak goreng sawit. Selain itu, pemerintah juga melakukan program penganekaragaman pangan melalui Kawasan Rumah Pangan Lestari (KRPL) untuk

meningkatkan aksesibilitas terhadap pangan yang beragam. Pedoman umum gizi seimbang (PUGS) juga diterapkan untuk mengatasi kedua masalah tersebut. (Rustanti *et al.*, 2023)

D. Pedoman Umum Gizi Seimbang (PUGS)

Pedoman umum gizi seimbang (PUGS) adalah panduan yang digunakan untuk mengatur pola makan yang seimbang dan memenuhi kebutuhan gizi tubuh. Pedoman ini dibuat berdasarkan prinsip gizi seimbang, yang meliputi konsumsi pangan yang beragam, perilaku hidup bersih, aktivitas fisik, dan mempertahankan berat badan normal. (Mayangsari *et al.*, 2022) Tujuan PUGS yaitu untuk mencegah masalah gizi seperti kekurangan gizi dan kelebihan gizi, serta menjaga kesehatan tubuh secara keseluruhan. Bentuk sosialisasi PUGS kepada masyarakat telah dilakukan melalui berbagai metode, seperti penyuluhan, pendidikan gizi di sekolah, dan media edukatif seperti booklet, film pendek, ceramah, dan slide (Gambar 15.1.).



Gambar 15.1. Pedoman umum gizi seimbang (Yayasan Institut Danone, 2020)

Pedoman ini juga diterapkan dalam pelayanan kesehatan masyarakat, seperti posyandu, untuk meningkatkan pemahaman dan kemampuan masyarakat dalam mengonsumsi makanan yang seimbang. Aplikasi PUGS terus mengalami perkembangan dan penyesuaian sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan kebutuhan gizi masyarakat. (Wita Rizki *et al.*, 2020; Mayangsari *et al.*, 2022)

E. Prinsip Nutrisi dalam Gizi Klinis

Gizi klinis merupakan cabang ilmu gizi yang berkaitan dengan penerapan prinsip-prinsip gizi dalam pengobatan dan perawatan pasien. Ilmu gizi klinis merupakan pengetahuan mengenai hubungan antara kandungan nutrisi dalam makanan dan hubungannya dengan kesehatan serta penyakit terkait masalah asupan gizi yang tidak seimbang. (M Natsir Solok, 2021; Mardalena, 2021)

Gizi klinis melibatkan identifikasi kebutuhan nutrisi individu, perencanaan pola makan yang sesuai, pemantauan asupan nutrisi, dan evaluasi respons tubuh terhadap diet yang diberikan. Ahli gizi klinis bekerja sama dengan tim medis lainnya, seperti dokter dan perawat, untuk menyusun rencana gizi yang optimal bagi pasien. Gizi klinis juga melibatkan penanganan masalah gizi yang spesifik, seperti malnutrisi, kekurangan zat gizi, atau kondisi medis yang mempengaruhi penyerapan atau metabolisme nutrisi. Pada kasus-kasus tertentu, suplemen nutrisi atau terapi nutrisi parenteral (melalui infus) mungkin diperlukan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi pasien. (Tim Penyusun Standar Kompetensi Nutrisionis, 2018; Mardalena, 2021)

Penerapan prinsip gizi klinis sangatlah penting karena nutrisi dan gizi klinis memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kesehatan seseorang. Tujuan memahami ilmu gizi klinis dalam medis dapat digunakan sebagai upaya pencegahan (meningkatkan kualitas hidup), penyembuhan, serta pencegahan komplikasi berlanjut (perbaiki status gizi pasien) terhadap suatu penyakit. Dengan memahami prinsip dasar

nutrisi dan menerapkan gizi klinis yang tepat, diharapkan dapat meningkatkan kesehatan dan kualitas hidup pasien serta membantu proses penyembuhan baik penyakit akut maupun kronis, serta kondisi degeneratif. (Oktariana *et al.*, 2021)

Prinsip gizi klinis dalam ilmu biomedik digunakan dalam memahami dan menerapkan pengetahuan gizi dalam konteks ilmu biomedik. Dalam ilmu biomedik, pemahaman tentang kebutuhan gizi sangat penting untuk merancang intervensi gizi yang tepat.

Dalam ilmu biomedis, prinsip gizi klinis digunakan untuk memahami hubungan antara gizi dan kesehatan, serta merancang intervensi gizi yang tepat untuk mencegah dan mengobati penyakit. Prinsip-prinsip ini juga membantu pengembangan penelitian dan pengembangan kebijakan gizi yang berbasis data. Prinsip gizi klinis dapat digunakan dalam memberikan asuhan gizi kepada pasien dengan kondisi klinis tertentu. Prinsip gizi klinis dapat diterapkan dalam penanganan pasien diantaranya melibatkan evaluasi status gizi, perencanaan diet yang disesuaikan dengan kondisi klinis, pemberian intervensi gizi, edukasi gizi, serta monitoring dan evaluasi secara teratur. (Sa' pang, Sitoayu and Novianti, 2017)

Prinsip yang pertama, pelaksanaan evaluasi status gizi. Dengan melakukan evaluasi status gizi secara teratur, dapat diketahui apakah pasien mengalami kekurangan atau kelebihan gizi. Hal ini dapat membantu dalam mencegah atau mengobati penyakit terkait gizi, misalnya anemia akibat kekurangan zat besi. Evaluasi status gizi secara teratur penting untuk mencegah malnutrisi dan menjaga kesehatan. Hal ini sangat penting bagi kelompok rentan seperti anak-anak (usia 0-18 tahun), ibu hamil, dan lansia (orang lanjut usia). (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2020; Sari, Darmayanti and Ulfah, 2021)

Prinsip yang kedua, perencanaan pola makan atau diet yang disesuaikan dengan kondisi klinis. Pemilihan jenis makanan dan tata cara pola makan yang tepat dapat membantu dalam pencegahan ataupun terapi penyakit terkait gizi. Sebagai contoh pada anak atau balita dengan alergi susu sapi, maka

untuk menurunkan reaksi alergi sedapat mungkin pemberian asupan yang mengandung susu sapi dihindari. Hingga reaksi yang ditimbulkan seperti lendir pada pencernaan yang dihasilkan mereda dan penyerapan gizi lebih baik. Sementara pada pasien Diabetes mellitus tipe-2, pilihan makanan atau diet disesuaikan dengan menghindari pemberian karbohidrat berlebih. Pemilihan jenis makanan atau diet harus disesuaikan dengan kondisi klinis, sebaiknya dilakukan dengan hati-hati dan sesuai dengan saran dari dokter atau ahli gizi yang berkompeten. Hal ini penting untuk memastikan bahwa asupan tersebut aman dan efektif dalam mengatasi kondisi klinis yang sedang dihadapi. (Adelina *et al.*, 2023)

Prinsip yang ketiga, pemberian intervensi gizi yang meliputi perubahan pola makan, suplementasi gizi, dan terapi nutrisi enteral atau parenteral. Pemberian nutrisi enteral atau parenteral dilakukan pada pasien yang tidak dapat menerima nutrisi melalui makanan biasa. Pemberian nutrisi ini dapat membantu dalam mengobati penyakit terkait gizi, seperti pada pasien yang mengalami malnutrisi atau kekurangan gizi. (Adelina *et al.*, 2023; Rustanti *et al.*, 2023)

Prinsip yang keempat, pemberian edukasi gizi pada pasien dan atau keluarga pasien. Edukasi gizi dapat membantu pasien dan keluarga memahami pentingnya nutrisi dalam mencegah atau mengobati penyakit terkait gizi. Dengan memahami prinsip gizi klinis, pasien dan keluarga dapat membuat pilihan makanan yang lebih sehat dan sesuai dengan kondisi klinis pasien. Berbagai materi dan metode pendidikan dapat diberikan untuk memberikan informasi tentang nutrisi yang disesuaikan dengan kebutuhan individu dan kondisi kesehatan pasien. Edukasi gizi perlu memperhatikan penyesuaian pendidikan dengan kebutuhan individu pasien dan dapat juga berupa nasihat praktis misalnya mengenai cara mengubah pola makan pasien. (Mardalena, 2021)

Prinsip yang kelima, pelaksanaan monitoring dan evaluasi secara teratur. Setelah intervensi gizi, dilakukan pemantauan dan evaluasi terhadap respon tubuh pasien terhadap intervensi

tersebut. Apabila hasil penilaian status gizi belum menunjukkan hasil yang baik, perubahan formulasi diet atau intervensi gizi dapat dilakukan agar dapat mencapai hasil yang optimal.

Praktik gizi klinis dalam ilmu biomedis melibatkan kolaborasi antar berbagai disiplin ilmu, seperti gizi, kedokteran, farmakologi, dan biokimia. Pendekatan multidisiplin penting untuk memahami dan mengatasi masalah gizi. Pendekatan multidisiplin terhadap nutrisi klinis melibatkan profesional kesehatan dari berbagai disiplin ilmu yang dikolaborasikan untuk memberikan perawatan dan terapi yang komprehensif kepada pasien. Dengan pendekatan multidisiplin, dapat dipastikan pasien menerima perawatan dan kebutuhan nutrisi terbaik. (Wita Rizki *et al.*, 2020)

F. Kebutuhan Gizi Manusia

Kebutuhan gizi atau jumlah kalori seseorang dapat berbeda-beda tergantung pada usia, jenis kelamin, aktivitas fisik, serta kondisi kesehatan. Agar tubuh sehat dan sistem organ dapat berjalan secara fungsional diperlukan nutrisi yang cukup. Untuk memastikan tubuh mendapatkan nutrisi yang baik ditentukan dengan cara menghitung angka kecukupan gizi.

Penemuan angka kecukupan gizi (AKG) sebagai pedoman bagi masyarakat Indonesia merupakan bentuk upaya mencapai gizi seimbang. Pedoman PUGS disusun dan ditetapkan sebagai penuntun perilaku konsumsi makanan di Indonesia. Angka Kecukupan Gizi (AKG) merupakan nilai persentase kebutuhan berbagai nutrisi seperti protein, vitamin, karbohidrat dan lain sebagainya di dalam tubuh. Penghitungan nilai AKG harus dilakukan secara detail dan teliti untuk mendapatkan hasil yang akurat dan valid. (Mardalena, 2021)

Penentuan AKG dapat dilakukan dengan metode antropometri kemudian hasil pengukuran dihitung dengan menggunakan rumus, sebagai berikut:

Pria	= 66 + (13,7 x BB(kg)) + (5 x tinggi badan (cm)) - (6,8 x usia)
Wanita	= 655 + (9,6 x BB(kg)) + (1,8 x tinggi badan (cm)) - (4,7 x usia)

Gambar 15.2. Rumus penghitungan AKG (Angka Kecukupan Gizi)

Manusia memerlukan jumlah kalori yang sesuai dengan kebutuhan atau kalori yang dikeluarkan oleh tubuh. Kalori adalah energi yang terkandung dalam makanan.

Angka kecukupan untuk masing-masing zat gizi berbeda. Misalnya saja kebutuhan kalori dari total kalori harian untuk protein berkisar 10-15%, kebutuhan lemak adalah 10-25% dan kebutuhan karbohidrat berjumlah 60-75%. Sementara nutrisi mikro lainnya diperlukan dalam jumlah kecil.

Kebutuhan kalori dasar atau dikenal dengan istilah *Basic Metabolic Rate* (BMR) dapat dikalkulasikan dengan menggunakan rumus BMR Harris-Benedict (Gambar 2). Rumus BMR ini mengkalkulasikan tinggi badan, berat badan, usia, dan jenis kelamin. Sebagai contoh, kebutuhan gizi seseorang yang berolahraga secara intensif akan berbeda dengan kebutuhan gizi orang yang tidak berolahraga. (Yayasan Institut Danone, 2020; Mardalena, 2021)

Berikut adalah rumus pengukuran BMR:

Rumus BMR	
Pria	= 88,36 + (13,4 x BB (kg)) + (4,8 x TB (cm)) - (5,7 x usia (tahun))
Wanita	= 447,6 + (9,2 x BB (kg)) + (3,1 x TB (cm)) - (4,3 x usia (tahun))

Gambar 15.3. Rumus penentuan kebutuhan kalori (BMR)

Aktivitas fisik seseorang juga menentukan kebutuhan kalori seseorang. Kebutuhan kalori harian dapat dihitung dengan mengalikan BMR dengan faktor aktivitas fisik. Untuk aktivitas yang sangat ringan (tidur, duduk) dikalikan 1,2; ringan (aktivitas fisik ringan 1-3 hari per minggu) dikalikan 1,375;

sedang (aktivitas fisik sedang 3-5 hari per minggu) dikalikan 1,55; berat (aktivitas fisik berat 6-7 hari per minggu) dikalikan 1,725; sangat berat (aktivitas fisik berat setiap hari atau aktivitas fisik berat 2 kali sehari) dikalikan 1,9. Kebutuhan kalori harian dapat disesuaikan dengan tujuan yang ingin dicapai. Jika ingin menurunkan berat badan, maka kebutuhan kalori harian harus dikurangi sekitar 500-1000 kalori. Jika ingin menambah berat badan, maka kebutuhan kalori harian harus ditambah sekitar 500-1000 kalori.(CDC, 2007; Mayangsari *et al.*, 2022)

G. Evaluasi Status Gizi Manusia

Evaluasi gizi manusia adalah proses untuk menilai status gizi seseorang berdasarkan asupan makanan, kecukupan nutrisi, dan kondisi fisiknya. Evaluasi gizi penting untuk mengidentifikasi apakah seseorang mendapatkan nutrisi yang cukup dan seimbang untuk mempertahankan kesehatan dan kesejahteraan. Evaluasi status gizi melibatkan penilaian dan evaluasi status gizi individu atau populasi. Penilaian status gizi dihasilkan dari data yang diperoleh dari seseorang untuk mengetahui status gizi baik, kurang atau gizi lebih. Penilaian status gizi secara langsung dapat dibagi menjadi tiga penilaian yaitu: pengukuran antropometri, laboratorium analisis (klinis, biokimia, dan biofisik), serta penilaian pola makan.(Mayangsari *et al.*, 2022; Adelina *et al.*, 2023)

Penilaian pertama, melalui pengukuran antropometri. Nilai antropometri merupakan indikator sederhana untuk penilaian status gizi individu maupun populasi masyarakat. Antropometri umumnya digunakan untuk mengukur status gizi. Masalah gizi dapat terjadi akibat ketidakseimbangan asupan energi atau karbohidrat dengan protein. Antropometri metode pengukuran status gizi dengan menggunakan parameter antropometri, antara lain: tinggi badan menurut umur (tb/u), berat badan menurut umur (bb/u), berat badan menurut tinggi badan (bb/tb), lingkaran lengan atas menurut umur (lla/u), dan indeks masa tubuh (IMT). (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2020)

Indeks Massa Tubuh (IMT) atau dikenal dengan istilah BMI (*body mass index*) merupakan indikator yang telah banyak digunakan untuk menentukan seseorang memiliki berat badan yang sehat atau tidak. Penilaian IMT dilakukan dengan membagi berat badan dalam kilogram dengan tinggi badan dalam meter kuadrat. Menurut standard, nilai IMT antara 18,5 dan 24,9 dianggap sehat, sedangkan di bawah 18,5 dianggap kurus dan di atas 24,9 dianggap obesitas (kelebihan berat badan). Dokter anak sering menilai grafik IMT untuk melakukan penilaian status gizi anak dan mengidentifikasi potensi masalah. (Wita Rizki *et al.*, 2020)

Penilaian kedua, melalui analisis secara klinis dan biokimia. Penilaian secara klinis sangat penting sebagai langkah pertama untuk penilaian gizi suatu individu dan populasi. Pemeriksaan secara klinis untuk menilai status gizi dapat dilakukan dengan melihat perubahan-perubahan yang terjadi. Pemeriksaan klinis dapat dilakukan pada jaringan epitel seperti kulit dan mukosa oral atau organ-organ di sekitar permukaan tubuh seperti kelenjar tiroid. Pemeriksaan ini juga melibatkan penilaian fungsi tubuh seperti kekuatan otot, elastisitas dan daya tahan fisik, fungsi kognitif, dan fungsi organ atau jaringan lainnya. Hasil pemeriksaan klinis dapat memberikan informasi mengenai dampak kekurangan gizi terhadap kesehatan fisik dan mental seseorang. Analisis biofisik secara klinis dapat dilakukan melalui uji laboratorium dengan Analisis Impedansi Bioelektrik (BIA). Metode ini dilakukan untuk mengukur komposisi tubuh dengan mengirimkan arus listrik kecil ke seluruh tubuh. Hal ini dapat menentukan persentase lemak tubuh, massa otot, dan kadar air. Mengukur lingkar pinggang dapat membantu menentukan jumlah lemak perut, yang berhubungan dengan peningkatan risiko penyakit kronis. Sementara penilaian biokimia yang dapat dilakukan seperti tes darah dapat membantu mengidentifikasi kekurangan nutrisi dan masalah kesehatan lain yang berkaitan dengan nutrisi. (Mayangsari *et al.*, 2022; Adelina *et al.*, 2023)

Penilaian ketiga, melalui penilaian pola makan. Metode ini melibatkan pengumpulan data mengenai asupan makanan seseorang yang dapat diperoleh melalui wawancara atau pengisian jurnal makanan. Data ini kemudian dianalisis untuk menilai kecukupan nutrisi yang dikonsumsi seseorang. Konsumsi makanan yang seimbang dan beragam dapat membantu memenuhi kebutuhan gizi manusia. Penilaian pola makan dapat juga dilakukan dengan pemantauan kuantitas dan kualitas asupan makanan atau diet harian. Data tersebut dapat diperoleh dengan membuat catatan harian makanan atau menggunakan aplikasi seluler untuk melacak asupan makanan. Evaluasi ini dapat mengidentifikasi kekurangan atau kelebihan nutrisi tertentu dalam diet seseorang. Pola makan seseorang kerap kali berhubungan dengan peranan psikososial. Aspek psikologis dan sosial juga dapat mempengaruhi pola makan dan status gizi seseorang. Faktor-faktor seperti stres, depresi, dukungan sosial, dan kebiasaan makan dapat dievaluasi untuk memahami hubungan antara faktor psikososial dan gizi. (Sarafino *et al.*, 2020; Oktariana *et al.*, 2021; Kumar *et al.*, 2022)

Evaluasi gizi manusia penting untuk dilaksanakan agar dapat mengidentifikasi masalah gizi dan merencanakan intervensi yang tepat. Berdasarkan hasil penilaian status gizi seseorang, dapat ditentukan tindakan yang tepat untuk memperbaiki kecukupan nutrisi dan diupayakan pencegahan masalah kesehatan terkait dengan gizi tidak seimbang.

Evaluasi gizi direkomendasikan umumnya pada anak-anak, ibu hamil dan lansia. Masa tumbuh kembang anak-anak yang cepat, membuat evaluasi nutrisi secara teratur menjadi sangat penting. Nutrisi juga merupakan komponen penunjang proses tumbuh kembang pada anak. Pada ibu hamil, ibu hamil harus dievaluasi secara teratur untuk memastikan mereka menerima nutrisi yang cukup untuk kesehatan mereka sendiri dan perkembangan janin. Sementara pada lansia mungkin berisiko kekurangan gizi karena berbagai faktor seperti penurunan nafsu makan, kesulitan mengunyah atau menelan, dan kondisi kesehatan kronis. Penilaian nutrisi secara teratur

dapat membantu mengidentifikasi kekurangan dan memandu intervensi yang tepat. (Kumar *et al.*, 2022; Adelina *et al.*, 2023)

H. Intervensi Gizi

Intervensi gizi berkaitan dengan pengembangan dan penerapan gizi yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan gizi individu atau populasi. Intervensi melalui perubahan pola makan dapat dilakukan misalnya mengurangi makanan olahan dan memilih makanan segar yang alami, lebih sehat, dan bergizi. Intervensi pola makan juga dapat manajemen porsi asupan makanan yang diberikan. Pengendalian porsi asupan makan dapat membantu menjaga berat badan yang ideal. Pengaturan jadwal makan juga merupakan bentuk intervensi yang dapat memengaruhi status gizi karena dapat membantu menjaga sistem metabolisme tubuh dan menghindari makan berlebihan. (Rodríguez-Fernández *et al.*, 2021)

Intervensi gizi dengan suplementasi merupakan tindakan yang dilakukan untuk memperbaiki status gizi seseorang dengan memberikan tambahan zat gizi tertentu. Misalnya, dalam suplementasi seng dan zat besi telah terbukti meningkatkan nafsu makan, berat badan, dan tinggi badan pada balita. Intervensi suplemen makanan dapat diberikan pada bayi berisiko *stunting* untuk meningkatkan asupan gizi dan mencegah *stunting*. Intervensi gizi dengan suplementasi merupakan salah satu strategi yang efektif. (Drago *et al.*, 2020)

Pemberian intervensi gizi dengan nutrisi enteral atau parenteral, perlu memperhatikan indikasi dan kontraindikasi yang dihasilkan. Nutrisi enteral merupakan pilihan pertama yang diberikan, dapat dilakukan melalui teknik *gravity drip* atau *intermittent feeding*. Pemberian nutrisi enteral bertujuan untuk membantu mengurangi volume sisa/ampas makanan di lambung pada pasien kritis. (Tim Penyusun Standar Kompetensi Nutrisionis, 2018; M Natsir Solok, 2021)

Nutrisi parenteral harus dipertimbangkan jika terdapat kontraindikasi pada pemberian nutrisi enteral. Nutrisi parenteral diberikan melalui infus yang dimasukkan melalui

vena sentral atau perifer. Nutrisi parenteral terutama diberikan pada pasien yang sakit kritis dan tidak dapat menerima asupan suplemen makanan melalui mulut atau hidung dengan media perantara tabung. Nutrisi parenteral juga dapat diberikan pada pasien dengan masalah pencernaan seperti keadaan hemodinamik yang tidak stabil, perdarahan saluran cerna bagian atas, obstruksi usus, atau diare. (Tim Penyusun Standar Kompetensi Nutrisionis, 2018; M Natsir Solok, 2021)

Penggunaan suplemen gizi untuk intervensi gizi dapat menimbulkan efek samping. Penggunaan suplemen gizi dalam dosis yang berlebih dapat menyebabkan keracunan, seperti pada vitamin A dan D, serta penambahan zat besi. Penggunaan suplemen gizi dalam dosis yang tinggi juga dapat menyebabkan gangguan pencernaan seperti diare, mual, dan muntah. Beberapa suplemen gizi dapat berinteraksi dengan obat-obatan tertentu, sehingga dapat mempengaruhi efektivitas obat atau menimbulkan efek samping yang berbahaya. (M Natsir Solok, 2021; Adelina *et al.*, 2023)

Oleh sebab itu, sebelum melakukan intervensi gizi, perlu diperhatikan dosis dan jenis suplemen yang diberikan agar tidak menimbulkan efek samping yang membahayakan kesehatan. Penggunaan suplemen gizi harus dilakukan dengan pengawasan dan konsultasi dokter atau ahli gizi untuk memastikan efektivitas serta keamanannya. Proses eksekusi intervensi gizi juga harus dilakukan secara komprehensif dengan aspek program lainnya, seperti edukasi gizi dan stimulasi tumbuh kembang agar dapat diperoleh hasil yang optimal. (Adelina *et al.*, 2023)

I. Penutup

Nutrisi dan gizi klinis memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kesehatan tubuh baik secara fisik maupun mental. Asupan nutrisi yang cukup dan seimbang sangat penting untuk pertumbuhan dan perkembangan yang optimal, terutama pada anak-anak, ibu hamil dan lansia. Keadaan malnutrisi dapat menghambat pertumbuhan fisik dan perkembangan otak, serta

meningkatkan risiko gangguan kesehatan. Asupan gizi yang cukup yang dibutuhkan oleh jaringan dan organ tubuh dapat menjamin pertumbuhan, pemeliharaan, dan fungsi tertentu. Selain asupan gizi yang kurang, malnutrisi juga dapat disebabkan oleh kondisi medis yang berhubungan dengan pencernaan makanan atau penyerapan zat gizi dari makanan. Porsi asupan gizi yang berlebih juga dapat menyebabkan masalah obesitas yang juga menjadi masalah kesehatan.

Gizi klinis memainkan peran penting dalam pemulihan dan penyembuhan pasien yang sakit atau mengalami kondisi medis tertentu. Nutrisi yang adekuat membantu mempercepat proses penyembuhan, memperbaiki status gizi, dan meningkatkan kualitas hidup pasien. Nutrisi yang cukup akan memasok jumlah energi yang cukup untuk digunakan dalam aktivitas sehari-hari serta simpanan energi untuk mempertahankan stamina. Kekurangan energi dapat mengakibatkan seseorang merasa cepat lelah sehingga dapat mengakibatkan penurunan kinerja dan produktivitas kerja.

Dengan pemahaman mandiri mengenai nutrisi seimbang dan penerapan prinsip gizi klinis, seseorang dapat meningkatkan kesehatan secara keseluruhan, mencegah penyakit, dan mendukung pemulihan saat mengalami sakit. Dalam kondisi tertentu, dalam menuntaskan masalah gizi yang sulit, disarankan agar kita berkonsultasi dengan ahli gizi atau profesional kesehatan agar mendapatkan panduan yang efektif dan sesuai dengan yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adelina, R. *et al.* (2023) 'Determining the nutrients changes after undergoing nutritional counseling and cooking assistance among T2DM outpatients in Malang city, Indonesia, *Jurnal Gizi Indonesia*, 11(2), pp. 110-118.
- CDC (2007) 'Anthropometry procedures manual.', *National Health and nutrition examination survey (NHANES)*, (January), p. 102.
- Drago, F. *et al.* (2020) 'Psychosocial and environmental determinants of child cognitive development in rural south africa and tanzania: Findings from the mal-ed cohort', *BMC Public Health*, 20(1), pp. 1-9.
- Kumar, A. *et al.* (2022) 'Iron deficiency anaemia: Pathophysiology, assessment, practical management', *BMJ Open Gastroenterology*, 9(1).
- M Natsir Solok (2021) 'Panduan Asuhan Gizi Nutrisi Enteral', *Jurnal RSUD SOLOK*, pp. 1-28.
- Mardalena, I. (2021) 'Dasar-dasar Ilmu Gizi dalam Keperawatan Konsep dan Penerapan pada Asuhan Keperawatan', *Pustaka Baru press*, p. 13.
- Mayangsari, R. *et al.* (2022) *Gizi Seimbang*, Penerbit WIDINA.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia (2020) *Standar Antropometri Anak, Peraturan Menteri Kesehatan REpublik Indonesia Nomor 2 Tahun 2020*.
- Oktariana, D. *et al.* (2021) 'Level of Haemoglobin and Knowledge Regarding Anemia and Its Prevention Among Adolescent', *Sriwijaya Journal of Medicine*, 4(2), pp. 117-122.
- Rodríguez-Fernández, A. *et al.* (2021) 'Perceived social support for a sustainable adolescence: a theoretical model of its sources and types', *Sustainability (Switzerland)*, 13(10), pp. 1-13.
- Rustanti, N. *et al.* (2023) 'Comparison Between Metabolic Parameters, Food Intake, and Gut Microbiota in Type 2

- Diabetes and Non-Diabetic Indonesian Women', *Jurnal Gizi Indonesia (The Indonesian Journal of Nutrition)*, 11(2), pp. 119-127.
- Sa'pang, M., Sitoayu, L. and Novianti, A. (2017) 'Prinsip Asuhan Gizi Dan Dietetik', *Universitas Esa Unggul*, p. 5.
- Sarafino, E.P. *et al.* (2020) *Health Psychology: Biopsychosocial Interactions*. 2nd Canadi. y John Wiley & Sons Canada, Ltd.
- Sari, Y.O., Darmayanti, D. and Ulfah, M. (2021) 'Pengaruh Pemberian Zat Besi Dan Sayur Bayam Terhadap Peningkatan Kadar Hemoglobin Ibu Hamil Dengan Anemia Di Wilayah Kerja Puskesmas Martapura I', *Jurnal Keperawatan Suaka Insan (Jksi)*, 6(1), pp. 19-26.
- Tim Penyusun Standar Kompetensi Nutrisionis (2018) 'Standar Kompetensi Nutrisionis', *Jakarta*, pp. 1-5.
- Wita Rizki, A. *et al.* (2020) 'Malnutrition at hospital admission and its associated factors in internal medicine inpatients', *Jurnal Gizi Indonesia*, 11(2), pp. 128-139.
- Yayasan Institut Danone (2020) *Sejarah Gizi Seimbang, Gizi untuk Anak Bangsa*.

TENTANG PENULIS



Ns. Zulaika Harissya, S.Kep., M.Kep., lahir di Pekanbaru, pada 10 April 1996. Ia tercatat sebagai lulusan Sarjana Keperawatan Universitas Jambi dan lulusan Magister Keperawatan Universitas Andalas. Wanita yang kerap disapa Ika ini adalah anak dari pasangan Harisman (ayah) dan Nanny Indrianny (ibu). Saat ini ia aktif sebagai salah satu dosen keperawatan di STIKes Pekanbaru Medical Center.



dr. Anggi Setiorini, M.Sc., AIFO-K lahir di Cirebon, pada 18 Februari 1988. Ia tercatat sebagai lulusan Sarjana Kedokteran dan Profesi Dokter dari Universitas Lampung serta Magister Science dari Universitas Gadjah Mada. Wanita yang disapa dengan panggilan Anggi ini merupakan anak dari Ibu Yoyoh Kodariyah dan Bapak Dr. Ari Sumarwono, S.H., M.H. Anggi juga merupakan istri dari dr. Bara Adewijaya Suprayitno, Sp. THT-KL., MKM dan ibu dari Alfrac Syahidatu Suprayitno dan Ayyubi Maliki Umar Suprayitno. Anggi sudah bekerja sebagai dosen di FK UNILA sejak tahun 2013 hingga sekarang.



Muji Rahayu, S.Si., M.Sc. Apt., Dosen Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Yogyakarta Penulis lahir di Gunungkidul tanggal 15 Juni 1966. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, menyelesaikan pendidikan S1 pada Fakultas Farmasi dan Pendidikan Profesi Apoteker pada Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta, dan menyelesaikan S2 pada Program Studi Ilmu

Kedokteran Dasar dan Biomedis FK UGM pada peminatan Biokimia.



Bambang Supriyanta, S.Si., M.Sc. lahir di Yogyakarta, pada 10 April 1962, dengan pendidikan terakhir S2 Ilmu Kedokteran Tropis (Konsentrasi Imunologi dan Biologi Molekuler), Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan (FK-KMK) Universitas Gadjah Mada, merupakan putra dari pasangan Soemardi (ayah) dan Sri Sumiyatun (Ibu), aktif mengajar di Poltekkes Kemenkes Yogyakarta sejak tahun 1984 sampai sekarang. Beberapa penelitian telah dilakukan dengan mendapatkan skema pendanaan antara lain Penelitian Pemula, Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi.



Dr. Asbath, S.Kep., Ns., M.Kes. lahir di sebuah kota kecil di provinsi Sulawesi Barat. Ketertarikan penulis terhadap dunia kesehatan dimulai pada tahun 2003 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi dan berhasil menyelesaikan studi S1 dan profesi keperawatan di prodi ilmu keperawatan Universitas Hasanuddin Makassar pada tahun 2008. Tiga tahun kemudian, penulis menyelesaikan studi S2 di Fakultas Kedokteran prodi Biomedik jurusan Fisiologi dan pada tahun 2022 penulis telah menyelesaikan S3 di Lincoln University college Malaysia di bidang keperawatan.

Penulis fokus di bidang keperawatan medikal bedah . penulis saat ini berkarir sebagai dosen professional program studi keperawatan di Universitas Mandala Waluya kendari sejak tahun 2008, penulis pun aktif sebagai peneliti di bidang kepakarannya tersebut termasuk aktif di beberapa organisasi

profesi khusus keperawatan medikal bedah seperti perhimpunan perawatan medikal bedah dan perawatan luka. Beberapa penelitian yang telah dilakukan didanai oleh internal perguruan tinggi dan juga Asosiasi Profesi Ners Indonesia (AIPNI).



dr. Liganda Endo Mahata, M.Biomed lahir di Padang, pada 9 Januari 1992. Ia tercatat sebagai Dosen tetap di Departemen Farmakologi dan Terapeutika Fakultas Kedokteran Universitas Andalas. Wanita yang kerap disapa Ligan ini adalah istri dari dr. Mohd Luthfi B, SpA dan anak dari Prof.Dr.Ir.Hermansah, M.Sc (ayah) dan Ir. Nora Endo Mahata, M.Sc (ibu). Sebagai dosen di bidang farmakologi, beliau aktif dalam melakukan penelitian mengenai obat tanaman herbal.



Anida, S.Kep., Ns., M.Sc lahir di Jepara, pada 29 Oktober 1979. Latar belakang pendidikan adalah D3 Keperawatan di AKper Telogorejo Semarang lulus tahun 2001. Bekerja di Rumah Sakit Telogorejo Semarang tahun 2001 sampai 2002. Menyelesaikan pendidikan dan meraih gelar Sarjana Keperawatan pada tahun 2005 dan Ners pada tahun 2006 di Program Studi Ilmu Keperawatan Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Meraih gelar Magister Science (M.Sc) pada tahun 2013 di Program Studi Ilmu Kedokteran Dasar dan Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Pada tahun 2007 sampai sekarang bekerja di STIKES Wira husada Yogyakarta. Dari tahun 2007 - 2018 mendedikasikan dirinya sebagai Dosen di Program Studi S1 Keperawatan dan tahun 2018 sampai 2022 sebagai Dosen Program Studi Keperawatan (D3) STIKES Wira Husada Yogyakarta. Sejak Januari 2023 menjadi dosen Program STudi Pendidikan Profesi Ners STIKES Wira Husada Yogyakarta.



Dian Mitra Desnawati Silalahi, Ners., M. Kep. lahir di Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah 19 Desember 1986. Penulis menempuh pendidikan Sarjana Keperawatan dan Profesi di STIKES Eka Harap tahun 2016. Dan Penulis Menyelesaikan Magister Keperawatan (M.Kep)di Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Kalimantan Selatan tahun 2023. Saat ini penulis sebagai dosen tetap pada program studi profesi Ners di STIKES Eka Harap Palangka Raya, dan mengampu Mata KuliahKeperawatan Anak dan Keperawatan Keluarga. Aktifdalam Pengajaran, Penelitian dan Pengabdian Masyarakat. Saat ini penulis menjabat bagian LPMI (Lembaga Penjaminan Mutu Internal) STIKES Eka Haraphingga sekarang.



Rahmawati, S.Kep., Ns., M.Kes lahir di Kendari, 18 Januari 1982. Penulis menyelesaikan pendidikan SPK Depkes Kendari tahun 2000, Kemudian penulis langsung melanjutkan Pendidikan D3 Akademi Keperawatan di Poltekkes Kendari tahun yang sama hingga tahun 2003. Pada tahun 2008 penulis melanjutkan Pendidikan S1 Keperawatan Universitas Hasanuddin dan Tahun 2010 melanjutkan studi S2 di Pasca Sarjana FKM Universitas Hasanuddin Konsentrasi Epidemiologi. Sejak tahun 2017 hingga sekarang penulis aktif sebagai Tenaga Pengajar di Program Studi Keperawatan Fakultas Kedokteran Universitas Halu Oleo Kendari.



dr. Ani Oranda Panjaitan, M.Biomed lahir di Jakarta, pada 4 April 1975. Ia tercatat sebagai dokter umum lulusan Fakultas Kedokteran Universitas Kristen Indonesia dan Magister Biomedik peminatan histologi lulusan Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Wanita yang kerap disapa Onda ini adalah anak dari pasangan Sintong Panjaitan (ayah) dan Lentina Napitulu (ibu). Saat ini Ani Oranda bekerja sebagai dosen

histologi di FK UKI sejak tahun 2014. Sebelum menjadi dosen ia berpraktik sebagai dokter umum di Puskesmas Tanjung Pandan lalu di UGD RSUD Kabupaten Belitung selama kurang lebih 3 tahun dan pernah menjabat sebagai supervisor underwriter di Asuransi Jiwa Manulife dari 2005 sampai 2007. Onda pernah terlibat dalam penulisan e-book berjudul Biologi Kanker.



dr. Silphia Novelyn, M.Biomed, lahir pada tanggal 7 November 1974 di Jakarta, merupakan seorang dokter lulusan Fakultas Kedokteran Universitas Kristen Indonesia, dan gelar Magister Biomedik diperoleh setelah lulus dari Program Magister Ilmu

Biomedik di Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia dengan peminatan ilmu anatomi. Wanita yang memiliki satu orang putri dan sangat gemar mengoleksi serta membaca novel ini pernah menjalankan tugas sebagai dokter PTT di kabupaten Semarang Jawa Tengah selama 3 tahun. Pernah bergabung dengan *Dr. Tedjo Handoyo & Associates* sebagai dokter penanggung jawab *medical check up* sekaligus dokter *in house clinic* di beberapa hotel bintang empat dan lima di Jakarta dari tahun 2003 sampai dengan 2012. Saat ini bekerja sebagai dosen anatomi di FK UKI sejak tahun 2012. Ini adalah pengalaman pertamanya dalam menulis *book chapter*



Nining Andriaty Abdul, S.Kep., Ns., M.Biomed dilahirkan di Kendari, pada tanggal 16 Juli 1986, anak pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Alm. Abdul, S.E (ayah) dan Mardiaty, S.Pd.,M.Pd (ibu). Riwayat Pendidikan formal: SD Negeri 3 Mandonga Tamat Tahun 1998, SLTP Negeri 2 Kendari Tamat

Tahun 2001, SPK-PPNI Kendari Tamat Tahun 2004, Jurusan Keperawatan STIKES Mandala Waluya Kendari Tamat Tahun 2014, Program Profesi Ners STIKES Mandala Waluya Kendari Tamat Tahun 2016, Program Studi Ilmu Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Udayana Denpasar Tamat Tahun 2018.

Riwayat Pendidikan Non Formal: Pelatihan ICU Dasar Tahun 2015, Pelatihan Preceptor Klinik Tahun 2015, Pelatihan *Basic Trauma and Cardiac Life Support* Tahun 2018, Pelatihan Preceptor Klinik Tahun 2021, Pelatihan Program Pengendalian Resistensi Antimikroba (PPRA) Tahun 2022, Pelatihan *Infection Prevention and Control Nurse* Tahun 2022.

Riwayat pekerjaan: Terangkat PNS Tahun 2005, Staf Ruang Perawatan Anak RSUD Abunawas Kota Kendari Tahun 2005-2014, Kepala Ruangan Perawatan Anak RSUD Kota Kendari Tahun 2014-2016, Kepala Ruang Perawatan VIP Sakura RSUD Kota Kendari Tahun 2019-2020, Kepala Ruang Perawatan Sakura (COVID-19) Tahun 2020-2022, Kepala Ruangan Perawatan Kelas 1 (Sakura) RSUD Kota Kendari Tahun 2022, IPCN RSUD Kota Kendari Tahun 2023.

Riwayat Organisasi: Anggota Komite Keperawatan RSUD Kota Kendari Tahun 2019-Sekarang, Pengurus DPK PPNI RSUD Kota Kendari Periode 2022-2027, Pengurus DPD PPNI Kota Kendari Periode 2022-2027.



Wa Ode Nurlina, S.Kep., Ns., M.Kep. Lahir di Ambon, 11 September 1993. Beliau menyelesaikan pendidikan DIII Keperawatan di STIKes RS. Prof. Dr. J. A. Latumeten pada tahun 2014. Setelah itu beliau melanjutkan pendidikan S1 Keperawatan di STIKes Nani Hasanuddin Makassar dan selesai studi pada tahun 2016. Kemudian beliau melanjutkan pendidikan profesi Ners di STIKes Jenderal Achmad Yani dan selesai studi pada tahun 2017. Pada tahun 2021 beliau menyelesaikan studi S2 Keperawatan di Universitas Airlangga. Saat ini beliau bekerja sebagai Dosen Tetap di Jurusan Keperawatan STIKes RS. Prof. Dr. J. A. Latumeten.



dr. Dewi Nugrahwati Putri, Sp.M lahir di Atula, pada 23 Agustus 1986. Ia tercatat sebagai lulusan Pendidikan Dokter dan Program Pendidikan Dokter Spesialis Ilmu Penyakit Mata di Universitas Hasanuddin. Wanita yang kerap disapa Dewi atau Wiwi ini adalah anak dari pasangan dr. H. Ansar Sangka, MM (ayah) dan Hj. Jamila Ansar (ibu). **Dewi Nugrahwati Putri** juga tercatat sebagai Dosen di Fakultas Kedokteran Universitas Halu Oleo, Kendari. Dewi pernah meraih beberapa penghargaan, diantaranya: Best Rapid Fire Presentation dan 8th Winner Poster Presentation di 44th Annual Scientific Meeting of Indonesian Ophthalmologist Association tahun 2019.



dr. Frisca Ronauli Batubara M.Biomed lahir di Jakarta, pada 25 Februari 1975. Ia tercatat sebagai dokter umum lulusan Fakultas Kedokteran Universitas Kristen Indonesia dan Magister Biomedik peminatan Fisiologi lulusan Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Wanita

yang kerap disapa Frisca ini adalah anak dari pasangan M.Batubara (ayah) dan Delimaria Pangaribuan (ibu), keduanya sudah almarhum. Istri dari Tambor Pangaribuan dan merupakan seorang ibu dari 3 orang anak. Saat ini Frisca Batubara bekerja sebagai dosen Fisiologi di FK UKI sejak tahun 2012. Sebelum menjadi dosen ia berpraktik sebagai dokter umum di RS. UKI di poli THT dari tahun 2007- 2011 dan pada tahun 2009- 2012 pernah bekerja di Klinik Amanah Medika Pura sebagai Manager Operasional Kesehatan. Ini adalah kali pertama ia menulis *book chapter*.