



# ANATOMI DAN FISIOLOGI

**Untuk Mahasiswa Kebidanan**

Christina Magdalena T. Bolon ▪ Deborah Siregar ▪ Lia Kartika  
Agus Supinganto ▪ Sarida Surya Manurung ▪ Yenni Ferawati Sitanggang  
Nurhayati Siagian ▪ Sarmaida Siregar ▪ Rostinah Manurung  
Fitriana Ritonga ▪ Ratna Dewi ▪ Riama Marlyn Sihombing  
Meriani Herlina ▪ Noradina



# ANATOMI DAN FISIOLOGI

**Untuk Mahasiswa Kebidanan**

## UU 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

### Resep dan Obat Paten Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 huruf c merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

### Pembatasan Pelaksanaan Pasal 26

Kemauan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk keperluan penelitian ilmiah yang dipublikasikan untuk keperluan penyebaran informasi ilmiah;
- Penggunaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan pendidikan ilmu pengetahuan;
- Penggunaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Pengisian yang tidak dilakukan Regulatoran sebagai bahan ajar; dan
- penggunaan untuk kepentingan penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memangkai hak Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Program, atau Lembaga Penyiaran.

### Sanksi Pelanggaran Pasal 113

- Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf e, dan/atau huruf h untuk Pengunaan Secara Kolektif dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf c, dan/atau huruf g untuk Pengunaan Secara Kolektif dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

# **Anatomi dan Fisiologi untuk Mahasiswa Kebidanan**

Penulis:

Christina Magdalena T. Bolon, Deborah Siregar, Lia Kartika  
Agus Supinganto, Sarida Surya Manurung  
Yenni Frawati Sitanggang, Nurhayati Siagian, Sarmaida Siregar  
Rostinah Manurung, Fitriana Ritonga, Ratna Dewi  
Riama Marlyn Sihombing, Meriani Herlina, Noradina

Penerbit Yayasan Kita Menulis

# Anatomi dan Fisiologi untuk Mahasiswa Kebidanan

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2020

Penulis:

Christina Magdalena T. Bolon, Deborah Siregar, Lia Kartika  
Agus Supinganto, Sarida Surya Manurung  
Yenni Ferawati Sitanggang, Nurhayati Siagian, Sarmaida Siregar  
Rostinah Manurung, Fitriana Ritonga, Ratna Dewi  
Riama Marlyn Sihombing, Meriani Herlina, Noradina

Editor: Alex Rikki & Pandi BN. Simangunsong

Desain Sampul: Tim Kreatif Kita Menulis

Sampul: pexels.com

Penerbit

Yayasan Kita Menulis

Web: [kitamenulis.id](http://kitamenulis.id)

e-mail: [press@kitamenulis.id](mailto:press@kitamenulis.id)

WA: 0821-6453-7176

Christina Magdalena T. Bolon, dkk.

Anatomi dan Fisiologi untuk Mahasiswa Kebidanan

Yayasan Kita Menulis, 2020

xviii; 240 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-6761-44-1

Cetakan 1, Oktober 2020

- I. Anatomi dan Fisiologi untuk Mahasiswa Kebidanan
- II. Yayasan Kita Menulis

## Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku tanpa

ijin tertulis dari penerbit maupun penulis

# Kata Pengantar

Dengan memanjatkan Puji Syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, kami persembahkan kemampuan yang ada pada kami dalam bentuk Buku Anatomi dan Fisiologi untuk Mahasiswa Kebidanan, untuk turut serta berpartisipasi dalam pendidikan di Indonesia, sehingga menambah pengetahuan kita dan buku ini dapat diterbitkan.

Buku “Anatomi dan Fisiologi untuk Mahasiswa Kebidanan, ini memang dipersiapkan untuk memenuhi kebutuhan buku anatomi bagi mahasiswa kebidanan. Di dalam buku ini penulis sertakan juga materi yang diperlukan untuk memahami penyakit yang sering terjadi pada bagian-bagian tubuh manusia, dilihat dari sudut pandang anatomi.

Pembahasan buku ini terdiri dari :

Bab 1 Dasar Anatomi dan Fisiologi

Bab 2 Anatomi dan Fisiologi Sistem Muskuloskeletal

Bab 3 Anatomi dan Fisiologi Sistem Kardiovaskular

Bab 4 Anatomi dan Fisiologi Sistem Pernapasan

Bab 5 Anatomi dan Fisiologi Sistem Saraf

Bab 6 Anatomi dan Fisiologi Sistem Integumen

Bab 7 Anatomi dan Fisiologi Sistem Pencernaan

Bab 8 Anatomi dan Fisiologi Sistem Perkemihan

Bab 9 Anatomi dan Fisiologi Sistem Reproduksi Pria dan Wanita

Bab 10 Anatomi dan Fisiologi Sistem Penginderaan

Bab 11 Anatomi dan Fisiologi Kelenjar Endokrin

Bab 12 Perkembangan Sel-sel Darah dan Sistem Limfatik

Bab 13 Proses Metabolisme

Bab 14 Keseimbangan Cairan dan Elektrolit

Ungkapan terima kasih kami sampaikan pula kepada semua teman sejawat dan mahasiswa yang sudah memberi umpan balik atas naskah yang kami persiapkan. Dengan umpan balik itu telah diupayakan agar bagian-bagian yang sulit dapat lebih mudah dimengerti.

Walaupun demikian, kami menyadari bahwa dalam buku ini masih ada kekurangan yang masih memerlukan perhatian. Untuk itu kami akan sangat bersyukur jika ada kritik dan saran yang berguna untuk perbaikan pada edisi yang akan datang.

Semoga buku ini dapat bermanfaat. Terima kasih

Medan, 12 Oktober 2020  
Penulis

# Daftar Isi

Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Gambar .....	xiii
Daftar Tabel .....	xvii

## **Bab 1 Dasar Anatomi dan Fisiologi**

1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Istilah-Istilah dalam Anatomi .....	2
1.3 Anatomi Struktur Tubuh.....	3
1.4 Bidang Struktural Tubuh .....	5
1.5 Pembagian sistem Tubuh (13 Anatomi Sistem Tubuh Manusia).....	6
1.6 Organ Tubuh Manusia Ginjal.....	10

## **Bab 2 Anatomi dan Fisiologi Sistem Muskuloskeletal**

2.1 Sistem Muskuler.....	13
2.1.1 Fungsi Sistem Muskular .....	13
2.1.2 Ciri Sistem Muskular .....	14
2.1.3 Jenis-Jenis Otot.....	15
2.1.4 Jenis Pergerakan Tubuh .....	16
2.1.5 Klasifikasi Kerja Otot .....	17
2.1.6 Aktivitas Otot .....	19
2.2 Sistem Skeletal.....	20
2.2.1 Pembentukan tulang.....	21
2.2.2 Kerangka Aksial.....	22
2.2.3 Kerangka Appendikular.....	25
2.3 Sendi .....	27

## **Bab 3 Anatomi dan Fisiologi Sistem Kardiovaskular**

3.1 Pendahuluan.....	29
3.2 Jantung .....	30
3.2.1 Ruang Jantung.....	30



3.2.2 Katup Jantung .....	31
3.2.3 Lapisan Dinding Jantung.....	32
3.2.4 Aktivitas Listrik Jantung .....	33
3.2.5 Pembuluh Darah Jantung .....	35
3.3 Pembuluh Darah .....	38
3.3.1 Arteri .....	37
3.3.2 Vena.....	37
3.3.3 Kapiler .....	39
3.4 Fisiologi Jantung dan Pembuluh Darah .....	39
3.4.1 Sirkulasi Sistemik .....	39
3.4.2 Sirkulasi Pulmonal.....	40

#### **Bab 4 Anatomi dan Fisiologi Sistem Pernapasan**

4.1 Pendahuluan.....	43
4.2 Sistem Pernapasan.....	43
4.2.1 Proses Pernapasan.....	44
4.2.2 Frekuensi Pernapasan .....	44
4.2.3 Saluran Pernapasan.....	45
4.2.4 Anatomi sistem pernapasan .....	46
4.2.5 Proses Pernapasan.....	50
4.2.6 Kelainan pada sistem pernapasan .....	51

#### **Bab 5 Anatomi dan Fisiologi Sistem Saraf**

5.1 Pendahuluan.....	53
5.2 Pengertian Anatomi dan fisiologi .....	55
5.3 Struktur Sel Saraf .....	56
5.4 Jenis-jenis Sel Saraf Berdasarkan Fungsinya.....	57
5.5 Jenis-jenis Sel Saraf Berdasarkan Letaknya.....	57
5.6 Mekanisme Impuls Saraf .....	63

#### **Bab 6 Anatomi dan Fisiologi Sistem Integumen**

6.1 Pendahuluan.....	65
6.2 Kulit.....	66
6.2.1 Struktur Kulit .....	66
6.3 Aksesori Struktur Kulit .....	69
6.4 Fungsi Kulit .....	71
6.4.1 Termoregulasi.....	72
6.4.2 Reservoir darah.....	72
6.4.3 Perlindungan .....	72

---

6.4.4 Sensasi kutan/kulit.....	73
6.4.5 Ekskresi dan Absorpsi.....	73
6.4.6 Sintesis Vitamin D.....	73
6.4.7 Menyeimbangkan Homeostasis: Penyembuhan luka.....	74
6.4.8 Perkembangan Sistem Integumen.....	75
<b>Bab 7 Anatomi dan Fisiologi Sistem Pencernaan</b>	
7.1 Pendahuluan Sistem Pencernaan.....	77
7.2 Anatomi dan Fisiologi Saluran Pencernaan .....	79
<b>Bab 8 Anatomi dan Fisiologi Sistem Perkemihan</b>	
8.1 Pendahuluan.....	101
8.2 Pengertian .....	102
8.2.1 Ginjal.....	102
8.2.2 Struktur ginjal .....	104
8.2.3 Fisiologi ginjal .....	104
8.2.4 Filtrasi glomerulus.....	105
8.2.5 Proses pembentukan urine .....	107
8.2.6 Peredaran darah ginjal.....	108
8.2.7 Persarafan ginjal .....	108
8.2.8 Reabsorpsi dan sekresi tubulus.....	108
8.2.9 Ekskresi urine, Filtrasi glomerulus, Reabsorpsi tubulus, Sekresi tubulus .....	109
8.3 Ureter.....	111
8.3.1 Pembuluh darah ureter .....	113
8.3.2 Persarafan ureter .....	113
8.4 Vesika Urinaria.....	113
8.4.1 Bagian vesika urinaria .....	114
8.4.2 Lapisan otot vesika urinaria.....	114
8.4.3 Persarafan vesika urinaria .....	114
8.5 Uretra.....	115
8.5.1 Uretra pria .....	115
8.5.2 Uretra Wanita.....	116
8.6 Mikturisis .....	117
8.7 Ciri-Ciri Urine Yang Normal.....	118
8.7.1 Komposisi urine normal.....	118

**Bab 9 Anatomi dan Fisiologi Sistem Reproduksi Pria dan Wanita**

9.1 Pengertian Sistem Reproduksi.....	119
9.2 Fungsi Sistem Reproduksi .....	120
9.3 Organ Reproduksi Pria.....	120
9.3.1 Penis.....	120
9.3.2 Scrotum .....	121
9.3.3 Testis.....	122
9.3.4 Epididimis .....	123
9.3.5 Vas deferens.....	124
9.3.6 Vesicula seminalis .....	124
9.3.7 Ductus ejaculatorius.....	124
9.3.8 Prostat .....	124
9.3.9 Glandula bulbouretralis .....	125
9.3.10 Cairan seminal .....	125
9.4 Hormon Reproduksi Pria .....	126
9.5 Organ Reproduksi Wanita .....	127
9.5.1 Organ genitalia eksternal (alat reproduksi wanita bagian luar) .....	127
9.5.2 Genitalia interna .....	130
9.6 Hormon Reproduksi Wanita.....	137

**Bab 10 Anatomi dan Fisiologi Sistem Penginderaan**

10.1 Pendahuluan.....	139
10.2 Pengertian .....	140
10.3 Indera Penglihatan .....	140
10.3.1 Bagian-bagian Mata.....	140
10.3.2 Kelainan dan Penyakit pada Mata .....	141
10.3.3 Fisiologi penglihatan.....	142
10.3.4 Pembentukan bayangan.....	142
10.3.5 Respons bola mata terhadap benda.....	143
10.4 Indera Pendengaran.....	143
10.4.1 Bagian – bagian dari telinga.....	143
10.4.2 Kelainan dan Penyakit pada Telinga .....	144
10.5 Indera Penciuman .....	145
10.5.1 Membran Mukosa Penciuman.....	146
10.5.2 Bulbus olfactorius .....	146
10.5.3 Fisiologi Penghidung .....	147
10.6 Indera Pengecapan .....	148
10.6.1 Bagian-Bagian Lidah.....	149
10.6.2 Warna Lidah.....	151

10.6.3 Bentuk Lidah.....	151
10.6.4 Hubungan Selama Kehamilan .....	152
10.7 Indra Peraba .....	152
10.7.1 Bagian-bagian kulit .....	153
10.7.2 Fisiologi kulit.....	155

## **Bab 11 Anatomi dan Fisiologi Kelenjar Endokrin**

11.1 Pendahuluan.....	159
11.2 Anatomi dan Fisiologi Sistem Endokrin .....	160
11.3 Fungsi Sistem Endokrin.....	161
11.4 Klasifikasi Dalam hal struktur Kimianya .....	162
11.5 Kelenjar Endokrin dan Hormon yang Dihasilkan .....	163
11.6 Karakteristik Sistem Endokrin .....	174
11.7 Pengendalian Endokrin.....	174
11.8 Klasifikasi hormone .....	175

## **Bab 12 Perkembangan Sel-sel Darah dan Sistem Limfatik**

12.1 Pendahuluan.....	177
12.2 Perkembangan sel-sel darah .....	178
12.3 Sistem Limfatik .....	180
12.3.1 Pembuluh limfe.....	181
12.3.2 Kelenjar limfe (Lymph nodes).....	184
12.3.3 Organ limfoid sekunder.....	185
12.4 Imunitas (body defense).....	187
12.4.1 Imunitas bawaan (Innate body defense).....	187
12.4.2 Imunitas adaptif (Adaptive body defense).....	193

## **Bab 13 Proses Metabolisme**

13.1 Pendahuluan.....	199
13.2 Pengertian Metabolisme .....	199
13.3 Fungsi Metabolisme.....	203
13.4 Proses Metabolisme .....	203
13.5 Gangguan Pada Metabolisme.....	208

## **Bab 14 Keseimbangan Cairan dan Elektrolit**

14.1 Definisi cairan Tubuh.....	211
14.2 Prosentase cairan Tubuh .....	212
14.3 Fungsi cairan Tubuh.....	213
14.4 Jenis cairan Elektrolit .....	213

---

---

14.5 Komposisi Cairan Tubuh .....	214
14.6 Kompartemen Cairan Tubuh .....	215
14.7 Kebutuhan Cairan Tubuh .....	217
14.8 Distribusi dan Keseimbangan Cairan Tubuh .....	219
14.9 Pengaturan Keseimbangan Cairan Tubuh dan Elektrolit .....	222
14.10 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Keseimbangan Cairan dan Elektrolit .....	223
14.11 Adaptasi Fisiologi Cairan dan Elektrolit pada Ibu Hamil .....	224
14.12 Prinsip Kebutuhan Cairan Pada Ibu Hamil .....	225
14.13 Gangguan/Masalah Kebutuhan Elektrolit .....	225
Daftar Pustaka .....	229
Biodata Penulis .....	235

# Daftar Gambar

Gambar 2.1: Fleksi dan ekstensi pada bahu dan lutut.....	17
Gambar 2.2: Fleksi, ekstensi, hiperekstensi, rotasi, abduksi, adduksi, dan sirkumduksi .....	17
Gambar 2.3: Otot superfisial utama pada permukaan anterior tubuh .....	18
Gambar 2.4: Otot superfisial utama pada permukaan posterior tubuh .....	18
Gambar 2.5: Klasifikasi tulang menurut bentuk.....	21
Gambar 2.6: Pertumbuhan tulang dari embrio, fetus, dan anak .....	22
Gambar 2.7: Tengkorak manusia .....	23
Gambar 2.8: Tulang vertebra .....	24
Gambar 2.9: Tulang thorax .....	25
Gambar 2.10: a. Tulang tangan b. Tulang pelvis .....	26
Gambar 2.11: Kerangka Manusia .....	27
Gambar 3.1: Ruang Jantung .....	30
Gambar 3.2: Katup Jantung .....	32
Gambar 3.3: Membran Perikardium dan Lapisan Dinding Jantung .....	33
Gambar 3.4: Komponen EKG.....	34
Gambar 3.5: Arteri Koronaria.....	36
Gambar 3.6: Perbedaan Pembuluh Darah Arteri dan Vena .....	38
Gambar 3.7: Diagram Sirkulasi Pulmonal dan Sistemik.....	41
Gambar 4.1: Sistem pernapasan .....	46
Gambar 5.1: Struktur Neuron .....	56
Gambar 5.2: Struktur Otak Sobotta.....	58
Gambar 5.3: Penghantaran Impuls Melalui Sinapsis.....	64
Gambar 6.1: Struktur Kulit .....	66
Gambar 7.1: Organ Utama Sistem Pencernaan.....	78
Gambar 7.2: (a) Gigi manusia tanpak depan, (b) Penampang Lapisan Gigi	79
Gambar 7.3: Kelenjar Saliva/Ludah.....	81
Gambar 7.4: Alat Pengecap .....	82
Gambar 7.5: Kerongkongan/Esofagus.....	84
Gambar 7.6: Lambung .....	85
Gambar 7.7: Struktur usus besar.....	94
Gambar 7.8: Gambar Pankreas, Kandung Empedu dan Duodenum.....	98

Gambar 8.1: Sistem Urinea .....	102
Gambar 8.2: Ginjal .....	103
Gambar 8.3: Filtrasi glomerulus .....	106
Gambar 8.4: Prose Ekskresi Urin .....	110
Gambar 8.5: Ginjal .....	111
Gambar 8.6: Vesika Urinaria .....	113
Gambar 8.7: Persarafan vesika urinaria .....	115
Gambar 9.1: Organ Reproduksi Pria.....	120
Gambar 9.2: Organ Reproduksi Wanita .....	129
Gambar 11.1: Sistem Endokrin .....	161
Gambar 11.2: Kelenjar-kelenjar endokrin dalam tubuh manusia .....	163
Gambar 11.3: Kelenjar Pineal .....	163
Gambar 11.4: Kelenjar Hipofisis/Pituitary .....	164
Gambar 11.5: Kelenjar Hipofisis dan fungsinya .....	165
Gambar 11.6: kelenjar Hipofisis Anterior.....	166
Gambar 11.7: kelenjar Hipofisis Posterior.....	166
Gambar 11.8: Kelenjar Tiroid dan kelenjar Paratiroid.....	167
Gambar 11. 9: Kelenjar Parathiroid .....	168
Gambar 11.10: Kelenjar Adrenal .....	169
Gambar 11.11: Kelenjar Adrenal bagian korteks dan medulla .....	170
Gambar 11.12: Kelenjar Thymus .....	171
Gambar 11.13: Anatomi pancreas .....	172
Gambar 11.14: Sistem reproduksi pria .....	172
Gambar 11.15: Sel ovarium.....	173
Gambar 12.1: Perkembangan pembuluh darah dan sel darah.....	178
Gambar 12.2: Perkembangan sel-sel darah pada prenatal dan postnatal.....	179
Gambar 12.3: Komponen sistem limfatik.....	180
Gambar 12.4: Struktur kapiler limfe. (a) Hubungan antara kapiler darah dan kapiler limfe. Panah hitam menunjukkan arah gerakan cairan. (b) Kapiler limfe berupa saluran buntu. Sel-sel endotel yang membentuk dinding kapiler limfe tumpang tindih satu sama lain katup yang seperti flap .....	181
Gambar 12.5: Distribusi pembuluh limfe dan kelenjar limfe.....	182
Gambar 12.6: Hubungan pembuluh limfe dan pembuluh darah .....	183
Gambar 12.7: Struktur kelenjar limfe .....	184
Gambar 12.8: Organ limfoid .....	185
Gambar 12.9: Sistem imun tubuh.....	187
Gambar 12.10: Proses fagositosis .....	191
Gambar 12.11: Clonal selection dari sel B .....	195

---

---

Gambar 12.12: Respon humoral primer dan sekunder .....	196
Gambar 12.13: Jenis dari imunitas didapat.....	197
Gambar 13.1: Anabolisme (Fotosintesis) .....	200
Gambar 13.2: Anabolisme (Siklus Calvin).....	201
Gambar 13.3: Proses Respirasi Aerobic Katabolisme .....	202
Gambar 13.4: Faal_ metabolisme.....	207





# Daftar Tabel

Tabel 2.1: Perbedaan otot rangka, otot polos, dan otot jantung .....	15
Tabel 2.2: Perbedaan sendi fibrosa, sendi kartilaginosa, dan synovial .....	28
Tabel 11.1: Organ endokrin .....	161
Tabel 12.1: Lima jenis antibodi .....	196



# Bab 1

## Dasar Anatomi dan Fisiologi

### 1.1 Pendahuluan

Anatomi dan fisiologi menjadi basic science (ilmu dasar), yang mendasari capaian pembelajaran selanjutnya pada ruang lingkup ilmu kebidanan. Pemahaman akan hakikat konsep dasar anatomi dan fisiologi merupakan titik tolak bagi pemahaman kita tentang anatomi dan fisiologi wanita yang merupakan klien dalam lingkup sasaran pelayanan kebidanan. Di sini, fokus bahasan tentang konsep dasar ilmu anatomi dan fisiologi menjadi dasar yang penting dalam pembahasan anatomi dan fisiologi secara utuh (Anderson, 20015)

Secara spesifik, ruang lingkup anatomi fisiologi dalam kebidanan akan mempelajari tentang anatomi dan fisiologi pada fase kehidupan dan tumbuh kembang wanita dalam lingkaran siklus reproduksi dari fase bayi hingga menjadi manusia dewasa usia reproduktif maupun fase senium. Pada hakikatnya konsep dasar anatomi dan fisiologi ini mempelajari dua hal, yaitu konsep dasar anatomi dan konsep dasar fisiologi.

Anatomi berasal dari bahasa Latin, yaitu ana: bagian, memisahkan; tomi (tomie): Tommeimei: iris, potong. Fisiologi berasal dari kata fisis (phisis); alam atau cara kerja; logos (logi) ilmu pengetahuan (Anderson, 20015). Dari kata tersebut di atas dapat disimpulkan pengertian Anatomi fisiologi adalah

ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang susunan tubuh atau potongan tubuh dan bagaimana alat tubuh itu bekerja secara normal. Anatomi adalah ilmu yang mempelajari bentuk dan susunan tubuh baik secara keseluruhan maupun bagian-bagian serta hubungan alat tubuh yang satu dengan yang lain. Fisiologi adalah ilmu yang mempelajari faal atau pekerjaan dari tiap-tiap jaringan tubuh atau bagian dari alat-alat tubuh (Jones & Barret, 2017).

## 1.2 Istilah-Istilah dalam Anatomi

1. Anterior : lebih dekat ke depan, contoh lambung terletak anterior terhadap limpa.
2. Medial : bagian tengah atau lebih dekat ke bidang median, contoh jari manis terletak medial terhadap jari jempol.
3. Superior : atas, contoh mulut terletak superior terhadap dagu.
4. Dextra : bagian kanan
5. Ventral : bagian depan ruas tulang belakang
6. Interna : dalam
7. Proximal : lebih dekat dengan pangkal tubuh atau pangkal atau mendekati batang tubuh, contoh siku terletak proksimal terhadap telapak tangan.
8. Parietal : lapisan luar
9. Superfisial : dangkal atau lebih dekat ke/di permukaan, contoh otot kaki terletak superfisial dari tulangnya.
10. Horizontal : bidang datar
11. Transversal : potongan melintang
12. Posterior : lebih dekat ke belakang, contoh jantung terletak posterior terhadap tulang rusuk.
13. Lateral : bagian samping, menjauhi bidang median, contoh telinga terletak lateral terhadap mata.
14. Inferior : bawah, contoh pusar terletak inferior terhadap payudara.
15. Sinistra : bagian kiri
16. Dorsal : Bagian belakang ruas tulang belakang

## 1.3 Anatomi Struktur Tubuh

Di dalam anatomi ini, terdapat dua tingkat pada struktur tubuh manusia. Kedua tingkat struktur tersebut adalah tingkat mikroskopik dan tingkat makroskopik. Tingkat mikroskopik pada anatomi dikenal dengan kata histologi, sedangkan tingkat makroskopik pada anatomi juga biasa disebut sebagai gross anatomi (Jane,2017)

### 1. Histologi (mikroskopik)

Anatomi tingkat mikroskopik atau histologi mempelajari semua struktur tubuh manusia secara mikro dengan alat bantu berupa mikroskop. Hal ini sangat terkait dengan jaringan yang menyusun organ-organ tubuh. Jadi, histologi adalah ilmu yang mempelajari tentang jaringan tubuh.

### 2. Gross anatomi (makroskopik)

Struktur tubuh manusia yang dipelajari pada tingkat makro ini cukup menggunakan mata telanjang saja. Di dalam mempelajari anatomi pada tingkat ini ada dua pendekatan, yaitu pendekatan regional dan pendekatan sistemik.

### **Struktur Anatomi**

Menurut Anderson (2015) terdapat beberapa struktur anatomi, berikut diantaranya :

#### a. Sistem rangka

Tubuh manusia disupport oleh sistem rangka, yang terdiri atas 206 tulang yang terhubung oleh tendon, ligamen dan tulang rawan. Tulang ini tersusun oleh kerangka aksial dan kerangka apendikular.

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

#### b. Sistem otot

Sistem otot terdiri dari kurang lebih 650 otot yang membantu pergerakan, aliran darah, dan fungsi tubuh lainnya. Ada tiga jenis otot yakni otot rangka yang terhubung dengan tulang, otot polos yang ditemukan di dalam organ pencernaan, dan otot jantung yang ditemukan di jantung dan membantu memompa darah untuk mengalirkan darah.

### c. Sistem Peredaran Darah

Sistem peredaran darah meliputi jantung, pembuluh darah, dan sekitar 5 liter darah yang dibawa dari pembuluh darah. Sistem peredaran darah disupport oleh jantung, yang hanya seukuran kepalan tangan tertutup. ketika istirahat, hampir semua jantung dengan mudahnya memompa lebih dari 5 liter darah ke seluruh tubuh setiap menitnya.

Sistem peredaran darah mempunyai tiga fungsi utama, berikut di antaranya :

1. Menyebarkan darah ke seluruh tubuh.
2. Melindungi tubuh melalui sel darah putih dan melawan patogen (kuman) yang telah masuk ke dalam tubuh.
3. Memperkokoh homeostasis (keseimbangan kondisi tubuh) pada beberapa kondisi internal.

### d. Sistem Pencernaan

Sistem pencernaan merupakan sekelompok organ yang bekerja menerima makanan, mengubah dan memproses makanan menjadi energi, menyerap zat gizi yang terdapat pada makanan ke aliran darah, serta membuang sisa makanan yang tersisa atau tidak bisa dicerna oleh tubuh lagi. Makanan melalui saluran pencernaan yang terdiri dari rongga mulut, faring (tenggorokan), laring (kerongkongan), lambung, usus halus, usus besar, dan berakhir di anus.

### e. Sistem Endokrin

Sistem endokrin terdiri atas beberapa macam kelenjar yang mengeluarkan hormon ke dalam darah. kelenjar tersebut termasuk hipotalamus, kelenjar pituitari, kelenjar tiroid, kelenjar pineal, kelenjar adrenal, kelenjar paratiroid, pankreas, dan kelenjar kelamin (gonad). Kelenjar kontrol secara langsung oleh rangsangan dari sistem saraf dan oleh reseptor kimiawi dalam darah serta hormon yang diproduksi oleh kelenjar lain.

### f. Sistem Saraf

Sistem saraf terdiri dari otak, sumsum tulang belakang, organ sensorik, dan semua saraf yang menghubungkan organ-organ tersebut dengan bagian tubuh lainnya. Organ-organ tersebut bertanggung jawab dari kendali tubuh serta komunikasi di antara bagian-bagiannya.

#### g. Sistem Pernafasan

Untuk tetap hidup manusia membutuhkan aliran oksigen. Sistem pernafasan menyiapkan oksigen ke sel tubuh sambil mengeluarkan karbon dioksida serta produk limbah yang bisa mematikan jika dibiarkan menumpuk.

#### h. Sistem Kekebalan Tubuh

Sistem kekebalan tubuh merupakan pertahanan tubuh terhadap bakteri, virus, dan patogen lainnya yang dapat berbahaya, dengan menjaga dan menyerang dari patogen-patogen tersebut. Ini termasuk salah satu kelenjar getah bening, sumsum tulang, limpa, limfosit (termasuk sel B dan sel T), timus, dan leukosit, yang merupakan sel darah putih.

#### i. Sistem Limfatik

Dalam anatomi tubuh manusia, sistem limfatik mencakup kelenjar getah bening, saluran getah bening, dan pembuluh getah bening, dan berperan dalam pertahanan tubuh. Tugas utamanya ialah membuat serta memindahkan getah bening, cairan bening yang mengandung sel darah putih, yang membantu tubuh melawan infeksi. Sistem limfatik juga bisa menghilangkan kelebihan cairan getah bening dari jaringan tubuh dan mengembalikannya ke darah.

#### j. Sistem Ekskresi dan Urinaria

Sistem ekskresi mengeluarkan zat sisa yang tidak dibutuhkan lagi oleh makhluk hidup. Pada anatomi tubuh manusia, organ-organ ekskresi terdiri dari ginjal, hati, kulit, dan paru-paru. Sistem urinaria termasuk sistem ekskresi yang terdiri dari ginjal, kandung kemih, ureter dan uretra. Ginjal menyaring darah untuk membuang limbah dan menghasilkan urine. Ureter, kandung kemih dan uretra bergabung dan membentuk saluran kemih, yang berfungsi sebagai sistem untuk mengalirkan urine dari ginjal, menyimpan dan membuang ketika kita kencing.

## 1.4 Bidang Struktural Tubuh

Anatomi tubuh manusia merupakan ilmu yang mempelajari potongan struktur tubuh manusia tertentu secara terpisah. Di dalam ilmu anatomi, terdapat



pembagian-pembagian struktur, arah dan posisi yang sudah ditentukan oleh para ahli sehingga akan memudahkan dalam memahami ilmu anatomi dan fisiologi tubuh manusia (Jane, 2017).

#### 1. Bidang (seksio)

Tubuh manusia merupakan bidang imajiner yang dapat menembus tubuh untuk menunjukkan poin-poin rujukan agar memudahkan menentukan arah dan lokasi.

#### 2. Bidang sagital

Bidang sagital merupakan bidang yang membagi tubuh manusia menjadi bagian kiri dan bagian kanan. Di dalam pembagian bidang sagittal, terdapat dua macam bidang yaitu bidang midsagital membagi tubuh menjadi dua bagian kanan dan kiri sama besar. Sedangkan bidang parasagital membagi tubuh menjadi dua bagian kanan dan kiri tidak sama besar.

#### 3. Bidang frontal (koronal)

Bidang frontal adalah salah satu bidang dibagian kanan bidang sagital. Bidang ini membagi bagian tubuh atau organ tubuh menjadi bagian depan dan belakang.

#### 4. Bidang transversal

Bidang transversal (hirisontal, potong silang) merupakan bidang yang membagi tubuh atau organ menjadi bagian atas dan bawah.

## 1.5 Pembagian sistem Tubuh (13 Anatomi Sistem Tubuh Manusia)

### 1. Sistem Rangka

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

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

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

## 2. Sistem Otot

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

Berikut 3 jenis otot pada tubuh manusia:

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

## 3. Sistem Peredaran Darah

Sistem peredaran darah memiliki 3 fungsi, yaitu:

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

#### 4. Sistem Pencernaan

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

#### 5. Sistem Endokrin

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

#### 6. Sistem Saraf

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

#### 7. Sistem Pernapasan

Sistem pernapasan berfungsi untuk menyediakan oksigen ke seluruh tubuh, mengeluarkan karbon dioksida serta produk limbah lainnya yang dapat mematikan jika dibiarkan menumpuk.

Terdapat 3 bagian dari sistem pernapasan utama yaitu:

- a. Saluran napas, fungsinya membawa udara melewati hidung menuju paru-paru. Saluran napas terdiri dari hidung, mulut, faring, laring, trakea, bronkus, dan bronkiolus.
- b. Paru-paru, fungsinya untuk pertukaran oksigen ke dalam tubuh dan karbon dioksida keluar tubuh.

- c. Otot respirasi, termasuk diafragma dan otot interkostal yang bekerja sama memompa, mendorong udara masuk dan keluar dari paru-paru saat bernapas.

## 8. Sistem Kekebalan Tubuh

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

## 9. Sistem Limfatik

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

## 10. Sistem Ekskresi

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

## 11. Sistem Urinaria

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

sistem urinaria juga dapat mempertahankan homeostasis air, ion, pH, tekanan darah, kalsium, dan sel darah merah.

## 12. Sistem Reproduksi

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

## 13. Sistem Indra

Anatomi tubuh manusia yang terakhir yaitu sistem indra yang berfungsi sebagai penerima rangsangan yang berasal dari lingkungan sekitarnya. Terdapat 5 sistem indra yang disebut panca indra dengan tugasnya masing-masing, yaitu:

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

# 1.6 Organ Tubuh Manusia Ginjal

Ginjal adalah organ ekskresi dalam vertebrata yang berbentuk mirip kacang dan berjumlah dua (sepasang). Ginjal berfungsi sebagai penyaring kotoran (urin) yang tidak lagi dibutuhkan oleh tubuh.

## 1. Hati

Hati merupakan kelenjar terbesar di dalam tubuh manusia, letaknya berada di rongga perut sebelah kanan tepatnya di bawah diafragma. Fungsi dari hati membantu fungsi dari ginjal dengan cara memecah beberapa senyawa yang bersifat racun dan menghasilkan amonia, urea dan asam urat dengan memanfaatkan nitrogen dari asam amino.

## 2. Paru-Paru

Paru-paru adalah organ pada sistem pernapasan (respirasi) dan berhubungan dengan sistem peredaran darah vertebrata yang bernafas dengan udara. Fungsi dari paru-paru adalah untuk menukar oksigen dari udara dengan karbon dioksida dari darah

## 3. Jantung

Jantung adalah rongga organ berotot yang berfungsi untuk memompa darah lewat pembuluh darah oleh kontraksi yang berulang. Selain itu, jantung juga berperan dalam sistem peredaran darah dalam tubuh, terletak di rongga dada sebelah kiri

## 4. Katup Jantung

Katup jantung berfungsi untuk mengalirkan dan mengatur cairan di dalam tubuh dari satu bagian ke bagian lain yang terletak di dalam jantung

## 5. Pankreas

Pankreas adalah organ yang terdapat pada sistem pencernaan yang mempunyai 2 fungsi, yaitu menghasilkan enzim pencernaan (fungsi eksokrin) serta menghasilkan beberapa hormon (fungsi endokrin). Enzim yang diciptakan pankreas aka disalurkan ke duodenum melalui saluran pankreas utama.

## 6. Kornea dan Mata

Kornea adalah bagian depan mata yang tembus pandang (transparan) yang menutupi iris dan pupil. Sedangkan mata adalah organ penglihatan yang dimiliki oleh makhluk hidup yang bergerak aktif. Mata berfungsi untuk mendeteksi cahaya dan mengubahnya menjadi impuls elektrokimia pada sel sarah (Anderson, 2015).

## 7. Usus

Usus adalah bagian pada sistem pencernaan yang terletak dari lambung hingga anus. Usus mempunyai dua bagian, yaitu usus kecil dan usus besar. Bagian pada usus kecil terdapat bagian-bagian yang terdiri dari duodenum, jejunum dan ileum. Sedangkan pada usus besar terdapat bagian-bagian yang terdiri dari cecum, kolon dan rekrum.

## 8. Kulit

Kulit adalah bagian tubuh terluar dari semua makhluk hidup terutama manusia. Selain berfungsi untuk membungkus organ dalam, kulit juga berfungsi sebagai alat ekskresi karena adanya kelenjar keringat yang terletak di lapisan dermis.

## 9. Tulang

Tulang atau kerangka adalah penopang tubuh vertebrata yang berfungsi agar tubuh bisa tegak berdiri. Tulang akan terus mengalami perkembangan mulai sejak bayi dalam kandungan hingga sampai dekade kedua (Anderson, 2015).

## **Bab 2**

# **Anatomi dan Fisiologi Sistem Muskuloskeletal**

## **2.1 Sistem Muskuler**

Sistem muskuloskeletal terdiri dari skeletal (tulang rangka), sendi, dan otot dan ketiganya memiliki fungsi yang berbeda. Sistem rangka menyediakan kerangka untuk tubuh, melindungi organ, dan mengikat otot rangka sehingga kontraksi otot dapat menyebabkan pergerakan. Sistem otot menyediakan gerakan tubuh dan bagian-bagiannya, mempertahankan postur tubuh, menghasilkan panas, dan menstabilkan persendian. Sedangkan sendi berfungsi untuk menyatukan tulang dan memungkinkan pergerakan kerangka.

Otot merupakan jaringan dominan yang berada di jantung dan di dinding organ berongga lain dalam tubuh. Otot membentuk hampir setengah massa tubuh. Fungsi utama otot adalah kontraksi, ini merupakan karakteristik unik yang membedakannya dari jaringan tubuh lainnya. Otot melakukan semua gerakan dalam tubuh (Marieb, 2012).

### **2.1.1 Fungsi Sistem Muskular**

Fungsi dari semua jenis otot adalah untuk pergerakan. Otot rangka juga mempunyai tiga peran penting lainnya dalam tubuh yaitu mempertahankan



postur, menstabilkan sendi, dan menghasilkan panas. Fungsi lain dari sistem muskular (Marieb, 2012; Tortora, Gerard; Derrickson, 2017).

### 1. Pergerakan

Hampir semua gerakan tubuh manusia dihasilkan dari kontraksi otot. Otot rangka berfungsi untuk mobilitas tubuh secara keseluruhan, termasuk berjalan, berenang, dan ski lintas alam, misalnya. Otot menghasilkan gerakan pada tulang tempat otot melekat dan bergerak dalam bagian organ internal tubuh

### 2. Menjaga postur dan posisi tubuh

Kita jarang menyadari cara kerja otot rangka yang menjaga postur tubuh. Namun, otot rangka berfungsi hampir terus-menerus untuk mempertahankan dan memperbaiki postur dalam posisi berdiri maupun duduk terhadap gaya gravitasi

### 3. Menstabilkan sendi

Saat otot rangka menarik tulang untuk melakukan gerakan, otot juga menstabilkan sendi. Tendon otot penting dalam memperkuat dan menstabilkan sendi yang memiliki permukaan yang tidak pas, misalnya sendi bahu.

### 4. Menghasilkan panas

Panas tubuh dihasilkan sebagai produk sampingan dari aktivitas otot. Panas ini penting untuk menjaga suhu tubuh tetap normal. Otot rangka menyumbang setidaknya 40 persen dari massa tubuh, sehingga otot rangka merupakan otot yang bertanggung jawab untuk menghasilkan panas.

### 5. Fungsi tambahan

Fungsi otot lainnya adalah otot rangka untuk melindungi organ internal tubuh. Otot polos berperan dalam menyempitkan pupil mata dan mengaktifkan otot arrector pili yang menyebabkan rambut kita berdiri.

## 2.1.2 Ciri Sistem Muskular





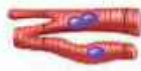

Adapun ciri dari sistem muskular (Marieb, 2012; Wahyuningsih, Puji Heni; Kusmiyati, 2017):

1. Kontraktilitas. Serabut otot berkontraksi dan menegang, yang dapat atau tidak melibatkan pemendekan otot.
2. Eksitabilitas. Ini merupakan kemampuan untuk menerima dan merespon stimulus
3. Ekstensibilitas. Serabut otot memiliki kemampuan untuk diregangkan
4. Elastisitas. Serabut otot dapat kembali ke ukuran semula setelah berkontraksi atau diregangkan.

### 2.1.3 Jenis-Jenis Otot

Terdapat 3 jenis otot, yaitu otot rangka, otot polos, dan otot jantung.

**Tabel 2.1:** Perbedaan otot rangka, otot polos, dan otot jantung (Marieb, 2012; Wahyuningsih, Puji Heni; Kusmiyati, 2017)

Karakteristik	Otot rangka	Otot jantung	Otot polos
Lokasi	Melekat pada tulang, beberapa otot wajah, atau pada kulit 	Hanya melekat pada jantung 	Terdapat pada dinding berongga kecuali jantung 
Bentuk	Panjangnya sampai 30 cm dan silindris. 	Rantai sel bercabang dan memiliki lurik 	Tunggal, berukuran kecil dan tidak memiliki lurik 
Komponen jaringan ikat	Epimysium, perimysium, dan endomysium	Endomysium yang melekat pada kerangka fibrosa jantung	Endomysium
Kontraksi	Volunter	Involunter	Involunter
Kecepatan kontraksi	Cepat dan kuat	Lambat	Kuat dan sangat lambat
Irama kontraksi	Tidak	Ya	Ya

## 2.1.4 Jenis Pergerakan Tubuh

Jenis pergerakan tubuh yang paling umum (Marieb, 2012; Jarvis, Carolyn; Eckhardt, 2020):

### 1. Fleksi

Fleksi adalah gerakan, umumnya pada bidang sagital, yang menurunkan sudut sendi dan mendekatkan dua tulang. Fleksi merupakan jenis sendi engsel (misalnya menekuk lutut atau siku) dan sendi peluru (ball-and-socket) (misalnya, membungkuk ke depan).

### 2. Ekstensi

Ekstensi merupakan kebalikan dari fleksi, jadi ekstensi adalah gerakan yang meningkatkan sudut atau jarak antara dua tulang atau bagian tubuh misalnya meluruskan lutut atau siku. Jika ekstensi lebih besar dari  $180^\circ$  (seperti saat menggerakkan lengan ke posterior di luar posisi anatomis normal, atau menundukkan kepala sehingga dagu mengarah ke langit-langit), ini disebut hiperekstensi.

### 3. Rotasi

Rotasi adalah pergerakan tulang di sekitar sumbu longitudinal. Rotasi adalah gerakan umum dari sendi peluru seperti dalam menggelengkan kepala.

### 4. Abduksi

Abduksi adalah menjauhkan tungkai (umumnya pada bidang frontal) dari garis tengah, atau bidang median tubuh.

### 5. Adduksi

Adduksi adalah kebalikan dari abduksi, jadi ini adalah gerakan anggota tubuh ke arah garis tengah tubuh.

### 6. Sirkumduksi

Sirkumduksi adalah kombinasi dari fleksi, ekstensi, abduksi, dan aduksi yang biasa terlihat pada sendi sendi peluru (ball-and-socket) seperti bahu.



**Gambar 2.1:** Fleksi dan ekstensi pada bahu dan lutut (Marieb, 2012)



**Gambar 2.2:** Fleksi, ekstensi, hiperekstensi, rotasi, abduksi, adduksi, dan sirkumduksi (Marieb, 2012)

### 2.1.5 Klasifikasi Kerja Otot

Terdapat 4 jenis klasifikasi kerja otot (Marieb, 2012):

1. Agonis/ prime mover, ini merupakan otot utama yang berkontraksi saat melakukan gerakan tertentu
2. Antagonis, ini merupakan otot yang bekerja secara berlawanan atau tidak searah dengan otot agonis, misalnya ekstensor (meluruskan) dengan fleksor (membengkokkan), misalnya otot bicep dan otot trisep.
3. Sinergis, ini merupakan otot yang mendukung gerak otot agonis dengan menghasilkan gerakan yang searah, misalnya pronator teres dan pronator kuadrus.



### 2.1.6 Aktivitas Otot

Untuk berkontraksi, otot harus dirangsang oleh impuls saraf. Satu neuron motorik (sel saraf) dapat merangsang beberapa atau ratusan sel otot, tergantung pada otot tertentu dan pekerjaan yang dilakukan. Satu neuron dan semua sel otot yang dirangsang disebut unit motorik. Ketika serabut saraf atau akson mencapai otot, maka akson bercabang menjadi sejumlah terminal akson, yang masing-masing membentuk persimpangan dengan sarcolemma dari otot yang berbeda. Persimpangan ini disebut dengan neuromuskuler. Neuromuskuler mengandung neurotransmitter. Neurotransmitter yang menstimulasi otot rangka adalah asetilkolin (ACh). Meskipun letak ujung saraf dan otot sangat dekat, keduanya tidak pernah bersentuhan karena terdapat celah sinaptik yang diisi oleh cairan interstisial.

Ketika impuls saraf mencapai terminal akson, kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) terbuka dan memasuki terminal akson. Pada ujung saraf dilepaskan neurotransmitter asetilkolin. Asetilkolin berdifusi melintasi celah sinaptik dan mengikat reseptor di sarcolemma. ACh mengikat dan membuka saluran yang memungkinkan lewatnya  $\text{Na}^+$  ke dalam serat otot dan  $\text{K}^+$  keluar dari serat otot. Lebih banyak ion  $\text{Na}^+$  yang masuk daripada ion  $\text{K}^+$  yang keluar menghasilkan depolarisasi yang mengarah ke aksi potensial. Begitu dimulai, potensi aksi tidak bisa dihentikan dan menyebar ke seluruh permukaan sarcolemma, menghantarkan impuls listrik dari satu ujung sel ke ujung lainnya. Hasilnya adalah kontraksi sel otot. Sementara potensial aksi terjadi, asetilkolin dipecah menjadi asam asetat dan kolin oleh enzim (asetilkolinesterase, atau AChE). Ketika sel dalam keadaan istirahat terjadi difusi ion kalium ( $\text{K}^+$ ) keluar dari sel, ion natrium-kalium dipompa sehingga terjadi mekanisme transpor aktif yang menggerakkan ion natrium dan kalium kembali ke posisi awal, ini disebut dengan relaksasi (Tortora, Gerard; Derrickson, 2017; Watson, 2018).

Terdapat tiga jenis sumber energi untuk kontraksi otot rangka (Marieb, 2012):

1. Fosfokreatin, melibatkan gabungan dari creatine phosphate (CP) yang menghasilkan 1 ATP dan creatin, tidak terjadi penggunaan oksigen, sumber energi yang digunakan adalah CP dan ADP dan dapat langsung digunakan oleh otot tetapi cepat habis yaitu sekitar kurang dari 15 menit.
2. Respirasi aerobik, terjadi di mitokondria dan melibatkan metabolisme yang menggunakan oksigen. Sumber energi yang digunakan adalah

glukosa, asam piruvat, asam lemak bebas dari jaringan adiposa, dan asam amino dari katabolisme protein yang menghasilkan 32 ATP, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan ini membutuhkan waktu yang lama hingga berjam-jam.

3. Respirasi anaerob, terjadi glikolisis, yang tidak menggunakan oksigen. Selama glikolisis terjadi di sitosol, glukosa dipecah menjadi asam piruvat, dan produk yang dihasilkan adalah 2 ATP dan asam laktat. Pembentukan energi 2,5 kali lebih cepat dari mekanisme fosforilasi yaitu 30-40 detik untuk aktivitas otot yang berat.

## 2.2 Sistem Skeletal

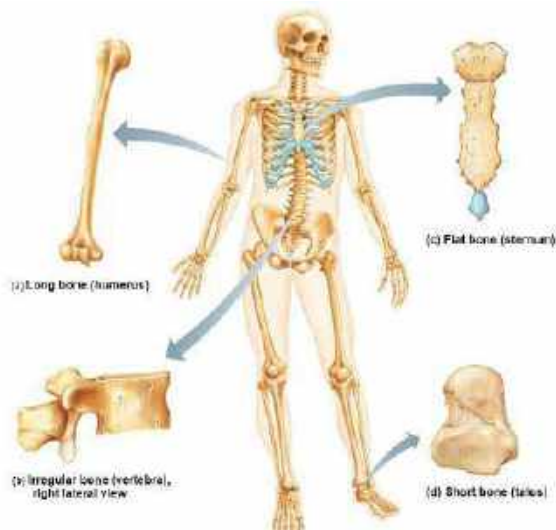
Tulang merupakan alat gerak pasif karena hanya mengikuti kendali otot. Tubuh kita terdiri dari 206 tulang rangka. Tulang memiliki beberapa fungsi yaitu (Tortora, Gerard; Derrickson, 2017; Waugh, Anne; Grant, 2017):

1. Support, tulang menopang tubuh dan organ tubuh yang lunak dan menyangga tubuh dan otot yang melekat pada tulang,.
2. Protection, tulang melindungi dan menjaga organ tubuh yang halus dan lunak,
3. Movement, memungkinkan gerakan tubuh dengan membentuk persendian yang digerakkan oleh otot
4. Storage, tulang menyimpan kalsium dan fosfor dalam dalam darah. Sebagian besar kalsium tubuh disimpan di tulang, tetapi sejumlah kecil kalsium (Ca<sup>2+</sup>) harus ada dalam darah yang diperlukan untuk kontraksi otot.
5. Blood cell formation, pembentukan sel darah, atau hematopoiesis terjadi di dalam rongga sumsum tulang tertentu.

Tulang diklasifikasikan menurut bentuknya menjadi empat kelompok: tulang panjang, tulang pendek, tulang pipih, dan tulang tak beraturan. Tulang panjang biasanya memiliki poros dengan kepala di kedua ujungnya. Sebagian besar tulang panjang merupakan tulang kortikal atau tulang kompak. Semua tulang tungkai, kecuali patela dan tulang pergelangan tangan dan pergelangan kaki,

adalah tulang panjang. Tulang pendek umumnya berbentuk kubus dan sebagian besar berisi tulang spons. Tulang pergelangan tangan dan pergelangan kaki adalah tulang pendek. Tulang sesamoid yang terbentuk dalam tendon, adalah jenis khusus dari tulang pendek. Contoh yang paling umum adalah patela. Tulang pipih bentuknya tipis, pipih, dan biasanya melengkung. Sebagian besar tulang tengkorak, tulang rusuk, dan tulang dada adalah tulang pipih (Marieb, 2012; Tortora, Gerard; Derrickson, 2017).

Tulang tak beraturan, tulang vertebra yang menyusun bagian tulang belakang, dan tulang pinggul termasuk dalam kelompok tulang tak beraturan.



**Gambar 2.5:** Klasifikasi tulang menurut bentuk (Marieb, 2012)

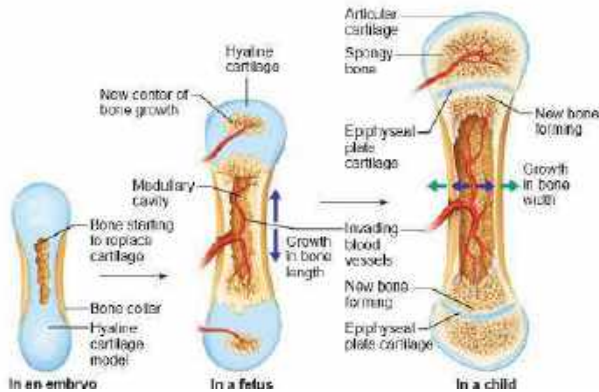
### 2.2.1 Pembentukan tulang

Pembentukan tulang berawal dari janin. Pada embrio, kerangka utama tulang terbuat dari tulang rawan hialin sehingga tulang yang dimiliki masih lunak. Tetapi pada anak kecil sebagian besar tulang rawan telah digantikan oleh tulang. Tulang rawan hanya tersisa di area seperti batang hidung, bagian tulang rusuk, dan persendian. Setelah bayi lahir, tulang akan bertumbuh dan bertambah panjang hingga 20 tahun (Waugh, Anne; Grant, 2017).

Rickets adalah penyakit anak-anak di mana tulang gagal mengeras. Akibatnya, tulang menjadi lunak dan tulang-tulang kaki yang menopang beban menjadi



membungkuk. Rickets biasanya disebabkan oleh kekurangan kalsium dalam makanan atau kekurangan vitamin D, yang dibutuhkan untuk menyerap kalsium ke dalam aliran darah (Marieb, 2012).



**Gambar 2.6:** Pertumbuhan tulang dari embrio, fetus, dan anak (Marieb, 2012)

## 2.2.2 Kerangka Aksial

Kerangka dibagi menjadi dua bagian yaitu kerangka aksial dan kerangka apendikuler. Kerangka aksial membentuk sumbu longitudinal tubuh dan dibagi menjadi tiga bagian tengkorak, columna vertebralis, dan sternum/ tulang dada (Tortora, Gerard; Derrickson, 2017; Waugh, Anne; Grant, 2017; Jarvis, Carolyn; Eckhardt, 2020):

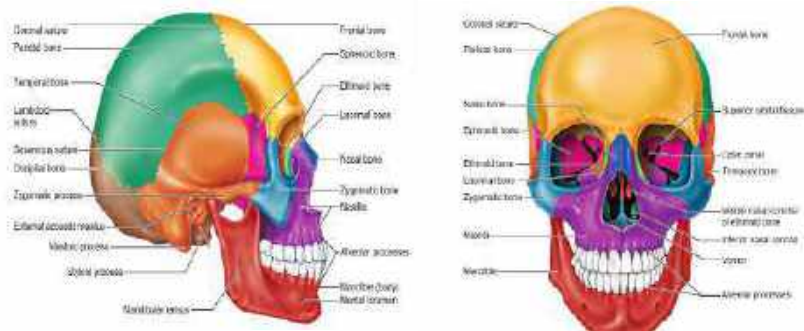
### 1. Tengkorak

Tengkorak dibentuk oleh kranium yang membungkus dan melindungi jaringan otak dan tulang wajah untuk menahan mata pada posisi anterior dan memungkinkan otot wajah untuk tersenyum atau cemberut. Tengkorak disatukan oleh sutura, merupakan sendi mati dan tidak bisa digerakkan. Hanya mandibula (tulang rahang) yang melekat pada seluruh tengkorak dengan sendi yang dapat digerakkan secara bebas.

#### **Kranium**

Kranium berbentuk kotak terdiri dari delapan tulang pipih besar. Kecuali untuk dua tulang berpasangan yaitu parietal dan temporal adalah tulang tunggal. Tulang frontal membentuk kepala depan, tulang di bawah alis, dan bagian

superior dari setiap orbit mata. Tulang parietal membentuk sebagian besar dinding superior dan lateral dari kranium. Tulang temporal terletak lebih rendah dari tulang parietal (pelipis). Tulang oksipital membentuk dasar dan dinding belakang tengkorak.



**Gambar 2.7:** Tengkorak manusia (Marieb, 2012)

Tulang sphenoid berbentuk kupu-kupu membentang selebar tengkorak dan merupakan bagian dari dasar rongga tengkorak. Tulang etmoid berbentuk sangat tidak teratur dan terletak di depan tulang sphenoid.

### Tulang Wajah

Terdapat empat belas tulang yang membentuk wajah yaitu 2 tulang maxilla (rahang atas), 2 tulang palatum (tulang pipi atas atau langit-langit), 2 tulang zygomaticum (tulang pipi), 2 tulang lakrimal (tulang air mata), 2 tulang nasal (tulang hidung), 1 tulang vomer (tulang pipi dalam bagian sagital), 2 tulang inferior nasal concha (tulang pipi tepi), dan 1 tulang mandibula (tulang rahang bawah).

### Tulang Hyoid

Tulang hyoid berhubungan erat dengan tulang rahang bawah dan tulang temporal. Tulang hyoid unik karena merupakan satu-satunya tulang tubuh yang tidak berhubungan langsung dengan tulang lainnya dan berfungsi untuk melindungi laring.

### 2. Tulang vertebra (spine)

Tulang belakang dibentuk dari 26 tulang tidak beraturan yang dihubungkan oleh ligamen sehingga menghasilkan struktur yang lentur dan melengkung.

Sebelum lahir terdapat 33 ruas tulang, 24 tulang di antaranya adalah tulang terpisah dan 9 tulang menyatu menjadi sakrum 5 buah dan cocigius 4 buah.



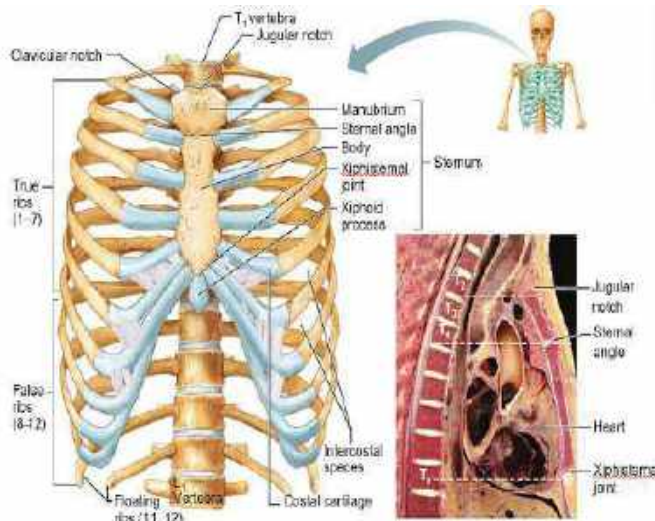
**Gambar 2.8:** Tulang vertebra (Marieb, 2012)

Tulang servikal dinamakan C1-C7. Tulang punggung thorax terdiri dari dua belas tulang dan diberi nomor T1-T12. Tulang punggung lumbar (L1-L5) merupakan bagian paling kokoh dan menanggung beban terberat dari tulang lainnya. Tulang punggung sacral terdapat 5 ruas tulang (S1-S5). Tulang punggung coccygeal memiliki 3 hingga 5 ruas tulang (Co1-Co5) yang bentuknya tidak beraturan.

### 3. Tulang toraks

Sternum (tulang dada) menempel dengan tulang rusuk dan tulang punggung yang membentuk sebuah pelindung untuk organ-organ penting di tubuh manusia seperti paru-paru dan jantung.

Ribs (tulang rusuk) terdiri dari dua belas pasang tulang rusuk membentuk dinding tulang dada yaitu 7 pasang tulang rusuk sejati, 3 pasang tulang rusuk palsu, dan 2 pasang tulang rusuk melayang



**Gambar 2.9:** Tulang thorax (Marieb, 2012)

### 2.2.3 Kerangka Appendikular

Kerangka appendikular terdiri dari 126 tulang tungkai (Tortora, Gerard; Derrickson, 2017; Waugh, Anne; Grant, 2017; Watson, 2018; Jarvis, Carolyn; Eckhardt, 2020):

1. Shoulder girdle, atau gelang bahu, terdiri dari dua tulang yaitu klavikula (tulng selangka) dan scapula (tulng belikat).
2. Tulang anggota gerak atas

Bagian tulang ini membentuk dasar lengan, lengan bawah, dan tangan. Lengan dibentuk oleh satu tulang yaitu humerus, yang merupakan tulang panjang yang khas. Lengan bawah terdiri dari dua tulang, jari-jari dan ulna, membentuk kerangka lengan bawah. Kerangka tangan terdiri dari karpal, metakarpal, dan falang. Karpal atau pergelangan tangan, terdiri dari 8 buah tulang yang dihubungkan oleh ligamen. Metakarpal atau telapak tangan terdiri dari lima buah jari. Phalanges (tulng jari-jari) terdiri dari 14 tulang. Setiap jari tersusun dari tiga tulang, kecuali ibu jari yang hanya punya 2 tulang.

### 3. Gelang panggul

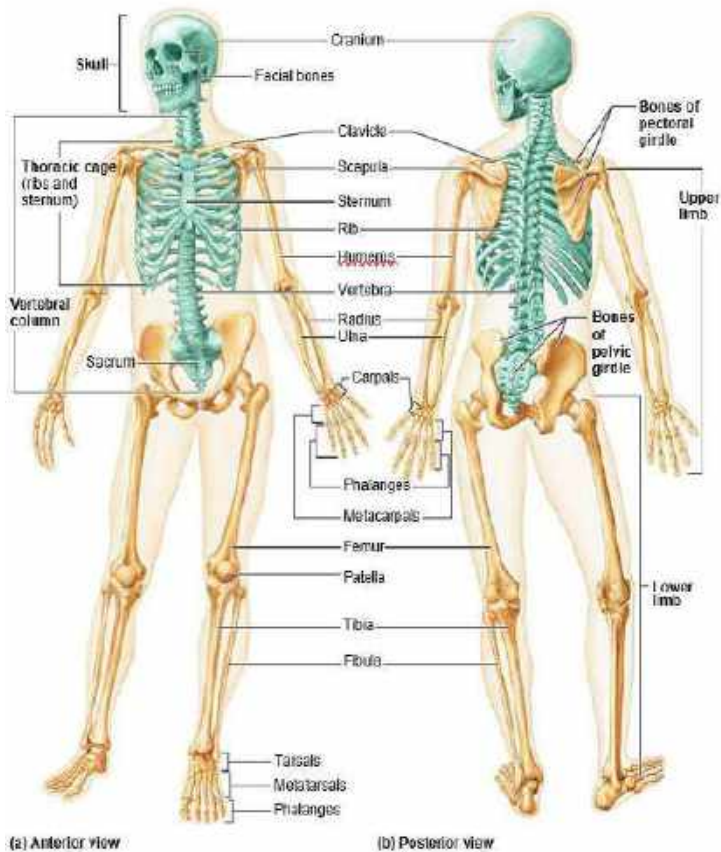
Gelang panggul terdiri dari dua tulang koksial dan sacrum. Tulang pinggul dibentuk oleh perpaduan tiga tulang: ilium (tulang usus), iskiium (tulang duduk), dan pubis (tulang kemaluan).



**Gambar 2.10:** a. Tulang tangan b. Tulang pelvis (Marieb, 2012)

### 4. Tulang anggota gerak bawah

Femur atau tulang paha merupakan tulang panjang, satu-satunya tulang yang ada di paha. Pada betis terdapat tibia (tulang kering) dan fibula (tulang betis). Tulang kering ukurannya lebih besar daripada tulang betis karena berfungsi untuk menahan beban atau berat tubuh dan tulang betis adalah tempat melekatnya beberapa otot. Kaki terdiri dari tarsal, metatarsal, dan falang, yang memiliki dua fungsi penting. Kaki menopang berat badan kita dan memungkinkan kita mendorong tubuh kita ke depan saat kita berjalan dan berlari. Tarsal (tulang pergelangan kaki) meliputi tulang pendek, terdiri dari 8 tulang dan salah satunya adalah tulang tumit. Metatarsal (tulang telapak kaki) terdiri dari 5 tulang secara mendatar. Palanges (tulang jari-jari kaki) terdiri dari 3 tulang, kecuali ibu jari yang tersusun atas 14 tulang.



**Gambar 2.11:** Kerangka Manusia (Marieb, 2012)

## 2.3 Sendi

Sendi, disebut juga dengan artikulasi. Sendi adalah tempat pertemuan dua tulang atau lebih. Sendi berfungsi untuk menyatukan tulang dengan aman tetapi juga memberikan mobilitas pada kerangka yang kaku. Secara fungsional sendi dibagi menjadi dua yaitu sinartrosis adalah persendian yang tidak dapat digerakkan dan amfiartosis adalah sendi yang dapat digerakkan dengan bebas. Sendi yang dapat digerakkan secara bebas terutama berada di tungkai, di mana

mobilitas penting. Sendi yang tidak dapat digerakkan terutama berada pada kerangka aksial (Marieb, 2012; Tortora, Gerard; Derrickson, 2017).

Secara struktural, terdapat sendi fibrosa, kartilaginosa, dan sinovial. Sendi fibrosa tidak dapat digerakkan dan sendi sinovial dapat digerakkan dengan bebas. Sendi kartilaginosa hanya dapat sedikit digerakkan.

**Tabel 2.2:** Perbedaan sendi fibrosa, sendi kartilaginosa, dan sinovial (Marieb, 2012)

Jenis sendi	Karakteristik	Tipe	Mobilitas
Fibrosa	Ujung tulang disatukan oleh serabut kolagenik	Suture (serat pendek) Sindesmosis (serat lebih panjang) Gomphosis (ligamentum periodontal)	Tidak bergerak Sedikit bergerak Tidak bergerak
Kartilaginosa	Ujung tulang disatukan oleh tulang rawan	Sincondrosis (tulang rawan hialin) Simfisis (fibrokartilago)	Tidak bergerak Sedikit bergerak
Sinovial	Ujung tulang rawan ditutup dengan artikular dan ditutup dalam kapsul artikular yang dilapisi oleh membran sinovial	Sendi putar/ <i>pivot</i> Sendi geser/ <i>plane</i> Sendi pelana/ <i>saddle</i> Sendi engsel/ <i>hinge</i> Sendi gulung/ <i>condyloid</i> Sendi peluru/ <i>ball and socket</i>	Bergerak bebas

## **Bab 3**

# **Anatomi dan Fisiologi Sistem Kardiovaskular**

### **3.1 Pendahuluan**

Saat kita mendengar kata "Kardiovaskular", maka kata ini akan merujuk kepada kata "Kardio" yaitu jantung, dan "Vaskular" yaitu pembuluh darah. Di kalangan masyarakat awam, organ jantung dikenal sebagai lambang kehidupan. Ketika jantung berhenti bekerja maka di saat itulah kehidupan akan berhenti. Jantung dan pembuluh darah bekerja bersama untuk memenuhi kebutuhan hidup tiap sel di tubuh kita.

Secara sederhana, fungsi utama dari sistem kardiovaskular adalah transportasi. Dengan bantuan darah sebagai "kendaraan" transportasi, sistem kardiovaskular membawa oksigen, nutrisi, hasil buangan sel, hormon-hormon, dan zat atau kandungan vital yang diperlukan dari dan menuju sel untuk menjaga homeostasis tubuh (Marieb, 2012). Fungsi penting lain dari sistem kardiovaskular adalah untuk mengirimkan suplai darah yang adekuat menuju organ vital seperti paru-paru, otak, ginjal, dan hepar (Farley, McLafferty and Hendry, 2012). Sebagai pemberi layanan kesehatan, kita perlu memahami anatomi dan fisiologi dari sistem kardiovaskular karena dengan mengetahui



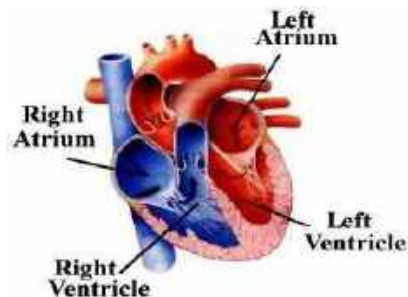
kondisi normal dari organ ini kita dapat mendeteksi adanya anomali di organ jantung dan pembuluh darah melalui tanda dan gejala yang dimunculkan.

## 3.2 Jantung

Jantung memiliki ukuran kira-kira sekepal jari seorang manusia yang berbentuk seperti kerucut dan memiliki berat kurang dari 1 pound atau 454 gram. Jantung berada dibagian inferior dari mediastinum, yaitu sebuah rongga dari toraks dan diapit oleh kedua sisi paru-paru (Marieb, 2012).

### 3.2.1 Ruang Jantung

Jantung terbentuk dari 4 ruang. Ruang jantung bagian atas atau area superior terdiri dari atrium kanan dan atrium kiri yang terletak di sisi posterior jantung. Darah mengalir menuju atrium dari arteri pulmonal dan aliran darah sistemik. Ruang jantung area meliputi ventrikel kanan dan ventrikel kiri yang secara ukuran lebih besar dari pada atrium. Ventrikel kanan memompakan darah menuju aliran darah pulmonal dan ventrikel kiri yang memiliki dinding otot yang lebih tebal akan memompakan darah ke aliran darah sistemik yang lebih panjang. Di bagian dalamnya, kedua ventrikel dipisahkan oleh dinding miokardial yang tebal yang dinamakan septum interventrikular. Pada permukaan anterior jantung, septum interventrikular ditandai oleh alur diagonal dangkal yang dikenal sebagai sulkus interventrikular anterior yang berisi arteri interventrikular anterior, vena jantung besar, dan jaringan adiposa. Pada permukaan posterior jantung, ventrikel dipisahkan oleh sulkus interventrikular posterior, yang berisi arteri interior posterior, vena jantung tengah, dan jaringan adiposa (Curran and Sheppard, 2011). Gambar 3.1 akan menampilkan keempat ruang jantung.



**Gambar 3.1:** Ruang Jantung (The Cardio Research Web Project, 2020)

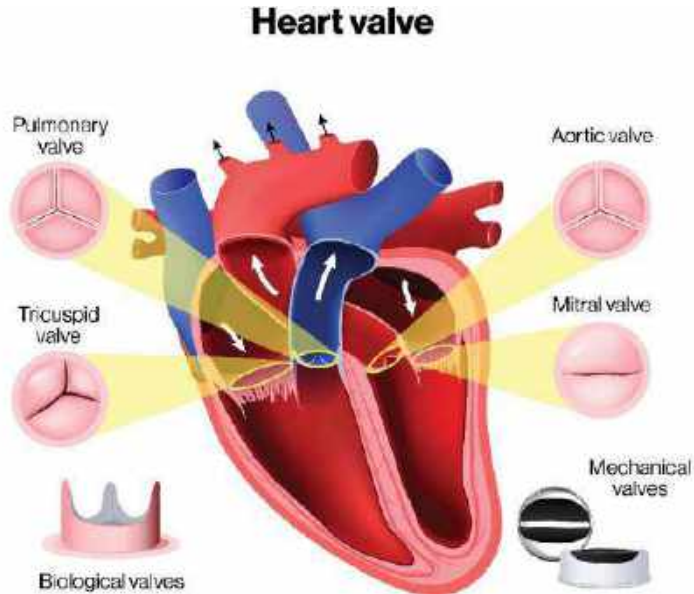
### 3.2.2 Katup Jantung

Katup jantung bertujuan agar darah hanya mengalir satu arah menuju jantung. Katup jantung memiliki respon membuka dan menutup sebagai respon dari perbedaan tekanan darah dari di dalam ruang jantung. Terdapat dua buah tipe katup jantung. Katup semilunaris mencegah aliran balik dari arteri menuju ventrikel. Sedangkan katup atrioventrikularis mengatur aliran darah antara atrium dan ventrikel (Marieb, 2012; Tortora and Derrickson, 2018).

Berdasarkan lokasinya, jantung memiliki 4 katup, yaitu:

1. Katup Aorta; Katup ini merupakan tipe katup semilunaris yang terletak di bagian pintu luar ventrikel kiri sebelum pembuluh darah aorta. Katup aorta memperkenankan darah dari ventrikel kiri untuk dipompakan menuju aorta dan mencegah darah yang berada di dalam aorta mengalir kembali menuju jantung.
2. Katup Pulmonalis; Katup tipe semilunaris ini berada di antara ventrikel kanan dan arteri pulmonalis. Katup pulmonalis memperkenankan darah dari ventrikel kiri dipompakan menuju arteri pulmonalis dan mencegah darah yang sudah berada di arteri pulmonalis mengalir kembali menuju jantung.
3. Katup Mitral; Katup ini dikenal dengan katup bikuspidalis yang merupakan tipe dari katup atrioventrikular. Katup ini berbentuk seperti dua pintu yang berlokasi antara atrium kiri dan ventrikel kiri. Katup mitral yang terbuka akan memperkenankan darah dari atrium kiri menuju ventrikel kiri. Katup mitral akan menutup ketika ventrikel kiri terisi penuh dengan darah dan mencegah aliran balik menuju atrium kanan.
4. Katup Trikuspidalis; Katup tipe atrioventrikular ini berlokasi diantara atrium kanan dan ventrikel kiri. Katup ini memastikan aliran darah dari atrium kanan langsung menuju ventrikel kiri dan mencegah aliran balik ke atrium kanan. (Biga et al., 2020; Heart and Strokes TM, 2020).

Gambar 3.2 akan menunjukkan visualisasi yang lebih jelas mengenai katup jantung.



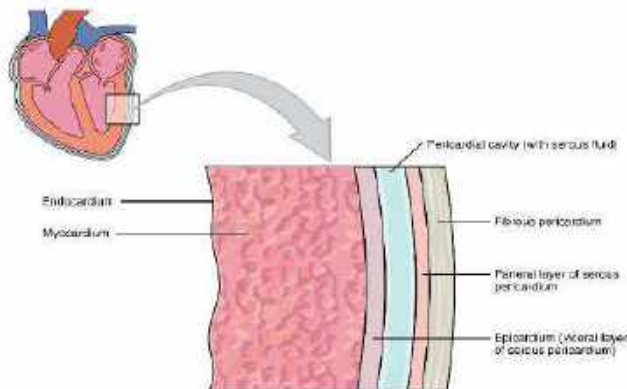
**Gambar 3.2:** Katup Jantung (Heart and Strokes TM, 2020)

### 3.2.3 Lapisan Dinding Jantung

Jantung diselubungi oleh kantung berdinding ganda yang dinamakan perikardium. Bagian yang agak renggang dari bagian superfisial dari kantung dinamakan perikardium fibrosa. Lapisan fibrosa ini membantu melindungi jantung dan menahan struktur sekelilingnya seperti diafragma dan sternum. Jauh di bagian dalam perikardium fibrosa adalah kedua lapisan perikardium serosa yaitu lapisan parietal dan ruang perikardial yang berisi cairan serosa. Lapisan parietal ini membatasi bagian dalam dari perikardium fibrosa. Sedangkan cairan lubrikan atau cairan serosa ini diproduksi oleh membran perikardial serosa. Cairan ini memungkinkan jantung dapat berkontraksi dengan mudah dalam area yang kurang bergesekan sebagai efek lapisan serosa perikardial yang meluncur dengan mulus satu sama lain. Selanjutnya adalah lapisan viseral yang sekaligus membentuk dinding luar otot jantung atau epikardium (Tortora and Derrickson, 2018).

Lapisan berikutnya adalah miokardium atau dikenal dengan bagian otot jantung. Bagian ini adalah bagian yang paling tebal dari lapisan dinding jantung yang mengandung kardiomyosit atau sel kontraktile jantung. Otot

jantung bertindak sebagai sel fungsional dengan kontraksi cepat tersinkronisasi yang bertanggung jawab untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Secara fungsional, otot jantung mengandalkan gradien elektrokimia dan potensi menghasilkan gaya kontraktile untuk setiap detak jantung (Tran, Weber and Lopez, 2020). Bagian yang terdalam adalah endokardium yang merupakan membran tipis sebagai pembatas dan memberikan efek berkilau dari permukaan dalam jantung. Secara histologi endokardium memegang peranan penting dalam morfogenesis jantung dengan mengatur kardiomyosit ke dalam konfigurasi yang sesuai untuk perakitan pembuluh darah jantung (Tortora and Derrickson, 2018). Lapisan dinding jantung ini ditampilkan dengan lebih jelas di Gambar 3.3.



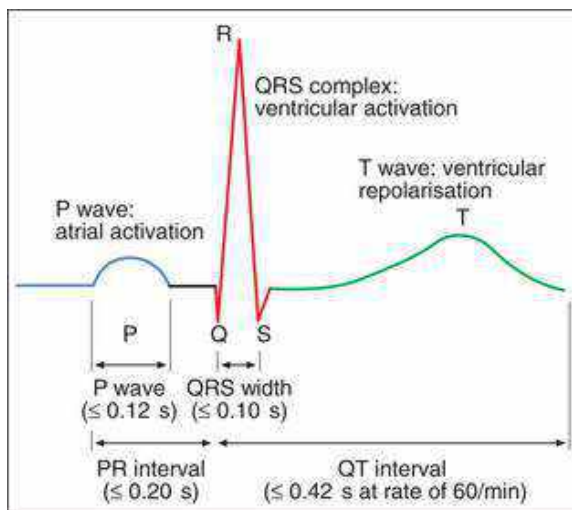
**Gambar 3.3:** Membran Perikardium dan Lapisan Dinding Jantung (Biga et al., 2020)

### 3.2.4 Aktivitas Listrik Jantung

Kontrol sistem listrik jantung mengendalikan ritme denyut jantung dengan cara mengatur kekerapan denyut jantung, yaitu jumlah jantung berdetak dalam satu menit, dan ritme jantung yang sesuai dengan aktivitas pemompaan dari empat ruang jantung. Sistem kelistrikan jantung harus mempertahankan kekerapan denyut 60 – 100 kali per menit dalam keadaan istirahat. Kekerapan denyut jantung ini akan meningkat dan mengikuti kebutuhan tubuh ketika terjadi peningkatan aktivitas dan melambat ketika tidur. Listrik jantung juga mengelola kontraksi atrium dan ventrikel yang teratur yang selanjutnya dikenal dengan Sinus Rhythm (Tortora and Derrickson, 2018).

Aktivitas listrik jantung dimulai melalui jalur konduksi yang menstimulasi ruang jantung atas atau atrium dan ruang jantung bawah atau ventrikel untuk berkontraksi. Sinyal listrik jantung ini dimulai dari bagian puncak jantung yang dinamakan nodus sinoatrial/ SA Node. Sinyal berjalan turun menuju jantung, memicu kedua atrium dan kedua ventrikel. Dalam kondisi jantung yang sehat, perjalanan listrik ini terjadi begitu cepat dan membuat ruang jantung berkontraksi dengan irama yang teratur dan halus (Knight, Nigam and Cutter, 2020).

Ketika impuls muncul, maka aliran listrik mulai terbentuk dan menyebar ke seluruh tubuh. Impuls ini dapat terdeteksi di permukaan tubuh dan dapat terekam dengan sebuah alat bernama elektrokardiograf. Hasil rekaman yang sudah terbentuk bernama elektrokardiogram yang menelusuri aliran listrik menuju jantung. Hasil EKG memiliki tiga gelombang dapat dikenali. Gelombang pertama adalah gelombang P, yaitu sebuah gelombang kecil yang menunjukkan depolarisasi dari atrium segera sebelum atrium berkontraksi. Gelombang besar QRS dihasilkan dari aliran listrik yang berjalan selama repolarisasi ventrikel. Gelombang ini memiliki bentuk gelombang yang cukup kompleks. Gelombang ini juga mengawali kontraksi dari ventrikel. Gelombang T dihasilkan selama repolarisasi ventrikel. Kita perlu mengetahui bahwa repolarisasi atrium biasanya tersembunyi dari gelombang QRS kompleks yang direkam dalam waktu yang sama (Marieb, 2012).



**Gambar 3.4:** Komponen EKG (Basicmedical Key, 2020)

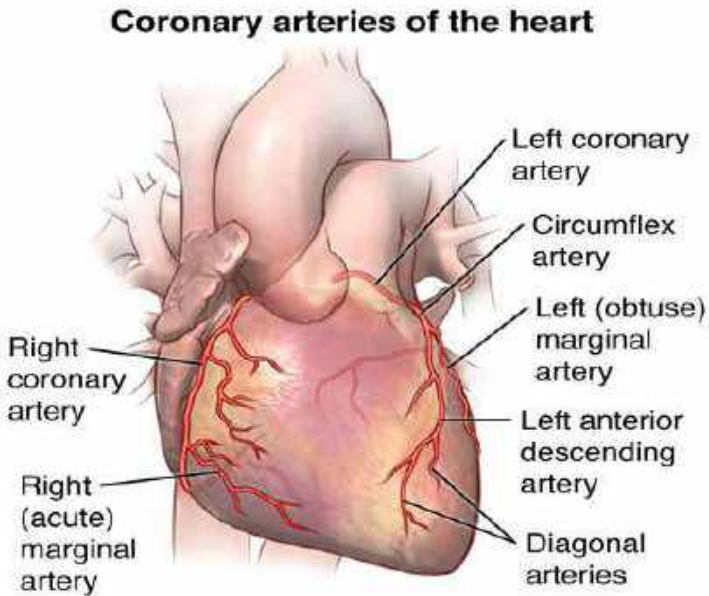
### 3.2.5 Pembuluh Darah Jantung

Arteri koroner memasok darah ke otot jantung. Seperti semua jaringan lain di tubuh, otot jantung membutuhkan darah yang kaya oksigen untuk berfungsi. Darah yang miskin konsentrasi oksigen harus dikeluarkan dari jantung. Arteri koroner membungkus bagian luar jantung. Cabang kecil menukik ke dalam otot jantung untuk mengalirkan darah (Knight, Nigam and Cutter, 2020). Jantung memiliki dua pembuluh arteri koronaria utama; Left Main Coronary Artery (LMCA) dan Right Coronary Artery (RCA).

LMCA atau arteri koroner utama kiri memasok darah ke sisi kiri otot jantung (ventrikel kiri dan atrium kiri). Koroner utama kiri ini terbagi menjadi dua cabang, yaitu arteri desenden anterior kiri yang bercabang akhir di arteri koronaria kiri yang memasok darah ke bagian depan sisi kiri jantung. Cabang kedua adalah cabang arteri sirkumfleksa yang bercabang akhir di arteri koronaria kiri dan mengelilingi otot jantung. Arteri ini memasok darah ke sisi luar dan belakang jantung (Tortora and Derrickson, 2018; Johns Hopkins Medicine, 2020).

RCA atau arteri koronaria kanan bertugas untuk memasok darah ke ventrikel kanan, atrium kanan, nodus SA (sinoatrial) dan AV (atrioventrikular), yang mengatur ritme jantung. Arteri koroner kanan terbagi menjadi cabang-cabang yang lebih kecil, termasuk arteri desendens posterior kanan dan arteri marginal akut. Bersama dengan arteri desenden anterior kiri, arteri koroner kanan membantu mensuplai darah ke bagian tengah atau septum jantung. Cabang yang lebih kecil dari arteri koroner meliputi: Obtuse Marginal (OM), Septal Perforator (SP), dan arteri diagonal (Tortora and Derrickson, 2018; Johns Hopkins Medicine, 2020).

Karena arteri koroner mengirimkan darah ke otot jantung, gangguan atau penyakit arteri koroner dapat berdampak serius dengan mengurangi aliran oksigen dan nutrisi ke otot jantung. Ini dapat menyebabkan serangan jantung dan kemungkinan kematian (Johns Hopkins Medicine, 2020). Gambar 3.5 akan menampilkan lokasi arteri koronaria jantung.



**Gambar 3.5:** Arteri Koronaria (Johns Hopkins Medicine, 2020)

### 3.3 Pembuluh Darah

Pembuluh darah adalah bagian dari sistem sirkulasi yang mengangkut darah ke seluruh tubuh. Ada tiga jenis pembuluh darah. Jenis pertama adalah arteri yang mengangkut darah menjauh dari jantung. Kedua adalah pembuluh darah kapiler bertanggung jawab dalam hal proses pertukaran air, nutrisi dan bahan kimia antara darah dan jaringan. Jenis yang ketiga adalah pembuluh darah vena yang mengangkut darah dari pembuluh darah kapiler kembali menuju jantung. Semua pembuluh darah arteri dengan pengecualian pembuluh darah arteri pulmonal dan arteri umbilikal membawa darah yang mengandung oksigen kadar tinggi, sedangkan sebagian besar pembuluh darah vena mengangkut darah yang kurang memiliki oksigen dari jaringan kembali menuju jantung, dengan pengecualian dari pembuluh darah vena dan vena umbilikal yang membawa darah dengan kadar oksigen yang tinggi.

Pembuluh darah kapiler membentuk sistem sirkulasi pembuluh darah kecil di mana nutrisi, gas, air, dan elektrolit bertukar antara darah dan cairan dalam jaringan. Pembuluh darah kapiler berukuran kecil yang memiliki dinding pembuluh darah yang tipis yang bertugas sebagai "jembatan" antara pembuluh darah arteri dan vena. Dindingnya yang tipis membuat oksigen dan nutrisi melewati darah ke dalam cairan jaringan, dan memperkenankan hasil buangan keluar dari jaringan menuju darah (Peate and Nair, 2015).

Dinding pembuluh darah yang besar terdiri dari 3 lapisan, yaitu: Tunika Intima atau Tunika Interna yang terdiri dari lapisan tipis sel endotelial; Tunika Media yang terdiri dari otot polos dan serat elastik, dan bagian luar Tunika Eksterna yang mengandung fibroblas, saraf dan jaringan kolagen. Endotelium merupakan bagian pembatas epitelial yang terdiri dari satu sel berukuran tebal sedangkan Tunika Interna memiliki lapisan yang sangat tipis (Marieb, 2012).

### 3.3.1 Arteri

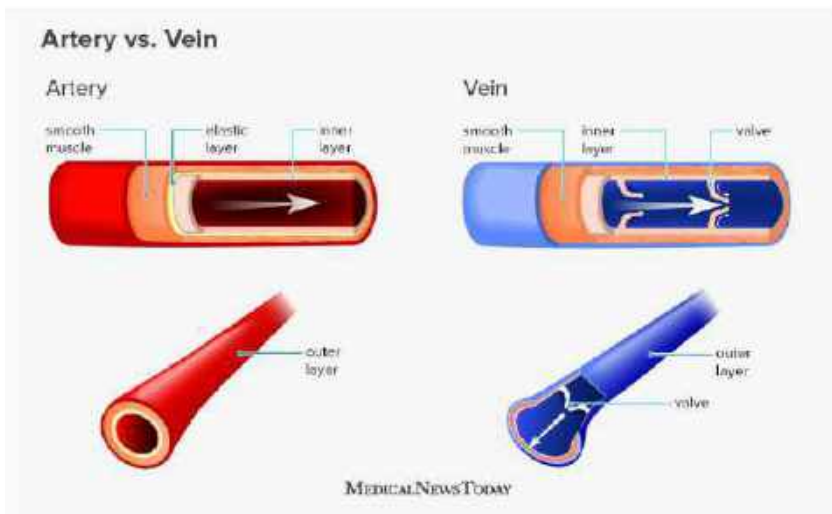
Pembuluh dari arteri menerima darah dengan tekanan yang kuat dari ventrikel jantung oleh karena itu arteri harus dapat meregang setiap saat ketika jantung berdetak, tanpa pecah dibawah tekanan yang besar. Dinding arteri memiliki tiga lapisan, yaitu: lapisan luar, lapisan tengah yang tebal, dan lapisan dalam. Lapisan bagian luar mengandung jaringan ikat fibrosa berwarna putih yang bergabung dengan lapisan dengan jaringan ikat longgar di mana arteri berada. Hal ini bertujuan untuk menahan arteri karena jantung memompakan darah melalui pembuluh darah arteri dalam tekanan yang besar. Bagian tengah yang tebal terdiri dari jaringan ikat elastis dan jaringan otot polos. Lapisan ini didukung oleh dua kelompok saraf; saraf pertama yang menstimulasi otot untuk relaksasi sehingga pembuluh arteri dapat melebar, lapisan lain memicu otot sirkular untuk berkontraksi sehingga membuat pembuluh darah arteri menyempit. Bagian dalam endotelium terdiri dari sel epitel pipih yang berdekatan yang berhubungan langsung dengan endokardium. Sel epitel pipih ini membuat pembatas dalam arteri menjadi halus untuk mengurangi gesekan antara darah dan lapisan pembuluh darah (Marieb, 2012; Peate and Nair, 2015).

### 3.3.2 Vena

Pembuluh darah vena membawa darah kembali menuju jantung. Tekanan yang ada dalam pembuluh darah vena lebih lemah dibanding pembuluh darah arteri. Tekanan darah di pembuluh darah arteri lebih tinggi yaitu sekitar 120



mm/Hg, sedangkan di pembuluh darah vena, tekanan darah rendah yaitu sekitar 20-30 mmHg (Nicholls, 2017). Bagian tengah otot vena lebih tipis daripada arteri. Pembuluh darah vena juga dibedakan dengan arteri dengan adanya katup semilunar. Katup ini mencegah darah mengalir berlawanan arah atau tidak menuju jantung. Katup vena tidak hanya diperlukan untuk mempertahankan darah menuju jantung namun juga diperlukan untuk memperkenankan darah mengalir melawan gaya gravitasi. Sebagai contoh, darah yang kembali menuju jantung dari kaki/ ekstremitas bawah harus mampu mengalir naik dari kaki. Secara umum, tekanan gravitasi dapat menghalangi proses aliran menuju jantung ini, oleh karena itu katup dalam pembuluh darah vena menahan darah agar darah mampu mengalir menuju jantung. Katup berbentuk seperti pagar yang hanya memperbolehkan aliran bergerak dalam satu arah. Vena menerima darah dari pembuluh darah kapiler setelah terjadinya proses pertukaran oksigen dan karbondioksida. Oleh karena itu, vena mengangkut darah yang kaya akan karbondioksida menuju jantung dan paru. Hal ini penting agar darah yang mengandung karbondioksida ini terus mengalir dengan arah yang sesuai dan tidak terjadi alir balik (Peate and Nair, 2015; Tortora and Derrickson, 2018). Perbedaan pembuluh darah arteri dan vena ditampilkan di gambar 3.6.



**Gambar 3.6:** Perbedaan Pembuluh Darah Arteri dan Vena (Kandolla and Sullivan, 2020)

### 3.3.3 Kapiler

Pembuluh darah kapiler adalah pembuluh darah yang tipis yang kira-kira memiliki diameter berukuran 5-20 mikrometer. Terdapat jaringan hubungan dari pembuluh darah kapiler di sebagian besar jaringan dan organ di seluruh tubuh. Dinding pembuluh darah kapiler hanya terdiri dari satu lapisan sel yaitu sel endotelium. Lapisan ini sangat tipis sehingga molekul seperti oksigen, air, dan lemak dapat menyeberang menuju kapiler melalui proses difusi dan memasuki jaringan. Zat buangan seperti karbondioksida dan urea dapat berdifusi kembali menuju darah untuk diangkut kembali agar dapat dibuang ke luar tubuh. Pembuluh darah kapiler berukuran sangat kecil sehingga sel darah merah harus mengubah bentuknya untuk dapat masuk ke dalam kapiler (Marieb, 2012; Tortora and Derrickson, 2018).

Aliran darah di pembuluh darah kapiler dikontrol oleh sphinter pre kapiler. Struktur bagian ini terletak diantara arteriola dan pembuluh darah kapiler dan mengandung sel saraf yang memampukannya untuk berkontraksi. Ketika sphinter terbuka, darah akan mengalir dengan bebas menuju pembuluh darah kapiler di jaringan tubuh. Ketika sphinter tertutup, darah tidak diperkenankan untuk mengalir ke jaringan tubuh (Peate and Nair, 2015).

## 3.4 Fisiologi Jantung dan Pembuluh Darah

Jantung dan pembuluh darah bekerja sama dalam melakukan transportasi nutrisi, oksigen, serta zat buangan hasil metabolisme. Untuk melaksanakan tugas ini, sistem kardiovaskular memiliki dua jenis sirkulasi.

### 3.4.1 Sirkulasi Sistemik

Sirkulasi sistemik adalah pergerakan aliran darah dari jantung menuju seluruh tubuh untuk memasok oksigen dan nutrisi untuk jaringan tubuh. Di saat yang bersamaan sirkulasi sistemik ini membawa darah yang kurang mengandung oksigen kembali menuju jantung. Darah dengan kadar oksigen tinggi memasuki atrium kiri melalui vena pulmonalis. Darah lalu dipompakan melalui katup mitral menuju ventrikel kiri. Dari ventrikel kiri, darah lalu dipompakan melalui katup aorta dan masuk ke aorta, yaitu arteri yang terbesar

dari tubuh manusia. Aorta bercabang menjadi arteri besar menuju bagian tubuh bagian atas sebelum menyebrang melalui diafragma yaitu tempat di mana terjadi percabangan pembuluh darah menuju arteri iliaka, arteri renalis, dan arteri suprarenalis yang memasok darah untuk tubuh bagian bawah (Marieb, 2012).

Arteri bercabang menjadi beberapa arteri kecil, arteriola, dan akhirnya pembuluh kapiler. Pertukaran gas dan nutrisi dengan jaringan terjadi dari pembuluh kapiler melalui jaringan. Zat buangan metabolik dan karbondioksida berdifusi keluar dari sel menuju darah, sedangkan oksigen dan glukosa dari darah berdifusi keluar dari darah menuju sel. Sirkulasi sistemik mempertahankan metabolisme setiap organ dan jaringan tubuh kecuali parenkim paru yang dipasok dengan cara sirkulasi pulmonal (Marieb, 2012).

Darah yang kurang mengandung oksigen mengalir menuju kapiler dan bergabung menuju venula, lalu vena dan akhirnya vena cava yang mengalir menuju atrium kanan jantung. Dari atrium kanan ini, darah lalu mengalir melalui sirkulasi pulmonal untuk mendapatkan proses oksigenasi sebelum kembali lagi menuju sistem sirkulasi untuk melengkapi siklus sirkulasi tubuh. Komponen pembuluh darah arteri dari sirkulasi sistemik memiliki tekanan darah yang tinggi. Hal ini berbeda dengan komponen pembuluh darah vena yang memiliki tekanan darah yang rendah karena posisinya yang jauh dari jantung. Sirkulasi sistemik secara keseluruhan merupakan sistem dengan tekanan lebih tinggi dari pada sirkulasi pulmonal karena sirkulasi sistemik harus mendorong volume darah yang kuat lebih jauh menuju tubuh dibandingkan sirkulasi pulmonal (Tortora and Derrickson, 2018).

### 3.4.2 Sirkulasi Pulmonal

Sirkulasi paru adalah pergerakan darah dari jantung ke paru-paru untuk oksigenasi, kemudian kembali ke jantung lagi. Darah yang kekurangan oksigen dari sirkulasi sistemik akan memasuki atrium kanan melalui vena kava superior dan inferior. Darah kemudian dipompa melalui katup trikuspidalis ke ventrikel kanan. Dari ventrikel kanan, darah dipompa melalui katup pulmonalis dan masuk ke arteri pulmonalis. Arteri pulmonalis membelah menjadi arteri pulmonalis kanan dan kiri dan melakukan perjalanan ke masing-masing paru. Di paru-paru, darah mengalir melalui lapisan kapiler di alveoli tempat terjadi pertukaran gas, menghilangkan karbon dioksida dan menambahkan oksigen ke darah. Pertukaran gas terjadi karena gradien tekanan parsial gas melintasi alveoli paru-paru dan kapiler terjalin di alveoli. Darah

beroksigen kemudian meninggalkan paru-paru melalui vena pulmonalis, yang mengembalikannya ke atrium kiri, menyelesaikan sirkuit pulmonal. Saat sirkuit paru berakhir, sirkuit sistemik dimulai. (Marieb, 2012; Knight, Nigam and Cutter, 2020).

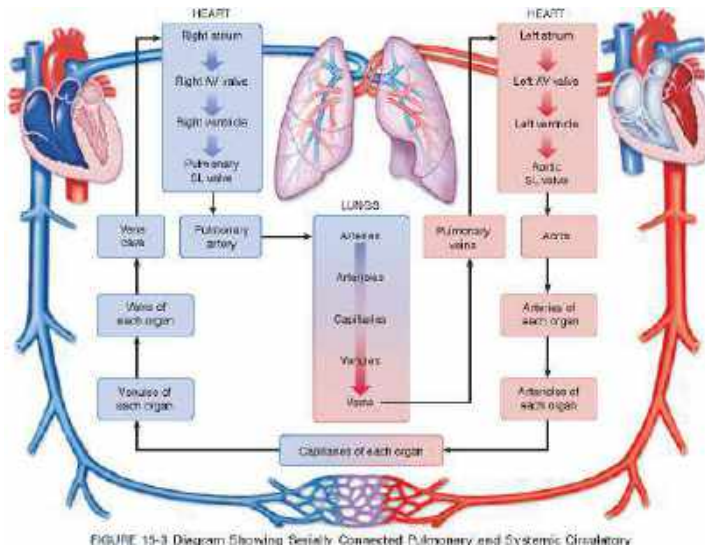


FIGURE 15-3 Diagram Showing Serially Connected Pulmonary and Systemic Circulation

**Gambar 3.7:** Diagram Sirkulasi Pulmonal dan Sistemik (Wilson, 2012)

Organ jantung merupakan organ yang penting dalam kehidupan. Jantung merupakan organ yang tangguh yang secara terus menerus memompakan darah yang membawa oksigen dan nutrisi ke seluruh organ vital di tubuh manusia sepanjang hari dan sepanjang malam. Jika jantung berhenti maka seorang manusia tidak akan bertahan hidup. Petugas kesehatan yang peka dan memahami tentang sistem kardiovaskular akan dapat memberikan asuhan yang tepat kepada pasien. Akhirnya, petugas kesehatan dapat memberikan edukasi kesehatan yang komprehensif dan tepat kepada klien dengan mengidentifikasi anomali atau kelainan jantung melalui tanda dan gejala yang dimunculkan klien.



# **Bab 4**

## **Anatomi dan Fisiologi Sistem Pernapasan**

### **4.1 Pendahuluan**

Pada Bab ini akan membahas tentang Anatomi dan Fisiologi sistem pernapasan. Fungsi dari sistem pernapasan berperan menerima oksigen ( $O_2$ ) dari atmosfer masuk ke sel-sel tubuh selanjutnya memindahkan karbon dioksida ( $CO_2$ ) keluar dari sel tubuh kembali ke atmosfer. Setiap Individu tergantung pada kecukupan oksigen untuk kehidupan, jika dalam waktu lebih dari empat menit tidak mendapatkan suplay oksigen akan mengakibatkan kerusakan pada otak yang bisa mengakibatkan kematian. Alat pernapasan membantu dalam proses keseimbangan asam basa, meningkatkan daya tahan tubuh dan mengatur sistem hormonal pada tekanan darah.

### **4.2 Sistem Pernapasan**

Sistem pernapasan merupakan peristiwa inspirasi atau memasok oksigen ( $O_2$ ) dari luar tubuh ke jaringan dan ekspirasi atau mengeluarkan sisa oksidasi dari

sel-sel yang tidak diperlukan ( $\text{CO}_2$ ) ke luar tubuh. Oksigen yang diperlukan tubuh untuk proses respirasi sejumlah 21% dari seluruh gas yang di ada.

### 4.2.1 Proses Pernapasan

Adanya tekanan antara udara luar dan udara dalam paru-paru menyebabkan udara dapat masuk ataupun keluar. Perbedaan tekanan terjadi akibat perubahan besar kecilnya rongga dada, rongga perut, dan rongga alveolus. Perubahan besarnya rongga ini terjadi karena gerakan dari otot-otot pernapasan, yaitu otot antara tulang rusuk dan otot pernapasan tersebut (Guyton and Hall J.E, 2008).

Maka dari itu pernapasan dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

#### a. Pernapasan dada

Pernapasan dada adalah proses pernapasan yang menggunakan otot antar tulang rusuk, ketika berkontraksi rongga dada membesar dan tekanan dalam rongga dada mengecil yang mengakibatkan udara dari luar masuk ke dalam tubuh. Sebaliknya, jika otot antar tulang rusuk relaksasi, rongga dada mengecil yang mengakibatkan tekanan udara di dalam rongga dada menjadi lebih besar sehingga udara dalam rongga dada keluar dari tubuh

#### b. Pernapasan perut

Pernapasan perut menggunakan otot utama yaitu diafragma. Proses inspirasi terjadi ketika diafragma berkontraksi sehingga menjadi datar, rongga dada menjadi besar, tekanan udaranya menjadi kecil, udara masuk ke dalam tubuh. Sedangkan saat diafragma relaksasi dan mengembang, rongga dada mengecil, udara dihembuskan keluar dari tubuh

### 4.2.2 Frekuensi Pernapasan

Volume oksigen yang masuk dan keluar di paru-paru setiap kali terjadinya proses pernapasan disebut frekuensi pernapasan. Dalam keadaan normal, volume udara pada paru-paru manusia mencapai 4500cc. Frekuensi pernapasan pada manusia setiap menitnya secara umum sejumlah 15-18 kali. Dalam keadaan normal, manusia membutuhkan sekitar 300cc oksigen sehari (2 jam) atau sekitar 0,5cc setiap menit. Kebutuhan tersebut berbanding lurus dengan volume udara inspirasi dan ekspirasi biasa kecuali dalam keadaan tertentu.

Frekuensi pernapasan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagaimana berikut di bawah ini:

a. Usia

Bertambahnya usia setiap individu akan memerlukan energi untuk beraktivitas sehingga mengakibatkan semakin rendah frekuensi pernapasannya.

b. Jenis kelamin

Kebutuhan produksi karbondioksida lebih tinggi pada jenis kelamin laki-laki lebih tinggi frekuensi pernapasan dibanding wanita.

c. Suhu tubuh

Peningkatan proses metabolisme di dalam tubuh mengakibatkan suhu tubuh menjadi meningkat sehingga frekuensi pernapasan semakin cepat.

d. Posisi atau kedudukan tubuh

Sehubungan dengan energi yang dibutuhkan oleh tubuh saat duduk dibandingkan saat berdiri mengakibatkan frekuensi pernapasan berbeda.

e. Aktivitas

Aktivitas seorang atlet dibanding dengan orang yang diam akan memengaruhi kebutuhan oksigen sehingga frekuensi pernapasan juga akan lebih tinggi.

### 4.2.3 Saluran Pernapasan

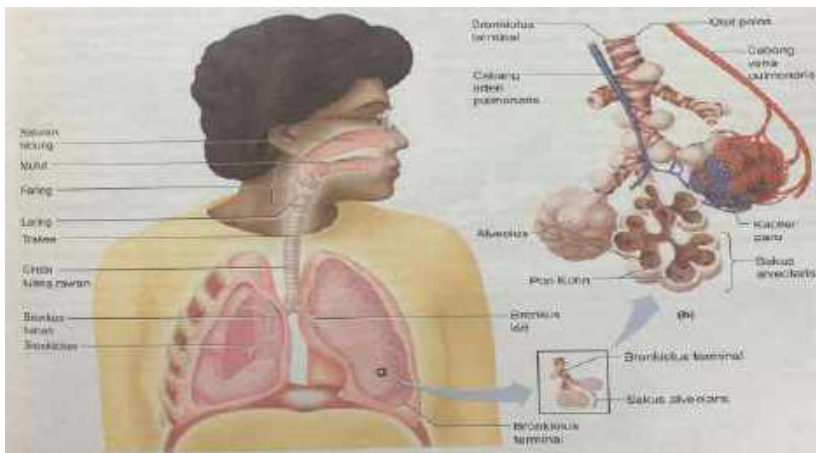
Sistem pernapasan pada manusia terdiri dari inspirasi dan ekspirasi yaitu memasukkan udara yang mengandung oksigen ke dalam tubuh dan mengeluarkan udara yang mengandung karbondioksida dan uap air. Tujuannya adalah untuk memperoleh energi.

Berikut adalah saluran pernapasan pada manusia:

Paru-paru manusia terdiri atas 2 bagian kanan dan kiri, yang masing-masing memiliki 3 lobus pada paru-paru kanan dan 2 lobus pada paru-paru kiri. Saluran napas pada manusia diawali ketika udara dihirup melalui hidung yang masuk ke dalam faring (tenggorokan), yang berfungsi sebagai saluran bersama untuk system pernapasan dan pencernaan. Faring bercabang menjadi 2 bagian, yaitu trakea yang akan dilalui oleh udara dan esophagus yang akan dilalui oleh



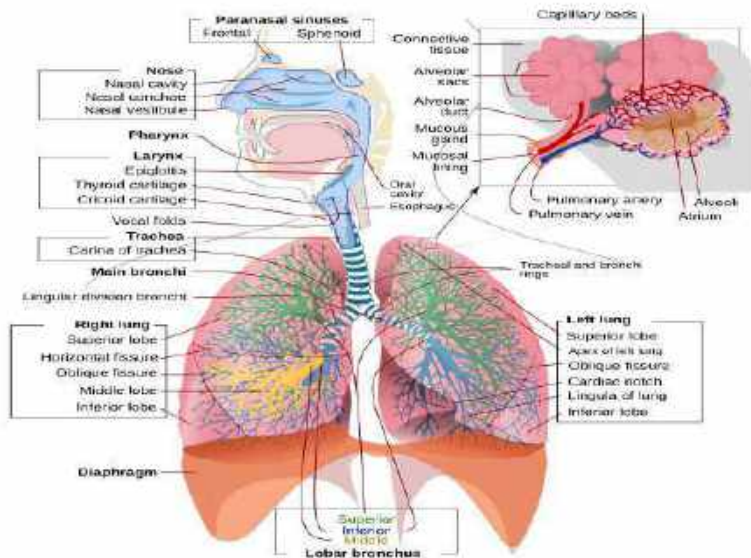
makanan menuju lambung. Pada pintu masuk trakea terdapat laring atau voice box. Ketika udara melewati pita suara dengan kencang, maka terjadi getaran yang menghasilkan suara. Di belakang laring trakea dibagi menjadi dua, yaitu bronkus kanan dan kiri. Masing-masing bronkus akan terbagi menjadi saluran napas yang lebih kecil disebut dengan bronkiolus. Pada ujung bronkiolus terdapat saluran yang disebut sebagai alveolus, yaitu kantung-kantung udara halus yang menjadi tempat pertukaran antara oksigen dan karbondioksida.



**Gambar 4.1:** Sistem pernapasan (Lauralee Sherwood, 2012)

#### 4.2.4 Anatomi sistem pernapasan

Anatomi sistem pernapasan dibagi menjadi 2 yaitu, saluran pernapasan atas dan bawah. Pada saluran pernapasan atas mulai dari hidung, rongga hidung, sinus paranasal, faring, laring, trakea, bronkus, dan bronkiolus. Untuk saluran pernapasan bawah mulai paru-paru dan alveolus.



### a. Hidung

Tersusun atas tulang dan tulang rawan hialin, kecuali naris anterior yang Dindingnya tersusun atas jaringan ikat fibrosa dan tulang rawan. Permukaan luarnya dilapisi kulit dengan kelenjar sebacea besar dan rambut. Terdapat epitel respirasi: Epitel berlapis silindris bersilia bersel goblet dan mengandung sel basal. Di dalamnya Ada konkanalis superior, medius dan inferior. Lamina propria pada mukosa hidung Umumnya mengandung banyak pleksus pembuluh darah (Patwa, A. and Shah, 2015). Fungsi hidung yaitu sebagai jalan nafas, menyaring dan membersihkan udara yang masuk serta melembapkan dan menghangatkan udara yang masuk. Hidung juga berfungsi sebagai tempat reseptor pembauan (olfactory reseptor).

### b. Faring

Lanjutan posterior dari rongga mulut. Saluran napas dan makanan menyatu dan menyilang. Pada saat makan makanan dihantarkan ke oesophagus. Pada saat bernapas udara dihantarkan kelaring. Ada 3 rongga: nasofaring, orofaring, dan laringofaring. Mukosa pada nasofaring sama dengan organ respirasi, sedangkan orofaring dan Laringofaring sama dengan saluran cerna. Mukosa faring tidak memiliki muskularis mukosa. Lamina propriatebal, mengandung

serat elastin. Lapisan fibroelastis menyatu dengan jaringan ikat interstisiel. Orofaring dan laringofaring dilapisi epitel berlapis gepeng, mengandung kelenjar mukosa murni (Patwa, A. and Shah, 2015).

### c. Laring

Organ berongga dengan panjang 42 mm dan diameter 40 mm. Terletak antara Faring dan trakea. Dinding dibentuk oleh tulang rawan tiroid dan krikoid. Muskulus ekstrinsik mengikat laring pada tulang hyoid. Muskulus intrinsik mengikat laring pada tulang tiroid dan krikoid berhubungan dengan fonasi. Lapisan laring merupakan epitel bertingkat silia. Epiglotis memiliki epitel selapis gepeng, tidak ada kelenjar. Fungsi laring untuk membentuk suara, dan menutup trakea pada saat menelan (epiglotis). Ada 2 lipatan mukosa yaitu pita suara palsu (lipat vestibular) dan pita suara (lipat suara). Celah di antara pita suara disebut rimaglotis. Pita suara palsu terdapat mukosa dan lamina propria. Pita suara terdapat jaringan elastik padat, otot suara (otot rangka). Vaskularisasi: A.V Laringeal media dan Inferior. Inervasi: N Laringealis superior (Patwa, A. and Shah, 2015).

### d. Trakea

Trakea terbentuk seperti pipa yang tersusun atas 16 – 20 cincin tulang rawan dengan panjang kurang lebih 10cm. Celah di antaranya dilapisi oleh jaringan ikat fibro elastik. Struktur trakea terdiri dari: tulang rawan, mukosa, epitel bersilia, jaringan limfoid dan kelenjar (Patwa, A. and Shah, 2015).

### e. Bronkus

Cabang utama trakea disebut bronki primer atau bronki utama. Bronki primer bercabang menjadi bronki lobar □ bronki segmental □ bronki sub segmental. Struktur bronkus primer mirip dengan trakea hanya cincin berupa lempeng tulang rawan tidak teratur. Makin ke distal makin berkurang, dan pada bronkus sub segmental hilang sama sekali.

Terdapat beberapa perbedaan antara bronkus kanan dan kiri yaitu:

- Bronkus kanan lebih pendek daripada bronkus kiri
- Bronkus kanan lebih lebar daripada bronkus kiri
- Bronkus kanan lebih segaris dengan trakea, sedangkan bronkus kiri lebih oblique

Otot polos pada bronkus tersusun atas anyaman dan spiral. Mukosa tersusun atas lipatan memanjang. Epitel bronkus: kolumnar bersilia dengan banyak sel goblet dan kelenjar sub mukosa. Lamina propria: serat retikular, elastin, limfosit, sel mast, eosinofil (Kennedy, 2012).

#### f. Bronkiolus

Bronkus akan bercabang menjadi bronkiolus. Bronkus kanan bercabang menjadi tiga bronkiolus sedangkan bronkus kiri bercabang menjadi dua bronkiolus. Tidak mengandung lempeng tulang rawan, tidak mengandung kelenjar sub mukosa. Otot polos bercampur dengan jaringan ikat longgar. Epitel kuboid bersilia dan sel bronkiolar tanpa silia (sel Clara). Sel goblet menghasilkan mucus yang berperan untuk melembabkan udara inspirasi dan menangkap partikel-partikel asing. Partikel asing ini yang akan ditangkap dan digerakkan oleh silia sel epitel ke avum oris. Lamina propria tidak mengandung sel goblet (Kennedy, 2012). Setiap bronkiolus akan bermuara ke alveolus.

#### g. Alveolus

Merupakan tempat terjadinya proses difusi yang terdiri dari alveoli ducts, alveoli sacs, dan alveoli. Jumlah alveoli diperkirakan mencapai 200-600 juta atau setara luas 40-80m<sup>2</sup>.

Terdapat beberapa kemampuan dari alveolus yaitu:

- Recoil, dapat mekar karena terdapat perubahan tekanan dalam alveoli
- Compliance, kemampuan alveoli untuk mempertahankan diri agar tetap terbuka karena adanya surfactant (senyawa yang menurunkan tegangan permukaan (atau tegangan antar muka) antara dua cairan, antara gas dan cairan, atau antara cairan dan zat padat).

#### h. Paru-paru

Manusia memiliki sepasang paru-paru yang terletak di kanan dan kiri rongga dada, yang masing-masing memiliki 3 lobus di kanan dan 2 lobus pada bagian kiri. Letak paru-paru kanan lebih rendah daripada paru-paru kiri. Paru-paru merupakan organ ekskresi pada manusia yang berfungsi untuk mengeluarkan gas sisa dari pernapasan. Diafragma merupakan otot utama dalam system

pernapasan, yang terletak di lantai rongga dada berupa lembah otot rangka yang lebar, berbentuk kubah serta memisahkan rongga dada dan perut. Pada paru-paru terdapat selaput tipis yang melapisi paru-paru disebut dengan pleura.

Pleura mempunyai 2 lapisan yaitu lapisan yang paling luar disebut dengan pleura parietalis dan lapisan yang dalam disebut pleura visceralis, kedua lapisan tersebut membentuk suatu ruangan yang disebut cavum pleura. Di dalam, cavum pleura terdapat cairan pleura ( $\pm 10\text{ml}$ ) yang nantinya berfungsi sebagai pelumas saat bergeser ketika terjadi pergerakan saat bernapas serta mengurangi friksi antara kedua pleura selama proses pernapasan (Price and Wilson, 2006).

#### 4.2.5 Proses Pernapasan

Proses pernapasan terdiri dari 3 tahapan yaitu:

a. Ventilasi

Proses keluar dan masuknya udara ke dalam paru, serta keluarnya karbondioksida dari alveoli ke udara luar. Alveoli yang sudah mengembang tidak dapat mengempis penuh karena masih adanya udara yang tersisa di dalam alveoli yang tidak dapat dikeluarkan walaupun dengan ekspirasi kuat. Volume udara yang tersisa ini disebut dengan volume residu. Volume ini penting karena menyediakan  $\text{O}_2$  dalam alveoli untuk menghasilkan darah (Guyton and Hall J.E, 2008). Hal yang memengaruhi ventilasi yaitu saluran, mobilitas, dan gaya atau tenaga pada otot-otot pernapasan untuk mengembang dan mengempis.

b. Difusi

Proses berpindahnya oksigen dari alveoli ke dalam darah, serta keluarnya karbondioksida dari darah ke alveoli. Dalam keadaan beristirahat normal, difusi dan keseimbangan antara  $\text{O}_2$  di kapiler darah paru dan alveolus berlangsung kira-kira 0,25 detik dari total waktu kontak selama 0,75 detik. Hal ini menimbulkan kesan bahwa paru normal memiliki cukup cadangan waktu difusi (Price and Wilson, 2006).

c. Perfusi

Perfusi adalah distribusi darah yang telah teroksigenasi di dalam paru untuk dialirkan ke seluruh tubuh (Guyton and Hall J.E, 2008).

### 4.2.6 Kelainan pada sistem pernapasan

Sistem pernapasan pada manusia yang terdiri dari beberapa organ dapat mengalami gangguan. Gangguan ini dapat berupa kelainan ataupun penyakit yang menyebabkan terganggunya proses pernapasan.

Gangguan fungsi paru dibagi menjadi 3 yaitu (Applegate, 2011):

a. Restriksi

Merupakan gangguan pengembangan paru yang menyebabkan udara masuk kurang dari normal sehingga terjadi penyumbatan saluran nafas. Gangguan tersebut disebabkan karena adanya penimbunan atau aspirasi (tumor, benda asing). Gangguan ini dapat memengaruhi kemampuan dalam proses inspirasi.

b. Obstruksi

Gangguan paru obstruksi yaitu gangguan pada proses aliran udara ekspirasi sehingga terjadi penyempitan saluran paru. Gangguan tersebut dapat terjadi karena bahan alergen seperti spora, jamur pengganggu saluran pernapasan dan merusak jaringan paru. Gangguan ini dapat memengaruhi kemampuan ekspirasi

c. Campuran (obstruksi dan restriksi)

Gangguan ini merupakan campuran dari gangguan yang disebabkan oleh restriksi dan obstruksi.

Beberapa contoh penyakit pada sistem pernapasan yaitu:

a. Asma

Merupakan penyakit obstruktif yang ditandai dengan inflamasi atau peradangan pada bronkus yang menyebabkan produksi mucus berlebihan dan menumpuk sehingga menyumbat saluran udara dan ventilasi alveolus. Asma dapat terjadi apabila seorang individu terangsang dengan alergen di sekitarnya.

b. Bronkitis

Peradangan yang terjadi pada saluran utama pernapasan atau bronkus. Gejala utama yang timbul yaitu batuk yang berlangsung selama satu minggu atau lebih. Bronkitis dibedakan menjadi dua, yaitu bronkitis akut dan kronis. Bronkitis akut sering dialami oleh anak di bawah 5 tahun dan dapat pulih

dengan sendiri dalam waktu satu minggu atau 10 hari. Sedangkan bronkitis kronis dapat berlangsung hingga 2 bulan dan biasanya diderita oleh orang dewasa usia 40 tahun.

c. Pneumonia

Menurut WHO (2016) pneumonia adalah bentuk infeksi saluran pernapasan akut yang memengaruhi paru-paru. Paru-paru terdiri dari kantung-kantung kecil yang disebut alveoli, yang diisi dengan udara ketika orang yang sehat bernafas. Ketika seorang individu memiliki pneumonia, alveoli diisi dengan nanah dan cairan, yang membuat seseorang ketika bernapas terasa menyakitkan serta membatasi asupan oksigen.

d. Kanker paru

Pertumbuhan jaringan abnormal yang tidak terkendali dalam jaringan paru termasuk yaitu sel-sel dinding bronkus dan bronkiolus

e. Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK)

Penyakit paru obstruktif kronis adalah penyakit peradangan pada paru yang berkembang dalam jangka waktu yang lama. Penyakit ini terjadi ketika udara yang masuk ke paru-paru terhalang oleh pembengkakan, lendir serta dahak sehingga penderita sulit untuk batuk

Fungsi dari alat pernapasan yaitu berperan untuk menerima oksigen (O<sub>2</sub>) dari atmosfer masuk ke sel-sel tubuh dan untuk mentransport karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang diperoleh dari sel-sel tubuh balik kembali ke atmosfer. Alat pernapasan tersusun atas dari Hidung, faring, laring, trakea, bronkus, bronkiolus dan alveoli juga berguna untuk berbicara dan berperan untuk pengaturan asam basa, pertahanan tubuh untuk menghadapi benda asing dan membantu proses hormonal tekanan darah.

# **Bab 5**

## **Anatomi dan Fisiologi Sistem Saraf**

### **5.1 Pendahuluan**

Sistem saraf berhubungan dengan sistem koordinasi serta bereaksi terhadap impuls yang dikirim oleh reseptor sensoris yang dikenal sebagai saraf. Gambaran struktural dari jaringan saraf digambarkan sebagai sel-sel saraf dan sel-sel neurologis penunjang. Sistem persarafan dibagi menjadi dua bagian yaitu sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Sistem saraf pusat terdiri atas otak dan medula spinalis, sedangkan sistem saraf perifer terdiri atas saraf somatik dan saraf otonom yang dibedakan atas saraf simpatis dan saraf parasimpatis. Saraf somatik adalah susunan saraf yang mempunyai peranan spesifik untuk mengatur aktivitas otot sadar atau serat lintang. Sedangkan saraf otonom adalah saraf yang mempunyai peranan penting memengaruhi pekerjaan otot involunter seperti jantung, hati, pankreas, jalan pencernaan, kelenjar dan lain-lain. Sel saraf mempunyai kemampuan dalam konduksi impuls atau melakukan impuls. Fungsi impuls adalah sebagai pembawa informasi yakni tentang perubahan-perubahan yang terjadi dilingkungan, misalnya perubahan temperatur dari panas ke dingin, perubahan cahaya dari gelap ke terang (Irianto, 2004).



Salah satu organ yang berfungsi untuk menyelenggarakan kerja sama yang rapih dalam organisasi dan koordinasi kegiatan tubuh. Dengan pertolongan saraf dapat kita menerima suatu rangsangan dari luar pengendalian pekerjaan otot. Pusat sel saraf (neuron) terdiri dari sebuah badan sel yang disebut perikarion, berisi nukleus. Di dalam sitoplasma perikarion terdapat bahan-bahan yang disebut substansia nissel. Dari perikarion keluar prosesus yang menghantarkan rangsangan perikarion yang disebut dendrit, jumlahnya lebih banyak (lebih dari satu). Prosesus yang menghantarkan rangsangan keluar dari perikarion disebut akson. Jumlah akson biasanya hanya satu (Syaifuddin, 2006). Sebuah Serabut saraf mempunyai kemampuan konduktivitas (penghantar) dan eksitabilitas (dapat dirangsang). Serabut saraf berkemampuan memberikan reaksi atas rangsangan dari sumber luar, seperti, rangsangan mekanik, elektrik, kimiawi atau fisik; yang menimbulkan impuls yang dihantarkan melalui serabut saraf. Sebuah impuls saraf selalu dihantarkan melalui dendrit ke sel, lantas dari sel ke axon. Proses demikian disebut dalil penghantaran maju.

Dengan cara yang sama, sebuah impuls dapat juga melintasi sejumlah neuron (Pearce, 2004). Sebagian besar neuron mengirim sinyal melalui akson mereka, meskipun beberapa jenis mampu dendrit-ke-dendrit komunikasi. (Pada kenyataannya, jenis neuron yang disebut sel-sel amacrine tidak mempunyai akson, dan berkomunikasi hanya melalui dendrit mereka.) Neural menyebarkan sinyal di sepanjang akson dalam bentuk gelombang elektrokimia tindakan yang disebut potensi, yang menghasilkan sel-sel untuk sinyal pada titik-titik di mana akson terminal sinaptik membuat kontak dengan sel lain. Sinaps dapat listrik atau kimia. Sinaps listrik membuat sambungan listrik langsung antara neuron, tapi sinaps kimia jauh lebih umum, dan jauh lebih beragam fungsi.

Pada sinaps kimia, sel yang mengirim sinyal disebut presynaptic, dan sel yang menerima sinyal disebut pasca-sinaptik. Baik presynaptic dan daerah pasca-sinaptik penuh mesin molekuler yang melaksanakan proses sinyal. Presynaptic daerah yang berisi sejumlah besar kapal kecil berbentuk bola yang disebut vesikula sinapsis, neurotransmitter dikemas dengan bahan kimia. Ketika terminal presynaptic elektrik dirangsang, molekul array tertanam dalam membran diaktifkan, dan menyebabkan isi vesikula akan dilepaskan ke ruang sempit antara presynaptic dan pasca-sinaptik membran, yang disebut celah sinaptik. Neurotransmitter kemudian mengikat reseptor pasca-sinaptik tertanam dalam membran, menyebabkan mereka untuk memasukkan negara

diaktifkan. Tergantung pada jenis reseptor, efek yang dihasilkan pada sel pasca-sinaptik mungkin rangsang, penghambatan, atau modulatory dalam cara yang lebih kompleks. Misalnya, pelepasan neurotransmitter asetilkolin di kontak sinaptik antara motor neuron dan sel otot yang cepat menginduksi kontraksi sel otot. Seluruh proses transmisi sinaptik hanya membutuhkan waktu sepersekian milidetik, meskipun efek pada pasca-sinaptik sel akan bertahan lebih lama lagi (bahkan tanpa batas waktu, dalam kasus di mana sinyal sinaptik mengarah pada pembentukan sebuah jejak memori)

Delta Force, (2011) Sistem retikulan juga menerima masukan impuls dan substansia nigra periaqueductus (periaqueductal grey matter) melalui jaras peka endorfin (endorphin sensitive projection system). Sistem retikulan juga menerima masukan impuls dan substansia nigra periaqueductus (periaqueductal grey matter) melalui jaras peka endorfin (endorphin sensitive projection system). Selanjutnya sistem retikular memberi umpan-balik ke korteks serebri melalui jaras retikulo-kortikal (reticulo-cortical projection system), sedangkan impuls penghambatan turun dan sistem jetikular melalui jaras kaudal-retikular (caudal-reticular projection system) ke nukleus spinal apikal (Rudi Kastono, 1999; Sistem saraf (Nervous System) merupakan salah satu sistem organ yang ada di tubuh kita. Layaknya sebuah sistem jaringan komunikasi, sel-sel saraf di setiap bagian dari tubuh memainkan peran dalam proses menanggapi rangsangan dan pengendalian otot-otot kita. Sistem saraf dibina lebih dari 80 jaringan saraf utama. Setiap jaringan saraf tersusun atas 1 juta neuron, yaitu unit fungsional sistem saraf (sel-sel saraf).

## 5.2 Pengertian Anatomi dan fisiologi

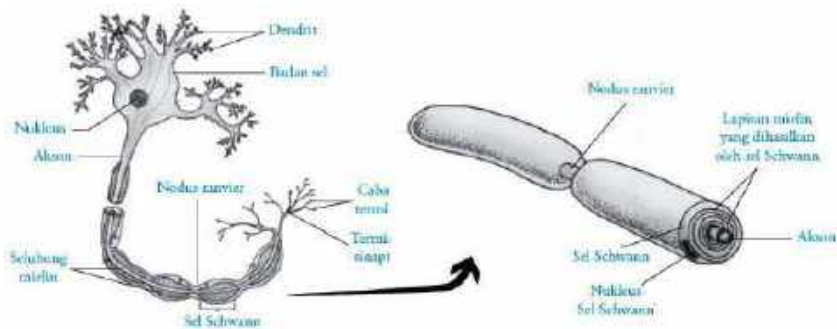
Sistem Saraf Adalah Sistem yang mengatur dan mengendalikan semua kegiatan aktivitas tubuh kita seperti berjalan, menggerakkan tangan, mengunyah makanan dan lainnya. Sistem saraf tersusun dari jutaan sel saraf (neuron) yang berkumpul membentuk suatu berkas (faskulum) (Anderson, 2015) Sistem saraf tersusun dari jutaan serabut sel saraf (neuron) yang berkumpul membentuk suatu berkas (faskulum). Neuron adalah komponen utama dalam sistem saraf (Jane, 2017).

Sistem saraf adalah sistem adalah sistem organ pada hewan yang terdiri dari atas serabut saraf yang tersusun atas sel-sel saraf yang saling terhubung dan

esensial untuk persepsi sensoris idrawi,a ktivitas motorik volunyer dan involunter organ atau jaringan tubuh ,dan homeostatis berbagi proses fisilogis tubuh (Andeson, 2015). Sistem saraf merupakan jaringan paling rumit dan paling pentiing karna terdiri dari jutaan sel saraf(neuron) yang saling terhubung dengan vital untuk perkembangan bahasa, pikiran dan ingatan (Carole, 2013).

## 5.3 Struktur Sel Saraf

Bagian terkecil dari sistem saraf adalah sel saraf (neuron).



**Gambar 5.1:** Struktur Neuron (Martini F.H et.al. 2017).

Setiap neuron terdiri dari satu badan sel yang di dalamnya terdapat sitoplasma dan inti sel. Dari badan sel keluar dua macam serabut saraf, yaitu dendrit dan akson (neurit).

- a. Dendrit berfungsi menangkap dan mengirim impuls ke badan sel saraf, sedangkan akson berfungsi mengirimkan impuls dari badan sel ke jaringan lain.
- b. Akson biasanya sangat panjang. Sebaliknya, dendrit pendek.

## 5.4 Jenis-jenis Sel Saraf Berdasarkan Fungsinya

Menurut Jane (2017) Jenis-jenis sel saraf berdasarkan fungsinya

### 1. Sel saraf sensorik

Merupakan jenis sel saraf yang berfungsi untuk dapat menghantarkan implus dari reseptor di tubuh ke sistem saraf pusat (otak serta juga sumsum tulang belakang). Sel saraf ini dikatakan juga dengan sel saraf indra.

### 2. Sel saraf motorik

Merupakan jenis sel saraf yang memiliki fungsi untuk dapat menghantarkan implus dari sel sistem saraf pusat ke sel otot atau juga kelenjar sehingga tubuh itu akan menanggapi rangsangan tersebut dengan bergerak atau juga menghasilkan suatu produk sekresi. Sel saraf motorik ini biasanya memiliki dendrit yang pendek dengan akson yang sangat panjang.

### 3. Sel saraf konektor

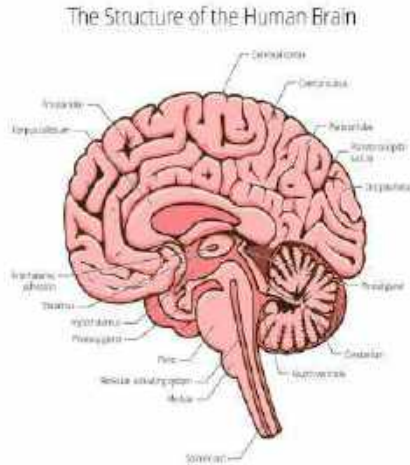
Merupakan jenis sel saraf yang berfungsi untuk dapat menghubungkan sel saraf motor dengan sel saraf sensori atau juga berhubungan dengan sel saraf lain yang terdapat di dalam saraf pusat. Serabut saraf, akso serta dendrit dari sel ini bergabung dalam satu(1) selubung dan akan membentuk urat saraf sedangkan pada badan selnya itu berkumpul di satu(1) tempat untuk membentuk ganglion saraf.

## 5.5 Jenis-jenis Sel Saraf Berdasarkan Letaknya

Berdasarkan letak kerjanya Sistem Saraf terdiri atas 3 bagian yaitu:

1. Sistem Saraf Pusat
  - a. Otak

### Bagian-bagian otak dan fungsinya (Jane, 2017)



**Gambar 5.2:** Struktur Otak Sobotta. (2012).

- Otak besar

Sesuai namanya, otak besar merupakan bagian paling besar yang ada di otak. Bagian ini bisa juga disebut sebagai cerebrum. Permukaan luar otak besar disebut korteks serebri dan bagian inilah yang terlihat saat kita membayangkan gambar otak manusia. Korteks serebri adalah bagian otak yang melekok-lekok. Otak besar dibagi menjadi dua bagian, kiri dan kanan yang disebut dengan hemisfer. Hemisfer kiri dan kanan juga sering disebut sebagai otak kiri dan otak kanan. Keduanya dipisahkan oleh struktur seperti parit yang disebut fisura interhemisfer atau fisura longitudinal.

Hemisfer tersebut dibagi lagi menjadi bagian-bagian yang disebut dengan lobus. Masing-masing lobus memiliki peran dan fungsinya masing-masing.

- a. Lobus frontalis

Lobus frontalis adalah yang terbesar dibandingkan dengan lobus lainnya. Lobus ini terletak di otak bagian depan atau diposisi yang kira-kira sejajar dengan tulang dahi. Bagian otak ini berfungsi untuk mengoordinasikan perilaku yang memerlukan kemampuan tingkat tinggi, seperti kemampuan motorik, menyelesaikan masalah, perencanaan, fokus, dan menimbang baik

dan buruk. Lobus frontalis juga berperan untuk mengatur emosi serta mengatur impuls atau informasi rangsang.

b. Lobus parietal

Lobus parietal terletak di belakang lobus frontal. Bagian ini berperan dalam kemampuan mengatur sensasi tubuh, tulisan tangan, posisi tubuh, dan menerjemahkan informasi yang dikirimkan oleh bagian otak lain.

c. Lobus temporal

Lobus temporal terletak di bagian samping otak, di sebelah kiri dan kanan, dekat telinga. Bagian otak ini berfungsi untuk mengendalikan kemampuan daya ingat visual (misalnya mengingat wajah seseorang), daya ingat verbal (mengerti bahasa tertentu), pendengaran, dan menginterpretasikan emosi dan reaksi orang lain.

d. Lobus oksipital

Lobus oksipital terletak di bagian belakang otak. Bagian ini berperan besar dalam kemampuan seseorang untuk bisa membaca dan mengenali literasi serta aspek penglihatan lainnya.

- Otak kecil

Otak kecil atau cerebellum, terletak di bagian belakang, tepat di bawah lobus oksipital. Bagian otak ini berperan penting dalam kemampuan motorik halus, seperti koordinasi tangan dan kaki. Otak kecil juga berperan dalam keseimbangan tubuh, postur, dan pemerataan fungsi otak kiri dan kanan (equilibrium).

- Batang otak

Batang otak adalah bagian otak yang terletak di depan otak kecil dan menyambung ke susunan saraf di tulang belakang. Batang otak kemudian dibagi lagi menjadi tiga bagian utama, yaitu:

a. Otak tengah

Otak tengah berfungsi untuk mengatur pergerakan mata memproses informasi visual dan suara

## b. Pons

Pons merupakan bagian terbesar dari batang otak. Terletak di bawah otak tengah, pons merupakan kumpulan dari saraf-saraf yang menghubungkan berbagai bagian otak. Pada bagian ini juga terdapat ujung awal saraf kranial. Saraf kranial adalah saraf yang berperan dalam pergerakan wajah dan mengantarkan informasi sensori ke otak.

## c. Medulla oblongata

Medulla oblongata adalah bagian otak yang letaknya paling bawah. Bagian ini berfungsi sebagai pusat pengaturan fungsi jantung dan paru-paru. Seperti yang kita tahu, jantung dan paru-paru kita bergerak secara otomatis, tanpa perlu ada keinginan atau perintah terlebih dahulu. Bagian inilah yang menjadi pusat kontrolnya. Medulla oblongata berperan dalam berbagai fungsi penting di tubuh, mulai dari bernapas, bersin, hingga menelan.

- Thalamus

Thalamus adalah bagian otak yang terletak di atas batang otak. Bagian ini berfungsi memproses dan memindahkan informasi mengenai pergerakan sensori di otak. Bisa dibilang, thalamus adalah terminal transit sebelum informasi tersebut berpindah ke korteks serebri.

- Hipotalamus

Hipotalamus adalah sekelompok sel saraf yang terletak di dasar otak, dekat dengan kelenjar pituitari. Bagian ini berhubungan dengan banyak bagian otak lain dan bertanggung jawab untuk mengontrol rasa lapar, haus, emosi, suhu tubuh dan siklus tidur.

- Sistem limbik

Sebenarnya, hingga saat ini belum ada pengelompokan resmi seputar bagian-bagian dari sistem limbik di otak. Namun secara garis besar, sistem limbik terdiri dari empat bagian utama, yaitu:

- a. Amygdala
- b. Hippocampus
- c. Bagian korteks limbik
- d. Bagian septal

- **Ganglia Basalis**

Ganglia basalis adalah sekelompok sel saraf yang berukuran besar dan terletak di sekeliling thalamus. Bagian ini sangat penting dalam mengatur pergerakan. Ganglia basal dihubungkan ke otak bagian tengah oleh dua komponen yang dinamakan red nuclei atau sel saraf berwarna merah, serta substantia nigra.

- d. **Sumsum Tulang Belakang**

Medula spinalis atau sumsum tulang belakang ialah saraf pipih yang menjadi ekstensi dari sistem saraf inti dari otak dan melingkupi serta dibentengi oleh tulang belakang. Fungsi utama sumsum tulang belakang ialah pengangkutan penghasilan rangsangan antara periferi dan otak.

- **Struktur Bagian Medula Spinalis:**

Medula spinalis atau sumsum tulang belakang ialah himpunan saraf berbentuk silinder yang berangkat dari otak bagian bawah kemudian membujur menelusuri saluran tulang belakang.

- a. Leher terdiri atas 8 pangkal saraf
- b. Dada terdiri atas 12 pangkal saraf
- c. Perut terdiri atas 5 pangkal saraf
- d. Pelvis terdiri atas 5 pangkal saraf
- e. Tulang ekor terdiri atas 1 pangkal saraf
- **Fungsi Medula Spinalis:**
  - a. Menghubungkan impuls dari indera menuju ke otak.
  - b. Menghubungkan impuls dari otak menuju ke indera.
  - c. Menghubungkan otak dengan semua tubuh.
  - d. Menjadi inti gerak spontan dan memberi keleluasan jalan sekilas gerak spontan.
- **Bagian dan Fungsi Sumsum Tulang Belakang**
  - a. Bagian putih (substansia alba)

Bagian putih (substansia alba) ini terdiri dari serabut saraf yang disebut dengan akson yang memanjang naik serta turun di sepanjang medula spinalis.

- b. Bagian abu-abu (substansia grisea)



Bagian abu-abu (substansia grisea) pada sumsum tulang belakang itu terbagi lagi dalam beberapa fungsi khusus.

## 2. Sistem Saraf Perifer/ tepi

Sistem saraf perifer dibagi menjadi 2 yaitu :

- 12 pasang saraf serabut otak(sarafcranial)

3 pasang saraf sensori.

5 pasang saraf motori.

4 pasang saraf gabungan.

- 31 pasang saraf sumsum tulang belakang(sarafspinal).

8 pasang→saraf leher (servikal).

12 pasang→saraf punggung (Torakal).

5 pasang→saraf pinggang (Lumbal).

5 pasang→saraf pinggul (Sakral).

1 pasang→saraf ekor (Koksigial).

### c. Sistem Saraf Autonom/ saraf tak sadar

- Susunan saraf simpatik
- Susunan saraf parasimpati

Saraf Otonom (SSO) meninggalkan kordaspinalis dan mempersarafi otot jantung dan polos serta kelenjar. SSO involunter(tidakdisadari) System saraf autonom dibagi menjadi 2 yaitu:

- Sistem saraf simpatis
  - a. Terdiri dari 25 pasang simpul saraf.
  - b. Terletak disebelah kiri-kanan tulang belakang
  - c. Berpangkal pada medulla spinalisdi daerah leher dan di daerah pinggang sehingga disebut juga saraf torakolumbar.
  - d. Praganlion pendek.

- Sistem saraf parasimpatis
  - a. Urat praganglionnya panjang karena menempel pada organ yang dibantu.
  - b. Berpangkal pada medulla oblongata.
  - c. Kerjanya berlawanan dengan kerja saraf simpatis.
  - d. Terbagi menjadi dua bagian: saraf otonom kranial (saraf kranial III, VII, IX, X) dan saraf otonom sakra.

## 5.6 Mekanisme Impuls Saraf

Impuls dapat dihantarkan melalui beberapa cara, di antaranya melalui sel saraf dan sinapsis.

Berikut ini akan dibahas secara rinci kedua cara tersebut.

### 1. Penghantaran Impuls Melalui Sel Saraf

Penghantaran impuls baik yang berupa rangsangan ataupun tanggapan melalui serabut saraf (akson) dapat terjadi karena adanya perbedaan potensial listrik antara bagian luar dan bagian dalam sel. Pada waktu sel saraf beristirahat, kutub positif terdapat di bagian luar dan kutub negatif terdapat di bagian dalam sel saraf. Diperkirakan bahwa rangsangan (stimulus) pada indra menyebabkan terjadinya pembalikan perbedaan potensial listrik sesaat. Perubahan potensial ini (depolarisasi) terjadi berurutan sepanjang serabut saraf. Kecepatan perjalanan gelombang perbedaan potensial bervariasi antara 1 sampai dengan 120 m per detik, tergantung pada diameter akson dan ada atau tidaknya selubung mielin.

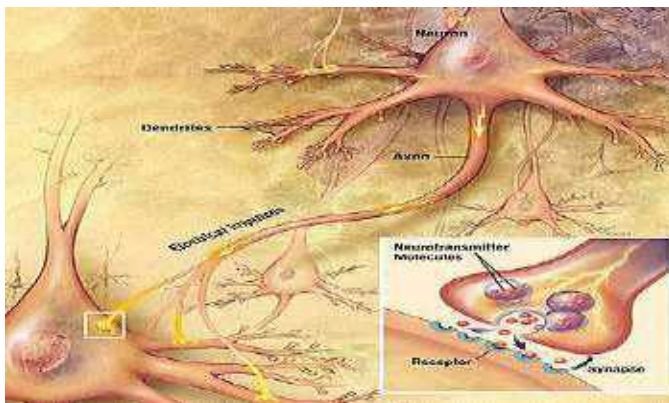
Bila impuls telah lewat maka untuk sementara serabut saraf tidak dapat dilalui oleh impuls, karena terjadi perubahan potensial kembali seperti semula (potensial istirahat). Untuk dapat berfungsi kembali diperlukan waktu 1/500 sampai 1/1000 detik. Energi yang digunakan berasal dari hasil pemapasan sel yang dilakukan oleh mitokondria dalam sel saraf. Stimulasi yang kurang kuat atau di bawah ambang (threshold) tidak akan menghasilkan impuls yang dapat merubah potensial listrik. Tetapi bila kekuatannya di atas ambang maka impuls akan dihantarkan sampai ke ujung akson. Stimulasi yang kuat dapat

menimbulkan jumlah impuls yang lebih besar pada periode waktu tertentu daripada impuls yang lemah.

## 2. Penghantaran Impuls Melalui Sinapsis

Titik temu antara terminal akson salah satu neuron dengan neuron lain dinamakan sinapsis. Setiap terminal akson membengkak membentuk tonjolan sinapsis. Di dalam sitoplasma tonjolan sinapsis terdapat struktur kumpulan membran kecil berisi neurotransmitter; yang disebut vesikula sinapsis. Neuron yang berakhir pada tonjolan sinapsis disebut neuron pra-sinapsis. Membran ujung dendrit dari sel berikutnya yang membentuk sinapsis disebut post-sinapsis.

Bila impuls sampai pada ujung neuron, maka vesikula bergerak dan melebur dengan membran pra-sinapsis. Kemudian vesikula akan melepaskan neurotransmitter berupa asetilkolin. Neurotransmitter adalah suatu zat kimia yang dapat menyeberangkan impuls dari neuron pra-sinapsis ke post-sinapsis. Neurotransmitter ada bermacam-macam misalnya asetilkolin yang terdapat di seluruh tubuh, noradrenalin terdapat di sistem saraf simpatik, dan dopamin serta serotonin yang terdapat di otak. Asetilkolin kemudian berdifusi melewati celah sinapsis dan menempel pada reseptor yang terdapat pada membran post-sinapsis. Penempelan asetilkolin pada reseptor menimbulkan impuls pada sel saraf berikutnya. Bila asetilkolin sudah melaksanakan tugasnya maka akan diuraikan oleh enzim asetilkolinesterase yang dihasilkan oleh membran post-sinapsis.



**Gambar 5.3:** Penghantaran Impuls Melalui Sinapsis (Guyton, AC. 2014)

# Bab 6

## Anatomi dan Fisiologi Sistem Integumen

### 6.1 Pendahuluan

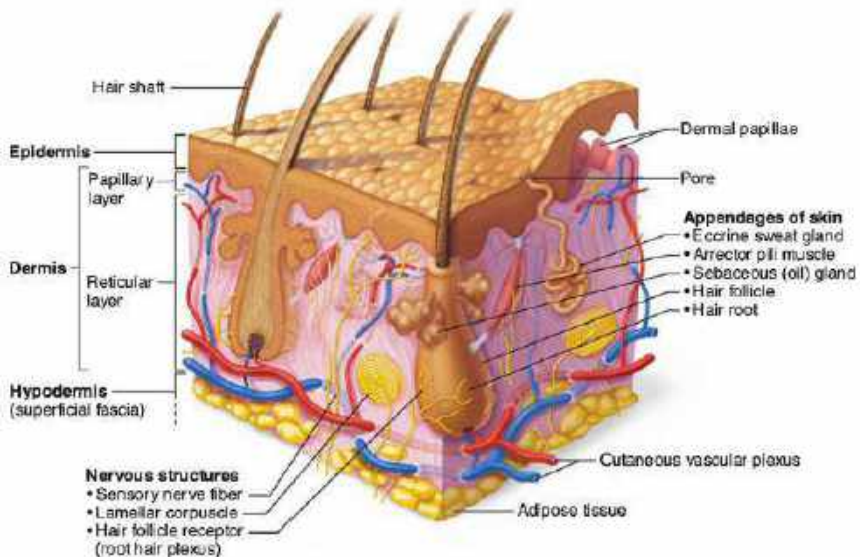
Sistem Integumen merupakan bagian dari tubuh yang paling mudah di inspeksi, mudah terpapar infeksi, terpapar penyakit dan mudah terjadinya luka. Kulit merupakan organ paling besar dari keseluruhan tubuh yang memiliki banyak fungsi termasuk pelindung terhadap paparan fisik, kimia dan biologis dari luar (Kolarsick et al., 2011). Kulit merupakan organ sensorik yang mempunyai reseptor terhadap panas, dingin, sentuhan, nyeri dan tekanan. Kulit dapat menunjukkan emosi dan juga aspek fisiologis yang normal seperti contohnya berkeringat, saat malu (kulit memerah) dan saat menyeringai. Perubahan warna kulit juga dapat menunjukkan keadaan perubahan hemodinamik seseorang melalui perubahan warna kulit. Sebagai contoh kulit kemerahan saat terjadi cacar air yang menunjukkan infeksi secara sistemik, kulit yang kekuningan menunjukkan kondisi "Jaundice" yang menunjukkan gangguan hati/liver. Gangguan lain bisa meliputi jerawat, kutil, dan penebalan kulit. Dermatology (der-ma-TOL-o-je; dermato = skin; logy = study of) adalah studi yang mengkhususkan dalam mendiagnosa dan mengobati penyakit atau gangguan kulit (Tortora & Derrickson, 2013).

## 6.2 Kulit

Sistem Integumen (in-teg-u-MEN-tar-e; in-inward; tegere= to cover) terdiri dari kulit, rambut, minyak, kelenjar keringat, kuku, dan sensori reseptor. Kulit atau disebut membran mukosa merupakan area yang sangat luas yang menutupi seluruh permukaan tubuh. Pada orang dewasa, kulit menutupi sekitar 7% dari berat badan.

### 6.2.1 Struktur Kulit

Secara struktur, kulit terdiri dari tiga bagian yaitu epidermis, dermis dan subkutan/hipodermis (Gambar 1). Bagian paling atas, bagian yang paling tipis terdiri dari jaringan epitelial, disebut dengan epidermis (ep'-i-DERM-is; ep=above). Dermis adalah bagian jaringan ikat lebih tebal. Dibagian dalam dari dermis, ada lapisan subkutaneus atau disebut pula hipodermis (hypodermis -hypo = dalam), dimana bagian ini terdiri dari jaringan areolar atau adiposa.



**Gambar 6.1:** Struktur Kulit (Marieb, 2012)

Keterangan Gambar:

1. Hair shaft (Batang Rambut)
2. Epidermis (Lapisan luar Kulit)
3. Dermis (Lapisan Dalam Kulit)
4. Hipodermis (Lapisan lebih dalam kulit)
5. Nervous Structure (Struktur Saraf)
6. Adipose Tissue (Jaringan Adiposa)
7. Pore (Pori)
8. Dermal Pappilae (Papila Dermal)
9. Appandages of Skin (Pelengkap Kulit)
  - Ecrine Sweat Gland (Kelenjar Keringat Ektrin)
  - Sebaceous Gland (Kelenjar Sebacea)
  - Hair Follicle (Folikel Rambut)
  - Hair Root (Akar Rambut)

### **Epidermis**

Epidermis terletak di permukaan dan terdiri dari beberapa lapisan sel yang tumbuh ke permukaan dari lapisan terdalamnya. Lapisan permukaan terdiri dari sel-sel mati yang terus menerus terkelupas dan diganti dari bawah. Epidermis merupakan pembatas antara lingkungan internal yang lembab dan atmosfer kering lingkungan eksternal (Waugh et al., 2010). Epidermis terdiri dari epitel skuamosa berlapis keratin yang terdiri dari empat tipe: sel langerhans, sel taktil, keratinosit dan melanosit. 90 persen dari sel epidermal adalah keratinosit yang tersusun dalam empat atau lima lapisan yang memproduksi protein keratin (Tortora & Derrickson, 2013). Keratin merupakan protein berserat yang kuat yang bisa membantu melindungi jaringan dan kulit dibawahnya dari abrasi, panas, mikroba dan juga bahan kimiawi. Keratinosit juga memproduksi butiran pipih yang melepaskan sealant anti air. 8 persen sel epidermal adalah melanosit yang memproduksi melanin. Melanin adalah pigmen yang berwarna coklat-hitam atau kuning-merah yang berkontribusi pada warna kulit dan merusak penyerapan cahaya ultraviolet (UV). Sel langerhans berpartisipasi dalam respon imun yang berfungsi untuk melawan mikroba yang menyerang kulit. Sel langerhans membantu sel lainnya dari sistem kekebalan mengenali antigen (mikroba asing atau zat asing)

sehingga bisa dihancurkan. Sel langerhans juga mudah dihancurkan oleh sinar UV.

### **Dermis**

Bagian dalam kulit disebut dermis. Dermis merupakan sebuah jaringan ikat mengandung kolagen dan serat elastis. Dermis adalah sistem terpadu yang terdiri dari jaringan ikat fibrosa, filamentous dan amorf yang mengakomodasi masuknya stimulus oleh jaringan saraf dan vaskular, pelengkap yang diturunkan secara epidermis, fibroblas, makrofag dan sel mast (Kolarsick et al., 2011). Bagian dalam dari dermis, yang menempel pada lapisan subkutaneus terdiri dari jaringan ikat tidak teratur dan serat elastis yang kasar yang dapat berkerut dan kembali lagi dengan serat protein yang disebut kolagen (Sel adiposa, folikel rambut, saraf, kelenjar minyak dan kelenjar keringat ditemukan antara serat tersebut (Tortora & Derrickson, 2013). Dermis mengandung kelenjar keringat kecil yang memiliki saluran atau saluran kecil, yang mengarah ke permukaan. Rambut tumbuh dari folikel di dermis. Dermis kaya akan ujung saraf sensorik yang sensitif terhadap nyeri, suhu, dan sentuhan. Ini adalah organ yang sangat besar yang secara konstan menyediakan sistem saraf pusat dengan masukan sensorik dari permukaan tubuh. Kulit juga berperan penting dalam pengaturan suhu tubuh (Waugh et al., 2010).

### **Warna Kulit**

Tiga pigmen yang memengaruhi atau memberikan variasi terhadap warna kulit adalah melanin, hemoglobin dan karoten (Tortora & Derrickson, 2017). Melanin menunjukkan variasi warna kulit dimulai dari warna kuning pucat ke warna kemerahan, bahkan coklat dan hitam. Melanosit paling banyak berada pada kulit permukaan penis, puting susu dan area areola (pada payudara), wajah, mukosa membran dan tungkai bawah. Jumlah melanosit pada setiap orang hampir sama. Perbedaan warna kulit berdasarkan jumlah pigmen dan produksi melanosit. Melanin berakumulasi menjadi sebuah freckles (bintik-bintik) pada beberapa orang. Seiring bertambahnya usia seseorang maka bintik-bintik penuaan pun mulai muncul.

Tiga pigmen yang berkontribusi pada warna kulit (Marieb, 2012):

1. Jumlah dan macam melanin di dalam epidermis (warna kuning, coklat kemerahan atau hitam)

2. Jumlah karoten yang ada di stratum korneum dan jaringan subkutan. Karoten adalah pigmen berwarna oranye kekuningan yang banyak terdapat di wortel dan makanan lainnya yang berwarna kuning tua atau sayuran berdaun hijau. Kulit cenderung berubah menjadi kuning oranye ketika orang makan makanan yang kaya akan karoten dalam jumlah yang banyak.
3. Jumlah oksigen yang kaya akan hemoglobin (pigmen di dalam sel darah merah) di pembuluh darah dermis

Orang yang memproduksi banyak melanin memiliki kulit berwarna coklat. Sedangkan untuk orang yang memiliki melanin yang sedikit, memiliki warna kulit yang terang seperti pada ras kaukasian. Warna kulit dan mukosa membran dapat menjadi petunjuk dalam mendiagnosa beberapa kondisi kesehatan. Sebagai contoh; ketika darah tidak mampu membawa sejumlah oksigen dari paru-paru dapat mengakibatkan seseorang berhenti bernafas, sehingga mukosa membran, ujung jari tangan dan kulit menjadi kebiruan atau sianosis. Jaundice disebabkan oleh karna penumpukan pigmen berwarna kuning bilirubin dikulit. Sehingga kondisi ini menjadikan seseorang memiliki penampilan kekuningan pada kulit dan bagian sklera mata dan ini dapat menunjukkan penyakit hati. Selanjutnya eritema, yaitu kemerahan dikulit yang disebabkan oleh pembengkakan kapiler didermis akibat cedera kulit, paparan panas, infeksi, peradangan atau merupakan reaksi alergi. Palor atau keputihan pada kulit, biasa terjadi karena kondisi syok atau anemia. Perubahan warna kulit kan menjadi sulit diobservasi pada seseorang dengan kulit yang lebih gelap. Meskipun demikian, pengkajian pada kuku jari dapat memberikan informasi tentang sirkulasi pada seseorang dengan kulit yang lebih gelap (Tortora & Derrickson, 2017).

## 6.3 Aksesori Struktur Kulit

### Rambut

Rambut tumbuh pada hampir keseluruhan permukaan kulit kecuali ditelapak tangan dan telapak kaki. Pada orang dewasa, rambut biasanya paling banyak tersebar diseluruh kulit kepala, alis, ketiak dan disekitar genitalia luar. Genetika dan pengaruh hormonal sangat memengaruhi ketebalan dan pola distribusi



rambut. Meskipun peran rambut dalam melindungi sangat terbatas, akan tetapi rambut dapat melindungi kulit kepala dari sinar matahari. Hal ini dapat mengurangi kehilangan panas dikulit kepala. Alis dan bulu mata melindungi mata dari partikel asing, mirip dengan rambut yang ada dilubang hidung dan saluran telinga bagian luar.

Hair Shaft (Batang rambut) adalah bagian paling luar rambut yang menonjol diatas permukaan kulit. Hair Root (Akar rambut) adalah bagian rambut jauh ke batang yang menembus kedalam dermis dan terkadang kelapisan subkutan. Batang dan akar rambut sama-sama terdiri dari tiga lapisan sel konsentris yaitu medula, korteks dan kutikula rambut. Disekitar akar rambut terdapat folikel rambut yang terdiri dari selubung akar bagian luar dan dalam.

### **Kelenjar Kulit**

Beberapa jenis kelenjar kulit: Kelenjar sebacea (minyak), kelenjar sudoriferus (keringat) dan kelenjar serumin.

### **Kelenjar Sebacea**

Disebut juga kelenjar minyak. Bagian yang mengeluarkan kelenjar sebacea terletak didermis dan biasanya dibagian folikel rambut. Kelenjar sebacea terbuka langsung kepermukaan kulit. Kelenjar sebacea terdapat dibeberapa lokasi, seperti bibir, kelenjar penis, labia minora, dan kelenjar tarsal pada kelopak mata. Kelenjar sebacea tidak ada ditelapak tangan dan telapak kaki, akan tetapi ada di kulit wajah, leher, payudara dan bagian dada atas.

### **Kelenjar Sudoriferous**

Kelenjar Sudoriferous atau yang disebut juga kelenjar keringat (su' do-rif'er-us; sudor = sweat). Sel-sel dari kelenjar ini mengeluarkan keringat kedalam folikel rambut atau melalui pori-pori. Terdapat tiga jenis kelenjar keringat yaitu ektrin, apoektrin dan apoktrin berdasarkan jenis dan struktur sekresinya. Kelenjar ektrin memiliki fungsi sebagai pengatur suhu tubuh melalui penguapan. Kelenjar keringat ektrin tersebar diseluruh kulit tubuh, terutama dikulit dahi, telapak tangan dan telapak kaki dan paling sedikit di bagian punggung (Kolarsick et al., 2011). Sebanyak 600 ml keringat yang dihasilkan oleh kelenjar keringat ektrin setiap harinya. Sedangkan kelenjar keringat apoktrin terlibat dalam regulasi termal dan pelepasan aroma. Kelenjar keringat apoktrin pada manusia terbatas terutama pada area ketiak dan perineum, dan tidak seperti kelenjar ektrin dan apoektrin, kelenjar ini tidak terbuka langsung kepermukaan kulit. Kelenjar keringat apoktrin mengembangkan bagian

sekretorisnya dan menjadi aktif sesaat sebelum pubertas, suatu respons yang diduga disebabkan oleh sinyal hormonal. Kelenjar keringat apoekrin berkembang selama masa pubertas dari prekursor mirip dengan ektrin yang membuka langsung ke permukaan kulit. Kelenjar keringat apoekrin memiliki tingkat sekresi sebanyak 10 kali lipat dari kelenjar ektrin dan oleh karena itu dianggap berkontribusi pada hiperhidrosis aksila (Tortora & Derrickson, 2017).

### **Kelenjar Serumin**

Kelenjar serumin adalah kelenjar keringat yang dimodifikasi ditelinga luar, yang disebut kelenjar serum yang menghasilkan sekresi seperti lilin. Bagian sekretori kelenjar serum ini terletak dilapisan subkutaneum. Saluran sekretori terbuka langsung ke permukaan saluran pendengaran eksternal (saluran telinga) atau ke saluran kelenjar sebacea. Kombinasi dari sekresi serumin dan kelenjar keringat membentuk material berwarna kekuningan (serumen). Serumen bersamaan dengan rambut disalurkan pendengaran eksternal menyediakan penghalang yang menghalangi masuknya benda asing dan serangga. Serumen juga membuat saluran menjadi kedap air dan mencegah bakteri dan jamur memasuki sel.

### **Tipe Kulit**

Meskipun kulit diseluruh tubuh memiliki struktur yang mirip, akan tetapi variasi kulit berkaitan dengan ketebalan epidermis, kekuatan, kelenturan, derajat keratinisasi, distribusi dan jenis rambut, kepadatan dan tipe kelenjar, pigmentasi, vaskularisasi (suplai darah), dan persarafan. Berdasarkan sifat struktural dan fungsi maka ada dua jenis kulit utama; kulit tipis (berbulu) dan kulit tebal (tidak berbulu). Tebal tipisnya kulit tergantung pada jumlah lapisan di stratum korneum.

## **6.4 Fungsi Kulit**

Berbagai fungsi sistem integral (terutama kulit) termasuk pengaturan suhu/termoregulasi, penyimpanan darah, perlindungan, sensasi kulit, ekskresi dan absorpsi dan sintesa vitamin D.

### 6.4.1 Termoregulasi

Termoregulasi adalah pengaturan homeostatis suhu tubuh. Kulit berkontribusi terhadap termoregulasi dengan mengeluarkan keringat dipermukaan kulit dengan menyesuaikan aliran darah didermis. Hal ini dipengaruhi oleh suhu lingkungan yang tinggi atau panas yang dihasilkan melalui kegiatan seperti olahraga, yang menyebabkan produksi keringat dari kelenjar keringat ektrin meningkat; keringat yang menguap dari permukaan kulit membantu menurunkan suhu tubuh. Selain itu, pembuluh darah didermis kulit membesar (menjadi lebih lebar), hal ini menyebabkan lebih banyak darah yang mengalir melalui dermis, sehingga meningkatkan jumlah kehilangan panas dari tubuh. Pada kondisi suhu lingkungan yang rendah, produksi keringat menurun, hal ini berarti menghemat panas. Selain itu, pembuluh darah didermis kulit mengerut (menyempit), yang mengurangi aliran darah melalui kulit dan mengurangi kehilangan panas dari tubuh.

### 6.4.2 Reservoir darah

Dermis menampung jaringan pembuluh darah yang luas yang membawa sekitar 8-10% dari total aliran darah pada dewasa yang beristirahat. Oleh karena itu, untuk alasan ini, kulit berperan sebagai penampung darah.

### 6.4.3 Perlindungan

Kulit memberi perlindungan pada tubuh dalam berbagai cara. Sebagai contoh, keratin memiliki fungsi melindungi jaringan dibawahnya dari mikroba, abrasi, panas dan bahan kimia. Lipid yang dilepaskan oleh butiran lamelar menghambat penguapan air dari permukaan kulit, sehingga mencegah terjadinya dehidrasi. Selain itu juga menghambat masuknya air keseluruhan permukaan kulit selama mandi dan berenang. Sebum dari kelenjar sebacea membuat kulit dan rambut tidak mengering dan mengandung bahan kimia bakterisida (zat yang dapat membunuh bakteri). PH asam dari keringat menghambat pertumbuhan mikroba (Tortora & Derrickson, 2013). Pigmen melanin juga membantu melindungi dari efek sinar ultraviolet yang merusak. Dua jenis sel menjalankan fungsi pelindung yang bersifat imunologis yaitu makrofag intraepidermal dan makrofag phagocytize. Makrofag intraepidermal memperingatkan sistem kekebalan terhadap keberadaan penyerang mikroba yang berpotensi berbahaya dengan mengenali dan memprosesnya, sedangkan makrofag phagocytize menghalangi masuknya bakteri dan virus.

#### 6.4.4 Sensasi kutan/kulit

Sensasi kutan adalah sebuah sensasi yang muncul di area kulit termasuk sensasi taktil seperti tekanan, sentuhan, getar dan gelitik serta sensasi seperti kehangatan dan kesejukan. Sensasi kulit lainnya adalah nyeri yang merupakan indikasi dari kerusakan jaringan.

#### 6.4.5 Ekskresi dan Absorpsi

Kulit biasanya memiliki peran kecil dalam ekskresi, penyerapan dan penghapusan zat dari tubuh. Meskipun stratum korneum bersifat hampir kedap air, sekitar 400 ml air menguap setiap hari. Orang yang tidak bergerak banyak kehilangan 200 ml tambahan perhari sebagai keringat; sedangkan orang yang aktif secara fisik kehilangan lebih banyak lagi. Selain mengeluarkan air dan panas dari tubuh, keringat juga merupakan sebuah kendaraan dalam mengekskresi sejumlah kecil garam, karbondioksida, dan molekul organik yang dihasilkan dari pemecahan protein, amonia dan urea (Tortora & Derrickson, 2017).

#### 6.4.6 Sintesis Vitamin D

Sintesis vitamin D membutuhkan aktivasi molekul prekursor dikulit oleh sinar Ultraviolet (UV) dibawah sinar matahari. Enzim dihati dan ginjal kemudian memodifikasii molekul yang diaktifkan, sehingga menghasilkan kalsitriol, yaitu bentuk paling aktif dari vitamin D. Kalsitriol adalah hormon yang membantu dalam penyerapan kalsium dari makanan disaluran cerna kedalam darah. Hanya sedikit paparan sinar UV (sekitar 10 hingga 15 menit setidaknya dua kali seminggu) yang diperlukan untuk sintesis vitamin D. Orang yang menghindari dari paparan sinar matahari serta individu yang tinggal diiklim utara yang lebih dingin mungkin memerlukan suplemen vitamin D untuk menghindari defisiensi vitamin D. Kebanyakan sel sistem kekebalan memiliki reseptor vitamin D, dan sel tersebut mengaktifkan vitamin D sebagai respon terhadap infeksi, terutama infeksi saluran pernafasan, seperti influenza. Vitamin D dapat meningkatkan aktivitas fagositik, meningkatkan produksi zat antimikroba dalam fagosit, mengatur fungsi kekebalan dan membantu mengurangi peradangan.

### 6.4.7 Menyeimbangkan Homeostasis: Penyembuhan luka

Kerusakan kulit memicu serangkaian kejadian yang memperbaiki struktur dan fungsi kulit menjadi normal (atau mendekati normal). Ada dua macam proses penyembuhan luka yang dapat terjadi, bergantung pada kedalaman cedera. Penyembuhan luka epidermis terjadi setelah luka yang hanya mengenai epidermis; penyembuhan luka dalam terjadi setelah luka yang menembus dermis.

#### **Penyembuhan Luka Epidermis**

Meskipun bagian tengah dari luka epidermis dapat meluas ke dermis, tepi luka biasanya hanya melibatkan sedikit kerusakan pada sel epidermis superfisial. Jenis luka epidermis yang umum termasuk lecet, dimana sebagian kulit terkelupas dan luka bakar ringan.

Menanggapi cedera epidermal, sel basal epidermis yang mengelilingi luka memutuskan kontak dengan membran basal. Sel-sel tersebut kemudian membesar dan bermigrasi melintasi luka. Sel tampak bermigrasi sebagai lembaran sampai sel maju dari sisi berlawanan dari luka bertemu. Ketika sel-sel epidermis bertemu satu sama lain, mereka bermigrasi karena respons seluler yang disebut penghambatan kontak. Migrasi sel epidermis berhenti sepenuhnya ketika masing-masing akhirnya bersentuhan dengan sel epidermis lainnya disemua sisi.

#### **Penyembuhan Luka Dalam**

Penyembuhan luka dalam terjadi ketika adanya luka yang melewati dermis dan lapisan subkutan. Beberapa lapisan jaringan harus diperbaiki, proses penyembuhan lebih kompleks dari penyembuhan luka epidermis. Sebagai tambahan, karena jaringan luka terbentuk, jaringan yang sembuh hilang beberapa dari fungsinya. Penyembuhan luka dalam terjadi dalam empat fase yaitu (Tortora & Derrickson, 2017):

##### a. Fase Inflamasi

Selama fase inflamasi, gumpalan darah terbentuk diluka dan secara sistematis menyatukan tepi luka. Sesuai dengan namanya, fase penyembuhan luka melibatkan peradangan, respons vaskular dan seluler yang membantu menghilangkan mikroba, benda asing, dan jaringan yang sekarat sebagai persiapan untuk perbaikan. Vasodilatasi dan peningkatan permeabilitas pembuluh darah yang berhubungan dengan inflamasi meningkatkan

pengiriman sel yang membantu. Ini termasuk sel darah putih fagositik yang disebut neutrofil; monosit yang berkembang menjadi makrofag yang memfagositosis mikroba; dan sel mesenkim, yang berkembang menjadi fibroblas

#### b. Fase Migrasi, Granulasi dan Proliferasi

Tiga fase berikutnya melakukan pekerjaan untuk memperbaiki luka. Pada fase migrasi, bekuan menjadi keropeng, dan sel epitel bermigrasi dibawah keropeng untuk menjembatani luka. Fibroblast bermigrasi disepanjang benang fibrin dan mensintesis jaringan parut (serat kolagen dan glikoprotein), dan pembuluh darah yang rusak mulai tumbuh kembali. Selama fase ini, jaringan yang mengisi luka disebut granulasi. Fase proliferasi ditandai dengan pertumbuhan luas sel epitel dibawah keropeng, deposisi oleh fibroblas serat kolagen dalam pola acak, dan pertumbuhan pembuluh darah yang berkelanjutan. Akhirnya selama fase pematangan, keropeng mengelupas setelah epidermis dikembalikan ke k normal. Serat kolagen menjadi lebih teratur, fibroblas berkurang jumlahnya, dan pembuluh darah kembali normal.

Fibrosis adalah proses pembentukan jaringan parut. Kadang-kadang begitu banyaknya jaringan parut yang terbentuk selama penyembuhan luka dalam sehingga bekas luka-yang terangkat diatas permukaan epidermis normal terjadi. Jika bekas luka seperti itu tetap berada dalam batas luka asli, itu adalah bekas luka hipertrofik. Jika melampaui batas kejaringan normal disekitarnya, maka disebut bekas luka keloid/Cheloid. Jaringan parut berbeda dari kulit normal karena serat kolagennya lebih padat, elastisitasnya menurun, pembuluh darahnya lebih sedikit dan mungkin memiliki atau tidak memiliki rambut, kelenjar kulit, atau struktur sensorik yang sama dengan kulit yang tidak rusak. Karena susunan serat kolagen dan kelangkaan pembuluh darah, bekas luka biasanya berwarna lebih terang dari kulit normal.

### 6.4.8 Perkembangan Sistem Integumen

Perkembangan kulit dimulai dari saat fetus usia 5-6 bulan, bayi yang akan lahir ditutupi oleh lanugo (rambut yang tipis). Saat bayi lahir, kulit nya tertutupi oleh vernix caseosa berwarna putih yang terlihat seperti keju yang diproduksi oleh kelenjar sebacea yang melindungi kulit bayi saat berada dirahim ibu yang dipenuhi dengan air. Selanjutnya juga terdapat milia di bagian hidung dan dahi yang berasal dari kelenjar sebacea. Kulit bayi sangat tipis dan pembuluh darah sangat mudah terlihat. Saat beranjak dewasa, kulit

akan berubah menjadi lebih berminyak karena kelenjar sebacea aktif dan jerawat mungkin muncul. Polusi, bakteri, matahari, angin, dan berbagai faktor lain membuat kulit menjadi berjerawat, inflamasi atau masalah kulit lainnya.

Kulit mulai mengalami perubahan pada saat usia 40 tahun. Serat kolagen di dermis mulai menurun secara jumlah, serat mulai kehilangan elastisitas nya. Saat usia menua, jumlah jaringan subkutan menurun yang mengakibatkan seorang lansia intolerant terhadap dingin. Berkurangnya produksi minyak membuat kulit kering yang dapat mengakibatkan gatal. Seiring berjalannya usia, kulit menjadi tipis, kering, elastisitas kulit berkurang membuat kulit jadi lebih mudah terjadinya injuri. Pada rambut, menurunnya melanosit mengakibatkan rambut berwarna abu abu dan terjadi pigmentasi kulit. Kerontokan rambut meningkat karna folikel rambut berhenti memproduksi rambut (Marieb, 2012; Tortora & Derrickson, 2017).

# **Bab 7**

## **Anatomi dan Fisiologi Sistem Pencernaan**

### **7.1 Pendahuluan Sistem Pencernaan**

Sistem pencernaan adalah sistem yang membantu dalam mencerna makanan yang dikonsumsi sehingga mudah dicerna oleh tubuh yang berguna untuk menghasilkan energi bagi seluruh anggota tubuh. Makanan yang diserap berupa nutrisi dibantu oleh enzim untuk memecah molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana sehingga mudah diserap oleh tubuh. Pencernaan adalah pemecahan makanan secara mekanik dan kimiawi menjadi bentuk yang lebih sederhana sehingga dapat diserap oleh sel tubuh kita. Organ gastrointestinal (saluran pencernaan) membentang dari mulut ke anus. Organ ini adalah mulut, faring, esofagus (kerongkongan), lambung, usus kecil, usus besar, dan lubang anus. Organ aksesori meliputi gigi, lidah, kelenjar saliva, hati, kantung empedu, dan pankreas.

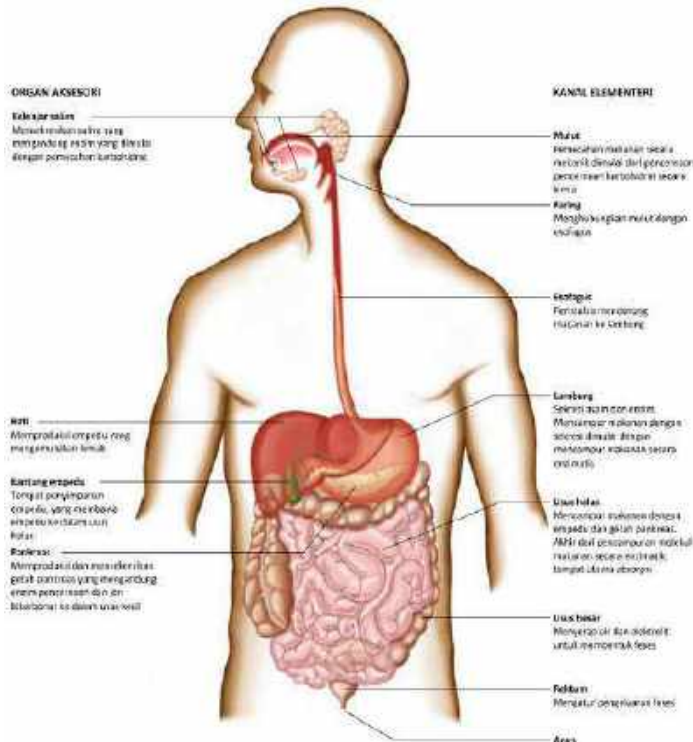
Sistem pencernaan terdiri dari saluran pencernaan, satu tabung memanjang dari mulut ke anus, dan organ aksesori yang berhubungan, terutama kelenjar yang terletak di luar saluran pencernaan yang mensekresikan cairan di dalamnya. Makanan dipecah, sedikit demi sedikit, sampai menjadi molekul yang cukup kecil untuk diserap dan produk sisa dieliminasi. Saluran



pencernaan disebut juga *alimentary tract* atau *alimentary canal* (saluran gastrointestinal), terdiri dari tabung panjang yang berkesinambungan yang membentang dari mulut ke anus (Booth Kathryn, Wyman Terri, 2007).

Lidah dan gigi adalah struktur aksesori yang terletak di mulut. Kelenjar ludah, hati, kantung empedu, dan pankreas bukan bagian dari saluran pencernaan dan memiliki peran dalam pencernaan. Secara teknis, istilah saluran gastrointestinal hanya mengacu pada lambung dan usus tetapi sering digunakan sebagai nama lain untuk saluran pencernaan.

Berikut gambar anatomi sistem pencernaan mulai mulut hingga anus.



**Gambar 7.1:** Organ Utama Sistem Pencernaan (Booth Kathryn, Wyman Terri, 2007)

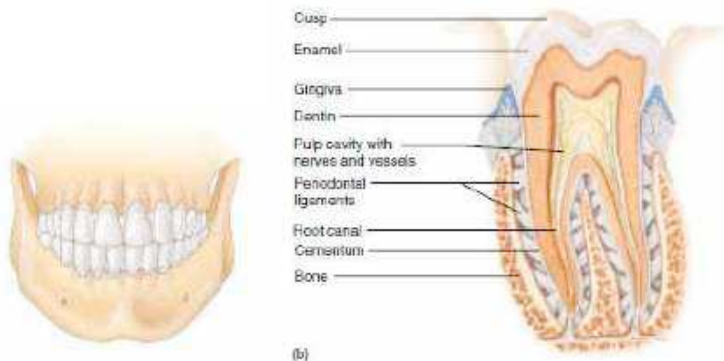
## 7.2 Anatomi dan Fisiologi Saluran Pencernaan

Berikut dijelaskan anatomi dan fisiologi sistem pencernaan mulai mulut hingga anus.

### 1. Mulut

Mulut merupakan suatu rongga terbuka tempat masuknya makanan dan air. Mulut merupakan jalan masuk untuk sistem pencernaan. Bagian dalam dari mulut dilapisi oleh selaput lendir. Pengecapan dirasakan oleh organ perasa yang terdapat di permukaan lidah. Pengecapan relatif sederhana, terdiri dari manis, asam, asin dan pahit.

Menurut Raven (2007) salah satu bagian mulut yang berperan penting bagi pencernaan manusia adalah gigi. Gigi berfungsi mengunyah makanan sehingga makanan menjadi halus (proses pencernaan mekanik). Sebuah gigi mempunyai mahkota, leher, dan akar. Mahkota gigi menjulang di atas gusi, lehernya dikelilingi gusi dan akarnya berada di bawahnya.



**Gambar 7.2:** (a) Gigi manusia tanpa pak depan, (b) Penampang Lapisan Gigi (Raven, 2007)

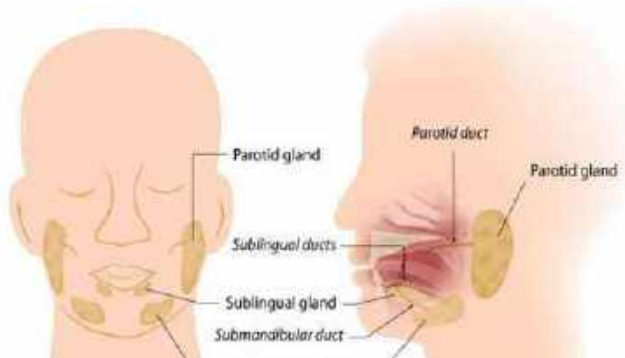
Setiap gigi memiliki bentuk mahkota gigi yang berbeda-beda. Gigi seri berbentuk seperti pahat runcing, dan gigi geraham berbentuk agak silindris dengan permukaan lebar dan datar berlekuk-lekuk dan gigi taring yang berbentuk seperti pahat runcing.

Lapisan-lapisan gigi adalah sebagai berikut:

1. Email: Email adalah lapisan/jaringan keras yang melapisi bagian mahkota gigi yang mengandung kalsium. Fungsi Email gigi adalah untuk melindungi tulang gigi di bagian luar gigi manusia.
2. Dentin: Tulang dentin adalah lapisan/jaringan yang dibentuk oleh zat kapur berwarna kekuningan yang terdapat setelah lapisan Email.
3. Pulpa (Rongga gigi): Pulpa adalah lapisan yang terdapat pembuluh darah untuk memelihara seluruh gigi, dan serabut-serabut saraf yang mendeteksi, tekanan, panas, dingin, dan sakit. Pembuluh darah dan saraf menjulur ke akar gigi.
4. Semen: Semen adalah lapisan keras yang memiliki konstruksi yang kuat melapisi akar gigi. Semen/sementrum merupakan lapisan pada akar gigi yang berdamping/bertasan langsung dengan tulang rahang di mana daerah tersebut tempat tumbuhnya gigi manusia

Selain gigi, kelenjar ludah merupakan bagian di dalam mulut yang membantu proses pencernaan. Kelenjar ludah menghasilkan ludah atau air liur (saliva). Kelenjar ludah dalam rongga mulut ada 3 pasang, yaitu:

1. Kelenjar parotis, terletak di bawah telinga yang menghasilkan ludah yang berbentuk cair dan mengandung enzim ptialin/amilase
2. Kelenjar Submandibularis/Kelenjar Submaksilaris terletak di rahang bawah yang menghasilkan getah yang mengandung air dan lendir
3. Kelenjar sublingualis, terletak di bawah lidah yang menghasilkan getah yang mengandung air dan lender (Pearce, 2016).



**Gambar 7.3:** Kelenjar Saliva/Ludah (P. Raven, 2007)

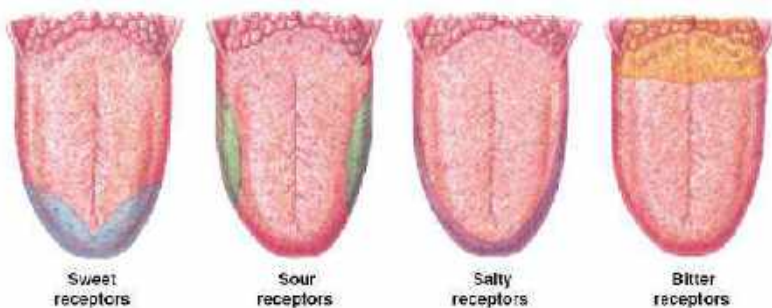
Ludah mengandung musin berfungsi untuk melumasi makanan sehingga memudahkan penelanan makanan. Selain itu ludah juga berfungsi sebagai penghasil enzim yang membantu proses pencernaan kimiawi dalam mulut. Di dalam ludah terdapat enzim Amilase. Enzim amilase berfungsi menghidrolisis pati (polimer glukosa dari tumbuhan) dan glikogen (polimer glukosa dari hewan) menjadi polisakarida yang lebih sederhana dan maltosa disakarida. Maltosa mudah dicerna oleh organ pencernaan selanjutnya. Enzim amilase bekerja dengan baik pada pH antara 6,8-7 dan suhu 37°C. Komponen-komponen tambahan ludah mencakup bufer, yang membantu mencegah kerusakan gigi dengan menetralkan asam, dan agen-agen antibakteri, yang berfungsi melindungi dari mikroorganisme yang memasuki mulut bersama makanan (P. Raven, 2007).

Bagian selanjutnya dalam mulut yang membantu proses pencernaan adalah lidah. Lidah merupakan suatu massa otot lurik yang diliputi oleh membran mukosa. Serabut-serabut otot satu sama lain saling bersilangan dalam 3 bidang, berkelompok dalam berkas-berkas, biasanya dipisahkan oleh jaringan penyambung. Pada permukaan bawah lidah, membran mukosanya halus, sedangkan permukaan dorsalnya ireguler, diliputi oleh banyak tonjolan-tonjolan kecil yang dinamakan papilae. Papilae lidah merupakan tonjolan-tonjolan epitel mulut dan lamina propria yang diduga bentuk dan fungsinya berbeda.

Terdapat 4 jenis papilae pada lidah, yaitu sebagai berikut.

1. Papilae filiformis. Papilae filiformis mempunyai bentuk penonjolan langsing dan konis, sangat banyak, dan terdapat di seluruh permukaan lidah. Epitelnya tidak mengandung puting kecap (reseptor).
2. Papilae fungiformis. Papilae fungiformis menyerupai bentuk jamur karena mempunyai tangkai sempit dan permukaan atasnya melebar. Papilae ini mengandung puting pengecap yang tersebar pada permukaan atas, secara tidak teratur terdapat di sela-sela antara papilae filiformis yang banyak jumlahnya.
3. Papilae foliatae. Papilae folitae tersusun sebagai tonjolan-tonjolan yang sangat padat sepanjang pinggir lateral belakang lidah. Papilae ini mengandung banyak puting kecap.
4. Papilae circumvallatae. Papilae circumfalatae merupakan papilae yang sangat besar yang permukaannya pipih meluas di atas papilae lain. Papilae circumvallatae tersebar pada daerah “V” pada bagian posterior lidah (Martini F, 2010).

Pada papilla ini terdapat alat pengecap (taste-bud) untuk mengenal rasa manis, asin, asam (di ujung depan), dan pahit (di pangkal lidah). Di samping itu, lidah juga mempunyai ujung-ujung saraf perasa yang dapat menangkap sensasi panas dan dingin.



**Gambar 7.4:** Alat Pengecap (Kent Van De Graaff, 2001)

Banyak kelenjar mukosa dan serosa mengalirkan isinya ke dalam alur dalam yang mengelilingi pinggir masing-masing papila. Susunan yang menyerupai

parit ini memungkinkan aliran cairan yang kontinyu di atas banyak puting kecap yang terdapat sepanjang sisi papilae ini. Aliran sekresi ini penting untuk menyingkirkan partikel-partikel dari sekitar puting kecap sehingga mereka dapat menerima dan memproses rangsangan pengencapan yang baru. Selain kelenjar-kelenjar serosa yang berkaitan dengan jenis papilae ini, terdapat kelenjar mukosa dan serosa kecil yang tersebar di seluruh dinding rongga mulut lain-epiglottis, pharynx, palatum, dan sebagainya-untuk memberi respon terhadap rangsangan kecap (Anderson, 2008; Syaifuddin, 2012, Pearce, 2016).

## 2. Tenggorakan (Faring)

Merupakan penghubung antara rongga mulut dan kerongkongan. Di dalam lengkung faring terdapat tonsil (amandel) yaitu kelenjar limfe yang banyak mengandung kelenjar limfosit dan merupakan pertahanan terhadap infeksi, disini terletak persimpangan antara jalan nafas dan jalan makanan, letaknya dibelakang rongga mulut dan rongga hidung, di depan ruas tulang belakang. Keatas bagian depan berhubungan dengan rongga hidung, dengan perantaraan lubang bernama koana, keadaan tenggorakan berhubungan dengan rongga mulut dengan perantaraan lubang yang disebut ismus fausium.

Tenggorakan terdiri dari 3 bagian sebagai berikut:

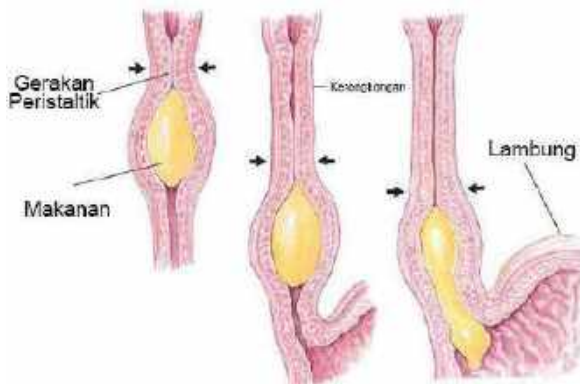
- a. Bagian superior. Bagian ini disebut nasofaring. Pada nasofaring bermuara tuba yang menghubungkan tekak dengan ruang gendang telinga.
- b. Bagian media. Bagian ini merupakan bagian yang sama tinggi dengan mulut. Bagian media disebut dengan orofaring. Bagian ini berbatas kedepan sampai diakar lidah.
- c. Bagian inferior. Bagian ini merupakan bagian yang sama tinggi dengan laring. Bagian inferior disebut dengan laring gofaring yang menghubungkan orofaring dengan laring (Pearce, 2016).

## 3. Kerongkongan (Esofagus)

Kerongkongan adalah tabung (tube) berotot pada vertebrata yang dilalui sewaktu makanan mengalir dari bagian mulut ke dalam lambung. Sering juga disebut dengan esophagus (dari bahasa Yunani). Panjang kerongkongan  $\pm$  20 cm dan lebar  $\pm$  2 cm. Organ ini berfungsi untuk menghubungkan mulut dengan lambung.

Makanan berjalan melalui kerongkongan dengan menggunakan proses peristaltik. Gerak peristaltik kerongkongan meliputi gerakan melebar, menyempit, bergelombang, dan meremas-remas agar makanan terdorong ke lambung. Di kerongkongan, zat makanan tidak mengalami pencernaan. Makanan didorong ke esofagus menuju lambung secara peristalsis. Dua otot lingkaran (sfingter), otot lingkaran esofagus atas di bagian atas esofagus dan otot lingkaran kardia (otot lingkaran esofagus bawah) di dasar esofagus, mengendalikan pergerakan makanan ke dalam dan ke luar esofagus.

Menurut histologi, Esofagus dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian superior (sebagian besar adalah otot rangka), bagian tengah (campuran otot rangka dan otot halus), dan bagian inferior (terutama terdiri dari otot halus) (Anderson, 2008; Syaifuddin, 2012, Pearce, 2016).



**Gambar 7.5:** Kerongkongan/Esofagus (Anderson, 2008)

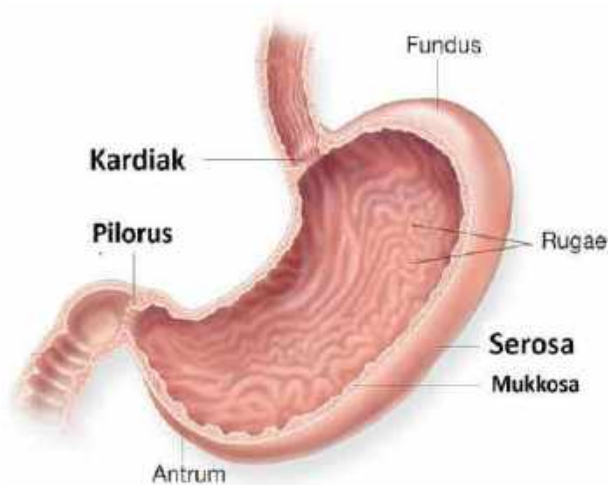
#### 4. Lambung

Lambung merupakan organ berbentuk seperti kantong yang terdiri dari dinding berotot. Di lambung, terjadi sistem pencernaan mekanik di mana makanan dan minuman diremas dan diaduk menjadi bubur makanan (kim) oleh otot polos.

Lambung dibagi menjadi tiga daerah, yaitu sebagai berikut.

- a. Kardiak, yaitu bagian lambung yang paling pertama untuk tempat masuknya makanan dari kerongkongan (esofagus).

- b. Fundus, yaitu bagian lambung tengah yang berfungsi sebagai penampung makanan serta proese pencernaan secara kimiawi dengan bantuan enzim.
- c. Pylorus, yaitu bagian lambung terakhir yang berfungsi sebagai jalan keluar makanan menuju usus halus.



**Gambar 7.6:** Lambung (Sloane, 2016)

Fungsi Lambung adalah:

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



4. Produksi mukus. Mukus yang dihasilkan dari kelenjar membentuk barier setebal 1 mm untuk melindungi lambung dari aksi pencernaan dari sekresinya sendiri.
5. Produksi faktor intrinsik
  - a. Faktor intrinsik adalah glikoprotein yang disekresi sel parietal
  - b. Vitamin B12, yang didapat dari makanan yang dicerna lambung, terikat pada faktor intrinsik. Kompleks faktor intrinsik vitamin B12 dibawa ke ileum usus halus, tempat vitamin B12 diabsorpsi.
6. Absorpsi. Absorpsi nutrien yang berlansung dalam lambung hanya sedikit. Beberapa obat larut lemak (aspirin) dan alkohol diabsorpsi pada dinding lambung. Zat terlarut dalam air terabsorpsi dalam jumlah yang tidak jelas (Sloane, 2016).

Menurut McGuire (2012) di bagian dinding lambung sebelah dalam terdapat kelenjar-kelenjar yang menghasilkan getah lambung. Aroma, bentuk, warna, dan selera terhadap makanan secara refleks akan menimbulkan sekresi getah lambung. Getah lambung mengandung asam lambung (HCl), pepsin, musin, dan renin. Asam lambung berperan sebagai pembunuh mikroorganisme dan mengaktifkan enzim pepsinogen menjadi pepsin.

- a. Pepsin merupakan enzim yang dapat mengubah protein menjadi molekul yang lebih kecil.
- b. Musin merupakan mukosa protein yang melicinkan makanan.
- c. Renin merupakan enzim khusus yang hanya terdapat pada mamalia, berperan sebagai kaseinogen menjadi kasein. Kasein digumpalkan oleh  $\text{Ca}^{2+}$  dari susu sehingga dapat dicerna oleh pepsin. Tanpa adanya renin susu yang berwujud cair akan lewat begitu saja di dalam lambung dan usus tanpa sempat dicerna.
- d. HCl (Asam Klorida) merupakan asam yang berfungsi sebagai enzim, yang berguna untuk membunuh kuman dan bakteri pada makanan.

Kerja enzim dan pelumatan oleh otot lambung mengubah makanan menjadi lembut seperti bubur, disebut chyme (kim) atau bubur makanan. Otot lambung bagian pilorus mengatur pengeluaran kim sedikit demi sedikit dalam duodenum. Caranya, otot pilorus yang mengarah ke lambung akan relaksasi (mengendur) jika tersentuh kim yang bersifat asam.

Sebaliknya, otot pilorus yang mengarah ke duodenum akan berkontraksi (mengerut) jika tersentuh kim. Jadi, misalnya kim yang bersifat asam tiba di pilorus depan, maka pilorus akan membuka, sehingga makanan lewat. Oleh karena makanan asam mengenai pilorus belakang, pilorus menutup. Makanan tersebut dicerna sehingga keasamannya menurun. Makanan yang bersifat basa di belakang pilorus akan merangsang pilorus untuk membuka. Akibatnya, makanan yang asam dari lambung masuk ke duodenum. Demikian seterusnya. Jadi, makanan melewati pilorus menuju duodenum segumpal demi segumpal agar makanan tersebut dapat tercerna efektif.

Di dalam lambung terjadi gerakan mengaduk. Gerakan mengaduk dimulai dari kardiak sampai di daerah pilorus. Gerakan ini bertujuan untuk mencampurkan bolus makanan dengan getah lambung yang telah disekresikan oleh kelenjar lambung. Pada saat itu terjadi digesti kimiawi oleh lambung. HCl dalam getah lambung mengaktifkan pepsinogen menjadi pepsin. Tidak seperti sebagian besar enzim lainnya, pepsin bekerja paling baik dalam suasana asam. Pepsin ini memutuskan ikatan-ikatan peptida, sehingga mampu memecah protein menjadi polipeptida yang lebih kecil.

Campuran dari bolus makanan dan enzim ini berubah menjadi bubur kayanutrien yang asam, dikenal dengan kimus. Kimus kemudian menuju sfingter pilorus akan diteruskan ke dalam usus halus dengan jangka waktu 2-6 jam setelah makan (Sherwood, 2009).

## 5. Usus Halus

Usus halus atau disebut juga dengan usus kecil adalah bagian dari saluran pencernaan yang terletak di antara lambung dan usus besar. Usus halus secara anatomi terdiri dari tiga bagian yaitu usus dua belas jari (duodenum), usus kosong (jejunum), dan usus penyerapan (ileum). Pada usus dua belas jari terdapat dua muara saluran yaitu dari pankreas dan kantung empedu. Dinding usus kaya akan pembuluh darah yang mengangkut zat-zat yang diserap ke hati melalui vena porta. Dinding usus melepaskan lendir (yang melumasi isi usus) dan air (yang membantu melarutkan pecahan-pecahan makanan yang dicerna). Dinding usus juga melepaskan sejumlah kecil enzim yang mencerna protein, gula dan lemak (Anderson, 2008; Syaifuddin, 2012; Pearce, 2016; Sherwood, 2009).

Lapisan usus halus terdiri atas lapisan mukosa (sebelah dalam), lapisan otot melingkar (muskulus sirkuler), lapisan otot memanjang

(muskuluslongitudinal), dan lapisan serosa (sebelah luar). Usus halus terdiri dari tiga bagian yaitu usus dua belas jari (duodenum), usus kosong (jejunum), dan usus penyerapan (ileum).

a. Usus dua belas jari (duodenum)

Usus dua belas jari atau duodenum adalah bagian dari usus halus yang terletak setelah lambung dan menghubungkannya ke usus kosong (jejunum). Nama duodenum berasal dari bahasa Latin duodenum digitorum, yang berarti dua belas jari. Bagian usus dua belas jari merupakan bagian terpendek dari usus halus, dimulai dari bulbo duodenale dan berakhir di ligamentum Treitz. Usus dua belas jari merupakan organ retroperitoneal, yang tidak terbungkus seluruhnya oleh selaput peritoneum. Usus dua belas jari memiliki pH yang normal berkisar sembilan. Pada usus dua belas jari terdapat dua muara saluran yaitu dari pankreas dan kantung empedu. Lambung melepaskan makanan ke dalam usus dua belas jari (duodenum), yang merupakan bagian pertama dari usus halus. Makanan masuk ke dalam duodenum melalui sfingter pilorus dalam jumlah yang bisa di cerna oleh usus halus. Jika penuh, duodenum akan mengirim sinyal kepada lambung untuk berhenti mengalirkan makanan.

b. Usus Kosong (jejunum)

Usus kosong atau jejunum (terkadang sering ditulis yeyunum) adalah bagian kedua dari usus halus, di antara usus dua belas jari (duodenum) dan usus penyerapan (ileum). Jejunum diturunkan dari kata sifat jejune yang berarti “lapar” dalam bahasa Inggris modern. Arti aslinya berasal dari bahasa Latin, jejunos, yang berarti “kosong”. Pada orang dewasa, panjang seluruh usus halus antara 2-8 meter, di mana 1-2 meter adalah bagian usus kosong. Usus kosong dan usus penyerapan digantungkan dalam tubuh dengan mesenterium. Permukaan dalam usus kosong berupa membran mukus dan terdapat jonjot usus (vili), yang memperluas permukaan dari usus. Secara histologis dapat dibedakan dengan usus dua belas jari, yakni berkurangnya kelenjar Brunner. Secara histologis dapat dibedakan dengan usus penyerapan, yakni sedikitnya sel goblet dan plak Peyeri. Sedikit sulit untuk membedakan usus kosong dan usus penyerapan secara makroskopis.

c. Usus Penyerapan (illeum)

Usus penyerapan atau ileum adalah bagian terakhir dari usus halus. Pada sistem pencernaan manusia) illeum memiliki panjang sekitar 2-4 meter dan

terletak setelah duodenum dan jejunum, dan dilanjutkan oleh usus buntu. Ileum memiliki pH antara 7 dan 8 (netral atau sedikit basa) dan berfungsi menyerap vitamin B12 dan garam-garam empedu (Anderson, 2008; Syaifuddin, 2012, Pearce, 2016).

Menurut Frappier B (2006) dan Geneser F (1994) di dalam usus dua belas jari, dihasilkan enzim yang membantu proses pencernaan. Enzim dihasilkan dari dinding usus dua belas jari. Enzim tersebut diperlukan untuk mencerna makanan secara kimiawi:

1. Enterokinase, adalah enzim untuk mengaktifkan peptidase, yaitu tripsinogen yang dihasilkan pankreas menjadi tripsin, dan mengaktifkan erepsinogen menjadi erepsin.
2. Tripsin mengubah pepton menjadi asam amino dan gliserol
3. Erepsin atau dipeptidase, adalah enzim yang berfungsi untuk mengubah dipeptida atau pepton menjadi asam amino.
4. Disakarase, mengubah disakarida menjadi monosakarida, yaitu:
  - a. Maltose mengubah maltosa menjadi glukosa + glukosa
  - b. Sukrose mengubah sukrosa menjadi fruktosa + glukosa
  - c. Laktose mengubah laktosa menjadi galaktosa + glukosa
5. Lipase, mengubah trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak.
6. Jalur absorptif. Produk-produk digesti (monosakarida, asam amino, asam lemak, dan gliserol juga air, elektrolit, vitamin, dan cairan pencernaan diabsorpsi menembus membran sel epitel duodenum dan yeyunum. Hanya sedikit absorpsi yang berlangsung dalam ileum kecuali untuk garam-garam empedu dan vitamin B12.
7. Mekanisme transport absorpsi meliputi difusi, difusi terfasilitasi, transport aktif, dan pinositosis. Mekanisme utama adalah transport aktif. Zat-zat yang ditranspor dari lumen usus ke darah atau limfe harus menembus sel-sel dan cairan interselular berikut:
  - a. Membran plasma sel epithelial kolumnar pada vilus, sitoplasmanya, dan membran dasarnya.
  - b. Jaringan ikat di antara sel epitel dan kapilar atau lakteal dalam vilus.
  - c. Dinding kapilar atau lakteal yang terletak dalam inti vilus.

8. Absorpsi karbohidrat. Setiap gula sederhana dipercaya memiliki mekanisme transpornya sendiri. Gula bergerak dari usus menuju jarring-jaring kapilar vilus dan dibawa menuju hati oleh vena portal hepatica.
  - a. Absorpsi glukosa terjadi bersamaan dengan transport aktif ion natrium (ko- transpor).
  - b. Fruktosa ditranspor melalui difusi terfasilitasi yang diperantarai carrier.
  - c. Monosakarida lain dapat diabsorpsi melalui difusi sederhana.
9. Absorpsi protein. Tranpor aktif asam amino ke dalam sel-sel usus juga berlangsung bersamaan dengan transport aktif natrium, dengan sistem carrier yang terpisah untuk asam amino berbeda. Dari kapilar vilus, asam amino dibawa ke hati.
10. Absorpsi lemak. Asam lemak larut lipid dan gliserol diabsorpsi dalam bentuk micelle, yaitu suatu globulus sferikal garam empedu yang menggiling bagian berlemak. Micelle membawa asam lemak dan monoglikosiderida menuju sel epitel, tempatnya dilepas dan diabsorpsi melalui difusi pasif menuju membran sel usus.
  - a. Asam lemak berantai karbon pendek (kurang dari 10 sampai 12 atom karbon) merupakan molekul kecil yang bergerak ke dalam kapilar vilus bersama asam amino dan monosakarida.
  - b. Asam lemak berantai karbon panjang (mencapai 90% lebih dari asam lemak yang ada) dan molekul gliserol bergerak ke retikulum endoplasma, kemudian disintesis ulang menjadi trigliserida, berikatan dengan lipoprotein, fosfolipid, dan kolesterol, serta terbebas sebagai kilomikron dari tepi lateral sel usus.
  - c. Kilomikron menembus lakteal sentral vilus menuju sistem limfatik dan sirkulasi sitematik, sebelumnya melintasi (bypassing) hati.
11. Absorpsi air, elektrolit, dan vitamin
  - a. Hanya 0,5 L dari 5 L sampai 10 L cairan yang ada dalam usus halus yang mencapai usus besar. Air diabsorpsi secara pasif

melalui hukum osmosis setelah absorpsi elektrolit dan makanan tercerna.

- b. Ion dan zat renik diabsorpsi melalui difusi atau transport aktif.
- c. Absorpsi kalsium bervariasi sesuai dengan asupan makanan, kadar plasma, dan kebutuhan tubuh serta diatur oleh hormon paratiroid dan ingesti vitamin D.
- d. Absorpsi zat besi ditentukan sesuai kebutuhan metabolik. Zat besi terikat pada globulin (transferin) dalam darah dan tersimpan pada tubuh dalam bentuk feritin yang akan dilepas jika dibutuhkan.
- e. Vitamin larut air (C dan B) diabsorpsi melalui difusi. Vitamin larut lemak (A, D, E dan K) diabsorpsi bersama lemak. Absorpsi vitamin B12 bergantung pada faktor intrinsik lambung dan berlangsung dalam ileum.

Sebagian besar hidrolisis enzimatik makromolekul-makromolekul dari makanan terjadi dalam usus halus (small intestine). Di sinilah kimus dari lambung bercampur dengan getah-getah pencernaan dari pankreas, hati, dan kandung empedu, serta dari sel-sel kelenjar dari dinding usus halus itu sendiri. Hormon-hormon yang dilepaskan oleh lambung dan duodenum mengontrol sekresi-sekresi pencernaan ke dalam kanal alimentaris (Campbell, 2008).

Pankreas membantu digesti kimiawi dengan menghasilkan larutan basa yang kaya bikarbonat serta sejumlah enzim-enzim. Bikarbonat menetralisasi keasaman kimus dan bertindak sebagai bufer. Di mana enzim-enzim yang dihasilkan pankreas terdapat tripsin dan kimotripsin, protease-protease yang disekresikan ke dalam duodenum dalam bentuk inaktif. Dalam reaksi berantai yang mirip dengan aktivasi pepsin, tripsin dan kimotripsin diaktivasi ketika keduanya terletak secara aman di dalam ruang ekstraselular dalam duodenum.

Untuk digesti lemak-lemak dan lipid-lipid dimulai di dalam usus halus dengan mengandalkan produksi empedu yang diproduksi di hati, empedu mengandung garam-garam empedu yang berfungsi sebagai pengemulsi yang dalam digesti dan absorpsi lipid-lipid. Sementara hidrolisis enzimatik terus berlanjut, peristalsis menggerakkan campuran kimus dan getah-getah pencernaan di sepanjang usus halus. Sebagian besar digesti diselesaikan di

dalam duodenum, sedangkan untuk jejunum dan ileum memiliki fungsi utama dalam absorpsi nutrient-nutrien dan air.

Untuk mencapai jaringan tubuh, nutrien-nutrien di dalam lumen pertama-tama harus melintasi kanal alimentaris, sebagian penyerapan terjadi pada usus halus. Organ ini memiliki area permukaan yang sangat luas sekitar 300 m<sup>2</sup>. Lipatan-lipatan besar dalam pelapis usus memiliki penjururan-penjuluran serupa jari yang disebut vili (tunggal disebut villus). Setiap sel epitel memiliki banyak mikrovili, pada permukaan ujungnya yang terpapar ke lumen usus. Area permukaan mikrovili yang luar akan meningkatkan absorpsi nutrien

Penyerapan nutrien yang melewati sel-sel epitel melalui dua cara yaitu secara aktif dan pasif, tergantung dari jenis nutriennya. Contoh penyerapan secara aktif adalah gula fruktosa. Gula fruktosa bergerak melalui difusi yang terfasilitasi menuruni gradient konsentrasinya dari lumen usus halus ke dalam sel-sel epitel. Dari situ fruktosa meninggalkan permukaan basal dan diserap ke dalam pembuluh-pembuluh darah kapiler pada bagian tengah masing-masing vilus. Nutrien yang lain seperti asam amino, peptide kecil, vitamin, dan sebagian besar glukosa dapat diserap dengan cara yang sama (Campbell, 2008).

Adapun untuk beberapa produk digesti lemak (trigliserida) justru mengambil jalur yang berbeda dalam penyerapannya. Setelah diserap oleh sel-sel epitel, asam lemak dan monogliserida direkombinasikan menjadi trigliserida di dalam sel-sel tersebut. Lemak ini kemudian diselubungi oleh fosfolipid, kolesterol, dan protein, membentuk globula-globula yang terlarut dengan air, yang disebut kilomikron. Selanjutnya sisa-sisa makanan masuk ke usus besar (kolon)

## 6. Usus Besar

Dalam pencernaan makanan telah terjadi di usus kecil, dan hanya air dan penyerapan garam yang terjadi di usus besar. Dengan demikian, usus besar membantu dalam menjaga keseimbangan cairan darah.

Secara umum, usus besar pada manusia memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Untuk menyimpan dan eliminasi sisa makanan.
- b. Menjaga keseimbangan cairan dan elektrolit, dengan cara menyerap air.
- c. Untuk mendegradasi bakteri.

Usus besar manusia terbagi menjadi 4 bagian yakni Ascenden, Descenden, Transversal dan Sigmoid.

- a. Bagian Ascenden (colon ascenden) merupakan bagian usus besar yang mengarah ke atas dan berbatasan langsung dengan usus halus. Untuk fungsi colon ascenden ialah untuk menyerap nutrisi yang belum terserap usus halus, menyerap air, dan memadatkan feses.
- b. Bagian Transversal (colon transversal) merupakan kelanjutan dari colon ascenden dengan arah mendatar. Fungsi utama colon transversal ialah untuk menyempurnakan penyerapan nutrisi, air, dan memadatkan feses.
- c. Bagian Descenden (colon descenden) merupakan kelanjutan dari kolon transversal dengan arah ke bawah. Fungsi colon descenden ialah sebagai penampung sementara feses sebelum di masuk ke rektum.
- d. Bagian sigmoid (colon sigmoid) merupakan kelanjutan dari colon descenden, berbentuk S dan pendek sehingga dinamakan sigmoid. Bagian ini memiliki kontraksi otot yang kuat dan berfungsi dalam menekan feses agar mudah dikeluarkan menuju rectum (Frappier BL, 2006).

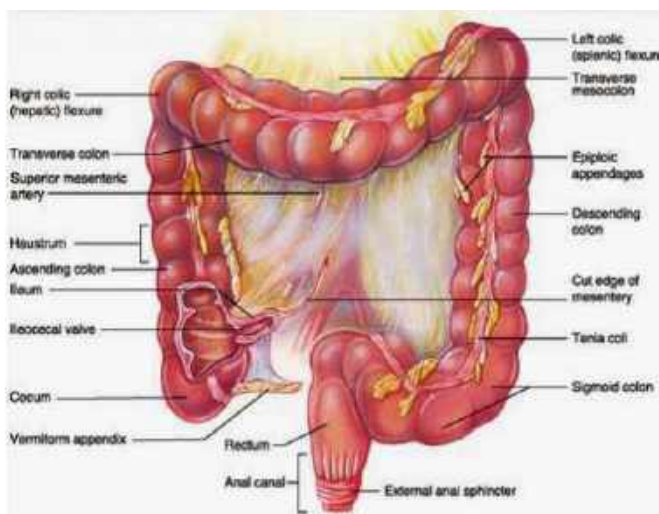
Dalam usus besar juga terdapat cecum (usus buntu), yakni bagian awal usus besar yang berbentuk kantong. Cecum juga berperan dalam penyerapan nutrisi dan air walaupun tidak signifikan. Pada cecum terdapat appendix (umbai cacing), kemungkinan merupakan sisa-sisa organ tubuh yang dimiliki nenek moyang manusia (organ vestigial), fungsi umbai cacing belum diketahui dengan jelas saat ini.

Usus besar manusia dihuni berbagai macam jenis bakteri yang menguntungkan tubuh (flora normal). Bakteri-bakteri ini akan mencerna sisa-sisa makanan yang tidak dapat dicerna sistem pencernaan manusia dan menghasilkan vitamin B dan vitamin K yang berguna bagi tubuh. Bakteri menguntungkan tersebut juga dapat mencegah berkembangnya bakteri patogen di usus besar manusia dengan cara menghambat penempelan bakteri patogen di dinding usus besar. Bakteri ini juga akan menjadi bagian dari feses sehingga menjadikan struktur feses lebih padat dan mudah di keluarkan.



Fungsi usus besar adalah:

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



**Gambar 7.7:** Struktur usus besar (Elaine N. Marieb, 2001)

Pada kolon terjadi pengaturan kadar air feces, dan terjadi gerakan peristaltik yang mendorong sisa makanan menuju rektum atau poros usus. Bila poros usus sudah penuh, maka akan timbul rangsangan untuk buang air besar (defekasi). Rangsangan ini disebut gastrokolik. Kemudian sisa-sisa makanan ditampung pada rektum hingga bisa dibuang. Ketika rektum penuh akan terjadi peningkatan tekanan di dalamnya dan memaksa dinding dari saluran anus. Paksaan ini menyebabkan feces masuk ke saluran anus. Pengeluaran feces diatur oleh otot spingter (Pearce, 2016).

## 7. Rektum dan Anus

Rektum (Bahasa Latin: *regere*, “meluruskan, mengatur”) adalah sebuah ruangan yang berawal dari ujung usus besar (setelah kolon sigmoid) dan berakhir di anus. Organ ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara feces. Biasanya rektum ini kosong karena tinja disimpan di tempat yang lebih tinggi, yaitu pada kolon desendens. Jika kolon desendens penuh dan tinja masuk ke dalam rektum, maka timbul keinginan untuk buang air besar (BAB).

Mengembangnya dinding rektum karena penumpukan material di dalam rektum akan memicu sistem saraf yang menimbulkan keinginan untuk melakukan defekasi. Jika defekasi tidak terjadi, sering kali material akan dikembalikan ke usus besar, di mana penyerapan air akan kembali dilakukan. Jika defekasi tidak terjadi untuk periode yang lama, konstipasi dan pengerasan feces akan terjadi. Orang dewasa dan anak yang lebih tua bisa menahan keinginan ini, tetapi bayi dan anak yang lebih muda mengalami kekurangan dalam pengendalian otot yang penting untuk menunda BAB (Anderson, 2008; Syaifuddin, 2012; Pearce, 2016; Sherwood, 2009).

Anus merupakan lubang di ujung saluran pencernaan, di mana bahan limbah keluar dari tubuh. Sebagian anus terbentuk dari permukaan tubuh (kulit) dan sebagian lainnya dari usus. Pembukaan dan penutupan anus diatur oleh otot sphinkter. Feces dibuang dari tubuh melalui proses defekasi (buang air besar – BAB), yang merupakan fungsi utama anus. Sistem pencernaan juga meliputi organ-organ yang terletak diluar saluran pencernaan, yaitu pankreas, hati dan kandung empedu.

## 8. Pankeas

Pankreas adalah organ pada sistem pencernaan yang memiliki dua fungsi utama yaitu menghasilkan enzim pencernaan serta beberapa hormon penting

seperti insulin. Pankreas terletak pada bagian posterior perut dan berhubungan erat dengan duodenum (usus dua belas jari). Pankreas terdiri dari 2 jaringan dasar yaitu Asini yang menghasilkan enzim-enzim pencernaan, dan pulau pankreas yang menghasilkan hormon.

Beberapa fungsi dari pankreas adalah:

- a. Mengatur keseimbangan kadar gula dalam darah melalui pengeluaran glukagon, yang menambah kadar gula dalam darah dengan mempercepat tingkat pelepasan dari hati.
- b. Meregulasi gula darah. Pengurangan kadar gula dalam darah dengan mengeluarkan insulin yang mana mempercepat aliran glukosa ke dalam sel pada tubuh, terutama otot. Insulin juga merangsang hati untuk mengubah glukosa menjadi glikogen dan menyimpannya di dalam sel-selnya.

Pankreas melepaskan enzim pencernaan ke dalam duodenum dan melepaskan hormon ke dalam darah. Enzim yang dilepaskan oleh pankreas akan mencerna protein, karbohidrat dan lemak. Enzim proteolitik memecah protein ke dalam bentuk yang dapat digunakan oleh tubuh dan dilepaskan dalam bentuk inaktif. Enzim ini hanya akan aktif jika telah mencapai saluran pencernaan. Pankreas juga melepaskan sejumlah besar sodium bikarbonat, yang berfungsi melindungi duodenum dengan cara menetralkan asam lambung (Anderson, 2008; Syaifuddin, 2012; Pearce, 2016; Sherwood, 2009).

## 9. Hati

Hati merupakan sebuah organ terbesar di dalam badan manusia dan memiliki berbagai fungsi, beberapa di antaranya berhubungan dengan pencernaan. Istilah medis yang bersangkutan dengan hati biasanya dimulai dalam hepat atau hepatic dari kata Yunani untuk hati, hepar. Organ ini memainkan peran penting dalam metabolisme dan memiliki beberapa fungsi dalam tubuh termasuk penyimpanan glikogen, sintesis protein plasma, dan penetralan obat. Hati juga memproduksi bile, yang penting dalam pencernaan.

Fungsi hati untuk sistem pencernaan maupun untuk sistem ekskresi pada tubuh adalah :

1. Sebagai detoksifikasi (sebagai penawar atau penetral untuk racun).  
Hati menurut fungsi ini dapat menghilangkan racun-racun yang

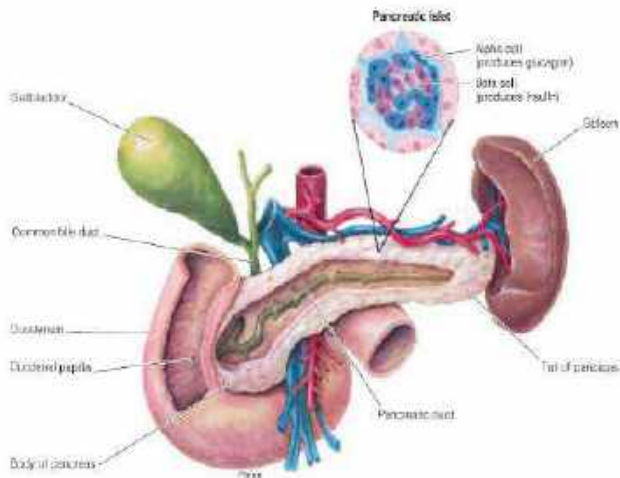
- terdapat di dalam tubuh contohnya yaitu alkohol dan juga obat-obatan.
2. Pembuat protein plasma , plasma darah itu sendiri berwarna bening yang terdiri dari bahan-bahan organik dan juga anorganik seperti oksigen, hydrogen, nitrogen dan kebanyakan dari protein plasma banyak sekali mengandung sulfur.
  3. Pengontrol sirkulasi tubuh. Setiap yang hidup pasti memiliki darah, darah ini dikontrol oleh hati seperti arteri dan vena.
  4. Dengan bantuan hermatin dapat menyempurnakan sel darah merah.
  5. Membuang zat-zat yang tidak baik untuk tubuh (zat bilirubin) melalui sistem ekskresi.
  6. Sebagai media untuk penyimpanan mineral yang diperlukan di dalam sistem peredaran darah salah satu contohnya yaitu zat besi.
  7. Sebagai pengontrol gula darah dalam artian disini menyimpan glikogen (gula otot) sebagai hasil daripada pengubahan dari glukosa karena hormone insulin.
  8. Hati di fungsikan sebagai pengeluar atau pemanggil protrombin dan juga fibrinogen untuk mencegah terjadinya penggumpalan darah.
  9. Menyimpan zat makanan yang sebelumnya sudah diabsorpsi di dalam usus. Zat makanan ini di simpan untuk dibutuhkan pada masa-masa tertentu.
  10. Sebagai pembuang kelebihan pembuluh darah di dalam tubuh contohnya adalah kolesterol.
  11. Membantu empedu dalam mencairkan empedu yang asalnya dari sel darah yang sebelumnya telah mengalami perombakan di dalam hati yang nantinya akan mengemulsikan lemak di dalam makanan. Perlu di ketahui bahwa empedu setiap harinya dapat menghasilkan 0.5 liter empedu, empedu juga memiliki warna tersendiri yaitu berwarna hijau dan juga rasanya pahit.
  12. Menyimpan vitamin seperti vitamin A, D, E, K. jenis vitamin ini merupakan vitamin yang larut akan lemak. Selain itu juga, terdapat vitamin b12 dan juga menyimpan mineral. Penyimpanan vitamin yang larut dalam lemak memiliki cadangan penyimpanan yang

berbeda seperti vitamin A (cadangannya sekitar 1 s/d 2 tahun), vitamin D (cadangannya sekitar 1 s/d 4 bulan) sedangkan untuk vitamin B12 memiliki cadangannya sekitar 1 s/d 3 tahun lamanya.

Zat-zat gizi dari makanan diserap ke dalam dinding usus yang kaya akan pembuluh darah yang kecil-kecil (kapiler). Kapiler ini mengalirkan darah ke dalam vena yang bergabung dengan vena yang lebih besar dan pada akhirnya masuk ke dalam hati sebagai vena porta. Vena porta terbagi menjadi pembuluh-pembuluh kecil di dalam hati, di mana darah yang masuk diolah. Hati melakukan proses tersebut dengan kecepatan tinggi, setelah darah diperkaya dengan zat-zat gizi, darah dialirkan ke dalam sirkulasi umum (Anderson, 2008; Syaifuddin, 2012; Pearce, 2016; Sherwood, 2009).

#### 10. Kandung Empedu

Kandung empedu (Bahasa Inggris: gallbladder) adalah organ berbentuk buah pir yang dapat menyimpan sekitar 50 ml empedu yang dibutuhkan tubuh untuk proses pencernaan. Pada manusia, panjang kandung empedu adalah sekitar 7-10 cm dan berwarna hijau gelap – bukan karena warna jaringannya, melainkan karena warna cairan empedu yang dikandungnya.



**Gambar 7.8:** Gambar Pankreas, Kandung Empedu dan Duodenum (Kent Van De Graaff, 2001)

Organ ini terhubung dengan hati dan usus dua belas jari melalui saluran empedu. Empedu memiliki 2 fungsi penting yaitu membantu pencernaan dan penyerapan lemak, serta berperan dalam pembuangan limbah tertentu dari tubuh, terutama haemoglobin (Hb) yang berasal dari penghancuran sel darah merah dan kelebihan kolesterol.

Beberapa fungsi dari cairan empedu adalah:

1. Membantu kerja fungsi enzim pencernaan.

Fungsi empedu dalam pencernaan salah satunya adalah menetralkan asam lambung. Proses ini membantu enzim pencernaan untuk bekerja dengan baik di suasana yang lebih netral. Umumnya enzim akan bekerja lebih maksimal pada pH netral. Enzim pencernaan yang berperan di usus halus dapat bekerja optimal dalam kondisi basa sedangkan zat makanan yang masuk ke usus memiliki sifat asam.

Di sinilah fungsi empedu diperlukan oleh tubuh, empedu memiliki sifat basa (pH antara 7,5-8,05). Sifat asam pada usus halus memicu pengeluaran hormon sekretin dari kelenjar pankreas. Hormon kemudian akan merangsang empedu untuk menyerap air dan natrium bikarbonat sehingga pH empedu semakin tinggi jika dibandingkan ketika masih berada di kantong empedu.

Dengan pH yang dimilikinya, empedu membantu optimalisasi kerja fungsi enzim pencernaan dengan cara menetralkan sifat asam dan menciptakan kondisi basa yang membuat kerja enzim pencernaan lebih optimal. Semakin asam sifat makanan yang masuk ke dalam usus, maka makin banyak pula empedu yang disekresikan.

2. Empedu berperan sebagai pengencer lemak

Fungsi empedu selanjutnya adalah dapat membantu mengemulsi lemak. Tidak semua jenis lemak yang masuk ke dalam sistem pencernaan bisa langsung diserap oleh usus. Tubuh membutuhkan zat yang mampu untuk menguraikan lemak tersebut. Beberapa jenis zat mungkin dapat dengan mudah larut dalam air, namun tidak begitu dengan lemak. Lemak lebih mudah untuk diserap oleh tubuh ketika dalam bentuk partikel yang lebih kecil. Di sinilah fungsi empedu. Keberadaan empedu sangatlah penting untuk proses penyerapan lemak, termasuk juga dalam proses penyerapan vitamin yang larut dalam lemak seperti vitamin A, vitamin D, vitamin E, dan vitamin K.

Proses emulsifikasi lemak awalnya terjadi di lambung melalui kontraksi lambung dan adanya asam lambung. Proses emulsifikasi kembali terjadi setelah lemak melewati lambung dan garam empedu mulai bekerja untuk mengemulsifikasi lemak hingga terbentuklah butiran lemak atau micelle. Lemak kemudian akan diubah menjadi asam lemak dan gliserol dibantu oleh enzim lipase.

### 3. Membantu fungsi enzim lipase

Fungsi empedu pada tubuh manusia selanjutnya adalah untuk membantu fungsi enzim lipase. Empedu membantu kerja enzim lipase dengan membentuk misel-misel. Misel membantu menambah luas permukaan partikel sehingga enzim lipase lebih cepat merombak lemak. Enzim lipase memiliki fungsi dalam merombak lemak menjadi dua molekul asam lemak dan gliserol.

### 4. Mengeluarkan racun dalam tubuh

Fungsi empedu selanjutnya adalah untuk membantu mengeluarkan racun dalam tubuh. Makanan yang masuk ke dalam tubuh manusia akan diolah untuk kemudian dapat diserap oleh usus. Setelah itu zat-zat penting akan diserap oleh darah untuk dapat membantu kerja sel-sel dalam tubuh. Zat-zat yang tidak baik atau zat beracun yang masuk ke dalam tubuh, biasanya akan disaring oleh hati agar tidak terserap oleh darah dan menyebar ke seluruh tubuh. Zat-zat tersebut akan dibawa oleh hati untuk dikeluarkan dari tubuh melalui empedu. Zat-zat berbahaya tersebut akan dikeluarkan bersama dengan urine atau feses. Menurunnya kinerja empedu akan sangat berisiko bagi tubuh, karena proses penyerapan zat berbahaya juga tentunya tidak bisa dilakukan dengan maksimal.

### 5. Melindungi tubuh dari bakteri

Fungsi empedu lainnya adalah mampu untuk menjadi bakterisida. Sulit sekali untuk dapat terbebas dari berbagai macam mikroba yang mungkin masuk ke tubuh kita. Salah satu cara paling potensial untuk mikroba masuk adalah melalui makanan. Dalam sekali makan, mikroba yang masuk ke dalam tubuh lewat makanan jumlahnya tidak terhitung. Di sinilah peran sistem imun tubuh berperan. Selain sistem imun, sistem pencernaan memiliki mekanisme pertahanan sendiri seperti empedu. Fungsi empedu menciptakan kondisi basa yang dapat mematikan atau menghambat mikroba yang masuk ke dalam tubuh (Anderson, 2008; Syaifuddin, 2012; Pearce, 2016; Sherwood, 2009).

# Bab 8

## Anatomi dan Fisiologi Sistem Perkemihan

### 8.1 Pendahuluan

Sistem Perkemihan adalah sistem organ yang memproduksi, menyimpan, dan mengalirkan urin. Pada manusia, sistem ini terdiri dari dua ginjal, dua ureter, kandung kemih, dua otot sphincter, dan uretra. Sistem Perkemihan adalah suatu sistem tempat terjadinya proses penyaringan darah sehingga dara bebas dari zat-zat yang tidak dipergunakan oleh tubuh dan menyerap zat-zat yang masih dipergunakan oleh tubuh. Zat-zat yang dipergunakan oleh tubuh larutan dalam air dan dikeluarkan berupa urine (air kemih).

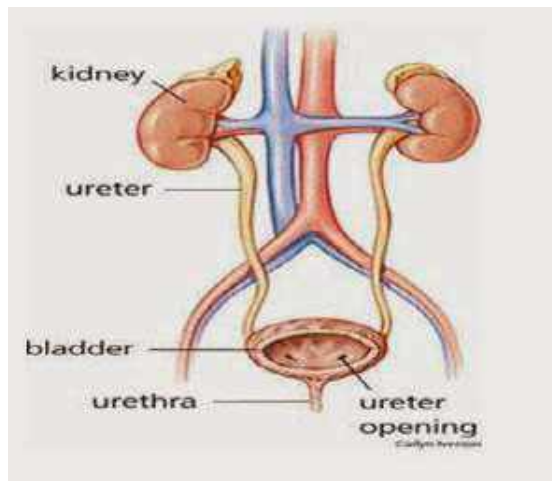
Sistem urinaria terdiri atas:

1. Ginjal, yang mengeluarkan sekret urine.
2. Ureter, yang menyalurkan urine dari ginjal ke kandung kencing.
3. Kandung kencing, yang bekerja sebagai penampung.
4. Uretra, yang menyalurkan urine dari kandung kencing.



## 8.2 Pengertian

Sistem Perkemihan adalah suatu sistem tempat terjadinya proses penyaringan darah sehingga darah bebas dari zat-zat yang tidak dipergunakan oleh tubuh dan menyerap zat-zat yang masih dipergunakan oleh tubuh. Zat-zat yang dipergunakan oleh tubuh larutan dalam air dan dikeluarkan berupa urine (air kemih).



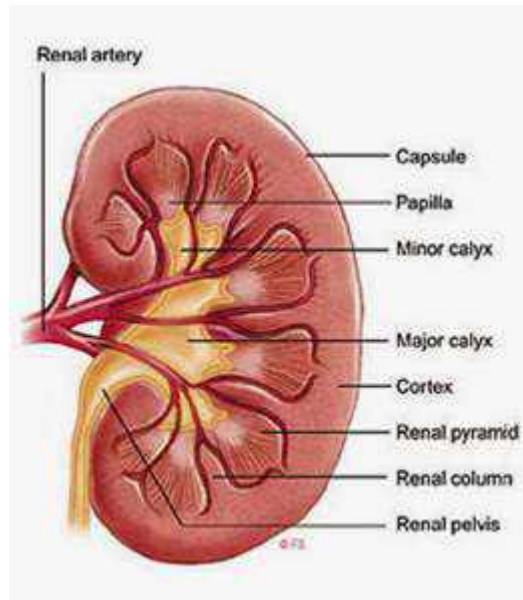
**Gambar 8.1:** Sistem Uriniea (Evelyn C. Pears, 2011)

Sistem urinaria terdiri atas:

1. Ginjal, yang mengeluarkan sekret urine.
2. Ureter, yang menyalurkan urine dari ginjal ke kandung kencing.
3. Kandung kencing, yang bekerja sebagai penampung.
4. Uretra, yang menyalurkan urine dari kandung kencing.

### 8.2.1 Ginjal

Ginjal adalah suatu kelenjar yang terletak di bagian belakang kavum abdominalis di belakang peritoneum pada kedua sisi vertebra lumbalis III, melekat langsung pada dinding belakang abdomen. Bentuk ginjal seperti biji kacang, jumlahnya ada dua buah kiri dan kanan, ginjal kiri lebih besar dari ginjal kanan dan pada umumnya ginjal laki-laki lebih panjang dari ginjal wanita.



**Gambar 8.2:** Ginjal (Evelyn C. Pears 2011)

Fungsi ginjal:

1. Memegang peranan penting dalam pengeluaran zat-zat toksis atau racun.
2. Mempertahankan suasana keseimbangan cairan
3. Mempertahankan keseimbangan kadar asam dan basa dari cairan tubuh.
4. Mempertimbangkan keseimbangan garam-garam dan zat-zat lain dalam tubuh.
5. Mengeluarkan sisa-sisa metabolisme hasil akhir dari ureum protein.

Uji fungsi ginjal terdiri dari:

1. Uji protein (albumin). Bila ada kerusakan pada glomerulus atau tubulus, maka protein dapat bocor dan masuk ke urine.
2. Uji konsentrasi ureum darah. Bila ginjal tidak cukup mengeluarkan ureum maka ureum darah naik di atas kadar normal 20-40 mg%.

3. Uji konsentrasi. Pada uji ini dilarang makan dan minum selama 12 jam untuk melihat sampai berapa tinggi berat jenis naiknya.

### 8.2.2 Struktur ginjal

Setiap ginjal terbungkus oleh selaput tipis yang disebut kapsula renalis yang terdiri dari jaringan fibrus berwarna ungu tua. Lapisan luar terdiri dari lapisan korteks (substansia kortekalis), dan lapisan sebelah dalam bagian medulla (substansia medularis) berbentuk kerucut yang disebut renal piramid. Puncak kerucut tadi menghadap kaliks yang terdiri dari lubang-lubang kecil disebut papilla renalis. Masing-masing piramid dilapisi oleh kolumna renalis, jumlah renalis 15-16 buah.

Garis-garis yang terlihat di piramid disebut tubulus nefron yang merupakan bagian terkecil dari ginjal yang terdiri dari glomerulus, tubulus proksimal (tubulus kontorti satu), ansa henle, tubulus distal (tubulus kontorti dua) dan tubulus urinarius (papilla vateri). Pada setiap ginjal diperkirakan ada 1.000.000 nefron, selama 24 jam dapat menyaring darah 170 liter. Arteri renalis membawa darah murni dari aorta ke ginjal, lubang-lubang yang terdapat pada piramid renal masing-masing membentuk simpul dari kapiler satu badan malpigi yang disebut glomerulus. Pembuluh aferen yang bercabang membentuk kapiler menjadi vena renalis yang membawa darah dari ginjal ke vena kava inferior.

### 8.2.3 Fisiologi ginjal

Ginjal berfungsi:

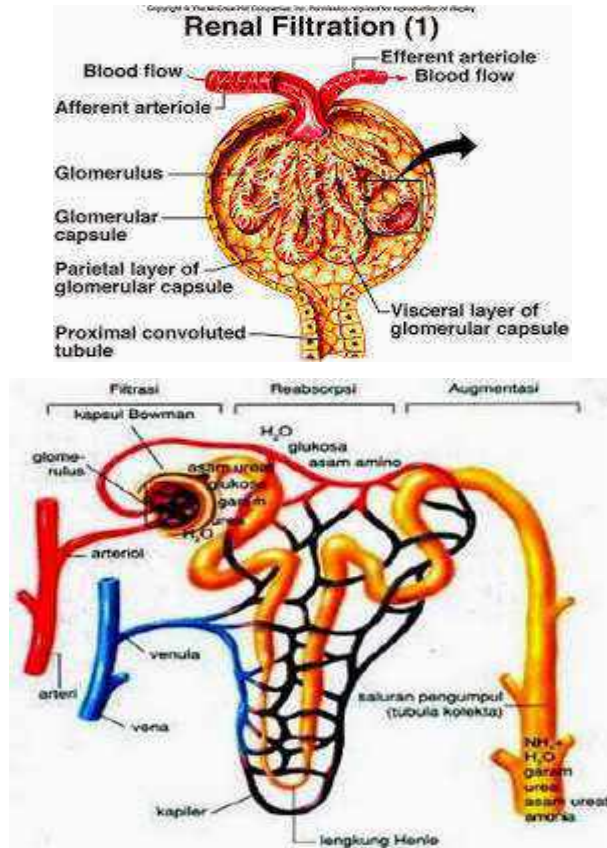
1. Mengatur volume air (cairan dalam tubuh). Kelebihan air dalam tubuh akan diekskresikan oleh ginjal sebagai urine (kemih) yang encer dalam jumlah besar, kekurangan air (kelebihan keringat) menyebabkan urine yang diekskresi berkurang dan konsentrasinya lebih pekat sehingga susunan dan volume cairan tubuh dapat dipertahankan relatif normal.
2. Mengatur keseimbangan osmotik dan mempertahankan keseimbangan ion yang optimal dalam plasma (keseimbangan elektrolit). Bila terjadi pemasukan/pengeluaran yang abnormal ion-ion akibat pemasukan garam yang berlebihan/penyakit perdarahan (diare,

- muntah) ginjal akan meningkatkan ekskresi ion-ion yang penting (mis. Na, K, Cl, Ca dan posfat).
3. Mengatur keseimbangan asam-basa cairan tubuh bergantung pada apa yang dimakan, campuran makanan menghasilkan urine yang bersifat agak asam, pH kurang dari 6 ini disebabkan hasil akhir metabolisme protein. Apabila banyak makan sayur-sayuran, urine akan bersifat basa. pH urine bervariasi antara 4,8-8,2. Ginjal menyekresi urine sesuai dengan perubahan pH darah.
  4. Ekskresi sisa hasil metabolisme (ureum, asam urat, kreatinin) zat-zat toksik, obat-obatan, hasil metabolisme hemoglobin dan bahan kimia asing (pestisida).
  5. Fungsi hormonal dan metabolisme. Ginjal menyekresi hormon renin yang mempunyai peranan penting mengatur tekanan darah (sistem renin angiotensin aldersteron) membentuk eritropoiesis mempunyai peranan penting untuk memproses pembentukan sel darah merah (eritropoiesis).

Di samping itu ginjal juga membentuk hormone dihidroksi kolekalsiferol (vitamin D aktif) yang diperlukan untuk absorpsi ion kalsium di usus.

### 8.2.4 Filtrasi glomerulus

Kapiler glomerulus secara relatif bersifat impermeabel terhadap protein plasma yang lebih besar dan permeabel terhadap air dan larutan yang lebih kecil seperti elektrolit, asam amino, glukosa dan sisa nitrogen. Glomerulus mengalami kenaikan tekanan darah 90 mmHg. Kenaikan ini terjadi karena arteriole aferen yang mengarah ke glomerulus mempunyai diameter yang lebih besar dan memberikan sedikit tahanan dari kapiler yang lain. Darah didorong ke dalam ruangan yang lebih kecil, sehingga darah mendingin air dan partikel yang terlarut dalam plasma masuk ke dalam kapsula bowman. Tekanan darah terhadap dinding pembuluh ini disebut tekanan hidrostatis (TH). Gerakan masuknya ke dalam kapsula bowman disebut sebagai filtrasi glomerulus.



**Gambar 8.3:** Filtrasi glomerulus (Evelyn C. Pears, 2011)

Tiga faktor pada proses filtrasi dalam kapsula bowman menggambarkan integrasi ketiga faktor tersebut yaitu:

1. Tekanan osmotik (TO). Tekanan yang dikeluarkan oleh air (sebagai pelarut) pada membrane semipermeabel sebagai usaha untuk menembus membrane semipermeabel ke dalam area yang mengandung lebih banyak molekul yang dapat melewati membrane semipermeabel. Pori-pori dalam kapiler glomerulus membuat membrane semipermeabel memungkinkan untuk melewati yang lebih kecil dari air tetapi mencegah molekul yang lebih besar misalnya protein dan plasma.

2. Tekanan hidrostik (TH). Sekitar 15 mmHg dihasilkan oleh adanya filtrasi dalam kapsula dan berlawanan dengan tekanan hidrostik darah. Filtrasi juga mengeluarkan tekanan osmotik 1-3 mmHg yang berlawanan dengan osmotik darah.
3. Perbedaan tekanan osmotik plasma dengan cairan dalam kapsula bowman mencerminkan perbedaan konsentrasi protein, perbedaan ini menimbulkan pori-pori kapiler mencegah protein plasma untuk difiltrasi.

Tekanan hidrostik plasma dan tekanan osmotik filtrat kapsula bowman bekerja sama untuk meningkatkan gerakan air dan molekul permeabel, molekul permeabel kecil dari plasma masuk ke dalam kapsula bowman.

### 8.2.5 Proses pembentukan urine

Glomerulus berfungsi sebagai ultrafiltrasi pada simpai bowman, berfungsi untuk menampung hasil filtrasi dari glomerulus. Pada tubulus ginjal akan terjadi penyerapan kembali zat-zat yang sudah disaring pada glomerulus, sisa cairan akan diteruskan ke piala ginjal terus berlanjut ke ureter. Urine berasal dari darah yang di bawa arteri renalis masuk kedalam ginjal, darah ini terdiri dari bagian yang padat yaitu sel darah dan bagian plasma darah.

Ada tiga tahap pembentukan urine:

#### 1. Proses filtrasi

Terjadi di glomerulus, proses ini terjadi karena permukaan aferen lebih besar dari permukaan eferen maka terjadi penyerapan darah. Sedangkan sebagian yang tersaring adalah bagian cairan darah kecuali protein. Cairan yang tersaring ditampung oleh simpai bowman yang terdiri dari glukosa, air, natrium, klorida, sulfat, bikarbonat dan lain-lain, yang diteruskan ke tubulus ginjal.

#### 2. Proses reabsorpsi

Proses ini terjadi penyerapan kembali sebagian besar glukosa, natrium, klorida, fosfat, dan ion bikarbonat. Prosesnya terjadi secara pasif yang dikenal oblogator reabsorpsi terjadi pada tubulus atas. Sedangkan pada tubulus ginjal bagian bawah terjadi kembali penyerapan natrium dan ion bikarbonat. Bila

diperlukan akan diserap kembali ke dalam tubulus bagian bawah. Penyerapannya terjadi secara aktif dikenal dengan reabsorpsi fakultatif dan sisanya dialirkan pada papilla renalis.

### 3. Proses sekresi

Sisanya penyerapan urine kembali yang terjadi pada tubulus dan diteruskan ke piala ginjal selanjutnya diteruskan ke ureter masuk ke vesika urinaria.

## 8.2.6 Peredaran darah ginjal

ginjal mendapat darah dari aorta abdominalis yang mempunyai percabangan arteri renalis. Arteri ini berpasangan kiri dan kanan. Arteri renalis bercabang menjadi arteria interlobaris kemudian menjadi arteri arkuata. Arteri interlobularis yang berada di tepi ginjal bercabang menjadi kapiler membentuk gumpalan-gumpalan yang disebut glomerulus. Glomerulus ini dikelilingi oleh alat yang disebut simpai bowman. Di sini terjadi penyaringan pertama dan kapiler darah yang meninggalkan simpai bowman kemudian menjadi vena renalis masuk ke vena kava inferior.

## 8.2.7 Persarafan ginjal

Ginjal mendapat persarafan dari pleksus renalis (vasomotor). Saraf ini berfungsi untuk mengatur jumlah darah yang masuk ke dalam ginjal, saraf ini berjalan bersamaan dengan pembuluh darah yang masuk ginjal. Di atas ginjal terdapat kelenjar suprarenalis, kelenjar ini merupakan kelenjar buntu yang menghasilkan dua macam hormon yaitu hormon adrenalin dan hormon kortison. Adrenal dihasilkan oleh medulla.

## 8.2.8 Reabsorpsi dan sekresi tubulus

Sewaktu filtrat glomerulus memasuki tubulus ginjal, filtrat ini mengalir melalui bagian-bagian tubulus. Sebelum diekskresikan sebagai urine beberapa zat diabsorpsi kembali secara selektif dari tubulus dan kembali ke dalam darah, sedangkan yang lain disekresikan dari darah ke dalam lumen tubulus. Pada akhirnya urine terbentuk dan semua zat dalam urine akan menggambarkan penjumlahan dari tiga proses dasar ginjal (filtrasi glomerulus, reabsorpsi tubulus dan sekresi tubulus).

## 8.2.9 Ekskresi urine, Filtrasi glomerulus, Reabsorpsi tubulus, Sekresi tubulus

### a. Reabsorpsi tubulus

Ginjal menangani beberapa zat yang yang difiltrasi secara bebas dalam ginjal dan diabsorpsi dengan kecepatan yang berbeda. Kecepatan masing-masing zat dapat dihitung sebagai berikut.

Filtrasi – Kecepatan filtrasi glomerulus x Kecepatan plasma

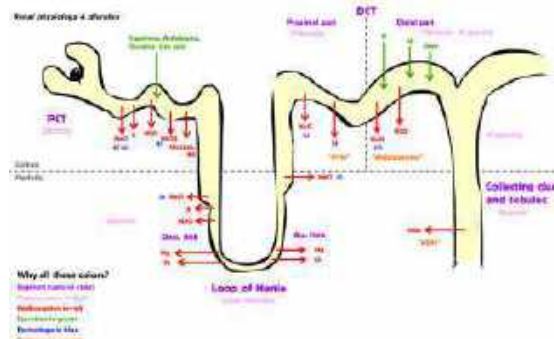
- Penghitungan ini menganggap bahwa zat-zat difiltrasi secara bebas dan tidak terikat pada protein plasma.
- Kebanyakan zat proses filtrasi glomerulus dan reabsorpsi tubulus secara kuantitatif relatif sangat besar terhadap sekresi urine. Sedikit saja perubahan pada filtrasi glomerulus atau reabsorpsi secara potensial dapat menyebabkan perubahan yang relatif besar. Beberapa produk buangan seperti ureum dan kreatinin sulit diabsorpsi dari tubulus dan diekskresi dalam jumlah yang relatif besar.
- Mekanisme pasif. Zat yang akan diabsorpsi harus ditranspor melintasi membran epitel tubulus ke dalam cairan interstisial ginjal, melalui kapiler peri tubulus kembali ke dalam darah. Reabsorpsi melalui epitel tubulus ke dalam darah, misalnya air dan zat terlarut dapat ditranspor melalui membran selnya sendiri (jalur transeluler) atau melalui ruang sambungan antar-sel (jalur para seluler). Setelah diabsorpsi melalui sel epitel tubulus ke dalam cairan interstisial air dan zat terlarut ditranspor melalui dinding kapiler ke dalam darah dengan cara ultrafiltrasi yang diperantarai oleh tekanan hidrostatis dan tekanan osmotik koloid.
- Transpor aktif mendorong suatu zat terlarut melawan gradien elektrokimia dan membutuhkan energi yang berasal dari metabolisme. Transpor yang berhubungan langsung dengan suatu sumber energi seperti *hidrolisis adenosin trifosfat* (ATF) disebut transpor aktif primer. Transpor yang tidak berhubungan secara



langsung dengan suatu sumber energi seperti yang diakibatkan oleh gradien ion, disebut transpor aktif sekunder.

b. Reabsorpsi tubulus proksimal

- Secara normal sekitar 65% dari muatan natrium dan air yang difiltrasi dan nilai persentase terendah dari klorida akan diabsorpsi oleh tubulus proksimal sebelum filtrat mencapai ansa henle. Persentase ini dapat meningkat atau menurun dalam berbagai kondisi fisiologis.
- Sel tubuh proksimal mempunyai banyak sekali brush boerder. Permukaan membran brush boerder dimuati molekul protein yang mentranspor ion natrium melewati membran lumen yang bertalian dengan mekanisme transpor nutrien organik (asam amino dan glukosa). Tubulus proksimal merupakan tempat penting untuk sekresi asam dan basa, organik seperti garam garam empedu, oksalat, urat, dan katekolamin.
- Regulasi reabsorpsi tubulus penting untuk mempertahankan suatu keseimbangan yang tepat antara reabsorpsi tubulus dan filtrasi glomerulus. Adanya mekanisme saraf, faktor hormonal, dan kontrol setempat yang meregulasi reabsorpsi tubulus untuk mengatur filtrasi glomerulus maka reabsorpsi beberapa zat terlarut dapat diatur secara bebas terpisah dari yang lain terutama melalui mekanisme pengontrolan hormonal.



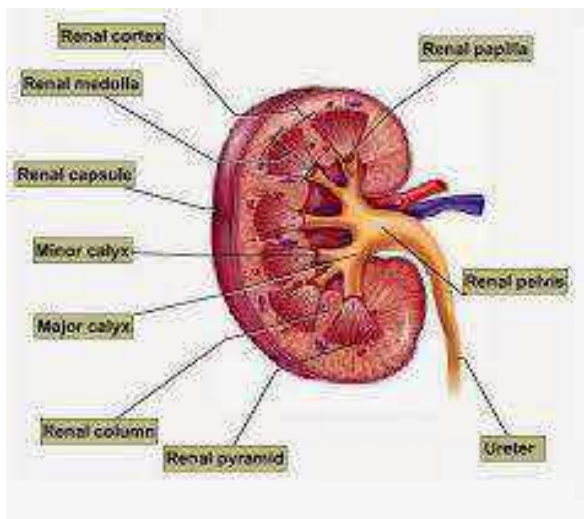
**Gambar 8.4:** Prose Ekskresi Urin (Evelyn C. Pears. 2011)

## 8.3 Ureter

Terdiri dari 2 saluran pipa, masing-masing bersambung dari ginjal ke kandung kemih (vesika urinaria), panjangnya  $\pm$  25-30 cm, dengan penampang  $\pm$  0,5 cm. Ureter sebagian terletak dalam rongga abdomen dan sebagian terletak dalam rongga pelvis.

Lapisan dinding abdomen terdiri dari:

1. Dinding luar jaringan ikat (jaringan fibrosa)
2. Lapisan tengah lapisan otot polos
3. Lapisan sebelah dalam lapisan mukosa



**Gambar 8.5:** Ginjal (Evelyn C. Pears, 2011)

Lapisan dinding ureter menimbulkan gerakan-gerakan peristaltik tiap 5 menit sekali yang akan mendorong air kemih masuk ke dalam kandung kemih (vesika urinaria). Gerakan peristaltik mendorong urine melalui ureter yang diekskresikan oleh ginjal dan disemprotkan dalam bentuk pancaran, melalui osteum uretralis masuk ke dalam kandung kemih.

Ureter berjalan hampir vertikal ke bawah sepanjang fasia muskulus psoas dan dilapisi oleh peritoneum. Penyempitan ureter terjadi pada tempat ureter

meninggalkan pelvis renalis, pembuluh darah, saraf dan pembuluh limfe berasal dari pembuluh sekitarnya mempunyai saraf sensorik.

Pars abdominalis ureter dalam kavum abdomen ureter terletak di belakang peritoneum sebelah media anterior m. psoas mayor dan ditutupi oleh fasia subserosa. Vasa spermatica/ovarika interna menyilang ureter secara oblique, selanjutnya ureter akan mencapai kavum pelvis dan menyilang arteri iliaka eksterna. Ureter kanan terletak pada pars descendens duodenum. Sewaktu turun ke bawah terdapat di kanan bawah dan disilang oleh kolon dekstra dan vasa iliaka iliokolika, dekat apertura pelvis akan dilewati oleh bagian bawah mesenterium dan bagian akhir ilium. Ureter kiri disilang oleh vasa koplika sinistra dekat apertura pelvis superior dan berjalan di belakang kolon sigmoid dan mesenterium.

Pars pelvis ureter berjalan pada bagian dinding lateral pada kavum pelvis sepanjang tepi anterior dari insura ischiadikamayor dan tertutup oleh peritoneum. Ureter dapat ditemukan di depan arteri hipogastrik bagian dalam nervus obturatoris arteri vasialia anterior dan arteri hemoroidalis media. Pada bagian bawah insura ischiadika mayor, ureter agak miring ke bagian medial untuk mencapai sudut lateral dari vesika urinaria. Ureter pada pria terdapat di dalam visura seminalis atas dan disilang oleh duktus deferens dan dikelilingi oleh pleksus vesikalis. Selanjutnya ureter berjalan oblique sepanjang 2 cm di dalam dinding vesika urinaria pada sudut lateral dari trigonum vesika. Sewaktu menembus vesika urinaria, dinding atas dan dinding bawah ureter akan tertutup dan pada waktu vesika urinaria penuh akan membentuk katup (valvula) dan mencegah pengambilan urine dari vesika urinaria.

Ureter pada wanita terdapat di belakang fossa ovarika urinaria dan berjalan ke bagian medial dan ke depan bagian lateralis serviks uteri bagian atas, vagina untuk mencapai fundus vesika urinaria. Dalam perjalanannya, ureter didampingi oleh arteri uterina sepanjang 2,5 cm dan selanjutnya arteri ini menyilang ureter dan menuju ke atas di antara lapisan ligamentum. Ureter mempunyai 2 cm dari sisi serviks uteri. Ada tiga tempat yang penting dari ureter yang mudah terjadi penyumbatan yaitu pada sambungan ureter pelvis diameter 2 mm, penyilangan vasa iliaka diameter 4 mm dan pada saat masuk ke vesika urinaria yang berdiameter 1-5 cm.

### 8.3.1 Pembuluh darah ureter

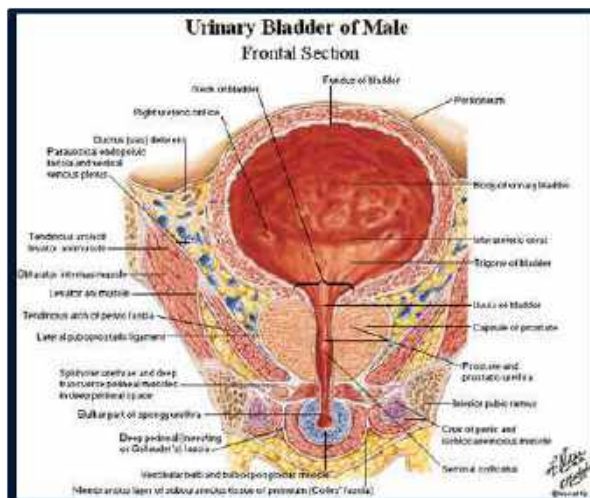
- Arteri renalis
- Arteri spermatika interna
- Arteri hipogastrika
- Arteri vesika inferior

### 8.3.2 Persarafan ureter

Persarafan ureter merupakan cabang dari plexus mesenterikus inferior, plexus spermatikus, dan plexu pelvis; seperti dari nervus; rantai eferens dan nervus vagusrantai eferen dari nervus torakalis ke-11 dan ke-12, nervus lumbalis ke-1, dan nervus vagus mempunyai rantai aferen untuk ureter.

## 8.4 Vesika Urinaria

Vesika urinaria (kandung kemih) dapat mengembang dan mengempis seperti balon karet, terletak di belakang simfisis pubis di dalam rongga panggul. Bentuk kandung kemih seperti kerucut yang dikelilingi oleh otot yang kuat, berhubungan dengan ligamentum vesika umbilicalis medius.



**Gambar 8.6:** Vesika Urinaria (Evelyn C. Pears 2011)

### 8.4.1 Bagian vesika urinaria

1. Fundus yaitu, bagian yang menghadap ke arah belakang dan bawah, bagian ini terpisah dari rektum oleh spatium rectovesikale yang terisi oleh jaringan ikat duktus deferen, vesika seminalis dan prostat.
2. Korpus, yaitu bagian antara verteks dan fundus.
3. Verteks, bagian yang mancung ke arah muka dan berhubungan dengan ligamentum vesika umbilikalisis.

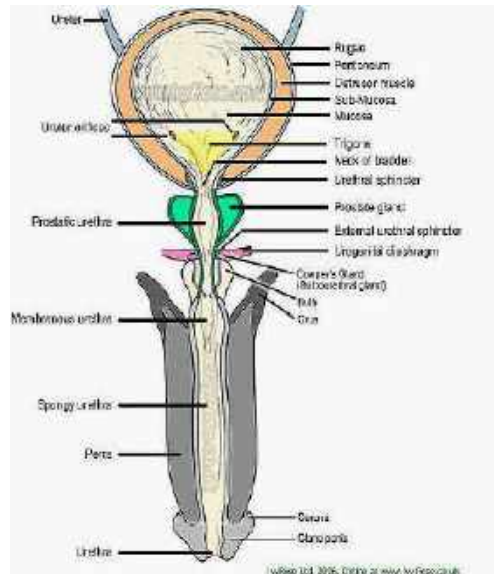
Dinding kandung kemih terdiri dari lapisan sebelah luar (peritonium), tunika muskularis (lapisan otot), tunika submukosa, dan lapisan mukosa (lapisan bagian dalam). Pembuluh limfe vesika urinaria mengalirkan cairan limfe ke dalam nadi limfatik iliaka interna dan eksterna.

### 8.4.2 Lapisan otot vesika urinaria

Lapisan otot vesika urinaria terdiri dari otot polos yang tersusun dan saling berkaitan dan disebut m. detrusor vesicae. Peredaran darah vesika urinaria berasal dari arteri vesikalisis superior dan inferior yang merupakan cabang dari arteri iliaka interna. Venanya membentuk pleksus venosus vesikalisis yang berhubungan dengan pleksus prostatikus yang mengalirkan darah ke vena iliaka interna.

### 8.4.3 Persarafan vesika urinaria

Persarafan vesika urinaria berasal dari pleksus hipogastrika inferior. Serabut ganglion simpatikus berasal dari ganglion lumbalis ke-1 dan ke-2 yang berjalan turun ke vesika urinaria melalui pleksus hipogastrikus. Serabut preganglion parasimpatis yang keluar dari nervus splenikus pelvis yang berasal dari nervus sakralis 2, 3 dan 4 berjalan melalui hipogastrikus inferior mencapai dinding vesika urinaria.



**Gambar 8.7:** Persarafan vesika urinaria (Evelyn C, Pears. 2011)

Sebagian besar serabut aferen sensoris yang keluar dari vesika urinaria menuju sistem susunan saraf pusat melalui nervus splanikus pelvikus berjalan bersama saraf simpatis melalui pleksus hipogastrikus masuk kedalam segmen lumbal ke-1 dan ke-2 medula spinalis.

## 8.5 Uretra

Uretra merupakan saluran sempit yang berpangkal pada kandung kemih yang berfungsi menyalurkan air kemih keluar.

### 8.5.1 Uretra pria

Pada laki-laki uretra berjalan berkelok-kelok melalui tengah-tengah prostat kemudian menembus lapisan fibrosa yang menembus tulang pubis ke bagian penis panjangnya  $\pm 20$  cm. uretra pada laki-laki terdiri dari:

- Uretra prostatica
- Uretra membranosa

### c. Uretra kevernosa

Lapisan uretra laki-laki terdiri dari lapisan mukosa (lapisan paling dalam), dan lapisan submukosa. Uretra mulai dari orifisium uretra interna di dalam vesika urinaria sampai orifisium eksterna. Pada penis panjangnya 17,5-20 cm yang terdiri dari bagian-bagian berikut: Uretra prostatika merupakan saluran terlebar panjangnya 3 cm, berjalan hampir vertikal melalui glandula prostat, mulai dari basis sampai ke apiks dan lebih dekat ke permukaan anterior.

Uretra pars membranasea ini merupakan saluran yang paling pendek dan paling dangkal, berjalan mengarah ke bawah dan ke depan di antara apiks glandula prostata dan bulbus uretra. Pars membranasea menembus diafragma urogenitalis, panjangnya kira-kira 2,5 cm, di belakang simfisis pubis diliputi oleh jaringan sfingter uretra membranasea. Di depan saluran ini terdapat vena dorsalis penis yang mencapai pelvis di antara ligamentum transversal pelvis dan ligamentum arkuata pubis.

Uretra pars kaverosus merupakan saluran terpanjang dari uretra dan terdapat di dalam korpus kaverosus uretra, panjangnya kira-kira 15 cm, mulai dari pars membranasea sampai ke orifisium dari diafragma urogenitalis. Pars kaverosus uretra berjalan ke depan dan ke atas menuju bagian depan simfisis pubis. Pada keadaan penis berkontraksi, pars kaverosus akan membelok ke bawah dan ke depan. Pars kaverosus ini dangkal sesuai dengan korpus penis 6 mm dan berdilatasi ke belakang. Bagian depan berdilatasi di dalam glans penis yang akan membentuk fossa navikularis uretra.

Orifisium uretra eksterna merupakan bagian erektor yang paling berkontraksi berupa sebuah celah vertikal ditutupi oleh kedua sisi bibir kecil dan panjangnya 6 mm. Glandula uretralis yang akan bermuara ke dalam uretra dibagi dalam dua bagian, yaitu glandula dan lakuna. Glandula terdapat di bawah tunika mukosa di dalam korpus kaverosus uretra (glandula pars uretralis). Lakuna bagian dalam epitelium. Lakuna yang lebih besar dipermukaan atas disebut lakuna magma orifisium dan lakuna ini menyebar ke depan sehingga dengan mudah menghalangi ujung kateter yang dilalui sepanjang saluran.

## 8.5.2 Uretra Wanita

Uretra pada wanita terletak di belakang simfisis pubis berjalan miring sedikit ke arah atas, panjangnya  $\pm$  3-4 cm. Lapisan uretra wanita terdiri dari tunika

muskularis (sebelah luar), lapisan spongiosa merupakan pleksus dari vena-vena, dan lapisan mukosa (lapisan sebelah dalam). Muara uretra pada wanita terletak di sebelah atas vagina (antara klitoris dan vagina) dan uretra di sini hanya sebagai saluran ekskresi. Apabila tidak berdilatasi diameternya 6 cm. uretra ini menembus fascia diafragma urogenitalis dan orifisium eksterna langsung di depan permukaan vagina, 2,5 cm di belakang glans klitoris. Glandula uretra bermuara ke uretra, yang terbesar di antaranya adalah glandula pars uretralis (skene) yang bermuara ke dalam orifisium uretra yang hanya berfungsi sebagai saluran ekskresi.

Diafragma urogenitalis dan orifisium eksterna langsung di depan permukaan vagina dan 2,5 cm di belakang glans klitoris. Uretra wanita jauh lebih pendek daripada pria dan terdiri lapisan otot polos yang diperkuat oleh sfingter otot rangka pada muaranya penonjolan berupa kelenjar dan jaringan ikat fibrosa longgar yang ditandai dengan banyak sinus venosus mirip jaringan kavemosus.

## 8.6 Mikturisis

Mikturisis adalah peristiwa pembentukan urine. Karena dibuat di dalam, urine mengalir melalui ureter ke kandung kencing. Keinginan membuang air kecil disebabkan penambahan tekanan di dalam kandung kencing, dan tekanan ini di sebabkan isi urine di dalamnya. Hal ini terjadi bila tertimbun 170 sampai 230 ml. mikturisi adalah gerak reflek yang dapat dikendalikan dan ditahan oleh pusat-pusat persarafan yang lebih tinggi pada manusia. Gerakannya ditimbulkan kontraksi otot abdominal yang menambah tekanan di dalam rongga abdomen, dan berbagai organ yang menekan kandung kencing membantu mengkosongkannya. Kandung kencing dikendalikan saraf pelvis dan serabut saraf simpatis dari pleksus hipogastrik.

## 8.7 Ciri-Ciri Urine Yang Normal

Jumlahnya rata-rata 1-2 liter sehari, tetapi beda-beda sesuai jumlah cairan yang dimasukan. Banyaknya bertambah pula bila terlampau banyak protein



dimakan, sehingga tersedia cukup cairan yang diperlukan untuk melarutkan ureanya.

- Warnanya bening oranye pucat tanpa endapan, tetapi adakalanya jenjot lendir tipis tanpa terapan di dalamnya.
- Baunya tajam.
- Reaksinya sedikit asam terhadap lakmus dengan pH rata-rata 6.
- Berat jenis berkisar dari 1010 sampai 1025.

### 8.7.1 Komposisi urine normal

Urine terutama terdiri atas air, urea, dan natrium klorida. Pada seseorang yang menggunakan diet yang rata-rata berisi 80 sampai 100 gram protein dalam 24 jam, jumlah persen air dan benda padat dalam urine adalah seperti berikut:

- Air 96%
- Benda padat 4% (terdiri atas urei 2% dan produk metabolik lain 2%)

Ureum adalah hasil akhir metabolisme protein. Berasal dari asam amino yang telah dipindah amoniannya di dalam hati dan mencapai ginjal, dan diekskresikan rata-rata 30 gram sehari. Kadar ureum darah yang normal adalah 30 mg setiap 100 ccm darah, tetapi hal ini tergantung dari jumlah normal protein yang dimakan dan fungsi hati dalam pembentukan ureum. Asam urat. Kadar normal asam urat di dalam darah adalah 2 sampai 3 mg setiap 100 cm, sedangkan 1,5 sampai 2 mg setiap hari diekskresikan ke dalam urine. Kretin adalah hasil buangan kreatin dalam otot. Produk metabolisme lain mencakup benda-benda purin, oksalat, fosfat, sulfat, dan urat. Elektrolit atau garam, seperti natrium kalsium dan kalium klorida, diekskresikan untuk mengimbangi jumlah yang masuk melalui mulut.

# **Bab 9**

## **Anatomi dan Fisiologi Sistem Reproduksi Pria dan Wanita**

### **9.1 Pengertian Sistem Reproduksi**

Sistem reproduksi merupakan salah satu sistem dalam tubuh manusia, yang terdiri dari reproduksi pria dan wanita. Kedua sistem ini merupakan salah satu sistem yang sangat berperan penting pada kehidupan manusia. Sebagai seorang bidan, perlu memahami sistem reproduksi ini agar mendukung praktik yang kelak dilakukan terhadap pasien yaitu pasangan usia subur, ibu hamil atau melahirkan.

Sistem reproduksi atau sistem genital adalah sistem organ seks dalam organisme yang bekerja sama untuk tujuan reproduksi seksual. Banyak zat non-hidup seperti cairan, hormon, dan feromon juga merupakan aksesoris penting untuk sistem reproduksi. Tidak seperti kebanyakan sistem organ, jenis kelamin dari spesies yang telah terdiferensiasi sering memiliki perbedaan yang signifikan. Perbedaan ini memungkinkan untuk kombinasi materi genetik antara dua individu, yang memungkinkan untuk kemungkinan kebugaran genetik yang lebih besar dari keturunannya.

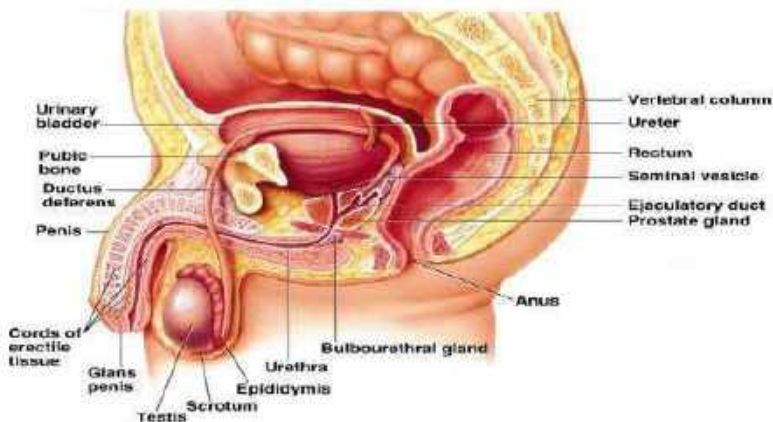
## 9.2 Fungsi Sistem Reproduksi

Fungsi sistem reproduksi pada pria terutama untuk produksi dan penyimpanan, serta mengantarkan sperma untuk pembuahan sel telur. Sedangkan, sistem reproduksi wanita memiliki fungsi memproduksi sel telur dan mengandung bayi. Kedua fungsi tersebut saling melengkapi dalam proses reproduksi. Sistem organ reproduksi pria dan wanita, sama-sama terdiri dari bagian eksternal dan internal. Sebagian besar sistem reproduksi pria berada di luar tubuh, berbeda dengan wanita yang lebih banyak berada di dalam tubuh.

## 9.3 Organ Reproduksi Pria

### 9.3.1 Penis

Penis terletak menggantung di depan scrotum. Bagian ujung disebut glans penis dan bagian pangkal disebut pangkal radial penis. Kulit pembungkus amat tipis tidak berhubungan dengan bagian permukaan dalam dari organ dan tidak mempunyai jaringan adiposa. Kulit ini berhubungan dengan pelvis, scrotum dan perineum.



**Gambar 9.1:** Organ Reproduksi Pria (Guyton, AC, 2014)

Penis tersusun atas tiga batang seperti spons yang bersifat erektil dan kaya pembuluh darah. Batang spongiosa ini dilapisi oleh selubung jaringan fibrosa yang kuat dan yang selanjutnya diluar tertutup oleh kulit yang merupakan lanjutan kulit pada scrotum dan inguinal (selangkang) ke belakang untuk kulit yang menutupi glans penis melipat ke belakang untuk membentuk prepusium, kecuali pada bayi yang prepusiumnya masih melekat pada glans penis. Lipatan kulit inilah yang dibuang pada saat operasi sirkumsisi. Penis dilalui oleh sebagian dari urethra yang bekerja sebagai jalannya sperma maupun untuk ekskresi urine. Suatu otot sfingter kecil menengah masuknya sperma ke dalam vesica urinaria dan mencegah keluarnya sperma dan urine secara bersamaan. Ereksi penis penting apabila hubungan seksual terjadi, dan hanya terjadi dalam reaksinya terhadap rangsangan seksual.

Otot dasar pelvis ikut berperan pada ereksi. Tetapi sebagian besar ereksi ini disebabkan oleh perubahan pada ketiga jaringan batang spongiosa tersebut. Pembuluh darah yang terdapat di dalam batang spongiosa sangat mengalami dilatasi dan cepat terisi dan digembungkan oleh darah apabila terjadi respon terhadap rangsangan seksual yang menyebabkan saraf-saraf autonom memacu dinding-dinding otot polosnya. Bila cavernae terisi darah maka penis akan menjadi keras, berdiri tegak, dan mengarah ke depan.

Pembuluh darah penis:

1. Arteri punda interna: cabang arteri hipogastrika yang menyuplai darah untuk ruangan kanvernosus
2. Arteri profunda penis: cabang dari arteri dorsalis penis, bercabang terbuka langsung ke ruangan kanvernososa. Cabang kapiler menyuplai darah ke trabekula ruangan kanvernososa, dikembalikan ke vena pada dorsum. Vena dorsalis penis melewati permukaan superior korpora kanvernososa dan bergabung dengan vena lain.

Saraf penis berasal dari cabang dari nervus punda dan plexus pelvikus pada glans penis dan bulbus, beberapa dari filamen N. Kutaneus.

### 9.3.2 Scrotum

Scrotum adalah sepasang kantong yang menggantung di dasar pelvis. Di depan terdapat penis dan di belakang terdapat anus. Scrotum atau kandung buah pelir berupa kantong terdiri dari kulit tanpa lemak dan memiliki sedikit

jaringan otot. Pembungkusnya disebut tunika vaginalis yang dibentuk dari peritonium scrotum yang mengandung pigmen, di dalamnya terdapat kantong-kantong, setiap kantong berisi epididimis fenikulus spermatikus. Scrotum bervariasi dalam beberapa keadaan, misalnya pengaruh panas dan lansia, dan keadaan lemah, scrotum memanjang dan lemas. Sedangkan dalam keadaan dingin dan pada orang muda akan memendek dan berkerut.

Scrotum terdiri dari dua lapisan:

1. Kulit: warna kecoklatan, tipis dan mempunyai flika/rugae, terdapat folikel sebbasea dikelilingi oleh rambut keriting yang akarnya terlihat melalui kulit.
2. Tunika dartos: berisi lapisan otot polos yang tipis sepanjang basis scrotum. Tunika dartos ini membentuk septum yang membagi scrotum menjadi dua ruangan untuk testis yang terdapat di bawah permukaan penis.

Pada scrotum terdapat M. Kremaster yang muncul dari M. Obligue internus abdominalis yang menggantungkan testis dan mengangkat testis menurut kemauan dan refleks ejakulasi.

### 9.3.3 Testis

Testis dibentuk di dalam abdomen fetus kira-kira 28 minggu kehidupan intrauteri, dan turun ke dalam scrotum dan ditopang oleh funiculus spermaticus sebelum lahir. Kegagalan testis untuk turun disebut kriptorkismus, dan keadaan ini merupakan penyebab sterilisasi pada pria, karena produksi sperma memerlukan suhu yang lebih rendah daripada suhu tubuh normal, testis baru akan berfungsi penuh sampai ada rangsangan oleh glandula pituitaria anterior pada saat pubertas. Testis merupakan struktur yang berbentuk oval, berwarna putih, kira-kira panjangnya 4 cm, lebar 2,5 cm, dan tebal 3 cm. Masing-masing testis beratnya 10 sampai 14 gr.

Testis diselubungi oleh kapsul pelindung fibrosa yang disebut tunika albuginae, dan ditutupi oleh membran serosa yang disebut tunika vaginalis, yang memungkinkan masing-masing testis dapat bergerak secara bebas di dalam scrotum. Jaringan glanduler (kelenjar) yang menyusun testis dibagi menjadi 200 – 300 lobus. Setiap lobus berisi tubulus seminiferus yang berkelok-kelok yang bermuara ke dalam vas deferens. Tubulus seminiferus mulai berkembang

dari sel-sel sinsitium pada saat anak laki laki berumur 7 tahun dan perkembangan yang cepat terjadi sampai umur 16 tahun pada saat testis mencapai ukuran dewasa. Dinding dalam tubuli dilapisi oleh lamina basalis, di atasnya terletak epitelium germinativum yang merupakan asal pembentukan sperma setelah pubertas.

Testis mempunyai dua fungsi:

1. Untuk memproduksi testosteron, yaitu hormon yang mengendalikan sifat-sifat sekunder kejantanan
2. Untuk memproduksi spermatozoa.

Fungsi testis dapat terganggu oleh adanya orkitis (radang testis) yang dapat terjadi pada parotitis atau infeksi akut yang lain. Infeksi tersebut dapat menyebabkan kegagalan testis dalam memproduksi spermatozoa.

### 9.3.4 Epididimis

Epididimis merupakan pipa halus yang berkelok-kelok, panjangnya 6 cm yang menghubungkan testis dengan vas deferens. Tubulus tersebut mempunyai epitel besilia yang melapisi bagian dalam guna membantu spermatozoa bergerak menuju vas deferens.

Epididimis terletak disepanjang atas tepi dan belakang testis dan terdiri dari:

1. Kaput epididimis, berhubungan erat dengan bagian atas testis sebagai duktus eferens dari testis.
2. Kaput epididimis: badan ditutupi oleh membran serosa servikalis sepanjang tepi posterior.
3. Kauda epididimis: ekor disebut juga globulus minor ditutupi oleh membran serosa dan berhubungan dengan deferens.
4. Ekstremitas superior: bagian yang besar
5. Ekstremitas inferior: seperti titik.

Fungsi epididimis adalah sebagai saluran penghantar testis, mengatur sperma sebelum ejakulasi dan memproduksi sperma.

### 9.3.5 Vas deferens

Vas deferens berbentuk tabung yang panjangnya 45 cm, yang mengangkut spermatozoa dari epididimis ke urethra pars prostatica. Spermatozoa disimpan di dalam pembuluh ini, disini terjadi pemasakan dan peningkatan mobilitasnya. Vas deferens ini merupakan saluran yang dapat diikat dan dipotong pada saat vasektomi sperma masih diproduksi dan memasuki vas deferens, tetapi sperma tidak dapat diejakulasikan sehingga mengalami degenerasi.

### 9.3.6 Vesicula seminalis

Vesicula seminalis merupakan kantong kecil yang berbentuk tidak teratur panjangnya sekitar 5 – 10 cm dan terletak di antara dasar vesica urinaria dan rectum. Fungsi vesicula seminalis adalah mensekresi cairan yang kental berwarna kuning yang ditambah pada sperma untuk membentuk cairan seminal. Cairan tersebut mengandung glukosa dan bahan lain untuk memberi nutrisi (makan) kepada sperma. Masing-masing vesicula bermuara pada ductus seminalis yang bergabung dengan vas deferens pada sisi yang sesuai untuk membentuk ductus ejaculatorius.

### 9.3.7 Ductus ejaculatorius

Ductus ejaculatorius dibentuk dari persatuan vas deferens dengan ductus seminalis. Ductus ejaculatorius berjalan melewati prostat dan bertemu dengan urethra. Dengan demikian ductus ejaculatorius ini menghubungkan vas deferens dengan urethra.

### 9.3.8 Prostat

Prostat merupakan struktur yang berbentuk kerucut yang panjangnya 4 cm, lebarnya 3 cm, dan tebalnya 2 cm, dengan berat kira-kira 8g. Prostat mengelilingi bagian atas urethra dan terletak dalam hubungan langsung dengan cervix vesicae urinariae. Prostat tersusun atas jaringan kelenjar dan serabut-serabut otot involunter dan berada di dalam kapsul fibrosa.

Jaringan otot prostat berfungsi untuk membantu dalam ejakulasi. Fungsi kelenjar prostat mengeluarkan cairan alkali yang encer seperti susu yang mengandung asam sitrat yang berguna untuk melindungi spermatozoa terhadap tekanan pada urethra.

Prostat dipertahankan posisinya oleh:

1. Ligamentum puboprostatika
2. Lapisan dalam diafragma urogenitalis
3. M. Levator ani pars anterior
4. M. Levator prostat bagian dari M. Leator ani.

Sekresi prostata diproduksi secara terus menerus dan diekskresikan ke dalam urine. Setiap hari diproduksi kira-kira 1 ml, tetapi jumlahnya tergantung dari kadar testosteron, karena hormon ini yang merangsang sekresi tersebut. Sekret prostata mempunyai pH 6,6 dan susunannya sama seperti plasma, tetapi mengandung bahan-bahan tambahan misalnya kolesterol, asam sitrat dan suatu enzim hialuronidase. Sekret prostata ditambahkan ke dalam sperma dan cairan seminal pada saat sperma dan cairan seminal melewati urethra.

Prostata sering membesar pada pria setengah umur atau tua, dan pembesaran ini atau karena tekana lain yang disebabkan oleh apa saja pada sfingter urethra atau urethra itu sendiri, akan menyebabkan retensi urine akut. Keadaan demikian dapat disembuhkan dengan memasang kateter kedalam vesica urinaria atau melakukan prostatektomi pada pasien tertentu.

### 9.3.9 Glandula bulbouretralis

Kelenjar bulbouretralis terdapat di belakang lateral pars membranosa uretra, di antara kedua lapisan diafragma urogenitalis dan disebelah bawah kelenjar prostat. Kelenjar kecil kira-kira sebesar kacang kapri, berwarna kuning dengan panjang 2,5 cm, saluran ini bermuara ke dalam urethra sebelum mencapai bagian penis. Sekresi dari glandula bulbouretralis ini ditambahkan ke dalam cairan seminal. Glandula bulbouretralis mengeluarkan sedikit cairan sebelum ejakulasi dengan tujuan untuk melumasi penis sehingga mempermudah masuk ke dalam vagina. Bila sekresi prostata sendiri mempunyai pH 6,6 maka pH cairan seminal secara keseluruhan sama dengan darah, yaitu 7,5.

### 9.3.10 Cairan seminal

Cairan seminal adalah cairan tempat berenang spermatozoa. Cairan ini memberi nutrisi (makan) kepada spermatozoa dan membantu motilitas spermatozoa. Setelah berjalan dari vesicula seminalis dan ductus seminalis, maka cairan ini berjalan melalui ductus ejaculatorius ke urethra, disini



ditambahkan sekresi prostata ini merupakan komponen paling besar dari cairan seminal.

## 9.4 Hormon Reproduksi Pria

### 1. Hormon Pelepas Gonadotropin (GnRH)

Adapun hormon yang satu ini dikenal dengan hormon utama pada pria atau “masternya” hormon pada tubuh seorang pria. Adapun hormone GnRH ini dilepaskan oleh kelenjar hipotalamus. Fungsi homon GnRH ini sendiri adalah untuk menstimulasi pelepasan dua hormon pria yang lainnya yang juga memiliki peran dalam tubuh dan reproduksi pria, yaitu hormon LS dan juga FSH. Selain itu sobat, hormone GnRH ini akan berperan untuk mengontrol sperma dan mengatunya lewat testosteron. Homon yang satu ini termasuk hormon yang memiliki peranan paling penting dan sistem reproduksi pria.

### 2. Hormon Penstimulus Kantomg (FSH)

Hormon FSH ini dilepaskan oleh kelenjar pituari atau yang kita sebut dengan hipofisis anterior. Ia dilepaskan sebagai repon dari stimulasi pituari anterior oleh GnRH tersebut. Adapun fungsi dari hormone GnRH ini akan menstimulasi produksi sperma, membantu testosteron di dalam testis, serta menstimulasi sel-sel sertoli untuk melakukan spermatogenetis (perkembangan sel sperma).

### 3. Hormon Luteinasi (ICSH)

Tidak jauh berbeda dari hormon pada pria yang lainnya, hormon ini dilepaskan oleh kelenjar pituari atau hipofosis anterior. Hormon ICSH ini nantinya akan memicu produksi testosteron oleh sel interstitial testis serta menstimulasi sel leydig dalam prosesnya. Setelah testosteron terbentuk, maka pada akhirnya ia juga akan mendorong agar testosteron bisa terlepas dari testis pada tubuh pria.

### 4. Hormon Inhibin

Adapun hormon inhibin ini diproduksi oleh sel sertoli pada testis, hormon inhibin ini akan menjaga kesehatan dan kematangan sperma pada pria. Hormon ini akan dilepaskan dari testis ketika tingkat sperma sudah tinggi. Ia

akan mengatur produksi sperma serta menjaga konsentrasi hormon pria tetap di titik yang konstant.

## 5. Hormon Testosteron

Adapun hormon testosteron ini merupakan hormon yang disebut sebagai hormon utama pembentuk karakteristik pria. Hormon ini sendiri diproduksi oleh testis pria. Hormon ini nantinya akan mendukung perkembangan karakteristik seksual pada pria. Selain itu, hormon testosteron ini juga akan membantu menstimulus spermatogenesis dengan bantuan hormon FSH pada tubuh pria tersebut.

Dan pada akhirnya akan membuat perkembangan organ seksual pada pria menjadi lebih sehat dan lebih sepadan dengan bentuk atau bobot tubuhnya. Yang tidak kalah penting lainnya, hormon testosteron ini juga adalah hormon yang mengatur hasrat seksual atau libido pada pria. Itulah beberapa jenis hormon reproduksi pria yang bisa anda jadikan sebagai pedoman khususnya buat anda pria. Semoga ulasan di atas bisa bermanfaat dan memberi wawasan luas kepada anda. Sampai jumpa diartikel selanjutnya. Salam hangat selalu.

# 9.5 Organ Reproduksi Wanita

## 9.5.1 Organ genitalia eksternal (alat reproduksi wanita bagian luar)

### 1. Mons veneris atau mons pubis

Mons veneris adalah bagian yang menonjol di atas simfisis dan pada perempuan setelah pubertas di tutup oleh rambut kemaluan. Pada perempuan umumnya batas atas rambut melintang sampai pinggir atas simfisis, sedangkan kebawah sampai ke sekitar anus dan paha.

### 2. Labia mayora (bibir-bibir besar)

Labia mayora terdiri atas bagian kanan dan kiri, lonjong mengecil ke bawah, terisi oleh jaringan lemak yang serupa dengan yang ada pada mons veneris. Ke bawah dan ke belakang kedua labia mayora bertemu dan membentuk kommissura posterior. Labia mayora analog dengan skrotum pada pria.

Ligamentum rotundum berakhir dibatas atas labiya mayora. Setelah perempuan melahirkan beberapa kali, labia mayora menjadi kurang menonjol dan pada usia lanjut mulai mengeriput.

### 3. Labia minora (bibir-bibir kecil)

Labia minora adalah suatu lipatan tipis dari kulit sebelah dalam labia mayora ke depan kedua bibir kecil bertemu yang di atas klitoris membentuk preputium klitoridis dan yang di bawah klitoris membentuk frenulum klitoridis. Ke belakang kedua bibir kecil juga bersatu dan membentuk fossa navikulare. Fossa navikulare pada perempuan yang belum pernah bersalin akan terlihat utuh, cekung seperti perahu; pada perempuan yang pernah melahirkan akan tampak tebal dan tidak merata. Kulit yang meliputi bibir kecil mengandung banyak glandula sebasaee (kelenjar-kelenjar lemak) dan ujung-ujung saraf yang menyebabkan bibir kecil sangat sensitif. Jaringan ikatnya banyak pembuluh darah dan beberapa otot polos yang menyebabkan bibir ini dapat mengembang.

### 4. Klitoris

Klitoris kira-kira sebesar kacang ijo, tertutup oleh preputium klitoridis dan terdiri atas glans klitoridis, korpus klitoridis dan dua krura yang menggantungkan klitoris ke mons pubis. Glans klitoridis terdiri atas jaringan yang dapat mengembang, penuh dengan urat saraf, sehingga sangat sensitif.

### 5. Vestibulum

Vestibulum berbentuk lonjong dengan ukuran panjang dari depan ke belakang dan dibatasi di depan oleh klitoris, kanan dan kiri oleh labia minora dan di belang oleh perineum. Kurang lebih 1-1,5 cm di bawah klitoris ditemukan orifisium uretra eksternum (lubang kemih) membentuk membusur 4-5 mm dan tidak jarang sukar ditemukan karena tertutup oleh lipatan-lipatan selaput vagina. Tidak jauh dari lubang kemih, di kiri dan di kanan bawahnya, dapat dilihat dua ostia skene. Saluran skene analog dengan kelenjar prostat laki-laki. Di kiri dan di kanan bawah di dekat fossa nevikulare, terdapat kelenjar bartolin. Kelenjar ini berukuran diameter lebih kurang 1 cm, terletak di bawah otot konstriktor kuni dan mempunyai saluran kecil panjang 1,5-2 cm yang bermuara di vestibulum.

## 6. Bulbus vestibuli

Bulbus vestibuli merupakan pengumpulan vena terletak di bawah selaput lendir vestibulum, dekat ramus ossis pubis. Pada waktu persalinan biasanya bulbus vestibuli tertarik ke arah atas ke bawah arkus pubis, akan tetapi bagian bawahnya yang melingkari vagina mengalami cedera dan sekali-sekali timbul hematoma vulva atau pendarahan.

## 7. Preneum

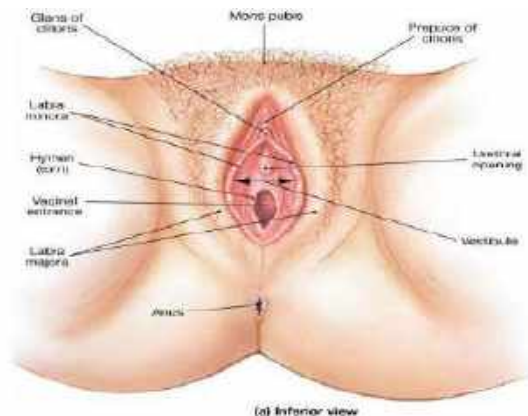
Preneum terletak antara vulva dan anus panjangnya rata-rata 4 cm. Jaringan yang mendukung perineum terutama ialah diafragma pelvis dan diafragma urogenitalis. Perineum mendapat pasokan darah terutama dari arteria pudenda interna dan cabang-cabangnya.

## 8. Himen (selaput dara)

Himen adalah lapisan tipis menutupi sebagian liang senggama. Di tengahnya berlubung, merupakan tempat keluarnya menstruasi, bentuknya bervariasi dan bila teregang akan berbentuk cincin.

## 9. Orifisum vagina

Orifisum vagina celah yang terdapat di bawah dan di belakang muara uretra, ukurannya tergantung pada himen, lipatan di dalamnya berkontraksi satu sama lainnya.



**Gambar 9.2:** Organ Reproduksi Wanita (Guyton, AC, 2014)

## 9.5.2 Genetalia interna

### 1. Vagina (liang kemaluan)

Vagina merupakan suatu penghubung antara introitus vagina dan uterus. Arahnya sejajar dengan arah dari pinggir atas simfisis ke promontorium. Arah ini penting di ketahui pada waktu memasukan jari ke dalam vagina saat melakukan pemeriksaan ginekologik. Dinding belakang dan depan vagina berdekatan, masing-masing panjangnya berkisar antara 6-8 cm dan 7-10 cm. Bentuk vagina sebelah dalam yang berlipat-lipat disebut rugae. Di tengah-tengahnya ada bagian yang lebih keras di sebut columna rugarum. Bagian atas vagina berasal dari dukkus mulleri, sedangkan bagian bawahnya di bentuk oleh sinus urogenitalis. Di sebelah depan, dinding vagina berhubungan dengan dengan uretra dan kandung kemih yang di pisahkan oleh jaringan ikat biasa di sebut septum vesikovaginalis. Di sebelah belakang, di antara dinding vagina bagian bawah dan rektum terdapat jaringan ikat biasa disebut septum rektovaginalis, seperempat dinding bagian atas dinding vagina belakang terpisahdari rektum oleh kantong rektouterina yang biasa di sebut kavum douglasi. Dinding kanan dan kiri vagina berhubungan dengan muskulus levator ani. Di puncak vagina di pisahkan oleh serviks, terbentuk forniks anterior, posterior dan lateralis kiri dan kanan. Oleh karena puncak vagina belakang terletak lebih tinggi dari pada bagian depan, maka forniks posterior lebih dalam daripada anterior. Forniks mempunyai arti klinik karena organ internal pelvis dapat di palpasi melalui dinding forniks yang tipis. Kurang lebih 1,5 cm di atas forniks lateralis terletak ureter yang terdapat di dalam parametrium. Di tempat itu ureter melintasi arteri uterina tepat di bawahnya. Hal ini penting di ketahui jika harus menjahit robekan serviks uteriyang lebar dan dekat dengan tempat arteria uterina dan ureter agar kedua pembuluh itu tidak terjahit.

Vagina mendapat darah dari :

- a. Arteria uterina, yang melalui cabangnya ke serviks dan vagina memberikan darah ke vagina bagian 1/3 atas.
- b. Arteria vesikalis inferior, yang melalui cabangnya memberikan darah ke vagina bagian 1/3 tengah.
- c. Arteria hemoroidalis mediana dan arteria pudendus interna, yang memberikan darah ke vagina bagian 1/3 bawah

Darah kembali melalui pleksus vena yang ada, antara lain pleksus pampini formis ke vena hipo gastrika dan vena iliaka ke atas. Getah bening (limfe) yang berasal dari 2/3 bagian atas vagina akan melalui kelenjar getah bening di daerah vasa iliaka, sedangkan getah bening yang berasal dari 1/3 bagian bawah akan melalui kelenjar getah bening di regio inguinalis.

## 2. Uterus

Uterus berbentuk seperti buah alvokad atau buah pir yang sedikit gepeng ke arah depan belakang. Ukurannya telur ayam dan mempunyai rongga. Dindingnya terdiri atas otot-otot polos. Ukuran panjang uterus adalah 7-7,5 cm lebar dia atas 5,25 cm, tebal 2,5 cm, dan tebal dinding 1,25 cm. Letak uterus dalam keadaan fisiologis adalah anteversiofleksio (serviks ke depan dan membentuk sudut dengan vagina, sedangkan korpus uteri ke depan dan membentuk sudut dengan serviks uteri. Uterus terdiri atas :

- a. Fundus uteri adalah bagian uterus proksimal, di situ kedua tuba fallopi masuk ke uterus. Dalam klinik perlu di ketahui samapi di mana fundus uteri berada, oleh karena tuanya kehamilan dapat di perkirakan dengan parabaan pada fundus uteri.
- b. Korpus uteri adalah bagian uterus yang terbesar. Pada kehamilan bagian ini mempunyai fungsi utama sebagai tempat janin berkembang. Rongga yang terdapat di korpus uteri di sebut kavum uteri (rongga rahim).
- c. Servis uteri terdiri atas:
  - Pars vaginalis servisis uteri yang dinamakan porsio.
  - Pars supravaginalis servisis uteri yaitu bagian serviks yang berada di atas vagina.

Saluran yang terdapat dalam serviks di sebut kanalis servikalis, berbentuk seperti saluran lonjong dengan panjang 2,5 cm. Saluran ini di lapisi oleh kelenjar-kelenjar serviks, berbentuk sel-sel torak bersilia dan berfungsi sebagai reseptakulum seminis. Pintu saluran serviks sebelah dalam di sebut ostium uteri internum dan pintu di vagina disebut ostium uteri eksternum.

Kedua pintu penting dalam klinik misalnya dalam penilaian jalanya persalinan, dan abortus. Secara histologik dari dalam keluar, uterus terdiri atas :

1. Endometrium di korpus uteri dan endoserviks di serviks uteri. Endometrium terdiri atas epitel kubik, kelenjar-kelenjar dan jaringan dengan banyak pembuluh darah yang berlekuk-lekuk. Endometrium melapisi seluruh kavum uteri dan mempunyai arti penting dalam siklus menstruasi dalam masa reproduksi. Dalam masa haid, endometrium sebagian besar di lepaskan, untuk kemudian tumbuh lagi dalam masa proliferasi yang selanjutnya diikuti dengan sekretorik (kelenjar-kelenjar telah berlekuk-lekuk dan terisi dengan getah).
2. Lapisan otot polos uterus di sebelah dalam berbentuk sirkular dan di sebelah luar berbentuk longitudinal. Di antara kedua lapisan itu terdapat lapisan otot oblik, berbentuk anyaman. Lapisan ini paling penting dalam persalinan oleh karena sesudah plasenta lahir, otot pada lapisan ini berinteraksi kuat dan menjepit pembuluh-pembuluh darah yang terbuka di tempat itu, sehingga pendarahan berhenti.
3. Lapisan serosa, yakni peritoneum viserale.

Uterus sebenarnya terapung-apung dalam rongga velvis, tetapi terfiksasi dengan baik oleh jaringan ikat dan ligamenta yang menyokongnya. Ligamenta yang memfiksasi uterus adalah sebagai berikut :

- a. Ligamentum kardinal (mackenrodt) kiri dan kanan, yakni ligamentum yang terpenting yang mencegah uterus tidak turun. Terdiri atas jaringan ikat tebal yang berjalan dari serviks dan puncak vagina ke arah lateral dinding velvis. Di dalamnya ditemukan banyak pembuluh darah, antara lain vena dan arteria uterina.
- b. Ligamentum sakro-uterina, yakni ligamentum yang menahan uterus supaya tidak bergerak. Berjalan dari serviks bagian belakang kiri dan kanan, ke arah os sakrum kiri dan kanan.
- c. Ligamentum rotundum kiri dan kanan, yakni ligamentum yang menahan uterus dalam antefleksi. Berjalan dari sudut fundus uteri kiri dan kanan, ke daerah inguinal kiri dan kanan. Pada kehamilan kadang-kadang terasa sakit di daerah inguinal waktu berdiri cepat, karna uterus berkontraksi kuat dan ligamentum rotundum menjadi

- kencang serta mengadakan tarikan pada daerah inguinal. Pada persalinan pun teraba kencang dan terasa sakit bila di pegang.
- d. Ligamentum latum kiri dan kanan, yakni ligamentum yang meliputi tuba. Berjalan dari uterus ke arah lateral. Tidak banyak mengandung jaringan ikat. Sebenarnya ligamentum ini adalah bagian peritoneum viserale yang meliputi uterus dan kedua tuba dan berbentuk sebagai lipatan. Di bagian dorsal ligamentum ini di temukan indung telur (ovarium sinistrum et dekstrum). Untuk menfiksasi uterus, ligamentum latum ini tidak banyak artinya.
  - e. Ligamentum infundibulo-pelvikum kiri dan kanan, yakni ligamentum yang menahan tuba fallopii. Berjalan dari daerah infundibulum ke dinding pelvis. Di dalamnya ditemukan urat-urat saraf, saluran-saluran limfe, arteria dan vena ovarika.

Di samping ligamenta tersebut di atas di temukan pada sudut kiri dan kanan belakang fundus uteri ligamentum ovarii proprium kiri dan kanan yang menahan ovarium. Ligamentum ovarii proprium ini embriologis berasal dari gubernakulum. Jadi sebenarnya berasal seperti ligamentum rotundum yang juga embriologis berasal dari gubernakulum.

Ismus adalah bagian antara serviks dan korpus uteri, diliputi oleh peritoneumviserale yang mudah sekali di geser dari dasarnya atau di gerakan di daerah plika psikouteria. Di tempat yang longgar inilah dinding uterus di buka jika melakukan seksiosesarea transperitonealis profunda. Dinding belakang uterus seluruhnya di liputi oleh peritorium viserale yang di bagian bawah membentuk suatu kantong yang di sebut kavum douglasi. Dalam klinik rongga ini mempunyai arti penting. Kavum douglasi akan menonjol jika terdapat cairan (darah atau asites).

Uterus di beri darah oleh arteria uteria kiri dan kanan yang terdiri dari atas ramus ascendens dan ramus descendens. Pembuluh darah ini berasal dari arteria iliaca interna (disebut juga arteria hipogastrika) yang melalui dasar ligamentum latum masuk ke dalam uterus di daerah serviks kira-kira 1,5 cm di atas fornix lateralis vagina. Pembuluh darah lain yang memberi pula darah ke uterus adalah arteria ovarika kiri dan kanan. Arteria ini berjalan dari lateral dinding pelvis, melalui ligamentum infundibulo-pelvikum mengikuti tuba falloppi, beranastomosis dengan ramus ascendens arteria uterina di sebelah



lateral, kanan dan kiri uterus. Bersama-sama dengan arteri tersebut di atas terdapat vena-vena yang kembali melalui pleksus vena ke vena hipogastrika.

Getah bening yang berasal dari serviks akan mengalir ke daerah obturatorial dan inguinal, selanjutnya ke daerah vasa iliaca. Dari korpus uteri saluran getah bening akan menuju ke daerah paraaorta atau paravertebra dalam kelenjar-kelenjar getah bening penting dalam operasi karsinoma.

Inervasi uterus terutama terdiri atas sistem saraf simpatetik dan untuk sebagian terdiri atas sistem para simpatik dan serebrosipinal. Sistem parasimpatetik berada di dalam panggul sebelah kiri dan kanan os sakrum, berasal dari saraf sakral 2, 3, dan 4 yang selanjutnya memasuki pleksus frankenhauser. Sistem simpatetik masuk ke rongga panggul sebagai pleksus hipogastrikus melalui bifurkasi aorta dan promontorium terus kebawah menuju ke pleksus frankenhauser. Pleksus ini terdiri atas ganglion-ganglion berukuran besar dan kecil yang terletak terutama pada dasar ligamentum sakrouterina. Serabut-serabut saraf tersebut di atas memberi inervasi pada miometrium dan endometrium. Kedua sistem simpatetik dan parasimpatetik mengandung unsur motorik dan sensorik. Kedua sistem bekerja antagonistik. Saraf simpatetik menimbulkan kontraksi dan vasokonstriksi, sedangkan yang parasimpatetik sebaliknya, mencegah kontraksi dan menimbulkan vasodilatasi.

Saraf yang berasal dari torakal 11 dan 12 mengandung saraf sensorik dari uterus dan meneruskan perasaan sakit dari uterus ke pusat saraf (serebrum). Saraf sensorik dari serviks dan bagian atas vagina melalui saraf sakral 2, 3, dan 4 sedangkan yang dari bagian bawah vagina melalui nervus pudendus dan nervus ileoinguinalis.

3. Tuba Fallopii, tuba fallopii terdiri atas :
  - a. Pars interstisialis, yaitu bagian yang terdapat di dinding uterus.
  - b. Pars isthica, merupakan bagian medial tuba yang sempit seluruhnya.
  - c. Pars ampullaris, yaitu bagian yang berbentuk sebagai saluran agak lebar, tempat konsepsi terjadi.
  - d. Infundibulum, yaitu bagian ujung tuba yang terbuka ke arah abdomen dan mempunyai fibria. Fibria penting artinya bagi tuba untuk menangkap telur dan selanjutnya menyalurkan telur ke dalam tuba. Bentuk infundibulum seperti anemon (sejenis binatang laut).

Bagian luar tuba diliputi oleh peritoneum viserale yang merupakan bagian dari ligamentum latum. Otot dinding tuba terdiri atas (dari luar ke dalam) otot longitudinal dan otot sirkular. Lebih ke dalam lagi di dapatkan selaput yang berlipat dengan sel-sel yang bersekresi dan bersilia yang khas, berfungsi untuk menyalurkan telur atau hasil konsepsi ke arah kavum uteri dengan arus yang di timbulkan oleh getaran rambut getar tersebut.

4. Ovarium (indung telur) Perempuan umumnya memiliki 2 indung telur kanan dan kiri. Mesovarium menggantung ovarium di bagian belakang ligamentum latum kiri dan kanan. Ovarium berukuran kurang lebih sebesar ibu jari tangan dengan ukuran panjang kira-kira 4 cm, lebar dan tebal kira-kira 1,5 cm. Pinggir atasnya atau hilusnya berhubungan dengan mesovarium tempat di temukannya pembuluh-pembuluh darah dan serabut-serabut saraf untuk ovarium. Pinggir bawahnya bebas. Permukaan belakangnya menuju ke atas dan belakang, sedangkan permukaan depannya ke bawah dan ke depan, ujung yang dekat dengan tuba terletak lebih tinggi dari pada ujung yang terletak dengan uterus dan tidak jarang di selubungi oleh beberapa fimbria dan infundibulum. Ujung ovarium lebih rendah berhubungan dengan uterus melalui ligamentum ovarii proprium tepat di permukaannya jaringan otot yang menjadi satu dengan jaringan otot di ligamentum rotundum. Embriologik kedua ligamentum berasal dari gubernakulum.

Struktur ovarium terdiri atas :

- a. Korteks, bagian luar yang di liputi oleh epitelium germinativum, berbentuk kubik dan di dalamnya terdiri atas stroma serta folikel-folikel primordial.
- b. Medulla, bagian di sebelah dalam korteks tempat terdapatnya stroma dengan pembuluh-pembuluh darah, serabut-serabut saraf, dan sedikit otot polos.

Diperkirakan pada perempuan terdapat kira-kira 100.000 folikel primer. Tiap bulan satu folikel akan keluar, kadang-kadang dua folikel, yang dalam perkembangannya akan berkembang menjadi folikel de Graaf. Folikel-folikel ini merupakan bagian terpenting dari ovarium yang dapat di lihat di korteks

ovari dalam letak yang beraneka ragam dan dalam tingkat perkembangan yang berbeda-beda, yaitu dari satu sel telur yang di kelilingi oleh satu lapisan saja sampai menjadi folikel de graaf yang matang terisi dengan likuor follikuti, mengandung estrogen dan siap untuk berovulasi.

Folikel de graaf yang matang terdiri atas :

1. Ovum, yakni suatu sel besar dengan diameter 0,1 mm yang mempunyai nukleus dengan anyaman kromatin yang jelas sekali dan satu nukleolus pula.
2. Stratum granulosum yang terdiri atas sel-sel granulosa, yakni sel-sel bulat kecil dengan inti yang jelas pada pewarnaan dan mengelilingi ovum, pada perkembangan lebih lanjut di tengahnya terdapat suatu rongga terisi likourfollikuti.
3. Teka interna, suatu lapisa yang melingkari stratum granulosum dengan sel-sel lebih kecil daripada sel granulosa.
4. Teka eksterna, di luar teka interna yang terbentuk oleh stroma ovarium yang terdesak.

Pada ovulasi folikel yang matang yang mendekati permukaan ovarium pecah dan melepaskan ovum ke rongga perut. Sel-sel granulosa yang melekat pada ovum dan yang membentuk korona radiata bersama-sama ovum ikut di lepas. Sebelum di lepas, ovum mulai mengalami pematangan dalam 2 tahap sebagai persiapan untuk di buahi.

Setelah ovulasi sel-sel stratum granulosum di ovarium mulai berproliferasi dan masuk ke ruangan bekas tempat ovum dan likuor follikuti. Demikian juga jaringan ikat dan pembuluh-pembuluh darah kecil yang ada di situ. Biasanya timbul sedikit, yang menyebabkan bekas folikel berwarna merah dan di beri nama korpus rubrum. Umur korpus rubrum ini hanya sebentar. Di dalam sel-selnya timbul pigmen kuning dan korpus rubrum menjadi korpus luteum. Sel-selnya membesar dan mengandung lutein dengan banyak kapilar dan jaringan ikat di antaranya. Di tengah-tengah masih terdapat bekas pendarahan. Jika tidak ada pembuahan ovum, sel-sel besar serta mengandung lutein mengecil dan menjadi atrofik, sedangkan jaringan ikatnya bertambah. Korpus luteum lambat laun menjadi korpus albicans. Jika pembuahan terjadi, korpus luteum tetap ada, malah menjadi besar, sehingga mempunyai diameter 2,5 cm pada kehamilan 4 bulan.

## 9.6 Hormon Reproduksi Wanita

Berikut ini adalah beberapa macam hormon wanita beserta fungsinya:

### 1. Progesteron

Hormon progesteron berpengaruh terhadap siklus menstruasi dan ovulasi. Saat wanita mengalami ovulasi atau sedang berada di masa subur, hormon progesteron akan membantu mempersiapkan lapisan dalam rahim yang disebut endometrium untuk menerima sel telur yang telah dibuahi oleh sperma. Selama kehamilan, kadar hormon progesteron dalam tubuh tetap tinggi. Hal ini mencegah tubuh menghasilkan sel telur baru dan mempersiapkan tubuh untuk memproduksi ASI. Bila tidak terjadi pembuahan, kadar hormon progesteron dalam tubuh akan turun dan memicu menstruasi.

### 2. Estrogen

Sebagian besar hormon estrogen diproduksi di ovarium atau indung telur. Selain itu, hormon ini juga diproduksi oleh kelenjar adrenal dan plasenta, tetapi hanya dalam jumlah yang sedikit. Hormon estrogen berfungsi untuk membantu perkembangan dan perubahan tubuh saat pubertas, termasuk perkembangan fungsi organ seksual, dan memastikan proses ovulasi dalam siklus menstruasi bulanan. Hormon ini juga berperan dalam proses keluarnya ASI setelah persalinan, mengatur mood atau suasana hati, dan proses penuaan. Penurunan produksi estrogen dapat menimbulkan berbagai gangguan, seperti menstruasi yang tidak teratur, vagina kering, suasana hati tidak menentu, menopause, dan osteoporosis pada wanita lanjut usia.

### 3. Testosteron

Kadar hormon testosteron yang terdapat pada tubuh wanita memang tidak sebanyak pada pria, namun hormon ini tetap memiliki fungsi yang penting bagi kesehatan wanita. Hormon testosteron berperan dalam mengatur libido atau gairah seksual dan menjaga kesehatan vagina, payudara, dan kesuburan.

### 4. Luteinizing hormone (LH)

LH pada wanita bertugas untuk membantu tubuh mengatur siklus menstruasi dan ovulasi. Oleh karena itu, hormon ini juga berperan dalam masa pubertas. Hormon ini diproduksi oleh kelenjar hipofisis di otak. Umumnya, kadar

hormon LH pada wanita akan meningkat saat menstruasi dan setelah menopause. Kadar LH yang terlalu tinggi pada tubuh wanita dapat mengakibatkan masalah reproduksi.

#### 5. Follicle-stimulating hormone (FSH)

Sama halnya dengan hormon LH, hormon FSH juga diproduksi di kelenjar hipofisis dan berperan penting dalam sistem reproduksi. Hormon ini membantu mengendalikan siklus menstruasi dan produksi sel telur di ovarium. Kadar hormon FSH yang rendah menandakan bahwa wanita tidak mengalami ovulasi, adanya gangguan pada kelenjar hipofisis, atau bisa juga menandakan kehamilan. Sebaliknya, hormon FSH yang tinggi dapat menandakan wanita memasuki masa menopause, adanya tumor di kelenjar hipofisis, atau gejala dari sindrom Turner.

#### 6. Oksitosin

Hormon oksitosin yang diproduksi oleh kelenjar hipofisis di otak ini umumnya akan meningkat selama kehamilan, khususnya ketika menjelang persalinan. Ketika kadar hormon meningkat, rahim akan terangsang untuk berkontraksi dan mempersiapkan proses persalinan. Setelah melahirkan, oksitosin akan merangsang kelenjar payudara untuk menghasilkan ASI. Setiap Hormon wanita memiliki peranan penting terhadap kesehatan, termasuk menentukan bentuk tubuh wanita. Untuk menjaga keseimbangan hormone dalam tubuh, maka disarankan untuk konsumsi makanan sehat rutin olahraga, membatasi konsumsi makanan manis dan tinggi karbohidrat.

# **Bab 10**

## **Anatomi dan Fisiologi Sistem Penginderaan**

### **10.1 Pendahuluan**

Manusia dalam melakukan kegiatan dibantu dengan berbagai organ yang berkumpul menjadi suatu sistem organ yang bertugas menopang fungsi aktivitas manusia seperti, sistem pernafasan manusia untuk proses bernafas, sistem kardiovaskuler untuk membantu proses pemompaan darah dan proses aliran darah dari jantung ke seluruh tubuh dan sebaliknya maupun dari jantung ke paru-paru dan sebaliknya dan masih banyak sistem organ lain yang membantu aktivitas tubuh manusia. Salah satunya adalah sistem penginderaan yang sangat penting fungsinya sebagai penerima rangsangan tertentu, di sini akan kami akan membahas tentang masalah sistem penginderaan mulai dari anatomi maupun fisiologi serta kelainan-kelainan yang terjadi pada organ-organ dalam sistem indera yang dapat memengaruhi fungsinya bagi tubuh manusia.

## 10.2 Pengertian

Sistem penginderaan manusia adalah organ akhir yang dikhususkan untuk menerima rangsangan tertentu yang terdiri dari indera penglihatan, indera pendengar, indera penciuman, indera pengecap, dan indera peraba. Menurut Syaifuddin: “Sistem pengindraan adalah organ akhir yang dikhususkan menerima jenis rangsangan tertentu. Serabut saraf yang menanganinya merupakan alat perantara yang membawa kesan rasa dari organ indra menuju ke otak tempat perasaan ini di tafsirkan”.

## 10.3 Indera Penglihatan

Indra penglihatan adalah alat yang digunakan untuk melihat lingkungan sekitarnya dalam bentuk gambar sehingga mampu mengenali benda – benda yang ada di sekitarnya. Mata dapat melihat benda karena adanya pantulan cahaya dari benda. ( sumber : Ilmu Pengetahuan Alam, djoko Arisworo, hal. 63 )

Menurut Syaifuddin:

“Indra penglihatan yang terletak pada mata yang terdiri dari organ alat bantu mata dan bola mata. Saraf indra penglihatan, saraf optikus (urat saraf kranial kedua), muncul dari sel-sel ganglion dalam retina, bergabung untuk membentuk saraf optikus”.

### 10.3.1 Bagian-bagian Mata

Bola mata dilekatkan oleh beberapa otot pada tulang tengkorak. Otot-otot tersebut terdiri atas tiga pasang otot yang ketiganya disebut otot silindris. Ketiganya berfungsi sebagai penggerak bola mata ke atas, ke bawah, ke kanan atau ke kiri. Kornea berfungsi mengatur cahaya yang masuk ke mata. Lapisan tengah mata atau koroid berwarna gelap. Lapisan ini banyak mengandung pembuluh darah dan berfungsi menyerap cahaya. Selain itu juga berfungsi menyerap cahaya. Selain itu juga berfungsi mengurangi berkas cahaya yang memantul di sekitar mata bagian dalam. Bagian depan selaput ini terputus dan membentuk selaput pelangi atau iris. Selaput tersebut ada yang berwarna hitam, bu-abu, biru atau hijau. Bagian inilah yang menentukan warna mata orang. Pada bagian tengah iris terdapat lubang untuk masuknya cahaya ke

dalam mata. Lubang ini disebut pupil. Besar kecilnya pupil diatur oleh iris yang berhubungan dengan banyak atau sedikitnya cahaya yang masuk.

Lapisan dalam mata atau retina disebut juga selaput jala. Bagian ini merupakan reseptor mata. Pada retina terdapat bintik kuning. Bintik kuning sangat peka terhadap cahaya dan warna. Oleh karena itu, jika kita melihat suatu benda dan bayangannya jatuh pada bintik kuning, benda tersebut akan tampak jelas dan tajam. Cahaya yang ditangkap mata berturut-turut akan melalui kornea, aqueous humor, pupil, lensa, vitreous humor, dan akhirnya pada retina. Retina sebagai reseptor akan meneruskan ke otak melalui sel saraf sensorisnya dan otak akan menerjemahkan bayangan yang tertangkap oleh retina (Djoko Arisworo )

### 10.3.2 Kelainan dan Penyakit pada Mata

#### 1. Rabun Jauh

Rabun jauh atau miopi merupakan ketidakmampuan mata untuk melihat objek jauh dengan jelas. Hal ini karena lensa mata terlalu cembung atau bola mata terlalu panjang. Akibatnya, bayangan akan jatuh di depan bintik kuning. Penderita miopi dapat ditolong menggunakan kaca mata berlensa cekung.

#### 2. Rabun Dekat

Penderita rabun dekat atau hipermetropi tidak mampu melihat objek benda secara jelas dari jarak dekat. Hal ini terjadi karena lensa mata terlalu pipih, bayangan akan jatuh di belakang bintik kuning. Kelainan ini dapat dikoreksi dengan menggunakan kaca mata berlensa cembung

#### 3. Astigmata

Astigmata disebabkan permukaan lensa atau lengkungan kornea yang tidak mulus. Akibatnya, bayangan yang jatuh tidak tepat pada bintik kuning, penglihatan penderita astigmata dapat dikoreksi dengan lensa silindris.

#### 4. Glukoma

Suatu keadaan yang mana tekanan bola mata meninggi. Jika tidak segera diobati dapat menyebabkan kebutaan. Umumnya penyakit ini dialami orang-orang yang berusia 40 tahun ke atas.



## 5. Trachoma

Trachoma merupakan virus yang menimbulkan peradangan pada kornea. Jika tidak segera di atasi dapat menyebabkan kebutaan. Trachoma dapat diobati dengan pemberian antibiotic.

## 6. Katarak

Peyakit ini disebabkan terjadinya pengeruhan pada lensa. Semakin keruh lensa, semakin tidak jelas penglihatan, lama-kelamaan dapat menyebabkan kebutaan. Pengangkatan lensa katarak dan menggantikannya dengan lensa buatan merupakan cara terbaik dalam pengobatannya (Djoko Arisworo, 2006).

### 10.3.3 Fisiologi penglihatan

Organ sensorik kompleks yang mempunyai fungsi optikal untuk melihat dan saraf untuk tranduksi sinar. Aparatus optic mata membentuk dan mempertahankan ketajaman focus objek dalam retina. Prinsip optic; sinar dialihkan berjalan dari medium ke medium lain dari lensa pada otak untuk ditafsirkan. Cahaya yang jatuh ke mata menimbulkan bayangan yang letaknya difokuskan pada retina. Bayangan itu akan membiaskan cahaya dan memfokuskan bayangan pada retina bersatu menangkap sebuah titik bayangan yang difokuskan.

### 10.3.4 Pembentukan bayangan

Cahaya dari objek membentuk ketajaman tertentu dari bayangan objek di retina. Bayangan dalam fovea di retina selalu lebih kecil dan terbalik dari objek nyata. Bayangan yang jatuh pada retina akan menghasilkan sinyal saraf dalam mosaik reseptor, selanjutnya mengirim bayangan dua dimensi ke otak untuk direkonstruksi menjadi tiga dimensi.

Pembentukan bayangan abnormal jika boleh mata terlalu panjang dan berbentuk elips, titik focus jatuh di ddi depan retina sehingga bayangan kabur. Untuk melihat lebih jelas harus mendekatkan mata pada objek yang dilihat, di bantu dengan lensa bikonkaf yang memberi cahaya divergen sebelum masuk mata. Hiperproppia, titik jatuh di belakang retina. Kelainan dikoreksi dengan lensa bikonveks. Presbiopia, bentuk abnormal karena lanjut usiayang kehilangan kekenyalan lensa.

### 10.3.5 Respons bola mata terhadap benda

Relaksasi m.siliaris membuat kerja ligamentum tegang, lensa tertarik sehingga bentuknya lebih pipih. Keadaan ini akan memperpanjang jarak focus. Bila benda dekat dengan mata maka otot berkontraksi agar lengkung lensa meningkat. Jika benda jauh, m.siliaris berkontraksi agar lebih pipih supaya bayangan benda pada retina menjadi tajam. Akomodasi mengubah ukuran pupil, kontraksi iris, kontraksi iris ini membuat pupil mengecil dan melebar.

## 10.4 Indera Pendengaran

Indra pendengaran merupakan salah satu alat pancaindra untuk mendengar. Telinga merupakan alat indra yang sangat peka terhadap rangsang suara. Hal ini karena telinga memiliki saraf-saraf pendengaran (Djoko Arisworo, 2006).

Anatomi telinga terdiri dari telinga bagian luar, tengah, dan dalam.

Menurut Evelyn C. Pearce:

“Indra pendengaran adalah alat indra yang memiliki fungsi untuk mendengar suara yang ada di sekitar dan telinga merupakan indra pendengaran yang menerima rangsangan berupa suara (fonoreseptor). dan menjadi alat keseimbangan tubuh”.

### 10.4.1 Bagian – bagian dari telinga

#### 1. Telinga bagian luar

Terdiri dari Aurikula (daun telinga), Meatus akustikus eksterna (liang telinga), Membran timpani. Daun telinga berfungsi membantu memusatkan gelombang suara yang masuk ke saluran pendengaran. Selaput gendang atau membrane timpani berfungsi menangkap gelombang suara.

#### 2. Telinga bagian tengah

Terdiri dari tiga macam tulang, yaitu tulang martil (malleus), tulang landasan (incus), dan tulang sanggurdi (stapes). Ketiga tulang tersebut berfungsi meneruskan dan mengubah gelombang suara dari gendang telinga atau selaput gendang ke bagian dalam telinga. Di bagian ini juga terdapat saluran yang

berhubungan dengan pangkal tenggorokan. Saluran ini disebut saluran estachius. Saluran ini berfungsi menyeimbangkan tekanan udara di telinga bagian luar dan tengah.

### 3. Telinga bagian dalam

Telinga bagian dalam terletak pada bagian tulang keras pilorus temperalis, terdapat reseptor pendengaran, dan alat pendengar ini disebut labirin. Telinga bagian dalam terdiri atas bagian rumah siput (koklea) dan tiga saluran setengah lingkaran. Koklea berfungsi sebagai reseptor karena di dalamnya terdapat sel saraf sensoris yang berhubungan dengan otak. Tiga saluran setengah lingkaran berfungsi menjaga keseimbangan tubuh.

Disekitarmu banyak terdapat gelombang suara. Gelombang suara ini ditangkap oleh daun telinga dan diteruskan menuju membrane timpani. Membrane ini akan menangkap gelombang suara dan mengubahnya menjadi getaran. Getaran tersebut akan melewati tulang pendengaran, yaitu martil, landasan, dan sangurdi. Dari tulang pedengaran, getaran tersebut akan diteruskan menuju rumah siput. Getaran yang sampai pada rumah siputakan menyebabkan cairan yang terdapat di dalamnya bergerak. Di rumah siput ini pun banyak terdapat reseptor berupa rambut-rambut sensoris. Seiring pergerakan cairan pada rumah siput, rambut-rambut sensoris ini bergetar. Getaran ini kemudian akan dikirim oleh sel saraf sensoris menuju otak dalam bentuk impuls. Otak akan menerjemahkan impuls ini sebagai suara (Djoko Arisworo, 2006).

## 10.4.2 Kelainan dan Penyakit pada Telinga

Ada beberapa kelainan dan penyakit pada telinga. Umumnya jika tidak segera di atasi dapat menyebabkan ketulian. Berikut bberapa kelainan dan penyakit pada telinga.

### 1. Tuli

Orang yang sudah tidak dapat lagi mendengar dikatakan tuli. Tuli dapat disebabkan menumpuknya kotoran telinga sehingga meyumbat saluran telinga. Oleh karena itu, rajin-rajinlah membersihkan saluran telinga. Gunakanlah pembersih telinga yang steril.

## 2. Radang Telinga Tengah

Penyakit ini disebabkan oleh bakteri atau virus. Biasanya radang telinga tengah diikuti radang pada saluran pernapasan bagian atas ( radang tenggorokan ). Biasanya radang telinga yang paling sering menyerang anak-anak.

## 3. Mabuk Perjalanan

Mabuk perjalanan ini disebabkan adanya gangguan pada tiga saluran setengah lingkaran. Gangguan ini dapat disebabkan rangsangan yang terus-menerus oleh gerakan-gerakan atau getaran-getaran yang terjadi selama perjalanan sehingga keseimbangan tubuh terganggu.

# 10.5 Indera Penciuman

Indra penciuman adalah indra yang digunakan untuk mengenali lingkungan sekitar atau sesuatu aroma yang dihasilkan. Hidung merupakan indra pembau yang peka terhadap rangsang berbentuk gas dan uap. Di dalam rongga hidung terdapat sel-sel reseptor yang dilengkapi dengan rambut-rambut halus berselaput lender. Pada waktu kamu mencium aroma makanan, zat berbau yang menguap dari masakan tersebut terhirup bersama udara pernapasan. Kemudian larut bersama selaput lender di dalam rongga hidung. Hal ini merangsang ujung sel saraf pembau di dalam rongga hidung. Dari ujung sel saraf pembau ini impuls akan diteruskan ke otak. Setelah dari otak, kamu dapat mengatakan bahwa masakan tersebut harum.

Fungsi indra pembau akan hilang jika terjadi penyumbatan rongga hidung (misalnya oleh polip atau tumor ) dan adanya infeksi pada reseptor pembau oleh virus. Hilangnya fungsi indra penciuman ini disebut anosmia. (Djoko Arisworo, 2006)

Menurut Roger Watson:

“Alat indra untuk merasakan cita rasa dari berbagai makanan dan untuk mengenali lingkungan atau suatu aroma yang dihasilkan. Alat pencium terdapat dalam rongga hidung dari ujung saraf, otak, nervus olfaktorius”.

Reseptor pencium dan pengecap keduanya adalah kemoreseptor yang dirangsang oleh molekul-molekul dalam larutan dalam cairan hidung dan mulut. Akan tetapi, kedua indra ini secara anatomis sangat berbeda reseptor pencium adalah reseptor jauh (teleseptor) lintasan penciuman tidak mempunyai sambungan dalam talamus dan tidak terdapat daerah proyeksi dalam neokorteks untuk penciuman.

### 10.5.1 Membran Mukosa Penciuman

Reseptor pencium terletak pada bagian khusus dari mukosa hidung, membran mukosa pencium berpigmen kekuning-kuningan. Sel-sel penyangga mensekresi lapisan mukus yang terus menerus melapisi epitel dan mengirimkan banyak mikrofil rambut halus ke dalam mukus ini. Tersebar di antara sel-sel penyangga membran mukosa ini terdapat 10-20 juta reseptor. Tiap-tiap reseptor pencium adalah satu neuron. Membran mukosa penciuman dikatakan merupakan tempat di mana sistem saraf paling dekat dengan dunia luar. Neuronnya mempunyai dendrit yang pendek dan tebal dengan ujung-ujung yang melebar dan dinamakan batang pencium atau (olfactory rods). Dari batang ini cilia diulurkan ke permukaan mukus. Akson dari neuron reseptor pencium menembus lamina cribosa dari os ethmoidale dan masuk ke dalam bulbus olfactorius.

### 10.5.2 Bulbus olfactorius

Di dalam bulbus olfactorius akson reseptor berakhir di antara dendrit-dendrit dari sel-sel mitral dan sel-sel berjambul (tufted) untuk membentuk kompleks sinaps bulat yang dinamakan glomeruli olfactori. Rata-rata 26.000 akson sel reseptor berkonvergensi pada tiap-tiap glomerulus. Akson dari sel mitral dan berjambul melintas ke posterior melalui stria olfactori media untuk berakhir pada substantia perforata anterior dan trigonum olfactorium. Implus yang berhubungan dengan refleksi penciuman melintas dari daerah ini ke sisi sistem limbik dan hipotalamus. Sebagian besar akson dari sel-sel mitral, melintas dari glomeruli melalui stria olfactori lateral ke korteks dan bagian medial dari nukleus amigdalae ipsilateral dan ke korteks prepiriform dan periamigdalae. Disamping input dari luar berasal dari membran mukosa penciuman melalui nervus olfactorius, terdapat pula tiga input dari lain-lain bagian otak masuk ke dalam bulbus olfactorius. Satu dari input sentral berasal dari nukleus cabang horizontal jalur diagonal (serabut sentrifugal). Input lain berasal dari nukleus olfactorius anterior sisi yang sama, sedangkan input yang ketiga berasal dari

nukleus olfactorius anterior kontralateral dan mencapai bulbus olfactorius melalui commissura anterior

### 10.5.3 Fisiologi Penghidung

#### 1. Perangsang reseptor

Reseptor-reseptor penciuman hanya memberi respon terhadap zat yang bersentuhan dengan epitel penciuman dan larut dalam lapisan mukus yang tipis. Ambang penciuman untuk berbagai zat representatif melukiskan kepekaan yang menyolok dari reseptor penciuman terhadap beberapa zat. Misalnya, metil merkaptan, yaitu zat yang memberi bau yang khas pada bawang, dapat dicium pada konsentrasi yang kurang dari sepersatu juta miligram perliter udara. Apabila molekul berbau merangsang reseptor maka timbulah potensial reseptor. Satu teori mengemukakan bahwa molekul berbau menekan aktivitas sistem enzim epitel dan menyebabkan perubahan pada reaksi-reaksi kimia. Teori lain mengemukakan bahwa molekul berbau mengubah permukaan sel-sel reseptor yang menyebabkan total listriknnya. Teori yang ketiga mengemukakan bahwa molekul hanya mengubah permeabilitas Na dari membran reseptor.

#### 2. Mendengus

Bagian rongga hidung yang mengandung reptor pencium mendapat ventilasi yang sangat sedikit. Sebagian besar udara biasanya bergerak dengan tenang melalui bagian bawah rongga hidung pada setiap siklus pernapasan. Jumlah udara yang mencapai bagian ini sangat meningkat dengan mendengus yaitu suatu gerakan yang menyertakan kontraksi bagian bawah lubang. Hidung pada septum untuk membantu membiasakan arus udara ke atas. Mendengus adalah respon semirefleks yang biasanya terjadi apabila bau yang baru menarik perhatian.

#### 3. Peranan serabut-serabut nyeri dalam hidung

Ujung-ujung telanjang dari banyak serabut nyeri N. trigeminus ditemukan dalam membrana mukosa penciuman. Serabut-serabut ini terangsang oleh zat-zat yang menyengat, dan perasaan menyengat komponen yang timbul dari trigeminus merupakan komponen dari "bau" yang khas dari zat seperti minyak permen, menthol, dan klor. Ujung-ujung ini juga yang bertanggung jawab

untuk menimbulkan refleks bersin, mengeluarkan air mata, sesak nafas, dan respon refleks lainnya terhadap iritan terhadap hidung

#### 4. Adaptasi

Telah diketahui umumnya bahwa bila seseorang secara terus menerus terkena bau yang paling tidak enakpun, persepsi dari bau itu menurun dan akhirnya berhenti. Fenomena yang kadang-kadang berguna ini disebabkan karena adaptasi yang agak cepat yang terjadi pada sistem penciuman. Adaptasi ini adalah spesifik untuk bau tertentu yang dicium, ambang untuk bau-bau lainnya tidak berubah. Adaptasi penciuman sebagian adalah peristiwa sentral, tetapi juga karena perubahan pada reseptor.

## 10.6 Indera Pengecapan

Proses pengecapan ini melibatkan saraf yang terletak di kelompok sel rasa yang ditemukan dalam selera hadir dalam pori-pori pada permukaan lidah dan bagian lain dari mulut seseorang. Proses pengecapan dimulai ketika sebuah benda memasuki mulut seseorang dan terjadi kontak dengan lidah atau area lain dari mulut. Meskipun lidah biasanya terkait dengan selera, mereka hadir di sepanjang atap mulut dan tempat-tempat lain juga, meskipun sensitivitas ini permukaan lain sering menurun sesuai dengan usia. Ketika makanan atau benda lainnya terjadi kontak dengan permukaan ini, selera yang larut dalam air bisa masuk pori-pori yang mengandung selera dan sinyal ini kemudian dikirim ke otak, yang diartikan sebagai rasa. Ada lima rasa yang dimiliki melalui pencicipan, yaitu manis, garam, asam, pahit, dan gurih.

Lidah adalah kumpulan otot rangka pada bagian lantai mulut yang dapat membantu pencernaan makanan dengan mengunyah dan menelan. Lidah dikenal sebagai indera pengecap yang banyak memiliki struktur tunas pengecap. Lidah juga turut membantu dalam tindakan bicara. Struktur lainnya yang berhubungan dengan lidah sering disebut lingual, dari bahasa Latin *lingua* atau *glossal* dari bahasa Yunani. Lidah merupakan bagian tubuh penting untuk indera pengecap yang terdapat kemoreseptor untuk merasakan respon rasa asin, asam, pahit dan rasa manis. Tiap rasa pada zat yang masuk ke dalam rongga mulut akan direspon oleh lidah di tempat yang berbeda-beda.

Pada hakikatnya, lidah mempunyai hubungan yang sangat erat dengan indra khusus pengecap, lidah tersusun atas otot rangka yang terlekat pada tulang hyoideus, tulang rahang bawah dan *processus styloideus* di tulang pelipis. Lidah sebagian besar terdiri dari dua kelompok otot yaitu otot intrinsik dan ekstrinsik.

Otot intrinsik lidah melakukan semua gerakan halus, sementara otot ekstrinsik mengaitkan lidah pada bagian-bagian sekitarnya serta melaksanakan gerakan-gerakan kasar yang sangat penting pada saat mengunyah dan menelan. Lidah mengaduk-aduk makanan, menekannya pada langit-langit dan gigi dan akhirnya mendorongnya masuk farinx.

Lidah terletak pada dasar mulut, sementara pembuluh darah dan urat saraf masuk dan keluar pada akarnya. Ujung serta pinggir lidah bersentuhan dengan gigi-gigi bawah, sementara dorsum merupakan permukaan melengkung pada bagian atas lidah. Bila lidah digulung kebelakang maka tampaklah permukaan bawahnya yang disebut frenulum linguae, sebuah struktur ligament halus yang mengaitkan bagian posterior lidah pada bagian dasar mulut. Bagian anterior lidah bebas tidak terkait. Bila dijulurkan, maka ujung lidah meruncing, dan bila terletak tenang didasar mulut, maka ujung lidah berbentuk bulat.

Lidah ini, juga dibangun oleh suatu struktur yang disebut kuncup pengecap (taste buds). Pada lidah lebih kurang 10.000 kuncup pengecap yang tersebar dipermukaan atas dan di sepanjang pinggir lidah. Kuncup pengecap tertanam dibagian epitel lidah dan bergabung dengan tonjolan-tonjolan lidah yang disebut papilla.

### 10.6.1 Bagian-Bagian Lidah

Sebagian besar, lidah tersusun atas otot rangka yang terlekat pada tulang hyoideus, tulang rahang bawah dan *processus styloideus* di tulang pelipis. Terdapat dua jenis otot pada lidah yaitu otot ekstrinsik dan intrinsik. Lidah memiliki permukaan yang kasar karena adanya tonjolan yang disebut papila.

Terdapat tiga jenis papila yaitu:

1. Papila filiformis (fili=benang); berbentuk seperti benang halus;
2. Papila sirkumvalata (sirkum=bulat); berbentuk bulat, tersusun seperti huruf V di belakang lidah;
3. Papila fungiformis (fungi=jamur); berbentuk seperti jamur.



Terdapat satu jenis papila yang tidak terdapat pada manusia, yakni papila folliata pada hewan pengerat. Tunas pengecap adalah bagian pengecap yang ada di pinggir papila, terdiri dari dua sel yaitu sel penyokong dan sel pengecap. Sel pengecap berfungsi sebagai reseptor, sedangkan sel penyokong berfungsi untuk menopang.

Pada mamalia dan vertebrata yang lain, pada lidahnya terdapat reseptor untuk rasa. Reseptor ini peka terhadap stimulus dari zat-zat kimia, sehingga disebut kemoreseptor. Reseptor tersebut adalah kuncup-kuncup pengecap. Kuncup tersebut berbentuk seperti bawang kecil atau piala dan terletak dipermukaan epitelium pada permukaan atas lidah. Kadang juga dijumpai pada langit-langit rongga mulut, faring dan laring, walaupun sedikit sekali. Kuncup-kuncup pengecap ini ada yang tersebar dan ada pula yang berkelompok dalam tonjolan-tonjolan epitel yang disebut papilla. Setiap kuncup pengecap terdiri dari dua macam sel, yaitu sel pengecap dan sel penunjang, pada sel pengecap terdapat silia (rambut gustatori) yang memanjang ke lubang pengecap. Zat-zat kimia dari makanan yang kita makan, mencapai kuncup pengecap melalui lubang-lubang pengecap (taste pores). Kuncup-kuncup pengecap dapat merespon empat rasa dasar, yaitu manis, masam, asin dan pahit.

Letak masing-masing rasa berbeda-beda yaitu :

- a. Rasa Asin = Lidah Bagian Depan
- b. Rasa Manis = Lidah Bagian Tepi
- c. Rasa Asam / Asem = Lidah Bagian Samping
- d. Rasa Pahit / Pait = Lidah Bagian Belakang

### **Fungsi Lidah**

- a. Menunjukkan kondisi tubuh.
- b. Membasahi makanan di dalam mulut
- c. Kelenjar sublingualis, terletak di bawah lidah
- d. Mengecap atau merasakan makanan
- e. Membolak-balik makanan
- f. Menelan makanan
- g. Mengontrol suara dan dalam mengucapkan kata-kata.
- h. Selaput lidah manusia dapat digunakan sebagai indikator metabolisme tubuh, terutama kesehatan tubuh manusia.

## 10.6.2 Warna Lidah

Kuning menandakan adanya infeksi bakteri, jika warna kuning menuju kehijauan adanya infeksi bakteri akut. Merah menandakan aktivitas panas tubuh, jika hanya terdapat pada ujung lidah berarti adanya panas pada jantung, jika terdapat pada sisi kanan kiri menandakan adanya gangguan ginjal dan kandung empedu. Ungu berarti adanya aktivitas statis darah, darah tidak lancar dan ada gangguan. Biru menandakan adanya aktivitas dingin yang menyebabkan statis darah.

## 10.6.3 Bentuk Lidah

Tipis, jika bentuk lidah tipis dan berwarna pucat menandakan defisiensi (kekurangan) darah yang berhubungan dengan hati semakin pucat semakin parah gangguan hati tebal, sirkulasi darah tidak normal menandakan gangguan ginjal dan limpa kaku, menandakan masuk angin panjang, adanya aktivitas panas pada jantung retak, adanya gangguan pada lambung, limpa dan jantung.

Kemampuan mengecap seseorang tergantung pada:

- a. Faktor Individual, misalnya pada seseorang yang sedang sakit, maka kepekaan mengecapnya akan berkurang.
- b. Nilai Ambang, misalnya seseorang yang sudah terbiasa makan makanan yang asam, akan lebih tinggi daripada orang yang tidak biasa makan asam. Nilai ambang ini tergantung dari kebiasaan seseorang.
- c. Konsentrasi, misalnya pada seseorang yang makan satu mangkok garam, lama kelamaan tidak akan merasakan asin lagi seperti pertama kali memakannya. Ketidakmampuan seseorang untuk mengenali bau disebut sebagai anosmia, sedangkan ketidakmampuan seseorang untuk mengenali rasa disebut ageusia.

Adapun cara memelihara indera pengecap agar tetap berfungsi adalah sebagai berikut:

- a. Jangan dibiasakan makan dan minum yang masih panas, karena akan berpengaruh terhadap indera pengecap.
- b. Menggosok gigi secara teratur untuk mengatasi terjadinya infeksi pada gigi.

Kurangi merokok bagi perokok berat agar tidak terjadi bercak-bercak putih pada indera pengecap. Sebaiknya bagi perokok berhentilah merokok mulai dari sekarang jika anda menghargai sebuah kesehatan dan menyayangi tubuh anda.

### 10.6.4 Hubungan Selama Kehamilan

Indera perasa janin akan terbentuk pada minggu ke 13-15. Pada usia ini janin dapat merasakan substansi yang pahit dan manis. Jika, cairan ketuban yang dia rasakan manis, maka dia akan meminumnya dan menelannya. Namun jika air ketuban yang dia rasakan terasa pahit, janin akan meronta dan mengeluarkannya, serta janin akan menghentikan konsumsinya tersebut.

## 10.7 Indra Peraba

Kulit dapat dengan mudah dilihat dan diraba, hidup dan menjamin kelangsungan hidup. Kulit menyokong penampilan dan kepribadian seseorang dan menjadi ciri berbagai tanda kehidupan yaitu ras, genetik, estetik, budaya, bangsa dan agama. Kulit juga dapat menjadi indikator kesehatan, kemakmuran, kemiskinan, dan kebiasaan, di samping sarana komunikasi non verbal antara individu satu dengan lainnya. Kulit juga dapat menjadi sarana kontak seksual, cinta, persahabatan, atau kebencian. Kerusakan lebih dari 30% luas kulit, misalnya akibat luka bakar, dapat segera menyebabkan kematian, karena kulit mempunyai faal yang vital bagi tubuh manusia.

Pada kulit terdapat ujung-ujung saraf peraba yang penyebarannya tidak merata diseluruh kulit. Ujung jari, telapak tangan, dan telapak kaki banyak mengandung ujung saraf yang peka terhadap sentuhan. Akibatnya, kamu dapat merasakan permukaan yang halus dan kasar. Pada ujung dan kar rambut juga terdapat ujung saraf yang peka terhadap sentuhan. Selain itu, pada kulit juga terdapat ujung-ujung saraf penerima rasa sakit atau nyeri (Djoko Arisworo, 2006).

## 10.7.1 Bagian-bagian kulit

### 1. Epidermis

Epidermis terdiri dari sel epitel yang mengalami keratinisasi yang mengandung bahan lemak yang menjadikan kulit kedap air. Sel superficial dari stratum ini secara kostan dilepaskan dan diganti. Sel lain mengandung cairan berminyak. Lapisan ketiga terdiri dari sel-sel yang mengandung granula yang mampu merefraksi cahaya dan membantu memberikan warna putih pada kulit. Lapisan keempat mengandung sel yang memproduksi melamin, suatu bahan yang bertindak sebagai perlindungan terhadap pengaruh sinar UV. Epidermis tidak mengandung pembuluh darah, tetapi limfe bersirkulasi dalam ruang interselular.

### 2. Dermis

Dermis terdiri dari jaringan fibrosa yang lebih padat pada bagian superficial dibandingkan bagian dalamnya. Dapat diidentifikasi 2 lapisan : yang pertama mengandung akhiran saraf sensorik, pembuluh darah dan limfatika ; yang kedua mengandung serat kolagen, serat elastik, glandula sebacea, glandula sudorifera, folikel rambut dan muskulus arrektor pilli.

### 3. Hipodermis

Ini merupakan zona transisional di antara kulit dan jaringan adiposa di bawahnya. Mengandung sel lemak demikian juga jaringan ikat putih dan kuning, kumbaran dari sejumlah glandula sebacea dan radiks dari sejumlah rambut. Pemberian zat makanan dermis atau porium tergantung pada vena dan limfatika. Baik saraf bermielin maupun tidak bermielin ditemukan dalam kulit yang berisi organ akhir dan banyak serat saraf. Organ ini memberikan respon sensasi panas, dingin, nyeri, gatal, dan raba ringan.

### 4. Kelenjar Keringat

Kelenjar keringat terdiri dari glomerulus atau bagian sekresi dan duktus. Secara relatif terdapat catu darah yang kaya dan menskresi keringat yang agak keruh, hampir tidak berbau, hampir mengandung 99% air, dan sejumlah kecil khlorida, urea, amonium, asam urat dan kreatinin. Berbagai tipe kelenjar keringat ditemukan pada area seperti genetalia, anus, aksila dan puting susu dan masing-masing juga mempunyai bau yang khas.

## 5. Appendises

Appendises termasuk rambut dan kuku. Rambut berasal epitel dan terbentuk dari sel tanduk yang mengalami modifikasi yang timbul dalam struktur yang kompleks, yaitu folikel yang terletak dalam lapisan dermis yang lebih dalam. Pada saat rambut melintasi lapisan permukaan dari dermis maka rambut dilapisi oleh sebum yang merupakan ekskresi dari glandula kecil yang terletak berdekatan dengan batang rambut. Fungsinya adalah melumasi kulit dan menjaga kulit tetap lentur, bertindak sebagai penolak air dan melindungi kulit dari udara yang kering. Kuku terdiri dari sel tanduk yang mengalami modifikasi yang bersatu dengan kuat. Pada bagian proksimal kuku terbentuk dalam matriks kulit. Dasar kuku terdiri dari sel prickle yang mengalami modifikasi pada mana kuku melekat dengan kuat.

Kuku sebagian memperoleh warna dari darah dan sebagian dari pigmen dalam epidermis terutama melanin. Sebagai penutup bagian luar maka kulit mempunyai banyak fungsi yang tidak saja bersifat protektif, tetapi juga termasuk yang berikut :

- a. Bertindak sebagai barrier terhadap infeksi asal berada dalam keadaan utuh, tetapi dapat juga dirusak oleh mikroorganisme dengan aksi dari asam lemak rantai panjang yang ditemukan dalam kulit. Invasi bakteri dapat juga terhalang oleh keasaman kulit.
- b. Ketahanan jaringan yang kuat melindungi jaringan di bawahnya.
- c. Kulit bertindak sebagai insulator (hipoderm) dan membantu mengatur suhu tubuh. Pengendalian suhu tubuh juga merupakan fungsi dari glandula sudorifera dan pembuluh darah. Ketika hari panas, glandula menskresi keringat, dan penguapannya menyebabkan pendinginan; pembuluh darah berdilatasi untuk memungkinkan keluarnya panas tubuh dengan meningkatkan aliran darah dekat dengan permukaan tubuh. Ketika hari dingin, pembuluh darah berkonstriksi, menurunkan aliran darah dan dengan demikian menurunkan kehilangan panas.
- d. Karena mengandung akhiran saraf sensorik, sensasi dari kulit memainkan peranan penting dalam mempertahankan kesehatan.

- e. Sampai tingkat tertentu, kulit bertindak sebagai organ ekskresi untuk mengeluarkan produk sampah tubuh. Karena itu memainkan peranan dalam mempertahankan keseimbangan cairan dan elektrolit.
- f. Dalam kondisi yang sesuai, kulit mencatu vitamin D tubuh. Vitamin ini terbentuk dengan aksi fotokimia dari sinar UV pada sterol yang diduga diekskresikan dalam sebum.

### 10.7.2 Fisiologi kulit

#### a. Fungsi Proteksi

Kulit melindungi bagian dalam tubuh manusia terhadap gangguan fisik maupun mekanik, misalnya tekanan, gesekan, tarikan, gangguan kimiawi, seperti zat-zat kimia iritan (lisol, karbol, asam, atau basa kuat lainnya), gangguan panas atau dingin, gangguan sinar radiasi tau sinar ultraviolet, gangguan kuman, jamur, bakteri atau virus. Gangguan fisik dan mekanik ditanggulangi dengan adanya bantalan lemak subkutis, tebalnya lapisan kilit, dan serabut penunjang yang berfungsi sebagai pelindung bagian luar tubuh. Gangguan sinar UV di atasi oleh sel melanin yang menyerap sebagian sinar tersebut. Gangguan kimiawi ditanggulangi dengan adanya lemak permukaan kulit yang berasal dari kelenjar palit kulit yang mempunyai pH 5,0 – 6,5. Lemak permukaan kulit juga berperan dalam mengatasi banyak mikroba yang ingin masuk ke dalam kulit.

Proses keratinisasi juga merupakan sawar mekanis karena sel-sel tanduk melepaskan diri secara teratur dan diganti oleh sel muda di bawahnya. Sawar kulit berfungsi ganda yaitu mencegah keluar atau masuknya zat yang berada di luar ke dalam tubuh atau dari dalam ke luar tubuh. Fungsi sawar kulit terutama berada di sel-sel epidermis dan kemampuan kulit sebagai sawar berbeda pada satu tempat kulit dengan tempat kulit lainnya bergantung pada kondisi epidermis di tempat tersebut. Skrotum adalah kulit dengan tinggi sawar paling rendah sehingga paling permeabel, disusul oleh kulit wajah dan punggung tangan. Sebaliknya telapak tangan dan telapak kaki adalah daerah kulit yang paling baik sawarnya sehingga hampir tidak dapat dilalui komponen apapun.

#### b. Fungsi Absorpsi

Kulit yang sehat tidak mudah menyerap air, larutan, maupun benda padat. tetapi cairan yang mudah menguap lebih mungkin diserap kulit, begitu pula zat

yang larut dalam minyak. Permeabilitas kulit terhadap gas CO<sub>2</sub> atau O<sub>2</sub> mengungkapkan kemungkinan kulit mempunyai peran dalam fungsi respirasi.

Kemampuan absorpsi kulit dipengaruhi oleh tebal tipisnya kulit, hidrasi, kelembaban udara, metabolisme dan jenis vehikulum zata yang menempel di kulit. Penyerapan dapat melalui celah antar sel, saluran kelenjar atau saluran keluar rambut.

#### c. Fungsi Ekskresi

Kelenjar-kelenjar pada kulit mengeluarkan zat-zat yang tidak berguna atau sisa metabolisme dalam tubuh misalnya NaCl, urea, amonia, dan sedikit lemak. Kelenjar lemak. Kelenjar lemak pada fetus, atas pengaruh hormon androgen dari ibunya, akan menghasilkan sebum untuk melindungi kulitnya terhadap cairan amnion yang pada waktu lahir disebut vernix caseosa. Sebum yang diproduksi kelenjar palit kulit melindungi kulit dengan cara meminyaki kulit dan menahan penguapan yang berlebihan sehingga kulit tidak menjadi kering. Produk kelenjar lemak dan keringat di permukaan kulit membentuk keasaman kulit pada pH 5 – 6,5. Penguapan air dari dalam tubuh dapat pula terjadi secara difusi melauai sel-sel epidermis, tetapi karena sel epidermis baik fungsi sawarnya, maka kehilangan air melalui sel epidermis (transepidermal water loss) dapat dicegah agar tidak melebihi kebutuhan tubuh.

#### d. Fungsi Pengindra (Sensori)

Kulit mengandung ujung-ujung saraf sensorik di dermis dan subkutis. Badan Ruffini yang terletak di dermis, menerima rangasangan dingin dan rangsangan panas diperankan oleh badanKrausse. Badan taktil Meissner yang terletak di papil dermis menerima rangsang rabaan, demikian pula badan Merkel-Renvier yang terletak di epidermis. Saraf-saraf sensorik tersebut lebih banyak jumlahnya di daerah erotik.

#### e. Fungsi Pengaturan Suhu Tubuh (Termoregulasi)

Kulit melakukan peran ini dengan cara mengeluarkan keringat dan mengerutkan otot dinding pembuluh darah kulit. Pada keadaan suhu meningkat, kelenjar keringat mengeluarkan banyak keringat ke permukaan kulit dan dengan penguapan keringat tersebut terbuang pula kalori/panas tubuh. Vasokonstriksi pembuluh darah kapiler kulit menyebabkan kulit melindungi diri dari kehilangan panas pada waktu dingin. Kulit kaya akan pembuluh darah kapiler sehingga cara ini cukup efektif. Mekanisme

termoregulasi ini diatur oleh sistem saraf simpatis yang mengeluarkan zat perantara asetilkolin. Dinding pembuluh darah kulit pada bayi belum berfungsi secara sempurna sehingga mekanisme termoregulasi belum berjalan dengan baik.

#### f. Fungsi Pembentukan Pigmen (Melanogenesis)

Sel pembentuk pigmen kulit (melanosit) terletak di lapisan asal epidermis. Sel ini berasal dari rige saraf, jumlahnya 1:10 dari sel basal. Jumlah melanosit serta jumlah dan besarnya melanin yang terbentuk menentukan warna kulit. Melanin dibuat dari sejenis protein, tirosin, dengan bantuan enzim tirosinase, ion Cu dan oksigen oleh sel melanosit di dalam melanosom dalam badan sel melanosit. Paparan sinar matahari memengaruhi produksi melanin. Bila paparan bertambah, produksi melanin akan meningkat. Pigmen disebarkan ke dalam lapisan atas sel epidermis melalui tangan-tangan yang mirip kaki cumi-cumi pada melanosit. Ke arah dermis pigmen, disebar melalui melanofag. Selain oleh pigmen, warna kulit dibentuk pula oleh tebal tipisnya kulit, Hb-reduksi, Hb-oksidasi, dan karoten.

#### g. Fungsi Keratinisasi

Lapisan epidermis kulit orang dewasa mempunyai tiga jenis sel utama: keratinosit, melanosit dan sel Langerhans. Keratinisasi dimulai dari sel basal yang kuboid, bermitosis ke atas berubah bentuk lebih poligonal yaitu sel spinosum, terangkat lebih ke atas menjadi lebih gepeng, dan bergranula menjadi sel granulosum. Kemudian sel tersebut terangkat ke atas lebih gepeng, dan granula serta intinya hilang menjadi sel spinosum dan akhirnya sampai di permukaan kulit menjadi sel yang mati, protoplasmanya mengering menjadi keras, gepeng, tanpa inti yang disebut sel tanduk secara kontinu lepas dari permukaan kulit dan diganti oleh sel yang terletak di bawahnya. Proses keratinisasi sel dari sel basal sampai sel tanduk berlangsung selama 14-21 hari. Proses ini berlangsung terus-menerus dan berguna untuk fungsi rehabilitasi kulit agar selalu dapat melaksanakan fungsinya secara baik. Pada beberapa macam penyakit kulit proses ini terganggu, sehingga kulit akan terlihat bersisik, tebal, dan kering.

#### h. Fungsi Produksi Vitamin D

Ternyata kulit juga dapat membuat vitamin D dari bahan baku 7-dihidroksi kolesterol dengan bantuan sinar matahari. Namun produksi ini masih lebih



rendah dari kebutuhan tubuh akan vitamin D sehingga diperlukan tambahan vitamin D dari luar melalui makanan.

#### i. Fungsi Ekspresi Emosi

Hasil gabungan fungsi yang telah disebut di atas menyebabkan kulit mampu berfungsi sebagai alat untuk mentakan emosi yang terdapat dalam jiwa manusia. Kegembiraan dapat dinyatakan oleh otot kulit muka yang relaksasi dan tersenyum, kesedihan diutarakan oleh kelenjar air mata yang meneteskan air matanya, ketegangan dengan otot kulit dan kelenjar keringat, ketakutan oleh kontraksi pembuluh darah kapiler kulit sehingga kulit menjadi pucat dan rasa erotik oleh kelenjar minyak dan pembuluh darah kulit yang melebar sehingga kulit tampak semakin merah, berminyak, dan menyebarkan bau khas. Semua fungsi kulit pada manusia berguna untuk mempertahankan kehidupannya sama seperti organ tubuh lain.

# **Bab 11**

## **Anatomi dan Fisiologi Kelenjar Endokrin**

### **11.1 Pendahuluan**

Sistem endokrin adalah sistem kontrol kelenjar tanpa saluran (ductless) yang menghasilkan hormon yang tersirkulasi di tubuh melalui aliran darah untuk memengaruhi organ-organ lain. Hormon bertindak sebagai "pembawa pesan" dan dibawa oleh aliran darah ke berbagai sel dalam tubuh, yang selanjutnya akan menerjemahkan "pesan" tersebut menjadi suatu tindakan. Sistem endokrin tidak memasukkan kelenjar eksokrin seperti kelenjar ludah, kelenjar keringat, dan kelenjar-kelenjar lain dalam saluran gastrointestinal. Cabang kedokteran yang mempelajari kelainan pada kelenjar endokrin disebut endokrinologi, suatu cabang ilmu kedokteran yang cakupannya lebih luas dibandingkan dengan penyakit dalam.

Sistem endokrin, dalam kaitannya dengan sistem syaraf, mengontrol dan mendukung fungsi tubuh. Kedua system ini bersama-sama bekerja untuk mempertahankan homeostatis tubu. Fungsi mereka satu sama lain saling berhubungan, namun dapat dibedakan dengan karakteristik tertentu. Misalnya, medulla aderenal dan kelenjar hipofise posterior yang mempunyai asal dari syaraf (neural). Jika keduanya dihancurkan atau diangkat, maka fungsi dari

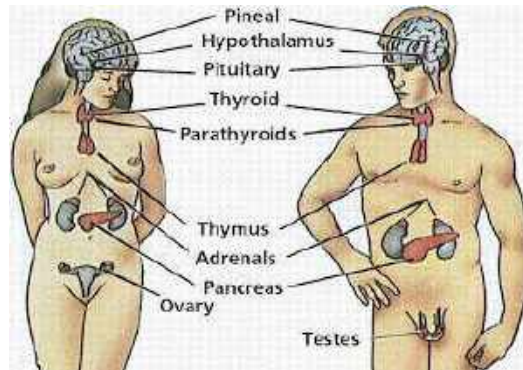
kedua kelenjar ini sebagian diambil alih oleh system syaraf. Bila umumnya system endokrin bekerja melalui hormon, maka system syaraf bekerja melalui neuro transmitter yang dihasilkan oleh ujung-ujung syaraf.

Struktur terdapat dua tipe kelenjar yaitu eksokrin dan endokrin. Kelenjar eksokrin melepas sekresinya ke dalam duktus pada permukaan tubuh, seperti kulit, atau organ internal, seperti lapisan traktus intestinal. Kelenjar endokrin termasuk hepar, pancreas (kelenjar endokrin dan eksokrin), payudara, kelenjar lakrimalis untuk air mata. Sebaliknya, kelenjar endokrin melepaskan sekresinya langsung ke dalam darah. Kelenjar endokrin termasuk: 1) Pulau Langerhans pada pancreas, 2) Gonad (ovarium dan testis), 3) Kelenjar adrenal, hipofise, tiroid dan paratiroid, serta timus.

## 11.2 Anatomi dan Fisiologi Sistem Endokrin

Kelenjar endokrin merupakan sekelompok susunan sel yang mempunyai susunan mikroskopis sangat sederhana. Kelompok ini terdiri dari deretan sel-sel, lempengan atau gumpalan sel disokong oleh jaringan ikat halus yang banyak mengandung pembuluh kapiler. Sistem endokrin, dalam kaitannya dengan sistem saraf, mengontrol dan memadukan fungsi tubuh. Kedua sistem ini bersama-sama bekerja untuk mempertahankan homeostasis tubuh. Fungsi mereka satu sama lain saling berhubungan, namun dapat dibedakan dengan karakteristik tertentu. Misalnya, medulla adrenal dan kelenjar hipofise posterior yang mempunyai asal dari saraf (neural). Jika keduanya dihancurkan atau diangkat, maka fungsi dari kedua kelenjar ini sebagian diambil alih oleh sistem saraf.

Kelenjar endokrin tidak memiliki saluran, hasil sekresi dihantarkan tidak melalui saluran, tapi dari sel-sel endokrin langsung masuk ke pembuluh darah. Selanjutnya hormon tersebut dibawa ke sel-sel target (responsive cells) tempat terjadinya efek hormon. Sedangkan ekresi kelenjar eksokrin keluar dari tubuh kita melalui saluran khusus, seperti uretra dan saluran kelenjar ludah.



**Gambar 11.1:** Sistem Endokrin (Guyton, A. C., & Hall, J. E., 2012)

Tubuh kita memiliki beberapa kelenjar endokrin. Di antara kelenjar-kelenjar tersebut, ada yang berfungsi sebagai organ endokrin murni artinya hormon tersebut hanya menghasilkan hormon misalnya kelenjar pineal, kelenjar hipofisis / pituitary, kelenjar tiroid, kelenjar paratiroid, kelenjar adrenal suprarenalis, dan kelenjar timus. Selain itu ada beberapa organ endokrin yang menghasilkan zat lain selain hormon yakni:

**Tabel 11.1:** Organ endokrin (Guyton, A. C., & Hall, J. E., 2012)

Kelenjar	Hormon	Zat lain yang dihasilkan
Pankreas	Insulin, glukagon	Enzim pencernaan
Testis	Testosteron	Sel sperma
Ovarium	Estrogen, progesteron	Sel telur / ovum

## 11.3 Fungsi Sistem Endokrin

Sistem endokrin mempunyai lima fungsi umum :

1. Membedakan sistem saraf dan sistem reproduktif pada janin yang sedang berkembang.
2. Menstimulasi urutan perkembangan.

3. Mengkoordinasi sistem reproduktif.
4. Memelihara lingkungan internal optimal.
5. Melakukan respons korektif dan adaptif ketika terjadi situasi darurat.

## 11.4 Klasifikasi Dalam hal struktur Kimianya

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

## 11.5 Kelenjar Endokrin dan Hormon yang Dihasilkan

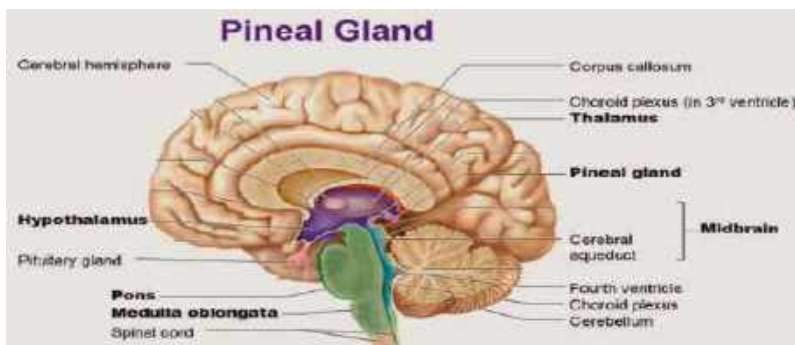


**Gambar 11.2:** Kelenjar-kelenjar endokrin dalam tubuh manusia (Guyton, A. C., & Hall, J. E., 2012)

Dalam tubuh manusia ada tujuh kelenjar endokrin yang penting, yaitu hipofisis, tiroid, paratiroid, kelenjar adrenal (anak ginjal), pankreas, ovarium, dan testis.

### 1. Kelenjar pinealis

Kelenjar pinealis atau kelenjar epifise terdapat di dalam ventrikel otak. Kelenjar ini menonjol dari mesensefalon ke atas dan ke belakang kolikus superior. Kelenjar ini berukuran kecil dan berwarna merah seperti cemer.

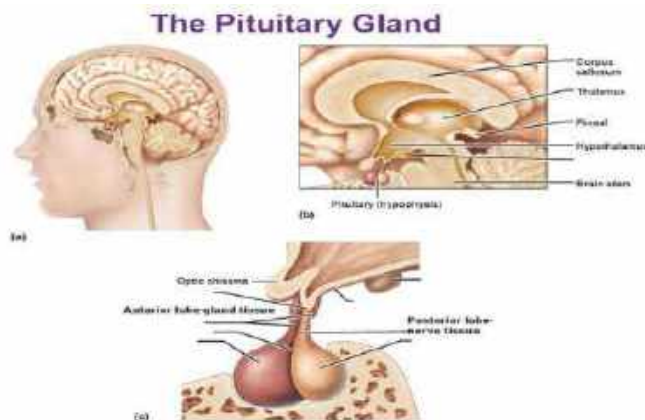


**Gambar 11.3:** Kelenjar Pineal (Guyton, A. C., & Hall, J. E., 2012)

Dari segi struktur, kelenjar piualis dibungkus jaringan ikat piamater. Elemen-elemen jaringan ikat membentuk septasi dan lobulasi. Komponen seluler utama dari kelenjar ini adalah astrosit dan piualisosit (sel epiteloid). Sel-sel jaringan ikat (sel plasma, fibroblas, sel mast, makrofag) juga sering ditemukan. Fungsi dari kelenjar piualis ini belum diketahui secara jelas. Kelenjar ini menghasilkan sekresi interna yang berfungsi untuk membantu pankreas serta kelenjar kelamin yang penting untuk mengatur aktivitas seksual serta reproduksi manusia. Dalam menjalankan fungsinya, kelenjar piualis diatur oleh syarat syaraf yang ditimbulkan cahaya oleh mata. Kelenjar ini menyekresikan melatonin.

- Hormon melatonin : Pada remaja hormon ini dihasilkan lebih banyak bila dibandingkan dengan orang dewasa. Melatonin merupakan hormon yang berfungsi untuk mengatur irama sirkadian manusia. Hormon ini berperan untuk mengatur rasa kantuk pada diri seseorang.

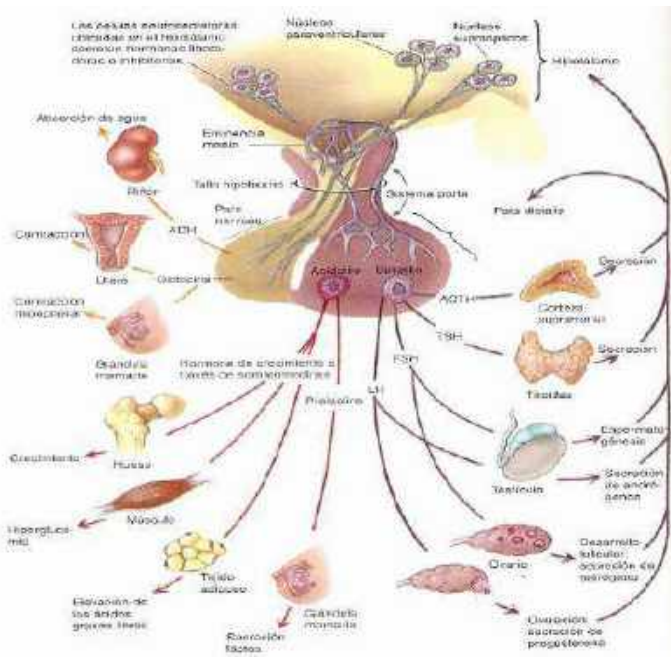
## 2. Hipofisis



**Gambar 11.4:** Kelenjar Hipofisis/Pituitary (Guyton, A. C., & Hall, J. E., 2012)

Kelenjar hipofisis atau kelenjar pituitari merupakan kelenjar yang terletak di sela tursika, pada konvavitas berbentuk sadel dari tulang sphenoid. Kelenjar hipofisis memiliki ukuran kira-kira 10x13x6 mm serta memiliki berat sekitar 0,5 sampai 1 gram. Bagian superior dari kelenjar hipofisis ini terdapat diafragma sella. Diafragma sella merupakan suatu perluasan transversal dari duramater. Bagian ini juga merupakan suatu bagian yang ditembus oleh

tungkai hipofisis. Secara fisiologis, kelenjar hipofisis dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu hipofisis anterior (adenohipofisis) serta hipofisis posterior (neurohipofisis). Antara hipofisis anterior dan hipofisis posterior, terdapat suatu daerah kecil yang disebut sebagai pars intermedia.

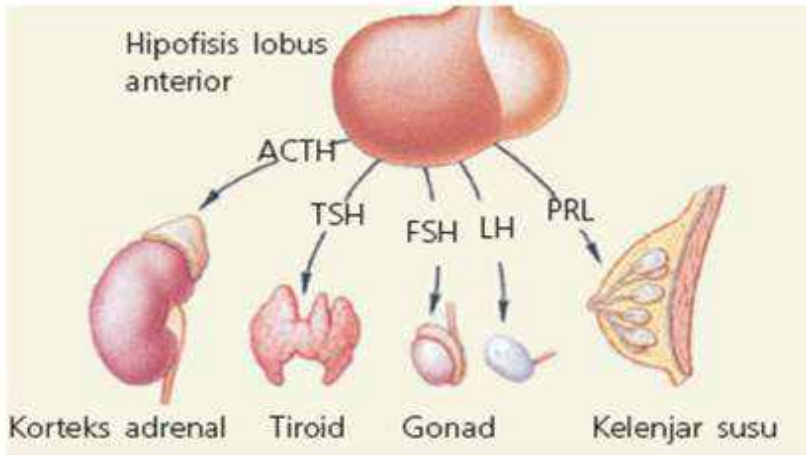


**Gambar 11.5:** Kelenjar Hipofisis dan fungsinya (Guyton, A. C., & Hall, J. E., 2012)

a. Lobus Anterior/Adenohypophysis

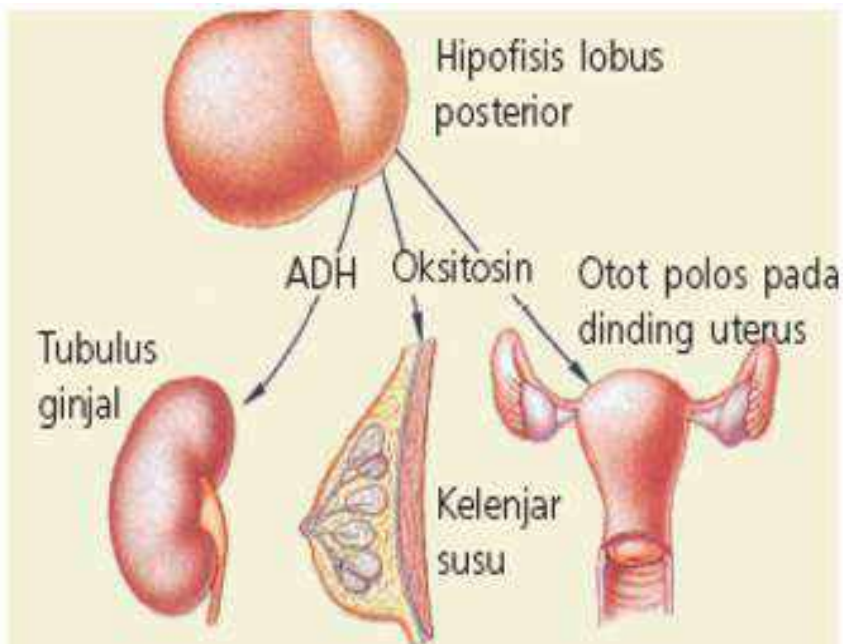
Secara embriologis, hipofisis anterior merupakan bagian hipofisis yang berasal dari kantong rathke. Kantong rathke merupakan suatu invaginasi epitel faring sewaktu pembentukan embrio. Hal ini berbeda dengan hipofisis posterior (Guyton, A. C., & Hall, J. E., 2012).





**Gambar 11.6:** kelenjar Hipofisis Anterior (Guyton, A. C., & Hall, J. E., 2012)

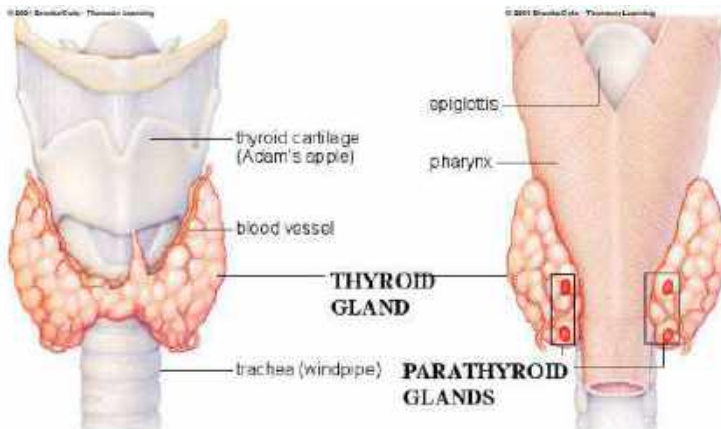
b. Lobus Posterior/Neurohipophysis



**Gambar 11.7:** kelenjar Hipofisis Posterior (Pratiwi, H., 2013)

### 3. Kelenjar thyroid

Kelenjar tiroid merupakan kelenjar endokrin terbesar di dalam tubuh. Secara normal, kelenjar ini memiliki berat 15-20 gram pada manusia dewasa. Kelenjar tiroid terletak tepat dibawah laring pada kedua sisi dan sebelah anterior trakea, serta terdiri dari dua lobus, yaitu lobus dekstra dan sinistra. Kedua lobus ini saling berhubungan. Masing-masing lobus memiliki tebal 2 cm, panjang 4 cm, dan lebar 2,5 cm. Secara mikroskopis, struktur kelenjar tiroid ini terdiri dari banyak folikel-folikel tertutup yang dipenuhi oleh bahan sekretorik yang disebut koloid. Koloid ini dibatasi oleh sel-sel epitel kuboid yang berperan mengeluarkan hormonnya ke bagian folikel. Unsur utama dari koloid adalah glikoprotein triglobulin besar, yang mengandung hormon tiroid dalam molekul-molekulnya.



**Gambar 11.8:** Kelenjar Tiroid dan kelenjar Paratiroid (Syaiffudin, H., 2006).

Secara fisiologis, kelenjar tiroid ini berfungsi untuk menyekresikan dua hormon utama, yaitu tiroksin (T<sub>4</sub>) dan triiodotironin (T<sub>3</sub>).

- Tiroksin (T<sub>4</sub>) dan Triiodotironin (T<sub>3</sub>). Sekeresi hormon tiroid ini memerlukan bantuan TSH untuk endositosis koloid pada mikrovili, enzim proteolitik untuk memecahkan tiroksin (T<sub>4</sub>) dan triiodotironin (T<sub>3</sub>) dari triglobulin. Selanjutnya tiroksin (T<sub>4</sub>) dan triiodotironin (T<sub>3</sub>) akan dilepaskan ke dalam darah. Kedua hormon berfungsi untuk meningkatkan kecepatan metabolisme tubuh dengan meningkatkan

kecepatan reaksi kimia di sebagian besar sel. (Guyton, A. C., & Hall, J. E., 2012).

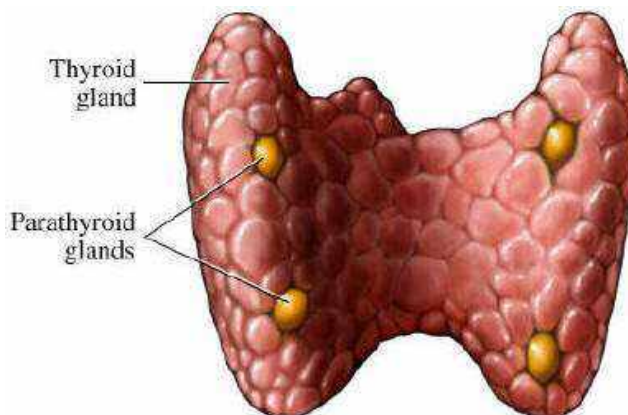
- Kalsitonin. Selain tiroksin (T4) dan triiodotironin (T3), kelenjar ini juga menyekresikan kalsitonin. Hormon kalsitonin merupakan hormon yang berfungsi untuk menambah deposit kalsium di tulang. Selain itu, hormon ini berfungsi untuk mengurangi konsentrasi kalsium di cairan ekstrasel (Guyton, A. C., & Hall, J. E., 2012).

Jenis penyakit tiroid yang utama:

- Hipertiroidisme / Tirotoksikosis
- Hyperthyroidism / thyrotoxicosis, hormon tiroid T3 dan T4 didapati lebih tinggi daripada orang biasa.
- Hipotiroidisme

#### 4. Kelenjar paratiroid

Kelenjar paratiroid merupakan kelenjar yang terletak di atas selaput yang membungkus kelenjar tiroid. Kelenjar ini terdiri dari 4 buah. Setiap dua pasang kelenjar ini terletak pada dibelakang tiap lobus dari kelenjar tiroid. Setiap kelenjar paratiroid berukuran kira-kira 5x5x3 mm, dengan berat sekitar 25-30 mg.



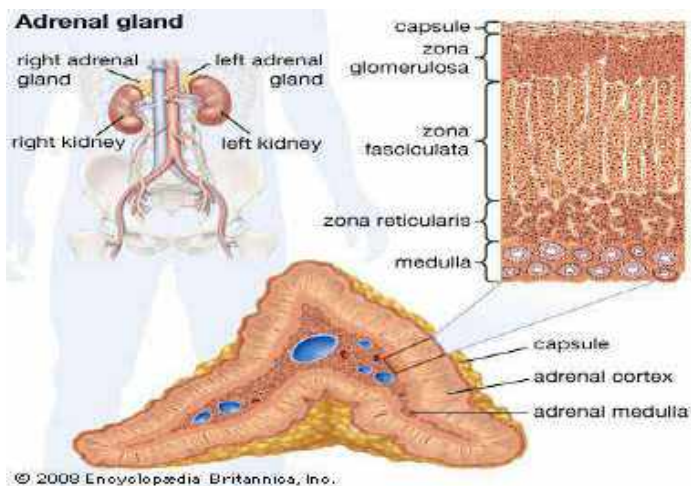
**Gambar 11. 9:** Kelenjar Paratiroid (Guyton, A. C., & Hall, J. E., 2012).

Sel utama dari kelenjar ini terdiri dari sel prinsipal dan sel oksifil. Sel prinsipal ada 2 macam, yaitu sel prinsipal terang dan sel prinsipal gelap. Jumlah sel prinsipal lebih banyak dibanding sel oksifil. Hormone yang dihasilkan oleh kelenjar paratiroid adalah hormone Paratiroksin.

- Paratiroksin merupakan polipeptida produk sekretorik sel-sel prinsipal kelenjar paratiroid. Hormon ini berfungsi untuk mengatur konsentrasi ion kalsium serum. Produksi hormon paratiroksin akan meningkat apabila kadar kalsium dalam plasma menurun. Hormon ini meningkatkan kadar kalsium dalam darah dengan meningkatkan absorpsi kalsium pada usus dan ginjal, serta melepaskan kalsium dari tulang.

#### 5. Kelenjar suprarenalis/adrenal

Kelenjar adrenal merupakan kelenjar berbentuk ceper yang terdapat di bagian atas ginjal. Kelenjar adrenal berjumlah dua buah, terdapat satu pada masing-masing ginjal. Kelenjar ini memiliki berat kira-kira 5-9 gram. Kelenjar ini terdiri dari dua bagian, yaitu bagian luar (korteks) serta bagian dalam (medula). Bagian korteks merupakan bagian kelenjar yang berasal dari sel-sel mesodermal, sedangkan bagian medula merupakan bagian yang berasal dari sel-sel ectodermal. Perbatasan korteks-medula interdigitasi atau dapat terlihat jelas.



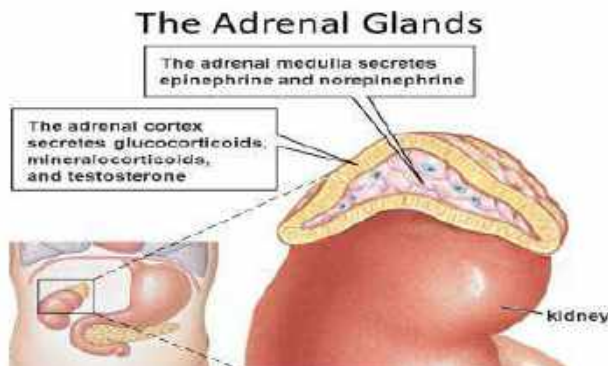
**Gambar 11.10:** Kelenjar Adrenal (Guyton, A. C., & Hall, J. E., 2012).

### a. Bagian Kortex

Bagian korteks adrenal merupakan bagian yang tersusun dari sel-sel sekretorik berbentuk polihedral tersusun dalam bentuk tali-tali, biasanya setebal 2 sel. Tali-tali tersebut terorientasi secara radial dari daerah medula. Bagian ini terbagi menjadi beberapa zona, yaitu zona glomerulosa (lapisan luar), zona fasikulata (lapisan tengah yang paling besar), zona retikularis (lapisan dalam langsung yang mengelilingi medula).

### b. Bagian Medulla

Medula adrenal memiliki beberapa komponen utama medula, yaitu sel kelenjar, sel ganglion, vena, dan kapiler. Sel kelenjar dari medula adrenal berukuran besar, berbentuk kolumnar atau polihedral, nukleusnya besar dan vesikuler. Sel kelenjar ini terpolarisasi, satu kutub menghadap vena, kutub yang lain menghadap kapiler. Sitoplasmanya basofil serta memiliki granula yang tercat kromafin yang sering disebut adrenokrom. Sel-selnya disebut sel kromafin atau feokrom. Ini berkaitan dengan sistem saraf simpatis yang menyekresikan epinefrin dan norepinefrin sebagai respon terhadap rangsang simpatis. Sel kelenjar dapat memproduksi epinefrin disamping norepinefrin yang diubah oleh enzim yang dirangsang oleh kortisol.

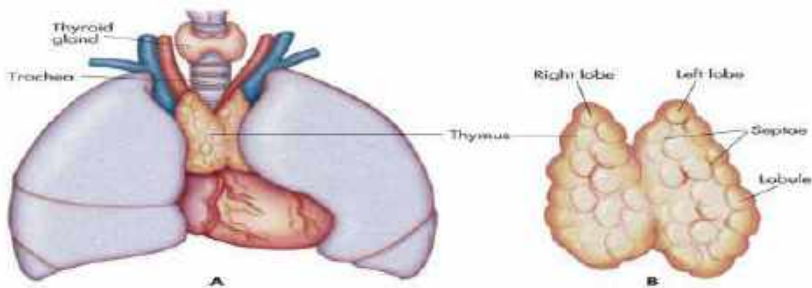


**Gambar 11.11:** Kelenjar Adrenal bagian korteks dan medulla (Syaiffudin, H., 2006)

## 6. Kelenjar Thymus

Kelenjar thymus terletak di rongga dada. Kelenjar ini menghasilkan hormone somatotrof. Adapun fungsi hormone ini adalah untuk :

- Mengatur proses pertumbuhan.
- Kekebalan tubuh/imunitas setelah kelahiran.
- Memacu pertumbuhan dan pematangan sel Limfosit yang menghasilkan Lymphocyte cell/T Cell.



**Gambar 11.11:** Kelenjar Thymus (Guyton, A. C., & Hall, J. E., 2012)

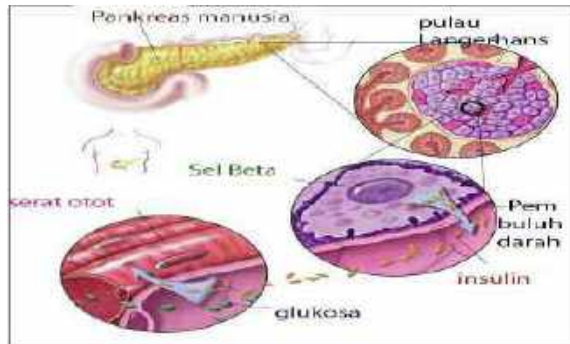
## 7. Kelenjar pancreas/langerhans

Kelenjar pancreas/langerhans merupakan sekelompok sel yang terletak pada pankreas. Sehingga dikenal dengan pulau – pulau langerhans. Kelenjar pancreas/langerhans menghasilkan hormon insulin dan hormon glukagon.

- Hormon Insulin Bersifat antagonis dengan hormon adrenalin.

Hormon ini berfungsi :

- Mengatur kadar glukosa dalam darah.
- Membantu pengubahan glukosa menjadi glikogen dalam hepar dan otot.
- Hormon Glukagon Hormon ini mempunyai sifat kerja yang sinergis dengan hormon adrenalin. Hormon ini berfungsi meningkatkan kadar gula dalam darah dan mengubah glikogen menjadi glukosa dalam peristiwa glikolisis.



**Gambar 11.13:** Anatomi pancreas (Syaiffudin, H., 2006).

## 8. Kelenjar kelamin/gonad

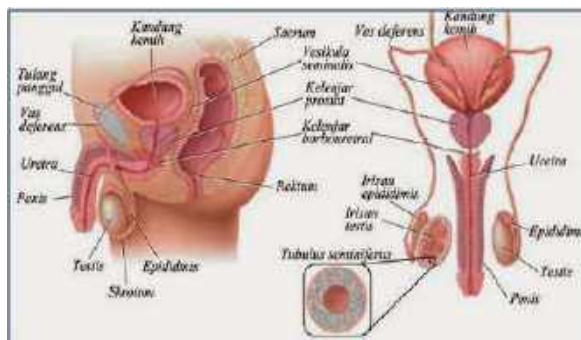
Kelenjar kelamin/gonad pada wanita terletak di ovarium di rongga perut dan pada pria letaknya di testis di rongga perut bawah.

Menghasilkan hormon dan sel kelamin. Macamnya ada 2 sel kelamin :

- Sel Testis

Menghasilkan Hormon Androgen, Ex : Hormon Testosteron, merupakan satu hormon yang terpenting dalam pembentukan sel spermatozoa. Fungsi Hormon Testosteron :

- Mengatur ciri kelamin sekunder.
- Mempertahankan proses spermatogenesis.



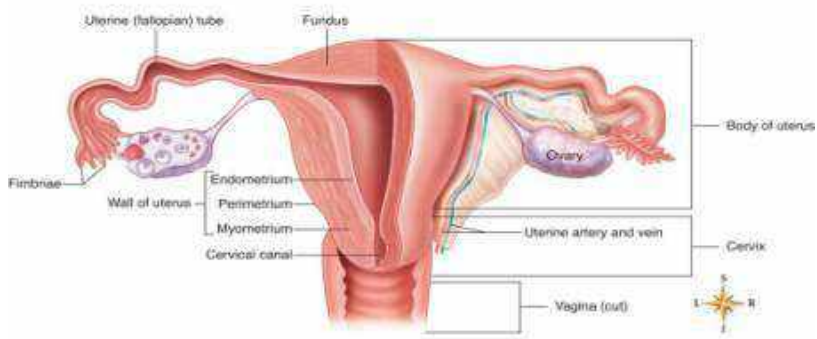
**Gambar 11.14:** Sistem reproduksi pria (Syaiffudin, H., 2006).



- Sel Ovarium

Menghasilkan 3 hormon penting dalam seorang wanita :

- Hormon Estrogen, hormon ini berfungsi untuk memperlihatkan ciri-ciri kelamin sekunder wanita.
- Hormon Progesteron, hormon ini berfungsi mempersiapkan masa kehamilan dengan menebalkan dinding uterus dan enjaga kelenjar susu dalam menghasilkan air susu.
- Hormon Relaksin, hormon ini berfungsi untuk membantu proses persalinan dalam kontraksi otot.



**Gambar 11.15:** Sel ovarium (Syaiffudin, H., 2006).

Sistem hormonal yang memengaruhi siklus menstruasi adalah:

- a. FSH-RH (follicle stimulating hormone releasing hormone) yang dikeluarkan hipotalamus untuk merangsang hipofisis mengeluarkan FSH.
- b. LH-RH (luteinizing hormone releasing hormone) yang dikeluarkan hipotalamus untuk merangsang hipofisis mengeluarkan LH.
- c. PIH (prolactine inhibiting hormone) yang menghambat hipofisis untuk mengeluarkan prolaktin.



## 11.6 Karakteristik Sistem Endokrin

Meskipun setiap hormon adalah unik dan mempunyai fungsi dan struktur tersendiri, namun semua hormon mempunyai karakteristik berikut. Hormon disekresi dalam salah satu dari tiga pola berikut:

1. Sekresi diurnal adalah pola yang naik dan turun dalam periode 24 jam. Kortisol adalah contoh hormon diurnal. Kadar kortisol meningkat pada pagi hari dan menurun pada malam hari.
2. Pola sekresi hormonal pulsatif dan siklik naik turun sepanjang waktu tertentu, seperti bulanan. Estrogen adalah non siklik dengan puncak dan lembahnya menyebabkan siklus menstruasi.
3. Tipe sekresi hormonal yang ketiga adalah variabel dan tergantung pada kadar substrat lainnya. Hormon paratiroid disekresi dalam berespons terhadap kadar kalsium serum.

Hormon bekerja dalam sistem umpan balik, yang memungkinkan tubuh untuk dipertahankan dalam situasi lingkungan optimal. Hormon mengontrol laju aktivitas selular. Hormon tidak mengawali perubahan biokimia, hormon hanya memengaruhi sel-sel yang mengandung reseptor yang sesuai, yang melakukan fungsi spesifik.

## 11.7 Pengendalian Endokrin

Jika kelenjar endokrin mengalami kelainan fungsi, maka kadar hormon di dalam darah bisa menjadi tinggi atau rendah, sehingga mengganggu fungsi tubuh. Untuk mengendalikan fungsi endokrin, maka pelepasan setiap hormon harus diatur dalam batas-batas yang tepat. Tubuh perlu merasakan dari waktu ke waktu apakah diperlukan lebih banyak atau lebih sedikit hormon. Hipotalamus dan kelenjar hipofisa melepaskan hormonnya jika mereka merasakan bahwa kadar hormon lainnya yang mereka kontrol terlalu tinggi atau terlalu rendah. Hormon hipofisa lalu masuk ke dalam aliran darah untuk merangsang aktivitas di kelenjar target. Jika kadar hormon kelenjar target dalam darah mencukupi, maka hipotalamus dan kelenjar Hipofisa mengetahui

bahwa tidak diperlukan perangsangan lagi dan mereka berhenti melepaskan hormon.

Sistem umpan balik ini mengatur semua kelenjar yang berada dibawah kendali hipofisa. Hormon tertentu yang berada dibawah kendali hipofisa memiliki fungsi yang memiliki jadwal tertentu. Misalnya, suatu siklus menstruasi wanita melibatkan peningkatan sekresi LH dan FSH oleh kelenjar hipofisa setiap bulannya. Hormon estrogen dan progesteron pada indung telur juga kadarnya mengalami turun-naik setiap bulannya. Mekanisme pasti dari pengendalian oleh hipotalamus dan hipofisa terhadap bioritmik ini masih belum dapat dimengerti. Tetapi jelas terlihat bahwa organ memberikan respon terhadap semacam jam biologis.

## 11.8 Klasifikasi hormon

1. Hormon perkembangan : hormon yang memegang peranan di dalam perkembangandan pertumbuhan. Hormon ini dihasilkan oleh kelenjar gonad.
2. Hormon metabolisme : proses homeostasis glukosa dalam tubuh diatur oleh bermacam-macam hormon, contoh glukokortikoid, glukagon, dan katekolamin.
3. Hormon tropik : dihasilkan oleh struktur khusus dalam pengaturan fungsi endokrin yakni kelenjar hipofise sebagai hormon perangsang pertumbuhan folikel (FSH) pada ovarium dan proses spermatogenesis (LH).
4. Hormon pengatur metabolisme air dan mineral : kalsitonin dihasilkan oleh kelenjar tiroid untuk mengatur metabolisme kalsium dan fosfor.



# Bab 12

## Perkembangan Sel-sel Darah dan Sistem Limfatik

### 12.1 Pendahuluan

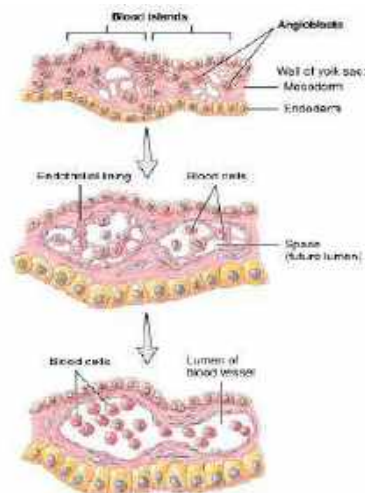
Kita hidup dalam lingkungan yang dipenuhi dengan mikroba yang memiliki kemampuan menyebabkan penyakit. Jika kita tidak dapat melawan mikroba tersebut maka kita akan sakit atau bahkan mati. Kita memiliki sejumlah pertahanan yang mencegah mikroba memasuki tubuh kita atau memeranginya jika mikroba tersebut berhasil masuk ke dalam tubuh. Salah satu sistem tubuh yang membantu melindungi kita dari mikroba penyebab penyakit adalah sistem limfatik (Tortora & Derrickson, 2017). Sistem limfatik merupakan bagian dari cara tubuh melindungi dirinya sendiri.

Sel-sel darah muncul dari sel induk hematopoietik (hematopoietic stem cells = HCS) dengan proses hematopoiesis. Setiap hari orang dewasa yang sehat menghasilkan  $\approx 4-5 \times 10^{11}$  sel darah baru untuk mempertahankan homeostatis. Produksi sel-sel darah dikontrol dengan ketat, leukosit yang matang keluar dari sumsum tulang masuk ke dalam sirkulasi darah dan produksi granulosit akan meningkat pesat selama infeksi (Poller, Nahrendorf & Swirski, 2020). Bab ini akan membahas perkembangan sel-sel darah dan komponen sistem limfatik serta perannya dalam pertahanan tubuh.

## 12.2 Perkembangan sel-sel darah

Perkembangan sel darah (hematopoiesis) dan pembentukan pembuluh darah dimulai dari hari ke-15 dan 16 awal perkembangan embrio dalam dinding kantung kuning telur (yolk sac), korion dan saluran penghubung pada mesoderm. Sekitar 2 hari kemudian pembuluh darah terbentuk di dalam embrio. Pembentukan awal sistem kardiovaskuler terkait dengan sejumlah kecil kuning telur dari sel telur dan yolk sac. Saat embrio berkembang pesat selama minggu ketiga terdapat kebutuhan yang besar untuk mengembangkan sistem kardiovaskuler sebagai pemasok nutrisi yang cukup untuk embrio dan pembuangan limbah dari embrio.

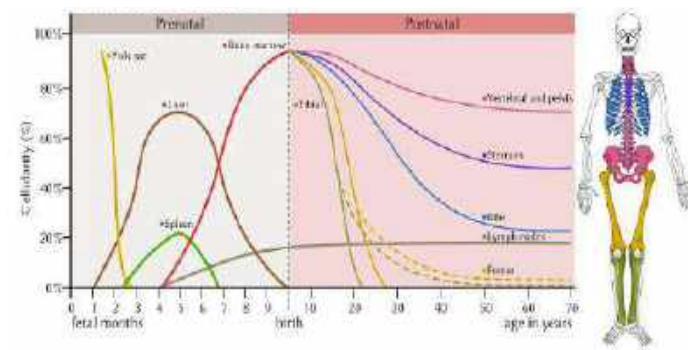
Sel darah berkembang dari sel induk pluripotent (pluripotent stem cells) yang berasal dari hemangioblas (hema = darah; -blast = tahap imatur) pada mesenkim. Perkembangan ini terjadi pada dinding pembuluh darah di kantung kuning telur, korion, dan allantois sekitar 3 minggu setelah pembuahan. Pembentukan darah dalam embrio itu sendiri dimulai pada sekitar minggu ke lima di hati dan minggu ke dua di limpa, sumsum tulang merah, dan thymus.



**Gambar 12.1:** Perkembangan pembuluh darah dan sel darah (Tortora & Derrickson, 2017)

Selama kehidupan prenatal, tanda pertama hematopoiesis embrio ditemukan dalam yolk sac pada 4 minggu setelah pembuahan. Selama trimester kedua, hepar dan limpa menjadi tempat utama hematopoiesis janin selanjutnya

berpindah secara bertahap dalam sumsum tulang pada tulang rangka. Pada anak-anak hematopoiesis terjadi pada sumsum tulang panjang yaitu tulang tibia dan femur sedangkan pada orang dewasa hematopoiesis terbatas pada tulang rangka aksial seperti tulang dada, tulang iga, tulang belakang, dan tulang panggul (Mishra, 2015).



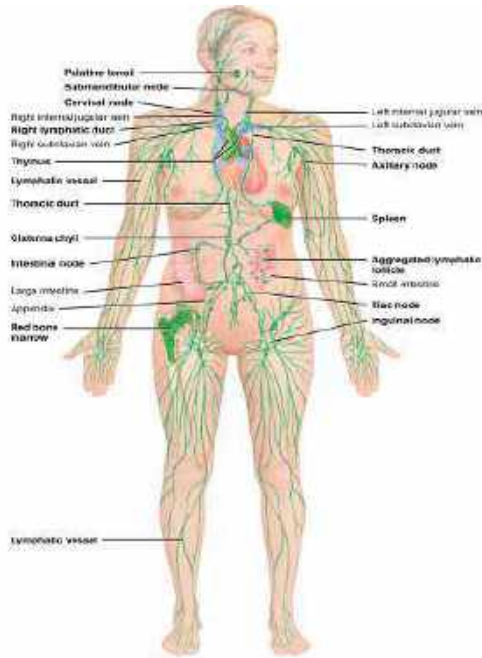
**Gambar 12.2:** Perkembangan sel-sel darah pada prenatal dan postnatal (Komorniczak, 2011)

Sel darah embrio bersirkulasi dalam pembuluh darah yang baru terbentuk pada hari ke 28. Hemoglobin janin (fetal hemoglobin = HbF) berbeda dengan hemoglobin yang terbentuk setelah lahir. HbF memiliki kemampuan yang lebih besar untuk mengambil oksigen, suatu karakteristik yang sangat diinginkan karena darah janin kurang kaya oksigen dibandingkan darah ibu. Setelah lahir, sel darah janin secara bertahap digantikan oleh sel darah merah yang mengandung hemoglobin A (HbA). Sel darah merah janin dihancurkan dengan sangat cepat sehingga hepar bayi yang belum matang tidak dapat membersihkan tubuh dari produk pemecahan hemoglobin dalam empedu dengan cukup cepat akibatnya bayi menjadi ikterus. Jenis penyakit kuning ini umumnya tidak menyebabkan masalah besar disebut sebagai ikterus fisiologis, hal ini untuk membedakan dari kondisi penyakit yang patologis (Marieb, 2012).

## 12.3 Sistem Limfatik

Sistem limfatik bukan bagian dari sistem vaskuler namun berperan penting sebagai sistem pertahanan tubuh, terdiri dari jaringan pembuluh limfe yang

membawa cairan bening yang disebut getah bening (dari bahasa Latin, lymph = air) secara langsung menuju jantung. Sistem limfatik terdiri dari dua bagian semi-independen: (1) pembuluh limfe yang berkelok-kelok dan (2) kelenjar dan organ limfoid yang tersebar di seluruh tubuh. Pembuluh limfe mengangkut cairan yang keluar dari sistem vaskuler kembali ke darah. Kelenjar dan organ limfoid menampung sel fagosit dan limfosit yang berperan penting dalam pertahanan tubuh terhadap penyakit (Marieb, 2012). Sistem limfatik tubuh dan kelompok kelenjar limfe utama dapat dilihat pada gambar 12.3.



**Gambar 12.3:** Komponen sistem limfatik (Tortora & Derrickson, 2017)

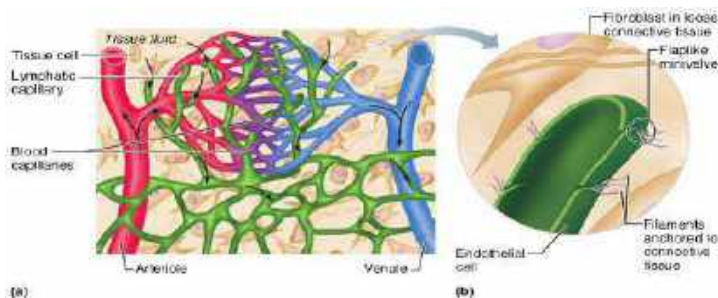
Sistem limfatik memiliki tiga fungsi utama (Tortora & Derrickson, 2017):

1. Mengalirkan kelebihan cairan interstisial. Pembuluh limfe mengalirkan kelebihan cairan interstisial (dari ruang antar sel pada jaringan) dan mengembalikannya ke dalam pembuluh darah. Setiap hari sekitar 20 liter plasma darah mengalir melalui arteri, pembuluh arteriol dan kapiler yang lebih kecil. Setelah mengirimkan nutrisi ke sel dan jaringan tubuh serta menerima produk limbahnya, sekitar 17

- liter plasma darah diserap kembali masuk dalam sirkulasi darah sedangkan tiga liter sisanya tetap berada pada cairan interstitial.
2. Mengangkut lemak makanan. Pembuluh limfe mengangkut lipid dan vitamin yang larut dalam lemak (A, D, E dan K) yang diserap oleh saluran gastrointestinal.
  3. Menghasilkan respon imun. Jaringan limfatik memberikan respon yang sangat spesifik terhadap mikroba patogen tertentu atau sel abnormal.

### 12.3.1 Pembuluh limfe

Pembuluh limfe dimulai sebagai kapiler limfe. Kapiler ini terletak di ruang antar sel yang tertutup pada salah satu ujungnya (gambar 12.4a). Sama seperti kapiler darah berkumpul untuk membentuk vena kemudian vena, kapiler limfe bersatu membentuk pembuluh limfe yang lebih besar (gambar 12.4b) yang strukturnya menyerupai vena kecil tetapi memiliki dinding yang lebih tipis dan lebih banyak katup (Marieb, 2012).



**Gambar 12.4:** Struktur kapiler limfe. (a) Hubungan antara kapiler darah dan kapiler limfe. Panah hitam menunjukkan arah gerakan cairan. (b) Kapiler limfe berupa saluran buntu. Sel-sel endotel yang membentuk dinding kapiler limfe tumpang tindih satu sama lain katup yang seperti flap (Marieb, 2012)

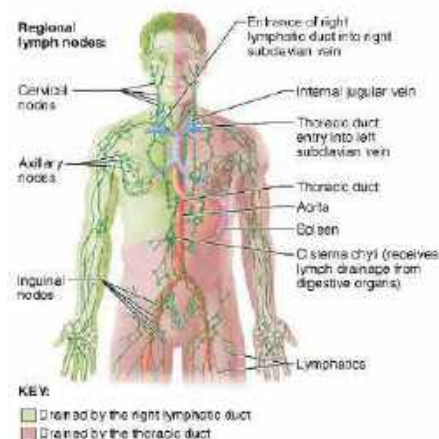
Kapiler limfe memiliki permeabilitas yang lebih besar daripada kapiler darah sehingga dapat menyerap molekul besar seperti protein, lipid dan partikel yang lebih besar seperti sel kanker, bakteri, virus, parasit dan sel asing lainnya. Biasanya mikroba ini dicegah masuk dalam kapiler darah tetapi dengan mudah masuk ke kapiler limfe. Bakteri, virus dan sel kanker yang masuk dapat menyebar ke seluruh tubuh (Tortora & Derrickson, 2017). Jika terdapat bakteri



pada suatu luka maka pembuluh limfe mengangkut cairan, leukosit dan sel antigen dari jaringan yang meradang ke kelenjar getah bening dan organ limfoid sekunder sehingga bakteri akan dibinasakan sebelum masuk ke dalam sirkulasi darah (Vranova & Halin, 2014).

Pembuluh limfe di kulit terletak di antara jaringan subkutan dan umumnya mengikuti rute aliran cairan pada pembuluh vena. Pembuluh limfe pada visera umumnya mengikuti arteri; membentuk pleksus (jaringan) di sekitarnya. Pembuluh limfe terdapat di seluruh bagian tubuh, kecuali jaringan avaskular seperti kartilago, epidermis, kornea mata; sistem saraf pusat; sebagian limpa (spleen) dan red bone marrow.

Cairan limfe masuk kembali ke dalam darah pada dua lokasi yaitu duktus limfe dextra (right lymphatic duct) dan duktus torakikus (thoracic duct). Duktus limfe dextra mengangkut cairan limfe yang berasal dari kepala, dada sebelah kanan dan lengan kanan serta bermuara pada vena subclavia dextra (gambar 12.5). Sedangkan duktus torakikus mengangkut cairan limfe yang berasal dari bagian tubuh lain dan bermuara ke vena subclavia sinistra juga merupakan tempat pembuluh lemak yang mengangkut asam lemak yang diserap dari usus (Marieb, 2012).



**Gambar 12.5:** Distribusi pembuluh limfe dan kelenjar limfe (Marieb, 2012)

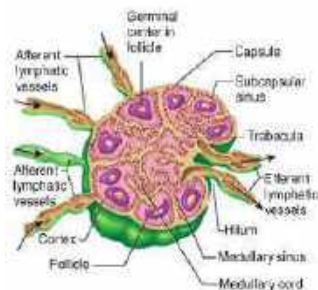
Mekanisme darah kembali ke jantung bukan karena tekanan darah, terdapat mekanisme "pompa" yang membantu aliran balik cairan limfe adalah



2. Intestinal trunks, mengalirkan limfe dari perut, intestinal (usus), pankreas, limpa, dan sebagian dari hepar
3. Bronchomediastinal trunks, mengalirkan limfe dari dinding toraks, paru-paru dan jantung
4. Subclavian trunks, mengalirkan limfe dari tangan
5. Jugular trunks, mengalirkan limfe dari kepala dan leher

### 12.3.2 Kelenjar limfe (Lymph nodes)

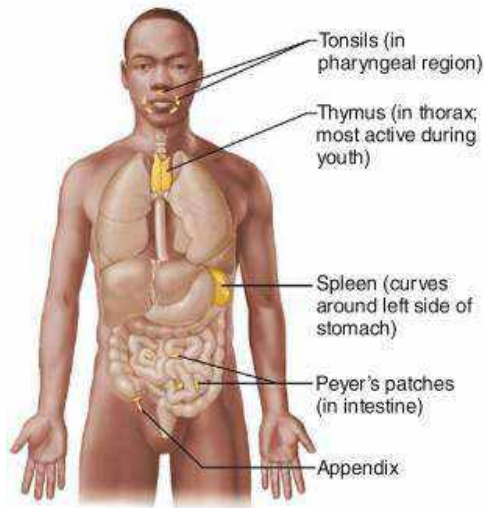
Kelenjar limfe atau getah bening berperan melindungi tubuh dengan mengeluarkan benda asing (filter limfe), mengandung makrofrag yang menelan dan menghancurkan bakteri serta mengandung limfosit untuk merespons benda asing. Bentuk dan ukuran kelenjar limfe bervariasi, kebanyakan berbentuk ginjal, panjangnya 1-25 mm (0,04-1 inci) terletak di sepanjang pembuluh limfe. Terdapat kurang lebih 600 kelenjar limfe yang tersebar di seluruh tubuh. (Tortora & Derrickson, 2017). Setiap simpul dikelilingi oleh kapsul berupa jaringan konektif yang padat yang memanjang ke dalam kelenjar dan membentuk ruang-ruang disebut trabekula. (Gambar 12.7). Trabekula berfungsi sebagai penyokong dan jalur bagi pembuluh darah menuju ke bagian dalam kelenjar. Bagian luar kelenjar (korteks) berisi kumpulan limfosit yang disebut folikel. Bagian dalam (medula) ditemukan pada bagian sentral kelenjar dan mengandung makrofag. Limfe masuk kelenjar limfe melalui pembuluh limfe aferen. Kemudian mengalir melalui sejumlah sinus yang berkelok-kelok dan masuk ke dalam hilus akhirnya keluar dari kelenjar melalui pembuluh limfe eferen.



**Gambar 12.7:** Struktur kelenjar limfe (Marieb, 2012)

### 12.3.3 Organ limfoid sekunder

Organ dan jaringan limfatik diklasifikasikan menjadi dua kelompok berdasarkan fungsinya. Organ limfatik primer merupakan tempat sel punca (stem cell) membelah dan menjadi immunocompetent (mampu berperan dalam respon imun). Organ limfatik primer adalah red bone marrow (pada tulang pipih dan epifisi tulang panjang orang dewasa) dan thymus. Sel induk pluripotent (pluripotent stem cells) pada red bone marrow menghasilkan sel B yang matang dan immunocompetent dan menjadi sel pra-T. Sel-sel pra-T ini akan bermigrasi ke thymus dan berubah menjadi sel T yang immunocompetent. Organ limfatik sekunder merupakan tempat sebagian besar imun dibentuk, terdapat pada kelenjar limfe, limpa (spleen) dan nodus (folikel) limfe. Thymus, limpa dan kelenjar limfe dianggap sebagai organ karena dikelilingi oleh kapsul jaringan ikat sebaliknya nodus limfe tidak dianggap organ karena tidak memiliki kapsul (Tortora & Derrickson, 2017).



**Gambar 12.8:** Organ limfoid (Marieb, 2012)

Tonsil berupa massa kecil dari jaringan limfoid yang terletak pada tenggorokan (pharynx). Tonsil berfungsi menangkap dan menyingkirkan bakteri atau mikroba patogen lain yang masuk ke tenggorokan. Kadang-kadang tonsil menjadi padat dengan bakteri dan menjadi merah, bengkak dan sakit yang disebut tonsilitis (Marieb, 2012).

Thymus berfungsi pada tingkat puncak hanya selama masa anak-anak (Marieb, 2012) merupakan organ bilobus yang terletak pada mediastinum antara sternum dan aorta, memanjang dari sternum sampai tulang kosta keempat, anterior atas jantung dan aorta. Setiap lobus dibungkus kapsul jaringan ikat dan membagi setiap lobus menjadi lobulus. Setiap lobulus thymus terdiri dari korteks pada bagian luar dan medulla pada bagian dalam. Korteks terdiri dari sel T yang belum matang (sel pra-T), sel dendritik, sel epitel dan makrofag. Sel pra-T bermigrasi dari red bone marrow ke korteks thymus dan berkembang dan menjadi matang di sana. Sel dendritik (dendr- = pohon) berasal dari monosit dan membantu proses pematangan sel T. Sel epitel memproduksi hormon yang berperan dalam pematangan sel T. Hanya sekitar 2% dari sel T yang berkembang bertahan di korteks. Sel-sel yang tersisa mati melalui apoptosis (kematian sel terprogram). Makrofag thymus membantu membersihkan sisa-sisa sel yang mati. Sel T yang masih hidup masuk dalam medula. Fungsi lain dari thymus adalah menghasilkan hormon thymosin (Tortora & Derrickson, 2017).

Limpa (spleen) terletak di bagian kiri rongga abdomen di bawah diafragma dan melingkar pada anterolateral lambung. Limpa berperan menyaring dan membersihkan darah dari bakteri, virus dan sel asing lainnya. Sebagai organ limfoid, limpa menjadi tempat untuk proliferasi limfosit namun fungsi utama adalah menghancurkan sel darah merah yang sudah usang dan mengembalikan sebagian produk pemecahannya ke hepar, seperti zat besi digunakan untuk membuat hemoglobin dan sisanya dikeluarkan dalam empedu.

Fungsi lain dari limpa menyimpan trombosit dan beringak sebagai reservoir darah (sama seperti hepar). Selama perdarahan limpa dan hepar berkontraksi dan mengosongkan darah ke dalam sirkulasi untuk membantu mengembalikan volume darah ke tingkat yang normal. Pada janin, limpa merupakan tempat pembentukan sel darah (hematopoetik) yang utama tetapi pada orang dewasa limpa hanya menghasilkan limfosit (Marieb, 2012).

Peyer's patch menyerupai tonsil ditemukan pada dinding bagian distal usus. Makrofag pada Peyer patch dan apendiks berperan untuk menangkap dan menghancurkan bakteri sehingga mencegah mikroba menembus dinding usus. Peyer patch, apendiks dan tonsil merupakan jaringan limfoid kecil yang terkait mukosa (mucosa-associated lymphoid tissue = MALT). Secara kolektif, MALT ini berfungsi untuk melindungi saluran pernafasan bagian atas dan saluran pencernaan dari serangan benda asing masuk dalam saluran tersebut (Marieb, 2012).

## 12.4 Imunitas (body defense)

Imunitas atau resistensi merupakan kemampuan untuk menangkal kerusakan atau penyakit melalui pertahanan tubuh, terdapat dua jenis imunitas yaitu (1) bawaan dan (2) adaptif. Imunitas bawaan (non specific) mengacu pada imunitas tubuh yang ada sejak lahir. Imunitas bawaan tidak melibatkan pengenalan khusus terhadap mikroba dan bertindak melawan semua mikroba dengan cara yang sama. Imunitas bawaan terdiri dari lini pertahanan pertama (first line of defense), lini pertahanan kedua (second line of defense) dan lini pertahanan ketiga (third line of defense). Lihat gambar 12.9. Respon imunitas bawaan mewakili sistem peringatan dini imunitas dan dirancang untuk mencegah mikroba masuk ke dalam tubuh dan membantu menghilangkan mikroba yang telah masuk.

The Immune System		
Innate (nonspecific) defense mechanisms		Adaptive (specific) defense mechanisms
First line of defense	Second line of defense	Third line of defense
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skin</li> <li>• Mucous membranes</li> <li>• Secretions of skin and mucous membranes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phagocytic cells</li> <li>• Natural killer cells</li> <li>• Antimicrobial proteins</li> <li>• The inflammatory response</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lymphocytes</li> <li>• Antibodies</li> <li>• Macrophages and other antigen-presenting cells</li> </ul>

**Gambar 12.9:** Sistem imun tubuh (Marieb, 2012)

Imunitas adaptif (specific) mengacu pada pertahanan tubuh yang melibatkan pengenalan khusus terhadap mikroba setelah melalui imunitas bawaan. Imunitas adaptif didasarkan pada respon spesifik terhadap mikroba tertentu atau menyesuaikan untuk menangani mikroba tertentu. Imunitas adaptif melibatkan limfosit (sel darah putih) terdiri dari limfosit T (sel T) dan limfosit B (sel B).

### 12.4.1 Imunitas bawaan (Innate body defense)

Imunitas bawaan atau non spesifik mengacu pada penghalang mekanis yang menutupi permukaan tubuh dan bahan kimia untuk melindungi tubuh dari mikroba patogen.

### **Lini pertahanan pertama: kulit dan membran mukosa**

Lini pertama pertahanan tubuh melawan invasi mikroorganisme penyebab penyakit adalah kulit dan membran mukosa. Selama kulit tidak rusak, epidermis menjadi penghalang fisik yang kuat bagi mikroba masuk. Sebum berupa sekresi yang berminyak dari kelenjar sebaceous disekresikan ke permukaan kulit dan mengandung zat bakterisid yang membunuh bakteri. Keratin (protein) pada kulit berfungsi melindungi kulit dari mikroba, abrasi atau gesekan, panas dan zat kimia. Membran mukosa yang utuh juga memberikan hambatan yang sama pada tubuh. Membran mukosa melapisi semua rongga tubuh yang terbuka ke luar seperti saluran pencernaan, pernafasan, perkemihan dan reproduksi.

Selain berfungsi sebagai penghalang fisik membran ini juga menghasilkan berbagai sekresi pelindung (Marieb, 2012):

1. pH asam dari sekresi kulit dan urine (pH 3-5) menghambat pertumbuhan bakteri dan sebum mengandung bahan kimia yang toksik bagi bakteri. Sekresi vagina perempuan dewasa sangat asam yang menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur pada sistem reproduksi.
2. Mukosa lambung mengeluarkan asam klorida dan enzim yang mencerna protein. Keduanya dapat membunuh kuman patogen.
3. Saliva dan air mata mengandung lysozyme, enzim yang menghancurkan bakteri.
4. Mukus atau lendir yang menjebak mikroorganisme yang masuk dari saluran pernafasan dan saluran pencernaan.
5. Rambut pada hidung menjadi saringan dan menjebak mikroorganisme yang masuk saluran pernafasan.
6. Silia menyapu lendir yang mengandung debu dan bakteri agar tidak masuk ke dalam paru-paru.

### **Lini pertahanan kedua: pertahanan internal**

Ketika mikroba patogen menembus penghalang fisik dan kimiawi kulit dan membran mukosa, mikroba menghadapi lini pertahanan kedua: zat antimikrobal internal, natural killer cells, fagosit, inflamasi dan demam (Tortora & Derrickson, 2017).

**Zat antimikrobal internal (Antimicrobial substances)**

Ada empat jenis utama zat antimikroba yang menghambat pertumbuhan mikroba: interferon, komplemen, iron-binding proteins dan antimikrobal protein (AMP)

1. Limfosit, makrofag dan fibroblas yang terinfeksi virus menghasilkan protein yang disebut interferon (IFN). Setelah dilepaskan oleh sel yang terinfeksi virus, IFN menyebar ke sel lain yang tidak terinfeksi sehingga menginduksi sintesis protein antivirus yang mengganggu replikasi virus. Meskipun IFN tidak mencegah virus untuk menempel atau menembus sel inang tapi dapat menghambat replikasi virus sehingga virus tidak dapat berkembang biak dalam sel tubuh. IFN adalah pertahanan tubuh melawan berbagai virus. Ada tiga jenis interferon yaitu alfa-, beta- dan gamma-IFN.
2. Sekelompok protein yang tidak aktif dalam plasma darah dan membran plasma membentuk complement system. Ketika diaktifkan, protein ini melengkapi dan meningkatkan reaksi kekebalan tertentu. Complement system menyebabkan pecahnya (cytolysis) mikroba, mendorong fagositosis dan berkontribusi pada proses inflamasi.
3. Iron-binding proteins menghambat pertumbuhan bakteri tertentu dengan mengurangi jumlah zat besi yang tersedia. Contoh transferin (ditemukan dalam darah dan cairan jaringan), laktoferin (ditemukan dalam susu, saliva dan mukus), ferritin (ditemukan pada hepar, limpa dan red bone marrow) dan hemoglobin (ditemukan pada sel darah merah).
4. Antimikrobal protein (AMP) adalah peptida pendek yang memiliki spektrum aktivitas antimikroba yang luas. Contoh dermicidin (diproduksi oleh kelenjar keringat), cathelicidins (diproduksi oleh neutrofil, makrofag, dan epitel), dan trombosidin (diproduksi oleh trombosit). Selain membunuh berbagai mikroba, AMP dapat menarik sel dendritik dan sel mast, yang berpartisipasi dalam respons imun. Mikroba yang terpapar AMP tampaknya tidak mengembangkan resistensi.



## **Natural Killer Cells**

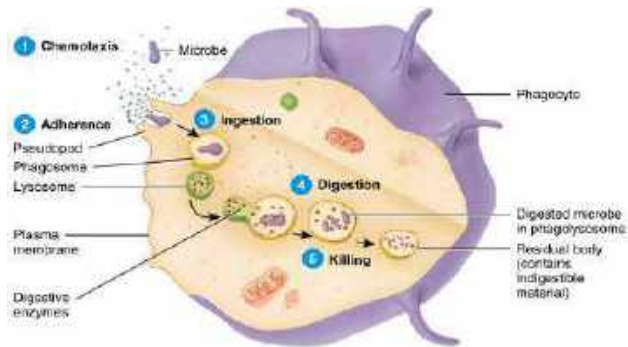
Ketika mikroba dapat menembus kulit dan membran mukosa atau melewati antimikrobal substances maka pertahanan nonspesifik berikutnya adalah natural killer cells (NK) dan fagosit. Sekitar 5–10% limfosit dalam darah adalah sel NK yang ada di limpa, kelenjar limfe, dan red bone marrow. Sel NK memiliki kemampuan untuk membunuh berbagai macam sel yang terinfeksi dan sel tumor tertentu dengan protein membran plasma abnormal atau tidak biasa. Pengikatan sel NK ke sel target yang terinfeksi, menyebabkan pelepasan granula yang mengandung zat beracun dari sel NK. Beberapa granula mengandung protein yang disebut perforin yang dimasukkan ke dalam membran plasma sel target dan membuat membran sel perforasi. Akibatnya, cairan ekstraseluler mengalir ke dalam sel target dan sel itu meledak yang disebut cytolysis (cyto- = sel; -lysis = melonggarkan). Granula lain dari sel NK melepaskan granzim yang merupakan enzim pencerna protein yang mendorong sel target untuk mengalami apoptosis, atau penghancuran diri. Jenis serangan ini membunuh sel yang terinfeksi, tetapi tidak membunuh mikroba di dalam sel; mikroba yang dilepaskan dapat dihancurkan oleh fagosit.

## **Fagosit**

Fagosit (phago- = makan; -cytes = sel) adalah sel khusus yang melakukan fagositosis, menelan mikroba atau partikel lain sebagai puing seluler. Dua jenis utama fagosit adalah neutrofil dan makrofag. Ketika infeksi terjadi, neutrofil dan monosit bermigrasi ke daerah yang terinfeksi. Selama migrasi ini, monosit membesar dan berkembang menjadi makrofag fagositik aktif. Selain menjadi mekanisme pertahanan bawaan, fagositosis memainkan peran penting dalam imunitas adaptif

Fagositosis terjadi dalam lima fase: kemotaksis, adherence, ingesti, digesti, dan killing (Gambar 12.10):

1. Kemotaksis. Fagositosis dimulai dengan kemotaksis yaitu suatu pergerakan fagosit yang dirangsang secara kimiawi ke tempat kerusakan. Bahan kimia yang menarik fagosit mungkin berasal dari mikroba yang menyerang, leukosit, sel jaringan yang rusak, atau protein komplemen yang diaktifkan.



**Gambar 12.10:** Proses fagositosis (Tortora & Derrickson, 2017)

2. Adherence. Fagosit mendatangi atau menghampiri mikroba atau bahan asing lainnya disebut adherence. Pengikatan protein komplemen ke patogen yang menyerang meningkatkan adherence.
3. Ingesti. Membran plasma fagosit memanjang (pseudopoda) kemudian menelan mikroba yang disebut proses ingesti. Ketika pseudopoda bertemu, mereka menyatu, mengelilingi mikroorganisme dengan kantung yang disebut fagosom.
4. Digesti. Fagosom memasuki sitoplasma dan bergabung dengan lisosom untuk membentuk struktur tunggal yang lebih besar yang disebut fagolisosom. Lisosom menyumbang lisozim, yang memecah dinding sel mikroba, dan enzim pencernaan lain yang menurunkan karbohidrat, protein, lipid, dan asam nukleat. Fagosit juga membentuk oksidan mematikan, seperti anion superoksida ( $O_2^-$ ), anion hipoklorit ( $OCl^-$ ), dan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), yang disebut ledakan oksidatif.
5. Killing. Serangan kimiawi yang diberikan oleh lisozim, enzim pencernaan, dan oksidan dalam fagolisosom dengan cepat membunuh banyak jenis mikroba. Setiap bahan yang tidak dapat terdegradasi lebih lanjut tetap berada dalam struktur yang disebut benda sisa.

## **Inflamasi**

Inflamasi atau peradangan adalah respons pertahanan tubuh yang tidak spesifik terhadap kerusakan jaringan. Di antara kondisi yang dapat menyebabkan inflamasi adalah patogen, lecet, iritasi kimiawi, distorsi atau gangguan sel, dan suhu ekstrim. Inflamasi merupakan upaya untuk membuang mikroba, toksin, atau benda asing di lokasi cedera, untuk mencegah penyebarannya ke jaringan lain, dan untuk mempersiapkan situs tersebut untuk perbaikan jaringan dalam upaya memulihkan homeostasis jaringan. Ada tanda-gejala tertentu yang berhubungan dengan peradangan dan ini dapat diingat dengan menggunakan akronim berikut: PRISH.

P untuk rasa sakit akibat pelepasan bahan kimia tertentu.

R untuk kemerahan karena lebih banyak darah mengalir ke area yang terkena.

I untuk imobilitas yang diakibatkan oleh hilangnya fungsi pada inflamasi

S untuk pembengkakan yang disebabkan oleh penumpukan cairan.

H untuk panas yang juga karena lebih banyak darah mengalir ke area yang terkena.

Karena inflamasi merupakan salah satu mekanisme pertahanan nonspesifik tubuh, respons jaringan terhadap luka serupa dengan respons terhadap kerusakan yang disebabkan oleh luka bakar, radiasi, atau invasi bakteri atau virus. Pada setiap kasus, respon inflamasi memiliki tiga tahap dasar: (1) vasodilatasi dan peningkatan permeabilitas pembuluh darah, (2) emigrasi (pergerakan) fagosit dari darah ke cairan interstisial, dan, akhirnya (3) perbaikan jaringan.

## **Demam**

Demam adalah suhu tubuh yang tidak normal, terjadi karena gangguan pengaturan suhu tubuh di hipotalamus akibat infeksi atau inflamasi. Banyak racun bakteri yang meningkatkan suhu tubuh, terkadang dengan memicu pelepasan sitokin penyebab demam seperti interleukin-1 dari makrofag. Suhu tubuh yang tinggi meningkatkan efek interferon, menghambat pertumbuhan beberapa mikroba, dan mempercepat reaksi tubuh yang membantu perbaikan

### **12.4.2 Imunitas adaptif (Adaptive body defense)**

Kemampuan tubuh untuk mempertahankan diri terhadap agen penyerang tertentu seperti bakteri, racun, virus, dan benda asing disebut imunitas adaptif

(spesifik). Zat yang dikenali sebagai benda asing dan memicu respons imun disebut antigen (Ag) yang berarti generator antibodi. Dua sifat yang membedakan imunitas adaptif dari imunitas bawaan: (1) spesifikasi untuk benda asing tertentu (antigen), yang juga melibatkan pembedaan diri dari molekul non-diri, dan (2) memori untuk sebagian besar antigen yang ditemui sebelumnya sehingga pertemuan kedua lebih cepat dan kuat (Tortora & Derrickson, 2017).

Imunitas adaptif seperti dua lengan yang terpisah tetapi dapat saling tumpang tindih sehingga dibedakan atas (1) imunitas seluler atau imunitas yang diperantai sel yaitu imunitas yang memiliki target seluler sel yang terinfeksi virus, sel kanker, dan sel asing lainnya. Limfosit bertindak melawan target tersebut secara langsung, dengan melisis sel asing, dan tidak langsung dengan melepaskan bahan kimia yang meningkatkan respons inflamasi atau mengaktifkan sel kekebalan lainnya. (2) imunitas humoral atau imunitas yang disediakan oleh antibodi yang ada dalam tubuh (Marieb, 2012).

### **Antigen**

Antigen adalah zat yang mampu memobilisasi sistem imun dan memicu respon imun. Kebanyakan antigen adalah molekul besar dan kompleks yang biasanya tidak ada di tubuh dan dianggap sebagai penyusup. Hampir semua protein asing, asam nukleat, karbohidrat dan beberapa lipid dapat bertindak sebagai antigen dan protein adalah antigen terkuat. Serbuk sari dan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan partikel virus bersifat antigenik karena permukaannya mengandung molekul asing. Sel kita kaya akan berbagai molekul protein (self-antigen). Hal ini menjelaskan mengapa tubuh kita menolak sel-sel organ yang ditransplantasikan atau cangkok kecuali ada tindakan khusus (obat-obatan dan lainnya) untuk melumpuhkan respon imun.

Biasanya, molekul kecil tidak bersifat antigenik, tetapi ketika terikat dengan protein kita sendiri, sistem imun mungkin mengenali kombinasi tersebut sebagai benda asing dan melakukan serangan yang berbahaya sebagai proteksi yang disebut dengan alergi. Dalam kasus seperti itu, molekul kecil yang merepotkan disebut haptens (haptens = menggenggam), atau antigen tidak lengkap. Selain obat-obatan tertentu, bahan kimia yang bertindak sebagai haptens ditemukan pada bulu hewan, beberapa deterjen, pewarna rambut, kosmetik, dan produk rumah tangga dan industri lainnya yang biasa digunakan

### **Imunitas Seluler**

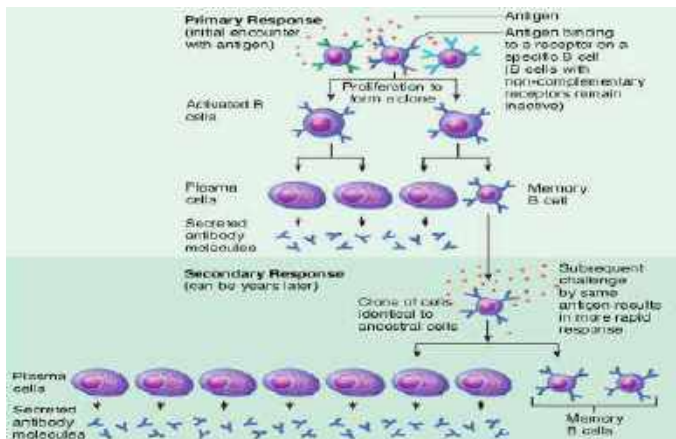
Thymus mengaktifkan limfosit T dan dilepaskan ke sirkulasi. Saat limfosit T terpapar antigen pertama kali, limfosit T mengikat antigen tersebut kemudian melepaskan bahan kimia yang menyebabkan makrofag menelan dan mencerna antigen tanpa membeda-bedakan. Setelah makrofag mencerna antigen, makrofag membawa sebagian sisa antigen di membran selnya dan menampilkannya pada permukaannya. Dalam perjalanannya di sekitar tubuh, makrofag tetap menampilkan sisa antigen, akhirnya terpapar dengan limfosit T yang bekerja spesifik pada antigen tertentu (Waugh & Grant, 2017).

Materi asing berupa antigen dari sel tubuh yang abnormal seperti sel kanker akan memstimulasi pembelahan dan proliferasi limfosit T yang disebut ekspansi klonal. Limfosit T khusus dibedakan atas empat jenis yaitu:

1. Sel T sitotoksik merupakan sel yang secara langsung menon-aktifkan sel yang membawa antigen. Sel ini melekatkan diri pada sel target dan melepaskan toksin yang sangat kuat dan efektif karena kedua sel ini sangat berdekatan. Peran utama limfosit T sitotoksik adalah menghancurkan sel tubuh yang abnormal, misalnya sel yang terinfeksi dan sel kanker
2. Sel T helper adalah sel yang penting untuk memperbaiki fungsi bukan hanya imunitas seluler (cell-mediated immunity) tetapi juga imunitas humoral (antibody-mediated immunity). Peran utama sel ini dalam imunitas ditekankan pada situasi ketika sel ini dihancurkan seperti pada penyakit AIDS oleh HIV. Fungsi utama sel T helper adalah memproduksi sitokin (misal interleukin dan interferon yang menunjang serta meningkatkan limfosit T sitotoksik serta makrofag) dan bekerja sama dengan limfosit B menghasilkan antibodi; walaupun limfosit B yang bertanggung jawab sebagai penghasil antibodi namun limfosit B harus distimulus oleh limfosit T helper terlebih dahulu.
3. Sel T supresor merupakan sel yang bekerja sebagai 'rem', menghentikan limfosit T dan B yang aktif. Sel ini membatasi efek yang kuat dan berpotensi membahayakan respon imun.
4. Sel T memori berupa sel yang hidup lama dan bertahan hidup setelah ancaman dinetralkan serta memberikan imunitas seluler dengan berespon secara cepat terhadap paparan antigen yang sama lainnya.

## Imunitas Humoral

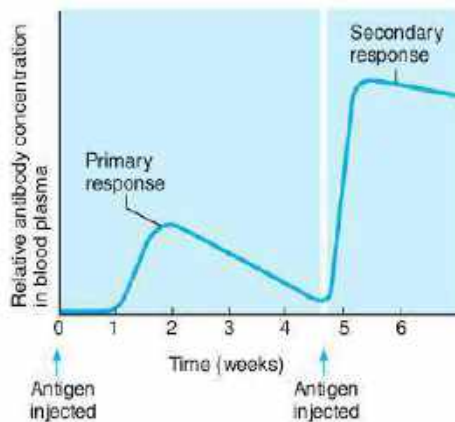
Limfosit B yang imunokompeten tetapi belum matang dirangsang untuk menyelesaikan perkembangannya (menjadi sel B yang matang sepenuhnya) ketika antigen mengikat reseptor permukaannya. Peristiwa pengikatan ini mengaktifkan, limfosit untuk menghidupkan dan menjalani clonal selection. Limfosit mulai tumbuh dan kemudian berkembang biak dengan cepat untuk membentuk pasukan sel yang semuanya persis seperti dirinya sendiri dan membawa reseptor spesifik antigen yang sama (Gambar 12.11). Kelompok yang dihasilkan dari sel-sel identik yang diturunkan dari sel yang sama disebut clone, dan pembentukan klon adalah respons humoral utama terhadap antigen itu. Sebagian besar anggota klon sel B atau turunannya menjadi sel B plasma. Setelah periode jeda awal, pabrik penghasil antibodi ini beraksi, menghasilkan antibodi yang sangat spesifik dengan kecepatan yang luar biasa sekitar 2000 molekul antibodi per detik. Sel B memproduksi hanya sejumlah kecil antibodi. Tabel 12.1 menjelaskan lima jenis antibodi. Namun, kesibukan ini hanya berlangsung 4 atau 5 hari; kemudian sel plasma mulai mati. Kadar antibodi dalam darah selama respons primer ini mencapai puncaknya sekitar 10 hari setelah respons dimulai dan kemudian menurun secara perlahan (Gambar 12.12).



**Gambar 12.11:** Clonal selection dari sel B (Marieb, 2012)

Anggota klon sel B yang tidak menjadi sel plasma menjadi sel B memori berumur panjang yang mampu merespons antigen yang sama pada pertemuan berikutnya dengannya. Sel memori bertanggung jawab atas memori imunologi

yang disebutkan sebelumnya. Respon imun yang belakangan ini, yang disebut respon humoral sekunder, diproduksi lebih cepat, lebih lama, dan lebih efektif daripada respon primer karena semua persiapan untuk serangan ini telah dibuat. Dalam beberapa jam setelah pengenalan antigen musuh lama, pasukan baru sel plasma sedang dibuat, dan antibodi membanjiri aliran darah. Dalam 2 hingga 3 hari, level antibodi darah memuncak (pada level yang jauh lebih tinggi daripada yang terlihat pada respons primer), dan levelnya tetap tinggi selama berminggu-minggu hingga berbulan-bulan.



**Gambar 12.12:** Respon humoral primer dan sekunder (Marieb, 2012)

**Tabel 12.1:** Lima jenis antibodi (Waugh & Grant, 2017)

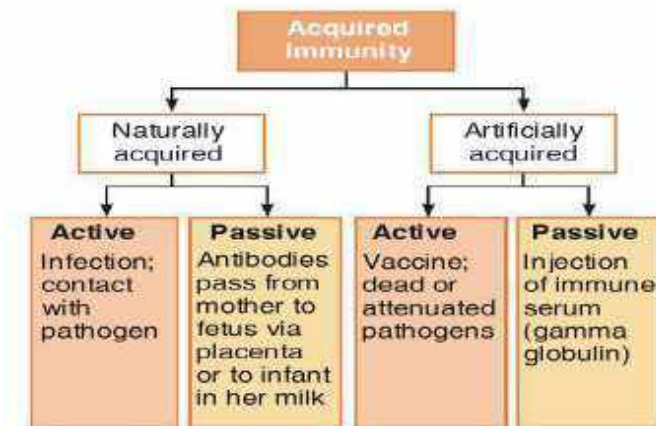
Jenis antibodi	Fungsi
<b>Ig A</b>	Ditemukan pada sekret tubuh seperti ASI dan saliva, serta mencegah antigen menembus membran epithelium serta menyerang jaringan yang lebih dalam
<b>Ig D</b>	Dibuat oleh sel B dan ditampilkan pada permukaannya. Antigen terikat di sini untuk mengaktifkan sel B
<b>Ig E</b>	Ditemukan pada membran sel (misal basofil dan sel mast) dan jika diberikan dengan antigen akan mengaktifkan respon imun. Antibodi ini sering ditemukan saat alergi
<b>Ig G</b>	Merupakan jenis antibodi yang paling banyak dan paling besar. Antibodi ini menyerang banyak patogen dan menembus plasenta untuk melindungi janin
<b>Ig M</b>	Dihasilkan dalam jumlah besar saat respon primer dan merupakan

aktivator komplemen yang kuat

### Imunitas Humoral Aktif dan Pasif

Ketika sel B bertemu dengan antigen dan menghasilkan antibodi melawannya, hal ini menunjukkan imunitas aktif (Gambar 12.13). Imunitas aktif adalah (1) diperoleh secara alami selama infeksi bakteri atau virus, di mana tubuh mengembangkan tanda gejala penyakit dan menderita penyakit tersebut; (2) diperoleh secara artifisial ketika menerima vaksin. Tidak ada bedanya antigen menyerang tubuh yang mengalami penyakit dengan dimasukkan dalam bentuk vaksin. Respon sistem imun kurang lebih sama. Kebanyakan vaksin mengandung patogen yang sudah mati atau dilemahkan (hidup, tapi sangat lemah) (Marieb, 2012).

Manfaat dari vaksin: (1) vaksin menyelamatkan kita dari sebagian besar tanda dan gejala (dan ketidaknyamanan) dari penyakit yang seharusnya terjadi selama respon primer dan (2) antigen yang melemah masih dapat merangsang produksi antibodi dan meningkatkan memori imunologis



**Gambar 12.13:** Jenis dari imunitas didapat

Imunitas pasif sangat berbeda dengan imunitas aktif, baik dalam sumber antibodi maupun dalam tingkat perlindungan yang diberikannya (lihat Gambar 12.13). Imunitas pasif diberikan secara alami pada janin ketika antibodi ibu melewati plasenta dan memasuki sirkulasi janin, dan setelah lahir selama menyusui. Selama beberapa bulan setelah lahir, bayi terlindungi dari semua antigen yang terpajan pada ibu.



Imunitas pasif diberikan secara artifisial ketika seseorang menerima serum imun atau gamma globulin. Gamma globulin biasanya diberikan setelah terpapar hepatitis. Serum imunitas lainnya digunakan untuk mengobati gigitan ular berbisa (antivenom), botulisme, rabies, dan tetanus (antitoksin) karena penyakit ini akan membunuh seseorang sebelum kekebalan aktif dapat terbentuk. Antibodi yang disumbangkan memberikan perlindungan langsung, tetapi efeknya hanya bertahan sebentar (2 hingga 3 minggu). Sementara itu, bagaimanapun, pertahanan tubuh sendiri mengambil alih

# **Bab 13**

## **Proses Metabolisme**

### **13.1 Pendahuluan**

Metabolisme adalah proses (pembentukan dan penguraian) zat-zat yang diperlukan oleh tubuh agar tubuh dapat menjalankan fungsinya. Metabolisme juga dapat diartikan sebagai proses pengolahan (pembentukan dan penguraian “Katabolisme dan Anabolisme”) zat-zat yang diperlukan oleh tubuh untuk menjalankan fungsinya. Kelainan metabolisme adalah keadaan tubuh yang tidak mampu menjalankan proses metabolisme karena sesuatu dan hal lain. Yang paling berpengaruh bisa atau ketidakbisaan tubuh disebabkan oleh kelainan tidak memiliki suatu enzim yang diperlukan untuk membantu metabolisme.

### **13.2 Pengertian Metabolisme**

Metabolisme berasal dari bahasa Yunani, yaitu “metabole” yang berarti perubahan. Metabolisme adalah suatu proses kimiawi yang terjadi di dalam tubuh semua makhluk hidup, proses ini merupakan pertukaran zat ataupun suatu organisme dengan lingkungannya. Metabolisme merupakan totalitas proses kimia di dalam tubuh. Metabolisme meliputi segala aktivitas hidup

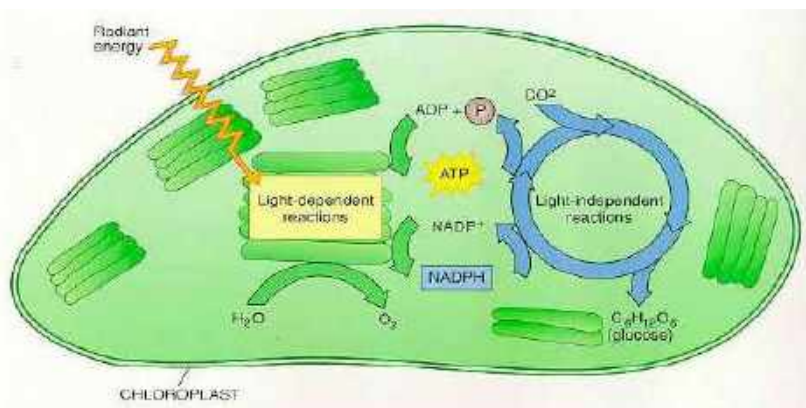
yang bertujuan agar sel tersebut mampu untuk tetap bertahan hidup, tumbuh, dan melakukan reproduksi. Semua sel penyusun tubuh makhluk hidup memerlukan energi agar proses kehidupan dapat berlangsung. Sel-sel menyimpan energi kimia dalam bentuk makanan kemudian mengubahnya dalam bentuk energi lain pada proses metabolisme. Metabolisme adalah perubahan kimiawi yang terjadi dalam tubuh untuk pelaksanaan berbagai fungsi vitalnya.

Metabolisme terdiri atas dua proses sebagai berikut :

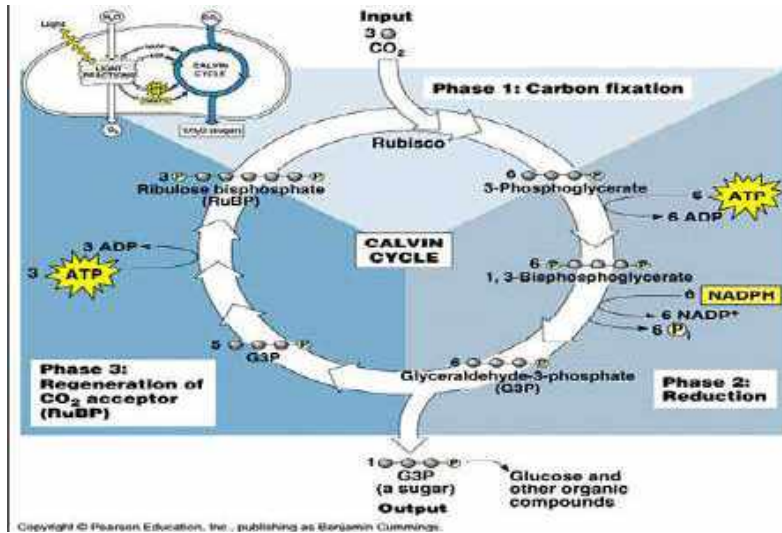
### 1. Anabolisme

Anabolisme adalah proses-proses penyusunan energi kimia melalui sintesis senyawa-senyawa organik, yang meliputi reaksi kimia untuk membentuk kompleks molekul yang di butuhkan untuk pertumbuhan dan pertahanan kehidupan, disintesis dari zat lebih simple yang di sertai penggunaan energy. Setiap proses konstruktif di mana substansi sederhana diubah oleh sel hidup menjadi persenyawaan yang lebih kompleks terutama menjadi bahan hidup.

Anabolisme karbohidrat yang termasuk proses fotosintesis, siklus Calvin (proses penggunaan ATP dan NADPH untuk mengubah CO<sub>2</sub> menjadi gula), kemosintesis (penyusunan bahan organik dengan menggunakan energi dari pemecahan senyawa kimia).



**Gambar 13.1:** Anabolisme (Fotosintesis)



**Gambar 13.2:** Anabolisme (Siklus Calvin)

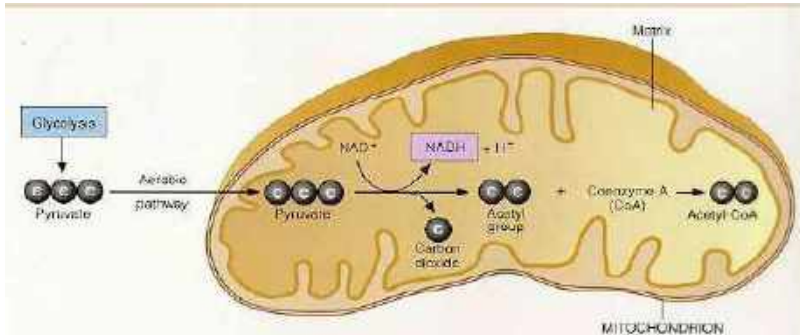
Anabolisme lemak yang juga disebut lipogenesis yang terjadi di dalam sitoplasma yang memiliki enzim kompleks yaitu asam lemak sitetase. Lemak dapat disintesis dari protein dan karbohidrat. Sintesis lemak biasanya berlangsung di rektikulum endoplasma. Anabolisme protein yang tersusun atas senyawa asam amino. Penyusun gugus amino  $-NH_2$  pada suatu substrat disebut aminasi. Ada dua cara sintesi protein yaitu, reaksi animasi reduksi dan reaksi transaminasi. Reaksi aminasi reduksi, diantaranya adalah aminasi dari asam oksaloasetat akan menghasilkan asam aspartat dan aminasi dari asam piruvat akan menghasilkan alanin. Reaksi transaminasi, diantaranya adalah reaksi yang melibatkan satu gugus amino dari satu asam amino ke suatu asam  $\alpha$ -ketoglutamat dan asam amino baru.

## 2. Katabolisme

Katabolisme adalah proses penguraian dan pembebasan energi dari senyawa-senyawa organik melalui proses respirasi., yang meliputi reaksi kimia untuk memecahkan kompleks molekul menjadi yang berukuran lebih kecil disertai pelepasan enegi. Semua reaksi tersebut dikatalisis oleh enzim, baik oleh reaksi yang sederhana maupun reaksi yang rumit.

Contohnya yaitu respirasi yang merupakan proses penguraian bahan makanan yang menghasilkan energi.

Berdasarkan kebutuhan akan  $O_2$ , terdapat respirasi aerobik ( $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6H_2O + 6CO_2 + 675 \text{ kkal}$ ) dan anaerobik ( $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 21 \text{ kkal}$ ). Berikut gambar proses respirasi aerobik :



**Gambar 13.3:** Proses Respirasi Aerobik Katabolisme

Katabolisme karbohidrat contohnya seperti respirasi dengan glukosa sebagai bahan baku yang diuraikan menjadi  $CO_2$  dan  $H_2O$  serta menghasilkan energi. Dalam respirasi aerobik terjadi beberapa proses yaitu glikolisis (penguraian satu molekul glukosa menjadi asam piruvat, NADH dan ATP), siklus krebs (perubahan asetil KoA menjadi asam sitrat), Transportasi electron (elektron dan  $H^+$  dari NADH dan  $FADH_2$  dibawa dari substrat satu ke substrat yang lain).

Respirasi anaerobik adalah reaksi karbohidrat untuk mendapatkan energi tanpa menggunakan  $O_2$ . Reaksi ini terjadi pada jaringan yang kekurangan  $O_2$ , akar tumbuhan yang terendam air, biji tebal yang sulit ditembus  $O_2$ , sel ragi dan bakteri anaerobik. Fermentasi juga termasuk dalam respirasi anaerobik. Sering kali diistilahkan proses penguraian zat oleh mikroorganisme pengurai menggunakan enzim-enzim yang ada di dalam sel. Fermentasi sebagai perubahan enzimatik dari substansi organik oleh mikroorganismee untuk menghasilkan produk-produk organik yang lebih sederhana. Katabolisme lemak memiliki reaksi sederhana yaitu  $Trigliserida + 3H_2O \rightarrow$  gliserol + 3 asam lemak. Katabolisme protein yang juga mengurai protein menjadi asam amino. Asam amino diubah menjadi asam piruvat dan asetil KoA. Gugus amino yang dilepas dari asam amino dibawa ke hati untuk diubah menjadi amonia ( $NH_3$ ) dan dibuang lewat urin.

Reaksi katabolisme dan anabolisme berlangsung dalam sel tubuh secara bersamaan dan berkelanjutan. Bahan-bahan metabolisme yaitu: oksigen, karbohidrat, protein, lemak dan air.

## 13.3 Fungsi Metabolisme

Metabolisme memiliki peran yang penting bagi proses yang terjadi dalam tubuh makhluk hidup, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Menghasilkan, energi bagi dari proses perubahan zat-zat makanan yang ada di dalam tubuh.
2. Zat-zat lain yang berasal dari protein berguna untuk pertumbuhan dan respirasi jaringan tubuh.
3. Mengganti jaringan yang rusak atau membentuk jaringan.
4. Menyusun unit pembangun menjadi protein, asam nukleat dan komponen sel lainnya

Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Kecepatan Metabolisme

1. Ukuran tubuh. Orang yang gemuk proses metabolisme lebih tinggi
2. Umur. Usia remaja dan dewasa terjadi peningkatan metabolisme tubuh dan menurun setelah usia lanjut
3. Jenis kelamin. Laki-laki metabolismenya lebih besar di bandingkan wanita
4. Iklim.
5. Jenis pekerjaan. Pekerja berat kecepatan metabolismenya lebih tinggi.

## 13.4 Proses Metabolisme

Di dalam tubuh terjadi 3 proses metabolisme utama yaitu :

1. Metabolisme Karbohidrat

Pada proses pencernaan makanan, karbohidrat mengalami proses hidrolisis (penguraian dengan menggunakan molekul air). Proses pencernaan karbohidrat terjadi dengan menguraikan polisakarida menjadi monosakarida. Ketika makanan dikunyah, makanan akan bercampur dengan air liur yang mengandung enzim ptialin (suatu  $\alpha$  amilase yang disekresikan oleh kelenjar parotis di dalam mulut). Enzim ini menghidrolisis pati (salah satu polisakarida) menjadi maltosa dan gugus glukosa kecil yang terdiri dari tiga sampai sembilan molekul glukosa. Makanan yang berada di mulut hanya dalam waktu yang singkat dan mungkin tidak lebih dari 3-5% dari pati yang telah dihidrolisis pada saat makanan ditelan. Sekalipun makanan tidak berada cukup lama dalam mulut untuk dipecah oleh ptialin menjadi maltosa, tetapi kerja ptialin dapat berlangsung terus menerus selama satu jam setelah makanan memasuki lambung, yaitu sampai isi lambung bercampur dengan zat yang disekresikan oleh lambung. Selanjutnya aktivitas ptialin dari air liur dihambat oleh zat asam yang disekresikan oleh lambung. Hal ini dikarenakan ptialin merupakan enzim amilase yang tidak aktif saat PH medium turun di bawah 4,0. Setelah makan dikosongkan dari lambung dan masuk ke duodenum (usus dua belas jari), makanan kemudian bercampur dengan getah pankreas. Pati yang belum di pecah akan dicerna oleh amilase yang diperoleh dari sekresi pankreas. Sekresi pankreas ini mengandung  $\alpha$  amilase yang fungsinya sama dengan  $\alpha$ -amilase pada air liur, yaitu memecah pati menjadi maltosa dan polimer glukosa kecil lainnya. Namun, pati pada umumnya hampir sepenuhnya diubah menjadi maltosa dan polimer glukosa kecil lainnya sebelum melewati lambung. Hasil akhir dari proses pencernaan adalah glukosa, fruktosa, glaktosa, manosa dan monosakarida lainnya. Senyawa-senyawa tersebut kemudian diabsorpsi melalui dinding usus dan dibawa ke hati oleh darah.

Glukosa sebagai salah satu hasil dari pemecahan pati akan mengalami dua proses di dalam hati, yaitu :

- a. Glukosa akan beredar bersama aliran darah untuk memenuhi kebutuhan energi sel-sel tubuh.
- b. Jika di dalam hati terdapat kelebihan glukosa (gula darah), glukosa akan di ubah menjadi glikogen (gula otot) disebut glikogenesis dengan bantuan hormon insulin dan secara otomatis akan menjaga keseimbangan gula darah. Glikogen di simpan di dalam hati. Jika

sewaktu-waktu dibutuhkan, glikogen diubah kembali menjadi glukosa (glikogenolisis) dengan bantuan hormon adrenalin.

- c. Glukagon berperan merangsang proses glikogenolisis dan gluconeogenesis. Insulin berperan untuk meningkatkan sintesis glikogen. Makanan yang banyak mengandung karbohidrat akan merangsang sekresi insulin dan mencegah sekresi glukagon.
- d. Insulin berfungsi mempermudah dan mempercepat masuknya glukosa ke dalam sel dengan meningkatkan afinitas molekul karier glukosa. Setelah glukosa berada di dalam sel, maka insulin akan menyimpan atau disintesis menjadi glikogen baik dihati, otot, atau jaringan lain

## 2. Metabolisme Protein

Protein dalam makanan hampir sebagian besar berasal dari daging dan sayur-sayuran. Protein dicerna di lambung oleh enzim pepsin, yang aktif pada pH 2-3 (suasana asam). Pepsin mampu mencerna semua jenis protein yang berada dalam makanan. Salah satu hal terpenting dari pencernaan yang dilakukan pepsin adalah kemampuannya untuk mencerna kolagen. Kolagen merupakan bahan dasar utama jaringan ikat pada kulit dan tulang rawan. Pepsin memulai proses pencernaan protein. Proses pencernaan yang dilakukan pepsin meliputi 10-30% dari pencernaan protein total. Pemecahan protein ini merupakan proses hidrolisis yang terjadi pada rantai polipeptida. Sebagian besar proses pencernaan protein terjadi di usus. Ketika protein meninggalkan lambung, biasanya protein dalam bentuk proteosa, pepton, dan polipeptida besar. Setelah memasuki usus, produk-produk yang telah dipecah sebagian besar akan bercampur dengan enzim pankreas di bawah pengaruh enzim proteolitik seperti tripsin, kimotripsin, dan peptidase. Baik tripsin maupun kimotripsin memecah molekul protein menjadi polipeptida kecil. Peptidase kemudian akan melepaskan asam-asam amino. Asam amino yang terdapat dalam darah berasal dari tiga sumber, yaitu penyerapan melalui dinding usus, hasil penguraian protein dalam sel, dan hasil sintesis asam amino dalam sel. Asam amino yang disintesis dalam sel maupun yang dihasilkan dari proses penguraian protein dalam hati dibawa oleh darah untuk digunakan di dalam jaringan. Dalam hal ini hati berfungsi sebagai pengatur konsentrasi asam amino dalam darah.



Kelebihan protein tidak disimpan dalam tubuh, melainkan akan dirombak di dalam hati menjadi senyawa yang mengandung unsur Nitrogen (N), seperti  $\text{NH}_3$  (amonia) dan  $\text{NH}_4\text{OH}$  (amonium hidroksida), serta senyawa yang tidak mengandung unsur Nitrogen. Senyawa yang mengandung unsur N akan disintesis menjadi urea. Pembentukan urea berlangsung di dalam hati karena hanya sel-sel hati yang dapat menghasilkan enzim arginase. Urea yang dihasilkan tidak dibutuhkan oleh tubuh, sehingga diangkut bersama zat-zat lainnya menuju ginjal lalu dikeluarkan melalui urin. Sebaliknya, senyawa yang tidak mengandung unsur N akan disintesis kembali mejadi bahan baku karbohidrat dan lemak, sehingga dapat dioksidasi di dalam tubuh untuk menghasilkan energi.

### 3. Metabolisme Lemak

Pencernaan lemak tidak terjadi di mulut dan lambung karena di tempat tersebut tidak terdapat enzim lipase yang dapat menghidrolisis atau memecah lemak. Pencernaan lemak terjadi di dalam usus, karena usus mengandung lipase. Unsur lemak dalam makanan (dietary lipids) yang memiliki peranan dalam proses fisiologi adalah: trigliserid (TG), posfolipid (PL), dan kolesterol (Kol)

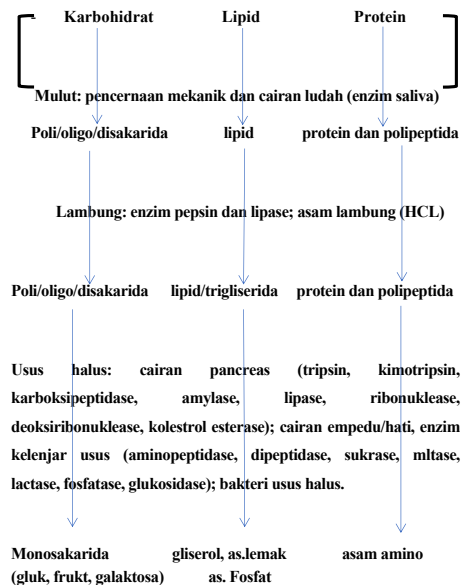
- Trigliserida tersusun atas asam lemak (free fatty acids, FFA) dan gliserol
- Kolesterol kebanyakan berasal dari kolesterol hewan, sedangkan kolesterol dari tumbuhan sukar diserap usus. Kolesterol dalam makanan (hewan)terutama berasal dari otak, kuning telur, hati, dan lemak hewan lainnya.

Lemak keluar daari lambung masuk ke dalam usus sehingga merangsang hormon kolesistokinin. Hormon kolesistokinin menyebabkan kantung empedu berkontraksi sehingga mengeluarkan cairan empedu ke dalam duodenum (usus dua belas jari). Empedu mengandung garam empedu yang memegang peranan penting dalam mengemulsikan lemak. Emulsi Lemak merupakan pemecahan lemak yang berukuran besar menjadai butiran lemak yang berukuran lebih kecil. Ukuran lemak yang lebih kecil (trigliserida) yang teremulsi akan memudahkan hidrolisis lemak oleh lipase yang dihasilkan dari pankreas. Lipase pankreas akan menghidrolisis lemak teremulsi menjadi campuran asam lemak dan monoligserida (gliserida tunggal). Pengeluaran cairan pankreas dirancang oleh hormon sekretin yang berperan dalam

meningkatkan jumlah elektrolit (senyawa penghantar listrik) dan cairan pankreas, serta pankreoenzim yang berperan untuk merangsang pengeluaran enzim-enzim dalam cairan pankreas.

### Absorpsi Lemak

- Lemak diet diserap dalam bentuk: kilomikron → diabsorpsi usus halus masuk ke limfe (ductus torasikus) → masuk darah.
- Kilomikron dalam plasma disimpan dalam jaringan lemak (adiposa) dan hati.
- Proses penyimpanannya: kilomikron dipecah oleh enzim lipoprotein lipase (dalam membran sel) → asam lemak dan gliserol.
- Di dalam sel asam lemak disintesis kembali jadi trigliserida (simpanan lemak).<sup>20</sup> Hati membantu oksidasi lemak dan mempersiapkan untuk disimpan dalam jaringan. Lemak oksidasi memberikan panas dan tenaga, sedangkan lemak yang disimpan mengandung vitamin A dan vitamin B.



**Gambar 13.4:** Faal\_metabolisme

## 13.5 Gangguan Pada Metabolisme

Absorpsi hasil pencernaan lemak sebagian besar (70%) terjadi di usus halus. Pada waktu asam lemak dan monogliserida di absorpsi melalui sel-sel mukosa pada dinding usus, keduanya diubah kembali menjadi lemak (trigliserida dengan bentuk partikel-partikel kecil (jaringan lemak). Saat dibutuhkan, timbunan lemak tersebut akan diangkut menuju hati. Akibat Kerusakan Metabolisme

Setiap orang membutuhkan energi untuk bertahan hidup dan melakukan aktivitas. Energi dapat diperoleh dari makanan dan dapat pula berasal dari cadangan energi yang tersimpan dalam tubuh (misalnya cadangan pada jaringan lemak). Apabila makanan yang dikonsumsi memiliki energi lebih sedikit daripada energi yang dikeluarkan ( $in < out$ ), maka akan terjadi penurunan berat badan. Begitu juga sebaliknya, jika mengonsumsi makanan yang mengandung kalori lebih banyak daripada yang dikeluarkan ( $in > out$ ), maka terjadi peningkatan berat badan.

Penyakit gangguan metabolisme dapat ditimbulkan karena kelebihan atau kekurangan zat bersangkutan. Berikut segolongan penyakit akibat gangguan metabolisme dan bersifat sistemik.

Penyakit ini ada 3 golongan:

1. Gangguan metabolisme karbohidrat
2. Gangguan metabolisme protein
3. Gangguan metabolisme lemak

(a) Gangguan metabolisme karbohidrat

1. Diabetes melitus (Hiperglykemia) merupakan penyakit akibat gangguan metabolisme karbohidrat. Dasar penyakit ini adalah defisiensi insulin.

Gejala klinis penyakit :

- Hiperglikemia
- Glikosuria
- Dapat diikuti gangguan sekunder metabolisme protein dan lemak
- Dapat berakhir dengan kematian
- Insidensi terbanyak usia 50 – 60 thn

- Dapat juga dekade pertama atau pada yang sudah lanjut
- Penyakit ini diturunkan secara autosomal resesif

## 2. Etiologi :

- Sebab tepat belum diketahui berhubungan dengan kelainan hormonal:

Insulin

Growth hormon

Hormon steroid

- Keadaan diabetes timbul akibat ketidak seimbangan dalam interaksi pankreas, hipofisis dan adreanal
- Komplikasi diabetes melitus :
- Merupakan gangguan biokimia.
- Cedera morfologik sebenarnya tidak dapat untuk menegakkan diagnosis

Pada umumnya kerusakan pada sel beta ringan (Pankreas) → tidak mungkin menimbulkan gangguan produksi insulin

Bila ada :

- Hialinisasi

Fibrosis

Vakolisasi hidropik yang sebenarnya merupakan penimbunan glikogen.

Bila gangguan metabolisme karbohidrat terlalu lama → hiperglikemik menahun, pada otot, hati dan jantung terjadi difisiensi (pada pembuluh darah)

- Lemak dimobilisasi sebagai sumber tenaga → lemak dalam darah bertambah.
- Lipaemia dan cholestrolimia → gangguan vaskular, dengan komplikasi aterosklerosis merata → sklerosis pembuluh darah arteri coronaria, ginjal dan retina Mata
- Sklerosis arteri retina → retinitis diabetika.

- Perdarahan kecil-kecil tidak teratur
- Pelebaran pembuluh darah retina dan berkeluk-keluk
- Kapiler-kapiler membentuk mikroaneurisma jantung

Sering ditemukan pada 3 keadaan :

- Akibat pemakaian insulin berlebihan pada diabetes
- Pada pengobatan psykosis dengan shock hipoglikemik
- Akibat pembentukan insulin berlebihan pada tumor pankreas yang dibentuk oleh sel beta

(b) Gangguan metabolisme protein

Jika terjadi pada pemasukan protein kurang maka terjadi kekurangan kalori, asam amino, mineral, dan faktor lipotropik.

Akibatnya yang ditimbulkan :

- Pertumbuhan tubuh terganggu/terhambat
- Pemeliharaan jaringan tubuh terganggu
- Pembentukan zat anti dan serum protein akan terganggu.
- Penderita mudah terserang penyakit infeksi, perjalanan infeksi berat, luka sukar sembuh dan mudah terserang penyakit hati akibat kekurangan faktor lipotropik.

(c) Gangguan metabolisme lemak

Jika kelebihan lemak (Obesitas) maka :

- Terjadi kalori didapat  $>$  kalori yang dimetabolisme (hipometabolisme)
- Kalori yang dibutuhkan menurun  $\rightarrow$  berat badan naik, meskipun diberi makan tidak berlebihan
- Lemak ditimbun pada jaringan subkutis, jaringan retroperitoneum, peritoneum, omentum, pericardium, dan pankreas.
- Obesitas  $\rightarrow$  memperberat hipertensi, diabetes, penyakit jantung

# **Bab 14**

## **Keseimbangan Cairan dan Elektrolit**

### **14.1 Definisi cairan Tubuh**

Kebutuhan cairan dan elektrolit adalah suatu proses dinamik karena metabolisme tubuh membutuhkan perubahan yang tetap untuk melakukan respons terhadap keadaan fisiologis dan lingkungan. Keseimbangan cairan adalah esensial bagi kesehatan. Dengan kemampuannya yang sangat besar untuk menyesuaikan diri, tubuh mempertahankan keseimbangan, biasanya dengan proses-proses faal (fisiologis) yang terintegrasi yang mengakibatkan adanya lingkungan sel yang relatif konstan tapi dinamis. Kemampuan tubuh untuk mempertahankan keseimbangan cairan ini dinamakan “homeostasis”.

Cairan tubuh adalah cairan suspensi sel di dalam tubuh makhluk yang memiliki fungsi fisiologis tertentu. Cairan tubuh adalah larutan yang terdiri dari air (pelarut) dan zat tertentu (zat terlarut). Pengaturan keseimbangan cairan perlu memperhatikan dua parameter penting, yaitu: volume cairan ekstrasel dan osmolaritas cairan ekstrasel. Ginjal mengontrol volume cairan ekstrasel dengan mempertahankan keseimbangan garam dan mengontrol osmolaritas cairan ekstrasel dengan mempertahankan keseimbangan cairan. Ginjal mempertahankan keseimbangan ini dengan mengatur keluaran garam dan

urine sesuai kebutuhan untuk mengkompensasi asupan dan kehilangan abnormal dari air dan garam tersebut. Tubuh manusia tersusun kira-kira 50%-60% cairan.

## 14.2 Prosentase cairan Tubuh

1. Prosentase dari total cairan tubuh bervariasi sesuai dengan individu dan tergantung beberapa hal antara lain :

a. Umur

Cairan tubuh menurun dengan bertambahnya usia.

b. Kondisi lemak tubuh

Mengandung sedikit air, air tubuh menurun dengan peningkatan lemak tubuh.

c. Jenis Kelamin

Wanita dewasa mempunyai jumlah cairan tubuh lebih sedikit dibanding pada pria, karena jumlah lemak dalam tubuh wanita dewasa lebih banyak dibandingkan dengan pria.

2. Jumlah normal air pada tubuh manusia

Bayi (baru lahir): 75 % Berat Badan

Dewasa :

- Wanita dewasa (20-40 tahun): 50 – 55% Berat Badan
- Pria dewasa (20-40 tahun): 55 – 60% Berat Badan
- Usia lanjut : 45-50% Berat Badan

## 14.3 Fungsi cairan Tubuh

### 1. Pelarut universal

- a. Senyawa bergerak lebih cepat dan mudah
- b. Berperan dalam reaksi kimia.

Contoh: Glukosa larut dalam darah dan masuk ke sel

- c. Sebagai medium untuk reaksi metabolisme dalam sel
- d. Transport nutrient, membersihkan produk metabolisme dan substansi lain

### 2. Pengaturan suhu tubuh

- a. Mampu menyerap panas dalam jumlah besar
- b. Membuang panas dari jaringan yang menghasilkan panas

Contoh: Otot-otot selama exercise

### 3. Pelicin

- a. Mengurangi gesekan (sebagai pelumas)
- b. Reaksi- d reaksi kimia

### 4. Pemecahan karbohidrat ; membentuk protein

### 5. Pelindung : Cairan Cerebro-spinal, cairan amniotic

## 14.4 Jenis cairan Elektrolit

Cairan elektrolit adalah cairan saline atau cairan yang memiliki sifat bertegangan tetap. Cairan saline terdiri atas cairan isotonik, hipotonik, dan hipertonik. Konsentrasi isotonik disebut juga normal saline yang banyak dipergunakan.

Contohnya:

1. Cairan Ringer's, terdiri atas:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , dan  $\text{Ca}^{2+}$
2. Cairan Ringer's Laktat, terdiri atas:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , dan  $\text{HCO}_3^-$
3. Cairan Buffer's, terdiri atas:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ , dan  $\text{HCO}_3^-$



## 14.5 Komposisi Cairan Tubuh

Cairan tubuh terdiri dari air (pelarut) dan substansi terlarut (zat terlarut)

### 1. Air

Air adalah senyawa utama dari tubuh manusia. Jumlah air sekitar 73% dari bagian tubuh seseorang tanpa jaringan lemak (lean body mass).

### 2. Solut (substansi terlarut)

Selain air, cairan tubuh mengandung dua jenis substansi terlarut (zat terlarut) yaitu berupa elektrolit dan non-elektrolit.

a. Elektrolit : Substansi yang berdisosiasi (terpisah) di dalam larutan dan akan menghantarkan arus listrik. Elektrolit berdisosiasi menjadi ion positif dan negatif dan diukur dengan kapasitasnya untuk saling berikatan satu sama lain (mEq/L) atau dengan berat molekul dalam garam (mmol/L). Jumlah kation dan anion, yang diukur dalam miliekuivalen, dalam larutan selalu sama. Bila garam larut dalam air, misalnya garam NaCl, akan terjadi disosiasi sehingga terbentuk ion-ion bermuatan positif dan negatif. Ion positif dinamakan kation, sedangkan ion negatif dinamakan anion. Ion mengandung muatan listrik dinamakan elektrolit. Cairan tubuh yang mengandung air dan garam dalam keadaan disosiasi dinamakan larutan elektrolit. Dalam semua larutan elektrolit, ada keseimbangan antara konsentrasi anion dan kation.

- Kation : ion-ion yang membentuk muatan positif dalam larutan. Kation ekstraselular utama adalah natrium (Na<sup>+</sup>), sedangkan kation intraselular utama adalah kalium (K<sup>+</sup>). Sistem pompa terdapat di dinding sel tubuh yang memompa natrium ke luar dan kalium ke dalam.
- Anion : ion-ion yang membentuk muatan negatif dalam larutan. Anion ekstraselular utama adalah klorida (Cl<sup>-</sup>), sedangkan anion intraselular utama adalah ion fosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>).

Tubuh menggunakan elektrolit untuk mengatur keseimbangan cairan tubuh. Sel-sel tubuh memilih elektrolit untuk ditempatkan diluar (terutama natrium dan klorida) dan didalam sel (terutama kalium, magnesium, fosfat, dan sulfat). Molekul air, karena bersifat polar, menarik elektrolit. Walaupun molekul air bermuatan nol, sisi oksigennya sedikit bermuatan negatif, sedangkan hidrogennya sedikit bermuatan positif. Oleh sebab itu, dalam suatu larutan elektrolit, baik ion positif maupun ion negatif menarik molekul air disekitarnya.

- b. Non-elektrolit : Substansi seperti glukosa dan urea yang tidak berdisosiasi dalam larutan dan diukur berdasarkan berat (miligram per 100 ml-mg/dl). Non-elektrolit lainnya yang secara klinis penting mencakup kreatinin dan bilirubin

## 14.6 Kompartemen Cairan Tubuh

Seluruh cairan tubuh didistribusikan diantara dua kompartemen utama, yaitu : cairan intraselular (CIS) dan cairan ekstra selular (CES). Pada orang normal dengan berat 70 kg, Total cairan tubuh (TBF) rata-ratanya sekitar 60% berat badan atau sekitar 42 L. persentase ini dapat berubah, bergantung pada umur, jenis kelamin dan derajat obesitas (Guyton & Hall, 1997).

1. Cairan Intraselular (CIS) = 40% dari BB total

Adalah cairan yang terkandung di dalam sel. Pada orang dewasa kira-kira  $\frac{2}{3}$  dari cairan tubuh adalah intraselular, sama kira-kira 25 L pada rata-rata pria dewasa (70 kg). Sebaliknya, hanya  $\frac{1}{2}$  dari cairan tubuh bayi adalah cairan intraselular.

2. Cairan Ekstraselular (CES) = 20% dari BB total

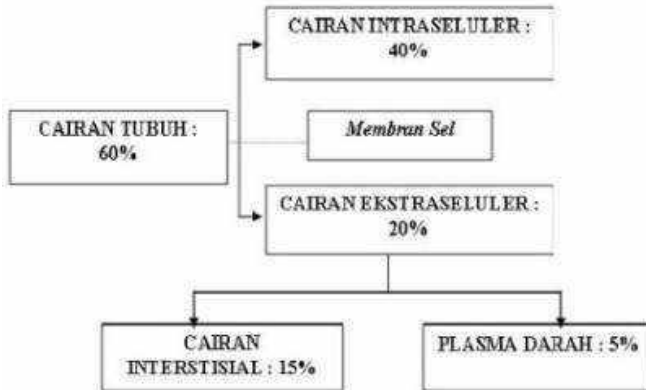
Adalah cairan diluar sel. Ukuran relatif dari (CES)menurun dengan peningkatan usia. Pada bayi baru lahir, kira-kira  $\frac{1}{2}$  cairan tubuh terkandung didalam CES. Setelah 1 tahun, volume relatif dari CES menurun sampai kira-kira  $\frac{1}{3}$  dari volume total. Ini hampir sebanding dengan 15 L dalam rata-rata pria dewasa (70 kg).

Cairan Ekstraseluler terdiri dari :

1. Cairan interstisial (CIT) : Cairan disekitar sel, sama dengan kira-kira 8 L pada orang dewasa. Cairan limfe termasuk dalam volume interstisial. Relatif terhadap ukuran tubuh, volume CIT kira-kira sebesar 2 kali lebih besar pada bayi baru lahir dibanding orang dewasa.
2. Cairan intravaskular (CIV) : Cairan yang terkandung di dalam pembuluh darah. Volume relatif dari CIV sama pada orang dewasa dan anak-anak. Rata-rata volume darah orang dewasa kira-kira 5-6 L (8% dari BB), 3 L (60%) dari jumlah tersebut adalah PLASMA. Sisanya 2-3 L (40%) terdiri dari sel darah merah (SDM, atau eritrosit) yang mentransfor oksigen dan bekerja sebagai bufer tubuh yang penting; sel darah putih (leukosit); dan trombosit. Tapi nilai tersebut diatas dapat bervariasi pada orang yang berbeda-beda, bergantung pada jenis kelamin, berat badan dan faktor-faktor lain.  
Adapun fungsi dari darah adalah mencakup :
  - a. Pengiriman nutrien (misal ; glukosa dan oksigen) ke jaringan
  - b. Transpor produk sisa ke ginjal dan paru-paru
  - c. Pengiriman antibodi dan SDP ke tempat infeksi
  - d. Transpor hormon ke tempat aksinya
  - e. Sirkulasi panas tubuh
3. Cairan Transelular (CTS)

Adalah cairan yang terkandung di dalam rongga khusus dari tubuh. Contoh CTS meliputi cairan serebrospinal, perikardial, pleural, sinovial, dan cairan intraokular serta sekresi lambung. Pada waktu tertentu CTS mendekati jumlah 1 L. Namun, sejumlah besar cairan dapat saja bergerak kedalam dan keluar ruang transelular setiap harinya. Sebagai contoh, saluran gastro-intestinal (GI) secara normal mensekresi dan mereabsorpsi sampai 6-8 L per-hari.

Secara Skematis Jenis dan Jumlah Cairan Tubuh dapat digambarkan sebagai berikut :



*Guyton, A.C. Buku Ajar Fisiologi, Ed. 9, EGC, 1997. Hal. 375-377*

## 14.7 Kebutuhan Cairan Tubuh

Air merupakan sebagian besar zat pembentuk tubuh manusia. Jumlah air sekitar 73% dari bagian tubuh seseorang tanpa jaringan lemak (lean body mass). Tergantung jumlah lemak yang terdapat dalam tubuh, proporsi air ini berbeda antar orang.

Prosentase Total Cairan Tubuh Dibandingkan Berat Badan

UMUR	TOTAL CAIRAN TUBUH, (%) TERHADAP BB
BAYI BARU LAHIR	77
6 BULAN	72
2 TAHUN	60
16 TAHUN	60
20 - 39 TAHUN	
□ PRIA	60
□ WANITA	50
40 - 59 TAHUN	
□ PRIA	55
□ WANITA	47

## Distribusi Cairan Tubuh

KOMPARTEMEN	(%) TERHADAP BERAT BADAN	VOLUME (LITER)
CIS	40	28
CES	20	14
□ <i>Interstitial</i>	(15)	(11)
□ <i>Intravaskular</i>	(5)	(3)
<b>TOTAL CAIRAN TUBUH</b>	<b>60</b>	<b>42</b>

Nilai Rata-Rata Cairan Ekstraseluler (Ces) Dan Cairan Intraseluler (Cis) Pada Dewasa Normal Terhadap Berat Badan

USIA (TAHUN)	CES (% BERAT BADAN)	CIS (% BERAT BADAN)
<b>PRIA</b>		
□ 20-39	26,7	33,9
□ 40-59	23,3	31,4
□ 60+	25,3	26,2
<b>WANITA</b>		
□ 20-39	25,1	25,1
□ 40-59	23,3	23,4
□ 60+	23,9	21,6

Maxwell, Morton H. *Clinical Disorders of Fluid and Electrolyte Metabolism*, 4th ed. McGraw Hill, 1987, p.9.

Bagi manusia, air berfungsi sebagai bahan pembangunan disetiap sel tubuh. Cairan manusia memiliki fungsi yang sangat vital, yaitu untuk mengontrol suhu tubuh dan menyediakan lingkungan yang baik bagi metabolisme. Cairan tubuh bersifat elektrolit (mengandung atom bermuatan listrik) dan alkalin (basa). Dengan demikian air digunakan dalam tubuh sebagai pelarut, bagian dari pelumas, pereaksi kimia, mengatur suhu tubuh, sebagai sumber mineral, serta membantu memelihara bentuk dan susunan tubuh. Air yang dibutuhkan manusia berasal dari makanan dan minuman serta pertukaran zat dalam tubuh.

Air mempunyai berbagai fungsi dalam proses vital tubuh, yaitu :

1. Pelarut dan alat angkut. Air dalam tubuh berfungsi sebagai pelarut zat-zat gizi berupa monosakarida, asam amino, lemak, vitamin dan

mineral serta bahan-bahan lain yang diperlukan tubuh seperti oksigen, dan hormon-hormon.

2. Katalisator. Air berperan sebagai katalisator dalam berbagai reaksi biologik dalam sel, termasuk didalam saluran cerna. Air diperlukan pula untuk memecah atau menghidrolisis zat gizi kompleks menjadi bentuk-bentuk lebih sederhana.
3. Pelumas. Air berperan sebagai pelumas dalam cairan sendi-sendi tubuh.
4. Fasilitator pertumbuhan. Air sebagai bagian jaringan tubuh diperlukan untuk pertumbuhan. Dalam hal ini air berperan sebagai zat pembangun.
5. Pengatur suhu. Karena kemampuan air untuk menyalurkan panas, air memegang peranan dalam mendistribusikan panas didalam tubuh.
6. Peredam benturan. Air dalam mata, jaringan syaraf tulang belakang, dan dalam kantung ketuban melindungi organ-organ tubuh dari benturan-benturan.

Kebutuhan air sehari dikatakan sebagai proporsi terhadap jumlah energi yang dikeluarkan tubuh dalam keadaan lingkungan rata-rata. Untuk orang dewasa dibutuhkan sebanyak 1.0-1.5 ml/kkal, sedangkan untuk bayi 1.5 ml/kkal.

## 14.8 Distribusi dan Keseimbangan Cairan Tubuh

Cairan tubuh merupakan media semua reaksi kimia di dalam sel. Tiap sel mengandung cairan intraseluler (cairan di dalam sel) yang komposisinya paling cocok untuk sel tersebut dan berada di dalam cairan ekstraseluler (cairan di luar sel) yang cocok pula. Cairan ekstraseluler terdiri atas cairan interstisial atau intraseluler (sebagian besar) yang terdapat disel-sel dan cairan intravaskular berupa plasma darah. Semua cairan tubuh setiap waktu kehilangan dan mengalami penggantian bagian-bagiannya, namun komposisi cairan dalam tiap kompartemen dipertahankan agar selalu berada dalam

keadaan homeostatik / tetap. Keseimbangan cairan di tiap kompartemen menentukan volume dan tekanan darah.

Tubuh harus mampu memelihara konsentrasi semua elektrolit yang sesuai didalam cairan tubuh, sehingga tercapai keseimbangan cairan dan elektrolit. Pengaturan ini penting bagi kehidupan sel, karena sel harus secara terus menerus berada didalam cairan dengan komposisi yang benar, baik cairan didalam maupun diluar sel. Mineral makro terdapat dalam bentuk ikatan garam yang larut dalam cairan tubuh. Sel-sel tubuh mengatur kemana garam harus bergerak dengan demikian menetapkan kemana cairan tubuh harus mengalir, karena cairan mengikuti garam. Kecenderungan air mengikuti garam dinamakan osmosis.

Keseimbangan cairan tubuh adalah keseimbangan antara jumlah cairan yang masuk dan keluar. Melalui mekanisme keseimbangan, tubuh berusaha agar cairan didalam tubuh setiap waktu berada dalam jumlah yang tetap/konstan. Ketidakseimbangan terjadi pada dehidrasi (kehilangan air secara berlebihan) dan intoksikasi air (kelebihan air). Konsumsi air terdiri atas air yang diminum dan yang diperoleh dari makanan, serta air yang diperoleh sebagai hasil metabolisme. Air yang keluar dari tubuh termasuk yang dikeluarkan sebagai urin, air didalam feses, dan air yang dikeluarkan melalui kulit dan paru-paru. Keseimbangan air rata-rata berupa masukan dan ekskresi dapat dilihat pada tabel berikut :

<b>Masukan Air</b>	<b>Jumlah (ml)</b>	<b>Ekskresi /Keluaran Air</b>	<b>Jumlah (ml)</b>
Cairan	550-1500	Ginjal	500-1400
Makanan	700-1000	Kulit	450-900
Air metabolik	200-300	Paru-paru	350
		Feses	150
<b>Jumlah</b>	<b>1450-2800</b>		<b>1450-2800</b>

Sumber : Almtsier (2001) disitasi dari Whitney et al. (1993) Understanding Nutrition

Air dibuang dari tubuh melalui air seni, keringat, dan penguapan air melalui alat pernapasan yaitu sebagai sarana transportasi zat gizi dan oksigen ke seluruh tubuh. Aktivitas tubuh akan selalu mengeluarkan cairan dalam bentuk keringat, urin, feses dan nafas. Tubuh akan kehilangan cairan sekitar 2.5 liter

setiap hari. Untuk menjaga agar kondisi dan fungsi cairan tubuh tidak terganggu, kehilangan tersebut harus diganti. Jika tubuh tidak cukup mendapatkan air atau kehilangan air maka akan menimbulkan dehidrasi. Dehidrasi adalah suatu keadaan kehilangan cairan sehingga mengganggu fungsi normal organ-organ tubuh. Tubuh kita dapat mengalami dehidrasi disebabkan oleh masukan air kurang atau keluaran air berlebihan. Dehidrasi karena keluaran air berlebihan disebabkan oleh diare atau peningkatan aktivitas fisik.

Pada aktivitas fisik biasa, tubuh kehilangan air sebanyak 2,5 liter per hari, sebagian besar (60%) dikeluarkan melalui air seni. Pada peningkatan aktivitas fisik, misalnya berolahraga, kehilangan air mencapai 1-2 liter per jam, sebagian besar (95%) dikeluarkan melalui keringat. Banyaknya air yang hilang tergantung pada intensitas aktivitas fisik, dan suhu dan kelembaban. Makin besar intensitas latihan, suhu dan kelembaban, akan semakin besar kehilangan air. Rasa haus merupakan gejala awal terjadinya dehidrasi. Kehilangan air sebanyak 2% dari berat badan dapat menyebabkan peningkatan laju jantung dan suhu tubuh. Kematian dapat terjadi bila kehilangan air mencapai 9-12% berat badan. Pada dehidrasi, tubuh tidak hanya kehilangan air tetapi juga kehilangan elektrolit dan glukosa. Disamping air, dehidrasi menyebabkan kehilangan elektrolit. Kehilangan natrium dan klorida dapat mencapai 40-60 mEq/liter, sedangkan kalium dan magnesium 1,5-6 mEq/liter. Kehilangan elektrolit akan mempercepat timbulnya gejala dan gangguan fungsi organ-organ.

Dehidrasi akan mengakibatkan menurunnya volume plasma sehingga menimbulkan gangguan termoregulasi dan kerja jantung. Selanjutnya akan mempengaruhi kinerja tubuh secara keseluruhan. Dehidrasi juga menurunkan kemampuan sistem kardiovaskuler dan pengaturan suhu tubuh. Dehidrasi berat menyebabkan kerja otak terganggu sehingga cenderung mengalami halusinasi. Rehidrasi dengan memberikan air minum biasa justru akan sangat berbahaya pada kehilangan elektrolit. Air minum biasa menyebabkan CES menjadi hiposmolar sehingga air masuk ke CIS. Minum air biasa terus menerus semakin meningkatkan hiposmolaritas CES dan menambah volume air yang masuk ke CIS sehingga mengakibatkan pembengkakan sel yang dapat mengakibatkan kematian. Oleh sebab itu komposisi cairan rehidrasi harus mengandung elektrolit dan glukosa dalam jumlah yang cukup untuk mengganti yang hilang.

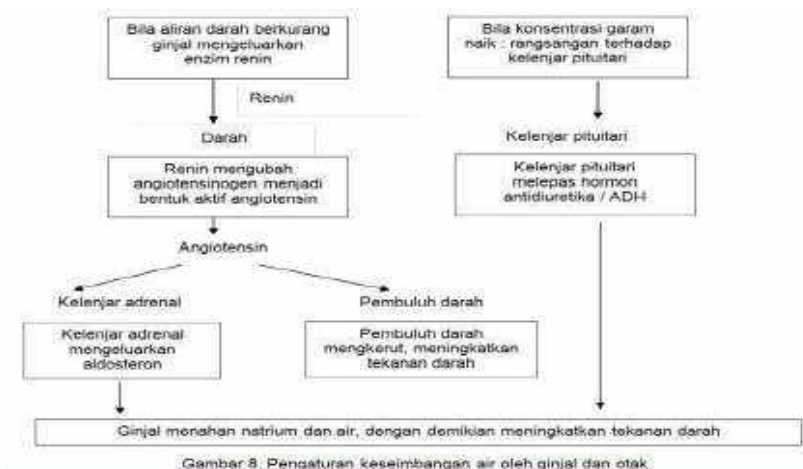


## 14.9 Pengaturan Keseimbangan Cairan Tubuh dan Elektrolit

Jumlah berbagai jenis garam di dalam tubuh hendaknya dijaga dalam keadaan konstan. Bila terjadi kehilangan garam dari tubuh, maka harus diganti dari sumber diluar tubuh, yaitu dari makanan dan minuman. Tubuh mempunyai suatu mekanisme yang mengatur agar konsentrasi semua mineral berada dalam batas-batas normal.

Pengaturan air dari tubuh diatur oleh ginjal dan otak. Hipotalamus mengatur konsentrasi garam di dalam darah, merangsang kelenjar pituitari mengeluarkan hormon antidiuretika (ADH), Ginjal mengontrol volume cairan ekstrasel dengan mempertahankan keseimbangan garam dan mengontrol osmolaritas cairan ekstrasel dengan mempertahankan keseimbangan cairan. Ginjal mempertahankan keseimbangan ini dengan mengatur keluaran garam dan air dalam urine sesuai kebutuhan untuk mengkompensasi asupan dan kehilangan abnormal dari air dan garam tersebut.

Pengaturan keseimbangan air oleh ginjal dan otak disajikan pada diagram berikut :



ADH dikeluarkan bilamana konsentrasi garam tubuh terlalu tinggi, atau bila volume darah atau tekanan darah terlalu rendah. ADH merangsang ginjal untuk menahan atau menyerap air kembali dan mengedarkannya kembali

kedalam tubuh. Jadi, semakin banyak air dibutuhkan tubuh, semakin sedikit yang dikeluarkan. Bila terlalu banyak air keluar dari tubuh, volume darah dan tekanan darah akan turun. Sel-sel ginjal akan mengeluarkan enzim renin. Renin mengaktifkan protein di dalam darah yang dinamakan angiotensin kedalam bentuk aktifnya angiotensin. Angiotensin akan mengecilkan diameter pembuluh darah sehingga tekanan darah akan naik. Disamping itu angiotensin mengatur pengeluaran hormon aldosteron dari kelenjar adrenalin. Aldosteron akan mempengaruhi ginjal untuk menahan natrium dan air. Akibatnya bila dibutuhkan lebih banyak air, akan lebih sedikit air dikeluarkan tubuh.

## 14.10 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Keseimbangan Cairan dan Elektrolit

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kebutuhan cairan dan elektrolit diantaranya adalah :

### 1. Usia

Variasi usia berkaitan dengan luas permukaan tubuh, metabolisme yang diperlukan dan berat badan. selain itu sesuai aturan, air tubuh menurun dengan peningkatan usia. Berikut akan disajikan dalam tabel perubahan pada air tubuh total sesuai usia.

Usia	Kilogram BB ( % )
Bayi Prematur	80
3 bulan	70
6 bulan	60
1-2 tahun	59
11-16 tahun	58
Dewasa	58-60
Dewasa gemuk	40-50
Dewasa kurus	70-75
Lansia	45-55

## 2. Jenis kelamin

Wanita mempunyai air tubuh yang kurang secara proporsional, karena lebih banyak mengandung lemak tubuh

## 3. Sel-sel lemak

Mengandung sedikit air, sehingga air tubuh menurun dengan peningkatan lemak tubuh

## 4. Stres

Stres dapat menimbulkan peningkatan metabolisme sel, konsentrasi darah dan glikolisis otot, mekanisme ini dapat menimbulkan retensi sodium dan air. Proses ini dapat meningkatkan produksi ADH dan menurunkan produksi urine

## 5. Sakit

Keadaan pembedahan, trauma jaringan, kelainan ginjal dan jantung, gangguan hormon akan mengganggu keseimbangan cairan

## 6. Temperatur lingkungan

Panas yang berlebihan menyebabkan berkeringat. Seseorang dapat kehilangan NaCl melalui keringat sebanyak 15-30 g/hari

## 7. Diet

Pada saat tubuh kekurangan nutrisi, tubuh akan memecah cadangan energi, proses ini akan menimbulkan pergerakan cairan dari interstisial ke intraselular.

# 14.11 Adaptasi Fisiologi Cairan dan Elektrolit pada Ibu Hamil

Cairan dan elektrolit pada masa kehamilan sangat penting dipertahankan, karena pada awal kehamilan sering mengalami mual dan muntah serta diare yang berakibat pada kekurangan cairan dan elektrolit. Perasaan mual dan muntah pada awal kehamilan disebabkan karena peningkatan hormon human Chorionic Gonadotropin (hCG). Selama kehamilan sekitar 500-900 mEq

sodium dipertahankan untuk kebutuhan fetus. Untuk mencegah pengeluaran sodium yang berlebihan, ginjal meningkatkan reabsorpsi tubular.

Pada ibu hamil sering disertai penimbunan cairan pada ekstremitas bawah karena terhambatnya aliran darah sehingga menyebabkan filtrasi glomerulus rate menurun, hal ini menyebabkan edema.

## 14.12 Prinsip Kebutuhan Cairan Pada Ibu Hamil

1. Jumlah masukan cairan yang direkomendasikan dalam sehari adalah sekitar 6-8 gelas (1500-2000 ml).
2. Pada wanita hamil kebutuhan air akan meningkat sampai 10-12 gelas per hari. atau paling tidak minum setiap 15 menit sekali.
3. Cairan diperlukan untuk meningkatkan volume darah dan air ket
4. Jika mual-mual dan muntah di trimester pertama tidak diimbangi dengan usaha memasukkan kembali makanan dan minuman, maka terjadi dehidrasi.

## 14.12 Gangguan/Masalah Kebutuhan Elektrolit

1. Hiponatremia

Hiponatremia merupakan suatu keadaan kekurangan kadar natrium dalam plasma darah yang ditandai dengan adanya kadar natrium plasma yang kurang dari 135 mEq/Lt, mual, muntah dan diare.

2. Hipernatremia

Hipernatremia merupakan suatu keadaan dimana kadar natrium dalam plasma tinggi yang ditandai dengan adanya mukosa kering, oliguria/anuria, turgor kulit buruk dan permukaan kulit membengkak, kulit kemerahan, lidah kering

dan kemerahan, konvulsi, suhu badan naik, serta kadar natrium dalam plasma lebih dari 145 mEq/Lt. kondisi demikian dapat disebabkan oleh dehidrasi, diare, dan asupan, air yang berlebihan sedangkan asupan garamnya sedikit.

### 3. Hipokalemia

Hipokalemia merupakan suatu keadaan kekurangan kadar kalium dalam darah. Hipokalemia ini dapat terjadi dengan sangat cepat. Sering terjadi pada pasien yang mengalami diare yang berkepanjangan dan juga ditandai dengan lemahnya denyut nadi, turunnya tekanan darah, tidak nafsu makan dan muntah-muntah, perut kembung, lemah dan lunaknya otot, denyut jantung tidak beraturan (aritmia), penurunan bising usus, kadar kalium plasma menurun kurang dari 3,5 mEq/L.

### 4. Hiperkalemia

Hiperkalemia merupakan suatu keadaan di mana kadar kalium dalam darah tinggi, sering terjadi pada pasien luka bakar, penyakit ginjal, asidosis metabolik, pemberian kalium yang berlebihan melalui intravena yang ditandai dengan adanya mual, hiperaktivitas sistem pencernaan, aritmia, kelemahan, jumlah urine sedikit sekali, diare, adanya kecemasan dan irritable (peka rangsang), serta kadar kalium dalam plasma mencapai lebih dari 5 mEq/L.

### 5. Hipokalsemia

Hipokalsemia merupakan keekurangan kadar kalsium dalam plasma darah yang ditandai dengan adanya kram otot dan kram perut, kejang, bingung, kadar kalsium dalam plasma kurang dari 4,3 mEq/L dan kesemutan pada jari dan sekitar mulut yang dapat disebabkan oleh pengaruh pengangkatan kelenjar gondok atau kehilangan sejumlah kalsium karena sekresi intestinal.

### Hiperkalsemia

Hiperkalsemia merupakan suatu keadaan kelebihan kadar kalsium dalam darah yang dapat terjadi pada pasien yang mengalami pengangkatan kelenjar gondok dan makan vitamin D secara berlebihan, ditandai dengan adanya nyeri pada tulang, relaksasi otot, batu ginjal, mual-mual, koma, dan kadar kalsium dalam plasma lebih dari 4,3 mEq/L.

## 6. Hipomagnesia

Hipomagnesia merupakan kekurangan kadar magnesium dalam darah yang ditandai dengan adanya iritabilitas, tremor, kram pada kaki dan tangan, takikardi, hipertensi, disorientasi dan konvulsi. Kadar magnesium dalam darah kurang dari 1,3 mEq/L.

## 7. Hiperagnesia

Hiperagnesia merupakan kondisi kelebihan kadar magnesium dalam darah yang ditandai dengan adanya, koma, gangguan pernapasan, dan kadar magnesium lebih dari 2,5 mEq/L.



# Daftar Pustaka

- Anderson PD (2015). *Anatomi Fisiologi Tubuh Manusia*. Jones And Bartlett. Publisher. Boston. Edisi bahasa indonesia EGC Jakarta.
- Anderson, Paul D. (2008). “*Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia*”, Jakarta : EGC.
- Applegate. E. J. (2011). *The Anatomy And Phsysiology Learning System*. Elsevier.
- Basicmedical Key (2020) Interpreting key investigation. Available at: <https://basicmedicalkey.com/interpreting-key-investigations/> (Accessed: 18 October 2020).
- Biga, L. M. et al. (2020) 19.1 Heart Anatomy – Anatomy & Physiology, Oregon State University. Available at: <https://open.oregonstate.edu/aandp/chapter/19-1-heart-anatomy/> (Accessed: 15 October 2020).
- Booth Kathryn, Wyman Terri. (2007). “*Anatomy, Physiology, and Pathophysiology for Allied Health*” Ebook-Career Education.
- Cambridge Communication Limited. *Anatomi Fisiologi, Modul 1-5*. EGC: Jakarta
- Carole, Robert, John P. Harley. Noback. (2013) *Human Anatomy and Physiology*.
- Curran, T. and Sheppard, G. (2011) ‘*Cardiology Self Learning Package*’, in *Anatomy and Physiology of the Heart*, pp. 2–22.
- Douglas J. Gould. (2012). *Buku Saku Anatomi Klinis (Alih Bahasa)*. EGC. Jakarta.
- Ethel Sloane. (2016). “*Anatomi dan Fisiologi untuk Pemula*”, Jakarta: EGC



- Evelyn Clare Pearce. (2016). “Anatomi dan Fisiologis untuk Paramedis” ,Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Farley, A., McLafferty, E. and Hendry, C. (2012) ‘The cardiovascular system’, *Nursing Standard*, 27(9), pp. 35–39. doi: 10.1007/978-3-319-19207-9\_19.
- FKUI. (2016). Buku ajar : Fisiologi Kedokteran. EGC
- Frank H. Netter MD (Author) 2014. “Atlas of Human Anatomy” Philadelphia, W.B. Saunders Co.
- Frappier BL. (2006). “Digestive System”. Di dalam: JA Eurell dan BL Frappier, Editor. *Dellmann’s Textbook of Veterinary Histology*. Ed ke-6. Oxford: Blackwell Publishing. Hlm 170-211
- Geneser F. (1994). “Buku Teks Histologi Jilid 2”. Gunawijaya AF, penerjemah. Jakarta: Binarupa Aksara. Terjemahan dari: *Textbook of Histology*.
- Guyton and Hall J.E (2008). *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. 11th edn. Jakarta: EGC.
- Guyton, AC. (2014), *Fisiologi Kedokteran (bagian 2) Edisi 5*. EGC: Jakarta.
- Heart and Strokes TM (2020) Valvular heart disease, Heart and Stroke Foundation of Canada. Available at: <https://www.heartandstroke.ca/heart-disease/conditions/valvular-heart-disease> (Accessed: 15 October 2020).
- Irianto, (2004). *Struktur dan Fungsi Tubuh Manusia*. Yrama Widya. Bandung.
- Jane Coad. (2017). *Anatomy and Physiology*. Mosby
- Jarvis, Carolyn; Eckhardt, W. A. (2020) *Physical Examination & Health Assesment*. 8th editio. Elsevier.
- Johns Hopkins Medicine (2020) *Anatomy and Function of the Coronary Arteries*, Johns Hopkins University. Available at: <https://www.hopkinsmedicine.org/health/conditions-and-diseases/anatomy-and-function-of-the-coronary-arteries> (Accessed: 18 October 2020).
- Kandolla, A. and Sullivan, D. (2020) What is the difference between an artery and a vein?, *Medical News Today*. Available at: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/artery-vs-vein> (Accessed: 15 October 2020).

- Kennedy. J. (2012) "Clinical Anatomy Series- Lower Respiratory Tract Anatomy". Scottish Universities Medical Journal. 1(2), p. 174-179.
- Kent Van The Graaff. (2001). "Human Anatomy. Sixth edition", The McGraw-Hill Companies
- Knight, J., Nigam, Y. and Cutter, J. (2020) Understanding Anatomy and Physiology in Nursing. SAGE Publications (Transforming Nursing Practice Series). Available at: <https://books.google.co.id/books?id=IuDKDwAAQBAJ>.
- Kolarsick, P. A. ., Kolarsick, M. ., & Goodwin, C. (2011). Anatomy and Physiology of the skin (pp. 1–11). [https://www.ons.org/sites/default/files/publication\\_pdfs/1555\\_Skin\\_Cancer\\_chapter\\_1.pdf](https://www.ons.org/sites/default/files/publication_pdfs/1555_Skin_Cancer_chapter_1.pdf)
- Komorniczak, M. (2011) 'Site of hematopoiesis'. Available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Hematopoiesis\\_EN.svg#/media/File:Hematopoiesis\\_EN.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Hematopoiesis_EN.svg#/media/File:Hematopoiesis_EN.svg).
- Lauralee Sherwood. (2009). "Fisiologi Manusia", Jakarta: EGC
- Lauralee. S. (2012). Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem (Alih Bahasa). Jakarta: EGC.
- Majumder, N. (2015). "Physiology of Respiration". IOSR Journal of Sports and Physical Education. 1(2), pp. 16–17.
- Marieb, E. (2012) Essentials of Human Anatomy & Physiology. Tenth Edit. Pearson Education, Inc.
- Martini F.H et.al. (2017). Fundamentals of Anatomy and Physiology 5 th edition. Prentice Hall New Jersey.
- McGuire, Michelle; Beerman, Kathy (2012). "Nutritional Sciences: From Fundamentals to Food (edisi ke-3)". Cengage Learning. hlm. 419. ISBN 1133707386
- Mishra, L. C. (2015) Cells and organs of immune system. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/251927866\\_Cells\\_and\\_Organs\\_of\\_Immune\\_System](https://www.researchgate.net/publication/251927866_Cells_and_Organs_of_Immune_System).
- Nicholls, M. (2017) 'Veins to arteries', European heart journal, 38(31), p. 2387. doi: 10.1093/eurheartj/ehx409.

- P. Raven. (2007). "Atlas Anatomi", Jakarta: Djambatan
- Patwa, A. and Shah, A. (2015). "Anatomy and Physiology of Respiratory System relevant to Anaesthesia". *Indian Journal of Anaesthesia*. 59(9), p. 533.
- Pearce, E. C., (2004). *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Gramedia. Jakarta.
- Peate, I. and Nair, M. (2015) *Anatomy and Physiology for Nurses at a Glance*. Wiley (At a Glance (Nursing and Healthcare)). Available at: <https://books.google.co.id/books?id=YI95BgAAQBAJ>.
- Poller, W. C., Nahrendorf, M. and Swirski, F. K. (2020) 'Hematopoiesis and cardiovascular disease', *Circulation Research*, pp. 1061–1085. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.120.315895.
- Price and Wilson. (2006). *Patofisiologi Vol 2 ; Konsep Kllinis Proses-proses Penyakit*. 2nd edn. Jakarta: EGC.
- Putz, Reinhard, R. P. (2007). *SOBOTTA Atlas Anatomi Manusia*. 22nd edn. Jakarta: EGC.
- Raimundus, C. (2016). *Anatomi Fisiologi Manusia*. Jakarta: .SDMKes. Kemenkes RI.
- Sobotta. (2012). *Atlas anatomy manusia Irianto, 2004. Struktur dan Fungsi Tubuh Manusia*. Yrama Widya. Bandung.
- Sukbar Sukbar, La Dupai, S. M. (2016) "Hubungan Aktivitas Penyelam Dengan Kapasitas Vital Paru Pada Pekerja Nelayan Di Desa Torobulu Kecamatan Laeya Kabupaten Konawe Selatan Tahun 2016". *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kesehatan Masyarakat*
- Syaifuddin, (2006). *Anatomi Fisiologi untuk Mahasiswa Keperawatan Edisi 3*. EGC. Jakarta.
- Syaifudin. (2012). "Anatomi Fisiologi berbasis Kompetensi untuk Mahasiswa Keperawatan", Jakarta : EGC.
- The Cardio Research Web Project (2020) *Basic anatomy of the human heart. Cardiac Tissue*. Available at: <http://www.cardio-research.com/basic-anatomy-of-the-human-heart> (Accessed: 18 October 2020).

- Tortora, G. J. and Derrickson, B. (2017) *Principles of anatomy & physiology*. 15th edn. Denver: Wiley-John Wiley & Sons, Inc.
- Tortora, G. J. and Derrickson, B. H. (2018) *Principles of Anatomy and Physiology*. 15th edn. Edited by J. W. & Sons. Wiley. Available at: <https://books.google.co.id/books?id=aSaVDwAAQBAJ>.
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2013). *Essentials of Anatomy and Physiology* (9th editio). Wiley.
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2017). *Principles of Anatomy & Physiology* (15th ed.). John Wiley & Sons.
- Tran, D. B., Weber, C. and Lopez, R. A. (2020) 'Anatomy, Thorax, Heart Muscles.', in. Treasure Island (FL).
- Vranova, M. and Halin, C. (2014) 'Lymphatic vessels in inflammation', *Journal of Clinical & Cellular Immunology*, 05(04), pp. 1–11. doi: 10.4172/2155-9899.1000250.
- Wahyuningsih, Puji Heni; Kusmiyati, Y. (2017) *Anatomi Fisiologi*. Cetakan Pe. Kementrian Kesehatan Republik Indonesia.
- Watson, R. (2018) *Anatomy and Physiology for Nurses*. Elsevier.
- Waugh, A. and Grant, A. (2017) *Dasar-dasar anatomi dan fisiologi*. Edited by Elly Nurachmah. Elsevier.
- Waugh, A., Grant, A. (Allison W., & Ross, J. S. (2010). *Ross and Wilson anatomy and physiology in health and illness*. In Churchill Livingston Elsevier.
- Waugh, Anne; Grant, A. (2017) *Dasar-Dasar Anatomi dan Fisiologi*. 12th Indon. Edited by E. Nurachmah. Elsevier.
- West, J. B. (2010). *Patofisiologi Paru Esensial (Alih Bahasa)*. 6th edn. Jakarta: EGC.
- Wilson, S. (2012) *Perfusion Definition(s) Scope and Categories*, Semantic Scholar. Available at: [https://www.semanticscholar.org/paper/C-O-N-C-E-P-T-15-Perfusion-Definition\(s\)-Scope-and-Wilson/a6bd0cc699dc281858763e27e432b72ca53b7788/figure/3](https://www.semanticscholar.org/paper/C-O-N-C-E-P-T-15-Perfusion-Definition(s)-Scope-and-Wilson/a6bd0cc699dc281858763e27e432b72ca53b7788/figure/3) (Accessed: 15 October 2020).



# Biodata Penulis



**Christina Magdalena T. Bolon, S.Kep. Ns., M.Kes** adalah kelahiran di Medan dengan status sudah menikah. dan menempuh Pendidikan Tamatan DIII Keperawatan Akper Darmo Medan Tahun 2000, melanjutkan S1 Keperawatan dan Profesi Ners di Universitas Sumatera Utara Medan dan tamat pada tahun 2005, kemudian melanjutkan perkuliahan S2 Kesehatan Masyarakat di STIKes Helvetia Medan tamat tahun 2015. Tahun 2004-2006 pernah bekerja sebagai Staf Pengajar di Akper Dewi Maya Medan. Sejak Tahun 2006 sampai

saat ini sebagai dosen tetap di Universitas Imelda Medan, kemudian tahun 2010-2013 pernah menjabat sebagai Wadir-1 Akper Imelda Medan, dan tahun 2013-2017 pernah menjabat sebagai Sekretaris Prodi DIII Keperawatan STIKes Imelda Medan, dan tahun 2018 menjabat sebagai Sekretaris Prodi S1 Keperawatan Universitas Imelda Medan sampai dengan sekarang.



**Ns. Deborah Siregar, S.Kep., M.K.M.** Lahir di Tarutung, 19 Juli 1987, menyelesaikan pendidikan S1 dan Profesi Ners di Fakultas Keperawatan Universitas Padjadjaran (2005-2010). Kemudian melanjutkan pendidikan Magister Kesehatan Masyarakat di Universitas Indonesia (2014-2016). Saat ini bekerja sebagai dosen di Fakultas Keperawatan Universitas Pelita Harapan sejak tahun 2016 dengan mata kuliah yang diampu adalah Keperawatan Komunitas Keluarga dan Health Promotion Behavior. Aktif menjadi editor dalam Nursing Current Jurnal Keperawatan UPH dan mengikuti berbagai konferensi keperawatan dan juga

melakukan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat serta memiliki publikasi pada jurnal nasional dan prosiding internasional.



**Ns. Lia Kartika, M.Kep., Sp.Kep.An.** Lahir di Tangerang, Banten, Indonesia. Lia merupakan putri kedua dari pasangan Samuel Manumpak Simbolon dan Regia Flora Hutahaean. Perjalanan pendidikannya cukup berliku. Lia mengawali pendidikannya di D III Keperawatan (2000-2003). Sambil bekerja sebagai seorang perawat, ia melanjutkan kembali pendidikan Sarjana Keperawatan di STIK St. Carolus, Jakarta (2006-2009). Setelah berjibaku dalam pelayanan di rumah sakit selama 10 tahun, Lia memutuskan untuk melayani di ranah Pendidikan Keperawatan di Fakultas Keperawatan Universitas Pelita

Harapan. Dalam mendukung kompetensinya, Lia melanjutkan pendidikan Magister Keperawatan dan mulai berkonsentrasi di satu area yaitu dengan melanjutkan Program Spesialis Keperawatan Anak di Fakultas Ilmu Keperawatan, Universitas Indonesia (2015-2018). Saat ini masih aktif mengemban tugas sebagai salah satu dosen keperawatan dengan setia melakukan tanggung Tri Dharma perguruan tinggi.



**Dr. Agus Supinganto, S.Kep.,Ns.,M.Kes** Lahir di Lombok Barat pada tanggal 7 Agustus 1971 dari pasangan M.Mulyoto (Alm) dan Hj. Supingani. Mulai 1997 sebagai pendidik di STIKES YARSI Mataram NTB. Selanjutnya menyelesaikan pendidikan D4 Perawat pendidik di PSIK Universitas Airlangga, S1 Keperawatan dan Profesi di STIKES Muhammadiyah Gombong Jawa Tengah dan S2 AAK di FKM Universitas Airlangga. Tahun 2019 menyelesaikan pendidikan Doktoral S3 Ilmu

Kedokteran Biomedik peminatan Ilmu Kesehatan Masyarakat di Universitas Udayana Denpasar Bali. Memiliki visi berperan aktif meningkatkan peran serta

masyarakat dalam meningkatkan derajat kesehatan dan aktif dalam kegiatan sosial dan menggemari bidang pemberdayaan masyarakat.

Buku yang sudah di terbitkan Buku Ajar Keperawatan Komunitas, Effectiveness of sex education knowledge toward adolescent, Didaktika Indonesia: Dari Langit ke Bumi, Kajian Kesehatan Dalam Perspektif Opini Kesehatan.



**Sarida Surya Manurung, S.Kep.Ns. M.Kes.,** kelahiran Silau Jawa Sumatera Utara, status sudah menikah, tamatan S1 dan Profesi Ners STIKes Medistra Lubuk Pakam pada tahun 2009 dan melanjutkan perkuliahan S2 di Universitas Sumatera Utara Medan serta menamatkannya tahun 2012. Dari Tahun 2010-2011 pernah bekerja di RSUD Imelda Pekerja Medan sebagai kepala bidang keperawatan, Sejak Tahun 2013-2018 bekerja sebagai dosen tetap dan menjabat sebagai Wakil Ketua I Bidang Akademik di STIKes Imelda Medan ; Tahun 2019 sampai sekarang beliau menjabat sebagai Wakil Rektor I

dan juga aktif mengajar pada Prodi S1 Keperawatan dan Ners di Universitas Imelda Medan.



**Yenni Ferawati Sitanggang, BN., MSN-Palliative Care** Lahir: Jakarta 17 Februari 1983, menyelesaikan pendidikan S1 di STIKES Binawan Jakarta (2004-2005) dan melanjutkan pendidikan Bachelor of Nursing di University of Technology Sydney-Australia (2006-2007) dan mendapatkan Registrasi perawat (Registered Nurse) pada tahun 2007. Melanjutkan studi Master of Nursing di Sophia Hemmet University mengambil jurusan Palliative Care (2015-2016). Saat ini bekerja di Universitas Pelita Harapan

sebagai dosen pengajar sejak 2016 – sekarang dengan Mata kuliah utama Keperawatan Paliatif, Keperawatan Gerontik dan Keperawatan Komunitas.



Aktif mengikuti berbagai Konfrens keperawatan dan mengikuti penelitian serta pengabdian masyarakat serta memiliki beberapa publikasi pada jurnal nasional dan prosiding internasional.



**Nurhayati Siagian.,S.Kep., Ners., M.Kes., AIFO.** Lahir di Banjarmasin tanggal 26 Juli 1980. Ia menyelesaikan kuliah dan mendapat gelar Sarjana Keperawatan di Universitas Pdjadjaran pada tahun 2003. Pada tahun 2005 mengikuti Program Magister Ilmu Kedokteran Dasar mengambil konsentrasi Ilmu Fisiologi dan lulus pada tahun 2007. Pada tahun 2003 sampai sekarang menjadi Clinical Inructor dan Staf Pengajar di Fakultas Ilmu Keperawatan di Universitas Advent Indonesia, Bandung.



**Sarmaida Siregar, S.Kep. M.KM** adalah kelahiran P. Sidempuan dengan status sudah menikah. Beliau merupakan tamatan D3 Keperawatan Universitas Sumatera Utara, Tamatan S1 Keperawatan STIKes SU pada tahun 2014, dan melanjutkan perkuliahan S2 di Universitas Sumatera Utara Medan serta menamatkannya tahun 2018. Dari Tahun 2000-2007 pernah bekerja di Alsabah Hospital Kuwait Timur Tengah. Sejak Tahun 2008 bekerja sebagai Laboran di Pendidikan Akper Imelda Medan, dari tahun 2018 sampai saat ini sebagai dosen tetap dan tahun 2019 menjabat sebagai Sekretaris Prodi D3 Keperawatan Universitas Imelda Medan.



**Rostinah Manurung, SKep. Ns. M.Kes,** Kelahiran di Cinta Dame Kisaran dengan Status sudah menikah. Menamatkan D3 Keperawatan dari Akper Gita Matura Abadi Kisaran tahun 1998, melanjutkan kuliah S1 keperawatan dan pendidikan Profesi Ners di STIKes Mutiara Indonesia tamat tahun 2004, serta melanjutkan ke S2 Universitas Sumatera utara Medan dan tamat tahun 2014. Bekerja di Yayasan Imelda sebagai Dosen Tetap sejak tahun 2004, dan sejak tahun 2015 sampai sekarang diamanahkan menjabat sebagai Ketua Program Studi S1 Keperawatan di Universitas Imelda Medan.



**Fitriana Ritonga, SKM. MPH** adalah kelahiran Bagan Batu dengan status sudah menikah. Beliau merupakan tamatan S1 Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta, Tamatan S2 UGM pada tahun 2012, Dari Tahun 2009-2020. Bekerja di Yayasan Imelda Medan Sejak Tahun 2008 sampai saat ini sebagai dosen tetap dan tahun 2015 menjabat sebagai Ketua Prodi D3 Kebidanan Universitas Imelda Medan .



**Ratna Dewi, S.Kep.Ns., M.Kep** adalah kelahiran Pematang Johar Kabupaten Deli serdang Sumatera Utara dengan status sudah menikah. Beliau merupakan tamatan D3 Keperawatan Universitas Sumatera Utara, Tamatan S1 Keperawatan Dan Pendidikan Profesi Ners Mutiara Indonesia pada tahun 2010, dan melanjutkan perkuliahan S2 Keperawatan di Universitas Sumatera Utara Medan serta menamatkannya tahun 2017. Dari Tahun 2008-2010 pernah bekerja di RS Sari Mutiara Medan. Sejak Tahun 2010 sampai saat ini sebagai dosen tetap dan pernah menjabat sebagai Gugus Kendali Mutu

(GKM) Prodi D3 Keperawatan Universitas Imelda Medan dari tahun 2018-2019.



**Riama Marlyn Sihombing, SKp, M.Kep** adalah dosen keperawatan kelahiran Duri (Riau), Indonesia, mengawali pendidikan keperawatan pada Program Studi Ilmu Keperawatan Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia tahun 1989-1995. Selepas meraih Sarjana Keperawatan meniti karir sebagai perawat di ruangan medikal bedah RS Sint Carolus Jakarta dan menjabat sebagai Direktur di Akademi Keperawatan Yayasan Universitas Kristen Indonesia Jakarta. Tahun 2003-2005 melanjutkan studi Magister Keperawatan dengan peminatan Kepemimpinan dan Manajemen Keperawatan di Fakultas Ilmu Keperawatan Universitas Indonesia. Saat ini bekerja di Fakultas Keperawatan Universitas Pelita Harapan sebagai dosen pengampu mata kuliah Manajemen Keperawatan dan Keperawatan Dasar seperti Anatomi Fisiologi, Pengantar Profesi Keperawatan (INP) dan Professional Issues in Nursing serta membimbing profesi Ners.



**Meriani Herlina, SKM., S.Kep., M.Biomed** adalah kelahiran Idi, Aceh Timur dengan status sudah menikah. Beliau merupakan tamatan D3 Keperawatan Darma Agung Sumatera Utara, Tamatan S1 Keperawatan Imelda Medan pada tahun 2015, Tamatan S1 Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara pada tahun 1998, dan melanjutkan perkuliahan S2 Magister Biomedik Fakultas Kedokteran di Universitas Sumatera Utara Medan serta menamatkannya tahun 2010. Dari Tahun 1992-1998 pernah bekerja di RS Imelda Medan. Sejak Tahun 1992 sampai saat ini sebagai dosen tetap di Universitas Imelda Medan dan pernah menjabat sebagai pudir I tahun 2001-2007, sebagai pudir II tahun 2008-2013, dan sejak 2014 sampai sekarang menjabat sebagai Ketua LPPM pada Universitas Imelda Medan. Pada tahun 2015 sudah sertifikasi dosen.



**Noradina, S.Kep. Ns. M.Biomed.**, Lahir di Kisaran Sumatera Utara, status sudah menikah. menyelesaikan S1 Keperawatan dan Pendidikan Profesi Ners dari Program Studi Ilmu Keperawatan Sumatera Utara pada tahun 2003, melanjutkan perkuliahan S2 Fakultas Kedokteran Magister Ilmu Biomedik Jurusan Fisiologi di Universitas Sumatera Utara Medan tamat tahun 2010. Dari Tahun 1999-2000 pernah bekerja di RSU Hisarma Medan Ruang UGD sebagai perawat pelaksana sekaligus sebagai Klinik Instruktur di Pendidikan Akademi Keperawatan

Hisarma Medan ; Sejak Tahun 2013-sekarang bekerja sebagai dosen tetap dan menjabat sebagai Ketua Program Studi D3 Keperawatan Universitas dan juga aktif mengajar Mata Kuliah Ilmu Biomedik ( Ilmu dasar Keperawatan I,II, Biomedik dasar dan Patologi ) di Universitas Imelda Medan. Riwayat menulis : tulisan perdana dengan judul Etika Profesi (Etika Keperawatan ) terbit bulan Agustus 2020 oleh penerbit Yayasan kita menulis.





# ANATOMI DAN FISIOLOGI

**Untuk Mahasiswa Kebidanan**

Buku "Anatomi dan Fisiologi untuk Mahasiswa Kebidanan, ini memang dipersiapkan untuk memenuhi kebutuhan buku anatomi bagi mahasiswa kebidanan. Di dalam buku ini penulis sertakan juga materi yang diperlukan untuk memahami penyakit yang sering terjadi pada bagian-bagian tubuh manusia, dilihat dari sudut pandang anatomi.

Pembahasan buku ini terdiri dari :

- Bab 1 Dasar Anatomi dan Fisiologi
- Bab 2 Anatomi dan Fisiologi Sistem Muskuloskeletal
- Bab 3 Anatomi dan Fisiologi Sistem Kardiovaskular
- Bab 4 Anatomi dan Fisiologi Sistem Pernapasan
- Bab 5 Anatomi dan Fisiologi Sistem Saraf
- Bab 6 Anatomi dan Fisiologi Sistem Integumen
- Bab 7 Anatomi dan Fisiologi Sistem Pencernaan
- Bab 8 Anatomi dan Fisiologi Sistem Perkemihan
- Bab 9 Anatomi dan Fisiologi Sistem Reproduksi Pria dan Wanita
- Bab 10 Anatomi dan Fisiologi Sistem Penginderaan
- Bab 11 Anatomi dan Fisiologi Kelenjar Endokrin
- Bab 12 Perkembangan Sel-sel Darah dan Sistem Limfatik
- Bab 13 Proses Metabolisme
- Bab 14 Keseimbangan Cairan dan Elektrolit



YAYASAN KITA MENULIS  
press@kitamenulis.id  
www.kitamenulis.id

ISBN 978-623-6761-44-1



9 786236 761441