

BIOMEDIK DASAR UNTUK KEPERAWATAN



- Yolanda Anastasia Sihombing
- Metri Lidya
- Cipto
- Muhaimin Saranani
- Indari
- Maria Yunita Indriarini
- Viyan Septiyana Achmad
- Yoanita Hijriyati
- Musthika Wida Mashitah
- Kurniawaty

ISBN 978-623-198-598-9



9 786231 985989

BIOMEDIK DASAR UNTUK KEPERAWATAN

**Yolanda Anastasia Sihombing
Metri Lidya
Cipto
Muhaimin Saranani
Indari
Maria Yunita Indriarini
Viyan Septiyana Achmad
Yoanita Hijriyati
Musthika Wida Mashitah
Kurniawaty**



GET PRESS INDONESIA

BIOMEDIK DASAR UNTUK KEPERAWATAN

Penulis :

Yolanda Anastasia Sihombing
Metri Lidya
Cipto
Muhaimin Saranani
Indari
Maria Yunita Indriarini
Viyana Septiyana Achmad
Yoanita Hijriyati
Musthika Wida Mashitah
Kurniawaty

ISBN : 978-623-198-598-9

Editor : Dr. Oktavianis, M.Biomed.

Ilda Melisa, A.Md.,Kep

Penyunting : Rantika Maida Sahara, S.Tr.Kes.

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Triana, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat
Website : www.getpress.co.id
Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, 14 Agustus 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriringan salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Biomedik Dasar Untuk Keperawatan ini.

Buku ini membahas Pengantar Ilmu Biomedik dan Perannya dalam Keperawatan, Biokimia dan Metabolisme, dan Sel, Dasar-dasar Patologi, Farmakologi Dasar, Sistem Kardiovaskular, Sistem Respirasi, Sistem Pencernaan, Sistem Ekskresi, Sistem Endokrin.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, 14 Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	ix
BAB 1 PENGANTAR ILMU BIOMEDIK DAN PERANNYA DALAM KEPERAWATAN	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Definisi Biomedik.....	2
1.3 Dasar-Dasar Biomedik 1	3
1.4 Prinsip Etika Biomedik.....	3
1.5 Peranan Biomedik dalam Keperawatan.....	4
1.6 Komponen utama tubuh manusia	5
DAFTAR PUSTAKA.....	14
BAB 2 BIOKIMIA & METABOLISME	15
2.1 Pendahuluan.....	15
2.1.1 Deskripsi Singkat.....	15
2.2 Biokimia	15
2.2.1 Sejarah Biokimia	15
2.2.2 Tujuan dan Manfaat Biokimia.....	17
2.3 Metabolisme	18
2.3.1 Definisi Metabolisme.....	18
2.3.2 Jenis – jenis Metabolisme.....	20
DAFTAR PUSTAKA.....	26
BAB 3 GENETIKA DAN SEL	27
3.1 Pendahuluan.....	27
3.2 Genetika	28
3.3 sel	34
3.3.1 Struktur Sel	39
DAFTAR PUSTAKA.....	43
BAB 4 PATOLOGI DASAR	45
4.1 Pendahuluan.....	45

4.2 Biologi Sel Dan Injuri Pada Sel.....	46
4.3 Proses Peradangan	58
BAB 5 FARMAKOLOGI DASAR KEPERAWATAN	65
5.1 Pendahuluan.....	65
5.2 Konsep Dasar Farmakologi.....	66
5.2.1 Fase Farmasetik	67
5.2.2 Farmakokinetik.....	68
5.2.3 Farmakodinamik.....	88
5.3 Prinsip Prinsip Pemberian obat	96
5.3.1 Benar Pasien.....	96
DAFTAR PUSTAKA.....	99
BAB 6 SISTEM KARDIOVASKULAR.....	101
6.1 Pendahuluan.....	101
6.2 Katup-Katup Jantung	101
6.3 Lapisan Jantung	102
6.4 Jenis Pembuluh Darah.....	103
6.4.1 Arteri.....	103
6.4.2 Vena.....	103
6.4.3 Kapiler.....	103
6.5 Fungsi Pembuluh Darah	104
6.6 Mekanisme Sistem Peredaran Darah Manusia.....	104
6.6.1 Sirkulasi sistemik	104
6.6.2 Sirkulasi pulmonal.....	105
6.6.3 Sirkulasi koroner	105
6.7 Siklus Jantung dan Curah Jantung.....	106
6.7.1 Curah Jantung/ Cardiac Output (CO).....	106
6.7.2 Siklus jantung	107
6.8 Sistem Konduksi Jantung.....	108
6.8.1 Pembentukan Impuls.....	108
6.8.2 Jenis Sel pada Jantung Manusia.....	108
6.8.3 Ion yang berfungsi penting dalam elektrofisiologi sel otot jantung.....	109
6.8.4 Aksi potensial	110

6.9 Regulasi Jantung.....	110
6.9.1 Kontrol Saraf.....	110
6.9.2 Kontrol Kimia	111
DAFTAR PUSTAKA.....	112
BAB 7 SISTEM RESPIRASI.....	113
7.1 Pengertian Sistem Respirasi.....	113
7.2 Anatomi Fisiologi Sistem Pernafasan.....	113
7.3 Saluran Pernafasan	115
7.4 Daya Pengembangan Paru dan Thoraks	122
7.5 Fungsi Respirasi.....	123
7.6 Gerakan Respirasi.....	123
7.7 Volume Paru-Paru.....	124
7.8 Tujuan Pernapasan	126
7.9 Fisiologi Pernapasan.....	126
7.10 Fungsi Utama Pernapasan	127
DATAR PUSTAKA	134
BAB 8 SISTEM PENCERNAAN.....	135
8.1 Pendahuluan.....	135
8.2 Rongga Mulut	137
8.2.1 Lidah	137
8.2.2 Gigi	138
8.2.3 Kelenjar saliva	138
8.2.5 Langit-langit mulut (Palatum)	139
8.3 Esofagus	139
8.3.1 Proses Menelan	140
8.3.2 Struktur Esofagus.....	140
8.4 Lambung/ Gaster	141
8.4.1 Aliran Darah dan Persarafan Pada Lambung.....	142
8.4.2 Fungsi Lambung.....	142
8.4.3 Proses Pencernaan Makanan Di Lambung.....	143
8.4.4 Pengaturan sekresi dan gerak lambung.....	144
8.4.5 Kontraksi lapar	145
8.5 Usus Halus.....	145

8.5.1 Fungsi Usus Halus	146
8.5.2 Struktur Usus Halus	146
8.5.3 Enzim-Enzim pada Usus Halus.....	148
8.6 Pankreas	148
8.6.1 Struktur Pankreas.....	149
8.6.2 Fungsi Pankreas.....	150
8.7 Hati dan Kantong Empedu	151
8.9 Usus Besar (Kolon)	153
8.10 Anus	154
DAFTAR PUSTAKA.....	155
BAB 9 SISTEM EKSRESI (SISTEM PERKEMIHAN/URINARI)	157
9.1 Anatomi	157
9.1.1 Anatomi Ginjal/Renal/Kidney.....	159
9.1.2 Nefron (Unit Fungsional Ginjal).....	163
9.2 Fisiologi	166
9.2.1 Fungsi Sistem Perkemihan	166
9.2.2 Proses Pembentukan Urin	167
9.2.3 Regulasi Konsentrasi dan Volum Urin	171
9.2.4 Pergerakan Urin (Pengaturan Miksi/Buang Air Kecil/BAK)	174
9.2.5 Tes Fungsi/Faal Ginjal (<i>Renal Function Test/RFT</i>)..	177
9.2.6 Karakteristik Urin Normal.....	178
DAFTAR PUSTAKA.....	180
BAB 10 SISTEM ENDOKRIN.....	181
10.1 Pendahuluan.....	181
10.2 Sistem Endokrin	181
10.3 Hormon.....	183
10.4 Organ dari sistem Endokrin.....	184
DAFTAR PUSTAKA.....	201
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Sumber Protein.....	10
Gambar 2.1. Pembentukan ATP dari glukosa.....	21
Gambar 2.2. Rantai Panjang Asam Lemak, Asam Arakidonat	22
Gambar 2.3. Contoh asam amino yang mengandung gugus asam (COOH) atau gugus amino (NH ₂)...	25
Gambar 3.1. Kromosom	29
Gambar 3.2. Jenis Kromosom.....	30
Gambar 3.3. Struktur DNA	31
Gambar 3.4. Nitrogen DNA	31
Gambar 3.5. Perbedaan DNA dan RNA.....	32
Gambar 3.6. Tabel Perbedaan DNA dan RNA	33
Gambar 3.7. Gambaran umum sel prokariota	36
Gambar 4.1. Struktur Sel euokariotik dan prokariotik	47
Gambar 4.2. Sel induk totipoten	49
Gambar 4.3. Proses nekrosis sel	57
Gambar 4.4. Respon seluler dalam proses peradangan ...	59
Gambar 5.1. Farmakokinetik.....	68
Gambar 7.1. Anatomi Sistem Pernafasan	114
Gambar 7.2. Saluran Pernafasan.....	115
Gambar 7.3. Anatomi Saluran Nafas Atas dan Bawah.....	116
Gambar 7.4. Rongga Hidung	117
Gambar 7.5. Anatomi Faring	118
Gambar 7.6. Anatomi Laring.....	119
Gambar 7.7. Anatomi Trakea.....	120
Gambar 7.8. Anatomi Bronkus.....	121
Gambar 7.9. Anatomi Paru-paru.....	122
Gambar 7.10. Mekanisme Bernapas.....	123
Gambar 7.11. Volume Paru	126
Gambar 7.12. Ventilasi Pernapasan.....	128
Gambar 7.13. Difusi Pernafasan.....	130

Gambar 7.14. Surfaktan Paru	132
Gambar 7.15. Sitem Transportasi Paru Manusia	133
Gambar 8.1. Sistem Pencernaan.....	136
Gambar 8.2. Kelenjar Saliva	139
Gambar 8.3. Lambung dan Lapisan Dinding Lambung ..	142
Gambar 8.4. Usus Halus: Duodenum, Jejunum, Ileum	147
Gambar 8.5. Pankreas	149
Gambar 8.6. Hati dan Kantong Empedu	152
Gambar 8.7. Usus Besar	154
Gambar 9.1. Organ Penyusun Sistem Perkemihan	157
Gambar 9.2. Perbedaan Anatomi Sistem Perkemihan Wanita (a) dan Pria (b).....	159
Gambar 9.3. Anatomi Ginjal (a) Tampak Anterior, (b) Potongan <i>crosssectional</i> , dan (c) Tampak Posterior	161
Gambar 9.4. Bagian-Bagian Ginjal (potongan frontal)	162
Gambar 9.5. Nefron	165
Gambar 9.6. Renal Corpucle dan Membran Filtrasi.....	166
Gambar 9.7. Aliran Darah Melalui Ginjal	168
Gambar 9.11. Mekanisme Pengkonsentrasian Urin	171
Gambar 9.12. Peran RAAS dalam Meregulasi Na ⁺ dan Air di Cairan Ekstraseluler	173
Gambar 9.13. Peran ADH dalam Meregulasi Konsentrasi Cairan Ekstraseluler	174
Gambar 9.14. Mekanisme Regulasi untuk Mempertahankan Volum Darah Efektif ..	175
Gambar 9.15. Reflek Miksi.....	177
Gambar 9.16. Sistem Kontrol Bladder	178
Gambar 10.1. Sistem Endokrin pada Manusia.....	185
Gambar 10.2. Mekanisme umpan balik	188
Gambar 10.3. Kelenjar Hipofisis	189
Gambar 10.4. Kelenjar Tiroid.....	191
Gambar 10.5. Kelenjar Paratyroid.....	193

Gambar 10.6.	Kelenjar Paratyroid	195
Gambar 10.7.	Kelenjar Pankreas.....	198
Gambar 10.8.	Kelenjar Gonad.....	202

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi Lemak Dalam Plasma.....	24
Tabel 2.2. Asam amino.....	24
Tabel 5.1. Keuntungan dan Kerugian Rute pemberian obat	71
Tabel 6.1. Katup-Katup Jantung.....	102
Tabel 9.1. Komponen Utama Urin.....	171
Tabel 9.2. Pemeriksaan Fungsi Ginjal dan Nilai Normalnya.....	78
Tabel 9.3. Stadium <i>Chronic Kidney Disease</i> (CKD).....	179
Tabel 9.4. Karakteristik Urin Normal	178
Tabel 9.5. Volum Urin	179

BAB 1

PENGANTAR ILMU BIOMEDIK DAN PERANNYA DALAM KEPERAWATAN

Oleh Yolanda Anastasia Sihombing

1.1 Pendahuluan

Biomedik merupakan cabang ilmu keperawatan yang menggunakan prinsip pengetahuan dasar dan pengetahuan alam untuk menjelaskan fenomena kehidupan secara menyeluruh. Biomedis memerlukan pemahaman yang konkrit dan menjadi dasar pelaksanaan kerja keperawatan. Ruang lingkup materi berkaitan dengan sistem tubuh sebagai dasar untuk memahami masalah yang berkaitan dengan perawatan pasien. Dengan bantuan biomedis, lebih mudah bagi perawat untuk mempraktikkan perawatan pasien. Biomedis dasar adalah cabang ilmu keperawatan yang menjelaskan prinsip-prinsip pengetahuan dasar dan pengetahuan alam tentang fenomena kehidupan pada tingkat molekul, sel, dan organ secara keseluruhan.

Selain itu, ilmu-ilmu dasar biomedis juga menjadi dasar pelaksanaan proses keperawatan yang mengacu pada lokasi, struktur, fungsi dan fungsi seluruh sistem tubuh yang dapat menjelaskan perkembangan penyakit atau penyakit klien atau pasien. Terkait pengobatan masalah Ilmu dasar biomedis merupakan salah satu pondasi ilmu kedokteran karena berhubungan dengan letak, struktur, fungsi dan fungsi semua sistem tubuh. Ilmu dasar biomedis merupakan disiplin ilmu yang erat kaitannya dengan ilmu kedokteran. Biomedicine adalah prasyarat untuk keperawatan. Ini mengacu pada lokasi, struktur,

fungsi dan fungsi semua sistem tubuh yang menggambarkan penyakit klien atau masalah perawatan.

Permasalahan terkait berbagai jenis penyakit memiliki penjelasan biomedis dan ilmiah yang mudah dipahami dan diterima di semua lapisan masyarakat. Pendekatan saintifik memerlukan metode ilmiah untuk memecahkan masalah dengan metode yang tepat agar jawaban yang diperoleh dapat dijelaskan. Perawat harus memahami ilmu dasar biomedis dan bagaimana menggunakan pengetahuan tersebut dalam perawatan pasien. Ilmu dasar biomedis saling berhubungan, struktur regional yang mempelajari bagian tubuh, termasuk komponen struktural dan nutrisi, enzim dan koenzim, biologi oksidatif metabolisme karbohidrat, metabolisme lipid, metabolisme asam amino, dan metabolisme purin-pirimidi. (Syaiuddin, 2016)

1.2 Definisi Biomedik

Kelahiran biomedis didasarkan pada pengamatan langsung subjek yang sakit dibandingkan dengan yang sehat. Pengetahuan dasar tentang biologi, kimia, dan fisika akan membantu menjelaskan penyakit ini. Misalnya, bagaimana gen dan sel bekerja dan berfungsi dalam tubuh yang hidup. Biomedis adalah cabang kedokteran yang menggunakan prinsip dan pengetahuan dasar ilmu alam (biologi, kimia, dan fisika) untuk menjelaskan dan menemukan serta mengembangkan fenomena kehidupan pada tingkat molekul, sel, organ, dan seluruh organisme, hubungannya dengan penyakit. bahan pencegahan penyakit yang tepat, mengobati dan memperbaiki kerusakan yang disebabkan oleh penyakit. Biomedis adalah ilmu kedokteran yang berhubungan dengan ilmu alam (anatomi, fisiologi, biologi, kimia, dan fisika) untuk menjelaskan fenomena kehidupan pada tingkat molekul, sel, dan organ tubuh secara keseluruhan. Secara umum, ilmu biomedis digunakan sebagai dasar proses keperawatan. Ini karena lokasi, struktur, dan fungsi digunakan untuk menjelaskan sistem atau

masalah tubuh dalam konteks pengobatan penyakit umum. Ini termasuk struktur, komponen, perkembangan dan fungsi tubuh manusia, termasuk nutrisi, enzim, biologi oksidatif, metabolisme karbohidrat, metabolisme lipid, metabolisme asam amino, dan metabolisme purin-pirimidin. (Syaifuddin, 2016)

1.3 Dasar-Dasar Biomedik 1

Lahirnya ilmu biomedik berdasarkan pengamatan terhadap subjek sakit secara langsung dibandingkan dengan subjek sehat. Ilmu dasar biologi, kimia dan fisika membantu mendeskripsikan penyakit tersebut. Misalnya bagaimana suatu gen serta suatu sel berfungsi dan bekerja di dalam tubuh makhluk hidup. Ilmu biomedik adalah cabang ilmu kedokteran yang menggunakan azas-azas dan pengetahuan dasar ilmu pengetahuan alam (biologi, kimia dan fisika) untuk menjelaskan fenomena hidup pada tingkat molekul, sel organ dan organisme utuh, hubungannya dengan penyakit dan mencari serta mengembangkan bahan yang tepat untuk mencegah, mengobati dan memulihkan kerusakan akibat penyakit.

1.4 Prinsip Etika Biomedik

Bioetika atau etika biomedis adalah ilmu yang menekankan aspek moral dokter, ilmuwan, dan masyarakat terhadap peristiwa teknologi kedokteran, kedokteran, dan penelitian. Menurut Bertens, etika biomedis merupakan cabang etika terapan dari kajian filsafat. Menurutnya, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat pesat telah menimbulkan berbagai permasalahan etika, khususnya di bidang biomedis. Menurut Utami dkk (2020) bidang pembahasan etika tidak dapat dipisahkan dari hubungan antar individu (konteks sosial) maupun dari hubungan personal antar manusia. Misalnya dalam konteks sosial, etika memegang peranan yang sangat penting dalam pelaksanaan

profesi kedokteran, karena berkaitan dengan profesi yang berpotensi membawa kebaikan atau keburukan dalam kehidupan seseorang.

Dari sudut pandang sejarah, profesi kedokteran dan etika telah dikaitkan dengan Hippocrates (460-370 SM), seorang Yunani yang diberi gelar “Bapak Kedokteran”, memberikan dasar ilmiah pada profesi kedokteran. Saat ini belum jelas, apakah penyakit itu adalah kutukan dukun dan santet (Bertens, 2011). Etika biomedis memiliki empat prinsip utama, yaitu:

1. Prinsip *non-maleficence*;
2. Asas amal (berbuat baik);
3. Prinsip penghormatan terhadap otonomi (otonomi); dan
4. Prinsip Keadilan (*Justice*) (Beauchamp & Childress, 2008).

Dalam konteks biomedis, penggunaan obat yang rasional mencakup beberapa kriteria, seperti tepat indikasi, tepat obat, tepat dosis, tepat pasien, tepat dosis, dan kepatuhan pasien. Penggunaan terapi obat yang rasional membutuhkan persiapan obat yang tepat dan pasien harus mematuhi terapi (Embrey, 2012). Ketidakakuratan dalam resep menyebabkan pengobatan yang tidak tepat, kemungkinan efek yang tidak diinginkan dan biaya kesehatan yang tinggi, serta memicu terjadinya kekambuhan penyakit.

1.5 Peranan Biomedik dalam Keperawatan

Ilmu keperawatan mencakup ilmu-ilmu dasar (alam, sosial, perilaku), ilmu biomedik, ilmu kesehatan masyarakat, ilmu dasar keperawatan, ilmu keperawatan komunitas, dan ilmu keperawatan klinik, yg aplikasinya menggunakan pendekatan dan metode menyelesaikan masalah secara saintifik/ilmiah, ditujukan utk mempertahankan, menopang, memelihara, dan meningkatkan integritas seluruh kebutuhan dasar manusia. Wawasan ilmu keperawatan mencakup ilmu-ilmu yg mempelajari bentuk dan

sebab tidak terpenuhinya kebutuhan dasar manusia, melalui pengkajian mendasar ttg hal-hal yg melatarbelakangi, serta mempelajari bbg upaya utk mencapai kebutuhan dasar tersebut, melalui pemanfaatan semua sumber yg ada dan potensial. Bidang garapan dan fenomena yg menjadi objek studi ilmu keperawatan adalah penyimpangan atau tidak terpenuhinya kebutuhan dasar manusia (bio-psiko-sosial/kultural dan spiritual), mulai dari tingkat individu utuh, mencakup seluruh siklus kehidupan, sampai pd tingkat masyarakat, yg juga tercerminkan pd tidak terpenuhinya kebutuhan dasar pd tingkat sistem organ fungsional sampai molecular. (Syaifuddin, 2016)

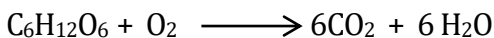
1.6 Komponen utama tubuh manusia

1. Air (61 %)
2. Protein (17%)
3. Lemak (13,8%)
4. Mineral (6,1%)
5. Karbohidrat (1,5%)

1. Air

Dilihat dari kepentingan Biomedik

Air merupakan produk akhir utama dari metabolisme oksidatif makanan



Energy

Air memiliki komposisi dominan dalam tubuh manusia yaitu 61-65%. Tubuh yang sehat memiliki kemampuan Homeostatis. Homeostatis $\longrightarrow$ merupakan kemampuan tubuh untuk memelihara lingkungan internal (cairan) yang komposisinya sesuai dengan kesehatan.

Meliputi :

- a. Distribusi air dalam tubuh
- b. Pemeliharaan nilai pH dan konsentrasi elektrolit yang tepat

Pengatur keseimbangan air : bergantung pada mekanisme hipotalamus

- a. Mengendalikan rasa haus pada hormon ADH (antidiuretik)
- b. Pada retensi atau ekskresi air pada ginjal
- c. Kehilangan evaporatif karena respirasi dan respirasi

Kondisi akibat ketidakseimbangan air tubuh

- a. Depleksi air : penurunan asupan air ke tubuh
- b. Peningkatan kehilangan cairan tubuh
Contoh : Pengeluaran keringat yang banyak Poliurea pada penderita diabetes melitus diare pada bayi
- c. Kelebihan cairan tubuh atau peningkatan asupan cairan
Contoh : Pemberian cairan infus yang berlebihan
Penurunan ekskresi Edema
- d. Kelainan genetik pada penderita diabetes insipidus nefrogenik ditandai: rasa haus yang tinggi asupan air yang tinggi tidak mampu memekatkan urine

Ikatan hidrogen menstabilkan protein dan asam nukleat. Sifat bipolar dan kemampuan air membentuk ikatan hidrogen turut menentukan kemampuannya untuk melarutkan banyak molekul organik. Senyawa senyawa yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air :

- | | | |
|----------------|----------------|----------|
| a. senyawa -OH | c. Senyawa -SH | e. amina |
| b. ester | d. aldehid | f. keton |

2. Karbohidrat

Karbohidrat ialah senyawa polimer yang merupakan sejenis makanan yang sangat penting bagi manusia karena karbohidrat adalah sumber utama tenaga untuk menjalankan aktivitas. Karbohidrat penting untuk tenaga. Kekurangan karbohidrat kepada manusia ialah boleh menyebabkan penyakit Marasmus (pertumbuhan terhambat). Karbohidrat terdapat dalam nasi, roti, bijirin dan mie.

Karbohidrat dapat dikelaskan kepada tempat bahagian:

- a. Monosakarida
- b. Disakarida
- c. Oligosakarida
- d. Polisakarida

3. Lemak

Meski kerap dikaitkan dengan berbagai penyakit, faktanya tubuh tetap membutuhkan lemak. Ada beberapa fungsi lemak yang baik bagi tubuh, di antaranya:

a. Membantu penyerapan vitamin

Vitamin A, vitamin D, vitamin E, dan vitamin K merupakan jenis vitamin yang larut dalam lemak. Oleh karena itu, agar keempat vitamin ini dapat diserap oleh tubuh dengan lebih baik, Anda perlu untuk mengonsumsi makanan yang mengandung lemak secukupnya.

b. Menghasilkan energi bagi tubuh

Lemak juga dapat berperan sebagai sumber energi bagi tubuh untuk menjalani aktivitas sehari-hari. Namun, bukan berarti Anda bisa mengonsumsi lemak secara berlebihan demi meningkatkan energi. Anda pun perlu membatasi asupannya agar tidak berdampak buruk bagi kesehatan tubuh. Tak hanya mengandalkan lemak, Anda

juga bisa mengonsumsi protein dan karbohidrat untuk mencukupi kebutuhan energi sehari-hari.

c. Menyehatkan kulit dan rambut

Lemak juga berperan dalam menjaga kesehatan kulit dan rambut. Pasalnya, lemak dibutuhkan untuk memproduksi sebum atau minyak alami tubuh untuk menjaga kelembapan kulit dan rambut. Lemak juga berperan penting dalam pembentukan sel dan jaringan kulit serta rambut yang baru. Oleh karena itu, agar kesehatan kulit dan rambut Anda tetap terjaga, Anda membutuhkan asupan lemak yang cukup. Beberapa penelitian bahkan menyebutkan bahwa lemak baik, seperti asam lemak omega-3 dan omega-6, turut berperan dalam mendukung proses penyembuhan luka, merangsang pertumbuhan rambut, serta mencegah dan mengurangi kerontokan.

d. Menjaga tubuh tetap hangat

Lemak yang tidak digunakan oleh tubuh akan disimpan dalam bentuk jaringan lemak. Jaringan ini berfungsi sebagai isolator sehingga suhu tubuh lebih mudah terkendali. Dengan adanya jaringan lemak yang cukup, tubuh pun akan tetap hangat.

e. Melindungi organ tubuh

Lemak juga berfungsi untuk melindungi organ tubuh dari kerusakan. Selain itu, lemak juga berperan dalam membangun sel dan memproduksi hormon, sehingga tubuh bisa berfungsi dengan baik. Pada janin dan anak-anak, asupan lemak sehat juga berperan penting dalam mendukung perkembangan jaringan otak dan saraf serta proses tumbuh kembang

4. Protein

Protein adalah sumber asam-asam amino yang mengandung unsur-unsur C, H, O, dan N yang tidak dimiliki oleh lemak atau karbohidrat.

Berikut ini adalah berbagai manfaat dan fungsi protein bagi tubuh, yaitu:

a. Sebagai sumber energy

Fungsi protein yang pertama adalah sebagai salah satu sumber energi yang penting bagi tubuh, selain lemak dan karbohidrat. Sama halnya dengan karbohidrat, protein mengandung 4 kalori per gram-nya, sedangkan lemak memasok energi lebih banyak, yakni 9 kalori/gram.

b. Membangun dan memperbaiki jaringan tubuh

Protein adalah “batu bata” yang berperan besar dalam menyusun hampir semua bagian tubuh kita, misalnya otot dan tulang, paru-paru, kulit dan rambut. Tidak hanya itu, protein juga bertanggung jawab untuk memelihara dan mengganti jaringan tubuh yang rusak. Dalam kondisi normal, jumlah protein yang digunakan untuk membangun dan memperbaiki jaringan tubuh akan sama setiap harinya.

c. Membentuk antibody

Fungsi protein selanjutnya adalah membantu tubuh membentuk antibodi. Antibodi berperan penting untuk melawan infeksi bakteri atau virus. Selain itu, antibodi juga dapat melindungi tubuh dari serangan bakteri atau virus yang sama di kemudian hari.

d. Memicu reaksi biokimia

Enzim merupakan jenis protein yang ditemukan di dalam sel. Enzim bertanggung jawab terhadap banyak sekali reaksi biokimia yang terjadi di dalam tubuh,

misalnya untuk kontraksi otot, pembekuan darah, dan mencerna makanan.

e. Mengirim Sinyal ke Tubuh

Selain enzim, protein juga dapat berbentuk hormon. Hormon bertugas untuk mengirimkan sinyal dan mengatur proses biologis antara sel, jaringan, dan organ. Contohnya adalah hormon insulin yang mengirim sinyal dan mengatur proses masuknya gula ke dalam sel tubuh.



Gambar 1.1. Sumber Protein

5. Mineral

Mineral adalah salah satu nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh untuk menjalankan fungsi normalnya. Mineral berfungsi mengatur metabolisme kompleks yang berhubungan dengan enzim sekaligus menjadi jalan masuk vitamin penting untuk tubuh. Menurut penjelasan Kamus Besar Bahasa Indonesia, mineral adalah zat organik yang dalam jumlah tertentu diperlukan oleh tubuh untuk proses metabolisme yang diperoleh melalui makanan sehari-hari.

Sementara itu, dalam buku Mineral: Fungsi dan Metabolisme, diterangkan bahwa mineral adalah unsur

yang bentuknya sederhana. Mineral juga sering dimaknai sebagai nutrisi mikro yang membantu fungsi tubuh agar tetap berjalan optimal. Walaupun jumlahnya kecil, mineral sangat berperan dalam proses metabolisme tubuh makhluk hidup. Oleh sebab itu, kebutuhan mineral harian harus tetap terpenuhi.

Terdapat dua jenis mineral yang bermanfaat untuk keberlangsungan hidup manusia.

- a. Mineral mikro atau trace mineral yang hanya dibutuhkan tubuh dalam jumlah kecil, seperti zat besi, tembaga, fluoride, zinc, yodium, selenium, dan mangan.
- b. Mineral makro adalah jenis mineral yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah besar, seperti kalsium, kalium, natrium, klorida, fosfor, dan magnesium. Fungsi mineral Setiap mineral memiliki manfaat yang berbeda-beda.

Berikut beberapa fungsi mineral sesuai jenisnya.

- a. Kalsium (Ca).
Kalsium memang kerap menjadi kandungan andalan produk susu. Ia berperan sebagai pembentuk tulang dan menjaga kesehatannya. Saat kekurangan asupan kalsium, seseorang akan lebih rentan mengalami penyakit osteoporosis.
- b. Klorida (Cl).
Mineral klorida berperan sebagai elektrolit dan membantu produksi asam lambung. Saat tubuh kekurangan asupan klorida, risiko gangguan pertumbuhan, pusing, merasa lemah, hingga kram menjadi lebih rentan terjadi. Selain itu, klorida berfungsi mengaktifasi sel yang memproduksi imun.
- c. Magnesium (Mg).
Kekurangan mineral yang satu ini dapat meningkatkan risiko penyakit jantung koroner diabetes tipe 2 hingga

gangguan fungsi otot dan saraf. Pasalnya, magnesium berperan sebagai zat pembentuk darah merah yang mengikat oksigen dan hemoglobin. Mineral juga berperan sebagai kofaktor enzim, fungsi otot, dan saraf.

d. Kalium (K).

Kalium menjadi salah satu jenis mineral yang cukup dibutuhkan tubuh. Zat ini dibutuhkan sebagai pembentuk aktivitas otot jantung, regulasi osmosis, fungsi otot dan saraf, kofaktor enzim, dan metabolisme energi. Kurang mendapatkan asupan ini bisa memicu diare, muntah, lemah otot, serta turunnya tekanan darah.

e. Zat Besi (Fe).

Zat besi berfungsi membantu mengantarkan oksigen ke seluruh bagian tubuh. Selain itu, mineral yang satu ini dibutuhkan untuk kofaktor enzim, fungsi otak dan otot, serta memperkuat sistem imunitas dalam tubuh. Kekurangan zat besi dapat memicu anemia yang memiliki gejala pusing, lemas, dan tidak bertenaga.

f. Tembaga (Cu).

Mineral ini memiliki fungsi yang menyerupai zat besi. Tembaga berfungsi sebagai kofaktor enzim, metabolisme energi, membantu fungsi saraf, bersifat antioksidan, dan melakukan sintesis jaringan pengikat. Saat tubuh kekurangan tembaga, risiko anemia, gangguan fungsi saraf, depigmentasi rambut, serta gangguan tulang akan meningkat.

g. Iodium (I).

Mineral iodium berguna dalam fungsi reproduksi, metabolisme, dan pertumbuhan. Kekurangan iodium dapat memicu terjadinya gondok, tubuh kerdil, pertumbuhan terhambat, serta gangguan mental.

h. Selenium (Se).

Selenium memiliki peran antioksidan yang dapat membantu mengatasi racun serta membantu hormon, sistem imun, dan melindungi sel dari proses oksidasi sendiri. Kurang selenium bisa memicu masalah jantung dan gangguan sistem kekebalan tubuh.

i. Zinc (Zn).

Zinc memegang peran dalam menjaga fungsi membran, sistem imun, juga sebagai antioksidan. Kekurangan zinc pada tubuh dapat menyebabkan gangguan kulit, menurunnya kadar kolesterol baik HDL, serta menurunnya nafsu makan.

j. Flourida (F).

Mineral yang satu ini berfungsi menjaga kesehatan gigi. Flourida dapat menghambat pembentukan karang gigi. Saat kekurangan mineral ini, masalah gigi dan kerusakan jadi lebih mudah terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Syaifuddin. 2015. Ilmu Biomedik Dasar untuk Mahasiswa Keperawatan. Jakarta : Salemba Medika
- Sakung, Jamaluddin. 2016. Dasar-dasar Biomedik. Jakarta : Trans Info Media
- Utami, dkk. 2020. Analisis Etika Biomedis Terhadap Pasien Transgender dalam Mengakses Layanan Kesehatan di Yogyakarta. VL - 30. Doi - 10.22146/jf.53016. Jurnal Filsafat
- Bertens, K. 2011. Etika Biomedis (eds.). Yogyakarta: Kanisius
- Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. 2008. Principles of Biomedical Ethics (Principles of Biomedical Ethics. Oxford University Press. [https://doi.org/10.1016/S0033-3182\(95\)71674-7](https://doi.org/10.1016/S0033-3182(95)71674-7)
- Embrey, M. 2012. Managing Access to Medicines and Health Technologies. Arlington USA: Management Sciences for Health.

BAB 2

BIOKIMIA & METABOLISME

Oleh Metri Lidya

2.1 Pendahuluan

2.1.1 Deskripsi Singkat

Senyawa biomolekul yang merupakan konstituen utama pada makhluk hidup yang meliputi perkembangan biokimia, peranan dan manfaat biokimia, struktur sel dengan fungsi dan peranan organela-organelanya ini merupakan sejarah biokimia (Netty *et al.*, 2017)

Segala reaksi kimia yang terjadi didalam makhluk hidup, disebut dengan metabolisme mulai dari yang bersel satu seperti bakteri, protozoa, jamur, tumbuhan, hewan, sampai kepada manusia yang susunan tubuhnya sangat kompleks. untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya , dapat, mengubah, dan memakai senyawa kimia dari sekitarnya (Eva, 2021).

2.2 Biokimia

2.2.1 Sejarah Biokimia

Ilmu yang mempelajari reaksi-reaksi kimia atau interaksi molekul dalam sel hidup disebut dengan biokimia yang asal katanya bios yaitu kehidupan dan chemis yaitu kimia . dikemukakan oleh Karl Neuberg (1903).

Pertengahan abad XVIII Karl Wilhelm Scheele ahli kimia swedia melakukan penelitian dari bahan alam tentang susunan kimia jaringan pada tumbuhan dan hewan telah dapat mengisolasi asam oksalat, asam laktat, asam sitrat serta beberapa ester dan kasein ,

Awalnya orang percaya bahwa organisme hidup itu terdiri atas zat-zat yang mempunyai sifat yang sangat berbeda dengan zat yang terdapat pada benda-benda mati, misalnya logam atau batu-batuan. Tahun 1828 Wohler menunjukkan bahwa urea, suatu senyawa yang terdapat dalam urine, dapat dibuat dalam laboratorium dengan jalan memanaskan alkali sianat dengan garam amonium.

Penemuan dua bersaudara Eduard dan Hans Buchner menyatakan bahwa ekstrak dari sel-sel ragi yang telah dirusak atau telah mati, tetap dapat menyebabkan terjadinya proses peragian atau fermentasi gula menjadi alkohol dan inilah yang menghilangkan pendapat orang tentang kepercayaan bahwa suatu senyawa dalam organisme hidup tentulah terbentuk dalam sel hidup melalui suatu proses yang melibatkan "kekuatan hidup". Inilah yang membuka kemungkinan dilakukannya analisis reaksi-reaksi biokimia dan proses-proses biokimia dengan alat-alat laboratorium (*in vitro*) dan bukan dalam sel hidup (*in vivo*), serta metabolisme yang terjadi dalam sel, termasuk reaksi-reaksi yang menggunakan enzim, yaitu biokatalis dapat dilakukan di laboratorium.

Yang makin memperkuat kenyataan bahwa dengan metode kimia yang ada kita dapat mempelajari dan meneliti tentang enzim dengan struktur kompleksnya. Dibuktikan pada tahun 1926 oleh J.B. Sumner bahwa urease, yakni enzim yang diperoleh dari biji kacang pedang (*jack beans*) dapat dikristalkan seperti juga senyawa organik lainnya.

Pada Abad XX ini biokimia mengalami perkembangan yang pesat. Banyak penelitian yang menemukan tentang vitamin, sifat protein, lemak, penemuan struktur primer, sekunder dan tertier serta struktur DNA dan RNA artinya sangat penting dalam perkembangan biokimia. Perkembangan biokimia dapat terlihat dari banyaknya pakar ilmiah yang mempublikasi buku, majalah

atau disertasi yang isinya merupakan hasil penelitian dalam berbagai bidang biokimia serta penerapannya dalam kehidupan .

2.2.2 Tujuan dan Manfaat Biokimia

Tujuan mempelajari biokimia agar bisa membantu dalam bidang pertanian, kedokteran atau bidang lain yang sangat erat hubungannya dengan kehidupan. Mendiskripsikan struktur, organisasi dan fungsi zat hidup pada tingkat molekul yang terkait dengan bagaimana suatu organisme membentuk struktur “supramolekul” yang dimulai dari tingkat sel, jaringan, organ, dan sistem organ.

Juga membahas mekanisme reaksi kimia di dalam sel berlangsung apa saja yang berkaitan dengan proses reproduksi, pertumbuhan dan kematian suatu sel atau organisme, dan bagaimana organisme menyimpan dan menyalurkan informasi genetik dengan sangat tepat dan akurat, proses metabolisme sel, dan biokatalis yang mempercepat berlangsungnya reaksi biokimia.

Sebagai contoh biokimia mempunyai peranan dalam memecahkan masalah gizi, Obat-obatan biasanya mempengaruhi jalur metabolik tertentu, misalnya antibiotik penisilin dapat membunuh bakteri dengan menghambat pembentukan polisakarida pada dinding sel bakteri , dan di bidang pertanian seperti peptisida yang menghambat enzim yang bekerja pada hama atau organisme tertentu. Biokimia berperan dalam mekanisme kerja pestisida tersebut dan dapat meningkatkan selektivitasnya, dapat dicegah dampak negatif terhadap lingkungan hidup yang dapat ditimbulkannya. Jadi biokimia juga merupakan komponen penting dalam pengetahuan tentang lingkungan hidup.

Peningkatan kualitas produk dalam bidang pertanian dan peternakan, telah dapat diwujudkan dengan menerapkan hasil-hasil penelitian dalam bidang genetika , farmasi, nutrisi, dan sebagainya.

Banyak penelitian yang sudah dilaksanakan oleh para ahli dalam hal Rekayasa genetika dan memberikan hasil yang menggembirakan.

Manfaat dari rekayasa genetika antara lain:

1. Pemeriksaan darah: kadar kolesterol, SGPT-SGOT, bilirubin dsb.
2. Obat-obatan seperti. Antibiotik: penisilin, streptomisin, erytromycin
3. Viagra, AZT (azido dideoksi timidin) → menggantikan Thimine, memblokir sintesis DNA oleh virus (HIV).
4. Merkapt Purin → menghambat sintesis DNA pada pembiakan sel leukemia
5. Isoproterenol → menyerupai hormon epinephrin/ adrenalin sehingga menghambat rangsangan oleh hormon itu.
6. Herbisida dan pestisida → yang merupakan inhibitor salah satu enzim pada tanaman atau serangga.

2.3 Metabolisme

2.3.1 Definisi Metabolisme

Untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya makhluk hidup mendapat, mengubah, dan memakai senyawa kimia dari sekitarnya dan inilah yang disebut dengan metabolisme yang merupakan segala reaksi kimia yang terjadi didalam makhluk hidup, dimulai dari makhluk bersel satu yang sangat sederhana seperti bakteri, protozoa, jamur, tumbuhan, hewan, sampai kepada manusia yang susunan tumbuhannya sangat kompleks.

Semua ini meliputi proses sintesis dan proses penguraian senyawa atau komponen dalam sel hidup. disebut anabolisme dan penguraian katabolisme. Semua reaksi metabolisme dikatalisis oleh enzim, termasuk reaksi yang sederhana seperti penguraian asam karbonat menjadi air dan karbondioksida, proses pemasukan dan pengeluaran zat kimia dari dan kedalam sel melalui membran; proses biosintesis protein. Proses penguraian bahan makanan

dalam sistem pencernaan mulai dari mulut, lambung, dan penyerapan hasil penguraian tersebut melalui dinding usus, serta penyebarannya ke seluruh bagian tubuh yang memerlukannya.

Hal lain yang penting dari metabolisme adalah peranannya dalam proses detoksifikasi, yang merupakan reaksi pengubahan zat yang beracun menjadikan senyawa tak beracun yang dapat dihilangkan dari tubuh.

Metabolisme energi berasal dari hasil fotosintesis tumbuhan yang yang ditangkap dalam ikatan kimia molekul-molekul karbohidrat, protein, lemak dan alkohol. Hasil akhir metabolisme zat gizi : CO_2 , H_2O . ATP. Energi yang digunakan sel dalam bentuk ATP.

Untuk menghasilkan energi yang berasal dari katabolisme karbohidrat, protein maupun lemak. Di dalam tubuh manusia terjadi metabolisme yang merupakan Titik temu dari berbagai jalur metabolisme ini dan berguna untuk menggantikan bahan bakar di dalam sel. Bermanfaat untuk menghasilkan senyawa-senyawa lain yaitu dapat membentuk ATP, hormon, komponen hemoglobin ataupun komponen sel lainnya. Lemak (asam lemak) mengandung hydrogen terkait senyawa karbon yang paling banyak tereduksi, karbohidrat (glukosa) dan protein (asam glutamat) mengandung oksigen dan lebih sedikit hydrogen . Senyawa karbon yang tereduksi lebih banyak menyimpan energi dan apabila ada pembakaran sempurna akan membebaskan energi lebih banyak karena adanya pembebasan elektron yang lebih banyak. Jumlah elektron yang dibebaskan menunjukkan jumlah energi yang dihasilkan. ada jalur katabolisme yang berbeda glukosa dan asam glutamat dapat menghasilkan jumlah ATP yang sama yaitu 36 ATP. Sedangkan katabolisme asam lemak dengan jumlah karbon yang sama dengan glukosa (6 karbon) menghasilkan 44 ATP, sehingga jumlah energi yang dihasilkan pada lemak lebih besar dibandingkan dengan yang dihasilkan pada karbohidrat dan protein. Sedangkan jumlah energi yang dihasilkan

protein setara dengan jumlah yang dihasilkan karbohidrat dalam berat yang sama.

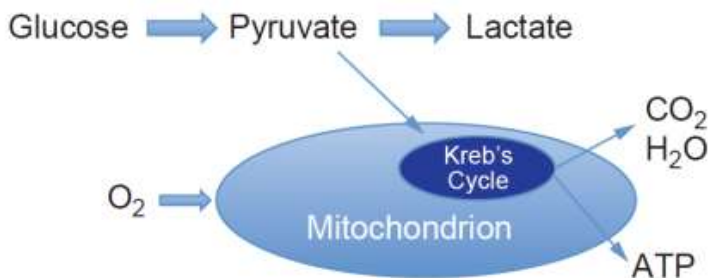
2.3.2 Jenis – jenis Metabolisme

1. Metabolisme Karbohidrat

Karbohidrat meliputi sekelompok senyawa organik yang mencakup gula dan pati, serta selain karbon, karbohidrat mengandung hidrogen dan oksigen dalam rasio yang sama dengan air. Tiga disakarida sangat penting bagi manusia adalah :

- a. Sukrosa: glukosa dan fruktosa
- b. Laktosa: glukosa dan galaktosa
- c. Maltosa: glukosa dan glukosa.

Biji bijian banyak berisikan pati, contohnya gandum, nasi, dan barley. Tumbuhan lain, seperti kentang dan jagung, berisikan banyak unit glukosa yang terikat oleh ikatan glikosidik. Sumber energi lain yang penting bagi tubuh yang berisikan gula dan satu-satunya sumber energi bagi otak. Metabolisme karbohidrat di hati dimana regulasi, penyimpanan, dan produksi glukosa berlangsung merupakan satu-satunya organ yang mengandung glukosa kinase, enzim yang memiliki laju reaksi tinggi, mampu memfosforilasi glukosa, dan ini terjadi ketika konsentrasinya tinggi. Konsentrasi yang cukup segera muncul setelah makan ketika konsentrasi glukosa di vena porta meningkat. Energi yang berasal dari karbohidrat digunakan oleh mitokondria untuk membentuk ATP di dalam sel energi minimal 99 % .



Gambar 2.1. Pembentukan ATP dari glukosa

Produk akhir dari pencernaan karbohidrat pada traktus gastrointestinal adalah glukosa, fruktosa, dan galaktosa. Setelah diabsorpsi ke sirkulasi, fruktosa dan galaktosa segera diubah menjadi glukosa. Sehingga, glukosa adalah molekul utama yang digunakan untuk memproduksi ATP. Glukosa ini harus ditranspor melewati membran sel ke dalam sitoplasma sel sebelum dapat digunakan oleh sel.

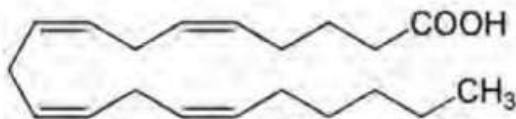
Transpor ini menggunakan carrier protein dalam difusi yang dimediasi oleh carrier, yang ditingkatkan oleh insulin, sehingga transpor glukosa ke dalam sel pada diabetes mellitus atau sepsis, mengakibatkan hiperglikemia disertai sekuele lainnya. Segera setelah masuk ke dalam sel, glukosa dikonversi menjadi glukosa-6-fosfat oleh kerja enzim heksokinase. Glukosa yang terfosforilasi terionisasi pada pH 7 dan karena membran plasma tidak permeabel terhadap ion, glukosa yang terfosforilasi tidak dapat melewati membran kembali dan terperangkap di dalam sel.

Fetus mendapatkan hampir semua energinya melalui glukosa yang didapatkan dari sirkulasi maternal. Segera setelah lahir, cadangan glikogen bayi masih cukup untuk memasok glukosa selama beberapa jam. Selanjutnya,

glukoneogenesis sangat terbatas pada neonatus. Akibatnya, neonatus rentan untuk mengalami hipoglikemia jika tidak segera diberi makanan.

2. Metabolisme Lemak

Lemak adalah molekul organik hidrofobik yang mencakup wax, sterol, vitamin larut lemak, trigliserida, fosfolipid, dan senyawa lainnya. Lemak mengandung energi potensial yang tinggi, tapi juga penting sebagai komponen struktural dari membran sel, dalam jalur sinyal, dan sebagai prekursor pada beberapa sitokin. Asam lemak dan derivatnya dan juga molekul yang mengandung sterol seperti kolesterol juga dianggap sebagai lemak. Walaupun ada jalur biosintesis untuk mensintesis dan mendegradasi lemak, beberapa asam lemak penting bagi tubuh dan harus dikonsumsi dari makanan. Asam lemak adalah asam karboksilat yang terdiri dari rantai hidrokarbon panjang yang berakhir pada grup karboksil.



Gambar2.2. Rantai Panjang Asam Lemak,Asam Arakidonat

Sebuah gliserol yang mengikat pada tiga molekul asam lemak yang terikat dikenal sebagai trigliserida (Gambar. 2.1). Sebuah molekul trigliserida dimana satu asam lemak diganti oleh ion fosfat dikenal sebagai fosfolipid (Gambar. 2.2). Fosfolipid adalah balok bangunan dari membran sel (Gambar. 2.3), membentuk myelin, dan karena struktur dan fungsinya yang unik, digunakan dalam aplikasi ilmiah lainnya. Trigliserida, setelah diabsorpsi dari traktus gastrointestinal,

ditranspor dalam limfe dan lalu melalui duktus thorakikus, masuk ke dalam sirkulasi dalam bentuk droplet yang disebut kilomikron. Kilomikron dengan cepat dikeluarkan dari sirkulasi dan disimpan saat melewati kapiler jaringan adiposa dan otot skeletal. Trigliserida digunakan dalam tubuh terutama untuk menyediakan energi untuk proses metabolisme yang sama dengan karbohidrat.

Manusia dapat mendesaturasi atom karbon tidak lebih dari karbon ke-9 dari ekor rantai alifatik. Namun, manusia memerlukan asam lemak (sehingga penting bagi tubuh) yang terdesaturasi sampai karbon ke-6 dan ke-3 dari rantai alifatik – asam lemak $\omega 6$ dan $\omega 3$, secara berurutan. Dua puluh rantai karbon asam lemak disimpan pada posisi kedua dari fosfolipid, dan ketika dilepaskan, berperan sebagai substrat untuk beberapa sitokin yang sangat penting, eikosanoidprostaglandin, tromboksan, dan leukotrien. Asam arakhidonat, sebuah asam lemak $\omega 6$ dengan 20 rantai karbon ($C_{20:4\omega 6}$) adalah prekursor untuk prostaglandin dan tromboksan dari seri kedua dan leukotrien dari seri keempat, sedangkan asam eikosapentanoat, $C_{20:5\omega 3}$, adalah prekursor untuk prostaglandin dan tromboksan dari seri ketiga dan leukotrien dari seri kelima.

3. Metabolisme Protein

Sekitar 75% dari unsur padat dalam tubuh adalah protein (Tabel 2.1). Semua protein terdiri dari 20 asam amino yang sama, dan beberapa diantaranya harus dikonsumsi dalam makanan karena mereka tidak dapat dibentuk secara endogen (asam amino esensial) (Tabel 2.2). Protein diet harus dicerna menjadi asam amino dan di- dan tripeptida sebelum dapat diabsorpsi. Proses dimulai di lambung ketika pepsinogen diubah menjadi pepsin pada pH asam. Proses berlanjut di usus halus dimana pankreas mensekresi tripsin, kemotripsin dan

karboksipeptida. Protease gaster dan pankreas ini menghirolisis protein menjadi peptida rantai sedang dan kecil. Peptidase di batas usus halus menghidrolisis peptida rantai sedang dan kecil ini menjadi asam amino dan di- dan tripeptida bebas. Produk akhir pencernaan ini, terbentuk pada permukaan enterosit, siap diabsorpsi oleh transporter asam amino natrium-dependen.

Tabel 2.1. Komposisi Lemak Dalam Plasma

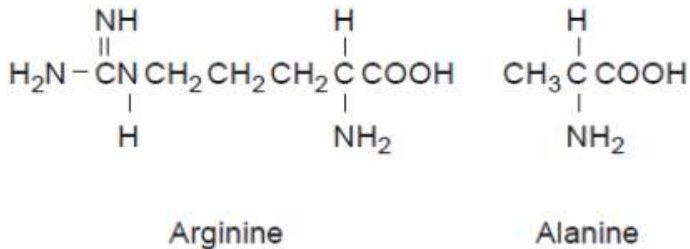
	Fosfolipid (%)	Trigliserid a (%)	Kolestrol bebas (%)	Kolestrol Ester	Protein (%)	Densitas
Kilomikron	3	90	2	3	2	0.94
LDL	21	6	7	46	20	1.019-1.063
HDL	25	5	4	16	50	1.063-1.21
IDL	20	40	5	25	10	1.006-1.019
VLDL	17	55	4	18	8	0.94-1.006

Tabel 2.2. Asam amino

Esensial	Nonessential
Arginin	Alanin
Histidin	Asparagin
Isoleusin	Asam aspartat
Leusin	Sistein
Lisin	Asam glutamat
Methionin	Glutamin
Fenilalanin	Glisin
Threonin	Prolin
Triptofan	Serin
Valin	Tirosin

Asam amino nonesensial dapat disintesis dari asam α -keto yang sesuai. Contoh, piruvat yang terbentuk dari pemecahan glikolisis dari glukosa adalah asam keto prekursor alanin. Setiap asam amino memiliki grup karboksil asam (COOH) dan grup amino (NH₃R) (Gambar. 2.3). Protein

terbentuk dari asam amino yang terhubung satu sama lain oleh ikatan amida, sebuah ikatan kimiawi kovalen antara grup karboksil dari satu asam amino dengan grup amino dari asam amino lainnya. Hasil ikatan $C(O)NH$ disebut ikatan peptida, dan hasil molekulnya adalah amida.



Gambar 2.3. Contoh asam amino yang mengandung gugus asam ($COOH$) atau gugus amino (NH_2)

Grup keempat atom fungsional $-C(=O)NH-$ disebut rantai peptida (Gambar. 2.3). Bahkan protein yang paling kecil mengandung lebih dari 20 asam amino yang terhubung ke rantai peptida, sedangkan kompleks protein memiliki hingga 100,000 asam amino. Sebagai tambahan, lebih dari satu rantai asam amino dalam protein dapat terikat ke rantai asam amino lainnya melalui ikatan hidrogen, ikatan hidrofobik, atau gaya elektrostatis.

DAFTAR PUSTAKA

- ArifinZainal. 2012. *Evaluasi Pembelajaran*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Islam Kementrian Agama RI.
- Arikunto Suharsimi. 2001. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Asrul, dkk. 2014. *Evaluasi Pembelajaran*. Medan: Cipta pustaka Media.
- Danial, D., Nurjannah, N., & Mirna, M. 2019. *Evaluation of The Learning. Program of Mathematics Study Program at Islamic Institute Of Muhammadiyah Sinjai. Matematika Dan Pembelajaran*, 7(1), 65. <https://doi.org/10.33477/mp.v7i1.1046>.
- Fitriani. 2019. Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa SMP. *JTMT: Journal Tadris Matematika*, 01(01), 25–30. <http://journal.iaimsinjai.ac.id/index.php/Jtm/article/view/393>.
- Hamalik, Oemar. 2010. *Manajemen Pengembangan Kurikulum*. Bandung : PT Remaja Rosdakarya.
- Elis Ratnawulan. 2014. *Evaluasi Pembelajaran*. Bandung: Penerbit pustaka.
- Ida Farida. 2017. *Evaluasi Pembelajaran*. Bandung:PT Remaja Rosdakarya.
- Muhammad Afandi.2013. *Evaluasi Pembelajaran Sekolah Dasar*. Semarang:UNISSULA Press
- Sukardi. 2009. *Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Tim Pengembangan MKDP Kurikulum dan Pembelajaran. (2011).*Kurikulum dan Pembelajaran*. Jakarta Utara: PT Raja Grafindo Persada.

BAB 3

GENETIKA DAN SEL

Oleh Cipto

3.1 Pendahuluan

Sebagai salah satu komponen dalam lingkup tenaga kesehatan, seorang perawat diwajibkan mampu dan menguasai akan ilmu atau konsep genetika dan sel. Hal ini sebagai prasyarat bagi calon perawat untuk mempelajari konsep-konsep lain yang berkaitan dengan siklus kehidupan manusia dari mulai pembuahan sampai dengan proses kematian. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi perawat harus senantiasa memacu diri untuk terus berkembang keilmuannya salah satunya adalah keilmuan tentang genetika, seperti perkembangan teknologi DNA rekombinan dan munculnya berbagai macam rekayasa genetika pada makhluk hidup.

Genetika merupakan salah satu cabang ilmu biologi yang mempelajari faktor keturunan dan organisme. Genetika juga dapat dikatakan sebagai ilmu tentang gen dan segala aspeknya. Secara garis besar, cabang cabang ilmu genetika meliputi cabang murni genetika diantaranya: genetika molekular, genetika sel (sitogenetika), genetika populasi, genetika perkembangan, dan genetika kuantitatif. Sedangkan cabang penerapan genetika diantaranya genetika kedokteran, ilmu pemulihan, dan rekayasa genetika (Purjiyanta, Eka, Triyono, 2013)

Genetika merupakan satu dari mata kuliah yang harus diikuti dan dipelajari oleh peserta didik dalam menempuh pendidikan tinggi khususnya pada Jurusan keperawatan.

3.2 Genetika

Gen adalah substansi pembawa materi genetik yang diwariskan dari induk kepada keturunan. Materi genetik tersebut meliputi **Deoxyribonucleic Acid (DNA)** dan **Ribonucleic Acid (RNA)**. DNA dan RNA Berbagai jenis DNA bergabung untuk membentuk gen, kemudian gen-gen tersebut bergabung untuk membentuk kromosom. fungsi gen yang pertama adalah membawa informasi genetik dari setiap individu ke keturunannya. Jadi informasi genetiknya itu disalurkan ke keturunan masing-masing individu. Materi genetik tersusun oleh kromosom yang sangat penting yang berfungsi dalam pewarisan sifat dan ekspresi genetik. Ada beberapa komponen yang berperan dalam penyusunan materi genetik (Silbernagl, 2007):

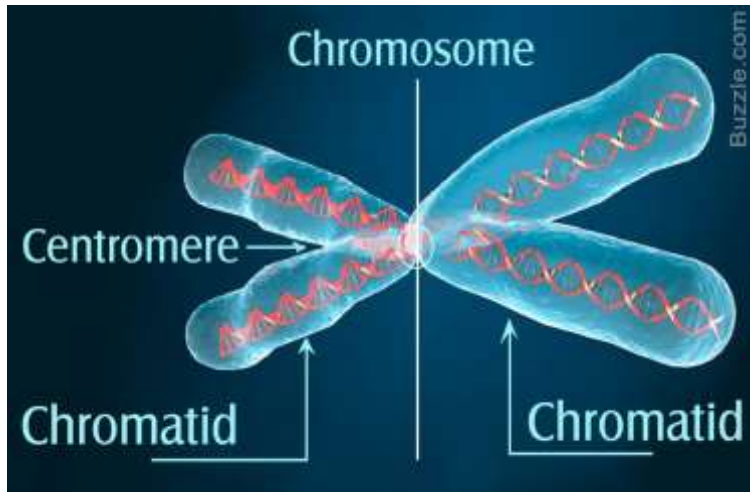
1. Kromosom

Kromosom tersusun atas protein dan asam nukleat yaitu DNA dan RNA

Kromosom disusun oleh asam nukleat dan protein. Kromosom ini ada 2 jenis, namanya autosom dan gonosom.

Autosom merupakan kromosom yang berperan dalam menentukan bentuk fisik selain kelamin, sedangkan **gonosom** merupakan kromosom yang berperan dalam menentukan jenis kelamin

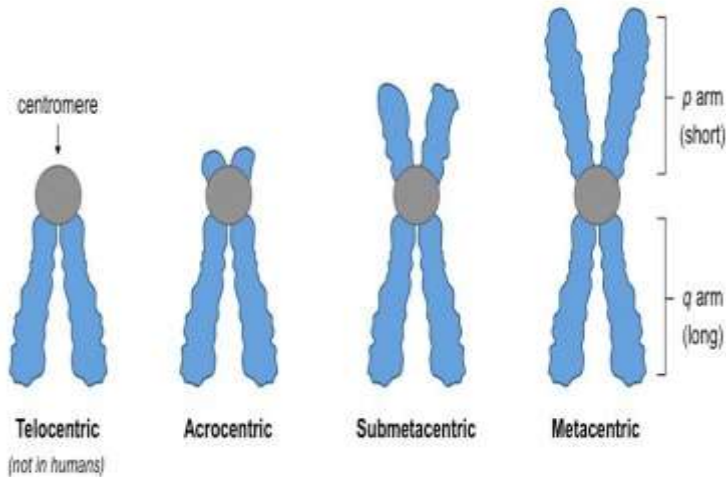
Bagian yang pertama itu namanya kromatid. Kromatid merupakan salah satu dari dua lengan yang merupakan hasil replikasi kromosom. Bagian yang kedua namanya Sentromer. Sentromer ini adalah pusat kromosom dan tempat melekatnya benang spindle. Bagian yang terakhir ini namanya kinetokor. Kinetokor sebenarnya adalah bagian dari sentromer. Benang spindle ini melekat pada kinetokor selama masa pembelahan.



Gambar 3.1. Kromosom

2. Jenis-Jenis Kromosom

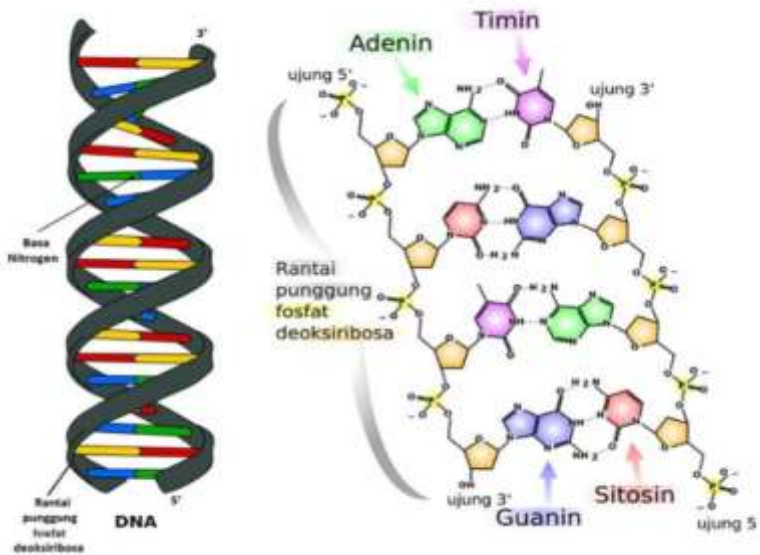
Ada 4 bentuk kromosom, yaitu telosentrik, metasentrik, submetasentrik, dan akrosentrik. Kromosom telosentrik hanya memiliki 1 lengan dengan sentromer yang terletak di ujung. Sedangkan kromosom metasentrik memiliki 2 lengan sama panjang dengan sentromer yang terletak di tengah. Sentromernya metasentrik ini berbentuk V. Kromosom submetasentrik memiliki kedua lengan yang hampir sama panjang, dengan sentromer yang terletak hampir di tengah. Bentuknya juga V gitu. Sedangkan kromosom akrosentrik memiliki 2 lengan yang tidak sama panjang, dengan sentromer yang berada dekat ujung bagian kromosomnya.



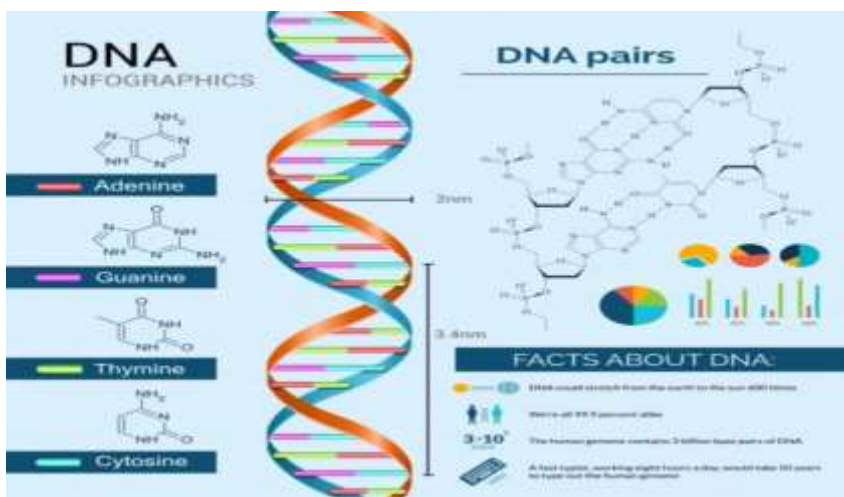
Gambar 3.2. Jenis Kromosom

Struktur DNA

Struktur DNA (DNA (*Deoxyribonucleic Acid*)) merupakan salah satu materi genetik yang menyusun kromosom. Selain ada di nukleus sebagai monomer kromosom, DNA juga bisa ditemukan di organel lain yaitu pada mitokondria dan kloroplas. DNA tersusun oleh serangkaian polinukleotida. Setiap nukleotida tersusun, gugusan gula deoksiribosa nukleat, asam fosfat, dan basa nitrogen(Yuwono Triwibowo, 2007).



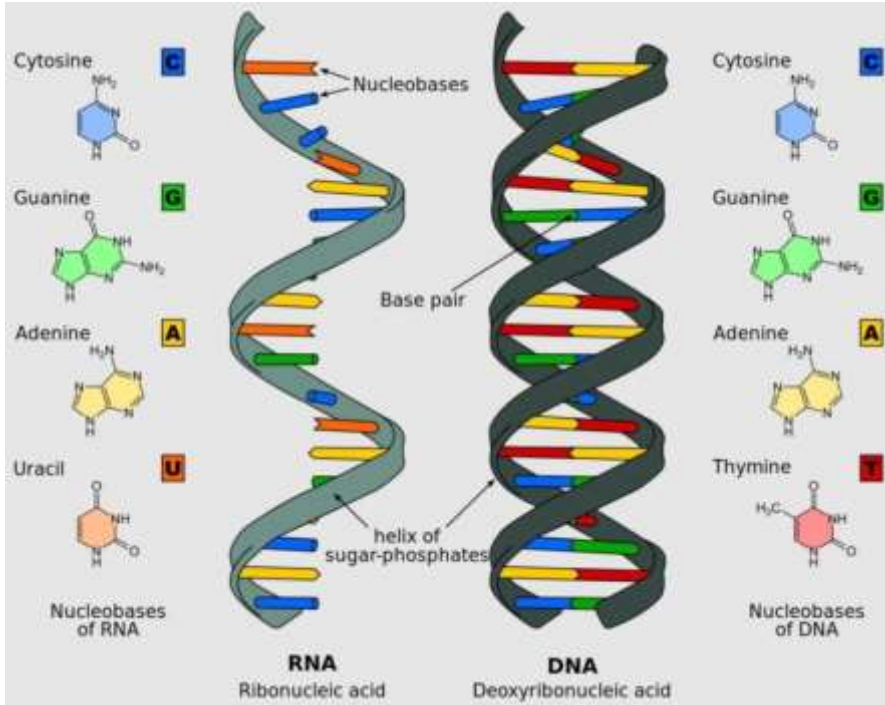
Gambar 3.3. Struktur DNA



Gambar 3.4. Nitrogen DNA

Untuk unsur-unsur DNA dan RNA meliputi :

1. Gula Pentosa
2. Gugus Fosfat
3. Basa Nitrogen yang meliputi Purin (Adenin dan Guanin) dan Pirimidin (Timin (DNA)/Urasil (RNA) dan Sitosin)



Gambar 3.5. Perbedaan DNA dan RNA

PERBEDAAN DNA & RNA		
PERBEDAAN	DNA	RNA
STRUKTUR	Double Helix	Tunggal
KOMPONEN GULA	Deoksiribosa	Ribosa
BASA NITROGEN	PURIN: A, G PIRIMIDIN: T, C	PURIN: A, G PIRIMIDIN: T, U
LETAK	Inti, Mitokondria, Kloroplas	Inti, Sitoplasma, Ribosom, Mitokondria, dan Kloroplas
JUMLAH	Tetap	Berubah-ubah

Gambar 3.6. Tabel Perbedaan DNA dan RNA

Perbedaan DNA dan RNA bisa dikategorikan berdasarkan bentuk, ukuran, fungsi, letak, jenis komponen gula, jenis basa nitrogen, kuantitas didalam sel dan keberadaannya(Murti, 2007).

1. Berdasarkan Bentuk dan Ukurannya

DNA berbentuk rantai panjang, ganda, dan berpilin. Sedangkan, pada RNA memiliki rantai pendek, berjumlah tunggal, dan tidak berpilin.

2. Berdasarkan Fungsinya

Fungsi DNA sebagai Unit pewarisan sifat dan pembawa informasi yang stabil ada didalam sel dan secara penuh mengontrol keseluruhan aktivitas yang ada didalam sel.

Sedangkan,

Fungsi RNA cuma sebagai pembawa informasi genetik yang sifatnya sementara dan sangat berperan penting dalam proses sintesis protein.

3. Berdasarkan Jenis Komponen Gulanya

Untuk komponen gulanya juga berbeda, DNA mengandung deoksiribosa sedangkan RNA mengandung ribosa.

4. Berdasarkan Letaknya

Letak DNA berada pada nukleus, kloroplas dan mitokondria. Sedangkan RNA terletak pada nukleus, sitoplasma, kloroplas, dan mitokondria.

5. Berdasarkan Kualitasnya

Kuantitas DNA di dalam sel selalu tetap, sedangkan pada RNA berubah-ubah. Dalam artian kadarnya dipengaruhi oleh sintesis protein.

6. Berdasarkan Jenis Basa Nitrogennya

Jenis basa nitrogen pada DNA dan RNA juga berbeda. DNA tersusun atas adenin, guanin, sitosin, dan timin. Sedangkan pada RNA tersusun atas adenin, guanin, sitosin, dan urasil. Sifat DNA juga permanen dan stabil di dalam sel, sedangkan RNA mudah terurai.

3.3 sel

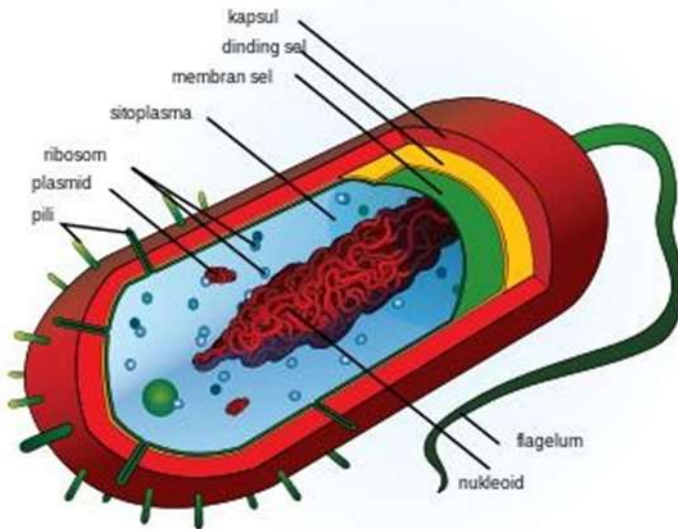
Sel berasal dari kata *Cella*, yang berarti ruangan kecil, yang ditemukan oleh Robert Hooke. Sel merupakan kumpulan materi paling sederhana yang dapat hidup dan merupakan unit penyusun semua makhluk hidup. Sel mampu melakukan semua aktivitas kehidupan dan sebagian besar reaksi kimia untuk mempertahankan kehidupan berlangsung di dalam sel. Kebanyakan makhluk hidup tersusun atas sel tunggal, atau disebut organisme uniseluler, misalnya bakteri dan amuba. Makhluk hidup lainnya, termasuk tumbuhan, hewan, dan manusia, merupakan organisme multiseluler yang terdiri dari banyak tipe sel terspesialisasi dengan fungsinya masing-masing. Tubuh manusia, misalnya, tersusun atas lebih dari 10¹³ sel. Namun demikian, seluruh tubuh semua organisme berasal dari hasil pembelahan satu sel. Contohnya, tubuh bakteri berasal dari pembelahan sel

bakteri induknya, sementara tubuh tikus berasal dari pada pembelahan sel telur induknya yang sudah dibuahi. Sel-sel pada organisme multiseluler tidak akan bertahan lama jika masing-masing berdiri sendiri. Sel yang sama dikelompokkan menjadi jaringan, yang membangun organ dan kemudian sistem organ yang membentuk tubuh organisme tersebut. Contohnya, sel otot jantung membentuk jaringan otot jantung pada organ jantung yang merupakan bagian dari sistem organ peredaran darah pada tubuh manusia. Sementara itu, sel sendiri tersusun atas komponen-komponen yang disebut organel

Sel merupakan unit struktural terkecil dari organisme hidup. Sel di kelilingi oleh selaput/membran sel yang di dalamnya terdapat cairan (protoplasma) atau matriks, dan bentuk-bentuk subselular, organel sel, yang juga dikelilingi membran. Protoplasma terdiri dari plasma sel (sitoplasma) dan inti sel (nucleus), Di dalam inti sel terdapat plasma inti atau nukleoplasma. Secara struktural, sel merupakan satuan terkecil makhluk hidup yang dapat melaksanakan kehidupan, yang merupakan unit terkecil penyusun makhluk hidup. Secara fungsional, sel berfungsi untuk menjalankan fungsi kehidupan (menyelenggarakan kehidupan jika sel-sel penyusunnya berfungsi), kemudian membentuk organisme. Sel berkembang biak dengan cara membelah diri (secara mitosis). Selain itu sel juga mengandung materi genetik, yaitu materi penentu sifat-sifat makhluk hidup, maka sifat makhluk hidup dapat diwariskan kepada keturunannya. Setiap sel, pada tahap tertentu dalam hidupnya, mengandung DNA sebagai materi yang dapat diwariskan dan mengarahkan aktivitas sel tersebut. Selain itu, semua sel memiliki struktur yang disebut ribosom yang berfungsi dalam pembuatan protein yang akan digunakan sebagai katalis pada berbagai reaksi kimia dalam sel tersebut.

Setiap organisme tersusun atas salah satu dari dua jenis sel yang secara struktur berbeda: sel prokariotik atau sel eukariotik. Kedua jenis sel ini dibedakan berdasarkan posisi DNA didalam sel;

sebagian besar DNA pada eukariota terselubung membran organel yang disebut nukleus atau inti sel, sedangkan prokariota tidak memiliki nukleus.(Ethel Sloane, 2003)



Gambar 3.7. Gambaran umum sel prokariota

Pada sel *prokariota* (dari bahasa Yunani, *pro*, 'sebelum' dan *karyon*, 'biji'), tidak ada membran yang memisahkan DNA dari bagian sel lainnya, dan daerah tempat DNA terkonsentrasi di sitoplasma disebut *nukleoid*. Kebanyakan prokariota merupakan organisme uniseluler dengan sel berukuran kecil (berdiameter 0,7–2,0 μm dan volumenya sekitar 1 μm^3) serta umumnya terdiri dari selubung sel, membran sel, sitoplasma, nukleoid, dan beberapa struktur lain.

Hampir semua sel prokariotik memiliki selubung sel di luar membran selnya. Jika selubung tersebut mengandung suatu lapisan kaku yang terbuat dari karbohidrat atau kompleks karbohidrat-protein, peptidoglikan, lapisan itu disebut sebagai dinding sel.

Kebanyakan bakteri memiliki suatu membran luar yang menutupi lapisan peptidoglikan, dan ada pula bakteri yang memiliki selubung sel dari protein. Sementara itu, kebanyakan selubung sel arkea berbahan protein, walaupun ada juga yang berbahan peptidoglikan. Selubung sel prokariota mencegah sel pecah akibat tekanan osmotik pada lingkungan yang memiliki konsentrasi lebih rendah daripada isi sel. Sejumlah prokariota memiliki struktur lain diluar selubung selnya. Banyak jenis bakteri memiliki lapisan diluar dinding sel yang disebut kapsul yang membantu sel bakteri melekat pada permukaan benda dan sel lain. Kapsul juga dapat membantu sel bakteri menghindar dari sel kekebalan tubuh manusia jenis tertentu. Selain itu, sejumlah bakteri melekat pada permukaan benda dan sel lain dengan benang protein yang disebut pilus (jamak: pili) dan fimbria (jamak: fimbriae). Banyak jenis bakteri bergerak menggunakan flagelum (jamak: flagela) yang melekat pada dinding selnya dan berputar seperti motor.(John Gibson, 2002)

Prokariota umumnya memiliki satu molekul DNA dengan struktur lingkar yang terkonsentrasi pada nukleoid. Selain itu, prokariota sering kali juga memiliki bahan genetik tambahan yang disebut plasmid yang juga berstruktur DNA lingkar. Pada umumnya, plasmid tidak dibutuhkan oleh sel untuk pertumbuhan meskipun sering kali plasmid membawa gen tertentu yang memberikan keuntungan tambahan pada keadaan tertentu, misalnya resistansi terhadap antibiotik.

Prokariota juga memiliki sejumlah protein struktural yang disebut sitoskeleton, yang pada mulanya dianggap hanya ada pada eukariota. Protein skeleton tersebut meregulasi pembelahan sel dan berperan menentukan bentuk sel.

Tidak seperti prokariota, sel eukariota (bahasa Yunani, *eu*, 'sebenarnya' dan *karyon*) memiliki nukleus. Diameter sel eukariota biasanya 10 hingga 100 μm , sepuluh kali lebih besar daripada bakteri. Sitoplasma eukariota adalah daerah di antara

nukleus dan membransel. Sitoplasma ini terdiri dari medium semi cair yang disebut sitosol, yang di dalamnya terdapat organel-organel dengan bentuk dan fungsi terspesialisasi serta sebagian besar tidak dimiliki prokariota. Kebanyakan organel dibatasi oleh satu lapis membran, namun ada pula yang dibatasi oleh dua membran, misalnya nukleus. Selain nukleus, sejumlah organel lain dimiliki hampir semua sel eukariota, yaitu (1) mitokondria, tempat sebagian besar metabolisme energi sel terjadi; (2) retikulum endoplasma, suatu jaringan membran tempat sintesis glikoprotein dan lipid; (3) badan golgi, yang mengarahkan hasil sintesis sel ke tempat tujuannya; serta (4) peroksisom, tempat perombakan asam lemak dan asam amino. Lisosom, yang menguraikan komponen sel yang rusak dan benda asing yang dimasukkan oleh sel, ditemukan pada sel hewan, tetapi tidak pada sel tumbuhan. Kloroplas, tempat terjadinya fotosintesis, hanya ditemukan pada sel-sel tertentu daun tumbuhan dan sejumlah organisme uniseluler. Baik sel tumbuhan maupun sejumlah eukariota uniseluler memiliki satu atau lebih vakuola, yaitu organel tempat menyimpan nutrisi dan limbah serta tempat terjadinya sejumlah reaksi penguraian. Jaringan protein serat sitoskeleton mempertahankan bentuk sel dan mengendalikan pergerakan struktur di dalam sel eukariota. Sentriol, yang hanya ditemukan pada sel hewan di dekat nukleus, juga terbuat dari sitoskeleton. Dinding sel yang kaku, terbuat dari selulosa dan polimer lain, mengelilingi sel tumbuhan dan membuatnya kuat dan tegar. Fungi juga memiliki dinding sel, namun komposisinya berbeda dari dinding sel bakteri maupun tumbuhan. Di antara dinding sel tumbuhan yang bersebelahan terdapat saluran yang disebut plasmodesmata (Paul D. Anderson, 1996)

3.3.1 Struktur Sel

Menurut (Silbernagl, 2007)

1. Membran sel

Membran sel yang membatasi sel disebut sebagai membran plasma dan berfungsi sebagai rintangan selektif yang memungkinkan aliran oksigen, nutrisi, dan limbah yang cukup untuk melayani seluruh volume sel. Membran sel juga berperan dalam sintesis ATP, pensinyalan sel, dan adhesi sel. Membran sel berupa lapisan sangat tipis yang terbentuk dari molekul lipid dan protein. Membran sel bersifat dinamik dan kebanyakan molekulnya dapat bergerak disepanjang bidang membran. Molekul lipid membran tersusun dalam dua lapis dengan tebal sekitar 5 nm yang menjadi penghalang bagi kebanyakan molekul hidrofilik. Molekul-molekul protein yang menembus lapisan ganda lipid tersebut berperan dalam hampir semua fungsi lain membran, misalnya mengangkut molekul tertentu melewati membran. Ada pula protein yang menjadi pengait struktural ke sel lain, atau menjadi reseptor yang mendeteksi dan menyalurkan sinyal kimiawi dalam lingkungan sel. Diperkirakan bahwa sekitar 30% protein yang dapat disintesis sel hewan merupakan protein membran.

2. Nukleus

Nukleus mengandung sebagian besar gen yang mengendalikan sel eukariota (sebagian lain gen terletak didalam mitokondria dan kloroplas). Dengan diameter rata-rata 5 μm , organel ini umumnya adalah organel yang paling mencolok dalam sel eukariota. Kebanyakan sel memiliki satu nukleus, namun ada pula yang memiliki banyak nukleus, contohnya sel otot rangka, dan ada pula

yang tidak memiliki nukleus, contohnya sel darah merah matang yang kehilangan nukleusnya saat berkembang

3. Ribosom

Ribosom merupakan tempat sel membuat protein. Sel dengan laju sintesis protein yang tinggi memiliki banyak sekali ribosom, contohnya sel hati manusia yang memiliki beberapa juta ribosom. Ribosom sendiri tersusun atas berbagai jenis protein dan sejumlah molekul RNA.

4. Sistem endomembrane

Berbagai membran dalam sel eukariota merupakan bagian dari sistem endomembran. Membran ini dihubungkan melalui sambungan fisik langsung atau melalui transfer antar segmen membran dalam bentuk vesikel (gelembung yang dibungkus membran) kecil. Sistem endomembran mencakup selubung nukleus, retikulum endoplasma, badan Golgi, lisosom, berbagai jenis vakuola, dan membran plasma. Sistem ini memiliki berbagai fungsi, termasuk sintesis dan modifikasi protein serta transpor protein ke membran dan organel atau ke luar sel, sintesis lipid, dan penetralan beberapa jenis racun.

5. Retikulum endoplasma

Retikulum endoplasma merupakan perluasan selubung nukleus yang terdiri dari jaringan (reticulum = 'jaring kecil') saluran bermembran dan vesikel yang saling terhubung. Terdapat dua bentuk retikulum endoplasma, yaitu retikulum endoplasma kasar dan retikulum endoplasma halus. Retikulum endoplasma kasar disebut demikian karena permukaannya ditemplei banyak ribosom

6. Badan golgi

Badan Golgi (dinamai menurut nama penemunya, Camillo Golgi) tersusun atas setumpuk kantong pipih dari membran yang disebut sisterna. Biasanya terdapat tiga sampai delapan sisterna, tetapi ada sejumlah organisme

yang memiliki badan Golgi dengan puluhan sisterna. Jumlah dan ukuran badan Golgi bergantung pada jenis sel dan aktivitas metabolismenya. Sel yang aktif melakukan sekresi protein dapat memiliki ratusan badan Golgi. Organel ini biasanya terletak di antara retikulum endoplasma dan membran plasma

7. Lisosom

Lisosom pada sel hewan merupakan vesikel yang memuat lebih dari 30 jenis enzim hidrolitik untuk menguraikan berbagai molekul kompleks. Sel menggunakan kembali subunit molekul yang sudah diuraikan lisosom itu. Bergantung pada zat yang diuraikannya, lisosom dapat memiliki berbagai ukuran dan bentuk. Organel ini dibentuk sebagai vesikel yang melepaskan diri dari badan Golgi.

8. Vakuola

Kebanyakan fungsi lisosom sel hewan dilakukan oleh vakuola pada sel tumbuhan. Membran vakuola, yang merupakan bagian dari sistem endomembran, disebut tonoplas. Vakuola berasal dari kata bahasa Latin *vacuolum* yang berarti 'kosong' dan dinamai demikian karena organel ini tidak memiliki struktur internal. Umumnya vakuola lebih besar daripada vesikel, dan kadang kala terbentuk dari gabungan banyak vesikel

9. Mitokondria

Sebagian besar sel eukariota mengandung banyak mitokondria, yang menempati sampai 25 persen volume sitoplasma. Organel ini termasuk organel yang besar, secara umum hanya lebih kecil dari nukleus, vakuola, dan kloroplas. Nama mitokondria berasal dari penampakkannya yang seperti benang (bahasa Yunani *mitos*, 'benang') di bawah mikroskop cahaya.

10. Kloroplas

Kloroplas merupakan salah satu jenis organel yang disebut plastid pada tumbuhan dan alga. Kloroplas mengandung klorofil, pigmen hijau yang menangkap energi cahaya untuk fotosintesis, yaitu serangkaian reaksi yang mengubah energi cahaya menjadi energi kimiawi yang disimpan dalam molekul karbohidrat dan senyawa organik lain.

11. Peroxisom

Peroxisom berukuran mirip dengan lisosom dan dapat ditemukan dalam semua sel eukariota.

12. Sitoskeleton

Sitoskeleton eukariota terdiri dari tiga jenis serat protein, yaitu mikrotubulus, filamen intermediat, dan mikrofilamen. Protein sitoskeleton yang serupa dan berfungsi sama dengan sitoskeleton eukariota ditemukan pula pada prokariota.

13. Komponen ekstraseluler

Sel-sel hewan dan tumbuhan disatukan sebagai jaringan terutama oleh matriks ekstraseluler, yaitu jejaring kompleks molekul yang disekresikan sel dan berfungsi utama membentuk kerangka pendukung. Terutama pada hewan, sel-sel pada kebanyakan jaringan terikat langsung satu sama lain melalui sambungan sel.

DAFTAR PUSTAKA

- Ethel Sloane. 2003. *Anatomi dan Fisiologi*. 1st edn. Edited by Palupi Widiyastuti. Jakarta: EGC.
- John Gibson. 2002. *Fisiologi & Anatomi Modern Untuk Perawat*. 2nd edn. Edited by Monica Ester. Jakarta: EGC.
- Murti, H. 2007. *Regulasi Siklus Sel: Kunci Sukses Somatoc Cell Nuclear Transfer*.
- Paul D.Anderson. 1996. *Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia*. 1st edn. Edited by Yasmin Asih. Jakarta: EGC.
- Purjiyanta, Eka, Triyono, A. 2013. *IPA Terpadu*. Jakarta: Erlangga.
- Silbernagl, S. 2007. *Atlas Berwarna dan Teks Patofisiologi*. 1st edn. Stuttgart, Germany.
- Yuwono Triwibowo. 2007. *Biologi Molekuler*. Jakarta: Erlangga.

BAB 4

PATOLOGI DASAR

Oleh Muhaimin Saranani

4.1 Pendahuluan

Patologi merupakan salah satu cabang bidang kedokteran yang berhubungan dengan karakteristik dan perkembangan penyakit melalui analisis perubahan fungsi atau kondisi. Bidang ini terdiri atas patologi anatomidan patologi klinik . Patologi melibatkan berbagai aspek diantaranya

1. Struktur dan organisasi tubuh manusia (aspek anatomi)
2. Fungsi organ dan sistem organ dan cara interaksinya didalam tubuh (fisiologis)
3. Rangkaian proses kimia dalam *tubuh* makhluk hidup (Biokimia)
4. Struktur mikroskopik dan fungsi jaringan pembentuk dan penyusun organ dan sistem organ dalam tubuh manusia (histopatologi)
5. Obat – obatan dan interaksinya didalam tubuh (farmakologi)
6. Kelainan struktur mikroskopik dan makroskopik berbagai organ dan jaringan yang disebabkan penyakit atau proses lainnya (patologi Anatomi)
7. Kelainan yang terjadi pada berbagai fungsi organ atau sistem organ (Patologi Anatomi)

Berdasarkan uraian diatas, patologi dapat diartikan sebagai gambaran atau studi abnormalitas terhadap berbagai perubahan struktur dan fungsi tubuh. Bila perubahan terjadi akibat suatu

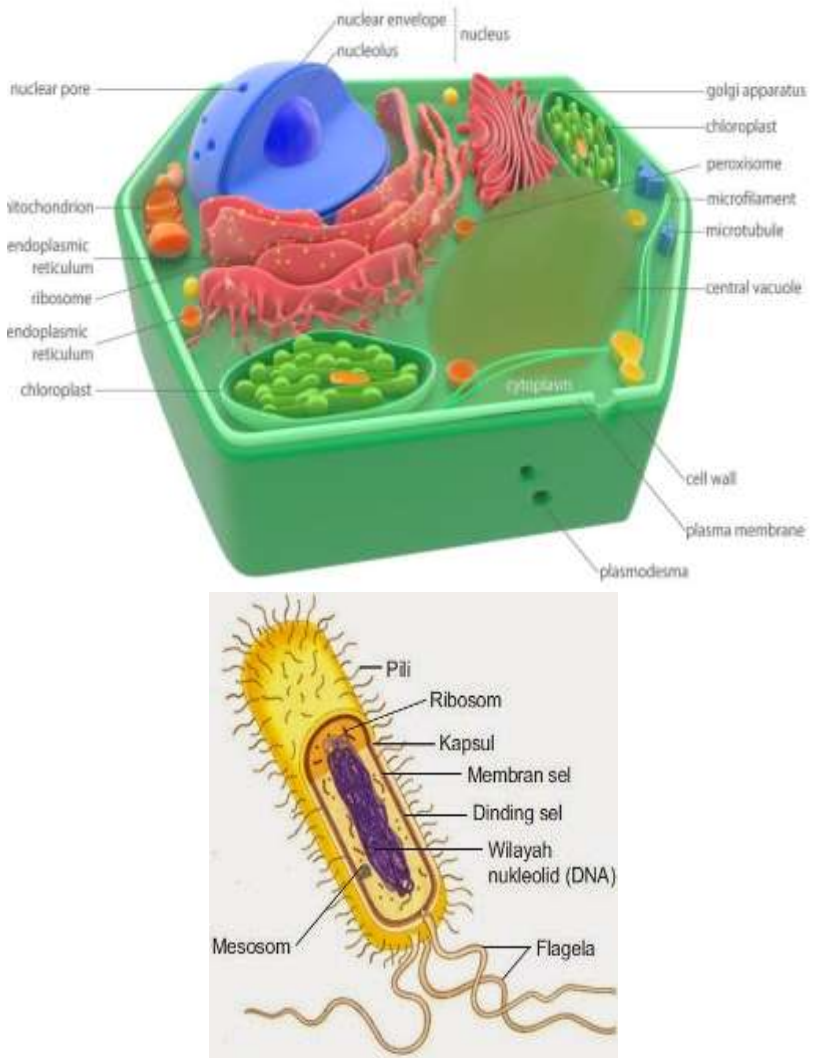
penyakit disebut dengan patofisiologi. Gambaran perjalanan atau kronologis suatu penyakit di sebut dengan istilah patogenesis.

4.2 Biologi Sel Dan Injuri Pada Sel

1. Sel dan Jaringan Tubuh

Pembentukan sel dan jaringan, dimulai sejak janin di dalam kandungan. Pengelompokkan sel makhluk hidup berdasarkan struktur membran, terdiri atas sel prokariotik dan eukariotik. Perbedaan mendasar dari kedua sel ini adalah keberadaan nukleus atau inti sel dan membran organel lainnya. Struktur sel prokariotik lebih sederhana dibanding sel eukariotik. Sel prokariotik memiliki area sitoplasma yang mengandung DNA berbentuk sirkuler disebut dengan nukleoid, dan plasmid yang merupakan komponen DNA kecil lainnya berbentuk sirkuler (ekstrakromosom), terletak diluar nukleoid. Ukuran sel prokaryotik diperkirakan sebesar 0,5- 2,0 μm . Jenis sel ini dapat ditemukan pada organisme bersel tunggal seperti bakteri. (Collins, 2021). Berbeda dengan sel prokariotik, sel eukariotik memiliki struktur yang lebih kompleks, sehingga ukuran sel dapat mencapai 10 – 100 μm dengan komponen utama struktur membran, sitoplasma, serta elemen utama yang disebut organel. Organel terbesar adalah nukleus atau inti sel, mengandung kromosom yang memiliki peranan penting dalam proses pembelahan sel. (Kumar, 2021). Selain itu sel eukaryotik memiliki Sitoskeleton dengan struktur protein yang lebih kompleks serta mikrotubulus. Komponen ini berfungsi mempertahankan bentuk sel, menyiapkan organel dan berperan penting selama endositosis, transpor seluler dan sitokinesis. Kepadatan struktur dan polaritas mikrotubulus yang dimiliki sangat berperan dalam transpor antar sel didalam tubuh. Misalnya pada sel syaraf polaritas

mingkrotubulus memiliki peranan sangat penting dalam pemilihan muatan untuk neouton proyeksi (Agrawal et al., 2022).



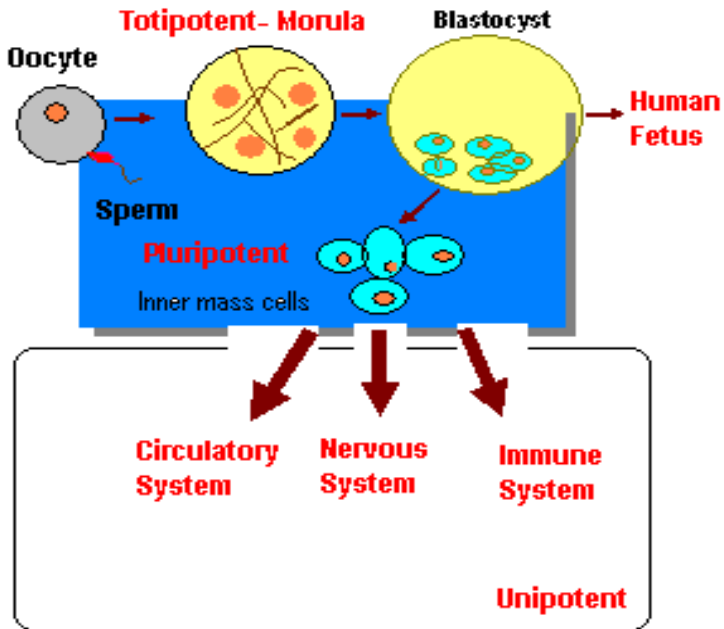
Gambar 4.1. Struktur Sel euokariotik dan prokariotik

Pada manusia terdapat 200 jenis sel yang memiliki keunikan dan fungsi yang berbeda – beda. Beberapa jenis sel diantaranya :

1) Sel induk ; merupakan sel asal atau sel utama yang menjadi cikal bakal dalam menyusun jaringan dan organ lainnya. Jenis sel ini memiliki kemampuan untuk berdiferensiasi dan proliferasi sehingga dapat menghasilkan generasi baru dengan garis keturunan yang sama. Klasifikasi sel induk didasarkan pada :

a) Kapasitas diferensiasi

Sel induk totipoten dapat menghasilkan sel apa pun baik yang berasal dari embrio tetapi juga jaringan ekstra-embrik. Sel induk berpotensi majemuk pada salah satu dari tiga lapisan germinal embrionik; namun, mereka tidak dapat berdiferensiasi menjadi jaringan ekstra-embrik. Sel induk multipoten hanya dapat berdiferensiasi menjadi satu jaringan germ line. Sel induk oligopoten dan unipoten terlihat pada jaringan organ dewasa yang berkomitmen pada garis keturunan sel.



Gambar 4.2. Sel induk totipoten

b) Asal Sel

Sel induk dapat diekstraksi dari berbagai sumber, termasuk sumsum tulang, sel ketuban, jaringan adiposa, tali pusat, dan jaringan plasenta.

Saat ini perkembangan bidang kedokteran telah memanfaatkan sel induk sebagai terapi penyakit yang sifatnya degeneratif misalnya penggunaan sel induk dalam meningkatkan potensinya sebagai sel regeneratif pada penyakit-penyakit penurunan fungsi syaraf (neuro degeneratif). Berbagai riset membuktikan bahwa sel ini memberikan harapan baru dengan menggantikan neuron yang rusak akibat proses

penyakit seperti pada kasus Alzheimer dan Parkinson (Poliwoda *et al.*, 2022).

- 2) Sel otot: Ini pada dasarnya terdiri dari tiga jenis sel kerangka
- 3) Sel tulang: Sel-sel ini membentuk tulang yang mengalami diferensiasi menjadi sel osteosit, osteoklas, dan osteoblas, selain itu jenis sel tulang rawan berkembang menjadi kondrosit, kondroblas, dan kondroklas.
- 4) Sel darah, berdiferensiasi menjadi Trombosit, eritrosit (sel darah merah), Leukosit (sel darah putih), neutrofil, basofil, dll.
- 5) Sel kelamin: Mereka adalah dua jenis - sperma dan sel telur. Selanjutnya, mereka melewati berbagai tahap perkembangan seperti (pada pria) sel primordial, spermatosit primer, spermatosit sekunder, spermatid, dan akhirnya mencapai tahap sperma dewasa. Selain itu, kami menemukan sel pendukung seperti sel Sertoli dan sel penghasil hormon seperti sel Leydig
- 6) Sel-sel saraf: Mereka dari berbagai jenis - neuron, oligodendrosit, astrosit, mikroglia, dll (Farhana., 2023)

2. Fungsi Sel

Banyak dan beragamnya sel yang dimiliki manusia, relevan dengan fungsi yang bervariasi, berikut rangkuman fungsi sel, berdasarkan struktur yang menopangnya :

- 1) Struktur Sel, bagian ini terlibat dalam mempertahankan bentuk dan struktur spesifik pada setiap bagian tubuh.
- 2) Pertumbuhan: Fungsi ini melibatkan sel induk yang mengalami proliferasi dan diferensiasi sehingga menghasilkan sel baru, dengan bantuan gen pemicu pertumbuhan yang bervariasi pada setiap organ dan

jaringan tubuh. . Hal ini pesat terjadi pada usia anak dimana secara masive terjadi pertambahan ukuran dan jumlah sel dan mengalami penurunan seiring pertumbuhan usia (Lui JC, 2011).

- 3) Apoptosis, fungsi ini menggambarkan kemampuan sel mematikan dirinya melalui proses pencernaan dilevel selluler . Hal ini bertujuan untuk mengeliminasi sel – sel yang telah mati/usang sehingga tubuh dapat mempersiapkan sel – sel baru melalui proses regenerasi sel. Proses ini mengalami peningkatan pada kasus penyakit degeneratif namun berbanding terbalik pada penderita kanker, yang mengaami penurunan fungsi apoptosis pada sel (Morana *et al.*, 2022).
- 4) Metabolisme: proses ini diawali dengan dengan sintesis protein, karbohidrat, dan lipid yang diperlukan sel untuk pertumbuhan dan proliferasinya.
- 5) Pengaturan suhu: Metabolisme salahsatu sumber energi dalam tubuh, proses ini terjadi di mitokondria. Proses ini akan menyebabkan peningkatan suhu.
- 6) Komunikasi: Bagian yang memjalankan peran ini adalah neuron. Aktifitas neuron berupa pengiriman informasi dari otak ke berbagai bagian tubuh. Selain melalui neuron, komunikasi antar sel dilakukan melalui respon tubuh yang diperatarai substansi kimia berupa enzim, hormon, dan lain-lain. Hal ini menunjukkan bahwa sel-sel berinteraksi terus menerus satu sama lain dengan tujuan memeprtahankan aktivitas dalam tubuh berupa metabolisme, pertumbuhan, perkembangan, pembelahan, transportasi, dll (Lan Guan, 2022).
- 7) Transportasi zat melintasi membran: Membran di sekitar sel menunjukkan permeabilitas selektif. Transportasi dapat aktif atau pasif. Beberapa elemen,

seperti air, karbon dioksida, oksigen, glukosa, dll(Lan Guan, 2022) .

- 8) Reproduksi: Pembelahan dan penggandaan sel terjadi di hampir semua sel tubuh. Tetapi ketika sel kelamin pria dan wanita bertemu dan melebur, itu mengarah pada produksi individu yang sama sekali baru, dalam bentuk zigot.

3. Injuri Sel

Injuri atau cedera pada sel terjadi bila sel tidak dapat mempertahankan keadaan homeostasis. Keadaan ini bisa bersifat reversibel (dapat kembali pulih) atau irreversibel (menetap). Beberapa kondisi yang dapat menginisiasi terjadinya cedera sel, diantaranya kekurangan oksigen, radikal bebas, bahan kimia yang bersifat toksik, infeksi, respon radang/ imun, faktor genetik, kekurangan nutrisi ataupun trauma fisik lainnya seperti suhu ekstrem, radiasi (Miller & Zachary, 2020)(David Wallach, 2014). Patogenesis mendasar dari cedera sel adalah gangguan dari homeostasis. Cedera sel dimulai pada tingkat molekuler, dan, meskipun penyebab spesifiknya beragam dan banyak, yang mendasar mekanisme dapat dikategorikan sebagai berikut:

- a. Gangguan pembentukan adenosin trifosfat (ATP).
- b. Peningkatan permeabilitas membran sel
- c. Gangguan jalur biokimia, terutama jalur sintesis protein
- d. Kerusakan DNA

Kerusakan suplai oksigen dan nutrisi ke sel akan berakibat pada kerusakan pada mitokondria, kondisi tersebut secara langsung dapat menginisiasi terhentinya fosforilasi oksidatif, inflasi adenosin triphospat (ATP) hingga menyebabkan ke glikolisis anaerobik. Penurunan

jumlah ATP akan mempermudah/ memperbesar cedera sel, akibat gangguan regulasi enzim yang bergantung pada ketersediaan energi, khususnya pompa ion adenosinetriphosphatase membrane, sebagai sel yang mengontrol volume sel dan keseimbangan elektrolit. Salah satu organel sel yang sangat rentang dengan cedera sel adalah Mitokondria, komponen ini merupakan bagian sel yang berperan penting dalam pembentukan energi, sehingga Cedera mitokondria melalui peningkatan permeabilitas membran mitokondria tidak hanya menyebabkan berkurangnya ATP yang dihasilkan tetapi berdampak pula terhadap, hilangnya homeostasis kalsium dan aktivasi enzim, seperti fosfolipase, protease, dan endonuklease, serta asam nukleat (Miller & Zachary, 2020)(Karch & Molkentin, 2015).

4. Adaptasi Sel

Kemampuan tubuh berespon terhadap rangsangan seperti cedera merupakan gambaran mekanisme kompensasi menjadi sel adaptasi dari sel normal. Respon tubuh terhadap jejas, akan berbeda disetiap jenis sel baik dari aspek pola respon maupun kecepatan respon. Hal tersebut ditentukan pada kemampuan adaptasi serta kondisi fisiologi serta tipe dan sifat stressor tanpa engabaikan lama dan beratnya stressor. Deviasi yang terjadi suatu "*setting point*" akan memicu respon tubuh agar dapat mengimbangi perubahan tersebut. Beberapa parameter yang dapat diatur melalui mekanisme kompensasi antara lain : tekanan darah, cairan dan elektrolit, kadar asam basa, kadar glukosa darah, suhu tubuh. Setiap parameter memiliki rentang nilai untuk dapat berfungsi secara optimal, sehingga perubahan parameter baik dalam bentuk pengurangan atau peningkatan , akan

memicu aktivitas mekanisme kompensasi dan umpan balik agar mampu kembali pada kondisi sebelumnya (normal).

Beberapa bentuk penyesuaian sel diantaranya mengalami pertumbuhan /atau perubahan ukuran dan bentuk sel contohnya kondisi atropi (pengecilan/penciutan sel), hipertropi (penambahan ukuran sel) atau dalam bentuk hiperplasia/metaplasia yaitu diferensiasi sel yang masiv sehingga penambahan sel bukan hanya pada ukuran tetapi dari segi kuantitas/ jumlah sel. Selain bentuk dan ukuran adaptasi sel, dapat pula berupa akumulasi material atau bahan –bahan tertentu seperti simpanan hasil metabolisme karbohidrat dalam bentuk glikogen, simpanan lemak, protein, zat besi, melanin atau bilirubin).

5. Degenerasi

Degenerasi adalah perubahan morfologik yang terjadi pada sel yang bersifat ringan atau tidak fatal. Perubahan tersebut masih dapat dikompensasikan oleh tubuh sehingga dan pulih (*reversibel*), bila kondisi ini berlangsung lama maka kerusakan akan meluas dan menyebabkan kematian sel yang dikenal dengan istilah nekrosis(Karch & Molkentin, 2015). Istilah nekrosis digunakan bila timbul perubahan morfologik setelah sel itu mati. Berikut bentuk – bentuk degenerasi , iantaranya

1) Degenerasi albumin (*cloudy swelling*)

Merupakan perubahan kemunduran akibat jejas yang tidak keras. Perubahan ini ditandai oleh adanya sel – sel yang membengkak, disertai sitoplasma bergranula sehingga jaringan nampak keruh. Hal ini sering ditemukan pada tubulus ginjal, sel hati dan sel otot jantung. Jenis degerasi ini dapat disebabkan akibat infeksi, demam, keracunan, suhu yang terlalu rendah/

terlalu tinggi, anoksia, gizi buruk dan gangguan sirkulasi.

- 2) Degenerasi hidrofik atau degenerasi vakuoler
Merupakan bentuk degenerasi berupa edema intraselluler, sehingga lebih mencolok dari degenerasi albumin (degenerasi bengkak keruh), lebih kuat kerusakan yang terjadibaik intensitas maupun waktu yang lebih lama/ panjang. Penyebab sama dengan degenerasi albumin.

- 3) Perlemakan (degenerasi lemak, deposit atau infiltrasi lemak atau metamorfosis lemak)

Suatu kondisi yang menggambarkan adanya penumpukan lemak secara abnormal yang disebabkan injuri atau gangguan metabolisme sel. Manifestasi dari degenerasi ini adalah ditemukannya vakuola yang mengindikasikan adanya akumulasi lemak. Peristiwa ini, biasanya diawali dengan bengkak keruh. Perlemakan, meskipun bersifat reversibel, namun menunjukkan adanya injuri berat dan menjadi awal nekrosis. Kondisi ini sering dijumpai pada organ hati, jantung dan ginjal.

Pada hati bisa terjadi pada skala ringan hingga berat, diawali dengan hati yang membesar, berwarna kuning dan lunak, hal tersebut dapat ditemukan pada alkoholik dan gangguan gizi yang berat seperti kwashiorkor, hingga berujung pada kondisi fibrosis dan cirrosis. Pada jantung perlemakan sering terjadi pada otot jantung (miokard) akibat hipoksia pada penderita dipteri, sedangkan pada ginjal, perlemakan dapat ditemui pada tubulus. Kondisi ini dapat dipicu oleh hipoksia berat, keracunan zat kimia (seperti chloroform, carbon tetrachlorid, benzol dan lain-lain)

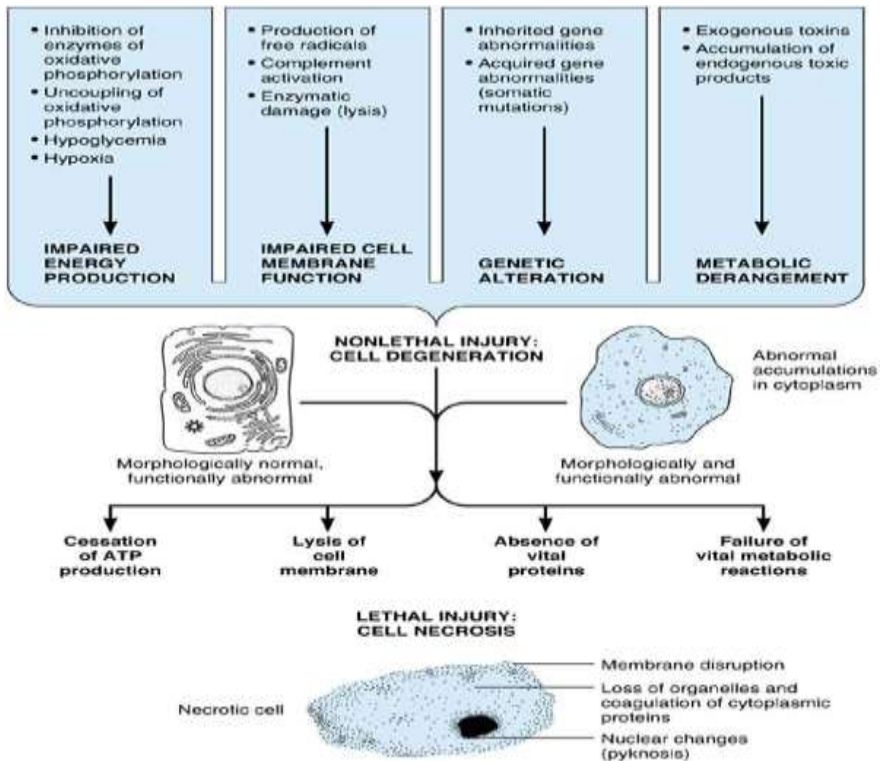
serta adanya penyakit ginjal primer seperti *glomerulusnephritis*.

4) Infiltrasi (degenerasi) glikogen

Secara normal kelebihan glukosa didalam tubuh dapat disimpan dalam bentuk glikogen terutama pada otot dan hati. Pada kondisi tertentu simpanan dapat menjadi berlebihan, sehingga pengamatan dilakukan dengan mikroskop akan menunjukkan adanya vakuola – vakuola pada sitoplasma dan inti. Secara langsung sel tidak menimbulkan gangguan fungsi. Secara umum kondisi ini disebabkan oleh ketidakseimbangan metabolik antara glikogenesis dan glikogenolisis. Infiltrasi glikogen ditemukan pada -6-phosphatase, sehingga simpanan glikogen tidak dapat di mobilisasi. (Miller & Zachary, 2020)

6. Nekrosis

Nekrosis (kematian sel) dapat bersifat lokal (setempat) maupun seluruh tubuh (somatik) yang terjadi pada jaringan atau sel – sel tertentu. Pada jaringan hidup yang mengalami nekrosis, secara makroskopis akan ditemui jaringan yang tidak segar lagi tetapi nampak opaque (keruh) keabu-abuan. Kondisi ini tergantung pada jenis jaringan. Bentuk nekrosis jaringan dapat berupa perkejuan, gumma dll. Jaringan yang mengalami nekrotik, akan merangsang jaringan sehat sekitar sehingga ditemukan batas hiperemik yang dikelilingi sel radang. Pada nekrosis nampak perubahan terutama pada inti sel, inti fragmented, gambaran kromatin hilang, piknotik, hal ini berbeda dengan sel degeneratif, perubahan ditemukan pada sitoplasma (D'Arcy, 2019).



Gambar 4.3. Proses nekrosis sel

Penyebab nekrosis sel

1. Iskhemia akibat menurunnya suplai darah ke sel , seperti adanya sumbatan pembuluh darah, selanjutnya membentuk trombus. Otak merupak organ yang sangat rentan mengalami iskhemia
2. Toksin yang berasal dari infeksi bakteri yang bersifat merusak dinding kapiler dan pembentukan trombus
3. Agen kimia. Manifestasi yang ditimbulkan bergantung pada kadar bahan kimia dan sifat macam – macam jaringan. Gas mustard merusak paru, chloroform dapat merusak

parenkim hati, Bahkan kadar natrium dan glukosa pun bila kadarnya melebihi ambang batas normal akan mampu mencetuskan nekrosis akibat terganggunya keseimbangan osmotik.

4. Trauma akibat suhu ekstrim, arus listrik, sinar matahari serta radiasi. Nekrosis dapat terjadi akibat gangguan biokimia dalam protoplasma dan inti sel.
5. Hipersensitifitas(Karch & Molkentin, 2015)

4.3 Proses Peradangan

1. Konsep dasar peradangan

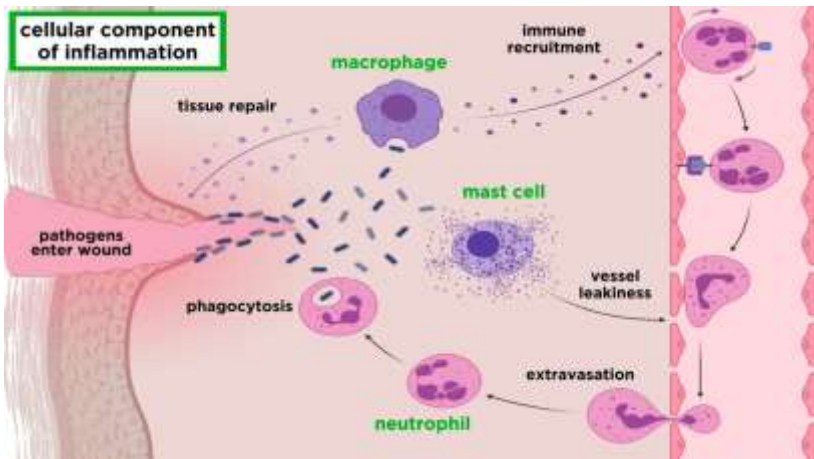
a. Definisi

Peradangan merupakan bentuk respons sistem kekebalan menyikapi adanya rangsangan berbahaya, seperti invasi kuman patogen, sel nekrosis, senyawa beracun, serta radiasi. Aksi ini berupa menghilangkan penyebab atau rangsangan dan menginisiasi proses penyembuhan. Penyebab inflamasi, diklasifikasikan menjadi (1) faktor menular : infeksi virus dan bakteri (2) faktor tidak menular; berupa rangsangan bersifat kimiawi seperti alkohol, bahan yang bersifat iritatif seperti fluorida, nikel, frost bit (suhu dingin yang ekstrim), cedera fisik, luka bakar, radiasi dll.

Perubahan yang dialami tubuh selama masa peradangan dapat berupa respon yang bersifat lokal maupun sistemik (melalui jalur vaskuler). Interaksi seluler dan molekuler secara efisien meminimalkan cedera atau infeksi yang akan datang.

Manifestasi klinik yang ditunjukkan sebagai respon awal terhadap injuri berupa kemerahan (rubor), bengkak, terasa panas, nyeri, kehilangan fungsi jaringan. Proses inflamasi diawali dengan serangkaian peristiwa berupa peningkatan

permeabilitas vaskular, rekrutmen dan akumulasi leukosit, dan pelepasan mediator inflamasi (Chen *et al.*, 2018)



Gambar 4.4. Respon seluler dalam proses peradangan

b. Patogenesis terjadinya peradangan

Berdasarkan waktu yang dibutuhkan dan kecepatan merespon, Peradangan dibagi menjadi beberapa jenis diantaranya

- 1) Peradangan akut : respon ini terjadi segera setelah cedera; Proses miiitigasi sangat dibutuhkan pada peradangan akut, bila peradangan ini tidak sembuh setelah enam minggu, keadaan ini akan berkembang dari peradangan akut menjadi peradangan subakut dan selanjutnya peradangan kronis. Jika berlanjut tanpa pemulihan, maka kerusakan jaringan dan fibrosis akan terjadi (Hannoodee, 2023).
- 2) Peradangan kronis, berlangsung selama beberapa hari, hingga berbulan-bulan atau bahkan bertahun-

tahun. Peradangan ini merupakan kelanjutan peradangan akut yang tidak dapat diatasi dan memiliki kontribusi terhadap timbulnya penyakit inflamasi kronis.

- 3) Subakut merupakan periode transformasi dari akut menjadi kronis yang berlangsung dari 2 hingga 6 minggu (Hannoodde, 2023)

Peradangan akut dimulai segera setelah cedera. Reaksi awal yang terjadi adalah refleks neural yang menyebabkan vasokonstriksi pembuluh darah dengan tujuan mengurangi perdarahan pada area yang cedera, kemudian disusul dengan dilatasi arteriole dan venula, agar lebih banyak cairan serta zat terlarut yang melewati celah celah sel, termasuk fibrinogen, komplemen. Selain itu Kerusakan sel akibat jejas akan menstimulasi rilisnya mediator kimia terlarut seperti sitokin, protein fase akut, dan kemokin. Mediator – mediator ini mencetuskan berbagai perubahan berupa peningkatan permeabilitas membran vaskuler yang memungkinkan komponen sistem imun dapat ketempat cedera. Vasodilatasi terjadi akibat pengaruh histamin yang dilepaskan oleh sel mast yang mengalami cedera, sel basofil dan trombosit yang ada disekitar luka. Reaksi ini disebut dengan respon vaskuler. Setelah melewati vaskuler selanjutnya melewati tahap seluler, yaitu berupa respon khas leukosit dengan rangkaian aktivitas sebagai berikut: (1) Marginasi; proses ini menggambarkan menepinya granulosit dan monosit pada endotel pembuluh darah, sel – sel polimorfonuklear (PMN) menepi dan membentuk lapisan tersendiri dan melekat pada dinding pembuluh darah. (2) Emigrasi; Pada tahap seluler, leukosit menuju ketempat cedera dengan cara diapedesis, perpindahan ini dikenal dengan istilah emigrasi. Komponen imunitas yang pertamakali tiba adalah neutrofil, selanjutnya monosit

(makrofag) serta limfosit, kadang disertai sel darah merah. Gerakan sel PMN (neutrofil, eosinofil, basofil disebut kemotaksis. Kemotaksis dapat diartikan sebagai gerakan terarah dari sel – sel ameboid melalui gradien konsentrasi yang terdiri atas substansi seperti toksin bakteri, faktor komplemen. Gradien ini menentukan arah kekuatan yang menarik sel – sel fagositotik (3) Fagositosis ;merupakan proses spesifik terhadap partikel benda asing oleh sel – sel fagosit seperti neutrofil dan makrofag. Dalam proses fagositosis , sel – sel fagosit mengalami kematian, selanjutnya pecah dan mengeluarkan enzim yang dapat mencederai jaringan disekitarnya, yang ditandai dengan akumulasi nanah yang ditemukan bersama partikel benda asing yang tereliminasi.(Hannoodee, 2023), Chen et al., 2018)

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, A., Scott, Z. C., & Koslover, E. F. 2022. Morphology and Transport in Eukaryotic Cells. *Annual Review of Biophysics*, 51, 247–266. <https://doi.org/10.1146/annurev-biophys-111121-103956>
- Chen, L., Deng, H., Cui, H., Fang, J., Zuo, Z., Deng, J., Li, Y., Wang, X., & Zhao, L. 2018. Oncotarget 7204 www.impactjournals.com/oncotarget Inflammatory responses and inflammation-associated diseases in organs. *Oncotarget*, 9(6), 7204–7218. www.impactjournals.com/oncotarget/
- Collins, S. 2021. *Journal of Cell Science & Therapy Prokaryotic Cells-Structure and its Significance*. 12, 2021.
- D'Arcy, M. S. 2019. *Cell Biology International REVIEW Cell death: a review of the major forms of apoptosis, necrosis and autophagy*. <https://doi.org/doi.org/10.1002/cbin.11137>
- David Wallach, T.-B. K. & A. K. 2014. Concepts of tissue injury and cell death in inflammation: a historical perspective. *Nature Nature Reviews Immunology*, *Nature Rev*(14), 51–59. <https://www.nature.com/articles/nri3561>
- Farhana, Y. S. K. A. 2023. *Histology, Cell*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554382/>
- Hannoodee. 2023. *Acute Inflammatory Response*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK556083/>
- Karch, J., & Molkentin, J. D. 2015. Regulated necrotic cell death: The passive aggressive side of bax and bak. *Circulation Research*, 116(11), 1800–1809. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.116.305421>
- Kumar, R. 2021. Evaluation of Prokaryotic and Eukaryotic Cell. *Asian Journal of Pharmaceutical Research*, 11(3). <https://doi.org/DOI: 10.52711/2231-5691.2021.00036>

- Lan Guan. 2022. Structure and mechanism of membrane transporters. *Nature Scientific Reports*, 12.
- Lui JC, B. J. 2011. Mechanisms limiting body growth in mammals. *Endocr Rev*, 32(3), 44–440.
- Miller, M. A., & Zachary, J. F. 2020. *C H A P T E R 1 Mechanisms and Morphology of Cellular Injury , Adaptation , and Death 1* (Issue January).
- Morana, O., Wood, W., & Gregory, C. D. 2022. The Apoptosis Paradox in Cancer. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(3). <https://doi.org/10.3390/ijms23031328>
- Poliwoda, S., Noor, N., Downs, E., Schaaf, A., Cantwell, A., Ganti, L., Kaye, A. D., Mosel, L. I., Carroll, C. B., Viswanath, O., & Urits, I. 2022. Stem cells: a comprehensive review of origins and emerging clinical roles in medical practice. *Orthopedic Reviews*, 14(3). <https://doi.org/10.52965/001C.37498>

BAB 5

FARMAKOLOGI DASAR

KEPERAWATAN

Oleh Indari

5.1 Pendahuluan

Penentuan obat untuk pasien merupakan wewenang dari dokter, perawat berperan penting dan bertanggung jawab dalam administrasi, pengelolaan dan pemberian obat kepada pasien. Perawat memiliki peran yang utama dalam meningkatkan dan mempertahankan kesehatan klien dengan mendorong klien untuk lebih proaktif jika membutuhkan pengobatan. Perawat harus terampil dan tepat saat memberikan obat serta memiliki pengetahuan tentang manfaat dan efek samping obat.

Pengkajian respons seorang klien terhadap terapi obat merupakan tanggung jawab keperawatan yang tidak ada hentinya. Pengetahuan tentang *farmasetik*, *farmakokinetik* dan *farmakodinamik* obat harus dimiliki oleh perawat supaya perawat dapat melakukan pengkajian, merencanakan, memberikan intervensi dan mengevaluasi efek-efek obat dengan tepat. Perawat juga harus mampu memberikan penyuluhan kepada klien dan mampu memberikan obat dengan menerapkan prinsip-prinsip pemberian obat, serta penghitungan dosis obat. Pengetahuan yang baik tentang farmakologi juga penting untuk mencegah kejadian *medication error* dalam praktik keperawatan.

Medication error (ME) adalah kejadian yang merugikan pasien akibat pemakaian obat selama dalam penanganan tenaga kesehatan yang sebetulnya dapat dicegah (Khairurrijal and Putriana, 2018). Medication error bisa terjadi pada saat pemberian

obat yang bisa disebabkan beberapa hal seperti penulisan resep yang sulit dibaca di bagian nama obat, satuan numerik obat yang digunakan, bentuk sediaan yang dimaksud, tidak ada dosis sediaan, tidak ada umur pasien, tidak ada nama dokter, tidak ada SIP dokter, tidak ada tanggal pemberian (Rahmawati and Oetari, 2002). Faktor penyebab ME fase prescribing meliputi beban kerja yaitu rasio antara beban kerja dan Sumber daya manusia tidak seimbang, edukasi yaitu penulisan resep tidak memenuhi syarat kelengkapan resep, gangguan bekerja yaitu terganggu dengan dering telepon, kondisi lingkungan yaitu pencahayaan yang kurang mendukung saat bekerja, dan komunikasi yaitu permintaan(Donsu, Y. Ch., Tjitrosantoso, H., & Bodhi, 2016)

5.2 Konsep Dasar Farmakologi

Farmakologi merupakan ilmu yang mempelajari pengetahuan obat dengan seluruh aspeknya meliputi sifat kimiawi obat, fisiknya, kegiatan fisiologi, resorpsi dan nasibnya dalam organisme hidup (Tan Hoan Tjay, 2007). Farmakologi merupakan ilmu yang mempelajari terkait obat yang dipengaruhi oleh sifat fisika-kimiawinya pengaruhnya terhadap organ tubuh manusia dan manfaatnya terhadap kesembuhan suatu penyakit (Nuridah, 2022). Farmakologi dapat disimpulkan sebagai suatu ilmu yang mempelajari proses masuknya obat dan pengaruh serta manfaatnya terhadap organ tubuh manusia.

Obat-Obat adalah bahan kimia yang berinteraksi dengan organisme hidup dan mengubah aktivitasnya. Dalam pelayanan kesehatan, obat-obatan digunakan untuk mendiagnosis, mengobati, atau mencegah penyakit atau kondisi medis lainnya (S.Treas Leslie, 2014)

Obat yang masuk tubuh baik secara oral maupun parenteral akan melalui serangkaian proses *biotransformasi*, masuk sirkulasi darah serta terikat pada reseptor didalam jaringan dan akhirnya akan dieliminasi. Di dalam darah obat akan terikat dengan protein

plasma (*protein-bound drug*) atau dalam bentuk senyawa bebas (*free drug*). Interaksi suatu molekul obat pada reseptor menginisiasi suatu rangkaian proses yang menyebabkan respon farmakologi.

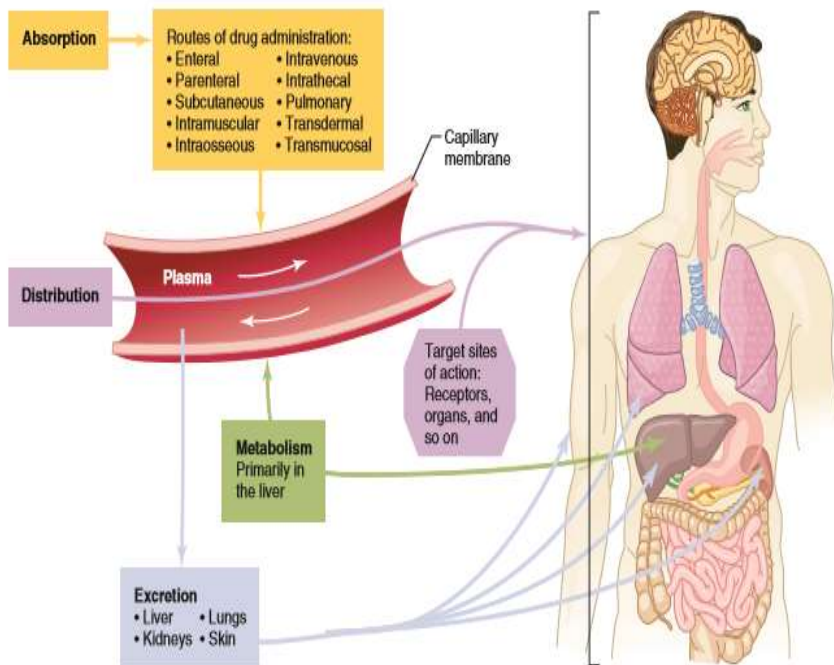
5.2.1 Fase Farmasetik

Obat yang diminum peroral akan melalui tiga fase yaitu farmasetik, *farmakokinetik* dan *farmakodinamik*. Sekitar 80% obat diberikan secara oral, oleh karena itu *farmasetik* adalah fase pertama dari kerja obat. Pada fase farmasetik obat berubah menjadi larutan sehingga mudah menembus membrane biologis. Dalam saluran gastrointestinal, obat-obat perlu dilarutkan agar dapat diabsorpsi. Obat dalam bentuk padat (tablet atau pil) harus didisintegrasi menjadi partikel-partikel kecil supaya dapat larut kedalam cairan, dan proses ini dikenal dengan disolusi. Disintegrasi merupakan pemecahan tablet atau pil menjadi partikel-partikel yang lebih kecil. Disolusi merupakan melarutnya partikel-partikel yang lebih kecil itu dalam cairan gastrointestinal untuk diabsorpsi. *Ratelimting* adalah waktu yang dibutuhkan oleh sebuah obat untuk berdisintegrasi dan sampai menjadi siap untuk diabsorpsi oleh tubuh. Obat-obat dalam bentuk cair lebih cepat siap diserap oleh saluran gastrointestinal daripada obat dalam bentuk padat. Bahan aktif bisa mengiritasi lambung sehingga dibuat sediaan enteric coated tablet (*safety*). Obat dengan *enteric coated* (EC) tidak dapat didisintegrasi oleh asam lambung, tetapi dalam suasana basa, sehingga disintegrasi akan terjadi di usus halus. Makanan dalam saluran gastrointestinal dapat mengganggu pengenceran dan absorpsi obat tertentu. Beberapa obat mengiritasi mukosa lambung, sehingga cairan atau makanan diperlukan untuk mengencerkan konsentrasi obat. Anak-anak tak mampu menelan tablet dan kapsul sehingga dibuat sediaan sirup (*acceptability*). Antibiotika mudah terurai dalam lingkungan berair sehingga dibuat sediaan sirup kering (*stability*). Bahan aktif mengalami

peruraian di lambung sehingga dibuat sediaan *buccal*, *parenteral* atau suppositoria (efficacy)(Kee Joyce L & Hayes Evelyn R, 1996).

5.2.2 Farmakokinetik

Farmakokinetik obat merupakan proses pergerakan obat untuk mencapai kerja obat (Kee Joyce L & Hayes Evelyn R, 1996). *Farmakokinetik* adalah ilmu yang mempelajari absorpsi, distribusi, metabolisme, dan ekskresi obat, yang menentukan intensitas dan durasi aksi obat dalam tubuh. Empat proses yang termasuk didalamnya yaitu absorpsi, distribusi, metabolisme (biotransformasi) dan ekresi (eleminasi)(S.Treas Leslie, 2014).



Gambar 5.1. Farmakokinetik
(Sumber : (Treas Leslie S, 2014)

Faktor – faktor yang Mempengaruhi *Farmakokinetik* berikut :

1. Umur.
Bayi dan anak massa tubuh mereka yang lebih kecil dan sistem tubuh yang belum dewasa
2. Massa Tubuh (Berat).
Dosis dewasa rata-rata didasarkan pada kuantitas obat yang akan menghasilkan efek tertentu pada 50% dari orang berusia 18 hingga 65 tahun dan beratnya 150 lb.
3. Jenis kelamin
Pria dan wanita absorpsi obat berbeda karena wanita biasanya memiliki massa otot yang lebih rendah daripada pria, berbeda hormon profil, dan distribusi lemak dan air yang berbeda.
4. Kehamilan.
Sebagian besar obat dikontraindikasikan selama kehamilan karena kemungkinan efek sampingnya pada embrio atau janin. Obat yang diketahui menyebabkan cacat perkembangan adalah disebut obat teratogenik (misalnya, antikonvulsan fenitoin [Dilantin].
5. Lingkungan.
Panas dan dingin mempengaruhi sirkulasi perifer. Lingkungan yang bising dapat mengganggu respon seseorang terhadap obat anti ansietas, sedatif, atau pereda nyeri.
6. Rute Administrasi.
Rute pemberian mempengaruhi jumlah obat yang diserap ke dalam sistem sirkulasi dan distribusi ke tempat aksi.
7. Waktu Administrasi.
Makanan di saluran GI mempengaruhi *farmakokinetik* obat oral. Biorhythms dan siklus (misalnya, obat-memetabolisme enzim, tekanan darah) juga mempengaruhi kerja obat.
Cairan.
Asupan cairan yang tidak mencukupi mempengaruhi penyerapan bentuk sediaan padat.
8. Kondisi Patologis.

Nyeri hebat menurunkan efek opioid, penyakit yang menyebabkan disfungsi peredaran darah, hati, atau ginjal mengganggu proses farmakokinetik.

9. Faktor Genetik.

Kerentanan abnormal terhadap bahan kimia tertentu ditentukan secara genetik. Kekurangan enzim dan metabolisme mengubah respons pasien terhadap obat. Misalnya, orang-orang dari Keturunan Asia biasanya memetabolisme beberapa opioid dengan kecepatan lebih lambat.

10. Faktor Psikologis.

Jika seseorang memiliki keyakinan bahwa obat akan membantunya, efek plasebo mirip dengan efek aktif obat dapat terjadi. Keadaan emosional, seperti kecemasan atau permusuhan terhadap atau ketidakpercayaan terhadap obat atau petugas kesehatan juga bisa mengganggu efektivitas obat (S.Treas Leslie, 2014)

1. Absorpsi

Absorpsi merupakan pergerakan partikel-partikel obat dari saluran gastrointestinal kedalam cairan tubuh melalui absorpsi pasif, absorpsi aktif maupun pinositosis(Kee Joyce L & Hayes Evelyn R, 1996). Obat oral diabsorbsi diusus halus melalui melalui kerja permukaan vili mukosa yang luas. Obat obatan yang mempunyai dasar protein seperti insulin dan hormone pertumbuhan dirusak didalam usus halus oleh enzim-enzim pencernaan. Absorpsi pasif terjadi melalui proses difusi, sehingga obat tidak memerlukan energy untuk menembus membran. Absorbsi aktif membutuhkan karier untuk bergerak melawan perbedaan konsentrasi. Sebuah enzim atau protein dapat membawa obat –obat untuk menembus membran. Pinositosis berarti membawa obat dengan proses menelan. Penyerapan obat tergantung pada

rute pemberian, bentuk obat, kelarutan obat, efek pH, aliran darah ke area, dan luas permukaan tubuh(S.Treas Leslie, 2014).

Faktor Faktor yang mempengaruhi Absorpsi obat adalah :

a. Rute Pemberian obat

Obat yang diberikan untuk efek lokal atau sistemik. Efek local misalnya obat yang diberikan secara topikal pada kulit akan memberikan efek pada tempat obat diaplikasikan (pada kulit) jadi tidak ada penyerapan terjadi. Ketika obat diberikan untuk efek sistemik, obat harus diserap ke dalam aliran darah sebelum dapat didistribusikan ke lokasi yang jauh. Suatu obat dapat memasuki sirkulasi baik melalui suntikan ke pembuluh darah atau dengan penyerapan dari yang lain area di mana ia telah ditempatkan (misalnya, otot, lapisan perut, selaput lendir, kulit). Obat diproduksi untuk rute pemberian tertentu: oral, sublingual, bukal, inhalan, topikal, enteral, dan parenteral dan diserap pada tingkat yang berbeda tergantung pada rute.

Tabel 5.1. Keuntungan dan Kerugian Rute pemberian obat

Rute Pemberian Oral : Obat ditelan dan diabsorpsi dari lambung atau usus halus
Jenis Persiapan : ▪ Capsul Container gelatin yang menampung cairan, bubuk, atau bentuk minyak dari obat. Saat tertelan, container gelatin tersebut larut dalam cairan lambung. ▪ Pil—Istilah ini jarang digunakan sekarang. Tablet adalah istilah yang disukai. ▪ Tablet—Obat bubuk dikompres menjadi bentuk yang keras dan padat (misalnya, bulat, lonjong) yang mudah ditelan dan kemudian dipecah menjadi bubuk halus di perut. Tablet

Rute Pemberian Oral : Obat ditelan dan diabsorpsi dari lambung atau usus halus

adalah sediaan oral yang paling umum. Tablet salut enterik bersifat tidak larut dalam asam melapisi agar tidak larut di perut; mereka hancur dalam sekresi alkali dari usus kecil.

- Tablet atau kapsul lepas-waktu—Tablet atau kapsul yang diformulasikan sedemikian rupa sehingga tidak larut sekaligus, tetapi perlahan-lahan obat lepas selama beberapa jam
- Eliksir—Cairan yang mengandung air dan sekitar 25% alkohol yang dimaniskan dengan minyak atsiri (misalnya, eliksir aromatik); tidak lengket atau manis seperti sirup
- Ekstrak—Bentuk obat yang sangat pekat yang terbuat dari hewan atau sayuran; mungkin berupa cairan sirup atau bubuk
- Ekstrak cair—Larutan obat berbahan dasar alkohol dari sumber nabati (mis., belladonna); persiapan cairan yang paling pekat
- Minuman beralkohol—Larutan berbasis alkohol pekat dari zat atau minyak yang mudah menguap (mis., amonia, minyak peppermint, minyak jeruk); mengandung jumlah zat yang lebih besar daripada yang dapat dilarutkan dalam air
- Sirup—Larutan gula encer, digunakan untuk menyamarkan rasa obat yang tidak enak
- Tingtur—Larutan alkohol atau air-dan-alkohol (dengan persentase alkohol yang tinggi) yang dibuat dengan mengekstrak tanaman yang kuat; mungkin juga dapat digunakan secara eksternal (misalnya, yodium tingtur)
- Serbuk—Obat yang digiling halus, biasanya dicampur dengan cairan sebelum diminum; beberapa digunakan secara internal, yang lain secara eksternal.

(Beberapa dicampur dengan pengencer untuk injeksi parenteral.)

Rute Pemberian Oral : Obat ditelan dan diabsorpsi dari lambung atau usus halus	
▪ Solution/Larutan—Obat yang dilarutkan dalam cairan pembawa. ▪ Suspensi—Obat yang tersuspensi (tidak sepenuhnya larut) dalam cairan. Suspensi berair tersuspensi dalam air. Tidak pernah digunakan untuk rute IV atau intra-arteri	
Keuntungan	Kerugian
▪ Nyaman ▪ Sterilitas tidak diperlukan untuk penggunaan oral. ▪ Ekonomis ▪ Prosedur noninvasif, berisiko rendah ▪ Mudah dikelola, bagus untuk administrasi mandiri ▪ Kapsul dapat menutupi rasa obat yang tidak enak. ▪ Kapsul dapat dirilis berdasarkan waktu.	▪ Rasa tidak enak dapat menyebabkan ketidakpatuhan. ▪ Dapat mengiritasi mukosa lambung. ▪ Pasien harus sadar. ▪ Cairan pencernaan dapat merusak obat. ▪ Tidak dapat digunakan jika pasien mengalami mual dan muntah atau penurunan motilitas lambung. ▪ Tidak dapat digunakan jika pasien mengalami kesulitan menelan. ▪ Potensi aspirasi ▪ Mungkin berbahaya bagi gigi. ▪ Onset aksi lambat
Route : Enteral	
Obat diberikan langsung ke lambung atau usus (misalnya, melalui selang nasogastrik atau gastrostomi tube)	
Jenis Persiapan	

Rute Pemberian Oral : Obat ditelan dan diabsorpsi dari lambung atau usus halus	
: Sama untuk medikasi oral	
Keuntungan	Kerugian
Dapat digunakan untuk pasien dengan Gangguan Menelan dan alternatif untuk pemberian parenteral	▪ Tidak semua tablet atau kapsul dapat dihancurkan; obat bisa menyumbat selang NGT. ▪ Selang NGT itu sendiri menimbulkan risiko aspirasi.
Rute : Sublingual (variasi pemberian transmukosa)—Obat disimpan di bawah lidah dan diserap di seluruh selaput lendir sublingual.	
Jenis Persiapan Lozenge yang larut dalam lemak (troche)—Preparat pipih dan bulat yang larut saat dipegang di mulut. Dapat bertindak secara lokal atau diserap melalui mukosa untuk efek sistemik. Tablet—Lihat rute oral.	
Keuntungan	Kerugian
▪ Dapat digunakan untuk memberikan efek lokal atau sistemik ▪ Nyaman ▪ Sterilitas tidak diperlukan ▪ Pengiriman cepat ke general sirkulasi ▪ Melewati perut dan usus; diserap langsung ke dalam aliran darah	▪ Mungkin secara tidak sengaja tertelan dalam air liur. ▪ Tidak berguna untuk obat-obatan dengan rasa yang tidak enak ▪ Dapat mengiritasi mukosa mulut. ▪ Pasien harus sadar. ▪ Hanya berguna untuk obat yang sangat larut

Rute Pemberian Oral : Obat ditelan dan diabsorpsi dari lambung atau usus halus	
	dalam lemak ▪ Pasien harus menahan obat di tempatnya sampai larut, yang mana mungkin memakan waktu beberapa menit. ▪ Jangka waktu efektivitas yang terbatas,membutuhkan pemberian dosis ulang yang sering
RUTE: BUCCAL/TRANSMUCOSAL ADMINISTRATION	
Obat ditempelkan pada selaput lendir pipi sampai larut.	
Jenis Persiapan: Lipid - lozeng atau tablet yang larut dalam lemak—Lihat rute oral dan sublingual. Spray—Dapat diberikan ke mukosa hidung atau faring untuk penyerapan cepat.	
Keuntungan	Kerugian
▪ Sama seperti sublingual ▪ Cepat, nyaman, portabel	▪ Sama dengan sublingual
RUTE: TOPIKAL (KULIT) Obat bekerja secara lokal atau diserap langsung melalui kulit (penyerapan transdermal atau perkutan).	
Jenis Persiapan : ▪ Gel atau jeli—Bahan semi padat bening atau bening yang mencair saat dioleskan ke kulit ▪ Liniment—Cairan berminyak untuk dioleskan ke kulit ▪ Lotion—Sebuah emolien (zat pelembut atau penenang) untuk digunakan pada kulit; dapat berupa larutan bening,	

Rute Pemberian Oral : Obat ditelan dan diabsorpsi dari lambung atau usus halus	
suspensi, atau emulsi ▪ Salep—Bahan setengah padat, berlemak (biasanya berbahan dasar petroleum jelly atau lanolin) untuk kulit atau selaput lendir; biasanya tidak larut dalam air ▪ Pasta—Mirip dengan salep, tetapi lebih kental dan kaku ▪ Tingtur—Lihat rute oral. ▪ Patch transdermal—Melepaskan jumlah obat yang konstan dan terkontrol, untuk efek sistemik	
Keuntungan	Kerugian
▪ Efek sistemik jangka panjang ▪ Berguna jika pasien tidak dapat minum obat oral ▪ Dapat diterima oleh sebagian besar pasien	▪ Dapat menyebabkan iritasi lokal, terutama jika pasien alergi lateks ▪ Discharded patches dapat menimbulkan bahaya keracunan. ▪ Meninggalkan residu pada kulit. ▪ Dosis yang akurat bisa sulit diperoleh saat obat tersebut dalam tube/jar
Jenis persiapan :	
Aerosol/busa aerosol—Cairan atau busa yang disemprotkan dengan tekanan udara ke kulit Krim—Bahan semipadat yang tidak berminyak yang dioleskan ke kulit	
Keuntungan	Kerugian
Dosis terus menerus Tidak diperlukan sterilitas. Untuk efek lokal atau sistemik	Efektif hanya untuk obat yang larut dalam lemak dan harus secara khusus diformulasikan

Rute Pemberian Oral : Obat ditelan dan diabsorpsi dari lambung atau usus halus	
RUTE:TOPIKAL: INSILASI Obat ditempatkan ke dalam rongga tubuh (misalnya kandung kemih, rektum, vagina, telinga, hidung, mata).	
Jenis Persiapan Larutan (untuk hidung, telinga, dan mata; enema per rektum)—Obat yang dilarutkan dalam cairan pembawa Supositoria (untuk kandung kemih, vagina, rektum)—Obat yang dicampur dengan gliserin-gelatin untuk dimasukkan ke dalam tubuh. Mereka larut secara bertahap pada suhu tubuh. Jeli, krim (untuk vagina dan rektum)—Lihat rute kulit	
Keuntungan	Kerugian
▪ Dosis terus menerus ▪ Tidak diperlukan sterilitas. ▪ Berguna jika pasien tidak dapat minum obat oral ▪ Dapat digunakan untuk efek lokal atau sistemik	▪ Mungkin memalukan bagi pasien. ▪ Obat-obatan dapat diserap dengan buruk dari rektum jika terdapat tinja atau jika pasien defekasi sebelum supositoria larut
RUTE: TOPIKAL: INHALASI Device (misalnya, nebulizer, masker wajah) memecah obat menjadi partikel yang terdispersi halus, yang dihembuskan ke saluran pernafasan. Beberapa obat ditujukan untuk efek lokal pada saluran pernapasan; lain (misalnya, anestesi gas) adalah untuk efek sistemik, terutama di otak.	
Jenis Persiapan : Aerosol—Aerosol adalah cairan dalam partikel yang sangat halus yang dapat dihirup ke dalam paru-paru; mereka disemprotkan di	

Rute Pemberian Oral : Obat ditelan dan diabsorpsi dari lambung atau usus halus	
bawah tekanan udara. Gas—Gas adalah bentuk dasar materi (yaitu, padat, cair, dan gas). Gas harus disimpan dalam wadah tertutup; jika tidak, bergerak cepat molekul lepas ke udara. Contohnya adalah oksigen, nitrogen, karbon dioksida, dan gas anestesi.	
Keuntungan	Kerugian
• Rute lokal dan sistemik yang cepat dan efisien melalui paru-paru • Dapat diberikan kepada pasien yang tidak sadar. • Memungkinkan pemberian dosis terus menerus, dan dosis dapat dimodifikasi dengan mudah.	• Membutuhkan peralatan khusus. • Dapat mengiritasi mukosa paru-paru. • Hanya berguna untuk obat-obatan yang berbentuk gas pada suhu kamar. • Mungkin memiliki efek sistemik yang tidak terduga ketika hanya ada efek lokal diinginkan.
RUTE: SEMUA RUTE PARENTERAL Obat yang masuk ke dalam tubuh selain melalui sistem pencernaan.	
Jenis Persiapan : Tergantung rute	
Keuntungan Pasien mungkin sadar atau tidak sadar.	Kerugian • Membutuhkan prosedur steril. • Menimbulkan risiko infeksi karena kulit rusak.

Rute Pemberian Oral : Obat ditelan dan diabsorpsi dari lambung atau usus halus	
	• Membutuhkan keterampilan. • Dapat menyebabkan rasa sakit. • Menghasilkan kecemasan. • Lebih mahal daripada pemberian oral
RUTE: PARENTERAL: INTRAVENA	
Obat disuntikkan langsung ke dalam vena, baik dengan bolus atau infus lambat.	
Persiapan: Aqueous solution—Obat yang dilarutkan dalam air	
Keuntungan	Kerugian
• Efek cepat oleh karena itu, baik untuk situasi darurat • Pasien hanya membutuhkan satu jarum suntik, bahkan untuk beberapa dosis.	• Menimbulkan risiko konsentrasi obat sementara jika obat disuntikkan terlalu cepat. • Terbatas pada obat-obatan yang sangat mudah larut. • Menimbulkan risiko sepsis karena patogen dapat masuk langsung ke aliran darah. • Pasien harus memiliki vena yang dapat digunakan. • Biaya persediaan dan obat-obatan

Rute Pemberian Oral : Obat ditelan dan diabsorpsi dari lambung atau usus halus	
RUTE: PARENTERAL: INTRAMUSKULAR Obat disuntikkan ke dalam massa otot.	
Persiapan Aquous solution (lihat rute intravena)	
Keuntungan	Kerugian
• Penyerapan cepat, kecuali untuk preparat atau suspensi berminyak • Memungkinkan penggunaan obat yang tidak stabil dalam larutan. • Menyebabkan lebih sedikit rasa nyeri (daripada suntikan subkutan) dari obat yang mengiritasi karena berada jauh di dalam otot. • Memungkinkan pemberian volume yang lebih besar daripada subkutan. • Memungkinkan penyerapan lebih cepat daripada subkutan atau oral	• Dapat menyebabkan iritasi dan reaksi lokal. • Menimbulkan risiko kerusakan jaringan dan saraf jika lokasinya tidak tepat • Tidak dapat digunakan di mana jaringan rusak (misalnya, memar) atau sirkulasi perifer menurun.
RUTE: PARENTERAL: SUBKUTANOUS Obat disuntikkan ke dalam jaringan subkutan di bawah kulit	
Persiapan: Solution obat-Obat dilarutkan dalam cairan pembawa	
Keuntungan	Kerugian

Rute Pemberian Oral : Obat ditelan dan diabsorpsi dari lambung atau usus halus	
Memungkinkan tindakan lebih cepat daripada pemberian oral.	• Hanya jumlah yang sangat kecil yang dapat diberikan.
Memungkinkan penyerapan obat yang larut dalam lemak lebih baik daripada intramuskular.	• Penyerapan relatif lambat dan seringkali terbatas pada daerah yang disuntikkan
RUTE: PARENTERAL: INTRADERMAL Obat disuntikkan di bawah kulit, ke dalam dermis. Paling sering digunakan untuk diagnostik pemeriksaan atau skrining atau untuk menyuntikkan anestesi lokal. RUTE: PARENTERAL, LAINNYA	
Persiapan Intraspinal — Injeksi obat ke dalam kanal tulang belakang Intratekal — Injeksi obat ke dalam ruang subarachnoid di sekitar sumsum tulang belakang Epidural — Injeksi obat di antara tulang belakang ke dalam ruang ekstradural. Paling sering digunakan untuk anestesi regional dan kontrol nyeri.	
Keuntungan	Kerugian
Penyerapan paling cepat. Sangat efektif.	• Beberapa pasien mungkin cemas tentang metode pemberian. • Rute spinal dapat menyebabkan hipotensi, mual, retensi urin, atau sakit kepala.

Sumber : (S.Treas Leslie, 2014)

b. Bentuk Obat

Bentuk (sediaan) obat biasanya menentukan rute administrasinya. Obat-obatan tersedia dalam berbagai bentuk (misalnya kapsul, *elixir*). Misalnya, jika pasien kondisi muntah, obat oral tidak akan diserap secara efektif dalam perut dan kemungkinan akan dikeluarkan saat muntah. Jika pasien mengalami diare, motilitas gastrointestinal (GI) yang cepat menyebabkan saluran akan menurunkan absorpsi.

c. Kelarutan obat

Kelarutan mengacu pada kemampuan suatu obat untuk diubah menjadi bentuk cair yang dapat diserap ke dalam aliran darah. Obat berlapis enterik tidak dapat diuraikan oleh sekresi lambung; mereka larut dalam usus kecil. Dengan cara ini, *coating* menunda aksi obat. Itu juga menurunkan efek iritasi obat pada lambung. Sediaan oral (misalnya suspensi atau larutan) harus larut dalam air dan setidaknya sebagian larut dalam lemak; mereka diserap lebih cepat daripada tablet atau kapsul karena obatnya sudah larut.

- 1) Obat yang larut dalam air. Obat harus larut dalam air untuk larut dalam isi saluran GI (berair).
- 2) Obat yang larut dalam lemak. Kelarutan lemak sebagian bergantung pada struktur kimia obat dan sebagian pada lingkungan ditempat penyerapan. Obat yang larut dalam lemak dapat menembus membran sel yang kaya lipid dan masuk ke dalam sel, sedangkan obat yang larut dalam air, seperti penisilin, tidak dapat menembusnya. Itu sebabnya obat yang sangat larut dalam lemak, seperti nitrous oksida, dapat melintasi penghalang darah-otak dan efek sedasi

d. pH dan Ionisasi

pH (keasaman relatif atau alkalinitas) dari lingkungan setempat juga mempengaruhi penyerapan obat. Kandungan pH dari perut membantu dalam mengangkut obat melintasi selaput lendir, seperti aspirin, lebih mudah diserap di perut, seperti halnya obat (basa), seperti natrium bikarbonat, yang mudah diserap di usus kecil yang lebih basa. Dalam larutan, beberapa molekul obat terionisasi (bermuatan listrik), dan lainnya tidak terionisasi (netral atau tidak bermuatan). Molekul terionisasi tidak larut dalam lemak sehingga tidak dapat melewati membran sel lapisan fosfolipid dengan mudah. Molekul obat dapat diubah dengan mudah dari satu bentuk ke bentuk lainnya, tergantung terutama pada pH dari lingkungan. Misalnya, ketika aspirin dilarutkan dalam

asam lambung, sebagian besar molekulnya tetap tidak terionisasi, jadi mereka dengan mudah melewati selaput mukosa lambung dan masuk ke aliran darah. Jika orang tersebut menelan antasida sebelum mengonsumsi aspirin, bagaimanapun, kemungkinan akan mengurangi efeknya dari aspirin

e. Aliran Darah

Obat diserap dengan cepat di daerah di mana darah mengalir ke jaringan terbesar (misalnya, selaput lendir mulut). Daerah dengan suplai vaskular yang buruk (misalnya, kulit, area bekas luka), absorpsi obat tertunda(S.Treas Leslie, 2014)

Latihan dapat mengurangi aliran darah dengan mengalihkan darah lebih banyak mengalir ke otot sehingga menurunkan sirkulasi ke saluran gastrointestinal(Kee Joyce L & Hayes Evelyn R, 1996)

2. Distribusi

Distribusi adalah transportasi obat dalam cairan tubuh (biasanya aliran darah) ke berbagai jaringan dan organ tubuh. Karena darah mengalir keseluruh bagian tubuh maka secara teoritis obat dapat menimbulkan efek baik (efek yang diinginkan maupun tidak diinginkan)(S.Treas Leslie, 2014). Tingkat distribusi obat dipengaruhi oleh aliran darah diarea target, Permeabilitas kapiler untuk molekul obat dan kapasitas pengikatan dengan protein.

a. Aliran Darah

Pasokan darah di target akan mempengaruhi distribusi obat. Misalnya, sulit untuk memberikan obat sistemik ke kulit dan jari kaki, di mana pembuluh darah sangat kecil. Faktor yang menyebabkan vasodilatasi pada suatu area (misalnya, pada keadaan demam dan istirahat) maka akan meningkatkan sirkulasi ke jaringan area. Faktor penyebab vasokonstriksi (misalnya pada kondisi syok dan kedinginan) maka akan terjadi penurunan sirkulasi ke jaringan target.

Kapasitas Pengikatan Protein. Kecenderungan obat untuk mengikat

b. Permeabilitas Membran

Molekul obat meninggalkan darah dan melintasi membrane kapiler untuk mencapai target. Jaringan kapiler pada beberapa organ terdiri dari sel-sel endotel padat yang mencegah beberapa obat untuk melewatinya. Misalnya, barrier darah-otak memungkinkan distribusi ke otak dan cairan serebrospinal saja, yaitu obat-obatan yang (1) larut dalam lemak (misalnya, anestesi dan barbiturat) dan (2) tidak terikat erat dengan protein plasma. Banyak antibiotik hanya larut dalam air, dan dengan demikian tidak dapat digunakan untuk langsung mengobati

infeksi pada sistem saraf pusat. Barrier ini dapat dilewati dengan menyuntikkan obat secara intratekal (melalui kanal tulang belakang) ke dalam cairan serebrospinal.

c. Pengikatan dengan protein

Ketika obat didistribusi didalam plasma, kebanyakan berikatan dengan protein (terutama albumin) dalam derajat (persentase) yang berbeda-beda(Lestari, 2016).

Salah satu contoh obat yang berikatan tinggi dengan protein adalah diazepam (Valium): yaitu 98% berikatan dengan protein. Aspirin 49% berikatan dengan protein dan termasuk obat yang berikatan sedang dengan protein. Bagian obat yang berikatan bersifat inaktif, dan bagian obat selebihnya yang tidak berikatan dapat bekerja bebas. Hanya obat-obat yang bebas atau yang tidak berikatan dengan protein yang bersifat aktif dan dapat menimbulkan respons farmakologik. Perawat harus memeriksa kadar protein plasma dan albumin plasma, karena penurunan protein atau albumin menurunkan pengikatan sehingga memungkinkan lebih banyak obat bebas dalam sirkulasi. Tergantung dari obat yang diberikan.

3. Metabolisme/*Biotransformasi*

Metabolisme (atau *biotransformasi*) adalah inaktivasi kimia obat melalui pengubahannya menjadi obat yang lebih larut dalam air menjadi senyawa atau metabolit yang dapat dikeluarkan dari tubuh. Begitu obat mencapai tempat kerjanya, obat tersebut dimetabolisme untuk diekresikan. Metabolisme terjadi terutama di hati, tetapi obat-obatan dapat didetoksifikasi juga di ginjal, plasma darah, usus mukosa, dan paru-paru. Jika fungsi hati terganggu (misalnya karena

penyakit hati atau penuaan), obat akan lebih banyak dihilangkan perlahan, dan tingkat racun dapat menumpuk. Keadaan penyakit juga mempengaruhi metabolisme obat. Obat oral diabsorpsi dari saluran GI dan beredar melalui hati sebelum mencapai sirkulasi sistemik. Banyak obat oral hampir sepenuhnya tidak aktif dengan cara ini. Inaktivasi ini dikenal sebagai *first-pass effect*. Oleh karena itu, obat oral diformulasikan dengan konsentrasi obat yang lebih tinggi daripada obat parenteral. Alternatifnya, beberapa obat dapat diberikan secara parenteral, dimana memungkinkan obat yang akan didistribusikan langsung ke target sebelum melalui hati. Misalnya, nitrogliserin mengalami efek *first-pass* ini saat diminum; oleh karena itu, diberikan secara sublingual atau intravena sehingga melewati lambung dan hati dan mencapai tingkat terapeutik dalam darah (S. Treas Leslie, 2014).

4. Ekresi

Obat terus bekerja di dalam tubuh sampai diekskresikan. Agar ekskresi terjadi, molekul obat harus dikeluarkan dari tempat aksinya dan dihilangkan dari tubuh. Obat mungkin dimetabolisme sepenuhnya, sebagian, atau tidak sama sekali dikeluarkan. Organ ekskresi yang umum adalah Ginjal.

- a. Ginjal adalah tempat ekskresi utama. Asupan cairan yang adekuat akan memfasilitasi ekskresi ginjal. Jika pasien mengalami penurunan fungsi ginjal (misalnya, seperti yang ditandai oleh tingkat kreatinin tinggi), maka perawat harus memantau pengobatan toksisitas; jika ada tanda-tanda toksisitas, dapatkan resep untuk penyesuaian dosis.
- b. Saluran Hati dan GI.
Beberapa obat dipecah oleh hati diekskresikan ke saluran GI dan *dieliminasi* dalam feses. Lainnya (misalnya, agen yang larut dalam lemak) diserap

kembali oleh aliran darah, didistribusikan ke tempat target, dikembalikan ke hati, kemudian diekskresikan oleh ginjal. Ini disebut resirkulasi enterohepatik. Segala sesuatu yang meningkatkan gerak peristaltik (misalnya, diare, obat pencabar, enema, penyakit usus kronis) mempercepat ekskresi obat melalui feses. Pola makan yang buruk, dan penurunan peristaltik menunda ekskresi, meningkatkan efek obat.

c. Paru-paru.

Sebagian besar obat yang dikeluarkan oleh paru-paru tidak dimetabolisme terlebih dahulu. Gas dan cairan yang mudah menguap (misalnya, anestesi umum) yang diberikan melalui inhalasi biasanya dihilangkan melalui ekshalasi. Zat volatil lainnya, seperti etil alkohol dan paradehida, sangat larut dalam darah dan diekskresikan dalam jumlah terbatas oleh paru-paru. Latihan berat dan dalam pernapasan meningkatkan aliran darah paru dan dengan demikian meningkatkan ekskresi. Sebaliknya, penurunan curah jantung (seperti pada shock) dan hipoventilasi (seperti yang bisa terjadi ketika pasien kesakitan) memperpanjang periode waktu untuk eliminasi obat.

d. Kelenjar Eksokrin.

Ekskresi obat melalui kelenjar eksokrin terbatas(keringat dan ludah). Eliminasi metabolit dalam keringat sering bertanggung jawab atas efek samping seperti dermatitis. Obat-obatan diekskresikan dalam air liur biasanya ditelan dan diserap sebagai agen lain yang diberikan secara oral.

5.2.3 Farmakodinamik

Farmakodinamik mempelajari efek obat terhadap fisiologi dan biokimia selular dan mekanisme kerja obat. Respons obat dapat menyebabkan efek fisiologis primer atau sekunder atau kedua-duanya. Efek primer dan sekunder terkait dengan dosis, jadi peningkatan dosis meningkatkan efeknya.

1. Mula, Puncak dan Lama Kerja Obat

Mula kerja dimulai pada waktu obat memasuki plasma dan berakhir sampai mencapai konsentrasi efektif minimum (MEC= *minimum effective concentration*). Puncak kerja terjadi pada saat obat mencapai konsentrasi tertinggi dalam darah atau plasma. Lama kerja obat adalah lamanya obat mempunyai efek farmakologis. Beberapa obat menghasilkan efek dalam beberapa menit, tetapi yang lain dapat memakan waktu beberapa hari atau jam (Lestari, 2016).

Ada 4 kategori kerja obat yaitu perangsangan/penekanan, penggantian, pencegahan/membunuh organisme dan iritasi. Kerja obat yang merangsang akan meningkatkan aktivitas sel/meningkatkan sekresi dari kelenjar. Obat yang menekan akan menurunkan aktivitas sel dan mengurangi fungsi organ tertentu. Obat yang bekerja mengganti misalnya insulin yang menggantikan senyawa tubuh yang esensial. Obat yang menecegah dan atau membunuh organisme menghambat pertumbuhan bakteri. Obat yang bekerja dengan mekanisme iritasi misalnya laksatif yang dapat mengiritasi bagian dinding kolon bagian dalam sehingga terjadi peningkatan peristaltic dan meningkatkan defekasi (Kee Joyce L & Hayes Evelyn R, 1996).

2. Efek primer dan Efek Sekunder Obat

Efek primer adalah efek yang diinginkan dan efek sekunder bisa diinginkan atau tidak diinginkan (Lestari, 2016). Efek terapeutik dari suatu obat disebut juga efek yang diinginkan,

adalah efek yang utama yang dimaksudkan yakni alasan obat diresepkan.

a. Efek Primer

Efek primer atau terapeutik obat adalah efek yang diprediksi, dimaksudkan, dan diinginkan. Efek primer ini pendek dan merupakan alasan obat itu diresepkan. Obat-obatan yang diberikan untuk efek primer sebagai berikut:

1) Efek paliatif

Efek Paliatif meredakan tanda dan gejala penyakit tetapi tidak berpengaruh pada penyakit itu sendiri. Misalnya, morfin dapat diberikan kepada pasien dengan kanker untuk mengelola rasa sakit, tetapi tidak menghancurkan sel kanker. Tujuan dari terapi paliatif adalah membuat pasien nyaman mungkin bila pilihan pengobatan telah habis.

2) Efek suportif

Efek suportif mendukung integritas fungsi tubuh atau perawatan lain dapat menjadi efektif. Untuk pasien dengan infeksi bakteri, dapat memberikan aceta minophen (Tylenol) untuk mengontrol demam sampai kadar darah sampai antibiotik yang diresepkan efektif dalam memerangi infeksi

3) Efek Substitusi : menggantikan cairan tubuh atau bahan kimia yang dibutuhkan oleh tubuh untuk meningkatkan fungsinya. Contohnya adalah pemberian insulin kepada pasien diabetes untuk diganti insulin yang tidak lagi diproduksi oleh pankreas.

4) Efek kemoterapi menghancurkan mikroorganisme atau sel tubuh penghasil penyakit. Dua contohnya adalah (1) antibiotik, digunakan untuk mengobati infeksi dengan membunuh atau membatasi reproduksi

bakteri tertentu dan (2) obat antineoplastic digunakan untuk mengobati kanker dengan membatasi reproduksi sel dan menghancurkan sel ganas

- 5) Efek restoratif mengembalikan atau mempertahankan tubuh pada tingkat kesehatan yang optimal. Misalnya vitamin dan suplemen mineral diberikan kepada banyak pasien untuk pemulihan dari operasi

b. Efek Sekunder

Semua konsekuensi lainnya adalah efek sekunder (tidak disengaja, nonterapeutik). Semua obat dapat menyebabkan efek sekunder (misalnya efek samping, reaksi merugikan, reaksi alergi), yang dapat tidak berbahaya atau menyebabkan cedera dan yang kadang-kadang bisa diprediksi.

- 1) Efek samping

Efek samping tidak diinginkan, seringkali dapat diprediksi, efek fisiologis yang biasanya ditoleransi dengan baik oleh pasien. Terjadi pada dosis biasa yang sudah ditentukan dan mungkin segera (misalnya, pusing) atau tertunda (misalnya, sembelit). Untuk pasien rawat inap, paling sering melihat efek samping yang disebabkan oleh analgesik, antibiotik, antipsikotik, dan obat penenang. Efek samping yang umum adalah mual, muntah, diare, pusing, mengantuk, mulut kering, perut kembung, dan sembelit. Jika efek sampingnya signifikan, pengobatan dapat dihentikan.

- 2) Reaksi Merugikan

Reaksi merugikan adalah reaksi yang berbahaya, tidak diinginkan, biasanya tidak dapat diprediksi

terhadap obat yang diberikan pada dosis normal. Hal ini lebih parah daripada efek samping dan sering membutuhkan penghentian obat. Reaksi merugikan juga terjadi karena kepekaan pasien, yang berarti bahwa pasien sangat rentan terhadap efek obat. Misalnya, orang dewasa yang lebih tua dengan gangguan ginjal tidak akan menghilangkan obat dari sistemnya semudah orang dewasa yang sehat. FDA mendefinisikan reaksi merugikan yang parah sebagai yang (1) mengancam jiwa; (2) memerlukan intervensi untuk mencegah kecacatan permanen atau kematian; atau (3) menyebabkan anomali kongenital, kecacatan, rawat inap, atau kematian.

Faktor Risiko untuk Efek Samping Obat yang merugikan adalah :

- a) Penerima perawatan dari dua atau lebih diwaktu yang sama
- b) Penyakit bersamaan (misalnya, diabetes dan gagal ginjal)
- c) Perubahan kemampuan untuk menyerap, memetabolisme, atau ekresi obat (misalnya, gangguan fungsi hati atau ginjal)
- d) Mengonsumsi beberapa obat resep selain obat bebas dan pengobatan herbal dan suplemen. Ini juga disebut polifarmasi
- e) Mengonsumsi obat secara tidak konsisten
- f) Kebingungan/gangguan kognitif
- g) Riwayat alergi atau reaksi obat yang merugikan sebelumnya
- h) Penggunaan obat jangka panjang (dapat meningkatkan akumulasi, menyebabkan toksisitas)
- i) Usia sangat tua atau sangat muda

- j) Obesitas atau sangat kurus
- k) Dehidrasi atau perubahan status hidrasi yang cepat(S.Treas Leslie, 2014)

3) Reaksi Toxic

Reaksi toksik berbahaya, efek merusak pada organ atau jaringan. Lebih parah daripada reaksi merugikan, kadang-kadang bahkan menyebabkan kerusakan permanen atau kematian.

Toksisitas dapat disebabkan oleh hal-hal berikut:

- a) Overdosis (pemberian dosis yang melebihi jumlah yang ditentukan). Contohnya adalah depresi pernafasan dari morfin berlebihan dan hipoglikemia dari terlalu banyak insulin)
- b) Akumulasi obat dalam jaringan (terkait dengan penggunaan atau metabolisme jangka panjang / ekskresi tidak lengkap)
- c) Sensitivitas abnormal atau respons alergi terhadap obat.

Reaksi toksik biasanya bersifat lokal, reversibel, dan segera. Namun, mereka bisa:

- a) Terlokalisasi pada jaringan atau organ tertentu, atau dapat mempengaruhi beberapa sistem organ.
- b) Reversibel (misalnya, tinnitus yang disebabkan oleh aspirin) atau permanen (misalnya gangguan pendengaran yang disebabkan oleh antibiotik aminoglikosida).
- c) Terbukti segera setelah administrasi; meskipun, beberapa reaksi toxic memakan waktu berbulan-bulan atau bahkan bertahun-tahun untuk berkembang (misalnya, kanker yang diinduksi oleh obat).

4) Reaksi Alergi

Dalam reaksi alergi, sistem kekebalan tubuh mengidentifikasi obat sebagai zat asing yang harus dinetralkan atau dihancurkan. Pasien tidak mengalami masalah dengan dosis obat yang pertama, tetapi bertindak sebagai antigen, mengaktifkan pembentukan antibodi terhadap obat. Ketika obat itu diberikan lagi, kompleks antigen-antibodi memicu reaksi alergi. Reaksi alergi berkisar dari ringan hingga serius; Namun, bahkan sejumlah kecil obat dapat menyebabkan reaksi yang parah. Urtikaria (gatal-gatal), pruritus (gatal), edema jaringan lunak dan mukosa, dan rhinitis (radang mukosa hidung) biasanya terjadi dalam beberapa menit sampai 2 minggu setelah paparan dan dianggap ringan. Reaksi seperti itu sering hilang setelah obat dihentikan dan kadar obat dalam darah turun. Obat yang paling sering terlibat dalam reaksi alergi adalah antibiotik, agen biologis, dan agen diagnostik.

Reaksi anafilaksis adalah reaksi alergi yang mengancam jiwa yang terjadi segera setelah pemberian. Anafilaxis menghasilkan penyempitan tiba-tiba bronkiolus, edema laring dan faring, sesak napas yang parah, mengi, dan hipotensi berat (tekanan darah rendah). Pengobatan segera termasuk menghentikan pengobatan dan memberikan epinefrin, cairan IV, steroid, dan antihistamin. Dukungan pernapasan (misalnya, oksigen, intubasi, ventilasi) juga diperlukan

5) Reaksi Idiosinkrasi

Reaksi idiosinkrasi adalah respon yang tidak terduga, abnormal, atau aneh terhadap suatu obat. Reaksi idiosinkrasi dapat terjadi dalam bentuk sensitivitas

ekstrem terhadap obat, kurangnya respon, atau respon paradoks (berlawanan dari yang diharapkan), seperti agitasi sebagai respons terhadap obat penenang.

6) Efek Kumulatif

Efek kumulatif adalah peningkatan respons terhadap pengulangan dosis suatu obat yang terjadi saat laju pemberian lebih besar dari laju metabolisme dan ekskresi. Ini terjadi ketika (1) tubuh tidak dapat memetabolisme dosis obat sebelum dosis berikutnya diberikan, (2) ekskresi diperlambat tetapi absorpsi normal atau cepat, atau (3) absorpsi diperlambat. Kecuali dosisnya diubah, obatnya terakumulasi dalam sistem sampai tingkat toxic tercapai. Opiat dan barbiturat dikenal karena efek sifat kumulatifnya (S.Treas Leslie, 2014)

2. Interaksi Obat

Ketika satu obat mengubah atau memodifikasi aksi obat lain maka terjadi interaksi obat. Obat-obat yang menghasilkan respon disebut *agonis*, dan obat-obat yang menghambat respon disebut *antagonis* (Kee Joyce L & Hayes Evelyn R, 1996). Isopreterenol merangsang reseptor beta1 (*agonis*), simetidin (tegamet) menghambat reseptor H2 (*antagonis*) sehingga mencegah asam lambung yang berlebihan. Variabel lain mempengaruhi interaksi obat: penyerapan usus, pengikatan protein, metabolisme obat, ekskresi ginjal, dan perubahan ketidakseimbangan elektrolit. Obat juga dapat berinteraksi dengan makanan tertentu. Makanan tinggi lemak dan makanan rendah serat dapat menunda pengosongan perut dan penyerapan obat hingga 2 jam. Buah dan jus jeruk asam meningkatkan penyerapan zat besi. Beberapa buah jeruk, seperti

grapefruit, berinteraksi dengan obat secara antagonis. Minuman ringan berkarbonasi dapat menyebabkan obat larut lebih cepat, dinetralkan, atau mengalami perubahan tingkat penyerapan di perut. Produk susu yang diminum dengan antibiotik, seperti tetracycline, menurunkan penyerapan obat di lambung(S.Treas Leslie, 2014)

3. Proses keperawatan

Perawat harus tahu tentang interaksi obat dan melakukan observasi kepada pasien. Semakin banyak obat yang dikonsumsi pasien semakin tinggi risiko interaksi obat.

- a. Pengkajian : obat dalam bentuk cair diabsorbsi lebih cepat daripada bentuk padat, kaji tanda dan gejala toksisitas dari efek obat, kaji efek samping obat yang nonspesifik (reseptor yang sama pada jaringan yang berbeda dan pada organ yang berbeda) misalnya atropin, untuk takikardi, mulut, tenggorokan kering, konstipasi, retensi urin dan penglihatan kabur. Kaji efek samping obat yang non selektif serta periksa kadar puncak dan terendah dari obat yang mempunyai batas terapeutik yang sempit.
- b. Intervensi Keperawatan : anjurkan klien tidak makan makanan yang berlemak sebelum minum tablet yang enteric coated, periksa literatur obat untuk prosentase pengikatan protein, laporkan kepada perawat atau dokter jaga jika obat dengan waktu paruh yang panjang(lebih dari 24 jam)diberikan lebih dari satu kali dalam sehari.Pantau batas terapeutik obat obat yang bersifat toxic atau memiliki batas terapeutik yang sempit(Kee Joyce L & Hayes Evelyn R, 1996)

5.3 Prinsip Prinsip Pemberian obat

Perawat bertanggungjawab terhadap keamanan pasien dalam pemberian terapi. Perawat harus melakukan tujuh hal yang benar : klien yang benar, obat yang benar, dosis yang benar, waktu yang benar, rute yang benar, dan dokumentasi yang benar serta informasi yang benar.

5.3.1 Benar Pasien

Klien yang benar dapat dipastikan dengan memeriksa identitas klien dan meminta klien menyebutkan namanya sendiri. identitas pasien harus diperiksa (papan identitas di tempat tidur, gelang identitas) atau ditanyakan langsung kepada pasien atau keluarganya(Lestari, 2016).

1. Obat Yang Benar

Obat memiliki nama dagang dan nama generik. Pencegahan kesalahan obat dapat dilakukan dengan sebelum memberi obat kepada pasien, label obat harus dibaca tiga kali : (1) pada saat melihat botol atau kemasan obat, (2) sebelum menuang/mengisap obat dan (3) setelah menuang/mengisap obat. Jika labelnya tidak terbaca, isinya tidak boleh dipakai dan harus dikembalikan ke bagian farmasi.

2. Benar Dosis

Perawat harus memeriksa dosis sebelum memberi obat. Perawat harus berkonsultasi dengan dokter yang menulis resep atau apoteker, sebelum dilanjutkan ke pasien. Sebelum menghitung dosis obat, perawat harus mempunyai dasar pengetahuan mengenai rasio dan proporsi

3. Rute Yang Benar

Obat dapat diberikan melalui sejumlah rute yang berbeda. Faktor yang menentukan pemberian rute terbaik ditentukan oleh keadaan umum pasien, kecepatan respon yang diinginkan, sifat kimiawi dan fisik obat, serta tempat kerja yang diinginkan. Obat dapat diberikan melalui oral, sublingual, parenteral, topikal, rektal, inhalasi.

4. Benar Waktu

Waktu yang benar adalah saat dimana obat yang diresepkan harus diberikan. Dosis obat harian diberikan pada waktu tertentu dalam sehari, seperti b.i.d (dua kali sehari), t.i.d (tiga kali sehari), q.i.d (empat kali sehari), atau q6h (setiap 6 jam), sehingga kadar obat dalam plasma dapat dipertahankan. Jika obat mempunyai waktu paruh ($t_{1/2}$) yang panjang, maka obat diberikan sekali sehari. Pemberian obat harus benar-benar sesuai dengan waktu yang diprogramkan, karena berhubungan dengan kerja obat yang dapat menimbulkan efek terapi dari obat.

- a. Pemberian obat harus sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan
- b. Dosis obat harian diberikan pada waktu tertentu dalam sehari.
- c. Pemberian obat harus sesuai dengan waktu paruh obat ($t_{1/2}$).
- d. Pemberian obat juga memperhatikan diberikan sebelum atau sesudah makan atau bersama makanan
- e. Memberikan obat-obat seperti kalium dan aspirin yang dapat mengiritasi mukosa lambung sehingga diberikan bersama-sama dengan makanan
- f. Menjadi tanggung jawab perawat untuk memeriksa apakah klien telah dijadwalkan untuk memeriksa diagnostik, seperti tes darah puasa yang merupakan kontraindikasi pemeriksaan oba

5. Benar Dokumentasi

Dokumentasi keperawatan merupakan media komunikasi yang efektif antar profesi dalam suatu tim pelayanan kesehatan pasien. obat itu diberikan, harus didokumentasikan, dosis, rute, waktu dan oleh siapa obat itu diberikan. Bila pasien menolak meminum obatnya atau

obat itu tidak dapat diminum, harus dicatat alasannya dan dilaporkan.

6. Benar Pendidikan Kesehatan Tentang Medikasi Klien

Pasien mendapat informasi yang benar tentang obat yang akan diberikan sehingga mencegah kesalahan pemberian obat. Perawat mempunyai tanggungjawab dalam melakukan pendidikan kesehatan pada pasien, keluarga dan masyarakat luas terutama yang berkaitan dengan obat seperti manfaat obat secara umum, penggunaan obat yang baik dan benar, alasan terapi obat dan kesehatan yang menyeluruh, hasil yang diharapkan setelah pemberian obat, efek samping dan reaksi yang merugikan dari obat, interaksi obat dengan obat dan obat dengan makanan, perubahan-perubahan yang diperlukan dalam menjalankan aktivitas sehari-hari selama sakit, dsb (Lestari, 2016)

DAFTAR PUSTAKA

- Nur Falah Setyawati, 2015- pengarang; Hatib Rahmawan editor. 2015. *Dasar-dasar farmakologi keperawatan / Ns. Nur Falah Setyawati, S.Kep., MPH ; editor, Hatib Rahmawan*. Sleman: Binafsi Publisher.
- Donsu, Y. Ch., Tjitrosantoso, H., & Bodhi, W. 2016. 'Faktor Penyebab Medication Error Pada Pelayanan Kefarmasian Rawat Inap Bangsal Anak Rsup Prof. Dr. R.D. Kandou Manado', *Pharmacon Jurnal Ilmiah Farmasi*, 5(3), p. 66.
- Kee Joyce L & Hayes Evelyn R. 1996. *No Title*. Edited by Y. Asih. Jakarta: EGC.
- Khairurrijal, M. A. W. and Putriana, N. A. 2018. 'Review : Medication Error Pada Tahap Prescribing, Transcribing, Dispensing, dan Administration', *Farmasetika.com (Online)*, 2(4), p. 8. doi: 10.24198/farmasetika.v2i4.15020.
- Lestari, S. 2016. *Farmakologi dalam Keperawatan*. Jakarta Selatan: Pusdik SDM Kesehatan.
- Rahmawati, F. and Oetari, R. . 2002. 'Kajian Penulisan Resep : Tinjauan Aspek Legalitas Dan Kelengkapan Resep Di Apotek-Apotek Kotamadya Yogyakarta Prescription Analysis : an Investigation on Prescription Legality in the Pharmacies of Kotamadya Yogyakarta', *Majalah Farmasi Indonesia*, 13(2), 86-94, 2002, 13(2), pp. 86-94.
- S.Treas Leslie, M. W. J. 2014. *Basic Nursing Concepts, Skills & Reasoning, DavisPlus.Fadavis.Con*. Philadelphia, PA 19103: PA. Davis Company. doi: 10.7312/luca20600-toc.

BAB 6

SISTEM KARDIOVASKULAR

Oleh Maria Yunita Indriarini

6.1 Pendahuluan

Sistem kardiovaskular terdiri dari jantung, vena, arteri, dan kapiler. Komponen ini membentuk dua sistem peredaran darah, yaitu sistem peredaran darah sistemik dan paru.

Jantung merupakan salah satu organ tubuh yang terletak pada rongga dada di sebelah kiri, berperan dalam sirkulasi darah untuk mensuplai oksigen dan nutrisi ke seluruh sel tubuh, yang akan digunakan untuk melakukan proses metabolisme.

Jantung terdiri dari empat ruang, yaitu Atrium Kanan, Atrium Kiri, Ventrikel Kanan dan Ventrikel Kiri. Jantung juga memiliki sejumlah katup untuk memisahkan Atrium dan Ventrikel, memiliki dua Arteri Coroner yang mensuplai nutrisi dan oksigen ke jantung, serta memiliki tiga lapisan.

6.2 Katup-Katup Jantung

Katup jantung yang memisahkan atrium dan ventrikel, terdiri dari katup atrioventrikularis yaitu katup Trikuspidalis dan katup Bicuspidalis/Mitral, serta katup semilunaris yaitu katup Aorta, dan katup pulmonalis.

Katup-katup jantung dapat dilihat pada Tabel 6.1:

Tabel 6.1. Katup-Katup Jantung

Jenis Katup	Ciri-Ciri
Katup Tricuspidalis	1. Memiliki 3 daun katup 2. Terletak antara Atrium Kanan dan Ventrikel Kanan.
Katup Bicuspidalis/Mitral	1. Memiliki 2 daun Katup 2. Terletak antara Atrium kiri dan ventrikel kiri.
Katup Aorta	Terletak antara Ventrikel Kiri dan Aorta
Katup Pulmonalis	Terletak antara Ventrikel kanan dan Arteri Pulmonalis.

Jantung merupakan ruangan yang terpisah dan berfungsi sebagai suatu pompa ganda yang berkontraksi 100.000 kali setiap harinya dan memompa darah lebih dari 7.200 liter. Anulus Fibrosus merupakan jaringan penyambung padat yang membentuk suatu cincin fibrosa yang mengelilingi muara dari Aorta dan Arteri Pulmonalis, serta katup atrioventrikuler. Cincin ini merupakan tempat perlekatan yang kuat untuk katup dan otot jantung (Studi *et al.*, 2018).

6.3 Lapisan Jantung

Lapisan jantung terdiri dari Lapisan Epikardium, Lapisan Miokardium dan lapisan Endokardium (Sirait & Sakban, 2021).

1. Lapisan Epikardium : lapisan jantung paling luar.
2. Lapisan Miokardium : lapisan jantung bagian tengah/lapisan otot jantung.
3. Lapisan Endokardium : lapisan jantung bagian dalam.

6.4 Jenis Pembuluh Darah

Pembuluh darah adalah sebuah struktur seperti tabung kecil yang berfungsi mengangkut darah dan oksigen ke seluruh tubuh. Terdapat tiga jenis pembuluh darah yang memiliki ciri dan fungsi yang berbeda-beda, yaitu sebagai berikut (Studi *et al.*, 2018).

6.4.1 Arteri

Arteri berfungsi membawa darah yang kaya akan oksigen dari jantung ke seluruh tubuh. Arteri memiliki dinding yang tebal dan lapisan otot yang membuat pembuluh darah mempunyai kemampuan untuk bergerak.

Arteri terbesar di dalam tubuh adalah Aorta. Aorta membawa darah dari jantung ke organ tubuh. Cabang Aorta yang berukuran lebih kecil disebut Arteriol. Arteri dan Arteriol dapat berubah ukuran untuk menjaga tekanan darah.

6.4.2 Vena

Vena membawa darah yang miskin kandungan oksigennya ke jantung dan Vena terletak dekat dengan kulit. Vena tidak memiliki lapisan otot seperti Arteri, sehingga untuk menjaga agar darah tetap dapat bergerak, Vena akan bergantung pada katup.

Vena awalnya berupa pembuluh darah kecil yang disebut venula, semakin mendekati jantung, ukuran vena semakin penuh.

6.4.3 Kapiler

Kapiler adalah pembuluh darah yang menghubungkan Arteri ke Vena. Kapiler adalah jenis pembuluh darah terkecil.

Tebal dinding kapiler hanya setebal satu sel. Dinding kapiler terbuat dari sel-sel endotel dan memungkinkan oksigen, nutrisi dan limbah untuk lewat ke dan dari sel-sel jaringan.

6.5 Fungsi Pembuluh Darah

Pembuluh darah tubuh adalah seperti sistem pipa yang membawa darah dari jantung ke organ-organ dalam tubuh untuk melakukan metabolisme. Darah yang kaya akan kandungan oksigen dan nutrisi yang penting sangat dibutuhkan oleh semua sel tubuh. Semua sel tubuh akan mati tanpa adanya pasokan oksigen dan nutrisi ini. Kontraksi jantung yang baik, dan kondisi vaskuler yang lancar, akan meningkatkan pasokan kadar oksigen dan nutrisi ke jaringan dan organ tubuh, sehingga aktivitas sehari-hari dapat dipertahankan.

Fungsi pembuluh darah selain membawa oksigen dan nutrisi ke jaringan organ, juga berfungsi untuk mengangkut karbon dioksida (CO_2) serta produk sampah sisa metabolisme keluar dari jaringan. Paru-paru bertugas untuk mengeluarkan CO_2 . Sedangkan ginjal berfungsi untuk mengeluarkan sebagian besar produk sampah yang berlebih. Peran penting lainnya dari pembuluh darah adalah turut mengatur tekanan darah tubuh (Studi *et al.*, 2018).

6.6 Mekanisme Sistem Peredaran Darah Manusia

Sistem peredaran darah manusia terbagi menjadi tiga jenis, yaitu :

6.6.1 Sirkulasi sistemik

Sirkulasi sistemik adalah sirkulasi darah ke seluruh tubuh. Sirkulasi ini berlangsung ketika darah bersih yang mengandung oksigen mengisi Atrium kiri jantung melalui vena pulmonalis setelah melepaskan karbon dioksida di paru-paru.

Darah yang sudah berada di Atrium kiri, kemudian masuk ke ventrikel kiri jantung untuk dialirkan ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah utama (Aorta). Darah yang dipompa melewati Aorta akan terus mengalir hingga ke bagian paling ujung di seluruh area tubuh.

Setelah mengalirkan darah ke sel-sel tubuh, darah akan kembali menuju Atrium kanan jantung untuk mengalami proses pembersihan darah (Sirait & Sakban, 2021).

6.6.2 Sirkulasi pulmonal

Sirkulasi pulmonal atau sirkulasi paru merupakan sirkulasi darah dari jantung menuju paru-paru dan sebaliknya. Sirkulasi ini berlangsung saat darah yang mengandung karbon dioksida dari sisa metabolisme tubuh kembali ke jantung melalui pembuluh vena besar (*vena cava*).

Selanjutnya, darah tersebut akan masuk ke Atrium kanan dan dialirkan ke ventrikel kanan jantung. Darah yang sudah berada di ventrikel kanan akan dialirkan ke paru-paru melalui Arteri Pulmonalis untuk ditukar menjadi oksigen. Darah bersih yang kaya oksigen kemudian akan masuk ke Atrium kiri jantung melalui vena pulmonalis untuk diedarkan ke seluruh tubuh (Sirait & Sakban, 2021)

6.6.3 Sirkulasi koroner

Selain memberikan nutrisi ke organ tubuh lain, jantung juga membutuhkan asupan oksigen dan nutrisi agar dapat menjalankan fungsinya kontraksi dengan baik. Darah yang membawa nutrisi dan oksigen ke otot-otot jantung akan dialirkan melalui pembuluh arteri koroner.

Arteri Koroner

Arteri koroner adalah arteri yang mensuplai darah ke jantung, terdapat dua arteri koroner, yaitu arteri koroner kanan/*Right Coronary Artery* (RCA) dan arteri koroner kiri/*Left Main Coronary Artery*. Selanjutnya arteri koroner kiri bercabang menjadi dua, yaitu : *Left Anterior Descending* (LAD) dan *Left Circumflex* (LCX) (Putu Adiartha Griadhi & Bagian Fisiologi Program Studi Pendidikan Dokter, 2016).

1. *Right Coronary Artery (RCA)* : memperdarahi Atrium Kanan, Ventrikel Kanan, dinding bagian dalam Ventrikel Kiri, 55% SA Node, dan 90% AV Node.
2. *Left Circumflex (LCX)* : memperdarahi Atrium Kiri, Dinding samping dan bawah Ventrikel Kiri, 45% SA Node, dan 10% AV Node.
3. *Left Anterior Descending (LAD)* : memperdarahi Ventrikel Kiri bagian Anterior.

6.7 Siklus Jantung dan Curah Jantung

Kontraksi dan relaksasi jantung merupakan satu denyut jantung dan disebut siklus jantung. Pengisian ventrikel diikuti oleh sistol ventrikel, suatu fase saat ventrikel berkontraksi dan mengeluarkan darah ke dalam sirkuit pulmonary dan sistemik. Sistol diikuti oleh sebuah fase relaksasi yang disebut sebagai diastole, yaitu saat ventrikel diisi ulang, atrium berkontraksi, dan miokardium dialiri. Normalnya siklus jantung lengkap terjadi sekitar 60 – 100 kali permenit, yang diukur sebagai frekuensi jantung (*Heart Rate/HR*).

6.7.1 Curah Jantung/ *Cardiac Output (CO)*

Curah Jantung (*Cardiac Output*) adalah jumlah volume darah yang dipompa oleh ventrikel ke dalam sirkulasi pulmonary dan sirkulasi sistemik dalam 1 menit. Perkalian *Heart Rate (HR)* dengan *Stroke Volume (SV)* menentukan curah jantung. Sehingga rumusnya adalah $HR \times SV = CO$. Rerata curah jantung orang dewasa berkisar antara 4 – 8 L/menit. Curah Jantung merupakan indikator seberapa baik jantung berfungsi sebagai sebuah pompa. Jika jantung tidak dapat memompa secara efektif, maka curah jantung dan perfusi jaringan akan menurun (Putu Adiartha Griadhi & Bagian Fisiologi Program Studi Pendidikan Dokter, 2016).

Kontraktilitas adalah kemampuan serat otot jantung untuk memendek, kontraktilitas otot jantung yang buruk menurunkan aliran darah yang dikirim dari jantung, meningkatkan tekanan

ventrikel akibat akumulasi volume darah, dan menurunkan curah jantung. Peningkatan kontraktilitas dapat menekan jantung (Putu Adiartha Griadhi & Bagian Fisiologi Program Studi Pendidikan Dokter, 2016).

Preload adalah tegangan otot jantung, atau regangan, yang terjadi pada akhir diastole, tepat sebelum kontraksi ventrikel. *Preload* dipengaruhi oleh aliran balik vena dan kelenturan ventrikel. Ini terkait dengan volume total darah dalam ventrikel. Semakin besar volume maka semakin besar regangan serat otot jantung dan semakin besar gaya kontraksi serat otot jantung untuk mengosongkan volume (Hukum Starling) (Biologi et al., 2014).

Afterload adalah gaya yang harus dilawan ventrikel untuk mengeluarkan volume darahnya. *Afterload* adalah tekanan dalam sistem arteri di depan ventrikel. *Afterload* ventrikel kanan diukur sebagai resistensi vaskular pulmonari (*Pulmonary Vascular Resistance/PVR*). *Afterload* ventrikel kiri diukur sebagai resistensi vaskular sistemik (*Systemic Vascular Resistance/SVR*) (Biologi et al., 2014).

6.7.2 Siklus jantung

Siklus jantung manusia terdiri dari fase-fase sebagai berikut (Studi et al., 2018) :

1. Sistol atrium.
2. Kontraksi isovolumetrik ventrikel.
3. Ejeksi cepat ventrikel.
4. Ejeksi lambat ventrikel.
5. Relaksasi isovolumetrik ventrikel.
6. Pengisian cepat ventrikel.
7. Pengisian lambat ventrikel.

6.8 Sistem Konduksi Jantung

6.8.1 Pembentukan Impuls

Impuls dari SA Node dalam kondisi normal memulai gelombang depolarisasi yang dihantarkan melalui miokardium ke seluruh bagian jantung. Jumlah impuls yang dihasilkan oleh SA Node yaitu 60 – 100 kali/menit. Jika SA Node berhenti berfungsi atau impuls yang menuju ke ventrikel dihambat oleh suatu keadaan patologis, maka aktivitas *pacemaker* yang terletak lebih ke bawah akan muncul yaitu sel *pacemaker* pada AV Node akan mulai aktif dengan kecepatan yang lebih rendah sekitar 40-60 kali/menit. Jika gelombang depolarisasi tidak dapat melalui nodus AV dan Berkas His sehingga tidak dapat mencapai ventrikel, maka sel pada serabut Purkinje akan mulai aktif dan mengirimkan impuls ke ventrikel dengan kecepatan 20– 40 kali/menit (Handayani et al., n.d.)

6.8.2 Jenis Sel pada Jantung Manusia

Jenis sel jantung pada manusia adalah :

1. Sel-sel *pacemaker*
2. Sel-sel konduksi
3. Sel-sel kontraktil

Sel-sel *pacemaker* dan sel-sel konduksi berfungsi sebagai fungsi elektrik. Sel-sel kontraktil berfungsi sebagai fungsi mekanik. Sel-sel *pacemaker* dan sel-sel konduksi ini merupakan sistem jaringan hantaran yang menghantarkan impuls dari atrium sampai ke ventrikel. Sistem tersebut terdiri dari SA Node, AV Node, Berkas His dan serabut-serabut Purkinje.

Sel-sel *pacemaker* sebagai sumber bioelektrik jantung, dalam keadaan normal sel *pacemaker* yang dominan berada di SA Node. SA Node terletak pada pertemuan antara Vena Cava Superior dengan Atrium Kanan. Sel-sel dalam SA Node secara otomatis dan

teratur mengeluarkan impuls dengan frekuensi 60-100 kali permenit.

AV Node terletak diatas Sinus Koronarius pada dinding posterior Atrium Kanan. Sel-sel dalam AV Node mengeluarkan impuls lebih rendah dari SA Node yaitu 40-60 kali permenit.

AV Node kemudian menjadi Berkas His (*His Bundle*) yang menembus jaringan pemisah miokardium ventrikel dan berjalan pada Septum Ventrikel yang kemudian bercabang dua menjadi Berkas Kanan (*Right Bundle Branch*) dan Berkas Kiri (*Left Bundle Branch*). Kedua cabang ini kemudian menuju Endokardium Ventrikel Kanan dan kiri, lalu berkas tersebut menjadi serabut-serabut Purkinje. Serabut Purkinje mampu mengeluarkan impuls dengan frekuensi 20-40 kali permenit (Handayani et al., n.d.).

6.8.3 Ion yang berfungsi penting dalam elektrofisiologi sel otot jantung

Terdapat tiga ion yang berfungsi penting dalam elektrofisiologi sel otot jantung, yaitu :

1. Kalium
2. Natrium
3. Kalsium

Terdapat beribu-ribu kanal ion yang merupakan jalan utama untuk ion berdifusi, dan kanal-kanal tersebut relatif spesifik terhadap ion-ion tertentu, contohnya kanal Natrium lebih utama dilalui oleh Na^+ , kanal Kalsium akan utama dilalui ion Ca^{++} dan begitu juga kanal Kalium utamanya akan dilalui oleh ion K^+ . Terbuka dan tertutupnya pintu gerbang dari kanal-kanal ion tergantung pada kondisi transmembrane.

Pada saat kanal tersebut terbuka, ion akan mengalir melalui membrane menurut perbedaan konsentrasi gradiennya, yaitu dari konsentrasi yang tinggi ke konsentrasi yang rendah. Dalam

keadaan istirahat sel otot jantung permukaan luarnya bermuatan positif dan bagian dalamnya bermuatan negative.

Depolarisasi adalah proses terjadinya perubahan muatan akibat rangsangan. Setelah sel depolarisasi akan terjadi pengembalian muatan ke keadaan yang semula yang disebut Repolarisasi. Seluruh proses tersebut dinamakan Aksi Potensial (Sirait & Sakban, 2021).

6.8.4 Aksi potensial

Aksi potensial terdiri dari lima fase, yaitu :

Fase 0 : merupakan fase depolarisasi, adalah penanjakan pertama dari aksi potensial istirahat (*resting potential*) sebagai akibat masuknya Natrium secara tiba-tiba ke dalam sel.

Fase 1 : adalah fase repolarisasi singkat yang terjadi sesaat setelah fase 0. Fase ini disebabkan karena tertutupnya kanal Natrium secara tiba-tiba dan keluarnya Kalium dari dalam sel.

Fase 2 : adalah fase plateu dalam aksi potensial, fase ini terjadi secara perlahan-lahan sebagai akibat masuknya Calcium ke dalam sel dan fase ini sangat penting untuk mengatur kontraksi jantung.

Fase 3 : adalah repolarisasi lebih lanjut setelah fase 2. Fase ini terjadi karena tertutupnya kanal Calcium dan keluarnya Kalium dari dalam sel, sehingga mengurangi muatan positif di dalam sel.

Fase 4 : adalah fase diantar kedua potensial aksi. Pada fase ini terjadi redistribusi ion-ion ke keadaan sel istirahat, dimana bagian dalam sel bermuatan negative dan bagian luar bermuatan positif (Handayani et al., n.d.).

6.9 Regulasi Jantung

6.9.1 Kontrol Saraf

1. Saraf Simpatis

Mediator kimiawi yang dilepaskan pada postganglionic yaitu Norepinephrine, yang bekerja pada reseptor Adrenergic pada sel efektor. Ada dua tipe Adrenergic, yaitu reseptor Alfa dan

reseptor Beta. Jantung terutama mengandung reseptor Beta. Perangsangan reseptor Beta ini akan menyebabkan meningkatnya kekuatan kontraksi dan kecepatan kontraksi jantung.

2. Saraf Parasimpatis (Vagus).

Saraf Parasimpatis akan melepaskan Asetilkolin yang bekerja pada reseptor kolinergik pada sel efektor. Saraf parasimpatis ini menyebabkan frekuensi jantung menurun dan menekan kontraktilitas, sehingga menurunkan kekuatan kontraksi dan menghambat konduksi saraf (Laksono, n.d.)

6.9.2 Kontrol Kimia

Komponen kimia yang mempengaruhi kerja jantung diantaranya Hormone yang dihasilkan oleh Korteks Adrenal, yaitu Angiotensin, Tiroksin, dan Serotonin yang menyebabkan meningkatnya kekuatan kontraksi jantung (Biologi *et al*, 2014). Sebaliknya, kondisi Hipoksemia, Hiperkapnia, dan Asidosis akan menurunkan kekuatan kontraksi jantung (Wantania Bagian *et al*, n.d.).

DAFTAR PUSTAKA

- Biologi, J., Sains, F., Uin, T., & Malang, M. (2014).
 \376\377\0007\000.\000
 \000G\000A\000G\000A\000L\000
 \000J\000A\000N\000T\000U\000N\000G. In *El-Hayah*
 (Vol. 4, Issue 2).
- Handayani, A., Kardiologi, D., & Vaskular, K. (n.d.). *TINJAUAN
 PUSTAKA Sistem Konduksi Jantung* (Vol. 2, Issue 3). UMSU.
http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/buletin_farmatera
- Laksono, S. (n.d.). Prominentia Medical Journal STUDI PUSTAKA
 NEUROKARDIOLOGI: INTERAKSI JANTUNG DAN OTAK.
PMJ Prominentia Medical Journal, 3(1), 2022.
- Putu Adiartha Griadhi, dr I., & Bagian Fisiologi Program Studi
 Pendidikan Dokter, Mf. 2016. *SISTEM KARDIOVASKULER*.
- Sirait, H., & Sakban, M. 2021. PEMBERDAYAN SISTEM ROBOTIK
 GUNA PENDETEKSI DENYUT JANTUNG MANUSIA. *Jurnal
 Bisantara Informatika (JBI)*, 5(1).
- Studi, P., Biologi, P., Tarbiyah, F., & Keguruan, D. 2018. *SISTEM
 PEREDARAN DARAH MANUSIA SUMIYATI SA'ADAH*.
- Wantania Bagian, F. E., Smf, /, Penyakit, I., & Kardiologi, D. D. (n.d.).
PENATALAKSANAAN PENYAKIT JANTUNG TIROID.

BAB 7

SISTEM RESPIRASI

Oleh Viyan Septiyana Achmad

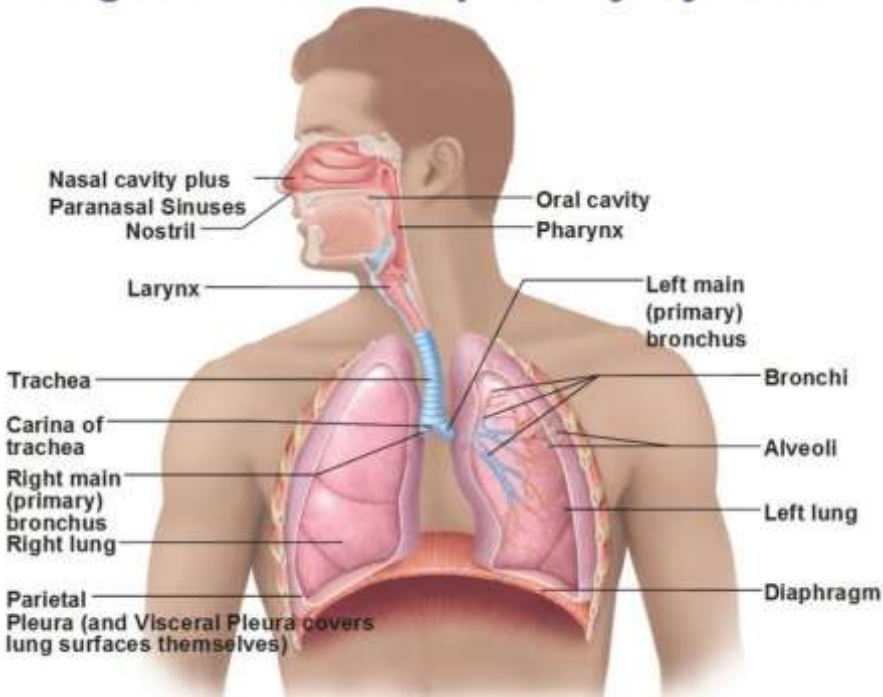
7.1 Pengertian Sistem Respirasi

Oksigen berdifusi ke dalam darah pada saat itu pula karbondioksida dikeluarkan dari darah. Pertukaran gas dilakukan dengan jalan napas (Hakas dan Suanianati, 2016) Sistem pernapasan terbuka ke atmosfer untuk memungkinkan asupan udara saat bernapas. Pernafasan (respirasi) adalah peristiwa menghirup udara dari luar yang mengandung O₂ (oksigen) ke dalam tubuh serta menghembuskan udara yang banyak mengandung CO₂ (karbondioksida) sebagai sisa dari oksidasi keluar tubuh.

7.2 Anatomi Fisiologi Sistem Pernafasan

Sistem pernapasan pada manusia merupakan salah satu bagian yang terlibat dalam proses pertukaran oksigen dan karbondioksida di dalam darah. Seseorang dapat dikatakan bernapas normal jika frekuensi pernapasan 12-20 kali per menit pada orang dewasa dalam keadaan istirahat tanpa aktivitas. Sistem pernapasan pada manusia berperan besar dalam pertukaran oksigen dan karbondioksida. Organ ini terdiri dari hidung, trakea, paru-paru serta otot-otot diafragma.

Organs of the Respiratory System



Gambar 7.1. Anatomi Sistem Pernafasan

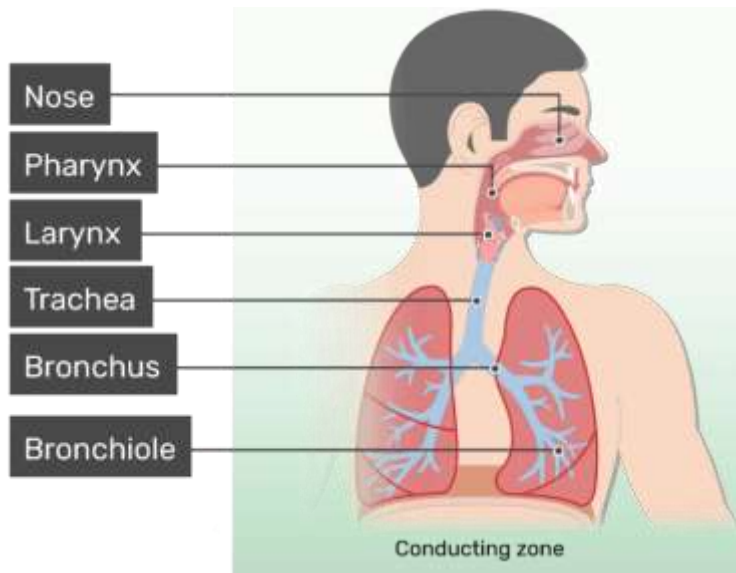
Sumber : <https://owlcation.com/stem/Respiratory-Physiology>

Sistem pernapasan pada manusia adalah sekumpulan organ yang terlibat dalam proses pertukaran oksigen dan karbon dioksida dalam darah. Seseorang dapat dikatakan memiliki laju pernapasan normal apabila ia bernapas sebanyak 12–20 kali per menit saat istirahat dan berlangsung secara berkesinambungan. Sistem paru merupakan tingkat paling dasar dalam memfasilitasi pertukaran gas dari udara lingkungan ke sistem sirkulasi. Kita menghirup oksigen yang berdifusi ke dalam darah untuk masuk ke sirkulasi sistemik dan akhirnya menghasilkan ATP yang digunakan

sebagai energi pada tingkat sel, dan selanjutnya menghembuskan karbon dioksida bersama dengan produk sampingan metabolisme lainnya dari tubuh (Brinkman JE; Sharma S, 2019).

7.3 Saluran Pernafasan

Urutan saluran pernapasan manusia yang benar adalah sebagai berikut: Rongga hidung - Faring - Laring - Trakea - Bronkus - Bronchiolus - Alveolus - Paru-paru (pulmo).

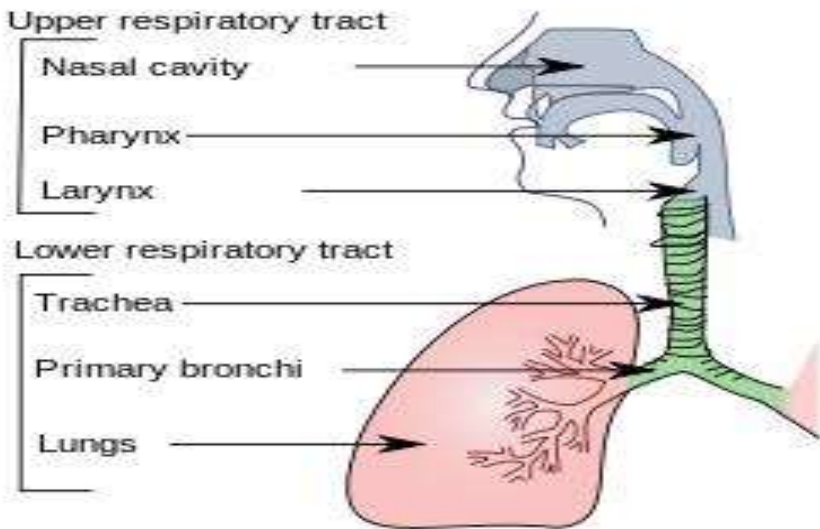


Gambar 7.2. Saluran Pernafasan

Sumber : <https://www.getbodysmart.com/lungs/respiratory-system-anatomy>.

Sistem pernapasan terdiri atas dua paru-paru, jalan napas atas dan jalan napas bawah dan pembuluh darah yang meperdarahi, diafragma dinding dada dan torak. Paru-paru terbagi beberapa lobus yaitu tiga lobus paru-paru kanan (atas,

tengah dan bawah) dan dua lobus paru-paru kiri (atas dan bawah). Setiap lobus terbagi lagi menjadi segmen-segmen dan lobulus-lobulus.



Gambar 7.3. Anatomi Saluran Nafas Atas dan Bawah

Sumber :https://p2k.unkris.ac.id/en3/1-3073-2962/Upper-Respiratory-Tract_31205_p2k-unkris.html

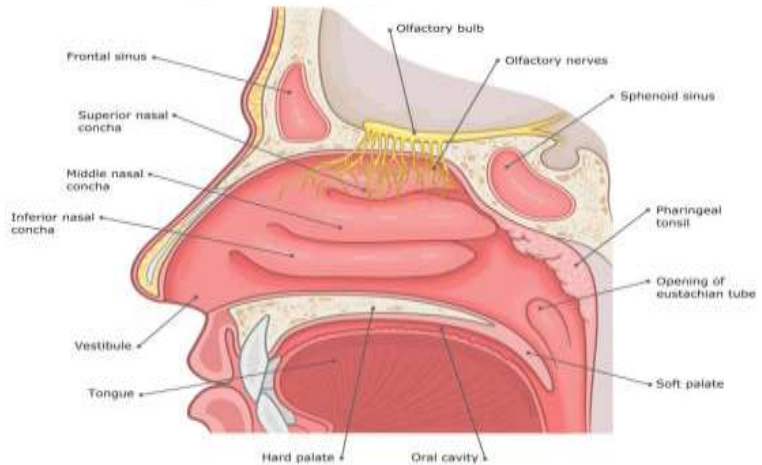
1. Saluran Napas Atas

Jalan napas penghubung menghubungkan udara yang masuk dan keluar dari pertukaran gas paru. Nasoparing dan orofaring disebut jalan napas atas.

a. Rongga Hidung

Rongga hidung adalah semua yang ada pada bagian dalam hidung. Termasuk tulang, tulang rawan dan jaringan di sekitarnya, pembuluh darah dan saraf, hingga ke posterior ke nasofaring. Itu semua adalah bagian dari saluran pernapasan bagian atas.

Nasal cavity anatomy

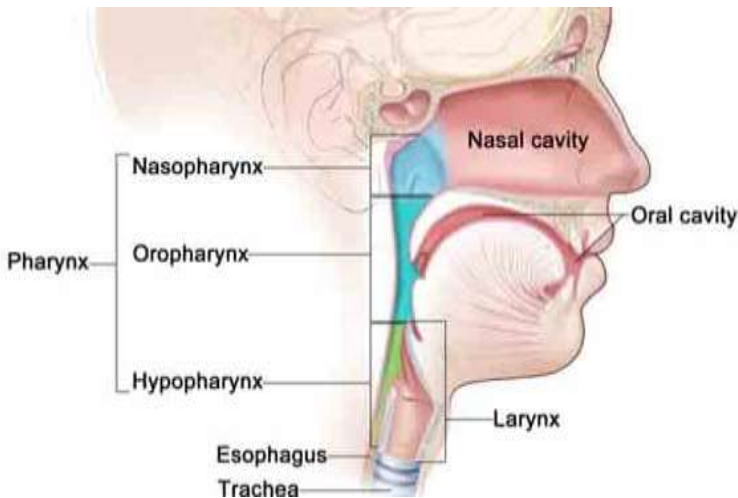


Gambar 7.4. Rongga Hidung

Sumber : <https://www.istockphoto.com/id/vektor/diagram-rongga-hidung-gm>

b. Faring

Faring adalah organ bagian atas tenggorokan yang berbentuk seperti tabung panjang. Organ ini terbentang dari hidung hingga ke sistem pencernaan. Secara umum, fungsi faring adalah membantu sistem pencernaan dan pernapasan agar bisa berjalan baik.

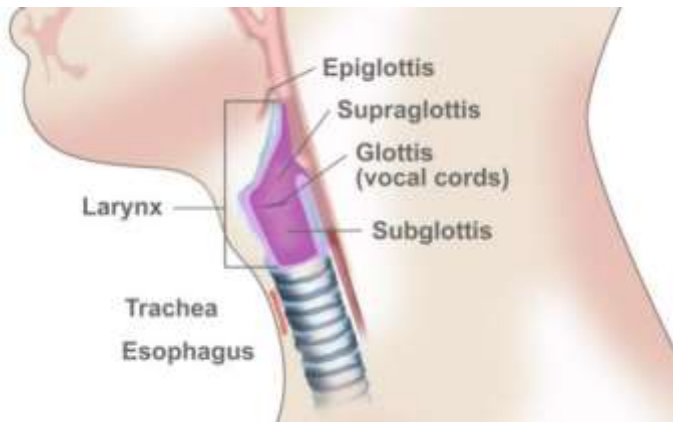


Gambar 7.5. Anatomi Faring

Sumber : <https://www.pelajaran.co.id/faring>

c. Laring

Laring adalah bagian dari sistem pernapasan. Organ ini menghubungkan trakea (saluran udara) dan tenggorokan. Selain memiliki peran penting dalam menghasilkan suara, laring juga berfungsi mencegah makanan dan minuman masuk ke saluran pernapasan. Laring menghubungkan jalan napas atas dan bawah yang terdiri dari endolaring, struktur tulang kartilago yang berbentuk segitiga yang menyelimutinya. Endolaring terdiri dari dua pasang lipatan yaitu pita suara palsu (supraglotis) dan pita suara asli.



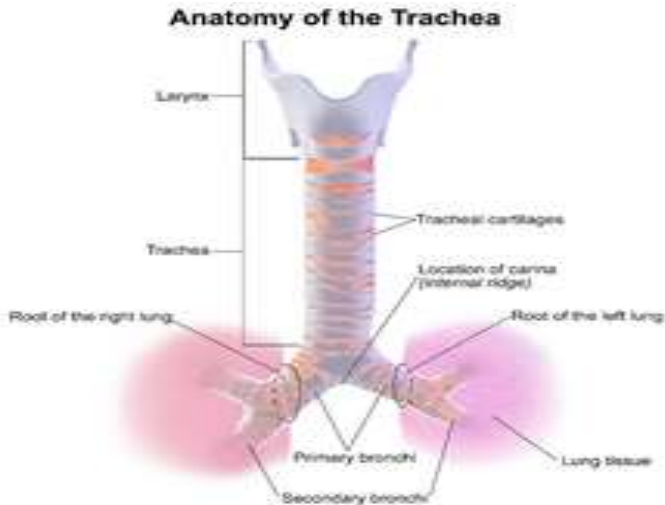
Gambar 7.6. Anatomi Laring

Sumber: <https://jogja.suara.com/read/2021/12/01/163709/mengenal-fungsi-laring-penyakit-hingga-perawatan>

2. Saluran Napas Bawah

a. Trakea

Trakea disangga oleh kartilago berbentuk huruf C menghubungkan laring ke bronkus, jalan napas penghubung ke paru-paru. Trakea bercabang menjadi dua jalan napas utama bronkus pada karina.

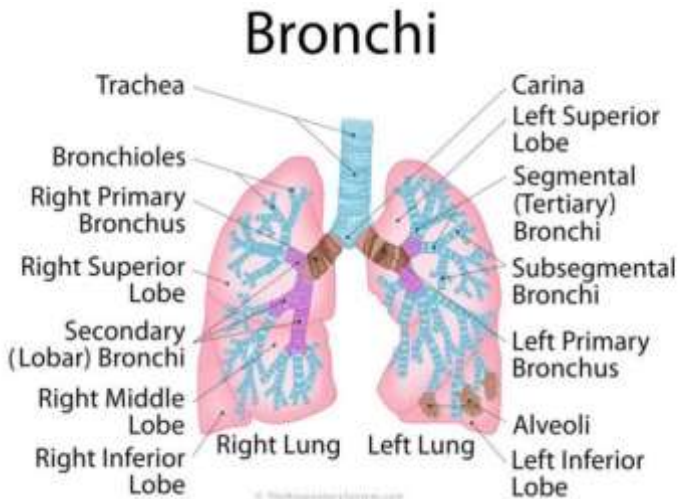


Gambar 7.7. Anatomi Trakea

Sumber : <https://en.wikipedia.org/wiki/Trachea>

b. Bronkus

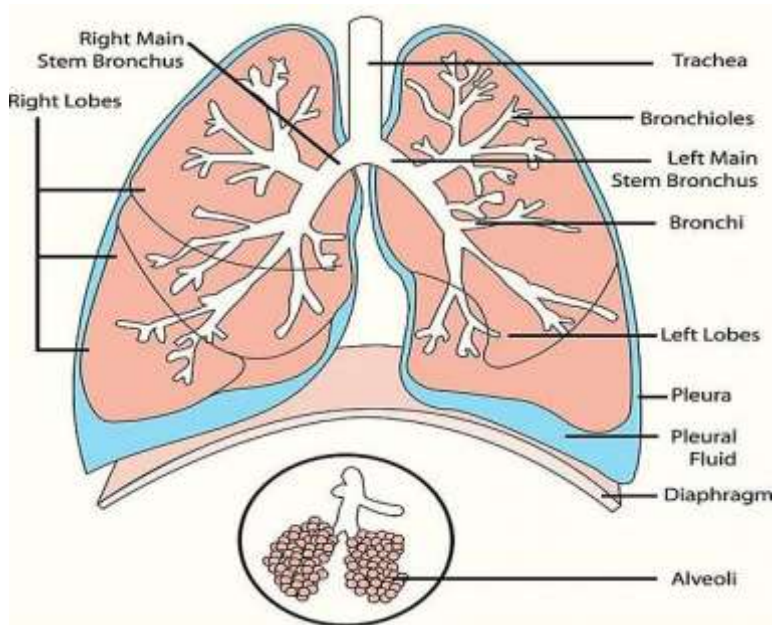
Bronkus adalah saluran udara utama yang terhubung ke paru-paru. Sebelum masuk ke paru-paru, udara masuk ke dalam tubuh melalui mulut atau hidung, kemudian melalui laring dan trakea. Kemudian, udara akan keluar dari bagian trakea yang disebut bronkus. Cabang bronkus menjadi kantung kecil yang disebut bronkiolus yang berakhir dengan kantung udara kecil di paru-paru yang disebut alveoli. Alveoli merupakan Tempat pertukaran karbondioksida dan oksigen yang disalurkan ke seluruh tubuh melalui darah.



Gambar 7.8. Anatomi Bronkus
 Sumber :<https://www.pinterest.com>

c. Paru-paru

Paru-paru adalah salah satu organ tubuh manusia yang paling penting. Merupakan bagian langsung dari pernafasan (breathing) yang berhubungan dengan sistem pernafasan dan sirkulasi (peredaran darah). Fungsi utama organ ini adalah menggunakan karbon dioksida dari darah untuk menukar oksigen dari udara.



Gambar 7.9. Anatomi Paru-paru

Sumber :<https://www.kibrispdr.org/detail-1/gambar-paru-paru-sebagai-alat-ekskresi.html>

7.4 Daya Pengembangan Paru dan Thoraks

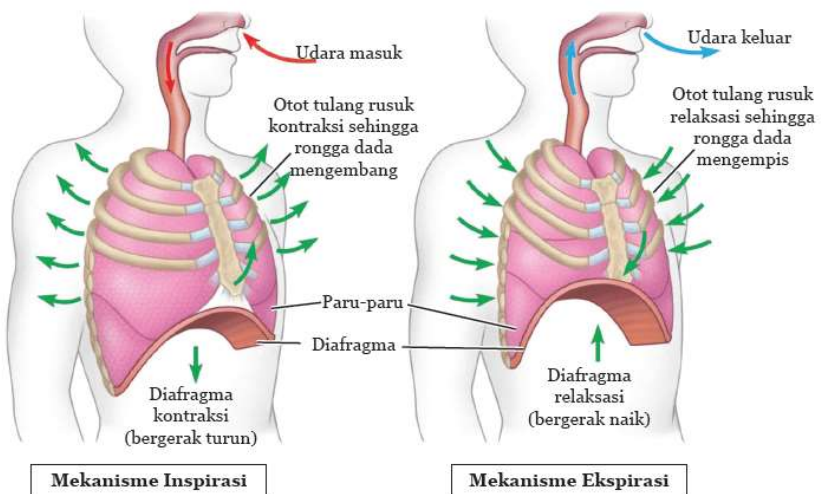
1. Disebut juga dengan nama *compliance*.
2. Paru dan thorax memiliki struktur fibroelastik.
3. Sifat elastiknya disebabkan karena tegangan permukaan cairan yang melapisi alveolus dan serabut elastik di seluruh jaringan.
4. Sifat elastik thoraks disebabkan karena elastisitas otot, tendon, dan jaringan penyambung dada.

7.5 Fungsi Respirasi

1. Tempat pertukaran gas
2. Memfiltrasi bahan-bahan toksik
3. Metabolisme senyawa

7.6 Gerakan Respirasi

Mekanisme pernapasan normal terdiri dari Inspirasi dan Ekspirasi. Otot diafragma berkontraksi sehingga tulang rusuk naik, kemudian terjadi peningkatan volume cavum thoraks, peregangan paru-paru, peningkatan volume intrapulmonar, penurunan tekanan intrapulmonar hingga 1 mmHg, sehingga mendorong udara masuk ke paru-paru pada saat inspirasi. Pada saat ekspirasi, otot diafragma mengalami relaksasi mendorong kembali tulang rusuk ke posisi semula, terjadi penurunan volume intrapulmonar, meningkatkan tekanan intrapulmonar hingga 1 mmHg, sehingga udara keluar dari paru-paru (Ganong F; William, 2013; Tortora GJ; Derrickson BN, 2012).



Gambar 7.10. Mekanisme Bernapas

Sumber : <https://maglearning.id/2022/03/04/mekanisme-pernapasan-manusia>

Inspirasi

Otot diafragma kontraksi dan kubah diafragma turun. Pada saat yang sama m. intercostalis externa berkontraksi menarik dinding dada agak keluar sehingga ruang di dalam rongga dada membesar. Akibatnya tekanan di dalam alveolus menurun sehingga udara atmosfer dapat memasuki paru-paru.

Ekspirasi

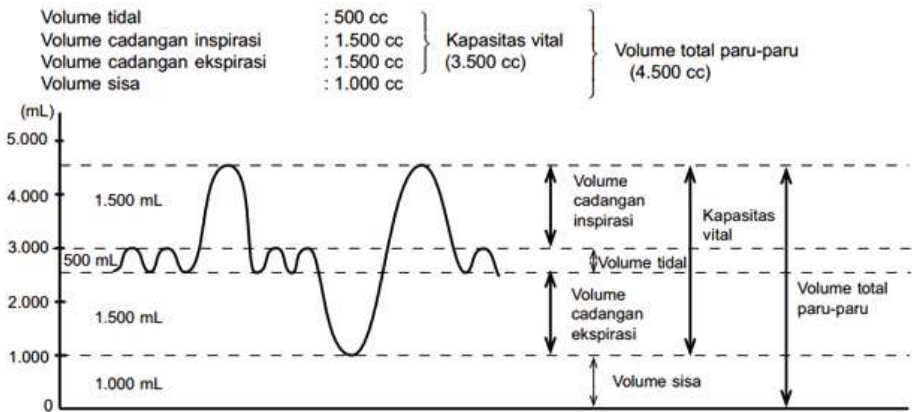
Otot diafragma relaksasi dan kubah diafragma naik. Pada saat yang sama m. intercostalis externa juga relaksasi sehingga dinding dada masuk ke dalam sehingga ruang di dalam rongga dada mengecil dan akibatnya tekanan intraalveoli meningkat. Pada akhirnya udara didorong ke luar dari paru-paru. Respirasi tenang yang normal terjadi sekitar 12 – 16 kali per menit. Ekspirasi diikuti henti sejenak. Kedalaman dan frekuensi gerakan respirasi terutama dikendalikan secara biokimiawi, namun kendali ini dapat dimodifikasi oleh kerja volunter pada saat bicara, menyanyi, dan sebagainya.

7.7 Volume Paru-Paru

Volume udara pernapasan yang mengalir keluar dan masuk paru bersifat statis. Jumlah volume udara ini bervariasi pada setiap individu ditentukan oleh ukuran tubuh, jenis kelamin, usia, postur tubuh, kelompok etnis dan obesitas (Moore KL; Dalley AF; Anne MRA; *et al*, 2014). Volume ini disebut juga dengan volume paru statis. Berikut merupakan beberapa pembagian volume udara pernapasan (Moore KL; Dalley AF; Anne MRA; *et al*, 2014):

1. Tidak semua udara inspirasi mencapai paru dan tidak semua ekspirasi saat bernapas tenang
2. Pada saat istirahat, volume tidal paru (volume udara inspirasi dan ekspirasi saat bernapas tenang) berjumlah sekitar 400 - 500 ml dimana 150 ml mengisi ruang rugi

- anatomi dan 250 - 350 ml bercampur dengan sekitar 3000 ml udara yang tetap berada di dalamnya
3. Volume residu: volume udara di dalam paru yang tidak dapat dikeluarkan setelah ekspirasi maksimal
 - 1) dan tetap berada di dalam alveolus (1200 – 1500 ml)
 4. Volume cadangan inspirasi: jumlah udara yang dapat diinspirasi dengan kuat setelah inspirasi normal (2500 – 3000 ml)
 5. Volume cadangan ekspirasi: jumlah udara yang dapat diekspirasi dengan kuat setelah ekspirasi normal (1000 – 1250 ml)
 6. Kapasitas Vital: volume tidal + cadangan inspirasi + cadangan ekspirasi (4000 – 4750 ml)
 7. Semua volume ini dapat mengalami perubahan karena faktor penyakit
 8. Dead space = 150 cc
 9. Saat volume tidal sewaktu inspirasi 500 cc udara segar, hanya 350 cc saja yang mencapai alveoli dan turut dalam pertukaran gas
 10. Jadi, pada setiap pernapasan tidal, di dalam alveoli selalu terjadi percampuran udara segar dari luar 350 cc dengan udara lama yaitu 150 cc pada dead space + 1250 cc VCE + 1200 VR
 11. Dalam keadaan normal sewaktu istirahat, seseorang akan bernapas 12 kali per menit
 12. Ventilasi pulmonal: $VT \times \text{kecepatan napas} = 500 \times 12 = 6000 \text{ ml per menit}$
 13. Ventilasi alveoli: $(VT - DS) \times \text{kecepatan napas} = (500 - 150) \times 12 = 4200 \text{ ml per menit.}$



Gambar 7.11. Volume Paru

Sumber :<https://www.edubio.info/2021/03/pengertian-volume-pernapasan-dan.html>

7.8 Tujuan Pernapasan

Tujuan dari sistem respirasi adalah untuk memperoleh oksigen dari udara ke jaringan tubuh dan membuang karbondioksida (Guyton dkk., 2006)

7.9 Fisiologi Pernapasan

Respirasi adalah pertukaran gas-gas antara organisme hidup dan lingkungan sekitarnya. Respirasi eksternal adalah pertukaran gas antara darah dan udara sekitarnya, pertukaran ini meliputi beberapa proses, antara lain (Kibble JD; Halsey CR, 2014):

1. Ventilasi: proses masuk udara sekitar dan pembagian udara tersebut ke alveoli,
2. Distribusi: distribusi dan percampuran molekul gas intrapulmoner,
3. Difusi: masuknya gas menembus selaput alveolo-kapiler, dan

4. Perfusi: pengambilan gas oleh aliran darah kapiler paru yang adekuat.

Respirasi internal ialah pertukaran gas-gas antara darah dan jaringan. Pertukaran ini meliputi beberapa proses, antara lain (Kibble JD; Halsey CR, 2014):

1. Efisiensi kardiosirkulasi dalam menjalankan darah kaya oksigen
2. Distribusi kapiler
3. Difusi, perjalanan gas keruang interstisial dan menembus dinding sel
4. Metabolisme sel yang melibatkan enzim

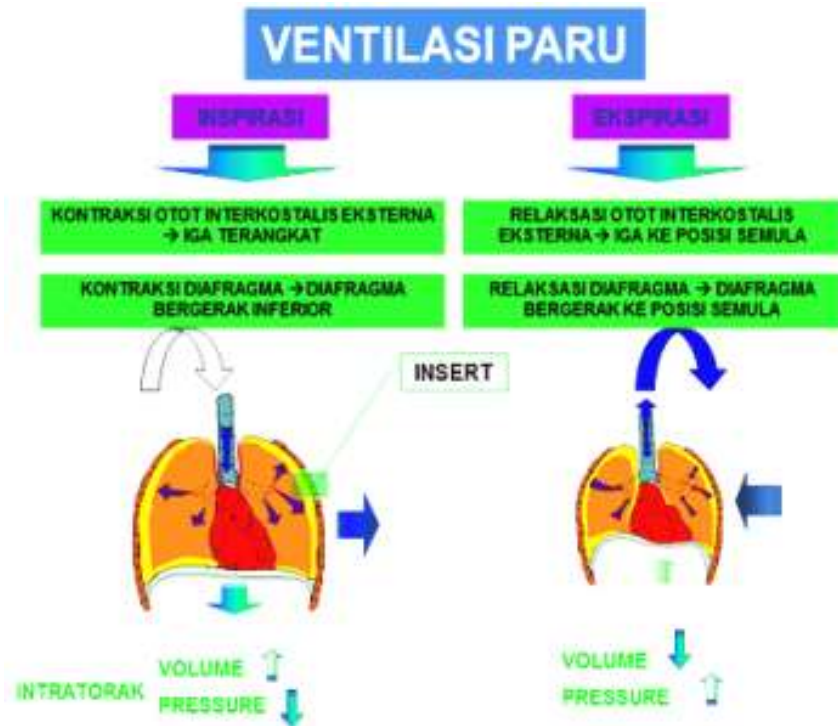
Fungsi utama respirasi adalah pertukaran oksigen dan karbondioksida antara darah dan udara pernapasan. Fungsi tambahan adalah pengendalian keseimbangan asam basa, metabolisme hormon dan pembuangan partikel. Paru ialah satu-satunya organ tubuh yang menerima darah dari seluruh corak jantung (Guyton AC; Hall JE, 2016).

7.10 Fungsi Utama Pernapasan

1. Ventilasi

Ventilasi adalah gerakan mekanik dari udara ke dalam dan keluar paru. Seringkali istilah ventilasi disebut respirasi yang merupakan proses pertukaran oksigen dan karbondioksida selama metabolisme seluler. Frekuensi napas adalah sebenarnya ventilasi yang menandakan berapa kali udara yang masuk dan keluar dalam satu menit. Jumlah ventilasi dihitung dengan mengalikan frekuensi napas (napas per menit) dengan udara setiap kali bernapas (tidal volume dalam liter). hal ini disebut dengan volume seminit atau ventilasi seminit dan dinyatakan dalam liter per menit. Proses ventilasi inspirasi dan ekspirasi terjadi secara sekuensial

yang melalui sistem saluran udara yang sama, didukung oleh aliran darah searah yang melalui pembuluh darah paru. Sehingga darah dari ventrikel kanan yang berisi darah dari berbagai jaringan tubuh melalui arteri paru dapat dilakukan reoksigenasi



Gambar 7.12. Ventilasi Pernapasan

Sumber :<http://majalah1000guru.net/2011/07/respirasi-proses-barter-udara>

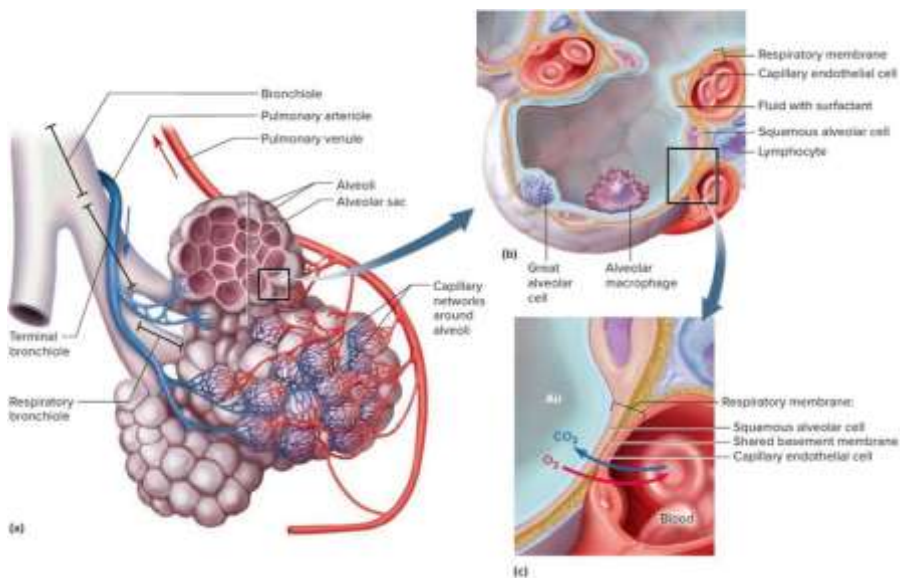
Ventilasi Alveolar

Ventilasi alveolar merupakan jumlah udara yang mencapai alveoli tiap menitnya. Hanya sebagian dari udara

inhalasi yang mencapai permukaan alveoli. Biasanya inhalasi menarik 500 ml udara ke dalam saluran pernafasan.

2. Difusi

Difusi adalah proses pertukaran gas O_2 dan CO_2 di paru-paru, proses difusi gas oksigen (O_2) dan karbondioksida (CO_2) pada pernapasan terjadi di dalam alveoli. Alveoli adalah kantung udara kecil di paru-paru. Pertukaran Gas Dalam Paru selama pernapasan tenang, sekitar 500 ml udara atmosfer dimasukkan ke dalam paru pada bernapas. Udara ini terdiri dari sekitar 20% oksigen, 79% nitrogen, dan hampir tanpa karbondioksida (0.4%). Sebaliknya udara yang dikeluarkan/ekspirasi: 79% Nitrogen, 16% oksigen, dan 4% karbondioksida. Difusi merupakan proses pertukaran zat yang berwujud gas. Berikut adalah proses difusi gas O_2 dan CO_2 dalam paru-paru! Proses difusi gas oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2) pada pernapasan terjadi dalam alveolus. Alveolus adalah kantung udara kecil yang berada di paru-paru.



Gambar 7.13. Difusi Pernafasan

Sumber :<https://www.myrightspot.com/2018/12/mekanisme-pertukaran-gas-O2-dan-co2-di-dalam-tubuh.html>

Proses difusi melewati membrane pembatas alveoli dengan kapiler pembuluh darah meliputi proses difusi gas dan proses difusi cairan. Udara atmosfer masuk ke dalam paru dengan aliran cepat, ketika dekat alveoli kecepatannya berkurang sampa terhenti. Udara atau gas yang baru masuk dengan cepat berdifusi atau bercampur dengan gas yang telah ada dalam alveoli. Kecepatan gas berdifusi berbanding terbalik dengan berat molekulnya. O_2 mempunyai berat molekul 32 sedangkan berat molekul CO_2 adalah 44. Gerak molekul gas O_2 lebih cepat dibandingkan gerak molekul gas CO_2 sehingga kecepatan difusi O_2 juga lebih cepat. Sedangkan kecepatan difusi gas pada fase cairan tergantung kelarutan gas dalam cairan. Kelarutan CO_2 lebih besar dibandingkan O_2 sehingga kecepatan difusi CO_2 didalam fase cairan 20 kali lipat kecepatan

difusi O₂. Semakin besar membran pembatas, halangan bagi proses difusi.

Hukum Fick

Jumlah gas yang berdifusi berbanding lurus dengan luas permukaan dan selisih tekanan serta berbanding terbalik dengan tebal dinding.

Luas Permukaan

Difusi hanya terjadi pada ductus alveolaris dan alveolus (300 juta dengan luas permukaan 70 – 100 m²).

Kemudahan

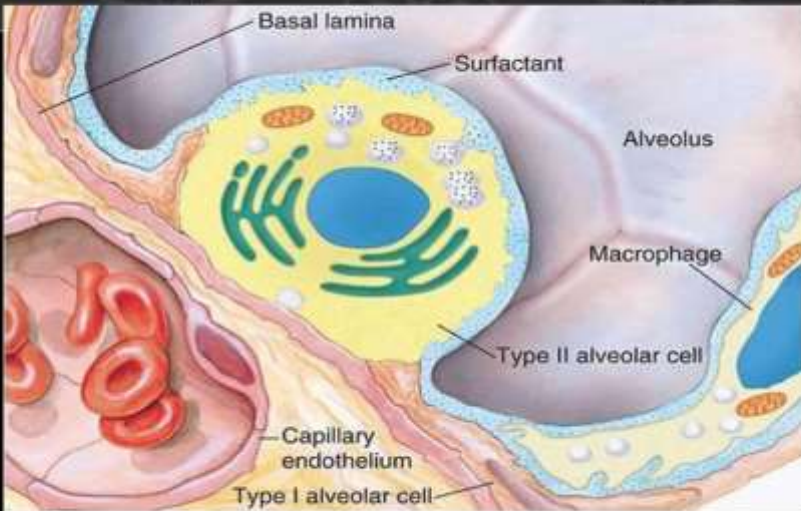
O₂ dari udara pernafasan dapat sampai ke eritrosit harus melewati (1) surfaktan, (2) alveolus, (3) cairan interstitial, (4) dinding kapiler, (5) plasma, dan (6) dinding eritrosit.

Surfaktan

Sel-sel tertentu dalam alveolus tipe II memproduksi zat penting yang disebut surfaktan yang membantu dan mengurangi tegangan permukaan alveolus agar alveolus dapat dikembangkan. Surfaktan adalah fosfolipid yang bekerja seperti suatu deterjen yang memisahkan molekul-molekul air di alveolus, sehingga melmahkan ikatan-ikatan diantara molekul tersebut. Menurut hukum Laplace, semakin kecil jari-jari suatu bola semakin besar tekanan yang diperlukan untuk mengembangkannya. Apabila terdapat surfaktan maka alveolus kecil memerlukan tekanan yang lebih kecil daripada alveolus yang lebih besar karena surfaktan terkonsentrasi tinggi, sehingga sangat menurunkan tegangan permukaan alveolus.

- a. Terbentuk pada minggu ke-28 pada masa kehamilan
- b. Persalinan prematur – Respiratory Distress
- c. Pernafasan pertama dirangsang karena perubahan suhu

SURFAKTAN



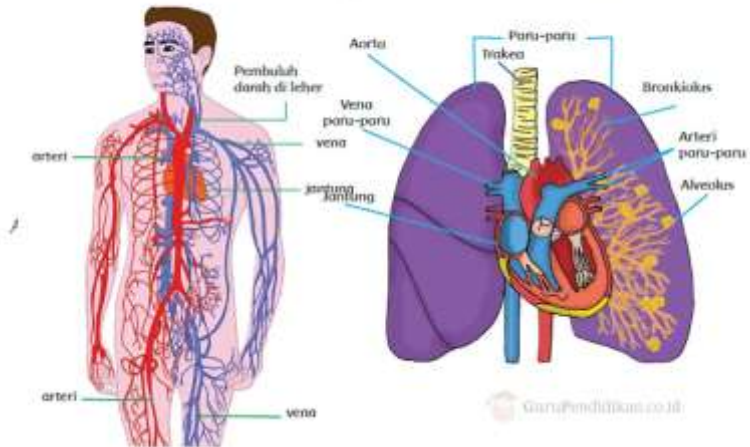
Kahathuduwa C. Surfactant lowering pulmonary surface tension. [cited 21st February 2018]. Available from: <https://owlcation.com/stem/Surfactant-Lowering-Pulmonary-Surface-Tension>

Gambar 7.14. Surfaktan Paru

3. Transportasi

Sel darah merah mengandung hemoglobin (Hb) yang berperan penting sebagai alat transportasi oksigen dalam darah. Sebagian besar, sekitar 97%, oksigen diangkut oleh hemoglobin, sisanya 3% diangkut dalam keadaan terlarut dalam plasma darah. Mekanisme pengangkutan oksigen ke jaringan tubuh yaitu oksigen (O_2) akan berdifusi ke selsel darah merah sehingga bercampur secara kimiawi dengan hemoglobin (Hb) untuk membentuk apa yang dinamakan Oksihemoglobin (oxyhemoglobin - HbO_2).

Sistem Transportasi Manusia



Gambar 7.15. Sitem Transportasi Paru Manusia
<https://www.gurupendidikan.co.id/sistem-transportasi-manusia/>

DATAR PUSTAKA

- Agustiawan. 2022. *Anatomi Fisiologi Tubuh Manusia*. Aceh: Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.
- Brinkman JE; Sharma S. 2019. *Physiology, Respiratory Drive*. StatPearls Publishing.
- Broaddus VC; Mason RJ; Ernst JD; et al. 2016. *Murray & Nadel's Textbook of Respiratory Medicine*. Elsevier Saunders.
- Ganong F; William. 2013. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran (22 ed.)*. Jakarta: EGC.
- Guyton AC; Hall JE. 2016. *Buku ajar fisiologi kedokteran*. Jakarta: EGC.
- Huether & Mc Cance. 2019. *Buku Ajar Patofisiologi*. Edisi Keenam Volume 2. Jakarta: Elsevier.

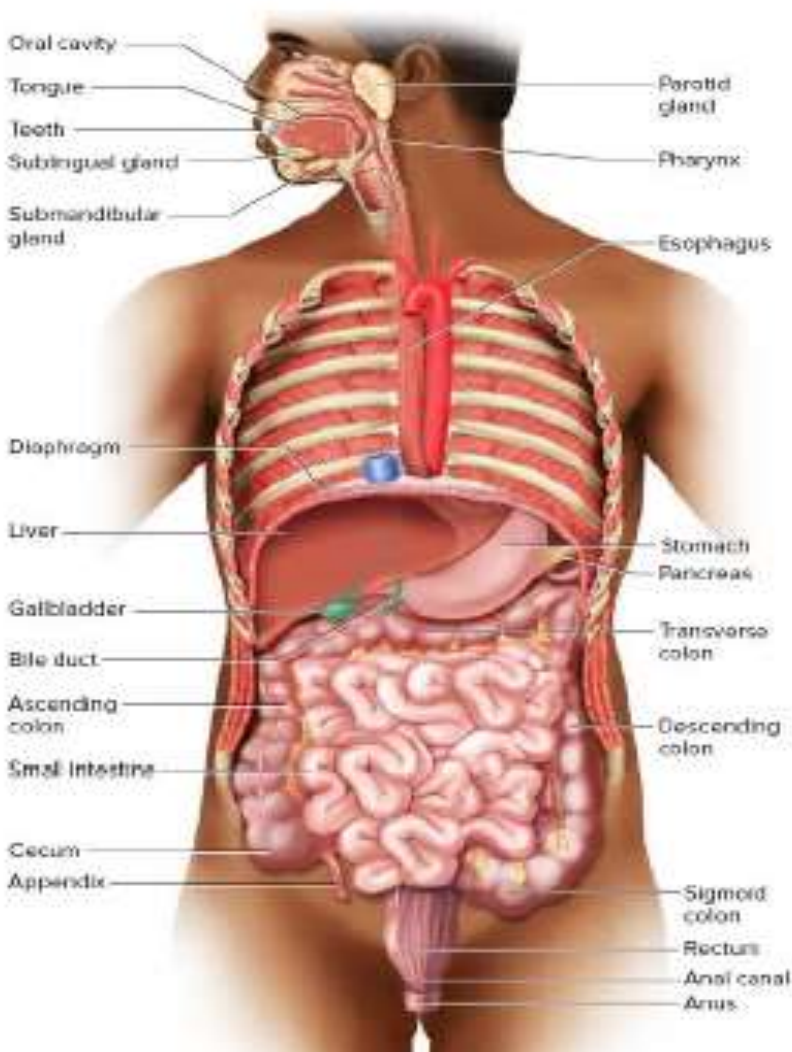
BAB 8

SISTEM PENCERNAAN

Oleh Yoanita Hijriyati

8.1 Pendahuluan

Sistem Pencernaan merupakan system utama yang berperan dalam mencerna dan mengolah makanan. Sistem ini memecah makanan menjadi molekul kecil seperti asam amino dan monosakarida agar dapat diabsorpsi dan diangkut ke dalam sel. Sistem pencernaan memiliki fungsi utama dalam memproses makanan, mengekstrak nutrisi dari makanan, dan mengeliminasi zat residu. Proses tersebut melalui beberapa tahapan, yaitu ingesti, proses mekanis, digesti, sekresi, absorpsi, dan defekasi. (Husairi A *et al.*, 2020)



Gambar 8.1. Sistem Pencernaan (Saladin et al., 2018)

Organ-organ sistem pencernaan dapat dibagi menjadi: organ utama dan organ tambahan (aksesoris) dari sistem pencernaan. Organ utama sistem pencernaan adalah organ yang

memiliki peranan langsung pada proses pencernaan. Organ-organ ini termasuk mulut, i mulut, esofagus, lambung, usus halus, kolon, rektum, dan anus. Organ aksesoris sistem pencernaan adalah organ yang tidak secara langsung ikut serta dalam proses pencernaan makanan, tetapi membantu proses pencernaan dengan mengeluarkan enzim pencernaan. Kelompok organ aksesoris terdiri dari kelenjar ludah, hati, kandung empedu dan pankreas. Enzim pencernaan mengoptimalkan proses pemecahan makanan untuk kemudian menghasilkan molekul yang lebih kecil. Kerja pada sistem pencernaan dikontrol oleh sistem saraf, peredaran darah dan berbagai hormon tubuh agar dapat berfungsi secara normal. (Saladin *et al.*, 2018)

Berikut penjelasan lengkapnya:

8.2 Rongga Mulut

Rongga mulut merupakan tempat pertama kalinya terjadi proses pencernaan makanan. Di rongga mulut, proses pencernaan makanan berlangsung secara mekanis dan kimia. Dalam pencernaan makanan secara mekanis, gigi mengunyah makanan sampai menjadi bagian kecil dan halus. Struktur gigi, lidah, dan kelenjar ludah berkontribusi pada proses pencernaan. Proses pencernaan kimia di dalam mulut terjadi ketika enzim bereaksi dengan molekul makanan.

Setiap bagian dari rongga mulut memiliki peran yang sama pentingnya dalam proses pencernaan makanan.

8.2.1 Lidah

Lidah memiliki beberapa fungsi : (1) Lidah memiliki fungsi dalam berbicara, (2) Lidah adalah organ untuk mencerna dan menelan makanan, (3) Lidah merupakan indera pengecap. Struktur permukaan lidah terdapat banyak tonjolan kecil yang disebut sebagai papilae. Jenis papillae di lidah adalah : 1. *Papilae filiformis*: jenis ini dapat ditemukan di seluruh permukaan lidah berbentuk tonjolan langsing seperti kerucut. Tidak terdapat reseptor

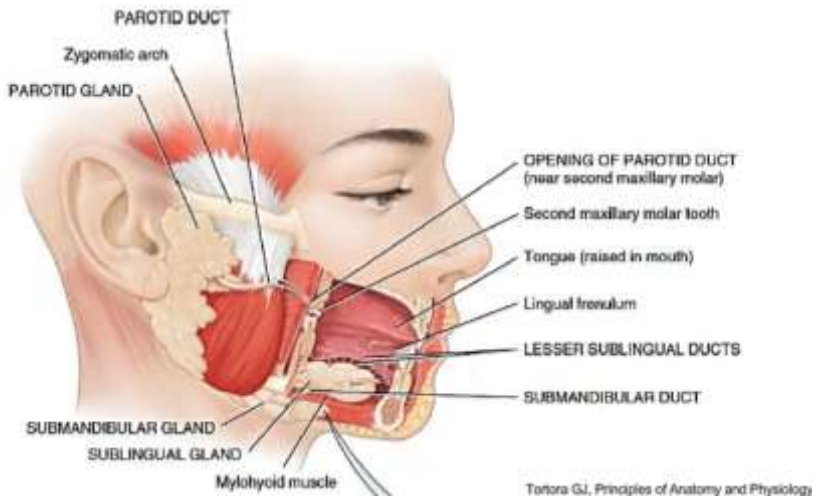
pengecap pada *Papillae filiformis*. 2. *Papillae fungiformis* memiliki bentuk seperti jamur. Terdapat reseptor pengecap pada papillae jenis ini. 3. *Papillae foliatae*, terletak pada bagian pinggir lateral posterior lidah. Jenis papillae ini mengandung banyak reseptor pengecap. 4. *Papillae circumfalatae* dapat ditemukan pada daerah " V " di bagian posterior lidah. Jenis papillae ini memiliki bentuk tonjolan besar (Gultom, 2018)

8.2.2 Gigi

Gigi menggigit, memotong, mengunyah, dan merobek makanan di mulut sebelum membawanya ke organ pencernaan terdekat. Biasanya orang dewasa memiliki 32 gigi dan rinciannya: 8 gigi seri (*Dentes incisivi*), 4 gigi taring (*Dens caninus*), 8 gigi premolar (*Dentes premolares*), dan 12 gigi molar/ geraham (*Dentes molares*), termasuk 4 gigi bungsu. (Utari and Putri, 2019)

8.2.3 Kelenjar saliva

Kelenjar ini menghasilkan air liur (*saliva*). Tugas saliva adalah menjaga mulut tetap lembab dan basah, yang membantu dalam proses pencernaan. Kelenjar ludah terdiri dari kelenjar sublingual, kelenjar submandibular, dan kelenjar parotis. Pada saliva terkandung enzim *ptyalin* (*amilase*), enzim ini mengubah karbohidrat (*pati*) menjadi molekul maltosa. Saliva juga mengandung *imunoglobulin* dalam bentuk *IgA* dan elektrolit seperti natrium, kalium, klorida, dll. (Tortora and Derrickson, 2017)



Gambar 8.2. Kelenjar Saliva (Tortora and Derrickson, 2017)

8.2.5 Langit-langit mulut (Palatum)

Langit-langit dibagi menjadi langit-langit keras anterior (depan) dan langit-langit lunak posterior (belakang). Langit-langit keras terdiri dari rahang atas dan tulang palatina. Pada saat yang sama, langit-langit posterior lunak dan dapat digerakkan saat menelan.

8.3 Esofagus

Esofagus adalah saluran yang menghubungkan faring dengan lambung. Dinding esofagus dapat membuat gerakan peristaltik untuk memindahkan makanan dari mulut ke lambung. Pada orang dewasa, esofagus memiliki panjang sekitar 25 cm. Lapisan dinding esofagus menghasilkan lendir yang membuat menelan menjadi lebih mudah. (Husairi *A et al.*, 2020)

8.3.1 Proses Menelan

Selama proses menelan, makanan didorong dari mulut ke dalam lambung oleh gerakan otot dan refleks dari ketiga organ sistem pencernaan, termasuk esofagus. (Sherwood, 2015)

Proses menelan dapat dibagi menjadi:

1. **Fase Oral**, setelah mengunyah di mulut, otot lidah mendorong makanan ke bagian belakang.
2. **Fase Faringeal**, di bagian belakang faring, makanan menekan uvula, menutup rongga hidung dan laring. Ini menutup saluran udara sehingga makanan tidak masuk ke saluran pernapasan tetapi ke esofagus.
3. **Fase Esofagus**, makanan melewati esofagus dan merangsang gerakan peristaltik. Gerakan ini mendorong makanan menuju sfingter lambung dan masuk ke lambung.

8.3.2 Struktur Esofagus

Dinding esofagus terdiri dari 4 lapisan: (Husairi A *et al.*, 2020):

1. Lapisan Serosa

Ini adalah lapisan terluar dari esofagus dalam bentuk jaringan ikat. Pada lapisan ini terdapat pembuluh darah, kelenjar getah bening dan saraf. Lapisan serosa memiliki rongga tempat cairan serosa dapat mengalir.

2. Lapisan Otot

Ini adalah lapisan otot polos yang bekerja tanpa sadar. Lapisan ini terdiri dari serabut otot longitudinal yang memanjang dan serabut otot sirkular yang melingkar. Gerak peristaltik yang digunakan untuk menggerakkan makanan tercipta dari kombinasi kontraksi kedua jenis otot ini.

3. Lapisan Submukosa

Lapisan ini tersusun atas jaringan ikat longgar. Terdapat pembuluh darah, kelenjar limfe, persarafan serta kelenjar mukus pada lapisan ini.

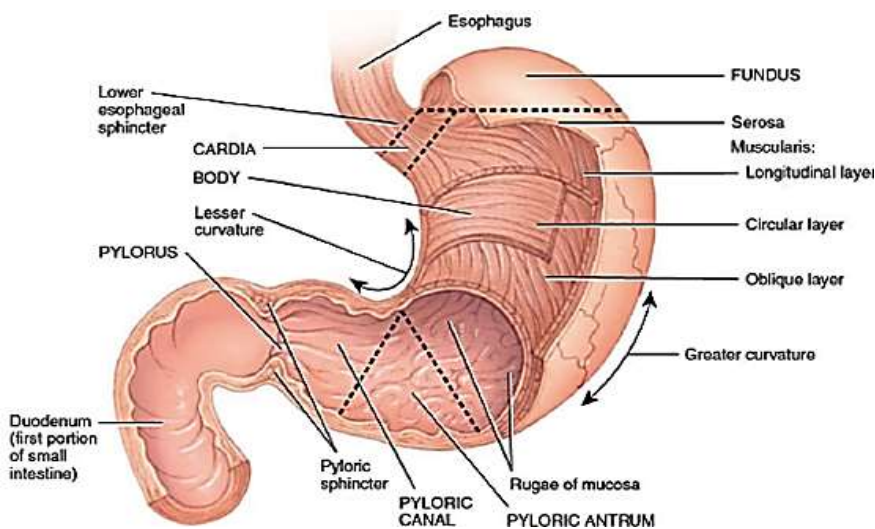
4. Lapisan Mukosa

Lapisan ini mengandung sel goblet yang menghasilkan mukus. Lendir yang dihasilkan sel goblet melindungi dinding esofagus dari asam, termasuk asam lambung.

8.4 Lambung/ Gaster

Tugas lambung adalah mengolah makanan menjadi bentuk setengah padat yang disebut chyme. Susunan lapisan dinding dari dalam ke luar adalah sebagai berikut (Tortora and Derrickson, 2017) :

1. **Mukosa** adalah selaput lendir tempat sel mengeluarkan enzim, asam lambung, dan hormon. Saat perut kosong, lapisan ini membentuk lipatan yang disebut rugae.
2. **Submukosa** merupakan lapisan yang mengandung pembuluh darah arteri dan vena.
3. **Lapisan otot** terdiri dari otot memanjang (muskulus longitudinal), otot diagonal (muskulus Obliquus), dan otot melingkar (muskulus aurikularis).
4. **Lapisan serosa (peritonium)** merupakan lapisan pelindung. Pada lapisan ini terdapat sel-sel yang memproduksi cairan untuk mengurangi gaya gesek dengan organ lain di rongga abdomen.



Gambar 8.3. Lambung dan Lapisan Dinding Lambung
(Tortora and Derrickson, 2017)

8.4.1 Aliran Darah dan Persarafan Pada Lambung

Lambung disuplai oleh serabut saraf otonom. Saraf parasimpatis merangsang aktivitas motorik dan sekresi lambung. Pada saat yang sama, serabut aferen simpatis menghambat motilitas dan sekresi lambung. Pasokan darah ke lambung berasal dari arteri celiac. (Sherwood, 2015)

8.4.2 Fungsi Lambung

Lambung memiliki fungsi motorik dan fungsi pencernaan-sekresi:

1. Fungsi motorik

a. Fungsi reservoir

Lambung menyimpan makanan hingga dicerna secara bertahap dan diteruskan ke saluran pencernaan berikutnya. Lambung mampu menampung peningkatan volume tanpa meningkatkan tekanan di

dalamnya. Hal ini dimungkinkan karena relaksasi otot polos yang dimediasi oleh saraf vagus akibat stimulasi gastrin.

b. Fungsi mencampur

Lambung memecah makanan menjadi partikel-partikel kecil dan kemudian terjadi proses pencampuran dengan sekresi lambung. Melalui kontraksi otot, kemudian menciptakan gerakan pencampuran.

c. Fungsi pengosongan lambung

Aktivitas ini dikontrol oleh sfingter pilorus yang terbuka. Proses ini dipengaruhi oleh viskositas dan volume makanan, tingkat keasaman lingkungan lambung, aktivitas osmotik, kondisi fisik, emosi dan obat-obatan yang dikonsumsi. Tambahan lagi, proses pengosongan lambung juga dikontrol oleh stimulasi saraf dan hormon.

2. Fungsi pencernaan – sekresi

Lambung memiliki fungsi pencernaan-sekresi, yaitu :

- a. Protein dicerna di lambung di bawah pengaruh pepsin dan HCL.
- b. Lambung mensintesis dan melepaskan gastrin.
- c. Lambung melepaskan faktor intrinsik. Ini memungkinkan vitamin B12 diserap di usus halus distal.
- d. Lambung mengeluarkan lender (mucus). Sekresi lendir berfungsi membentuk selubung yang melindungi dinding lambung dari kondisi asam, selain itu juga berperan sebagai pelumas.

8.4.3 Proses Pencernaan Makanan Di Lambung

1. Pencernaan Mekanik

Sesaat setelah makanan masuk ke lambung, muncul gerakan peristaltik yang disebut sebagai gelombang pencampuran setiap 15-25 detik. Gelombang ini

mengakibatkan makanan di lambung terendam dan tercampur dengan sekresi kelenjar lambung. Hasilnya adalah cairan yang disebut chyme. Gerakan bolak-balik (maju/mundur) ini bertanggung jawab atas sebagian besar pencampuran di lambung. (Guyton, Arthur C., 2016)

2. Pencernaan Kimiawi

Lambung adalah tempat dimulainya proses pencernaan protein oleh enzim pepsin. Pepsin bekerja dengan cara memecah ikatan peptida pada asam amino yang menyusun protein, selanjutnya terbentuk fragmen senyawa yang lebih kecil yaitu peptida. Pepsin bekerja efektif dalam lingkungan asam kuat ($\text{pH}=2$) dan tidak aktif dalam lingkungan alkali. Terdapat enzim lain di lambung yaitu lipase lambung. Enzim ini memecah molekul trigliserida menjadi molekul lemak. Enzim lipase di lambung bekerja dengan baik pada pH 5-6. (Sherwood, 2015)

8.4.4 Pengaturan sekresi dan gerak lambung

1. Fase sefalik

Fase sefalik didasarkan pada stimulasi pusat nafsu makan di korteks serebral. Tahapan ini berawal saat melihat, mencium, memikirkan atau mencicipi makanan. Fase ini distimulasi oleh stimulasi saraf vagus. Impuls eferen ditransmisikan ke lambung melalui saraf vagus. Hasilnya adalah stimulasi kelenjar lambung yang menghasilkan pepsinogen, asam lambung (HCl), dan lendir. Sekitar 10% dari sekresi lambung normal dihasilkan pada fase ini.

2. Fase gastrik

Fase lambung dimulai ketika makanan mencapai antrum pilorus. Pada tahap ini, distensi di antrum menyebabkan rangsangan mekanis pada reseptor di dinding lambung. PH basa, adanya garam empedu, molekul protein dalam makanan dan alkohol akan memicu pelepasan gastrin. Gastrin

merupakan rangsang utama untuk disekresikannya asam lambung (HCl). Fase sekresi gastrin ini meliputi lebih dari 2/3 dari total sekresi lambung postprandial dan merupakan mayoritas dari total sekresi lambung harian.

3. Fase Intestinal

Fase ini dimulai ketika chymus bergerak dari lambung ke duodenum.

8.4.5 Kontraksi lapar

Otak manusia, penglihatan, penciuman, dan pemikiran tentang makanan penting untuk meningkatkan sekresi lambung. Otak dapat menentukan sepertiga hingga setengah dari jumlah total asam yang dikeluarkan oleh lambung dalam makanan normal.

Pada dasarnya, rasa lapar dan kenyang diatur oleh korteks serebral, di "hipotalamus". Pengaturan rasa lapar dan kenyang didasarkan pada informasi yang dikirimkan oleh impuls saraf tentang pasokan nutrisi tubuh yang cukup. Contoh: Pada kondisi di mana tubuh kekurangan gula, pusat rasa lapar di hipotalamus terstimulasi. Sebaliknya, jika tubuh dalam keadaan cukup gula, pusat rasa kenyang terstimulasi (Guyton, Arthur C., 2016). Perbedaan ambang percepatan otak menyebabkan perbedaan jumlah makanan yang dimakan setiap orang. Selain itu, adanya rangsangan penciuman dan gambaran makanan dari pandangan mata menyebabkan rangsangan yang lebih besar pada pusat rasa lapar. Selain itu, otak memiliki memori yang menyimpan rasa lezat dari makanan. Ini meningkatkan stimulasi pusat rasa lapar di otak. (Sherwood, 2015)

8.5 Usus Halus

Fungsi penting usus halus sebagai organ pencernaan adalah penyerapan berbagai nutrisi, seperti karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral. Nutrisi yang diserap dari usus halus diangkut

ke hati/liver melalui aliran darah. Dinding usus halus mengandung banyak pembuluh darah, untuk mengangkut nutrisi yang diabsorpsi ke hati melalui vena porta.

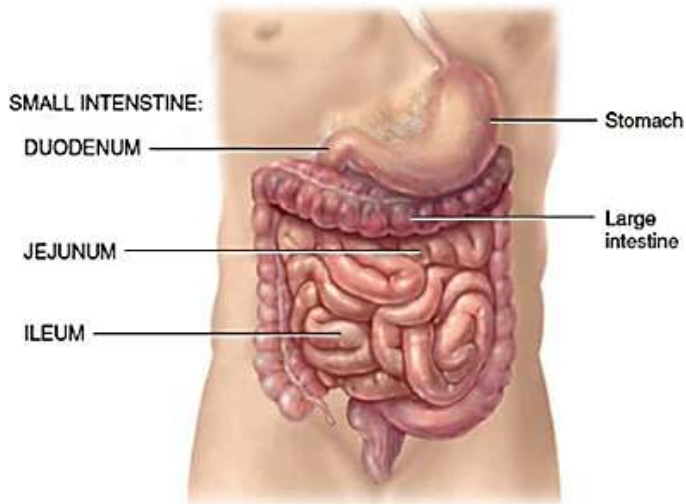
8.5.1 Fungsi Usus Halus

Fungsi usus halus adalah sebagai berikut:

1. Menerima sekresi dari empedu dan pankreas, yang mengandung enzim, selanjutnya :
 - a. Dengan bantuan garam empedu, lemak diubah menjadi asam lemak dan gliserol
 - b. Memecah molekul protein menjadi asam amino.
 - c. Memecah molekul karbohidrat kompleks menjadi molekul gula sederhana yaitu maltose, glukosa, dan galaktosa.
2. Mengabsorpsi air, garam, dan vitamin.
3. Kontraksi segmental pendek dan "gelombang cepat" yang memindahkan isi lebih cepat melalui usus.

8.5.2 Struktur Usus Halus

Usus halus terdiri dari tiga bagian, yaitu duodenum (usus 12 jari), jejunum dan ileum. Secara struktural, panjang usus halus $\pm$ 5,5 m - 8 m, yang terbagi menjadi duodenum $\pm$ 25 cm, jejunum $\pm$ 7 m dan ileum $\pm$ 1 m. Seperti lapisan pada bagian saluran pencernaan lainnya, struktur usus halus terdiri dari lapisan serosa, muskularis (otot), submukosa, dan mukosa. Struktur lain yang terdapat pada usus halus adalah otot sirkular, otot longitudinal, saraf dan pembuluh darah. (Sherwood, 2015)



Gambar 8.4. Usus Halus: Duodenum, Jejunum, Ileum
(Sherwood, 2015)

1. Duodenum
Duodenum, atau sering disebut sebagai "usus 12 jari", paling dekat dengan lambung. Dua saluran melewati bagian ini, yaitu saluran yang berasal dari pankreas dan kantong empedu. Duodenum adalah bagian terpendek dari usus kecil dan membuka ke jejunum.
2. Jejunum
Jejunum terletak di antara duodenum dan ileum. Pada bagian ini, pemecahan kimiawi makanan oleh enzim terjadi. Dinding bagian dalam jejunum adalah lendir dan memiliki vili yang meningkatkan permukaan penyerapan. Setiap vili mengandung pembuluh kapiler dan limfatik yang berperan penting dalam penyerapan nutrisi.
3. Ileum
Bagian terakhir dari usus halus adalah ileum. Panjang bagian usus ini kira-kira $\pm 2-4$ m, di belakang jejunum menuju

appendiks. Ileum berfungsi pada proses penyerapan vitamin B12 dan garam empedu.

8.5.3 Enzim-Enzim pada Usus Halus

Enzim-enzim yang diproduksi oleh usus halus:

1. Enterokinase, mengaktifkan tripsinogen yang diproduksi oleh pankreas menjadi tripsin.
2. Maltase, berfungsi untuk mengubah molekul maltosa menjadi molekul glukosa.
3. Dipeptidase atau erepsin, pemecahan molekul dipeptida/peptin menjadi molekul asam amino.
4. Sukrose, berfungsi untuk mengubah molekul sukrosa menjadi molekul glukosa dan fruktosa.
5. Laktase, berfungsi untuk mengubah molekul laktosa menjadi molekul glukosa dan galaktosa.
6. Disakarase, berfungsi untuk mengubah molekul disakarida menjadi molekul monosakarida.
7. Tripsin, berfungsi untuk mengubah molekul pepton menjadi molekul asam amino.
8. Peptidase, mengubah molekul polipeptida menjadi molekul asam amino.
9. Nukleosidase, mengubah nukleosida untuk membentuk basa nitrogen (gugus timin dan adenin) serta deoksiribosa.

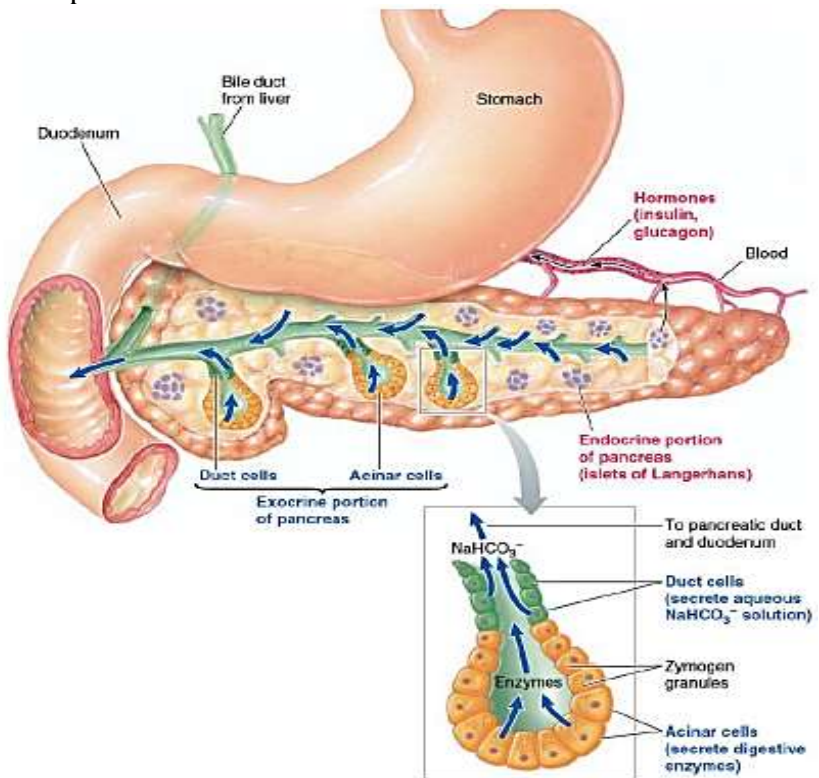
8.6 Pankreas

Pankreas adalah organ yang terletak di bagian superior rongga abdomen di sebelah posterior dari lambung. Pankreas berukuran $\pm 15-25$ cm serta dikelilingi oleh organ limpa, hati, dan usus halus. Peran penting pankreas dalam sistem pencernaan adalah memproduksi enzim-enzim pencernaan. Pankreas juga menghasilkan hormon insulin yang memastikan kadar normal gula darah dalam tubuh.

8.6.1 Struktur Pankreas

Struktur pankreas terbagi menjadi tiga bagian, yaitu (Sherwood, 2015):

1. Kepala pankreas, adalah bagian terbesar dari pankreas, yang terhubung ke duodenum oleh saluran pankreas (ductus pankreatikus).
2. Badan atau leher pankreas, terletak di antara kepala dan ekor pankreas dalam posisi agak memanjang.
3. Ekor pankreas, adalah bagian pankreas yang menyempit ke sisi lateral kiri rongga abdomen dan terletak di sebelah limpa.



Gambar 8.5. Pankreas (Sherwood, 2015)

8.6.2 Fungsi Pankreas

Pankreas memiliki fungsi eksokrin dan endokrin. Fungsi eksokrin berperan dalam membantu proses pencernaan dan fungsi endokrin berperan dalam menjaga keseimbangan gula darah tubuh. Untuk informasi lebih lanjut, lihat di bawah:

1. Fungsi eksokrin

Fungsi eksokrin pankreas adalah memproduksi enzim untuk pencernaan, yang memfasilitasi penyerapan makanan. Enzim pencernaan yang dihasilkan oleh pankreas adalah (Guyton, Arthur C., 2016):

- a. Enzim amilase, memecah molekul karbohidrat menjadi molekul glukosa.
- b. Enzim protease (*Chymotrypsin* dan *trypsin*), memecah molekul protein makanan menjadi molekul asam amino. Enzim protease, yaitu: pepsin, tripsin, dan kimotripsin.
- c. Enzim lipase, bersama dengan empedu memecah lemak.

Enzim-enzim ini diproduksi segera setelah makanan mencapai lambung. Selanjutnya enzim ini dikeluarkan dari pancreas menuju ductus pankreatikus dan bertemu saluran empedu yang membawa empedu dari kantung empedu menuju duodenum. Titik pertemuan ini disebut ampula Vater. Enzim dari pancreas dan juga empedu dilepaskan ke duodenum untuk membantu pencernaan lemak, karbohidrat, dan protein, agar dapat diabsorpsi.

2. Fungsi endokrin

Fungsi endokrin pankreas adalah mengontrol kadar gula di dalam darah dengan cara memproduksi hormon insulin dan glukagon. Insulin berfungsi untuk mencegah terjadinya lonjakan gula darah, sehingga efek kerja dari hormon insulin adalah menurunkan kadar gula darah saat jumlahnya terlalu tinggi. Sedangkan kerja dari hormon

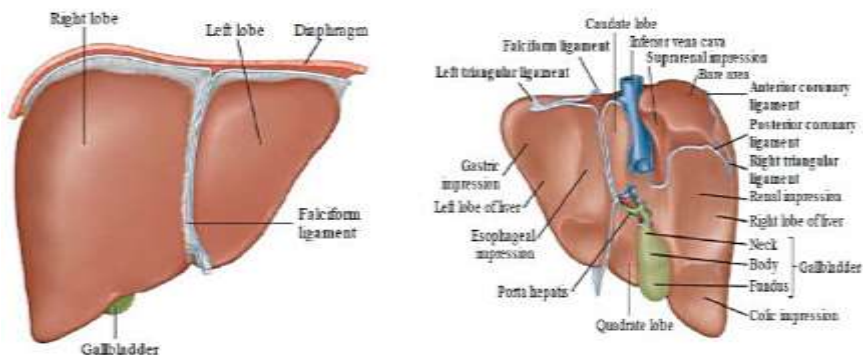
glucagon adalah sebaliknya, yaitu untuk meningkatkan kadar gula darah ketika kadarnya terlalu rendah. Kadar gula darah yang normal berperan penting dalam menjaga fungsi hati, ginjal, otak, dan lainnya.

8.7 Hati dan Kantong Empedu

Organ hati memiliki fungsi untuk menghasilkan cairan empedu. Selain itu, hati juga berperan dalam menyimpan molekul glikogen sebagai cadangan energi tubuh. Beberapa pembuluh darah berperan penting dalam aliran darah hati. Arteri hepatica membawa darah kaya oksigen dari pembuluh arteri. Vena Porta Hepatika membawa darah kaya zat gizi sebagai hasil absorpsi dari organ pencernaan. Darah yang telah diproses di dalam hati kemudian melalui Vena Hepatika mengalir ke Vena Kava kembali ke jantung.

Berikut ini adalah bagian struktural dari hati (Drake et al., 2018):

1. **Lobus kiri (*left lobe of liver*)**: bagian hati ini lebih tajam dan lebih kecil. Lobus kanan dan kiri dipisahkan oleh *ligamen falciform*.
2. **Lobus kanan (*right lobe of liver*)**: Lobus ini merupakan bagian terbesar dari hati.
3. **Lobus kuadrat**: Lobus kuadrat terletak lebih rendah dan posterior dari lobus kanan. Lobus ini mengelilingi kantong empedu. Lobus kuadrat dan kaudatus jarang terlihat pada gambar anatomi karena terletak di bagian posterior lobus kanan dan kiri.
4. **Lobus kaudatus**: lobus ini terletak secara longitudinal di bagian posterior lobus kanan dan membungkus vena kava inferior.



Gambar 8.6. Hati dan Kantong Empedu (Drake et al., 2018)

Sel hati berbentuk heksagonal dan disebut lobulus. Setiap lobulus hepatik terdiri dari vena sentral yang dikelilingi oleh arteri dan vena hepatik. Terdapat pembuluh darah kecil yang disebut sinusoid yang menghubungkan pembuluh darah pada lobulus hati. Terdapat dua jenis sel pada setiap sinusoid, yaitu sel Hepatosit dan Sel Kupffer.

1. **Sel hepatosit:** Sel-sel ini membentuk sebagian besar sel di hati, serta mengelilingi sinusoid. Sebagian besar fungsi hati dilakukan oleh sel hepatosit, terutama produksi empedu, pencernaan, serta metabolisme.
2. **Sel Kupffer:** Sel ini berasal dari sel leukosit. Tugas sel-sel ini adalah menghancurkan zat asing. Sel Kupffer juga berperan dalam menjaring dan menghancurkan sel darah merah yang sudah tua, kemudian mentransfernya ke hepatosit.

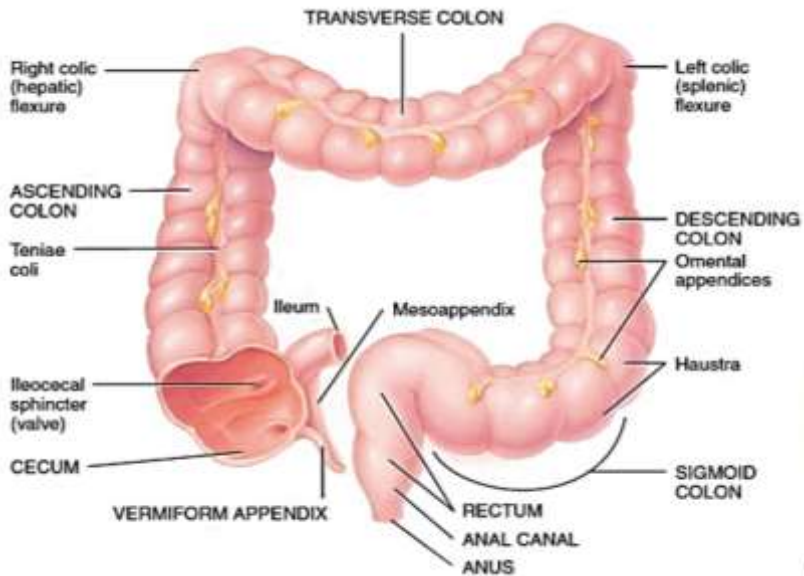
Kantong empedu berada tepat di bagian inferior lobus hati. Organ berbentuk seperti buah pir. Fungsi kandung empedu termasuk menyimpan dan memekatkan empedu yang dihasilkan oleh sel hepatosit, berperan dalam proses pencernaan lemak, serta mengeluarkan produk limbah darah. Kandung empedu

berkontraksi dan mengalirkan empedu ke usus halus saat ada makanan yang mengandung molekul lemak.

8.9 Usus Besar (Kolon)

Kolon adalah saluran pencernaan terakhir. Bagian ini menyerap vitamin, elektrolit, dan air dari partikel makanan yang tidak tercerna lalu mengubahnya menjadi massa feses. Kolon terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu (Tortora and Derrickson, 2017):

1. **Sekum:** merupakan bagian pertama dari kolon, perbatasan antara usus halus menuju kolon.
2. **Kolon asenden:** adalah bagian menaik dari kolon, yang terletak di sisi kanan rongga abdomen.
3. **Kolon transversum:** bagian ini berada di bagian atas rongga abdomen, terletak melintang dari kanan ke kiri.
4. **Kolon desenden:** adalah bagian menurun dari kolon, yang terletak di sisi lateral kiri rongga abdomen.
5. **Kolon sigmoid:** merupakan bagian terakhir dari kolon yang terhubung dengan rektum.
6. **Rektum:** Merupakan tempat penimbunan feses sebelum pada akhirnya dikeluarkan melalui anus.



Gambar 8.7. Usus Besar (Tortora and Derrickson, 2017)

Gerakan peristaltik terjadi pada usus besar yang bertugas mengangkut massa feses menuju rektum. Selanjutnya feses disimpan pada kolon sigmoid, kemudian didorong masuk ke dalam rektum. Feses akan keluar melalui anus saat buang air besar. Ketika feses mulai memasuki rektum, saraf sensorik pada dinding rektum akan mengirim impuls otak untuk menstimulasi dimulainya sensasi buang air besar.

8.10 Anus

Bagian terakhir dari saluran pencernaan, anus. Pada bagian ini terdapat dua sfingter (internal dan eksternal). Terdapat sudut antara rectum dan anus yang dibentuk oleh otot-otot dasar panggul. Struktur ini berfungsi mencegah pengeluaran feses saat seseorang menunda buang air besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Drake, R.L., Vogl, A.W., Mitchell, A.W.M., 2018. Gray's Basic Anatomy, Second Edition, Elsevier, Inc.
- Gultom, M., 2018. Anatomi Sistem Pencernaan. Mikroskopi Anatomi Sistem Pencernaan 2, 1–14.
- Guyton, Arthur C., C., 2016. Guyton And Hal Textbook Of Medical Physiology 13TH ED, Departement of Physiology and Biophysics.
- Husairi A, Sanyoto DD, Yuliana I, Panghiyangani R, 2020. Sistem Pencernaan - Tinjauan Anatomi, Histologi, Fisiologi dan Biokimia.
- Saladin, K., McFarland, R., A. C., 2018. Essentials of Human Anatomy and Physiology, 2nd Edition. ed. McGraw-Hill, New Yorl.
- Sherwood, L., 2015. Human Physiology From Cells to Systems by Lauralee Sherwood, Cengage Learning.
- Tortora, G.J., Derrickson, B., 2017. Principles of anatomy & physiology / Gerard J. Tortora, Bryan Derrickson., Tortora's Principles of anatomy and physiology. Wiley.
- Utari, dr. H., Putri, N.H., 2019. Mengenal Anatomi Gigi Manusia Beserta Fungsinya [WWW Document]. Hidup Sehat. URL <https://www.sehatq.com/artikel/mempelajari-anatomi-gigi-serta-struktur-dan-fungsinya>

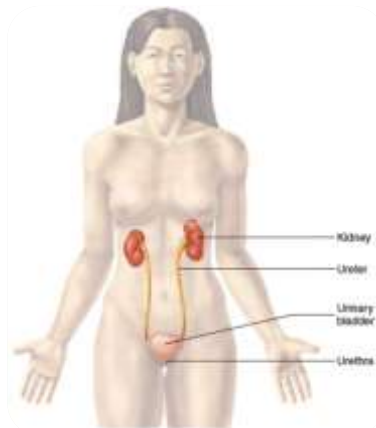
BAB 9

SISTEM EKSKRESI (SISTEM PERKEMIHAN/URINARI)

Oleh Musthika Wida Mashitah

Ribuan proses metabolisme pada seluruh sel tubuh menghasilkan ratusan produk sampah yang beredar di dalam darah. Sistem perkemihan mengekskresikan produk sampah tersebut dengan menyaring dan membersihkan darah saat melewati ginjal, dikeluarkan dari dalam tubuh dalam bentuk urin. Urin yang dihasilkan ginjal akan dialirkan ke ureter, ditampung sementara di kandung kemih, kemudian dikeluarkan melalui uretra sebagai buang air kecil (Rosto, 2009 dan Vanputte *et al.*, 2016).

9.1 Anatomi

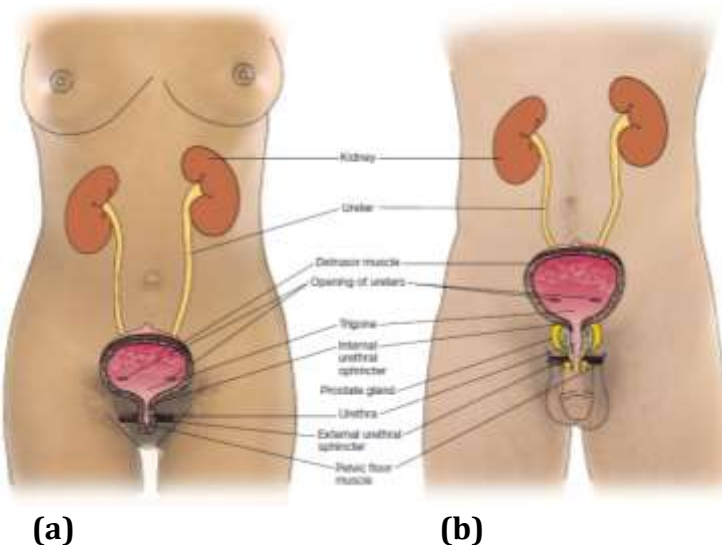


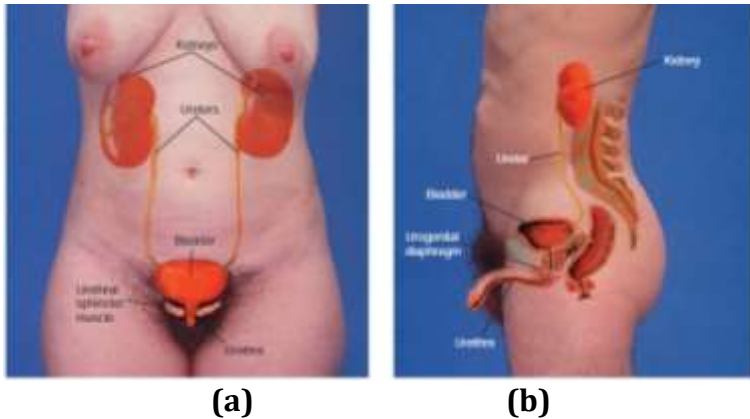
Gambar 9.1. Organ Penyusun Sistem Perkemihan (Vanputte *et al.*, 2016)

Sistem ekskresi (sistem perkemihan/urinari) terdiri dari (Gambar 9.1) (DeLaune dan Ladner, 2011; Berman dan Snyder, 2012):

1. 2 ginjal (*kidney*/renal)
2. 2 ureter
3. Kandung kemih (bladder/buli-buli/vesika urinaria)
4. Uretra

Pada wanita panjang uretra $\pm 4\text{-}6$ cm, sedangkan pada pria lebih panjang yaitu ± 20 cm (Gambar 2). Hal ini menjadi salah satu faktor wanita lebih beresiko mengalami infeksi saluran kemih (ISK) dibandingkan laki-laki. Saluran uretra pria berada di dalam penis. Uretra pria berfungsi sebagai saluran perkemihan sekaligus saluran reproduksi (saluran pengeluaran sperma saat ejakulasi).

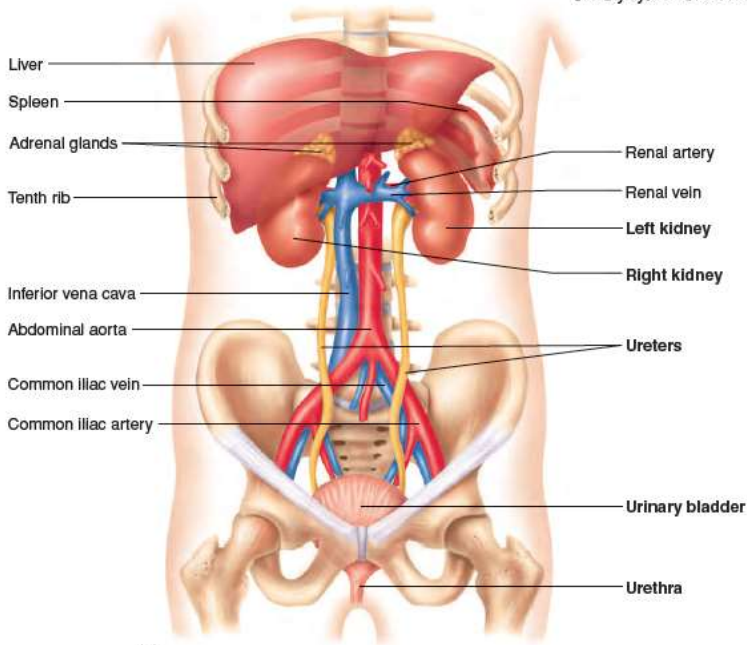




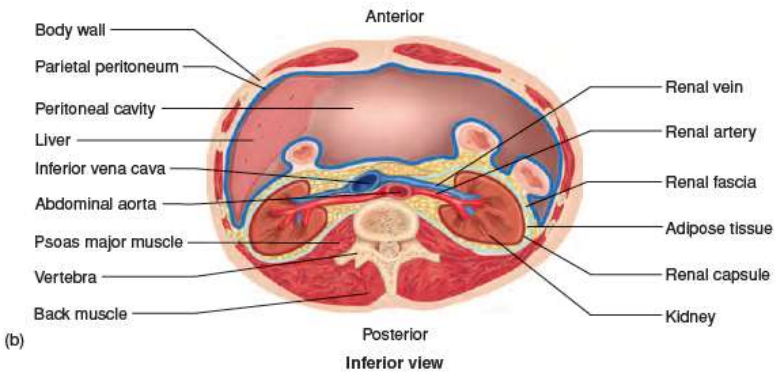
Gambar 9.2. Perbedaan Anatomi Sistem Perkemihan Wanita (a) dan Pria (b) (DeLaune dan Ladner, 2011; Berman dan Snyder, 2012)

9.1.1 Anatomi Ginjal/Renal/*Kidney*

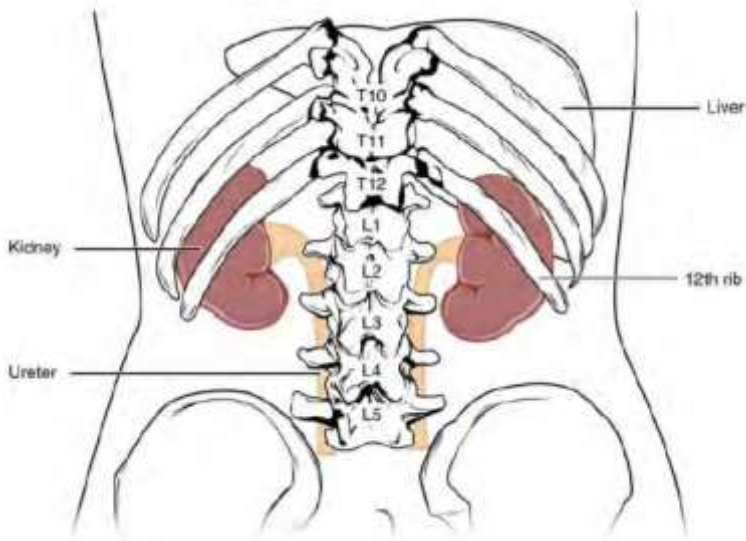
Ginjal berbentuk seperti kacang merah, berada di retroperitoneal (rongga perut bagian belakang) di samping vertebrae (pada sudut *costovertebrae*/sudut yang dibentuk oleh tulang rusuk dengan vertebrae) (Gambar 9.3). Letak ginjal kiri lebih tinggi (ginjal kanan lebih rendah karena di atasnya terdapat hepar). Sebagian ginjal dilindungi oleh tulang rusuk dan dikelilingi oleh lemak sebagai bantalan perlindungan (OpenStax College, 2013 dan Vanputte *et al.*, 2016).



(a)



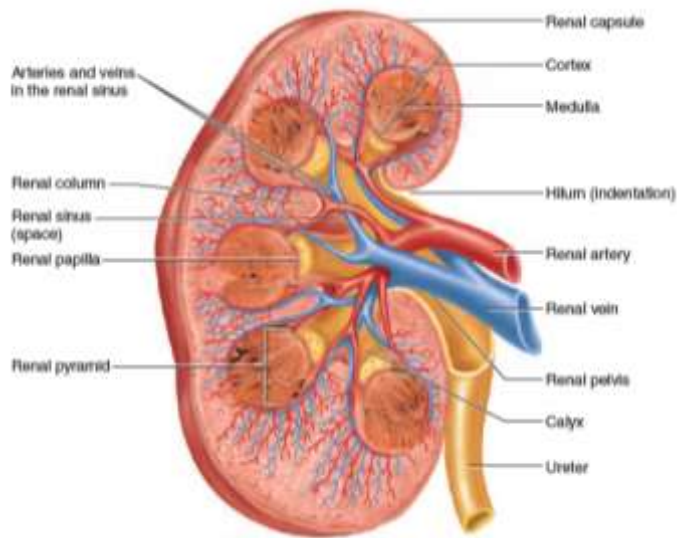
(b)



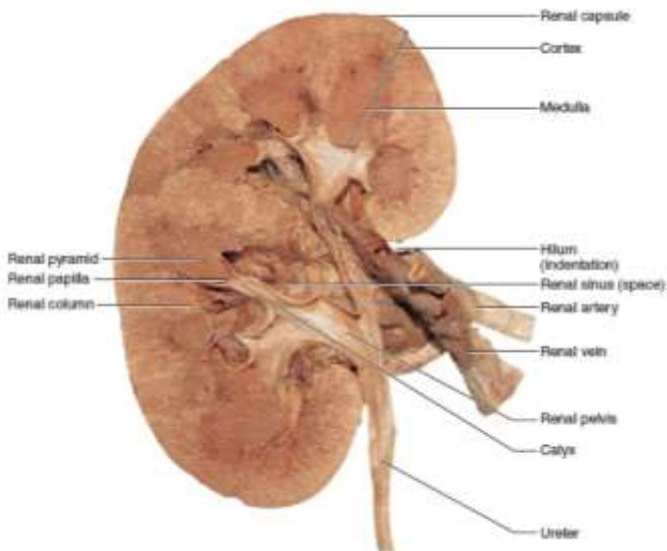
(c)

Gambar 9.3. Anatomi Ginjal (a) Tampak Anterior, (b) Potongan *crossectional*, dan (c) Tampak Posterior (OpenStax College, 2013 dan Vanputte *et al.*, 2016)

Bagian-bagian ginjal dari luar ke dalam terdiri dari renal kapsul sebagai lapisan pembungkus ginjal, korteks (lapisan luar ginjal), medulla (bagian tengah ginjal), renal pyramid, renal papilla, calix, dan pelvis (Gambar 9.4). Aliran darah masuk ke ginjal melalui arteri renalis yang merupakan percabangan dari arteri abdominalis, sedangkan darah keluar ginjal melalui vena renalis (Vanputte *et al.*, 2016).



(a)



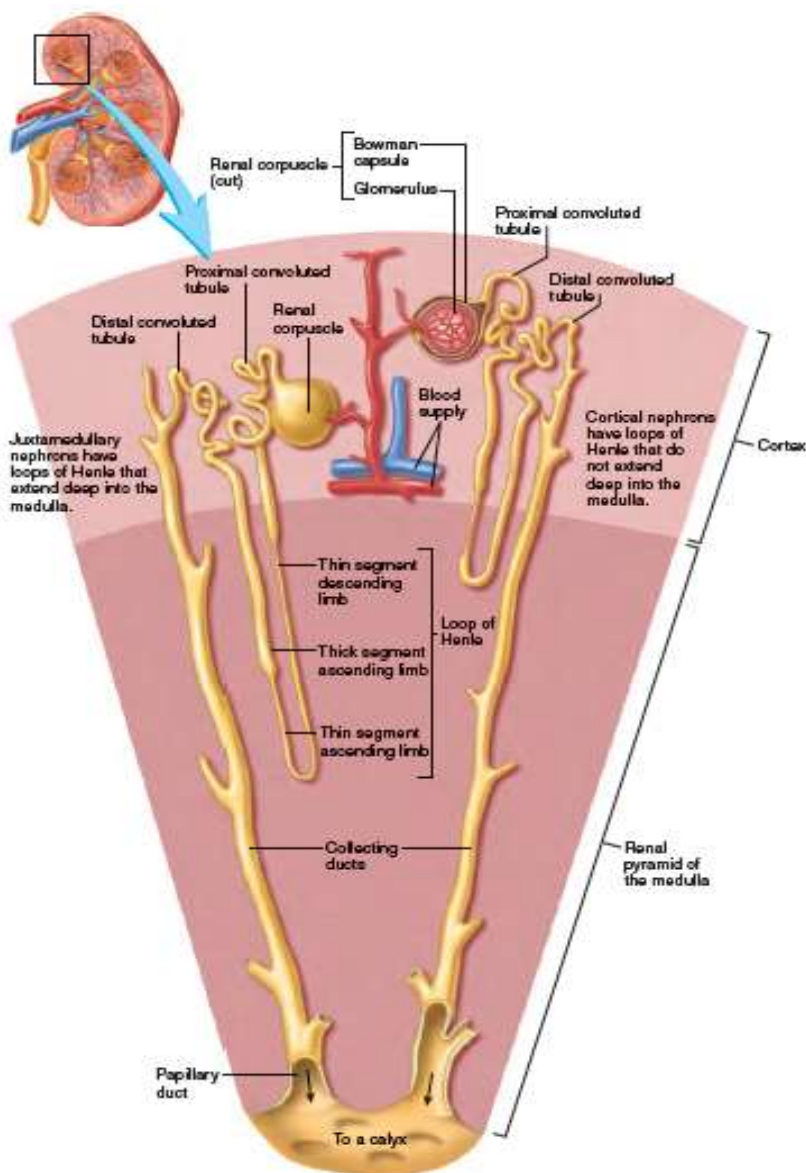
(b)

Gambar 9.4. Bagian-Bagian Ginjal (potongan frontal)

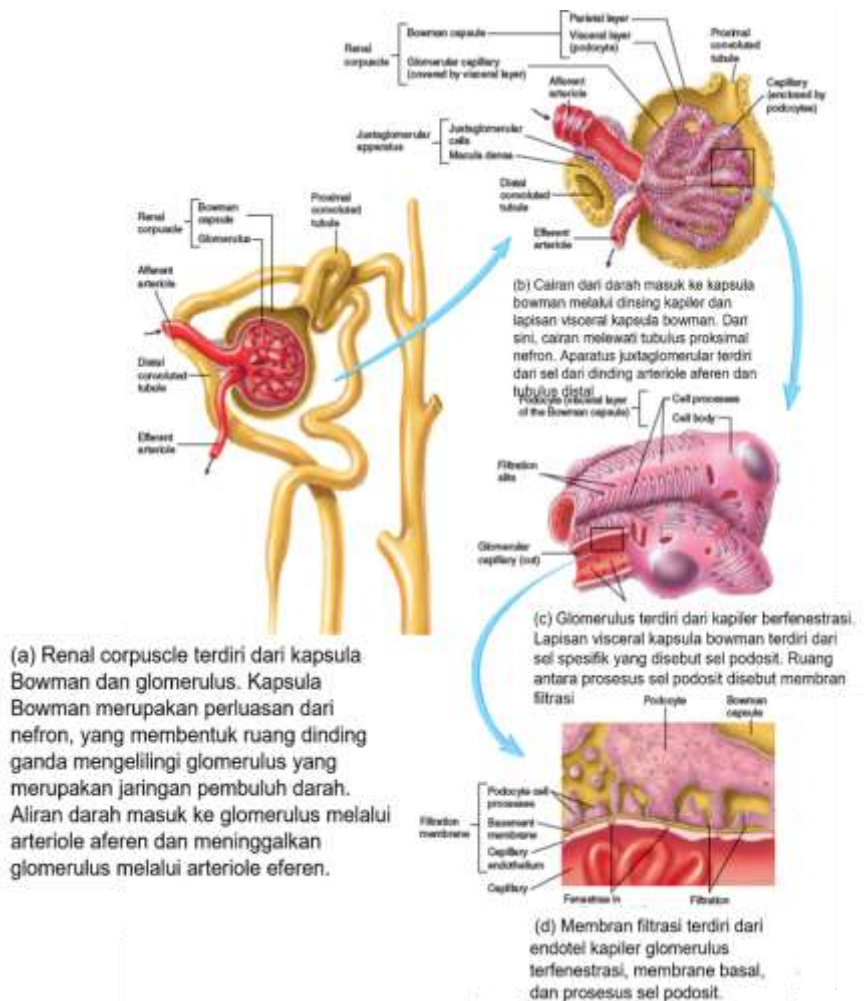
9.1.2 Nefron (Unit Fungsional Ginjal)

Bagian mikroskopik ginjal yang menjalankan fungsi penyaringan ginjal yaitu nefron, sehingga nefron disebut sebagai unit fungsional ginjal. Nefron terdiri dari renal corpuscle (glomerulus dan capsula/simpai bowman), tubulus proksimal, lengkung Henle, tubulus distal, dan tubulus kolektivus. Tubulus kolektivus dari tiap nefron akan bersatu menuju caliks ginjal (Gambar 9.5). Terdapat $\pm 1,3$ juta nefron pada tiap ginjal. Setelah usia 49 tahun, jumlah nefron biasanya menurun 10% setiap 10 tahun. Ginjal tidak dapat meregenerasi nefron baru (Vanputte *et al.*, 2016; Piate, 2018; Barret *et al.*, 2019).

Kapsula Bowman merupakan perluasan dari nefron, yang membentuk ruang dinding ganda mengelilingi glomerulus yang merupakan jaringan pembuluh darah. Aliran darah masuk ke glomerulus melalui arteriole aferen dan meninggalkan glomerulus melalui arteriole eferen. Glomerulus terdiri dari kapiler berfenestrasi. Lapisan visceral kapsula bowman terdiri dari sel spesifik yang disebut sel podosit. Ruang antara prosesus sel podosit disebut membran filtrasi (Gambar 9.6) (Vanputte *et al.*, 2016; Piate, 2018; Barret *et al.*, 2019).



Gambar 9.5. Nefron (VanPutte *et al.*, 2016)



Gambar 9.6. Renal Corpucle dan Membran Filtrasi

9.2 Fisiologi

9.2.1 Fungsi Sistem Perkemihan

Fungsi sistem perkemihan yaitu (Rosto, 2009 dan Barret *et al.*, 2019):

1. Ekskresi urin

Ginjal adalah organ ekskresi utama tubuh dengan menyaring & membuang sampah dalam darah dalam bentuk urin

2. Regulasi volum dan tekanan darah

Dengan mengekskresikan urin, ginjal mengontrol volum cairan ekstraseluler dan tekanan darah. Ginjal dapat menghasilkan volum urin yang banyak dan encer atau sedikit dan pekat. Saat terjadi peningkatan volum darah (misalnya saat kondisi overhidrasi) maka tekanan darah akan meningkat. Saat tekanan darah meningkat maka ginjal meningkatkan produksi urin untuk meningkatkan pengeluaran cairan dari dalam tubuh. Sebaliknya, saat terjadi penurunan volum darah (misalnya saat kondisi dehidrasi) maka tekanan darah akan turun. Saat tekanan darah turun, maka ginjal menurunkan produksi urin dan mempertahankan cairan tetap di dalam tubuh.

3. Regulasi konsentrasi larutan dalam darah

Dengan mengekskresikan urin, ginjal juga mengatur keseimbangan konsentrasi ion dan molekul dalam darah (Na^+ , Cl^- , K^+ , H^+ , Ca^{2+} , HCO_3^- , HPO_4^{2-}).

4. Regulasi pH darah

Ginjal mengekskresikan ion H^+ yang mengatur pH atau keasaman darah.

5. Regulasi sintesis sel darah merah/eritrosit

Ginjal menghasilkan hormon eritropoetin yang merupakan bahan pembentuk Hb (hemoglobin) sel darah merah di sumsum tulang.

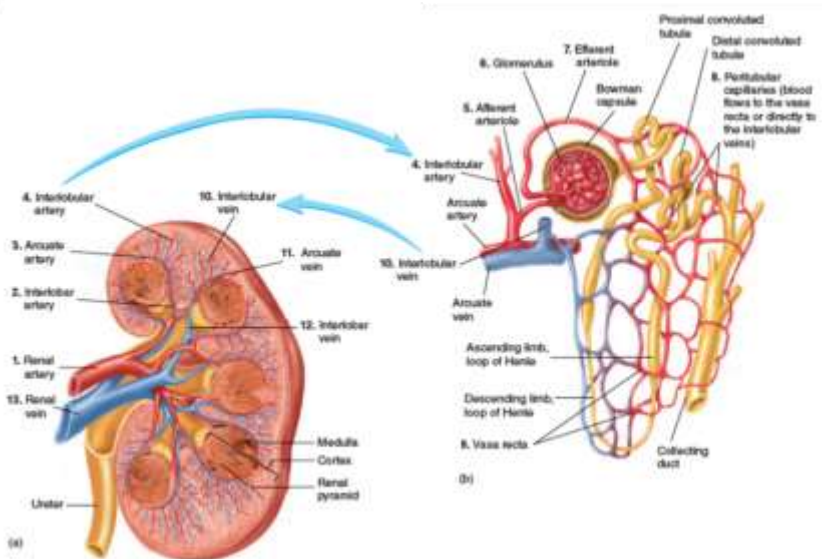
6. Regulasi sintesis vitamin D (calsitriol)

Hormon calsitriol yang dihasilkan ginjal berfungsi mengontrol kadar kalsium dalam darah dengan

meningkatkan penyerapan kalsium dari makanan di usus
untuk diendapkan pada tulang

9.2.2 Proses Pembentukan Urin

Proses pembentukan urin dimulai dari masuknya aliran darah ke ginjal. Darah masuk ke ginjal melalui arteri renalis yang merupakan percabangan dari aorta abdominalis. Kemudian darah masuk ke arteriole aferen glomerulus menuju glomerulus dan di glomerulus inilah mulai terjadi proses penyaringan urin dari darah (filtrasi). Darah yang sudah tersaring kembali ke aliran darah lewat arteri efferent & peritubular kapiler. Urin yg terbentuk masuk ke tubulus ginjal (Gambar 9.7) (VanPutte *et al.*, 2016).



Gambar 9.7. Aliran Darah Melalui Ginjal (VanPutte *et al.*, 2016)

Proses pembentukan urin dilaksanakan melalui mekanisme (Gambar 9.10) (VanPutte *et al.*, 2016 dan Barret *et al.*, 2019):

a. Filtrasi (penyaringan)

Filtrasi adalah pergerakan material melewati membran filtrasi ke dalam capsula Bowman. Hasil penyaringannya disebut filtrat.

b. Reabsorpsi (penyerapan kembali)

Beberapa zat terlarut (solut) (sebagai panah ungu pada Gambar 10) direabsorpsi menembus dinding nefron ke cairan interstitial. Air direabsorpsi (panah orange) menembus dinding nefron dg osmosis. Air & solut dari interstitial masuk kembali ke dalam aliran darah melalui kapiler peritubular.

c. Sekresi/augmentasi (produksi/penambahan bahan tertentu)

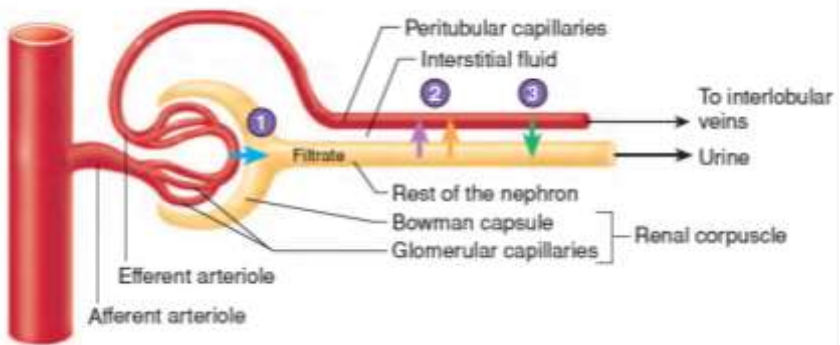
$\text{Ekskresi urin} = \text{Filtrasi} - \text{Reabsorpsi} + \text{Sekresi}$

Solut

(panah hijau) disekresikan menembus dinding nefron ke dalam filtrat.

d. Ekskresi (pengeluaran/eliminasi urin yang dihasilkan)

Urin yang diekskresikan oleh sistem perkemihan merupakan hasil dari darah yang difiltrasi dikurangi dengan zat yang direabsorpsi dan ditambah dengan yang disekresikan/diaugmentasikan.



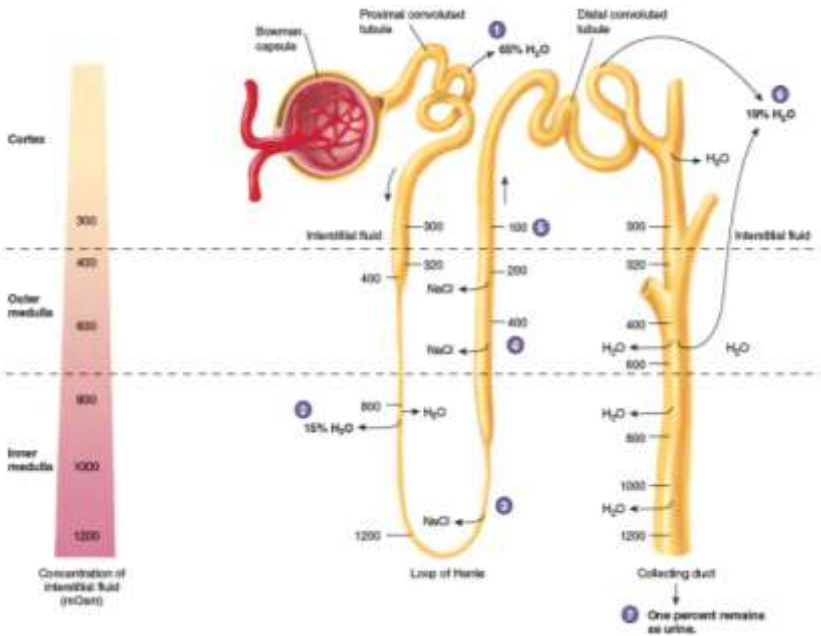
Gambar 9.10. Proses Pembentukan Urin: (1) Filtrasi, (2) Reabsorpsi, (3) Sekresi/Augmentasi (VanPutte *et al.*, 2016)

Komponen dan jumlah zat yang difiltrasi, direabsorpsi, dan disekresikan dalam urin tercantum dalam Tabel 9.1. Dalam proses filtrasi, 21% darah yang dipompa jantung tiap menitnya masuk ke ginjal, 19%-nya terfiltrasi (180 L/hari) dan 1% yang menjadi urin. Dalam reabsorpsi, 99% filtrat direabsorpsi dan 1% menjadi urin (Gambar 9.11). Zat yang direabsorpsi antara lain air, protein, asam amino, urea, glukosa, ion Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , HCO_3^- , Cl^- . Zat yang disekresikan antara lain amonia, H^+ , K^+ , kreatinin, obat-obatan, zat yang toksik dengan konsentrasi tinggi. Urea berasal dari sisa metabolisme/pencernaan protein. Kapasitas filtrasi glukosa oleh glomerulus per hari yaitu 150gram dan seluruhnya direabsorpsi, sehingga normalnya tidak ada glukosa yang disekresikan di urin. Pada kondisi diabetes mellitus, hiperglikemia menyebabkan beban filtrasi glukosa meningkat/*overload* yang memungkinkan lolosnya glukosa ke dalam urin yang diekskresikan. Kreatinin adalah satu-satunya zat yang difiltrasi ginjal tanpa direabsorpsi, sehingga kadar kreatinin serum dapat digunakan sebagai indikator untuk menghitung kecepatan penyaringan ginjal atau GFR (*Glomerular*

Filtration Rate) (VanPutte *et al.*, 2016; Piate, 2018; Barret *et al.*, 2019).

Tabel 9.1. Komponen Utama Urin (Barret *et al.*, 2019)

Komposisi	Filtrasi	Reabsorpsi	Ekskresi
Air	167.5 liters	166 liters	1.5 liters
Sodium (Na ⁺)	24,000 mmoles	23,900 mmoles	100 mmoles
Potassium (K ⁺)	720 mmoles	630 mmoles	90 mmoles
Chloride (Cl ⁻)	19,500 mmoles	19,400 mmoles	100 mmoles
Bicarbonate (HCO ³⁻)	4,500 mmoles	4,498 mmoles	2 mmoles
Phosphate (PO ₄ ³⁻)	6 g	5 g	1 g
Glukosa	150 g	150 g	0 g
Urea	50 g	25 g	25 g
Asam urat	8 g	7.2 g	0.8 g
Creatinine**	1.5 g	0 g	1.8 g



Gambar 9.11. Mekanisme Pengkonsentrasian Urin (VanPutte *et al.*, 2016)

9.2.3 Regulasi Konsentrasi dan Volum Urin

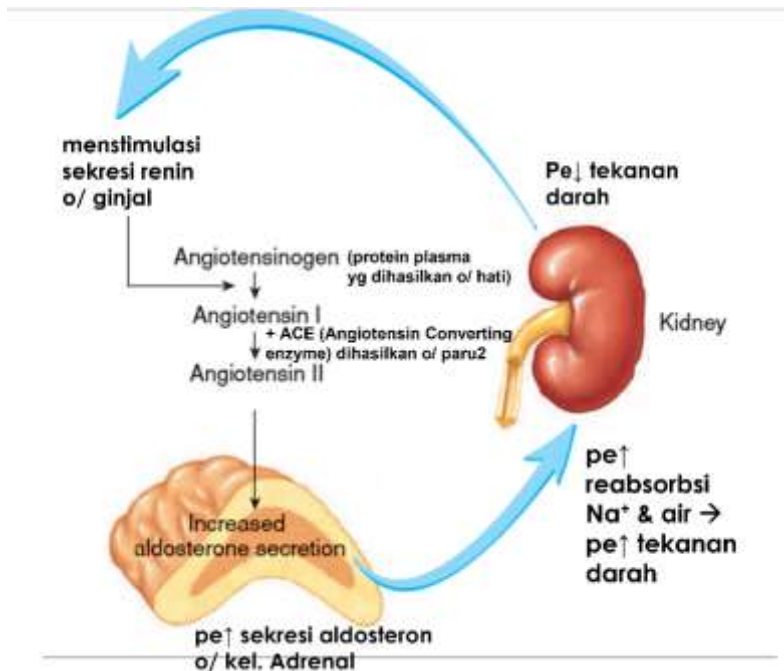
Produksi urin penting untuk mempertahankan keseimbangan volum darah dan tekanan darah. Saat terjadi peningkatan volum darah (misalnya saat kondisi overhidrasi) maka tekanan darah akan meningkat. Saat tekanan darah meningkat maka ginjal meningkatkan produksi urin untuk meningkatkan pengeluaran cairan dari dalam tubuh. Sebaliknya, saat terjadi penurunan volum darah (misalnya saat kondisi dehidrasi) maka tekanan darah akan turun. Saat tekanan darah turun, maka ginjal menurunkan produksi urin dan mempertahankan cairan tetap di dalam tubuh.

Regulasi konsentrasi dan volum urin diatur oleh mekanisme hormonal RAAS (*Renin-Angiotensin-Aldosteron System*), ANH (atrial natriuretik hormon), dan ADH (anti-diuretik hormon). Sistem RAA dan ANH sensitif terhadap perubahan tekanan darah, sedangkan ADH sensitif terhadap perubahan konsentrasi darah.

1. RAAS (*Renin - Angiotensin - Aldosteron System*)

Renin & angiotensin meregulasi aldosteron. Renin adalah enzim yg disekresikan oleh sel juxtaglomerulus di ginjal. Renin mengubah angiotensinogen (protein plasma yg dihasilkan oleh hati) menjadi angiotensin I yang berikutnya dikonversi menjadi angiotensin II. Angiotensin II mendorong sekresi aldosteron oleh kelenjar adrenal.

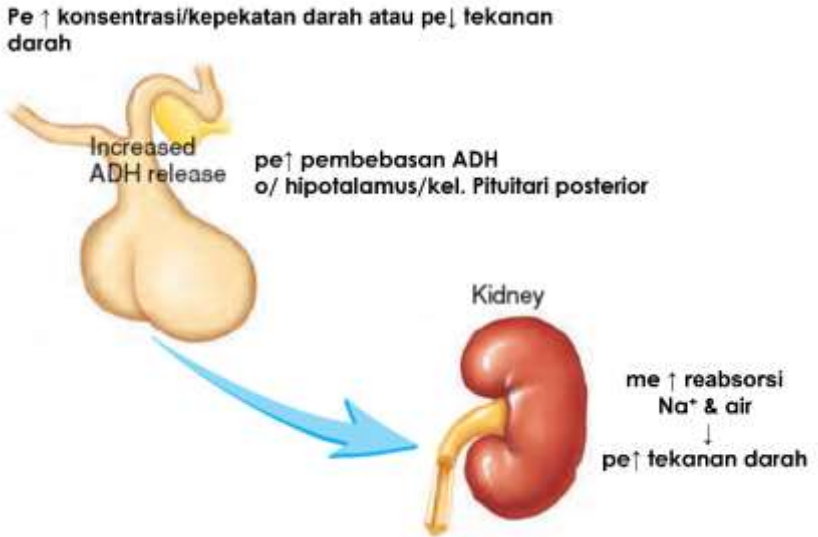
Sinyal penurunan tekanan darah akan menstimulasi sekresi renin oleh ginjal yang mengubah angiotensinogen menjadi angiotensin I. Angiotensin I dikonversi menjadi angiotensin II oleh ACE (*Angiotensin Converting enzyme*) yang mendorong peningkatan sekresi aldosteron oleh kelenjar Adrenal. Aldosteron berfungsi meningkatkan reabsorpsi Na^+ dan air sehingga terjadi peningkatan tekanan darah. Angiotensin II juga menyebabkan vasokonstriksi pada pembuluh darah sehingga meningkatkan tekanan darah (Gambar 9.12 dan 9.13).



Gambar 9.12. Peran RAAS dalam Meregulasi Na^+ dan Air di Cairan Ekstraseluler (VanPutte *et al.*, 2016)

2. ADH (anti-diuretik hormon)

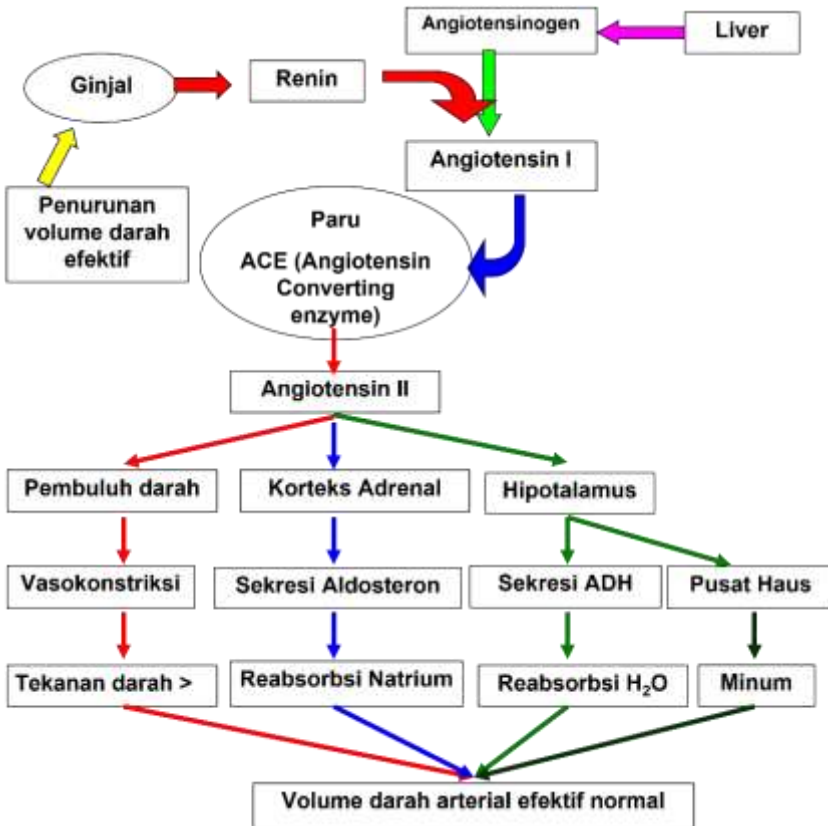
Diuretik adalah zat yang meningkatkan produksi urin, sehingga ADH adalah kebalikannya yaitu hormon yang menurunkan produksi urin/meretensi cairan dan Na^+ tetap di dalam tubuh. Sinyal peningkatan konsentrasi/kepekatan darah atau penurunan tekanan darah akan dikirim ke hipotalamus, mendorong peningkatan pembebasan ADH oleh kelenjar pituitari posterior. ADH akan meningkatkan reabsorpsi Na^+ dan air sehingga meningkatkan tekanan darah. Penurunan tekanan darah atau peningkatan kepekatan darah juga menstimulasi pusat haus di hipotalamus sehingga mendorong untuk minum (Gambar 9.12 dan Gambar 9.13).



Gambar 9.13. Peran ADH dalam Meregulasi Konsentrasi Cairan Ekstraseluler (VanPutte *et al.*, 2016)

3. ANH (atrial natriuretik hormon)

Peningkatan tekanan darah di atrium (serambi) kanan jantung akan menstimulasi sekresi ANH yang berfungsi meningkatkan ekskresi Na^+ dan air sehingga menurunkan tekanan darah.

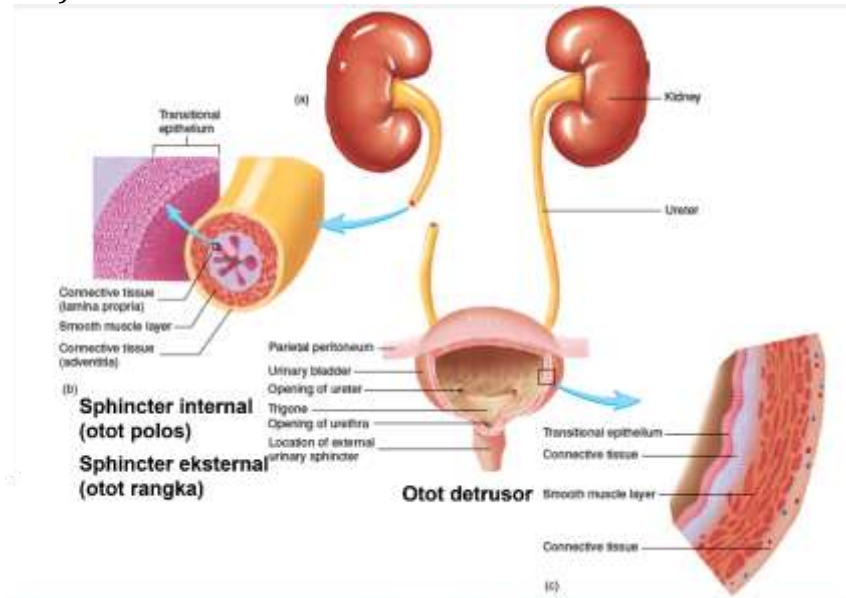


Gambar 9.14. Mekanisme Regulasi untuk Mempertahankan Volum Darah Efektif (Barret *et al.*, 2019)

9.2.4 Pergerakan Urin (Pengaturan Miksi/Buang Air Kecil/BAK)

Setelah urin dihasilkan oleh ginjal, urin akan dilairkan ke ureter. Ureter adalah saluran muscular (otot polos) yang membawa urin dari ginjal ke bladder. Bladder berfungsi sebagai reservoir (tempat penyimpanan) urin dan secara periodik dikosongkan (miksi/BAK). Otot penyusun bladder merupakan otot polos disebut sebagai otot detrusor (Gambar 9.14). Proses miksi

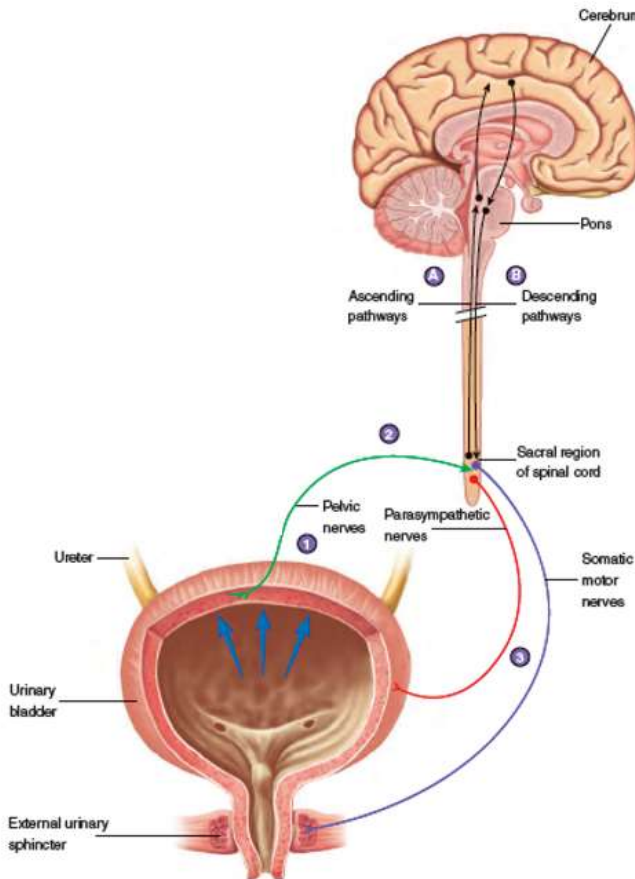
melibatkan nervus autonomik dan somatik, spinal refleks, dan sistem saraf pusat (otak) (Hickling *et al.*, 2015 dan VanPutte *et al.*, 2016).



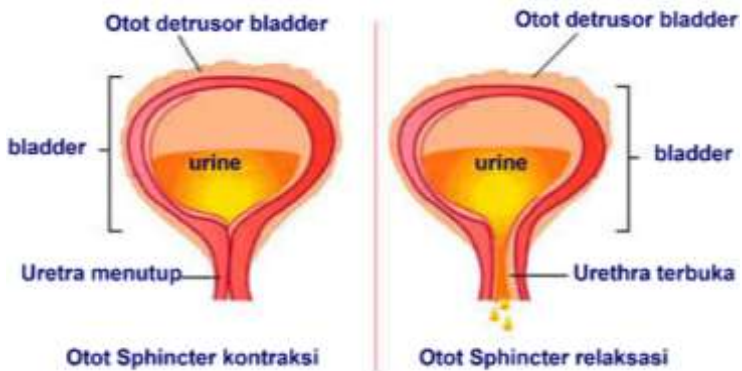
Gambar 9.14. Struktur Ureter dan Bladder (VanPutte *et al.*, 2016)

Reflek miksi dimulai saat terjadi pertambahan volum urin pada bladder yang meningkatkan tekanan intravesika urinari dan meregangkan dinding (otot detrusor) bladder yang diterima oleh reseptor regangan. Rangsangan diiteruskan ke nervus pelvis (garis hijau) ke serabut saraf spinal di sakral. Rangsangan diteruskan ke saraf parasimpatis (garis merah) untuk menstimulasi otot polos bladder sehingga akibatnya menimbulkan permulaan perasaan ingin berkemih (Gambar 9.15). Otot sfingter uretra eksternal merupakan otot rangka yang merupakan otot sadar/volunter sehingga memainkan peran dalam pengontrolan berkemih secara sadar. Jika ingin berkemih, sfingter uretra eksternal berelaksasi dan otot detrusor berkontraksi sehingga miksi terjadi. Jika tidak ingin

berkemih, sfingter uretra eksternal berkontraksi dan reflek miksi dihambat (Gambar 9.16). Penurunan rangsangan dari saraf motorik somatik (garis ungu) menyebabkan sphincter eksternal relaksasi (Gambar 9.15) (Hickling *et al.*, 2015 dan VanPutte *et al.*, 2016).



Gambar 9.15. Reflek Miksi (VanPutte *et al.*, 2016)



Gambar 9.16. Sistem Kontrol Bladder (Hickling *et al.*, 2015)

9.2.5 Tes Fungsi/Faal Ginjal (*Renal Function Test/RFT*)

Untuk mengetahui fungsi ginjal dapat dilakukan pemeriksaan fungsi/faal ginjal (*Renal Function Test/RFT*) (Tabel 2):

Tabel 9.2. Pemeriksaan Fungsi Ginjal dan Nilai Normalnya (OpenStax College, 2013)

No.	Pemeriksaan	Nilai Normal
1.	BUN (Blood Urea Nitrogen) pengukuran kadar nitrogen sebagai bagian dari urea di darah	10 - 20 mg/dL Rasio BUN/kreatinin: 10:1 - 20:1
2.	SCr /Serum kreatinin	Pria: 0.6 - 1.2 mg/dL Wanita: 0.5 - 1.1 mg/dL
3.	Ureum	15 - 40 mg/dl

Kreatinin adalah satu-satunya zat yang difiltrasi ginjal tanpa direabsorpsi, sehingga kadar kreatinin serum dapat digunakan sebagai indikator untuk menghitung kecepatan penyaringan ginjal atau GFR (*Glomerular Filtration Rate*). Nilai normal GFR yaitu >90 mL/menit. GFR dipengaruhi oleh jenis kelamin, umur, dan berat badan (luas permukaan tubuh). Setelah usia 30 tahun, GFR berkurang $\pm 1\%$ setiap tahunnya. GFR dapat dihitung

menggunakan rumus *Cockcroft-Gault* dengan mengukur kreatinin serum (SCr), berat badan (BB), umur (U) (Barret *et al.*, 2019):

$$GFR = \frac{(140 - U) \times BB}{72 \times SCr} \text{ ml/mnt}$$

Catatan : pada perempuan ♀ : X 85%

Dari hasil GFR dapat menentukan stadium dari penyakit ginjal kronis atau *Chronic Kidney Disease* (CKD) (Tabel 3).

Tabel 9.3. Stadium *Chronic Kidney Disease* (CKD) (Barret *et al.*, 2019)

Stadium	Deskripsi	GFR (mL/min/1,73 m²)
1.	Kerusakan ginjal dengan GFR normal atau meningkat	>90
2.	Penurunan ringan GFR	60-89
3.	Penurunan sedang GFR	30-59
4.	Penurunan berat GFR	15-29
5.	Gagal ginjal/ <i>end stage renal disease</i> (ESRD)	<15 atau dialisis

9.2.6 Karakteristik Urin Normal

Karakteristik urin normal dan volum urin terangkum dalam Tabel 9.4 dan Tabel 9.5.

Tabel 9.4. Karakteristik Urin Normal (OpenStax College, 2013)

Karakteristik	Nilai Normal
Warna	Kuning pucat-putih jernih
Bau	Tidak berbau
Volum	750-2000mL/24 jam (0,5-1 cc/kgBB/jam)
pH	4,5-8,0
Gravitasitas	1,003-1,032

Karakteristik	Nilai Normal
spesifik	
Osmolaritas	40-1350 mOsmol/kg
Urobilinogen	0,2-1.0 mg/100 mL
Leukosit	0-2 HPF (<i>per high-power field of microscope</i>)
Leukosit esterase	Tidak ada
Protein	Tidak ada atau <i>trace</i>
Bilirubin	<0,3 mg/100 mL
Keton	Tidak ada
Nitrit	Tidak ada
Darah	Tidak ada
Glukosa	Tidak ada

Tabel 9.5. Volum Urin (OpenStax College, 2013)

Kondisi	Volum	Penyebab
Normal	750-2000mL/hari (0,5-1 cc/kgBB/jam)	
Poliuria	>2,5 L/hari	diabetes mellitus, diabetes insipidus, kafein atau alkohol berlebih, penyakit ginjal, obat-obatan tertentu (seperti diuretic), anemia bulan sabit (<i>sickle cell</i>), intake cairan berlebih
Oligouria	300-500 mL/hari	dehidrasi, kehilangan darah, diare, syok kardiogenik, penyakit ginjal, pembesaran prostat
Anuria	<50mL/hari	gagal ginjal, obstruksi saluran kemih seperti: batu, tumor, pembesaran prostat

DAFTAR PUSTAKA

- Barret, K.E., Barman, S.M., Brooks, H.L., Yuan, J. 2019. Ganong's Review of Medical Physiology 26th Edition. McGraw-Hill Education.
- Berman, A., Snyder, S. 2012. Kozier & Erb's Fundamentals of Nursing Concepts, Process, and Practice Ninth Edition. New Jersey: Pearson Education.
- DeLaune, S.C., Ladner, P.K. 2011. Fundamentals of Nursing Standards & Practise Fourth Edition. Delmar Cengage Learning.
- Hickling, D.R., Sun, T.T., Wu, X.R. 2015. Anatomy and Physiology of the Urinary Tract: Relation to Host Defense and Microbial Infection. *Microbiol Spectr*, 3(4):10.1128/microbiolspec.UTI-0016-2012. doi: 10.1128/microbiolspec.UTI-0016-2012.
- OpenStax College. 2013. *Anatomy & Physiology*. OpenStax College.
- Piate, Ian. 2018. Fundamentals of Applied Pathophysiology An Essential Guide for Nursing and Healthcare Students Third Edition. Wiley Blackwell.
- Rosto, Elizabeth. 2009. Pathophysiology made Incredibly Easy the Point 4th Edition. Wolters Kluwer Health Lippincott Williams & Wilkins.
- VanPutte, C., Regan, J., Russo, A. 2016. Seeley's Essentials of Anatomy & Physiology, Ninth Edition. McGraw-Hill Education.

BAB 10

SISTEM ENDOKRIN

Oleh Kurniawaty

10.1 Pendahuluan

Sistem endokrin merupakan sistem yang unik karena terdiri dari kelompok berbagai kelenjar atau jaringan yang tersebar di seluruh tubuh. Kelenjar tubuh memiliki fungsi baik eksokrin atau endokrin. Kelenjar eksokrin menghasilkan zat non hormonal seperti keringat dan saliva dan memiliki duktus (tabung) yang membawa zat-zat ini ke permukaan internal atau eksternal membran. Kelenjar eksokrin, termasuk kelenjar keringat dan kelenjar lakrimal, bertanggung jawab untuk mengeluarkan zat langsung ke saluran yang mengarah ke daerah sasaran. Kelenjar endokrin disebut juga sebagai kelenjar tidak berduktus. Kelenjar ini melepaskan hormonnya ke jaringan di sekitarnya dan umumnya mereka memiliki banyak pembuluh darah dan limfatik yang menerima hormon mereka. Endokrin Istilah (endo-dalam, Crin-mensekresikan) ini menunjukkan bahwa sekresi dibentuk oleh kelenjar secara langsung masuk ke darah atau limfa sirkulasi dan perjalanan ke jaringan target, dan bukan diangkut melalui tuba atau duktus. Sekresi ini, disebut hormon, yang merupakan bahan kimia yang memicu atau mengontrol aktivitas organ, sistem, atau kelenjar lain di bagian tubuh lain (Nugroho et al., 2013)

10.2 Sistem Endokrin

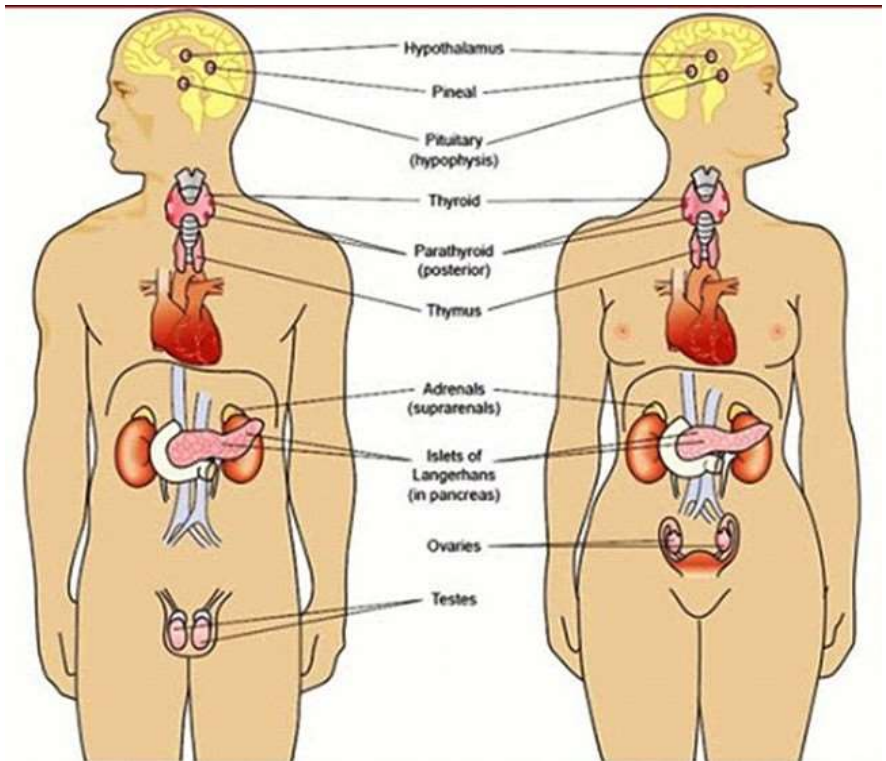
Endokrin dalam pengertian Bahasa Yunani adalah “sekret yang masuk sirkulasi ke dalam darah yaitu hormone”. Sistem endokrin merupakan sistem kontrol kelenjar tanpa saluran (*ductus*) menghasilkan hormon yang tersirkulasi di

tubuh melalui aliran darah untuk mempengaruhi organ-organ lain (Syaifuddin, 2009).

Kelenjar endokrin adalah sekelompok sel sekretori yang dikelilingi jejaring besar kapiler. Kelenjar endokrin ditemukan pada sebagian besar tubuh manusia yang mensekresikan hormon ke dalam cairan interstitial. Hormon kemudian masuk ke dalam darah untuk dibawa ke jaringan dan organ lainnya dimana mereka melakukan aksinya dengan mengubah fungsi seluler. Ada dua jenis organ endokrin, yaitu organ endokrin primer yang fungsi utamanya adalah sekresi hormon, dan organ endokrin sekunder dimana sekresi hormon terjadi secara sekunder ke beberapa fungsi lainnya. Beberapa organ endokrin primer terletak dalam otak, meliputi hipotalamus, kelenjar hipofisis, dan kelenjar pineal. Namun sebagian besar organ endokrin primer terletak di luar sistem saraf, meliputi kelenjar tiroid, paratiroid, timus, kelenjar adrenal, pankreas, dan gonad (testis pada pria dan ovarium pada wanita). Plasenta juga berfungsi sebagai kelenjar endokrin pada wanita hamil. Kelenjar endokrin sekunder meliputi organ jantung, hati, lambung, usus kecil, ginjal, dan kulit.

Sistem endokrin mempunyai 5 fungsi umum :

- 1) Membedakan sistem syaraf pusat dan sistem reproduktif pada janin yang sedang berkembang.
- 2) Menstimulasi urutan perkembangan.
- 3) Mengkoordinasi sistem reproduktif.
- 4) Memelihara lingkungan internal optimal



Gambar 10.1. Sistem Endokrin pada Manusia
(Sumber: Syaifuddin, 2012)

10.3 Hormon

Hormon adalah zat yang dilepaskan ke dalam aliran darah dari suatu kelenjar atau organ, yang bertindak sebagai “pembawa pesan” untuk dibawa ke berbagai sel tubuh, kemudian “pesan” itu diterjemahkan menjadi suatu tindakan. Hormon dalam jumlah yang sangat kecil bisa memicu respon tubuh yang sangat luas. Hormon yang dihasilkannya itu dalam jumlah sedikit pada saat dibutuhkan dan dialirkan ke organ sasaran melalui pembuluh darah.

Dalam hal struktur kimianya, hormon diklasifikasikan sebagai hormon yang larut dalam air atau yang larut dalam lemak. Hormon yang larut dalam air termasuk polipeptida (misal insulin, glukagon, hormon adrenokortikotropik (ACTH), gastrin) dan katekolamin (misal dopamin, norepinefrin, epinefrin). Hormon yang larut dalam lemak termasuk steroid (misal estrogen, progesteron, testosteron, glukokortikoid, aldosteron) dan tironin (misal tiroksin). Hormon yang larut dalam air bekerja melalui sistem mesenger-kedua, sementara hormon steroid dapat menembus membran sel dengan bebas.

Mekanisme kerja Hormon

Semua hormon memberikan efeknya melalui pengikatan pada reseptor sel target untuk hormon tersebut. Semakin banyak reseptor yang berikatan dengan hormonnya semakin besar juga efek yang ditimbulkannya pada sel target. Semua hormon memengaruhi sel target dengan mengubah aktivitas metabolik mereka. Misalnya mereka dapat mengubah laju proses seluler secara umum atau mereka dapat menyebabkan atau menghambat proses seluler spesifik. Hasil akhir dari semua ini adalah untuk mempertahankan homeostasis. Misalnya ketika hormon epinefrin terikat ke sel otot polos tertentu di dinding pembuluh darah, dia akan menstimulasi dinding pembuluh darah tersebut untuk berkontraksi. Ketika epinefrin berikatan ke sel lain selain dari sel otot dia akan memberikan efek yang sangat berbeda, dimana dia tidak menyebabkansel ini untuk berkontraksi.

10.4 Organ dari sistem Endokrin

Hipotalamus

Hipotalamus merupakan pusat tertinggi sistem endokrin sebagai pengontrol aktivitas endokrin yang menjalankan fungsi hormonal dan saraf dengan menghubungkan sistem persarafan dan sistem endokrin. Hipotalamus terletak dibawah talamus.

Hipotalamus merupakan area kecil sebesar kacang almond yang terletak diantara pituitari dan talamus.

Hormon yang dihasilkan hipotalamus berupa faktor R (*Releasing*) sebagai hormon pelepasan yang bekerja merangsang kelenjar hipofise untuk menghasilkan hormon, dan I (*Inhibiting*) sebagai penghambat kelenjar hipofise dalam mensekresikan hormon. Hormon yang dihasilkan hipotalamus faktor R dan I ini mengontrol sintesa dan sekresi hormon hipofise anterior, sedangkan kontrol terhadap hipofise posterior berlangsung melalui kerja saraf.

Hormon-hormon yang disekresikan oleh hipotalamus adalah :

1. ACTH : Adrenocortico Releasing Hormon
2. ACIH : Adrenocortico Inhibiting Hormon
3. TRH : Tyroid Releasing Hormon
4. TIH : Tyroid Inhibiting Hormon
5. GnRH : Gonadotropin Releasing Hormon
6. GnIH : Gonadotropin Inhibiting Hormon
7. PTRH : Paratyroid Releasing Hormon
8. PTIH : Paratyroid Inhibiting Hormon
9. PRH : Prolaktin Releasing Hormon

Hormon-hormon ini bekerja pada sel-sel spesifik dalam kelenjar pituitary yang mengatur pembentukan dan sekresi hormon hipofise. Hipotalamus dan kelenjar hipofis dihubungkan dengan oleh infundibulum. Hormon hipofisis yang mengatur sekresi hormon dari kelenjar lain disebut hormon tropik dan kelenjar yang dipengaruhi oleh hormon disebut kelenjar target. Mekanisme umpan balik (respon terhadap suatu sinyal tubuh) dalam sistem endokrin mengatur jumlah hormon yang disekresikan oleh kelenjar endokrin. Adanya mekanisme umpan balik mengatur Jumlah hormon yang disekresikan tetap sesuai dengan kebutuhan tubuh dalam waktu tertentu sehingga produksi hormon tidak kelebihan atau kekurangan.

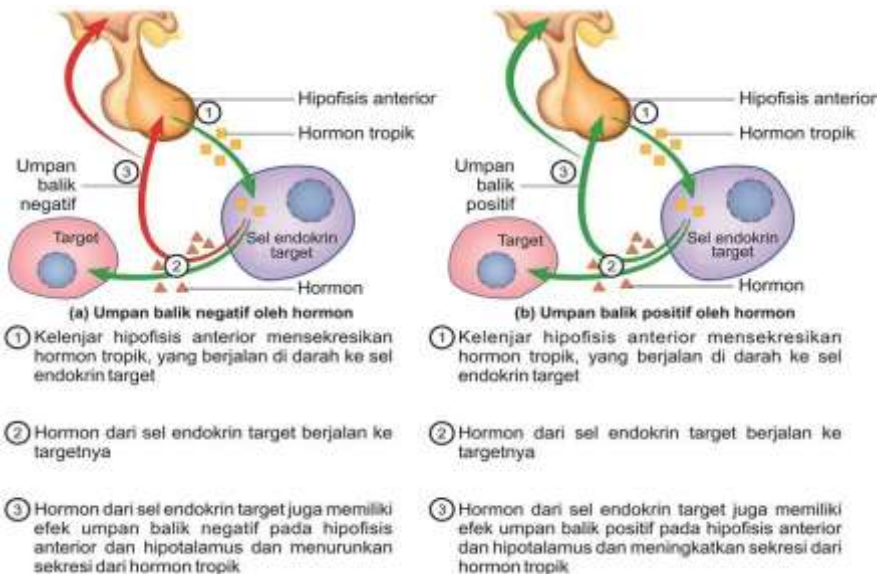
Ada 2 jenis mekanisme umpan balik yaitu positif dan negatif.

1. Mekanisme umpan balik positif.

Mekanisme umpan balik positif menyebabkan respon yang terus meningkat sehingga efek akan dicapai sesuai dengan kebutuhan. Aktivitas hormon memberi sinyal pada sistem untuk memproduksi dan melepaskan lebih banyak hormon.

2. Mekanisme umpan balik negatif.

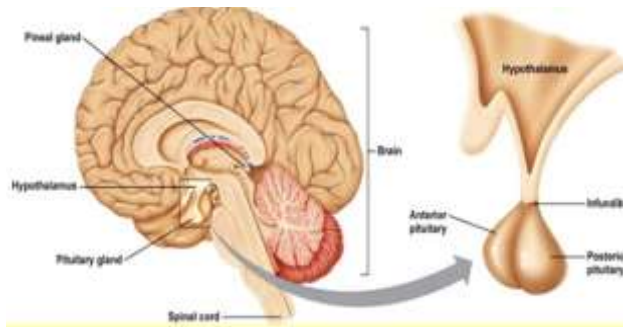
Mekanisme ini mengendalikan produksi dan pelepasan hormon. Dalam sistem umpan balik negatif ini stimulus memunculkan pelepasan zat sampai pada tingkat tertentu. Setelah zat mencapai tingkat yang diinginkan maka zat tersebut akan mengirim sinyal yang menghentikan pelepasan zat.



Gambar 10.2. Mekanisme umpan balik

Sumber: Guyton & Hall, 2012

Kelenjar Hipofise



Gambar 10.3. Kelenjar Hipofisis
(Sumber: Syaifuddin, 2012)

Hipofisis atau disebut juga glandula pituitaria terletak di sella turcica, lekukan os sphenoidale basis cranii, berbentuk oval dengan diameter kira-kira 1 cm. Kelenjar ini terbagi menjadi lobus anterior dan posterior, serta terdiri dari adenohipofisis yang berasal dari orofaring dan neurohipofisis. Hipofise dikenal sebagai master of gland karena kemampuan hipofise dalam mempengaruhi atau mengontrol aktivitas kelenjar endokrin lain dengan menghasilkan bermacam-macam hormon untuk mengatur kegiatan kelenjar endokrin lainnya, terletak di bagian otak besar. Kelenjar hipofisis ini dibagi menjadi 3 bagian berdasarkan letaknya, yaitu bagian depan (anterior), bagian tengah (central), dan juga bagian belakang (posterior). Kelenjar hipofisis juga bekerja sama dengan hipotalamus (suatu organ dalam otak) untuk mengendalikan organ-organ dalam tubuh.

1. Hipofise anterior

Adenohipofisis mengatur beberapa proses fisiologi termasuk emosi stress, pertumbuhan, dan reproduksi. Adenohipofisis menghasilkan hormon-hormon: TSH, ACTH,

GH, LH, FSH, dan PRL. Semua hormone, kecuali PRL memiliki fungsi merangsang organ lain secara aktif untuk mensekresikan hormon yang aktif dan PRL berperan di kelenjar mammae. Kelenjar Hipofisis Anterior (Adenohipofise), menghasilkan beberapa macam hormon, antara lain sebagai berikut.

- a. Hormon Somatotropin, yang berfungsi untuk merangsang metabolisme protein dan lemak serta merangsang pertumbuhan tulang dan otot.
- b. Hormon Tirotropin, yang berfungsi untuk merangsang pertumbuhan dan perkembangan dari kelenjar gondok (kelenjar tiroid) dan juga untuk merangsang sekresi tiroksin.
- c. Hormon *Adenocorticotropin* (ACTH), yang berfungsi untuk mengontrol perkembangan dan pertumbuhan aktifitas kulit ginjal dan merangsang kelenjar adrenal untuk memproduksi hormon glukokortikoid (hormon untuk metabolisme karbohidrat).
- d. Hormon Lactogenik, yang berfungsi untuk memelihara korpus luteum (kelenjar endokrin sementara pada ovarium) sehingga dapat menghasilkan progesteron (hormon perkembangan dan pertumbuhan primer pada wanita) dan air susu ibu
- e. Hormon Gonadotropin, yang berfungsi untuk merangsang pematangan folikel dalam ovarium (siklus menstruasi), menghasilkan hormon estrogen (pertumbuhan dan perkembangan sekunder pada wanita), dan menghasilkan progesteron pada wanita.

2. Kelenjar Hipofise Intermedia

Hipofise intermedia merupakan pemisah antara hipofisis anterior dan posterior. Bagian ini menghasilkan *Melanocyte Stimulating Hormone* (MSH) berfungsi melepaskan melanin

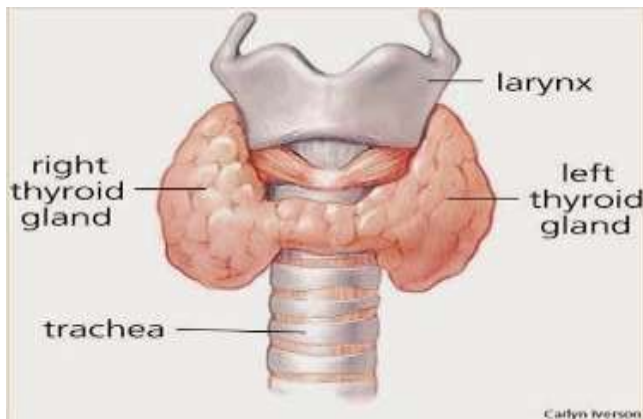
pengatur pigmentasi kulit. Kadar MSH meningkat menyebabkan kulit berwarna lebih gelap. Pada wanita hamil hormon ini biasanya meningkat sehingga dapat terjadi perubahan warna kulit wajah atau hiperpigmentasi pada ibu hamil

3. Kelenjar Hipofise *Posterior* (Neurohipofise)

Kelenjar hipofise bagian belakang menghasilkan 2 macam hormon, yaitu sebagai berikut.

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

Kelenjar Thyroid



Gambar 10.4. Kelenjar Tiroid
(Sumber: Guyton & Hall, 2012)

Kelenjar tiroid terletak di bagian depan leher atau bagian depan kerongkongan tepat dibawah kartilago krikoid antara fasia koli media dan fasia prevertebralis. Dalam ruang yang sama juga terletak trakea, esofagus, pembuluh darah besar dan saraf. Kelenjar tiroid melekat pada trakea dan melingkari dua pertiga sampai tiga perempat lingkaran. Pada orang dewasa berat tiroid kira-kira 18 gram. Terdapat dua lobus kanan dan kiri yang dibatasi oleh isthmus. Masing-masing lobus memiliki ketebalan 2 cm, lebar 2,5 cm, dan panjang 4 cm. Terdapat folikel dan para folikuler. Mendapat sirkulasi dari arteri tiroidea superior dan inferior dan dipersarafi oleh saraf adrenergik dan kolinergik. Pembuluh darah besar yang terdapat dekat kelenjar tiroid adalah arteri karotis komunis dan arteri jugularis interna. Sedangkan saraf yang ada adalah nervus vagus yang terletak bersama di dalam sarung tertutup di laterodorsal tiroid. Nervus rekurens terletak di dorsal tiroid sebelum masuk laring (Syafuddin, 2012; Guyton & Hall, 2012).

Kelenjar tiroid melepaskan dua bentuk hormon tiroid, yaitu tiroksin (T4) dan triiodotironin (T3), keduanya membutuhkan iodin untuk pembentukannya. Ion iodida diambil dari diet normal yang dipekatkan oleh kelenjar tiroid dan diubah dalam sel folikel menjadi iodin. Iodin ini kemudian dihubungkan ke molekul tirosin dan molekul tirosin teriodinasi ini kemudian dihubungkan bersama untuk membentuk T3 dan T4. Semua langkah-langkah dalam produksi hormon tiroid dirangsang oleh TSH. Tiroksin (T4) adalah hormon utama yang disekresikan oleh kelenjar tiroid yang kemudian diubah menjadi T3 oleh sel target. Sebagian besar hormon tiroid terikat ke protein transpor dalam darah, sangat sedikit yang tidak terikat atau bebas dan T3 kurang kuat terikat ke protein transpor daripada T4.

Fungsi hormon tiroid antara lain mengatur laju metabolisme tubuh, pertumbuhan testis, saraf dan tulang,

mempertahankan sekresi GH dan gonadotropin, menambah kekuatan kontraksi otot dan irama jantung, merangsang pembentukan sel darah merah, mempengaruhi kekuatan dan ritme pernafasan, sebagai kompensasi tubuh terhadap kebutuhan oksigen akibat metabolisme dan antagonis insulin.

Kelenjar Paratiroid



Gambar 10.5. Kelenjar Paratyroid
(Sumber: Guyton & Hall, 2012)

Kelenjar paratiroid adalah kelenjar kecil yang terletak pada muka dorsal bawah lobus glandula thyroidea, berbentuk bulat sebesar kacang kedelai, berwarna gelap dibanding dengan glandula thyroid. Kelenjar paratiroid terletak disetiap sisi kelenjar tiroid yang terdapat di dalam leher, berjumlah 4 buah yang tersusun berpasangan, berukuran kurang lebih 3 x 3 x 2 mm dengan berat keseluruhan sampai 100 mg. Kelenjar paratiroid tumbuh di dalam endoderm menempel pada bagian anterior dan posterior kedua lobus kelenjar tiroid terdiri dari *chief cells* dan *oxyphil cells*.

Kelenjar Paratiroid menghasilkan hormon parathormon yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan kalsium dalam darah dan juga mengatur metabolisme fosfor. Hormon

paratiroid [*parathyroid hormone (PTH)*] adalah suatu hormon polipeptida yang penting dalam mengontrol dan mengatur kadar kalsium dalam darah. Kontrol akurat kadar kalsium adalah sangat penting, karena homeostasis Ca^{2+} adalah esensial untuk berbagai fungsi meliputi transmisi impuls saraf, kontraksi otot, dan pembekuan darah. Jaringan target utamanya adalah tulang, ginjal, dan usus kecil. Di dalam ginjal, PTH meningkatkan reabsorpsi kalsium. Pada tulang, PTH merangsang aktifitas osteoplastik, sedangkan di usus, PTH meningkatkan absorpsi kalsium. Berikut ini adalah beberapa fungsi kelenjar paratiroid;

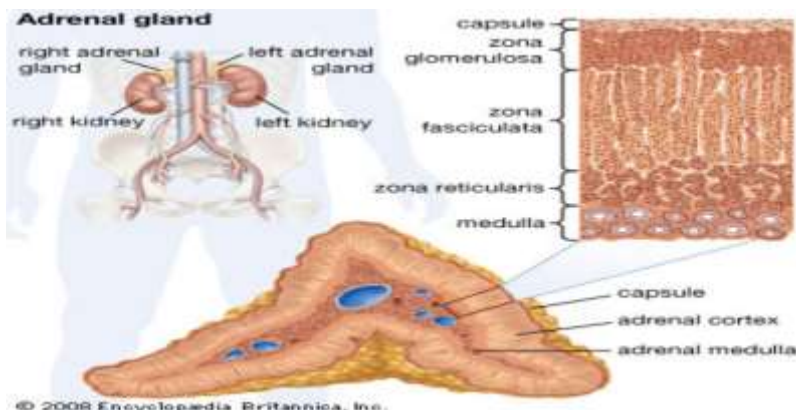
- a) Mengatur pelepasan kalsium dari tulang ke aliran darah
- b) Mengendalikan penyerapan kalsium dari makanan atau minuman pada saluran pencernaan
- c) Merangsang pembentukan vitamin D pada ginjal
- d) Meningkatkan penyerapan kalsium di ginjal dan mencegah membuang kalsium melalui urine
- e) Membuat ginjal mengeluarkan fosfat melalui urine
- f) Meningkatkan kadar magnesium dalam darah.

Kelenjar Tymus

Thymus terletak di dalam mediastinum di belakang os stemum. Hanya dijumpai pada anak-anak di bawah 18 tahun. Setelah itu kelenjar ini mengecil dan tidak ditemukan lagi. Kelenjar ini berwarna kemerah-merahan dan terdiri atas 2 lobus. Beratnya sekitar 10 gram pada bayi yang baru lahir, namun bertambah seiring masa remaja, yaitu sekitar 30-40 gram, kemudian berkerut lagi setelah dewasa. Selama masih aktif, kelenjar ini menghasilkan sel darah putih yang disebut T-lymphocyte. Sel ini selanjutnya akan menetap di dalam tubuh dan mempunyai memori atau ingatan terhadap benda asing yang pernah masuk tubuh dan sel tubuh yang abnormal (termasuk sel kanker). Jika zat yang sama masuk tubuh maka sel ini akan memperbanyak dan menetralkan

efek zat itu terhadap tubuh. Fungsi ini merupakan suatu bagian sistem proteksi tubuh atau sistem imun (*cell mediated immune system*) yang bersifat seluler.

Kelenjar Adrenal



Gambar 10.6. Kelenjar Paratyroid
(Sumber: Guyton & Hall, 2012)

Kelenjar adrenal adalah dua kelenjar terpisah yang berada di permukaan ginjal. Kelenjar adrenal memiliki nama lain kelenjar suprarenalis, adrenal sendiri berasal dari istilah latin '*ad renes*', artinya berada didekat ginjal. Kelenjar suprarenalis (adrenal) adalah sepasang organ yang terletak dekat kutub atas ginjal, terbenam dalam jaringan lemak. Kelenjar ini ada 2 buah, berwarna kekuningan serta berada di luar (ekstra) peritoneal. Bagian yang sebelah kanan berbentuk pyramid dan membentuk topi (melekat) pada kutub atas ginjal kanan. Sedangkan yang sebelah kiri berbentuk seperti bulan sabit, menempel pada bagian tengah ginjal mulai dari kutub atas sampai daerah hilus ginjal kiri. Kelenjar adrenal pada manusia panjangnya 4-6 cm, lebar 1-2 cm,

dan tebal 4-6 mm. Kelenjar adrenal mempunyai berat lebih kurang 8 gr, tetapi berat dan ukurannya bervariasi bergantung umur dan keadaan fisiologi perorangan.

Fungsi kelenjar suprarenalis antara lain; mengatur keseimbangan air, elektrolit dan garam, mengatur atau mempengaruhi metabolisme lemak, hidrat arang dan protein dan mengatur aktifitas jaringan limfoid. Kelenjar adrenal seperti halnya kelenjar tiroid, yaitu banyak mengandung pembuluh darah. Kedua bagian ini, medula dan korteks tidak memiliki hubungan fisiologis. Medula adrenal dibawa kontrol saraf, sedangkan korteks adrenal dibawa kontrol ACTH (juga disebut kortikotropin). Korteks adrenal atau korteks, adalah bagian inti luar yang membentuk 80% volume kelenjar. Korteks adrenal manusia terdiri dari tiga lapisan histologi yang berbeda yaitu ;

1. Zona glomerulosa pada bagian terluar, yang mensintesis hormon mineralokortikoid, utamanya aldosteron. Disebut mineralokortikoid karena mempengaruhi homeostasis mineral. Aldosteron mengatur homeostasis dari dua ion mineral utama yaitu ion natrium (Na^{2+}) dan Kalium (K^+) membantu mengatur tekanan dan volume darah. Aldosteron juga meningkatkan ekskresi H^+ di urin, ini akan melepaskan asam dari tubuh yang dapat membantu mencegah asidosis (pH darah dibawah 7,35). Sekresi aldosteron dikontrol oleh jalur renin-angiotensin-aldosteron (RAA).
2. Zona fasikulata menghasilkan hormon glukokortikoid, yaitu kortisol. Dinamakan demikian karena mempengaruhi homeostasis glukosa Glukokortikoid membantu metabolisme dan resistensi terhadap stres, meliputi kortisol yang juga biasa disebut hidrokortison, kortikosteron, dan kortison. Dari ketiga hormon yang disekresikan oleh zona fasikulata, kortisol adalah yang paling banyak, menyumbang sekitar

95% aktivitas glukokortikoid. Glukortikoid memiliki efek berikut:

- a. Pemecahan protein.
- b. Pembentukan glukosa.
- c. Lipolisis, yaitu pemecahan trigliserida dan pelepasan asam lemak dari jaringan adiposake dalam darah.
- d. Resistensi terhadap stres.
- e. Efek antiinflamasi.
- f. Penekanan respon imun.

Glukortikoid sintetik sering digunakan untuk menekan respon imun pada individu yang mengalami penyakit autoimun dan yang menerima transplantasi organ.

- g. Glukortikoid juga diperlukan untuk pematangan jaringan, seperti pada paru fetus.
3. Zona retikularis pada bagian dalam yang menghasilkan hormon seks pria (androgen). Androgen adalah istilah umum untuk hormon steroid yang menyebabkan perkembangan karakteristik seks sekunder pada pria. Sebagian besar androgen disekresikan oleh sistem reproduksi. Androgen utama yang disekresikan oleh kelenjar adrenal adalah dehydroepiandrosterone.

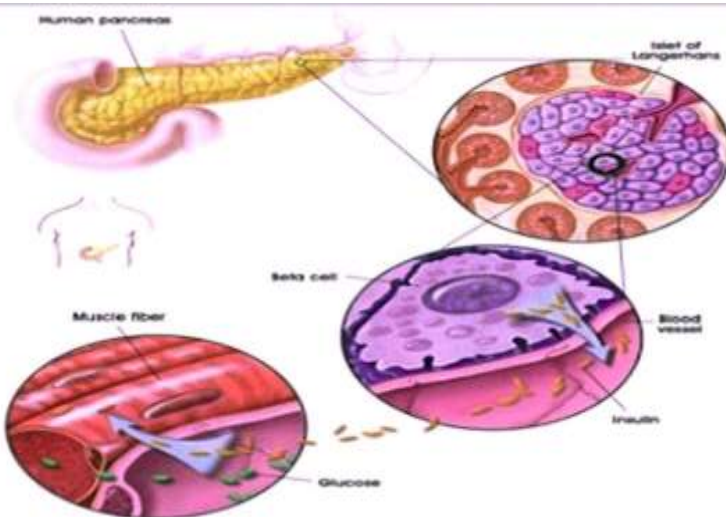
Sementara sisanya sebesar 20% merupakan volume kelenjar adrenal atau medula adrenal. Medula adrenal ditemukan di bawah korteks, pada bagian tengah kelenjar, mengandung sel kromafin yang berfungsi sebagai sel pascaganglion dari sistem saraf simpatis. Bagian ini berfungsi memproduksi hormon epinefrin (adrenalin) dan norepinefrin saat tubuh dalam keadaan tertekan. Kedua hormon ini mempengaruhi pencernaan, meningkatkan indera dan kesadaran, dan mengarahkan aliran darah langsung ke otak dan otot. Hormon epinefrin, yang berperan dalam segala hal yang berhubungan dengan peningkatan fisiologis manusia, seperti meningkatkan denyut jantung,

meningkatkan kecepatan pernapasan, dan menyempitkan pembuluh darah manusia. Hormon norepinefrin, yang fungsinya adalah kebalikan dari hormon Adrenalin.

Kelenjar Pankreas

Kelenjar pankreas adalah kelenjar lonjong berwarna keputihan terletak dalam simpul yang terbentuk dari duodenum dan permukaan bawah lambung. Panjangnya kira-kira 15 cm terdiri atas 3 bagian yaitu:

1. Kepala pankreas yang strukturnya paling lebar dan terletak disebelah kanan rongga abdomen.
2. Badan pankreas merupakan bagian utama pada organ itu, terletak di belakang lambung dan didepan vertebra lumbalis pertama.
3. Ekor pankreas adalah bagian yang runcing terletak disebelah kiri rongga abdomen dan menyentuh limpa.



Gambar 10.7. Kelenjar Pankreas
(Sumber: Guyton & Hall, 2012)

Pulau langerhans merupakan kumpulan sel ovoid yang berukuran 76x1/5 mikrometer yang tersebar diseluruh pankreas, membentuk 1-2% dari berat pankreas, terdapat 1-2 juta pulau, mendapat asupan darah dari arteri mesenterika superior dan splenikus dan darah dari pulau langerhans di drainase ke dalam vena porta. Ada 4 jenis sel yaitu sel A, sel B, sel D, dan sel F. Sel A, B dan D juga disebut sel alfa, beta, dan delta. Sel A mensekresikan glukagon, sel B mensekresikan insulin, sel D mensekresikan somatostatin dan sel f mensekresi polipeptida pankreas (Ganong, 2012)

Pankreas memiliki dua fungsi, yaitu fungsi eksokrin dan fungsi endokrin. Fungsi eksokrin diperankan oleh sel sekretoria yang membentuk getah pankreas dan berisi enzim dan elektrolit. Getah pankreas kemudian akan melalui saluran pankreatik masuk ke dalam duodenum. Fungsi endokrin pankreas adalah memproduksi dan melepaskan hormon insulin, glukagon dan somatostatin (Corwin, 2009)

1. Glukagon

Adalah suatu hormon protein yang dikeluarkan oleh sel-sel alfa dari pulau langerhans terhadap respon terhadap kadar glukosa darah yang rendah dan peningkatan asam amino plasma. Glukagon adalah hormon stadium pascaabsorptif pencernaan, yang muncul dalam masa puasa diantara waktu makan. Fungsi hormon ini terutama adalah katabolik (penguraian) dan secara umum berlawanan dengan fungsi insulin. Glukagon bekerja sebagai antagonis insulin dengan menghambat perpindahan glukosa ke dalam sel. Glukagon merangsang glukoneogenesis hati dan penguraian simpanan glikogen untuk digunakan sebagai sumber energi selain glukosa. Glukagon merangsang penguraian lemak dan pelepasan asam lemak bebas kedalam darah untuk digunakan sebagai

sumber energi. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kadar glukosa darah sewaktu mengalami penurunan.

2. Insulin

Insulin dilepaskan oleh sel-sel beta pulau langerhans. Rangsangan utama yang menyebabkan pelepasan insulin ini adalah peningkatan glukosa darah. Kadar glukosa darah puasa dalam keadaan normal adalah 80-90 mg/100 ml darah. Jadi sekresi insulin menjadi meningkat bila kadar glukosa darah puasa melebihi 100 mg/100 ml darah, dan kembali ke tingkat basal dalam waktu 2-3 jam. Insulin adalah hormon utama pada stadium absorbtif pencernaan yang muncul segera setelah makan.

Insulin bekerja dengan cara berikatan dengan reseptor insulin yang terdapat pada sebagian besar sel tubuh. Setelah berikatan dengan reseptor, insulin bekerja melalui perantara kedua untuk meningkatkan transportasi glukosa ke dalam sel. Setelah berada di dalam sel, glukosa dapat segera digunakan sebagai penghasil energi atau disimpan di dalam sel sebagai glikogen. Sewaktu glukosa dibawa masuk ke dalam sel, kadar glukosa darah menjadi menurun. Insulin juga berperan dalam peningkatan transportasi asam amino ke dalam sel, merangsang pembentukan protein, serta menghambat penguraian simpanan lemak, protein dan glikogen. Insulin juga menghambat proses glukoneogenesis oleh hati.

3. Somatostatin

Somatostatin disekresikan oleh sel-sel delta pulau langerhans. Disebut juga sebagai hormon penghambat hormon pertumbuhan dan merupakan salah satu hormon hipotalamus yang mengontrol pelepasan hormon pertumbuhan dari hipofisis anterior. Somatostatin pankreas tampaknya memiliki efek minimal pada pelepasan hormon pertumbuhan dari hipofisis. Hormon ini

mengontrol metabolisme dengan menghambat sekresi insulin dan glukagon.

Kelenjar Gonad

Kelenjar gonad terbentuk pada minggu-minggu pertama gestasi dan tampak jelas pada minggu pertama. Keaktifan kelenjar gonad terjadi pada masa prepubertas dengan meningkatnya sekresi gonadotropin (FSH dan LH). Kelenjar ini disebut juga dengan kelenjar reproduksi karena produknya yang berhubungan dengan alat reproduksi manusia. Kelenjar ini terletak di bagian alat reproduksi pria dan wanita. Jika pada pria, terdapat di testis, dan wanita terdapat di ovarium.

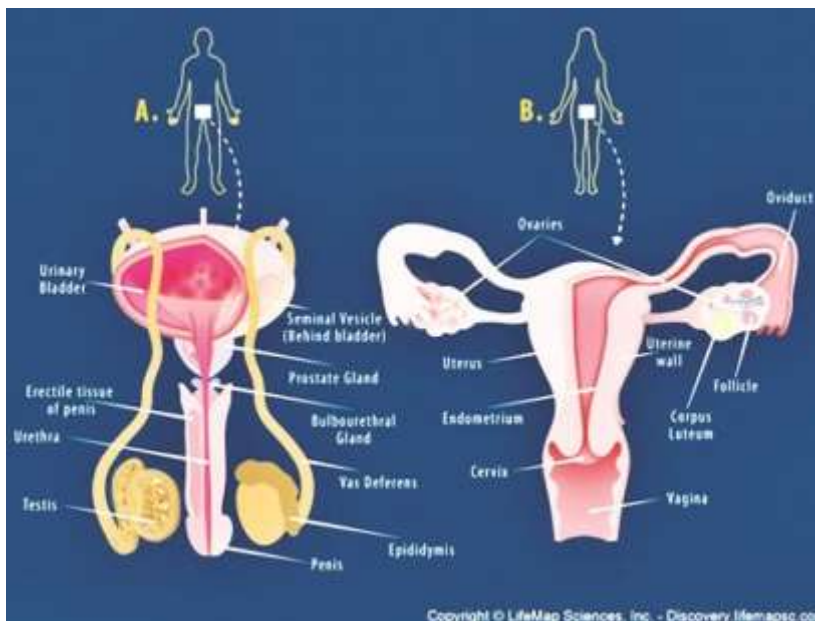
Testis terdiri dari dua buah yang dibungkus oleh skrotum. Terletak diantara penis dan anus didepan perineum. Testis mempunyai dua fungsi yaitu sebagai organ endokrin dan reproduksi. Sebagai organ endokrin, testis menghasilkan hormon testoteron dan estradiol di bawah pengaruh LH. Efek testoteron pada fetus merangsang diferensiasi dan perkembangan genital ke arah pria. Pada masa pubertas akan merangsang perkembangan tanda-tanda seks sekunder seperti perkembangan bentuk tubuh, distribusi rambut tubuh, pembesaran laring, penebalan pita suara, pertumbuhan dan perkembangan alat genetalia.

Ovarium merupakan organ reproduksi wanita yang menghasilkan sel telur dan hormon estrogen dan progesteron sebagai respon dari FSH dan LH. Hormon yang dihasilkannya antara lain estrogen, progesteron, relaksin hormon dan inhibin hormon (Syaiffudin, 2006).

Estrogen dihasilkan oleh *Folikel degraf* sebagai hasil rangsangan dari FSH. Estrogen berperan dalam memberikan ciri fisik wanita, misalnya pinggul, payudara serta kulit bertambah halus. Progesteron dihasilkan oleh korpus luteum

sebagai hasil rangsangan dari Luteinizing Hormon yang berfungsi menyiapkan dinding uterus agar dapat menerima telur yang dibuahi. Plasenta akan membentuk estrogen dan progesteron selama kehamilan untuk mencegah pembentukan FSH dan LH untuk mempertahankan kehamilan. Progesteron bersama estrogen dan prolaktin bekerjasama dalam pembentukan payudara selama pubertas dan kehamilan.

Relaksin hormon Pada wanita hormon ini ditemukan pada plasenta dan uterus yang berperan dalam persalinan dengan melunakkan serviks serta merelaksasi ligamen pelvis. Inhibin hormon Inhibin hormon ini jarang kita dengar, namun hormon ini juga berfungsi menghambat produksi FSH, membantu mengoptimalkan jumlah darah wanita hamil.



Gambar 10.8. Kelenjar Gonad
(Sumber: Heffner, 2008)

DAFTAR PUSTAKA

- Corwin, J. Elizabeth. 2009. Buku Saku Patofisiologi (Handbook of Pathophysiology). Edisi 3. EGC. Jakarta.
- Dewi DS, Febrianti R, Jaata J, et al. *Asuhan Keperawatan Klien Dengan Gangguan Sistem Endokrin.*; 2023. https://books.google.co.id/books?id=YDunEAAAQBAJ&newbks=1&newbks_redir=0&dq=Asuhan+keperawatan+diabetes+tipe+2&hl=id&source=gbs_navlinks_s
- Ganong WF. 2015. Buku Ajar Fisiologi Kedokteran. Ed 24. Jakarta: EGC; 2015: 205.
- Guyton & Hall. 2012. Buku ajar fisiologi kedokteran. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Heffner, Linda J. & Danny J. Schust. 2008. *At a glance sistem reproduksi.* Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Nugroho, S. A., Fisiologi, A., & Endokrin, S. 2013. *Setiyo Adi Nugroho. Anatomi Fisiologi Sistem Endokrin. F.KES-UNUJA 1.* 1–41.
- Syaifuddin. 2006. Fisiologi tubuh manusia untuk mahasiswa keperawatan. Jakarta: Salemba Medika.
- Syaifuddin. 2012. Anatomi fisiologi untuk keperawatan dan kebidanan. Edisi 4. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.

BIODATA PENULIS



Yolanda Anastasia Sihombing.,S.Kep.,Ners.,M.K.M

Dosen Keperawatan
Akademi Keperawatan HKBP Balige

Penulis lahir di Padangsidempuan tanggal 01 Juni 1991. Penulis adalah dosen tetap di Akademi Keperawatan HKBP Balige.

Menyelesaikan pendidikan Diploma Keperawatan dari Akademi Keperawatan Arjuna Laguboti, dan melanjutkan jenjang pendidikan S1 Jurusan Keperawatan dari Stikes Immanuel Bandung serta Pendidikan Profesi Ners dari Universitas Prima Indonesia Medan kemudian mengambil gelar Magister Kesehatan Masyarakat dari Universitas Indonesia Maju Jakarta.

BIODATA PENULIS



Dr. Metri Lidya SKp, M Biomed.

Dosen Jurusan Keperawatan Poltekkes Kemenkes Padang
Sumatera Barat

Penulis lahir di Bukit Tinggi tanggal 18 Mei 1965. Penulis adalah dosen tetap pada Jurusan Keperawatan Poltekkes Kemenkes Padang Sumatera Barat. Menyelesaikan pendidikan, Diploma 3 Keperawatan Padang, Akademi kebidanan (D3) Kebidanan Lenggogeni Padang, S1 pada Fakultas Ilmu Keperawatan Universitas Indonesia, S2 Pada Pasca Sarjana Ilmu Biomedik Universitas Andalas Padang, S 3 Pada Pasca Sarjana Ilmu Biomedik Universitas Andalas Padang. Menekuni bidang Menulis, Keperawatan Maternitas dan anak, Bidang ilmu Biomedik.

BIODATA PENULIS



Cipto.,S.Kep.Ns.MHKes

Dosen Program Studi Keperawatan Blora
Poltekkes Kemenkes Semarang

Penulis lahir di Grobogan tanggal 06 Pebruari 1978. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Keperawatan Blora, Poltekkes Kemenkes Semarang. Menyelesaikan pendidikan DIII di Akkes Asih Husada Semarang, Pendidikan S1 di Universitas Sahid Surakarta, Profesi Ners di Poltekkes Kemenkes Semarang, pendidikan S2 di Unika Soegijapranata Semarang Jurusan Hukum Kesehatan.

BIODATA PENULIS



Muhaimin Saranani

Dosen tetap pada prodi keperawatan poltekkes kemenkes kendari,

Penulis lahir di kendari tanggal 03 November 1975, saat ini penulis adalah dosen tetap pada prodi keperawatan poltekkes kemenkes kendari, menyelesaikan S1 pada fakultas ilmu keperawatan universitas hasanuddin makassar, dan melanjutkan S2 pada ilmu kedokteran dasar dan biomedik universitas gajah Mada jogyakarta

BIODATA PENULIS



Indari, S.Kep., Ners M.Kep

Dosen Program Studi Sarjana Keperawatan
Fakultas Keperawatan, Kebidanan dan Fisioterapi Institut
Teknologi Sains dan Kesehatan Soepraoen

Penulis lahir di Tulungagung tanggal 13 September 1982. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Sarjana Keperawatan Fakultas Ilmu Kesehatan Institut Teknologi Sains dan Kesehatan Soepraoen. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Keperawatan dan melanjutkan S2 pada Jurusan Magister Keperawatan Peminatan Jiwa. Penulis memiliki pengalaman kerja di sebuah Rumah Sakit swasta selama 3 tahun serta penulis saat ini mengajar di keperawatan dasar salah satunya adalah farmakologi keperawatan serta mengajar pada Keperawatan Jiwa.

BIODATA PENULIS



Maria Yunita Indriarini, M.Kep., Ns.Sp.Kep.M.B

Dosen Prodi Diploma Tiga Keperawatan
Fakultas Vokasi Universitas Santo Borromeus

Maria Yunita Indriarini, lahir di Surakarta tanggal 13 Juni 1975. Menyelesaikan Pendidikan Diploma Tiga Keperawatan di Akper Santo Borromeus tahun 1996, menyelesaikan Sarjana Keperawatan tahun 2004 dan Profesi Ners tahun 2005 di STIK Sint Carolus Jakarta. Menyelesaikan program Magister Keperawatan tahun 2010 dan Ners Spesialis Keperawatan Medikal Bedah tahun 2011 di Universitas Indonesia. Menjadi Kepala Program Studi Diploma Tiga Keperawatan di STIKes Santo Borromeus periode tahun 2012 sampai dengan 2015. Menjadi staf dosen di Universitas Santo Borromeus sejak tahun 2000 sampai dengan saat ini.

BIODATA PENULIS



Viyan Septiyana Achmad

Dosen di Politeknik Kesehatan Kemenkes Banten

Viyan Septiyana Achmad lahir di Bandung, 12 September 1981 merupakan Dosen di Politeknik Kesehatan Kemenkes Banten. Penulis menyelesaikan pendidikan di Akademi Keperawatan PPNI Jawa Barat pada tahun 2003. Pendidikan Sarjana Keperawatan di Fakultas Ilmu Keperawatan Universitas Padjadjaran pada tahun 2006. Pendidikan Program Profesi Ners di Fakultas Ilmu Keperawatan Universitas Padjadjaran pada tahun 2007 dan Pendidikan Magister Keperawatan peminatan keperawatan kritis di Fakultas Ilmu Keperawatan Universitas Padjadjaran pada tahun 2013. Penulis tergabung dalam Organisasi Persatuan Perawat Nasional Indonesia (PPNI) dan Anggota Himpunan Perawat Gawat Darurat (HIPGABI) provinsi Banten.

BIODATA PENULIS



Ns. Yoanita Hijriyati, SKep, M. Biomed

Dosen Program Studi Keperawatan

Fakultas Keperawatan dan Kebidanan, Universitas Binawan

Penulis lahir di Jakarta tanggal 26 November 1979. Saat ini penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Keperawatan, Fakultas Keperawatan dan Kebidanan Universitas Binawan. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Ilmu Keperawatan-Universitas Indonesia dan melanjutkan S2 pada Jurusan Fisiologi Ilmu Biomedik-Universitas Indonesia.

BIODATA PENULIS



Ns. Musthika Wida Mashitah, S.Kep., M.Biomed.

Dosen Program Studi Keperawatan
Fakultas Ilmu Kesehatan Institut Teknologi, Sains, dan Kesehatan
RS dr. Soepraoen Kesdam V/BRW Malang

Penulis lahir di Malang tanggal 31 Januari 1990. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Keperawatan Fakultas Ilmu Kesehatan Institut Teknologi, Sains, dan Kesehatan RS dr. Soepraoen Kesdam V/BRW Malang. Penulis menempuh pendidikan S1 di Jurusan Ilmu Keperawatan Universitas Brawijaya (2008-2012), Pendidikan Profesi Ners di Universitas Brawijaya (2013-2014), dan melanjutkan S2 Ilmu Biomedik di Universitas Brawijaya (2012-2013 dan 2014-2015) dengan beasiswa *Fasttrack* Dikti. Penulis aktif mengukir karya dalam Tri Dharma Perguruan Tinggi (Pendidikan, Penelitian, dan Pengabdian Masyarakat) salah satunya melalui buku ajar ini. Semoga tulisan penulis dalam buku ini bermanfaat dan memudahkan memahami mengenai anatomi dan fisiologi sistem ekskresi (perkemihan) bagi pembacanya.

BIODATA PENULIS



Ns. Kurniawaty, S.Kep., M.Kes

Dosen Program Studi DIII Keperawatan
STIKES 'Aisyiah Palembang

Penulis lahir di Palembang tanggal 27 Juli 1978. Awalnya penulis menyelesaikan pendidikan DIII Keperawatan di Akper 'Aisyiah Palembang pada tahun 2000, dan melanjutkan S1 Keperawatan Ners di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2001-2003), melanjutkan studi S2 Ilmu Biomedik dengan peminatan Fisiologi di Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya (2012-2014). Saat ini penulis aktif sebagai Dosen Tetap Di STIKES 'Aisyiah Palembang sejak 2004 sampai sekarang.