

ANATOMI FISIOLOGI

**Arif Tirtana
Yasin Wahyurianto
Putri Anggreini
Ernita
Nuraini
Nurul Hidayah
Defia Roza
Zahri Darni
Revi Yulia**



GET PRESS INDONESIA

ANATOMI FISILOGI

Penulis :

Arif Tirtana
Yasin Wahyurianto
Putri Anggreini
Ernita
Nuraini
Nurul Hidayah
Defia Roza
Zahri Darni
Revi Yulia

ISBN :

Editor : Dr. Oktavianis, M.Biomed.

Penyunting : Ilda Melisa, A.Md., Kep.

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

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat

Website : www.getpress.co.id

Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Agustus 2024

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

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Anatomi Fisiologi ini.

Buku Ini Membahas Konsep Anatomi Dan Fisiologi Tubuh, Anatomi Dan Fisiologi Sistem Muskuloskeletal, Anatomi Dan Fisiologi Sistem Ekskresi, Anatomi Dan Fisiologi Sistem Kardiovaskular, Anatomi Dan Fisiologi Sistem Endokrin, Anatomi Dan Fisiologi Sistem Pencernaan, Anatomi Dan Fisiologi Sistem Perkemihan, Anatomi Dan Fisiologi Sistem Integumen, Anatomi Dan Fisiologi Sistem Saraf.

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

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

Padang, Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB 1 KONSEP ANATOMI DAN FISILOGI TUBUH.....	1
1.1 Konsep Anatomi	1
1.2 Konsep Fisiologi	1
1.3 Klasifikasi Anatomi Fisiologi	2
1.4 Istilah-Istilah.....	3
1.5 Jenis-jenis Gerakan.....	3
1.6 Nama-nama Rongga Tubuh.....	4
1.7 Susunan Organisasi Tubuh.....	4
1.8 Macam-macam Sistem Tubuh Manusia.....	7
DAFTAR PUSTAKA.....	16
BAB 2 ANATOMI DAN FISILOGI	
SISTEM MUSKULOSKELETAL.....	17
2.1 Pendahuluan	17
2.2 Tulang.....	18
2.2.1 Klasifikasi Tulang.....	19
2.2.2 Fungsi Tulang	20
2.3 Tulang Rawan (Kartilago).....	22
2.3.1 Klasifikasi Tulang Rawan.....	23
2.3.2 Fungsi Tulang Rawan.....	23
2.4 Ligamen	24
2.4.1 Klasifikasi Ligamen	25
2.4.2 Fungsi Ligament.....	26
2.5 Otot Rangka.....	26
2.5.1 Mekanisme Kontraksi Otot Rangka	27
2.5.2 Jenis Kontraksi Otot Rangka	29
2.5.3 Manual Muscle Testing (MMT)	30
2.6 Sendi.....	30
2.6.1 Klasifikasi Sendi	32
2.6.2 Klasifikasi Sendi Gerak	33
2.7 Tendon	34
2.7.1 Fungsi Tendon.....	35

2.7.2 Gangguan Pada Tendon.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	37
BAB 3 ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM EKSRESI	39
3.1 Pendahuluan	39
3.2 Anatomi Sistem Eksresi	39
3.2.1 Ginjal	39
3.2.2 Ureter.....	41
3.2.3 Kandung Kemih	43
3.2.4 Uretra.....	43
3.3 Fisiologi Sistem Eksresi	44
3.3.1 Proses Pembentukan Urin.....	44
3.3.2 Regulasi Volume dan Komposisi Urin.....	45
3.3.3 Mekanisme Pengendalian Homeostasis.....	46
3.4 Proses Eksresi pada Organ Lain	48
3.4.1 Ekskresi Melalui Kulit (Keringat)	48
3.4.2 Ekskresi Melalui Paru-paru (CO ₂ dan Uap Air) ..	48
3.4.3 Detoksifikasi oleh Hati	48
DAFTAR PUSTAKA.....	50
BAB 4 ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM	
KARDIOVASKULAR	53
4.1 Pendahuluan	53
4.2 Jantung	53
4.2.1 Letak Jantung dan Batasan Jantung.....	54
4.2.2 Ukuran dan Berat Jantung	57
4.3 Fungsi Jantung.....	57
4.4 Anatomi Jantung.....	57
4.4.1 Ruang Jantung	57
4.4.2 Katup Jantung.....	59
4.4.3 Lapisan Jantung	60
4.4.4 Otot Jantung	62
4.4.5 Saraf Jantung.....	64
4.4.6 Pembuluh darah Jantung	65
4.5 Fisiologi Jantung	71
4.5.1 Siklus Jantung.....	71
4.5.2 Suara Jantung	72
4.5.4 Peredaran Darah Sistemik dan Pulmonal	72
4.5.5 Cara Kerja Jantung.....	74

DAFTAR PUSTAKA	76
BAB 5 ANATOMI FISILOGI SISTEM ENDOKRIN.....	79
5.1 Pendahuluan	79
5.2 Sistem Endokrin	80
5.3 Organ Sistem Endokrin	81
5.4 Anatomi dan Fisiologi Sistem Endokrin	82
5.4.1 Hipotalamus dan Hipofisis	82
5.4.2 Kelenjar Pineal	85
5.4.3 Tiroid dan Paratiroid	87
5.4.4 Kelenjar Timus	90
5.4.5 Kelenjar Adrenal	90
5.4.6 Gonad, Ovarium dan Testis	91
5.4.7 Pankreas	92
DAFTAR PUSTAKA	94
BAB 6 ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM	
PENCERNAAN.....	95
6.1 Pendahuluan	95
6.2 Proses Pencernaan Dasar	95
6.3 Lapisan Struktural Saluran Pencernaan	96
6.4 Bagian-bagian Sistem Pencernaan	97
6.4.1 Rongga Mulut	98
6.4.2 Faring.....	100
6.4.3 Esofagus.....	101
6.4.4 Lambung.....	101
6.4.5 Hati	106
6.4.6 Kantung Empedu.....	109
6.4.7 Pankreas	110
6.4.8 Usus Halus	111
6.4.9 Usus Besar	114
DAFTAR PUSTAKA	117
BAB 7 SISTEM PERKEMIHAN.....	119
7.1 Pendahuluan	119
7.2 Ginjal	120
7.2.1 Bagian Ginjal	121
7.2.2 Fungsi Ginjal	122
7.2.3 Peredaran Darah Ginjal	124
7.2.4 Persarafan Ginjal	125

DAFTAR PUSTAKA.....	134
BAB 8 ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM	
INTEGUMEN	135
8.1 Pendahuluan	135
8.2 Pengertian Sistem Integumen	135
8.3 Anatomi Sistem Integumen	136
8.4 Fungsi Sistem Integumen.....	142
DAFTAR PUSTAKA.....	145
BAB 9 ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM SARAF	147
9.1 Pendahuluan	147
9.2 Fungsi Sistem Saraf	147
9.3 Klasifikasi Sistem Saraf.....	148
9.4 Jaringan Penyusun Sistem Saraf.....	148
9.5 Mekanisme Kerja Neuron	152
9.6 Sistem Saraf Pusat.....	154
9.7 Perlindungan Sistem Saraf Pusat.....	164
9.8 Sistem Saraf Tepi.....	167
9.9 Rangkuman.....	167
DAFTAR PUSTAKA.....	168
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi Tulang berdasarkan bentuknya ...	19
Tabel 2.2. Klasifikasi Tulang Rawan	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Susunan Organisasi Tubuh.....	6
Gambar 1.2. Integumen.....	7
Gambar 1.3. Otot.....	8
Gambar 1.4. Tulang Humerus.....	9
Gambar 1.5. Sel Saraf.....	10
Gambar 1.6. Jantung.....	11
Gambar 1.7. Saluran pernafasan.....	12
Gambar 1.8. Saluran Pencernaan.....	13
Gambar 1.9. Anatomi Sistem Perkemihan.....	14
Gambar 1.10. Organ reproduksi pria.....	15
Gambar 1.11. Organ reproduksi Wanita.....	15
Gambar 2.1. Klasifikasi Tulang Berdasarkan Bentuk....	19
Gambar 2.2. Ligamen.....	25
Gambar 2.3. Otot Rangka.....	27
Gambar 2.4. Sendi.....	31
Gambar 3.1. Potongan longitudinal dari ginjal kanan...	40
Gambar 3.2. Ureter yang menghubungkan ginjal dan kandung kemih.....	42
Gambar 4.1. Jantung.....	54
Gambar 4.2. Batasan Jantung.....	55
Gambar 4.3. Letak Jantung.....	56
Gambar 4.4. Ruang Jantung.....	58
Gambar 4.5. Perbedaan Ketebalan Ventrikel.....	59
Gambar 4.6. Katup-Katup Jantung.....	60
Gambar 4.7. Lapisan Membran Jantung.....	61
Gambar 4.8. Pola Jaringan Otot Jantung.....	62
Gambar 4.9. Sarkomer Jantung.....	63
Gambar 4.10. Serabut Jantung.....	64
Gambar 4.11. Saraf Jantung.....	65
Gambar 4.12. Saraf Jantung.....	66
Gambar 4.13. Aorta Dan Cabangnya.....	68
Gambar 4.14. Kapiler.....	69
Gambar 4.15. Peredaran Darah Sistemik Dan Pulmonal.....	74

Gambar 5.1. Kelenjar Dan Jaringan Endokrin Utama, Serta Hormonnya.....	81
Gambar 5.2. Kelenjar Dan Jaringan Endokrin Utama, Serta Hormonnya.....	82
Gambar 5.3. Jenis dan Fungsi Hormonal	84
Gambar 5.4. Kelenjar Pineal dan Pinealosit	86
Gambar 5.5. Tiroid dan Paratiroid Gland	87
Gambar 5.6. <i>Thyroid Hormones Thyroxine</i> <i>Thyroid-stimulating Hormone</i>	88
Gambar 5.7. Pankreas	93
Gambar 6.1. Empat lapisan dinding saluran pencernaan	97
Gambar 6.2. Organ sistem pencernaan	98
Gambar 6.3. Lambung dan berbagai jenis sel pada lambung	103
Gambar 6.4. Anatomi hati	108
Gambar 6.5. Anatomi pankreas.....	110
Gambar 6.6. Anatomi usus halus	113
Gambar 6.7. Anatomi usus besar.....	116
Gambar 7.1. Sistem Perkemihan.....	119
Gambar 7.2. Bagian Ginjal	121
Gambar 8.1. Anatomi Kulit.....	136
Gambar 8.2. Lapisan Epidermis	137
Gambar 9.1. Struktur Anatomi Sel Saraf.....	151
Gambar 9.2. Serebrum.....	156
Gambar 9.3. <i>Cerebral Cortex</i>	157
Gambar 9.4. Diencephalon	159
Gambar 9.5. Cerebellum	162
Gambar 9.6. Sistem Limbik yang Berwarna Hijau	163
Gambar 9.7. Spinal Cord	163
Gambar 9.8. Meninges	165
Gambar 9.9. Blood-Brain	166

BAB 1

KONSEP ANATOMI DAN FISILOGI

TUBUH

Oleh Arif Tirtana

1.1 Konsep Anatomi

Anatomi dan fisiologi merupakan dua bagian ilmu pengetahuan yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Anatomi fisiologi adalah ilmu dasar yang wajib dipelajari oleh semua calon tenaga kesehatan. dalam bahasa latin anatomi berasal dari dua kata yaitu Ana adalah “bagian memisahkan” dan Tomi adalah “irisian atau potongan”. Anatomi adalah ilmu yang mempelajari jaringan dan organ tubuh manusia. Anatomi merupakan ilmu yang mempelajari bentuk dan susunan tubuh manusia baik secara sebagian atau secara keseluruhan. Arti lain dari anatomi adalah ilmu yang mempelajari tentang struktur tubuh dan hubungan antar anggotanya.

1.2 Konsep Fisiologi

Dalam bahasa Yunani Fisiologi adalah ilmu yang mempelajari bagaimana suatu organisme melakukan fungsi utamanya. Dalam bahasa Latin, fisiologi berasal dari kata Fisis (*Physis*) artinya adalah “fungsi atau makna”, sedangkan Logos (*Logy*) artinya “Ilmu pengetahuan”. Dapat disimpulkan bahwa fisiologi adalah Ilmu yang mempelajari tentang fungsi dari tiap-tiap jaringan tubuh atau organ pada tubuh manusia yang berkaitan satu sama lain. Fisiologi juga dapat diartikan ilmu yang mempelajari tentang fungsi tubuh dan bagaimana caranya tubuh dapat berfungsi. Anatomi dan fisiologi adalah ilmu yang saling terkait. Mempelajari anatomi secara otomatis akan mempelajari fisiologi. Karena jika seseorang dapat mengetahui jaringan tertentu atau organ tertentu, namun jika tidak

mengetahui fungsinya maka ilmu tersebut akan terasa ada yang kurang.

Struktur tubuh dan fungsinya sangat erat kaitannya. Struktur suatu bagian tubuh memungkinkan kinerja fungsi tertentu. Misalnya tulang tengkorak berkaitan erat dalam membentuk wadah dan tulang tengkorang yang keras berfungsi untuk melindungi otak. Contoh lain tulang-tulang jari disatukan untuk memungkinkan variasi gerakan. Dinding kantung udara di paru-paru sangat tipis untuk proses inspirasi dan ekspirasi udara dengan baik. Penis berfungsi untuk menyalurkan sperma dan sarana untuk keluarnya urin. Masih banyak lagi contoh dari struktur dan fungsi tubuh yang akan dipelajari dalam ilmu anatomi dan fisiologi

1.3 Klasifikasi Anatomi Fisiologi

Secara garis besar mempelajari anatomi dan fisiologi kita akan menemui dua hal yaitu sesuai yang dapat kita lihat dengan kasat mata tanpa menggunakan bantuan alat, yang sering kita sebut dengan istilah anatomi makro. Kemudian kita akan mendapati suatu pelajaran yang tidak dapat kita lihat secara kasat mata, perlu bantuan alat untuk melihatnya. Ilmu ini yang sering kita sebut dengan anatomi mikro.

Anatomi makro adalah bagian atau struktur anggota badan kita yang dapat kita lihat secara langsung. Misalnya organ ekstremitas atas (Tangan), organ ekstremitas bawah (kaki), jantung, paru-paru, hati dan organ lainnya secara jelas dapat kita lihat ukuran dan tempatnya. Anatomi mikro secara kasat mata tidak dapat kita lihat, perlu alat bantu seperti mikroskop untuk melihatnya. Seperti sel dan organelannya. Secara mata telanjang kita dapat melihat jantung, namun kita tidak dapat melihat sel dan otot jantung tersebut. Jika kita ambil bagian dari irisan jantung maka kita akan melihat sel-sel pada jantung dan gambaran otot pada jantung.

1.4 Istilah-Istilah

Ada beberapa istilah yang harus kita pahami dalam mempelajari anatomi dan fisiologi. Berikut Istilah anatomi berdasarkan posisi :

Anterior	: depan
Posterior	: belakang
Dextra	: kanan
Sinistra	: kiri
Internal	: Dalam
Eksternal	: Luar
Horizontal	: datar
Tranversal	: melintang
Superior	: atas
Inferior	: bawah
Distal	: menjauhi sumbu tubuh
Proksimal	: mendekati sumbu tubuh
Lateral	: samping
Sentral	: tengah
Perifer	: permukaan
Asenden	: naik
Desenden	: turun
Kranial	: arah kepala
Kaudal	: arah ekor
Vertikal	: tegak
Longitudinal	: memanjang

1.5 Jenis-jenis Gerakan

Gerakan dalam ilmu anatomi terdiri dari beberapa hal diantaranya :

Fleksi	: gerakan melipat
Ekstensi	: gerakan meluruskan
Adduksi	: : gerakan mendekati sumbu tubuh
Abduksi	: gerakan menjauhi sumbu tubuh
Rotasi	: gerakan memutar sendi
Sirkumduksi	: gerakan sirkuler (seperti gerakan fleksi dan gerakan ekstensi)
Elevasi	: gerakan naik

Depresi	: gerakan turun
Supinasi	: gerakan membuka tangan
Pronasi	: gerakan menelungkupkan tangan
Endorotasi	: gerakan ke arah dalam
Eksorotasi	: gerakan ke arah keluar

1.6 Nama-nama Rongga Tubuh

Cavum cranialis	: rongga kepala
Cavum orbital	: rongga mata
Cavum nasi	: rongga hidung
Cavum oris	: rongga mulut
Cavum tympani	: rongga telinga
Cavum thoracis	: rongga dada
Cavum abdomen	: rongga perut
Cavum pelvis	: rongga panggul

1.7 Susunan Organisasi Tubuh

Struktur dalam tubuh manusia sangatlah luas, namun kita akan mempelajari satu demi satu untuk mempermudah kita memahaminya. Pembahasan dimulai dari yang terkecil hingga yang terbesar, akan ada enam tingkat organisasi yang membantu kita dalam memahami anatomi dan fisiologi manusia. Tingkatan dimulai dari struktur kimia dalam tubuh, sel, jaringan, organ, sistem dan organisme.

1. Tingkat kimia

Struktur tubuh dimulai dari tingkat paling dasar, merupakan bagian terkecil yakni reaksi kimia. Unit atau materi yang berpartisipasi dalam reaksi kimia dan molekul seperti karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), kalsium (Ca) dan belerang (S) yang penting untuk mempertahankan kehidupan. Selain itu terdapat Dua molekul familiar ditemukan di dalam tubuh pertama adalah asam deoksiribonukleat (DNA), yang bersifat genetik materi yang diturunkan dari satu generasi ke generasi berikutnya. Kedua adalah glukosa, yang biasa dikenal dengan gula darah.

2. Tingkat sel

Sel merupakan unit dasar yang membentuk jaringan pada struktur dan fungsi suatu organisme. Sel adalah suatu unit kehidupan yang sangat kecil dalam tubuh manusia. Jenis-jenis sel yang terdapat di dalam tubuh manusia diantara sel otot, sel saraf dan sel epitel. Sel terdiri dari organela-organela seperti nukleus, lisosom, retikulum endoplasma, ribosom dan mitokondria.

3. Tingkat jaringan

Jaringan adalah kumpulan beberapa sel. Ada empat jaringan yang ada di dalam tubuh diantaranya jaringan epitel, jaringan ikat, jaringan otot dan jaringan saraf.

4. Tingkat organ

Organ merupakan kumpulan dari jaringan. Masing-masing organ biasanya memiliki tipe jaringan yang berbeda-beda. Struktur pada organ setidaknya memiliki 2 jaringan yang berbeda. Pertama jaringan yang memiliki fungsi spesifik dan yang kedua jaringan yang dapat bekerja sama dengan jaringan lain. Contoh dari organ adalah lambung, tulang, hati, paru-paru, jantung, otak dan kulit. Namun ada beberapa ilmuwan yang mengatakan bahwa kulit bukan organ namun suatu jaringan. Dalam hal ini penulis menyakini kulit adalah suatu organ, karena kulit tidak merupakan kumpulan dari sel dan jaringan. Kulit tidak dapat berdiri sendiri seperti halnya organ lain. Misalnya jantung, komponen yang ada di dalam jantung tidak hanya sel, namun juga terdapat jaringan otot yang sangat berperan dalam kehidupan jantung.

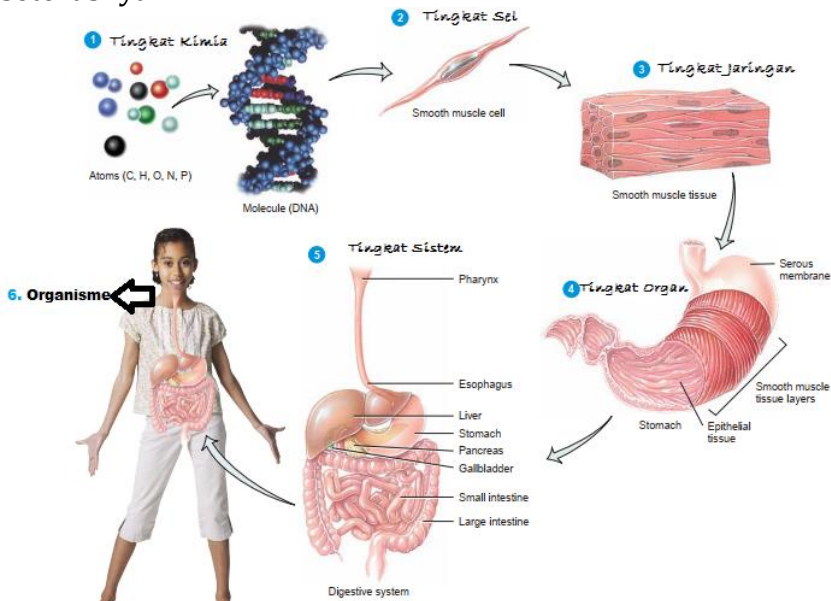
5. Tingkat sistem

Sistem dalam tubuh manusia adalah bagian-bagian pada organ yang berinteraksi satu sama lain. Pada sistem akan terdapat regulasi yang akan berperan pada beberapa fungsi seperti fungsi absorpsi, fungsi sekresi, fungsi ekskresi dan fungsi filtrasi. Sebagai contoh sistem urinaria. Sistem urinaria terdiri dari Ginjal, vesika urinaria, ureter dan uretra. Ginjal dapat menghasilkan hormon dan tempat produksi urin, tentunya hal ini tidak semata-mata terjadi. Sebagai contoh ginjal dapat mengeluarkan (sekresi) suatu

hormon eritropietin untuk pembentukan sel darah di sumsum tulang belakang. Ginjal memproduksi urin dimulai dari absorpsi molekul dari darah dan memfiltrasinya agar dapat dikeluarkan sebagai hasil sisa metabolisme (urin). Kesimpulannya, tingkat sistem tubuh manusia adalah suatu organ yang bekerja sama dengan organ lain yang saling membutuhkan dan saling mengikuti aturan yang ada dari dalam tubuh.

6. Tingkat organisme

Organisme adalah keseluruhan tubuh manusia. Komponen organisme adalah molekul, sel, jaringan, organ dan sistem (regulasi). Suatu organisme dapat bekerja dan menjalankan aktivitasnya dengan baik apabila komponen-komponen tersebut bekerja sama. Misalnya, tubuh manusia harus ada oksigen, oksigen berperan penting dalam pembentukan energi didalam sel. Oksigen masuk dalam tubuh manusia melalui pernafasan. Pernafasan dapat terjadi karena ada hipotalamus (sistem saraf) yang mengatur dan seterusnya.



Gambar 1.1. Susunan Organisasi Tubuh
Sumber : Tortora (2009)

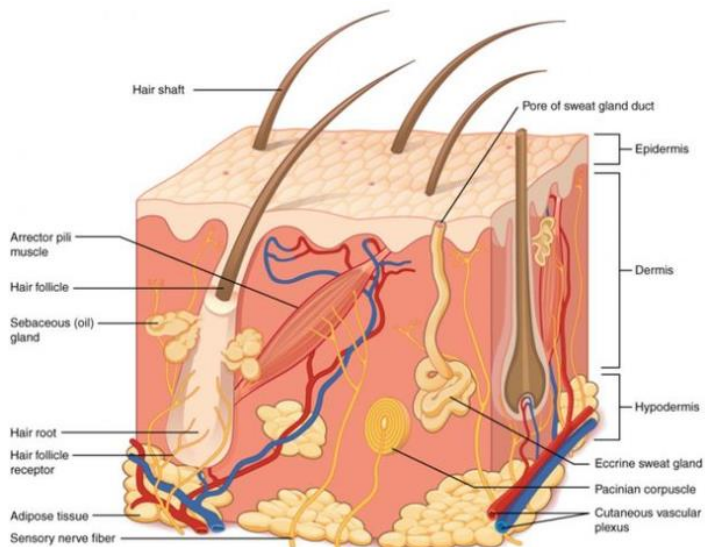
1.8 Macam-macam Sistem Tubuh Manusia

Terdapat beberapa sistem yang ada di dalam tubuh manusia, berikut adalah macam-macam sistem yang terdapat di dalam tubuh manusia dengan penjelasan singkat.

1. Sistem Integumen

Integumen adalah kulit. Integumen adalah organ yang terbesar pada tubuh manusia yang terdapat dari ujung kaki sampai dengan ujung kepala. Sistem integumen berkontribusi dalam keseimbangan tubuh melalui perlindungan dan pengaturan suhu tubuh. Kulit juga berfungsi dalam sensasi (rangsangan yang menyenangkan ataupun rangsangan yang menyakitkan).

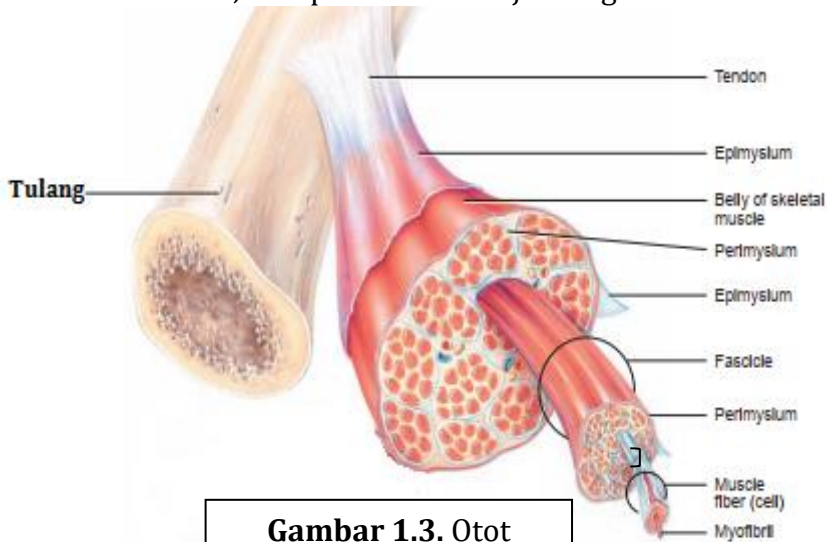
Kulit terdiri dari rambut, kelenjar minyak dan keringat, kuku dan reseptor sensorik. Sistem integumen membantu mempertahankan suhu tubuh yang konstan, melindungi tubuh dan memberikan informasi sensorik tentang lingkungan sekitar. Kulit memiliki kelebihan dari organ lain yaitu mudah diperiksa. Namun disisi lain kulit mudah sekali untuk dapat terpapar mikroorganisme, radiasi dan luka.



Gambar 1.2. Integumen
Sumber : *LibreText Biology*

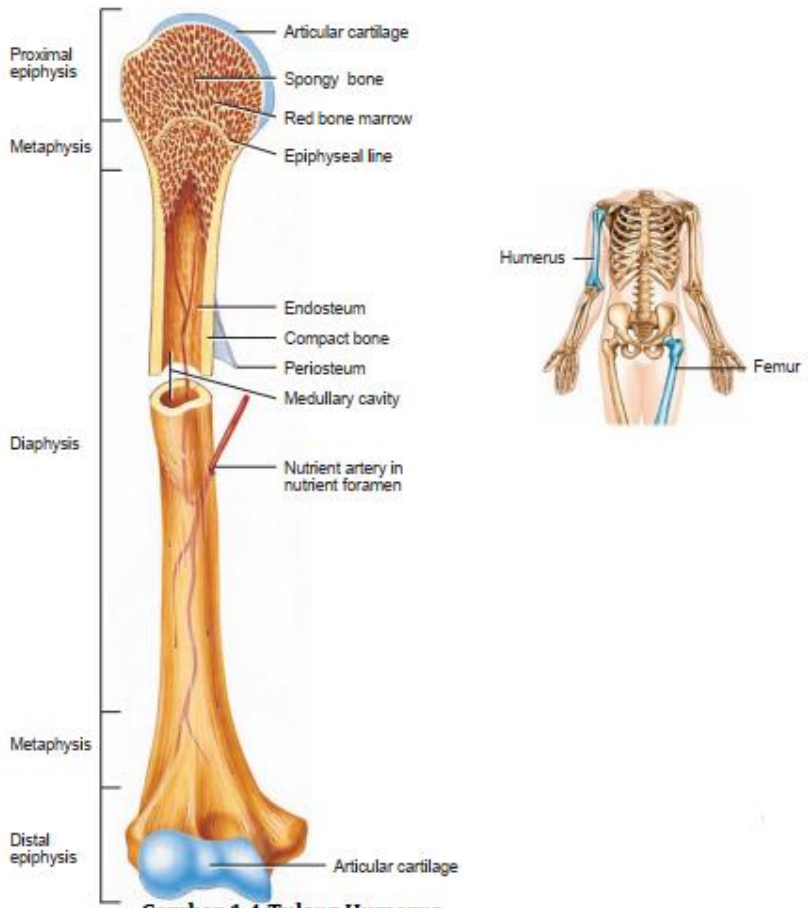
2. Sistem Muskuloskeletal

Muskuloskeletal terdiri dari dua kata. Muskulo artinya otot dan skeletal yang berarti tulang (*bone*), keduanya bekerjasama untuk menjaga keseimbangan pada tubuh manusia. Otot termasuk suatu jaringan yang berfungsi untuk menghasilkan gerakan tubuh, menstabilkan posisi tubuh, Menyimpan dan memindahkan zat di dalam tubuh dan menghasilkan panas untuk menjaga suhu tubuh normal. Otot terdiri dari otot skeletal (rangka) atau sering disebut otot lurik, otot polos dan otot jantung.



Gambar 1.3. Otot
Sumber : Tortira 2019

Skeletal atau tulang terdiri dari tulang atau tulang jaringan, tulang rawan, jaringan ikat padat, epitel, jaringan adiposa dan jaringan saraf. Dalam tubuh manusia tulang berfungsi sebagai pendukung, perlindungan, bantuan gerak, penyimpanan mineral, produksi darah dan penyimpanan trigliserida.



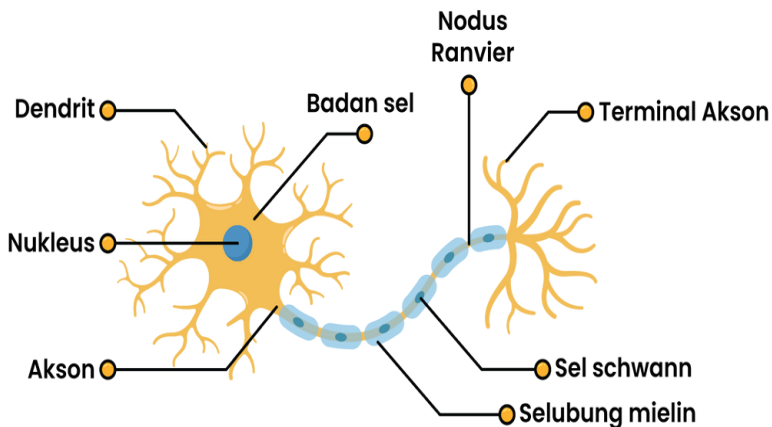
Gambar 1.4. Tulang Humerus
Sumber : Tortora (2019)

3. Sistem Saraf

sistem saraf cukup kompleks, sistem saraf mengatur aktivitas tubuh dengan merespon secara cepat menggunakan impuls. Peran sistem menjaga homeostatis dengan bertanggung jawab atas persepsi, perilaku, ingatan dan gerakan. Sistem saraf terdiri dari dua subdivisi utama: sistem saraf pusat atau ***Central Nervous System (CNS)***, yang terdiri dari otak dan sumsum tulang belakang dan

sistem saraf perifer atau **Peripheral Nervous System (PNS)** yang mencakup semua jaringan saraf kecuali CNS.

Saraf atau *neuron* memiliki tiga bagian: badan sel, dendrit dan akson. **Badan sel**, juga dikenal sebagai perikaryon atau soma, mengandung nukleus yang dikelilingi oleh sitoplasma, mencakup organel seluler khas seperti lisosom, mitokondria, dan kompleks Golgi. Badan sel saraf juga mengandung ribosom bebas dan kelompok retikulum endoplasma kasar disebut badan Nissl. Ribosom adalah tempat sintesis protein. Protein yang baru disintesis diproduksi oleh *Nissl body* digunakan untuk menggantikan komponen seluler yang rusak. **Dendrit** berfungsi sebagai penerima rangsangan (Impuls). Bentuk dari dendrit Biasanya pendek, meruncing dan bercabang. **Akson** adalah terlihat silindris yang panjang, tipis, dan menyatu badan sel.



Gambar 1.5. Sel Saraf
Sumber : Ruang Guru (2023)

4. Sistem Sensori

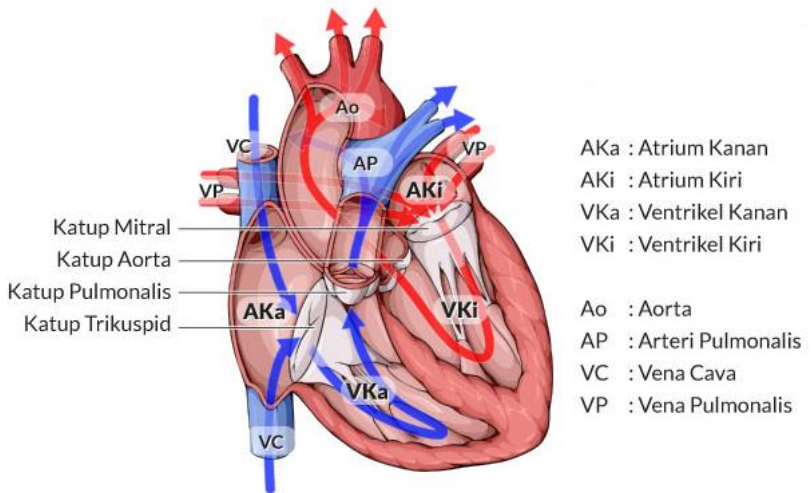
Sistem sensori sangat berkaitan dengan sistem saraf. Sensori adalah stimulus yang datang dari dalam tubuh atau dari luar tubuh. Sistem sensori atau sistem indera terdiri dari perabaan, pengecapan, penciuman dan penglihatan.

5. Sistem Hormonal

Sistem hormonal atau sistem endokrin adalah sistem yang membahas tentang fungsi hormon, produksi hormon dan kelenjar yang menghasilkan hormon.

6. Sistem Kardiovaskuler

Kardiovaskuler terdiri dari kata kardio yaitu jantung dan vaskuler yaitu pembuluh darah. Secara garis besar sistem kardiovaskuler adalah sistem yang membahas tentang peredaran darah pada manusia. Organ utama dari sistem kardiovaskuler adalah jantung. Jantung berperan penting pada tubuh manusia. Jantung adalah organ yang tidak pernah berhenti bekerja sepanjang hidup manusia. Jantung memiliki tugas utama yaitu memompa darah ke seluruh tubuh untuk mengantarkan nutrisi, oksigen, hormon, sisa metabolisme dan zat kimia.



Gambar 1.6. Jantung
Sumber : alodokter (2023)

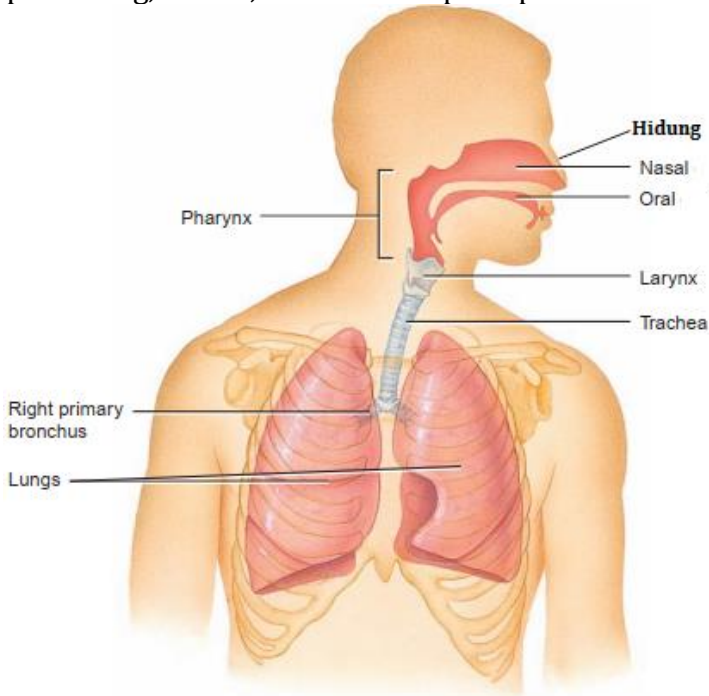
7. Sistem Imunitas

Sistem imunitas atau sistem kekebalan tubuh atau sistem pertahanan tubuh adalah serangkaian jaringan yang berperan didalam menjaga homeostatis tubuh dengan memproteksi tubuh dari segala jenis paparan mikroorganisme. Sistem Imunitas bekerja sama dengan sistem limfatik dalam menjalankan aktivitasnya. Sistem

limfatik adalah sistem sirkulasi kedua setelah sistem kardiovaskuler. Sistem limfatik mengalirkan getah bening antar kelenjar limfa.

8. Sistem Pernafasan

Sistem pernafasan atau sistem respirasi adalah sistem yang berperan dalam pertukaran gas oksigen dan karbondioksida antara udara, darah, sel dan jaringan serta mengatur Ph cairan di dalam tubuh. Sistem pernafasan terdiri dari dua bagian: 1) Sistem pernafasan bagian atas meliputi hidung, faring dan struktur terkait. 2) Sistem pernafasan bawah meliputi laring, trakea, bronkus dan paru-paru.



Gambar 1.7. Saluran pernafasan

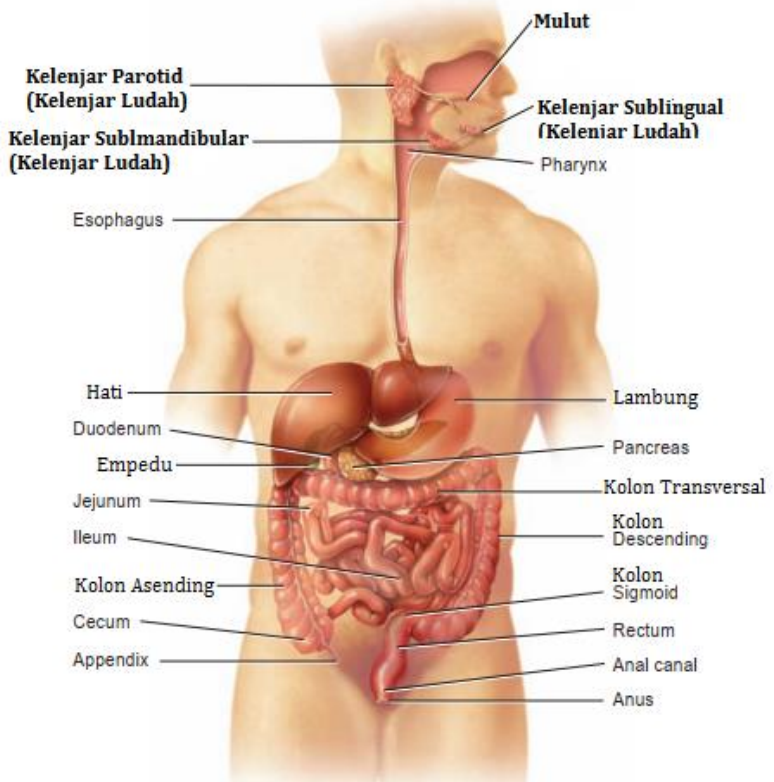
Sumber : tortora (2019)

9. Sistem Digesti

Sistem yang berkaitan dengan pencernaan berkontribusi terhadap homeostasis dengan memecah makanan menjadi bentuk-bentuk yang dapat diserap dan

digunakan oleh sel-sel tubuh. Ia juga menyerap air, vitamin, dan mineral dan menghilangkan limbah dari tubuh.

Bagian – bagian dari sistem pencernaan lebih detilnya akan di bahas pada gambar 1.8 saluran pencernaan.



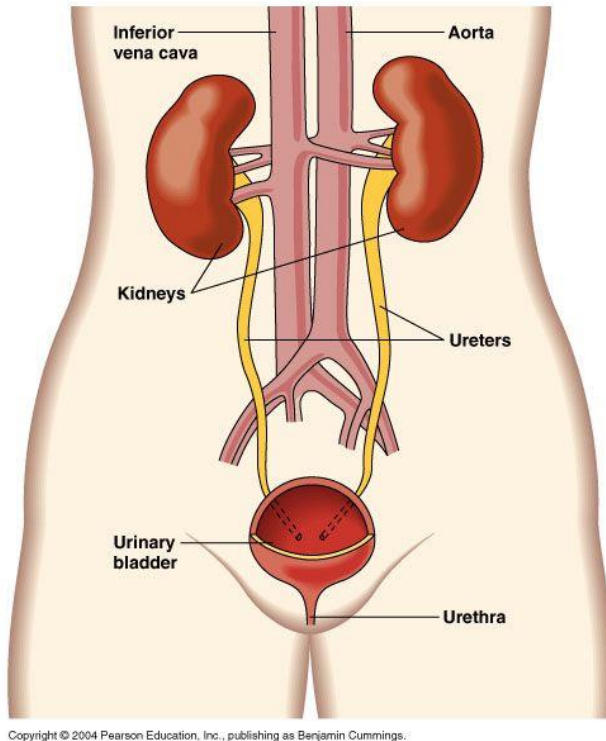
Gambar 1.8. Saluran Pencernaan

Sumber : Tortora (2019)

10. Sistem Urinaria

Sistem urinaria atau sistem perkemihan adalah sistem yang berkontribusi terhadap keseimbangan di dalam tubuh dengan mengubah komposisi darah, pH, volume, tekanan, menjaga osmolaritas darah, membuang limbah dan zat asing serta memproduksi hormon. Sistem saluran kemih terdiri dari dua ginjal, dua ureter, satu kandung kemih dan satu uretra. Setelah ginjal menyaring plasma darah, mereka kembali.

Berikut anatomi dari sistem perkemihan:



Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Gambar 1.9. Anatomi Sistem Perkemihan

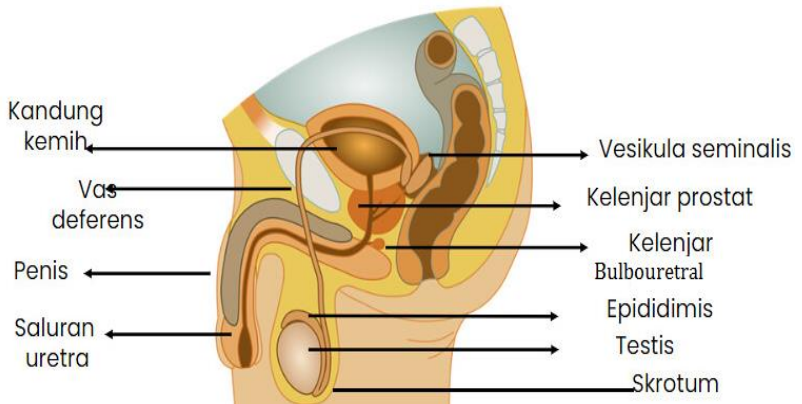
Sumber : Tortora (2019)

11. Sistem Reproduksi

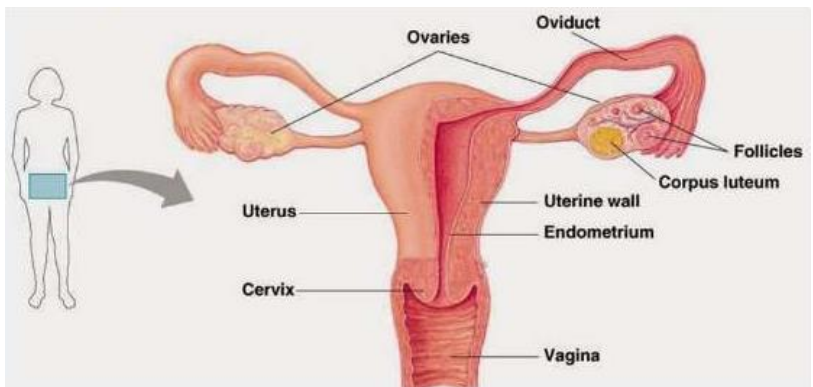
Sistem genitalia adalah sebutan lain untuk sistem reproduksi. Sistem reproduksi adalah sistem yang membahas terkait proses organisme menghasilkan keturunan. Alat reproduksi dibagi menjadi 2, yaitu organ reproduksi pria dan organ reproduksi wanita.

Organ reproduksi pria terdiri dari testis, sistem saluran (epididimis, vas deferens, urethra, dan kelenjar ejakulatori), kelenjar asesori (vesika seminalis, prostat dan kelenjar bulbourethral) dan jaringan pendukung yaitu skrotum and the penis. Organ reproduksi pria akan menghasilkan hormon yang sangat penting untuk proses spermatogenesis yaitu hormon testosteron. Organ reproduksi wanita terdiri dari ovarium, tuba falopi/

oviduct(saluran ovum), uterus, vagina dan organ reproduksi luar (vulva). Organ reproduksi wanita akan menghasilkan hormon estrogen dan progesteron. Hormon progesteron sangat berperan dalam proses kehamilan dan hormon ini akan semakin meningkat kadarnya seiring dengan bertumbuhnya kehamilan.



Gambar 1.10. Organ reproduksi pria



Gambar 1.11. Organ reproduksi Wanita
Sumber : Campbell et al., 2008

DAFTAR PUSTAKA

- _____. Lab Skin 4.
[https://bio.libretexts.org/Courses/Los Medanos College /Bio 30 Lab/Lab 4 Skin and Integument](https://bio.libretexts.org/Courses/Los_Medanos_College/Bio_30_Lab/Lab_4_Skin_and_Integument)
- Campbell, N. A. 2008. Biologi Jilid I Edisi 8. Erlangga. Jakarta.
- Guyton & Hall (2012). *Buku ajar fisiologi kedokteran*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC
- Pearce, EC. (2007). *Anatomi dan fisiologi untuk paramedis*. Jakarta: Gramedia.
- Kim, J.Y., Harry, D. 2023. Physiology, Integument. *NCBI Bookshelf*
- Pittara. 2023. Pengertian Penyakit Jantung. Diakses pada tanggal 26 Desember 2023
<https://www.alodokter.com/penyakit-jantung>
- Sherwood, Lauralle (2001). *Fisiologi manusia*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Sloane, Ethel (2012). *Anatomi dan fisiologi untuk pemula; alih bahasa, James Veldman, editor edisi bahasa Indonesia, Palupi Widyastuti*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Tirtana, A., Ova, E., Dicky, M.R. 2016. Perbedaan Konsentrasi Hormon Progesteron Wanita Hamil Trimester I, II dan III di Yogyakarta 2016. *JKMM* 7(2)131-134.
- Tortora, J.G., Bryan, D. 2014. *Principle of anatomy and physiology* 14th Edition. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Wahyuningsing, P.W., Yuni. K. 2017. *Anatomi Fisiologi*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia : Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan; Badan Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan

BAB 2

ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM MUSKULOSKELETAL

Oleh Yasin Wahyurianto

2.1 Pendahuluan

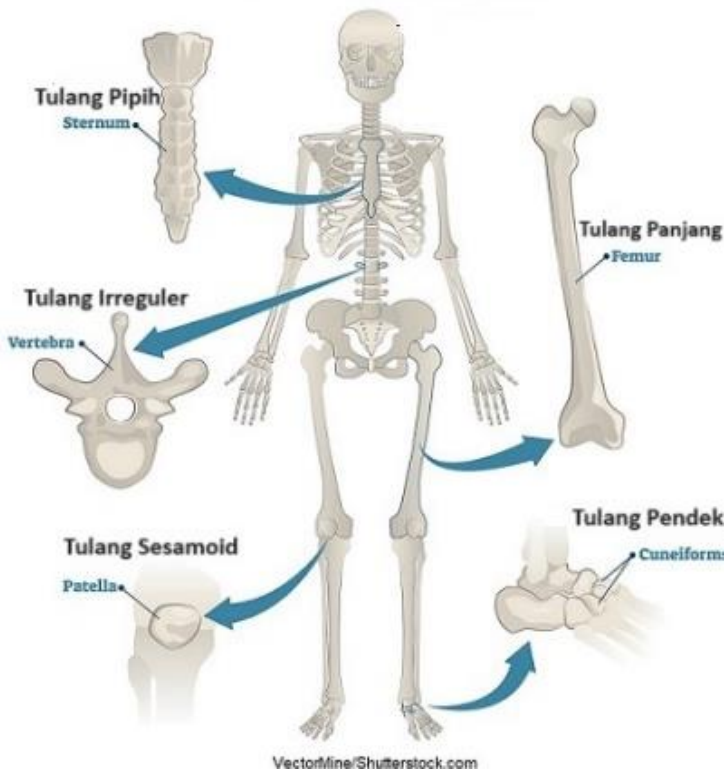
Sistem muskuloskeletal tersusun atas organ jaringan ikat berikut ini: tulang, tulang rawan (kartilago), ligamen, otot rangka, sendi, dan tendon. Bab ini membahas anatomi dan fisiologi sistem muskuloskeletal untuk membantu mahasiswa dalam memahami dan mengaplikasikan dalam tatanan klinis saat merawat pasien (Walsh, 2023).

Anatomi dan fisiologi sistem muskuloskeletal saling bergantung dengan sistem tubuh lainnya. Sistem muskuloskeletal memiliki fungsi penting, termasuk memberikan perlindungan bagi organ vital (misalnya, otak, jantung, hati, ginjal, paru-paru, limpa) dan menyediakan kerangka yang kokoh untuk mendukung struktur tubuh. Sistem ini juga memungkinkan mobilitas. Sendi menyatukan tulang-tulang dan memungkinkan tubuh bergerak. Otot-otot yang melekat pada kerangka berkontraksi, menggerakkan tulang-tulang dan menghasilkan panas yang membantu menjaga suhu tubuh. Sistem muskuloskeletal berfungsi sebagai reservoir bagi sel-sel darah yang belum matang dan mineral-mineral penting, termasuk kalsium, fosfor, magnesium, dan fluorida. Lebih dari 98% dari total kalsium tubuh terdapat di tulang. Selain itu, sumsum tulang merah yang terletak di dalam rongga tulang menghasilkan sel darah merah (RBC), sel darah putih (WBC), dan trombosit melalui suatu proses yang disebut hematopoies (Gallagher, 2019).

2.2 Tulang

Jaringan tulang (jaringan osseus) adalah jaringan ikat yang keras dan termineralisasi. Jaringan tulang terdiri dari berbagai jenis sel tulang. Osteoblas dan osteosit terlibat dalam pembentukan dan mineralisasi tulang; osteoklas terlibat dalam resorpsi jaringan tulang. Osteoblas yang dimodifikasi (diratakan) menjadi sel pelapis yang membentuk lapisan pelindung pada permukaan tulang. Matriks jaringan tulang yang termineralisasi memiliki komponen organik terutama kolagen yang disebut ossein dan komponen anorganik mineral tulang yang terdiri dari berbagai garam. Jaringan tulang adalah jaringan mineralisasi dari dua jenis: tulang kompak (kortikal) dan tulang spons (trabekular atau kanselus).

Ada 206 tulang dalam tubuh manusia, dibagi menjadi lima kategori yang diklasifikasikan berdasarkan bentuknya: panjang, pendek, pipih, ireguler, dan sesamoid. Tulang panjang ditemukan di ekstremitas atas dan bawah (misalnya, tulang paha). Poros, yang dikenal sebagai diafisis, terutama tulang kortikal. Ujung-ujung tulang panjang, yang disebut epifisis, terutama tulang kanselus. Selama masa kanak-kanak dan remaja, ada lapisan tulang rawan yang dikenal sebagai lempeng epifisis, atau lempeng pertumbuhan, yang memisahkan epifisis dari diafisis. Lempeng epifisis memelihara dan memfasilitasi pertumbuhan longitudinal. Lempeng epifisis mengalami kalsifikasi pada orang dewasa. Ujung-ujung tulang panjang ditutupi pada persendian oleh tulang rawan artikular, yang merupakan jaringan yang kuat, elastis, dan avaskular.



Gambar 2.1. Klasifikasi Tulang Berdasarkan Bentuk (*Types of Bones Anatomy*, n.d.)

2.2.1 Klasifikasi Tulang

Tabel 2.1. Klasifikasi Tulang berdasarkan bentuknya

Bentuk	Deskripsi	Contoh
Tulang Panjang	Lebih panjang daripada lebar	Humerus, radius, ulna, femur, tibia, dan fibula
Tulang Pendek	Panjang dan lebarnya hampir sama	Tulang pergelangan tangan dan pergelangan kaki
Tulang Pipih	Bentuknya pipih dan melebar	Tulang tengkorak, sternum, tulang rusuk, dan pinggul

Bentuk	Deskripsi	Contoh
Tulang Treguler	Bentuknya tidak sesuai dengan deskripsi lainnya	Tulang etmoid, sphenoid, vertebra, sakrum
Tulang Sesamoid	Tulang berbentuk oval yang terletak di dalam tendon	Tulang patella

Sumber:(LibreTexts, n.d.)

2.2.2 Fungsi Tulang

Fungsi tulang adalah sebagai berikut :

1. Dukungan dan Kerangka: Seperti yang disebutkan, tulang membentuk kerangka struktural tubuh, memberinya bentuk, dukungan, dan stabilitas. Tulang menyediakan integritas struktural yang diperlukan untuk postur dan gerakan tegak.
2. Perlindungan: Tulang berfungsi sebagai perisai pelindung bagi organ-organ internal yang vital. Misalnya, tengkorak melindungi otak, tulang rusuk melindungi jantung dan paru-paru, dan tulang belakang mengelilingi dan melindungi sumsum tulang belakang.
3. Gerakan: Tulang, bersama dengan sendi, otot, dan tendon, memungkinkan gerakan tubuh. Otot menempel pada tulang, dan ketika otot berkontraksi, otot memberikan gaya pada tulang, memungkinkan gerakan dan pergerakan sendi.
4. Hematopoiesis: Di dalam sumsum tulang, jaringan spons yang ditemukan di tulang-tulang tertentu (misalnya, tulang paha, tulang dada, panggul), hematopoiesis terjadi. Hematopoiesis adalah proses pembentukan sel darah, termasuk sel darah merah, sel darah putih, dan trombosit.
5. Penyimpanan Mineral: Tulang berfungsi sebagai tempat penyimpanan mineral penting, terutama kalsium dan fosfor. Ketika kadar mineral-mineral ini dalam darah menurun,

- tulang melepaskan kalsium dan fosfor untuk menjaga keseimbangan mineral tubuh. Fungsi ini sangat penting untuk berbagai proses fisiologis, termasuk kontraksi otot, fungsi saraf, dan pembekuan darah.
6. Fungsi Metabolisme: Tulang dapat memengaruhi metabolisme dengan melepaskan hormon. Misalnya, jaringan tulang menghasilkan osteokalsin, yang berperan dalam mengatur kadar gula darah dan metabolisme lemak.
 7. Keseimbangan Asam-Basa: Tulang berperan dalam menjaga keseimbangan asam-basa (pH) tubuh dengan menyerap dan melepaskan garam alkali, seperti kalsium karbonat dan kalsium fosfat.
 8. Penyimpanan Faktor Pertumbuhan: Jaringan tulang dapat menyimpan faktor pertumbuhan dan sitokin yang penting untuk perbaikan dan regenerasi jaringan.
 9. Transmisi Suara: Tulang-tulang telinga tengah, seperti tulang-tulang pendengaran (martil, landasan, dan sanggurdi), memainkan peran penting dalam mentransmisikan getaran suara dari gendang telinga ke telinga bagian dalam, yang memungkinkan pendengaran.
 10. Pertukaran Panas: Pembuluh darah di tulang membantu mengatur suhu tubuh dengan mendistribusikan kembali panas. Selama berolahraga, misalnya, aliran darah ke tulang meningkat untuk menghilangkan panas yang dihasilkan oleh otot.
 11. Catatan Kesehatan Jangka Panjang: Tulang dapat memberikan informasi berharga tentang kesehatan dan gaya hidup seseorang melalui analisis osteologi. Arkeolog dan ilmuwan forensik dapat mempelajari tulang untuk mempelajari tentang pola makan, penyakit, aktivitas fisik, dan aspek lain dalam kehidupan seseorang.

Meskipun tampak seperti bahan padat, kering, dan lembam, tulang sebenarnya adalah organisme hidup kompleks yang terus-menerus diciptakan kembali; tulang aktif secara metabolik. Saat tulang tua mati, tulang baru sedang dibangun kembali. Ada sejumlah aktivitas kompleks yang terjadi saat

tulang dihancurkan dan dibentuk kembali. Oleh karena itu, tulang adalah organ hidup yang terdiri dari sejumlah jaringan yang berbeda, dan ini termasuk jaringan tulang. Kerangka manusia, berbeda dengan kerangka lainnya, dibangun untuk bergerak tegak, bukan berjalan dengan keempat kakinya. Kerangka memberi kita bentuk dan kekuatan untuk bergerak, tetapi tidak dapat melakukannya sendiri.

Ia membutuhkan banyak sistem tubuh lainnya agar dapat berfungsi dengan baik – misalnya, sistem saraf dan otot dan agar tubuh dapat bergerak dengan berbagai cara yang kompleks (tulang belakang, misalnya, memungkinkan kita untuk memutar dan menekuk); ini dikaitkan dengan sendi dan kemampuannya untuk mengartikulasi. Seperti rumah, tubuh manusia membutuhkan rangka, tetapi rangka tubuh tidak terbuat dari kayu dan baja seperti halnya rumah. Sistem rangka terdiri dari tulang, ligamen, dan tendon. Rangka manusia dibangun untuk menghadapi kerasnya kehidupan. Ini adalah keajaiban teknik; untuk beratnya, tulang hampir sekuat baja. Rangka menghasilkan sel darah. Tulang juga bertindak sebagai tempat penyimpanan mineral, penting untuk pembekuan darah, fungsi saraf, dan kontraksi otot. Tulang mulai terbentuk di dalam rahim dan terus tumbuh hingga dewasa. Tulang berkembang dari tulang rawan, sehingga bayi lahir dengan sejumlah besar tulang rawan serta memiliki lebih banyak tulang daripada orang dewasa. Seiring bertambahnya usia anak, tulang-tulang biasanya menyatu dan anak tersebut berakhir dengan jumlah tulang dewasa yang normal. Tulang bayi lunak, tetapi karena lebih banyak mineral yang diendapkan, tulang menjadi lebih keras - ini dikenal sebagai osifikasi (Peate, 2023).

2.3 Tulang Rawan (Kartilago)

Tulang rawan adalah jaringan ikat yang kuat dan fleksibel yang melindungi sendi dan tulang Anda. Tulang rawan berfungsi sebagai peredam guncangan di seluruh tubuh. Tulang rawan di ujung tulang mengurangi gesekan dan mencegahnya bergesekan saat menggunakan sendi. Tulang rawan juga merupakan

jaringan utama di beberapa bagian tubuh dan memberi struktur serta bentuk pada sendi.

Kerusakan pada tulang rawan dapat terjadi secara tiba-tiba seperti cedera olahraga atau trauma lainnya tetapi juga dapat terjadi selama hidup Anda dan menyebabkan osteoarthritis. Apa pun yang melukai atau merusak tulang rawan dapat membuat sendi Anda sulit atau tidak dapat digunakan seperti biasa.

2.3.1 Klasifikasi Tulang Rawan

Tabel 2.2. Klasifikasi Tulang Rawan

No	Nama	Contoh
1	Hialin	Paling umum, ditemukan di tulang rusuk, hidung, laring, trakea. Merupakan prekursor tulang.
2	Fibrosa	Ditemukan di cakram intervertebralis, kapsul sendi, ligamen.
3	Elastis	ditemukan di telinga luar, epiglottis, dan laring.

Sumber:(Paxton et al., 2003)

2.3.2 Fungsi Tulang Rawan

1. Tulang rawan melindungi tulang dan sendi. Tulang rawan mengelilingi ujung tulang dan menjadi bantalan pada ruang sendi tempat tulang bertemu. Tulang rawan memiliki tiga fungsi:
 1. Menyerap guncangan: Tulang rawan menjadi bantalan tulang dan sendi saat mobilisasi. Tulang rawan menyerap gaya dan mengurangi tekanan akibat benturan pada tulang. Bandingkan perbedaan antara melompat-lompat dengan kaki telanjang dan memakai sepatu lari. Tulang rawan berfungsi seperti bantalan pada sepatu di bagian dalam sendi dan di sekitar tulang.
 2. Mengurangi gesekan: Tulang rawan melumasi sendi. Tulang rawan membantu tulang meluncur melewati satu sama lain

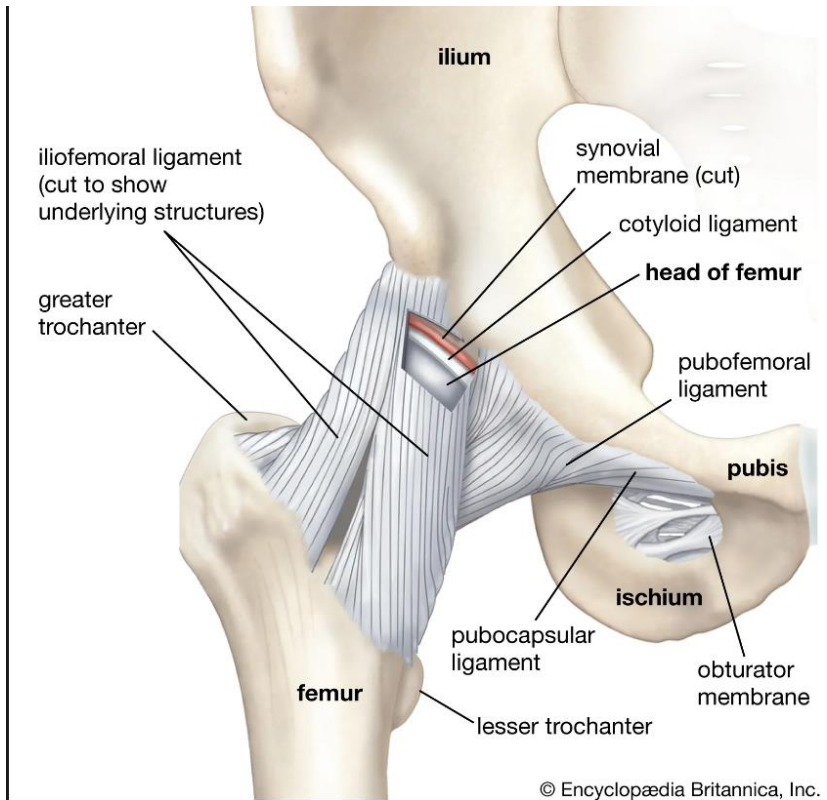
tanpa bergesekan. Hal ini membuat sendi bekerja semulus yang seharusnya dan mengurangi keausan pada sendi.

3. Menyokong struktur dalam tubuh: Tulang rawan membantu sendi mempertahankan bentuknya saat bergerak. Tulang rawan juga menghubungkan jaringan lain dan tulang. Otot, tendon, dan ligamen terhubung ke tulang rawan di seluruh tubuh. Tulang rawan juga merupakan jaringan utama di beberapa bagian tubuh termasuk: Hidung, Telinga, dan Trakea.

2.4 Ligamen

Ligamen terbuat dari jaringan ikat yang mengandung banyak serat kolagen yang kuat. Ligamen ditemukan dalam berbagai bentuk dan ukuran di dalam tubuh. Sebagian tampak seperti potongan tali, sebagian lagi tampak seperti pita sempit atau lebar. Ada pula ligamen berbentuk lengkung.

Ligamen sering menghubungkan dua tulang, terutama di persendian: Seperti tali atau tali yang kuat dan melekat erat, ligamen menstabilkan sendi atau menahan ujung dua tulang agar tetap menyatu. Ini memastikan tulang-tulang di sendi tidak terlalu terpelintir atau bergerak terlalu jauh dan menjadi terkilir.



Gambar 2.2. Ligamen, sumber : (Britannica, n.d.)

2.4.1 Klasifikasi Ligamen

1. Ligamen aksesori. Ligamen ini merupakan penebalan lokal kapsul fibrosa dan berperan dalam menahan permukaan artikular. Ligamen ini cukup fleksibel untuk memungkinkan pergerakan sendi yang normal. Pada saat yang sama, ligamen ini tidak fleksibel dan dapat putus saat terjadi peregangan yang ekstrem. Menurut pendapat kami, "ligamen aksesori" dapat dibagi lagi menjadi ekstrakapsuler dan intraapsuler.
2. Ligamen interoseus. Ini adalah ligamen pendek dan kuat, yang menutupi ruang sempit yang terbentuk di antara permukaan tulang yang berdekatan, sehingga sangat mengurangi mobilitasnya. Ligamen ini terletak di sendi sinovial (sendi pergelangan tangan dan tarsal), sinartrosis

(sindesmosis tibiofibula inferior, membran interoseus lengan bawah dan tibia), dan amfiartrosis (sendi sakroiliaka).

3. Ligamen independen. Ciri paling menonjol dari ligamen ini adalah bahwa ligamen ini tidak berpartisipasi, atau berpartisipasi dalam tingkat yang lebih rendah, dalam pergerakan sendi di sebelahnya. Istilah “ligamen independen” digunakan sehubungan dengan kapsul sendi, bukan fungsi sendi.

2.4.2 Fungsi Ligament

Ligamen memiliki beberapa fungsi penting yang membantu pergerakan dengan benar. Fungsi tersebut adalah:

1. Memungkinkan sendi bergerak ke arah yang seharusnya.
2. Menyatukan tulang.
3. Memastikan sendi tidak terpelintir.
4. Menstabilkan otot dan tulang.
5. Memperkuat sendi.
6. Mencegah tulang terkilir.

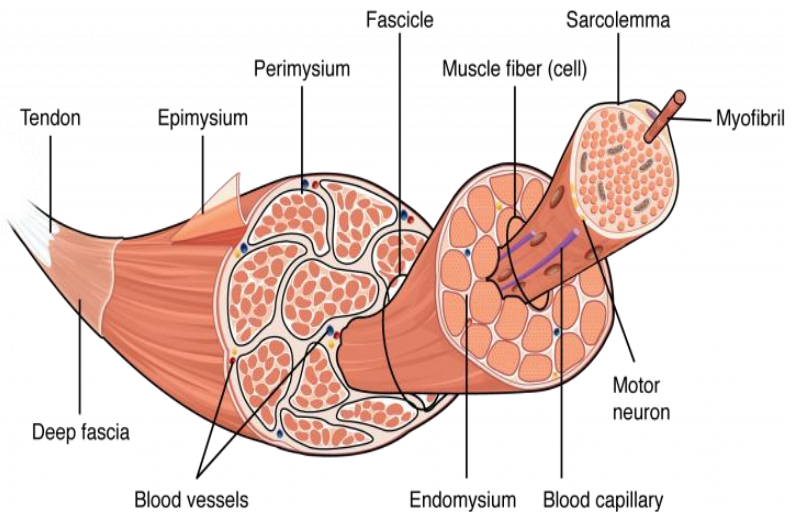
Misalnya, area lutut memiliki empat ligamen yang mencegahnya bergerak ke samping atau ke belakang. Ligamen juga menahan rahim di tempatnya di panggul wanita. Selain itu, ligamen menghubungkan hati, usus, dan lambung serta menahannya di tempatnya.

2.5 Otot Rangka

Otot rangka terdapat di seluruh tubuh dan berfungsi untuk berkontraksi sebagai respons terhadap rangsangan. Otot rangka memiliki banyak fungsi, termasuk menghasilkan gerakan, mempertahankan postur dan posisi tubuh, menjaga suhu tubuh, menyimpan nutrisi, dan menstabilkan sendi. Berbeda dengan kontraksi otot polos dan otot jantung, sebagian besar kontraksi otot rangka berada di bawah kendali sadar, menerima masukan saraf yang memungkinkan kontrol otot secara sadar. Otot rangka meliputi sekitar 40% dari berat tubuh

manusia dan mengandung 50 hingga 75% dari semua protein tubuh (McCuller et al., 2023).

Otot rangka dibungkus oleh epimisium, lapisan fascia dalam yang berkesinambungan. Epimisium membantu otot meluncur di atas struktur di dekatnya. Jaringan ikat yang mengelilingi dan memanjang ke dalam otot dapat dibagi lagi menjadi berkas serat (fasikuli). Berkas ini ditutupi oleh perimisium dan lapisan jaringan ikat paling dalam yang disebut endomisium yang mengelilingi setiap serat.



Gambar 2.3. Otot Rangka, sumber : (Biga et al., 2019)

2.5.1 Mekanisme Kontraksi Otot Rangka

Untuk memahami mekanisme kontraksi otot rangka, pertama-tama penting untuk memahami strukturnya. Otot rangka dalam tubuh kita terdiri dari banyak serat otot. Di dalam serat otot ini terdapat unit-unit yang lebih kecil yang disebut miofibril yang terbuat dari filamen tipis dan tebal yang sejajar. Filamen-filamen ini tersusun secara longitudinal dalam unit-unit kecil yang dikenal sebagai sarkomer, yang membuat otot tampak seperti lurik di bawah mikroskop (Gash et al., 2023).

Filamen tebal terbuat dari protein miosin, yang memiliki satu pasang rantai berat dan dua pasang rantai ringan; rantai berat dan ringan ini berbeda dari filamen tipis dan tebal pada

miofibril. Pada ekor filamen tebal, kedua rantai berat saling terkait dalam formasi heliks. Pada ujung lain filamen tebal, setiap rantai berat dipasangkan dengan dua rantai ringan, sehingga menghasilkan dua kepala. Kepala miosin memiliki situs pengikat aktin yang membantu mereka menempel pada filamen tipis.

Filamen tipis terdiri dari aktin, tropomiosin, dan troponin. Aktin adalah protein globular yang bergabung dengan globul aktin lainnya untuk membentuk dua untai yang saling terkait dengan ujung positif dan negatif. Filamen aktin untai ganda ditutupi oleh tropomiosin, yang menghalangi interaksi antara miosin dan aktin saat otot tidak aktif. Kelompok troponin terdiri dari troponin I, T, dan C dan terletak di sepanjang filamen aktin di sebelah tropomiosin. [7]

Proses kompleks yang mengarah pada kontraksi otot, disebut kopling eksitasi-kontraksi, dimulai ketika potensial aksi menyebabkan depolarisasi pada membran miosit. Depolarisasi menyebar melalui tubulus transversal (T), invaginasi membran sel otot, yang membantu menyebarkan sinyal depolarisasi ke seluruh serat otot. Depolarisasi tubulus T menyebabkan perubahan konformasi pada reseptor dihidropiridina, yang menyebabkan pembukaan reseptor ryanodina di dekatnya pada retikulum sarkoplasma (SR), tempat penyimpanan kalsium dalam sel otot. Ketika kalsium dilepaskan dari SR, ia mengikat troponin C. Hal ini menyebabkan perubahan konformasi, yang menggeser tropomiosin, yang memungkinkan kepala miosin menempel pada filamen aktin, menciptakan apa yang dikenal sebagai jembatan silang.

Siklus jembatan silang dimulai ketika ATP mengikat domain pengikat ATP pada kepala miosin. Miosin terdisosiasi dari aktin, sehingga memutuskan jembatan silang. ATP kemudian dihidrolisis menjadi ADP dan P, yang menyebabkan kepala miosin mengubah konformasi dan bergerak ke ujung positif aktin, sehingga memiringkan kepala miosin. Fosfat dilepaskan, dan miosin yang terikat ADP mengikat lokasi baru pada filamen aktin. ADP kemudian dilepaskan, yang menyebabkan miosin kembali ke posisi semula, menarik filamen aktin dan

menyebabkan sarkomer (dan, oleh karena itu, serat otot) berkontraksi. Siklus ini berlanjut hingga kadar kalsium dalam miosit turun, yang menyebabkan tropomiosin menutupi tempat pengikatan miosin pada filamen aktin.

2.5.2 Jenis Kontraksi Otot Rangka

Ada empat jenis kontraksi otot lurik: isometrik, isotonik, konsentris, dan eksentrik.

1. Kontraksi otot lurik isometrik ditandai dengan perubahan ketegangan otot tanpa perubahan panjang otot. Kontraksi isometrik terlihat saat mendorong benda yang tidak dapat digerakkan atau mencoba mengangkat beban yang terlalu berat.
2. Kontraksi otot lurik isotonik ditandai dengan ketegangan otot yang konstan dengan perubahan panjang otot. Jenis kontraksi ini terjadi ketika gaya kontraksi sesuai dengan beban total pada otot. Kontraksi isotonik terlihat selama aktivitas seperti berjalan, berlari, atau jongkok.
3. Kontraksi otot lurik konsentris terjadi ketika ada ketegangan otot yang cukup untuk mengatasi beban, dan otot berkontraksi dan memendek. [13] Selama jenis kontraksi ini, otot dirangsang untuk berkontraksi sesuai dengan teori filamen geser. Kontraksi konsentris terlihat selama aktivitas seperti ikal bisep atau berdiri dari posisi jongkok.
4. Kontraksi otot lurik eksentrik terjadi saat otot bekerja untuk memperlambat sendi di akhir gerakan, bukannya menarik sendi ke arah kontraksi. Jenis kontraksi ini dapat terjadi tanpa disengaja (misalnya, saat mencoba memindahkan beban yang terlalu berat untuk diangkat otot) atau secara sukarela (misalnya, saat otot "menghaluskan" gerakan atau melawan gravitasi, seperti saat berjalan menuruni bukit). Kontraksi eksentrik bertindak sebagai gaya pengereman yang berlawanan dengan kontraksi konsentris untuk melindungi sendi dari kerusakan.

2.5.3 Manual Muscle Testing (MMT)

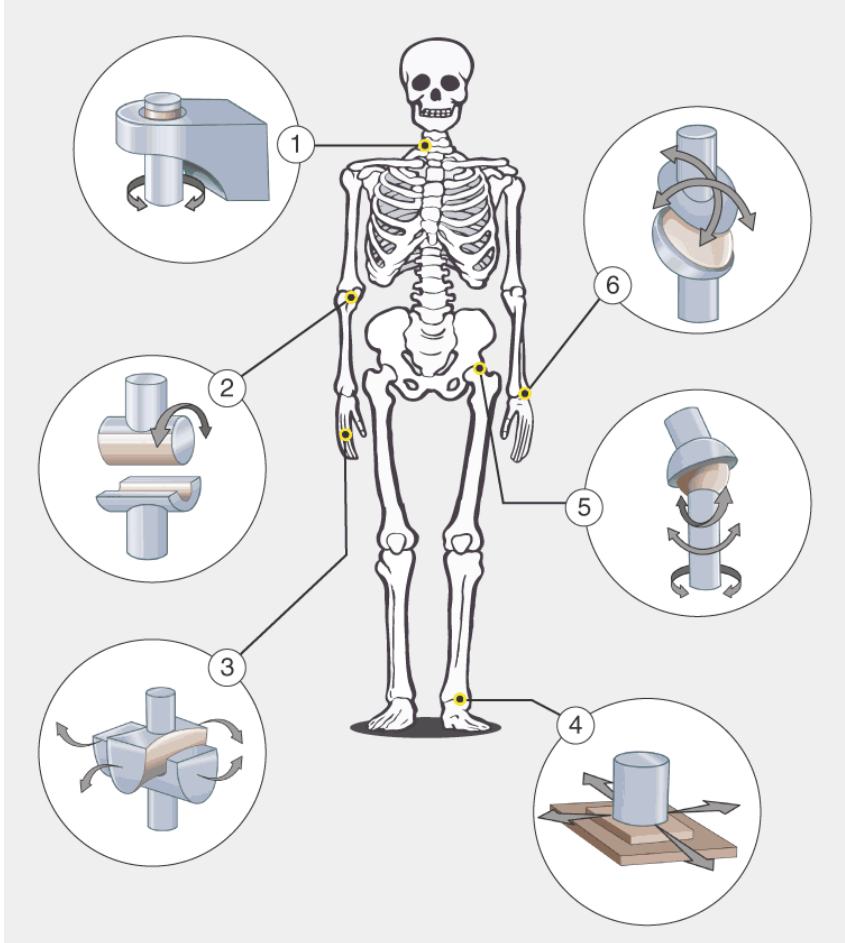
MMT digunakan dalam pemeriksaan fisik pasien untuk menilai kekuatan otot. MMT dapat digunakan untuk mengevaluasi kelemahan dan secara efektif membedakan kelemahan sejati dari ketidakseimbangan atau daya tahan yang buruk. Skala Oxford adalah metode yang paling banyak diterima dan umum untuk menilai kekuatan otot, karena tidak memerlukan peralatan khusus dan menunjukkan keandalan di antara evaluator independen. Skala Oxford melibatkan pengujian otot-otot utama dari ekstremitas atas dan bawah terhadap resistensi pemeriksa dan menilai kekuatan pasien pada skala 0 hingga 5, didokumentasikan sebagai x/5 (misalnya, kekuatan otot 1/5, 2/5).

1. 0: tidak ada kontraksi
2. 1: kontraksi otot terlihat/teraba namun tidak ada gerakan
3. 2: gerakan dengan gravitasi dihilangkan
4. 3: gerakan melawan gravitasi saja
5. 4: gerakan melawan gravitasi dengan sedikit hambatan
6. 5: gerakan melawan gravitasi dengan perlawanan penuh

2.6 Sendi

Sendi adalah daerah tempat dua tulang bersentuhan. Sendi dapat diklasifikasikan secara histologis atau fungsional. Klasifikasi histologis didasarkan pada jenis jaringan ikat dominan yang menyusun sendi, baik fibrosa, tulang rawan, atau sinovial. Klasifikasi fungsional didasarkan pada jumlah gerakan yang dimungkinkan oleh sendi. 3 jenis sendi fungsional meliputi sinartrosis yang tidak dapat digerakkan, amfiartrosis yang sedikit dapat digerakkan, dan diartrosis yang dapat digerakkan bebas. Kedua skema klasifikasi sendi saling berkorelasi: sinartrosis bersifat fibrosa, amfiartrosis bersifat tulang rawan, dan diartrosis bersifat synovial (Juneja et al., 2024).

TYPES OF JOINTS



1 Pivot joint

2 Hinge joint

3 Saddle joint

4 Plane joint

5 Ball and socket joint

6 Condyloid joint

Gambar 2.4. Sendi, sumber : (Byjus.com, n.d.)

Sendi, yang terdiri dari tulang dan jaringan ikat, secara embriologis berkembang dari mesenkim. Tulang dapat berkembang secara langsung melalui osifikasi intramembran atau secara tidak langsung melalui osifikasi endokondral. Setiap sendi memiliki skema vaskular dan persarafan yang unik

dengan pola yang dapat dikenali. Otot menstabilkan sendi. Kekuatan otot berkorelasi langsung dengan stabilitas sendi, terutama pada sendi sinovial.

Banyak kondisi patofisiologis yang memengaruhi sendi, dengan klasifikasi histologis menentukan jenis patologi yang berkembang. Penyakit sendi umum terjadi pada semua usia. Pemahaman menyeluruh tentang struktur dan fungsi sendi sangat penting secara klinis.

2.6.1 Klasifikasi Sendi

Berdasarkan klasifikasi strukturnya sendi dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Sendi Fibrosa (Sinartrosis)

Sendi tetap, juga disebut sendi yang tidak dapat digerakkan, ditemukan di tempat tulang tidak fleksibel. Pada sendi seperti itu, tulang-tulang telah menyatu sedemikian rupa sehingga melekat pada bagian tersebut, paling umum untuk menciptakan suatu struktur. Contoh utama sendi tetap adalah sutura, yang terdiri dari sejumlah tulang yang menyatu. Contoh lain termasuk rahang atas, tulang rusuk, tulang punggung, dan tulang panggul, dll.

2. Sendi Kartilaginosa (Amfiartrosis)

Sendi kartilaginosa adalah sendi yang sebagian dapat digerakkan yang terdiri dari sendi simfisis atau sinkondrosis. Sendi ini hanya terjadi di daerah-daerah di mana hubungan antara tulang-tulang yang mengartikulasikan terdiri dari tulang rawan. Sinkondrosis adalah sendi kartilaginosa sementara yang ada pada anak-anak kecil dan bertahan hingga akhir masa pubertas mereka.

Misalnya, lempeng epifisis yang terdapat di setiap ujung tulang panjang bertanggung jawab atas pertumbuhan tulang pada anak-anak. Simfisis atau sendi tulang rawan sekunder (tempat tulang-tulang bergabung) bersifat permanen. Contohnya termasuk simfisis pubis. Contoh lain dari sendi jenis kartilaginosa termasuk tulang belakang dan tulang rusuk.

3. Sendi Sinovial (Diartrosis)

Sendi sinovial merupakan jenis sendi yang paling umum karena sendi ini membantu kita melakukan berbagai macam gerakan seperti berjalan, berlari, mengetik, dan banyak lagi. Sendi sinovial bersifat fleksibel, dapat digerakkan, dapat bergeser satu sama lain, dapat diputar, dan sebagainya. Sendi-sendi ini terdapat pada sendi bahu, sendi leher, sendi lutut, sendi pergelangan tangan, dan lain-lain.

2.6.2 Klasifikasi Sendi Gerak

Manusia memiliki banyak sendi gerak. Oleh karena itu, diperlukan klasifikasi beserta fungsi dan letaknya. Berikut ini adalah macam-macam pengelompokan dan letak dari sendi gerak.

1. Sendi putar atau pivot

Sesuai namanya, karakteristik sendi ini adalah memungkinkan satu tulang dapat melakukan putaran, terhadap tulang lainnya. Contoh dari sendi putar yaitu sendi yang terdapat di antara tulang hasta dan tulang pengumpil pada area lengan bawah.

2. Sendi geser atau plane

Sendi geser atau meluncur ini memungkinkan pergerakan tulang yang sama-sama datar. Untuk itu, gerakannya cukup terbatas yang ditandai dengan tergelincirnya permukaan halus.

Sebagai contoh dari keberadaan dari sendi geser yaitu sendi interkarpal, yang menghubungkan tulang di pergelangan tangan.

3. Sendi pelana atau saddle

Sendi pelana adalah sendi yang memungkinkan untuk bergerak secara bolak-balik serta dari sisi ke sisi. Akan tetapi, tidak memungkinkan terjadinya rotasi atau perputaran.

Contoh anggota tubuh yang mempunyai sendi pelana adalah sendi penghubung tulang pergelangan tangan dengan pangkal dari tulang ibu jari.

4. Sendi engsel atau hinge

Persendian yang memungkinkan terjadinya gerakan ke satu arah saja adalah sendi engsel, yang menyerupai gerakan pintu. Jadi, membuka dan menutupnya bersifat satu arah.

Ketika bergerak, kedua tulang akan terlihat seperti bentuk mangkuk, contohnya adalah sendi siku dan lutut.

5. Sendi gulung atau condiloid

Sendi gulung bisa dijumpai antara tulang yang memiliki rongga elips dan permukaan tulang lain yang berbentuk bulat seperti telur.

Terdapat dua sumbu gerakan yang bisa terjadi melalui sendi gulung, yaitu gerakan membengkokkan (fleksi) dan gerakan meluruskan (ekstensi), serta gerakan menjauh dari tubuh (medial) dan gerakan mendekat ke arah garis tubuh (lateral).

Keberadaan serta fungsi salah satu macam-macam sendi ini dapat Anda lihat melalui sendi penghubung tulang telapak tangan dengan tulang jari.

6. Sendi peluru atau ball and socket

Sendi peluru adalah sendi yang memungkinkan gerakan memutar ke segala arah. Lalu, sendi peluru terdapat pada hubungan antara tulang yang berbentuk lingkaran (ball) 'duduk' dan menempel pada rongga tulang lainnya (socket).

Tubuh hanya memiliki dua sendi peluru. Pertama, sendi panggul, yang menghubungkan tulang panggul dengan tulang paha. Kedua, sendi pada bahu, yaitu penghubung tulang belikat dan lengan atas.

2.7 Tendon

Tendon adalah tali yang kuat dan lentur, mirip dengan tali. Tendon menghubungkan otot dengan tulang. Tendon memungkinkan kita menggerakkan anggota tubuh. Tendon juga membantu mencegah cedera otot dengan menyerap sebagian benturan yang diterima otot saat Anda berlari, melompat, atau melakukan gerakan lainnya.

Tubuh Anda mengandung ribuan tendon. Anda dapat menemukan tendon dari kepala hingga ujung kaki. Tendon Achilles, yang menghubungkan otot betis ke tulang tumit, adalah tendon terbesar di tubuh Anda.

Tendon sangat tahan terhadap sobekan tetapi tidak elastis. Ini berarti tendon dapat dengan mudah cedera saat tegang (diregangkan hingga menyebabkan robeknya sebagian serat tali) dan mungkin memerlukan waktu lama untuk pulih.

2.7.1 Fungsi Tendon

1. Menghubungkan Otot dengan Tulang

Fungsi paling mendasar dari tendon adalah menjadi penghubung antara otot dan tulang atau organ lainnya. Hal ini berbeda dengan ligamen yang menghubungkan satu tulang dengan tulang lainnya.

2. Membuat Tulang Lebih Stabil

Selain menjadi penghubung otot dan organ lain, fungsi lain dari tendon adalah membuat tulang dan otot tetap stabil atau berada pada tempatnya saat tubuh sedang bergerak. Fungsi ini didukung dengan sifat fleksibel yang dimiliki oleh tendon.

3. Menggerakkan Tulang atau Organ Tertentu

Karena menghubungkan otot dengan tulang, artinya tendon pun berperan penting dalam pergerakan tubuh, seperti menarik tulang untuk membuat gerakan tertentu. Misalnya, tendon di bahu berfungsi untuk membantu bahu bergerak ke depan, atas, dan belakang.

4. Mengurangi Tekanan pada Otot

Saat sedang bergerak, otot akan menerima tekanan. Dalam hal ini, fungsi tendon adalah membantu menahan tekanan yang dialami oleh otot saat tubuh bergerak agar tubuh dapat tetap seimbang.

2.7.2 Gangguan Pada Tendon

1. Robekan Tendon

Kondisi ini terjadi ketika tendon putus sebagian atau seluruhnya. Ini bisa terjadi karena cedera olahraga, trauma

langsung, atau degenerasi tendon. Robekan tendon sering kali terjadi di lutut, paha, otot bisep, serta tumit.

2. Tendinitis

Salah satu gangguan pada tendon adalah tendinitis, yaitu peradangan pada tendon yang sering terjadi karena cedera atau penggunaan berulang dan berlebihan dari suatu tendon. Kondisi ini biasanya juga disertai pembengkakan, rasa nyeri, dan sensasi hangat pada tendon yang terdampak.

3. Tenosinovitis

Tenosinovitis terjadi ketika selubung tendon (tendon sheath) mengalami iritasi atau peradangan. Kondisi ini dapat menyebabkan rasa sakit dan pembengkakan. Terdapat dua jenis tenosinovitis yang sering terjadi, yakni tenosinovitis De Quervain (pembengkakan di tendon ibu jari) dan trigger finger (ibu jari bengkok).

4. Salah Urat

Strain atau salah urat adalah kondisi yang sering terjadi pada tendon atau otot lengan dan kaki. Kondisi ini terjadi saat tendon tertarik atau terpelintir. Salah urat kerap dipicu oleh aktivitas olahraga, gerakan berulang, atau terjatuh.

5. Tendinosis

Tendinosis adalah kondisi di mana terdapat degenerasi atau kerusakan pada tendon akibat penggunaan secara berlebihan dan terus menerus dalam jangka waktu yang panjang tanpa memberinya waktu untuk beristirahat. Kondisi ini seringkali berkembang dari tendinitis yang tidak diobati dengan baik.

Untuk menghindari berbagai macam gangguan tendon di atas, Anda harus melakukan pencegahan dan menjaga kondisi tendon agar tetap sehat. Hal ini dapat dicapai dengan melakukan pemanasan sebelum olahraga dan pendinginan setelah olahraga.

DAFTAR PUSTAKA

- Biga, L. M., Bronson, S., Dawson, S., Harwell, A., Hopkins, R., Kaufmann, J., LeMaster, M., Matern, P., Morrison-Graham, K., Oja, K., Quick, D., Runyeon, J., OERU, O., & OpenStax. (2019). *10.2 Skeletal Muscle*. OpenStax/Oregon State University.
- Britannica. (n.d.). *Ligament / Definition, Function, Types, & Facts* /. Retrieved July 28, 2024, from <https://www.britannica.com/science/ligament>
- Byjus.com. (n.d.). *Types Of Joints*. Retrieved July 28, 2024, from <https://byjus.com/biology/types-of-joints/>
- Gallagher, G. B. (2019). Nursing Assessment: Musculoskeletal Function. In *FOCUS ON ADULT HEALTH Medical-Surgical Nursing* (2nd ed., pp. 3105–3136). Lippincott Williams & Wilkins.
- Gash, M. C., Kandle, P. F., Murray, I. V., & Varacallo, M. (2023). Physiology, Muscle Contraction. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537140/>
- Juneja, P., Munjal, A., & Hubbard, J. B. (2024). Anatomy, Joints. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507893/>
- LibreTexts, B. (n.d.). *Bone Shape Classifications*. Retrieved July 28, 2024, from [https://bio.libretexts.org/Courses/West_Hills_College/_Lemoore/Human_Anatomy_Laboratory_Manual_\(Hartline\)/07%3A_Introduction_to_the_Skeletal_System/7.04%3A_A_Bone_Shape_Classifications](https://bio.libretexts.org/Courses/West_Hills_College/_Lemoore/Human_Anatomy_Laboratory_Manual_(Hartline)/07%3A_Introduction_to_the_Skeletal_System/7.04%3A_A_Bone_Shape_Classifications)
- McCuller, C., Jessu, R., & Callahan, A. L. (2023). Physiology, Skeletal Muscle. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537139/>
- Paxton, S., Peckham, M., Knibbs, A., Paxton, S., Knibbs, A., & Peckham, M. (2003). *The Leeds Histology Guide*.
- Peate, I. (2023). The Skeletal System. In *Anatomy and Physiology For Nursing and Healthcare Students* (pp. 26–26).
- Types of Bones Anatomy*. (n.d.). Retrieved July 28, 2024, from <https://www.registerednursern.com/types-of-bones->

anatomy/

Walsh, C. (2023). Assessment: Musculoskeletal System. In *Lewis's Medical Surgical Nursing Assessment and Management of Clinical Problems* (11th ed., pp. 1642–1700). Elsevier.

BAB 3

ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM EKSRESI

Oleh Putri Anggreini

3.1 Pendahuluan

Sistem ekskresi merupakan sistem yang berperan dalam membersihkan zat-zat sisa metabolisme serta menjaga homeostasis tubuh. Sistem ini terdiri dari beberapa organ utama yaitu ginjal, ureter, kandung kemih, uretra, kulit, paru-paru, dan hati. Organ tersebut bekerja sama untuk mengeliminasi limbah metabolik dan mempertahankan keseimbangan cairan serta elektrolit dalam tubuh. Proses ekskresi tidak hanya melibatkan pembuangan urin, namun juga pelepasan karbon dioksida melalui paru-paru, pengeluaran keringat melalui kulit, serta pembersihan atau detoksifikasi zat-zat berbahaya oleh hati (Ross & Wilson, 2014)

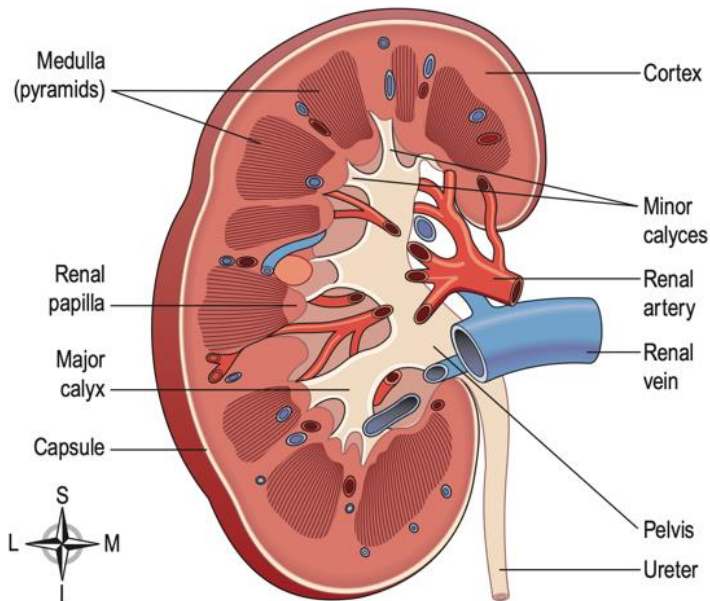
Sistem ekskresi memiliki fungsi utama yaitu menjaga homeostasis tubuh dengan mengatur volume dan komposisi cairan tubuh, pH darah, dan tekanan osmotik. Selain itu, sistem ekskresi juga berperan dalam mengatur tekanan darah, produksi hormon, dan pembentukan sel darah merah. Lebih lanjut, sistem ekskresi khususnya ginjal, memiliki peran penting dalam regulasi metabolisme glukosa dan lipid, serta sistem kardiovaskular dan endokrin (Mende et al., 2019). Oleh karena itu, pemahaman mengenai anatomi dan fisiologi sistem ekskresi sangat penting untuk mendiagnosis dan mengelola berbagai penyakit dan penting untuk pengembangan terapi yang efektif.

3.2 Anatomi Sistem Eksresi

3.2.1 Ginjal

Ginjal merupakan organ berbentuk kacang yang terletak di bagian posterior abdomen, di kedua sisi tulang belakang. Setiap

manusia umumnya memiliki dua ginjal, masing-masing berukuran sekitar 10-12 cm panjang, 5-7 cm lebar, dan 3 cm tebal (Bertram et al., 2016). Secara anatomi, ginjal terdiri dari tiga bagian utama yaitu korteks (bagian luar), medula (bagian tengah), dan pelvis renalis (bagian dalam) (Gambar 3.1).



Gambar 3.1. Potongan longitudinal dari ginjal kanan (Ross & Wilson, 2014)

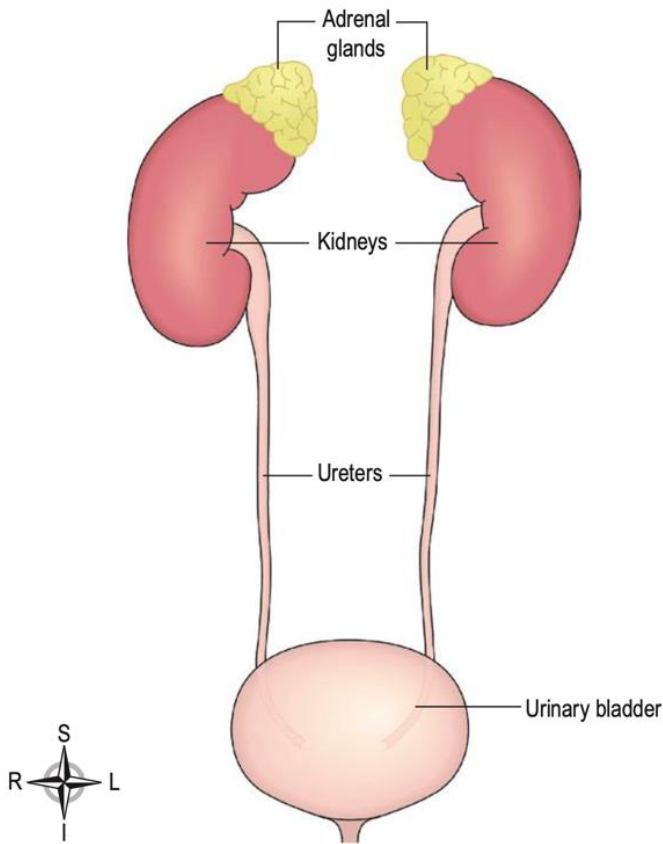
Korteks ginjal mengandung sebagian besar nefron, unit fungsional utama ginjal. Nefron terdiri dari glomerulus, tempat filtrasi darah terjadi, dan tubulus yang berfungsi untuk reabsorpsi dan sekresi zat-zat tertentu (Sato et al., 2019). Medula ginjal terdiri dari piramida renal yang mengandung loop of Henle dan duktus pengumpul. (Chen et al., 2020). Ginjal memiliki suplai darah yang kompleks. Arteri renalis memiliki cabang yaitu arteri interlobaris, arkuata, dan interlobularis yang membentuk arteriola aferen dan mensuplai glomerulus (O'Sullivan et al., 2017).

Struktur makroskopis ginjal terdiri dari beberapa bagian. Pada potongan melintang, ginjal menunjukkan tiga zona utama:

korteks, medula, dan pelvis renalis (Dantzler et al., 2014). Korteks merupakan lapisan terluar yang berwarna kemerahan dan terdiri dari glomerulus, tubulus proksimal dan distal. Medula, terletak di bagian dalam dan terdiri dari 8-18 piramida renal berbentuk kerucut yang ujungnya mengarah ke pelvis renalis (Bertram et al., 2016). Setiap piramida dipisahkan oleh kolom renal yang merupakan perpanjangan dari korteks. Pelvis renalis merupakan struktur berbentuk corong yang berfungsi untuk mengumpulkan urin dari papila renal di ujung piramida dan menyalurkannya ke ureter (O'Sullivan et al., 2017). Seluruh ginjal dilingkupi oleh kapsul fibrous yang tipis namun kuat, yang berfungsi untuk melindungi struktur internal ginjal serta mempertahankan bentuknya (Sato et al., 2019).

3.2.2 Ureter

Ureter adalah struktur tubular yang menghubungkan ginjal dengan kandung kemih. Secara anatomis, ureter memiliki panjang sekitar 25-30 cm dan diameter 3-4 mm (Gambar 3.2). Dinding ureter terdiri dari tiga lapisan: mukosa (lapisan dalam), muskularis (lapisan otot), dan adventitia (lapisan luar). Lapisan muskularis memiliki peran penting dalam pergerakan urin melalui kontraksi peristaltik (Standring, 2020). Fungsi utama ureter adalah mengangkut urin dari ginjal ke kandung kemih. Proses ini terjadi melalui kombinasi gravitasi dan kontraksi peristaltik dari otot polos pada dinding ureter. Kontraksi diatur oleh sistem saraf otonom dan sel-sel pacemaker yang terletak di pelvis ginjal. Frekuensi kontraksi normal yaitu 1 hingga 5 kali per menit, dengan kecepatan aliran urin sekitar 1 sampai 2 ml per menit (Hall, 2020).



Gambar 3.2. Ureter yang menghubungkan ginjal dan kandung kemih (Ross & Wilson, 2014)

Ureter memiliki beberapa mekanisme untuk mencegah aliran balik urin. Salah satunya adalah katup ureterovesikal yang terletak di persimpangan ureter dengan kandung kemih. Katup ini berfungsi sebagai penghalang satu arah, memungkinkan urin mengalir ke kandung kemih tetapi mencegah aliran balik ke ureter. Selain itu, sudut masuk ureter ke kandung kemih yang miring juga membantu mencegah refluks urin saat kandung kemih berkontraksi (Drake et al., 2019).

3.2.3 Kandung Kemih

Kandung kemih adalah organ berongga berbentuk balon dan terletak pada pelvis (Gambar 3.2). Fungsi utamanya yaitu menyimpan urin sebelum dikeluarkan melalui uretra. Secara anatomi, kandung kemih memiliki kapasitas normal sekitar 400-600 ml pada orang dewasa. Dinding kandung kemih terdiri dari empat lapisan yaitu mukosa (lapisan dalam), submukosa, muskularis (detrusor), dan serosa (lapisan luar). Lapisan muskularis yang tebal disebut otot detrusor memiliki peran penting dalam proses berkemih (Standring, 2020).

Kandung kemih memiliki beberapa mekanisme pertahanan terhadap infeksi. Lapisan mukosa menghasilkan glikoprotein yang membentuk lapisan pelindung sehingga mencegah bakteri menempel pada dinding kandung kemih. Selain itu, pengosongan kandung kemih secara teratur membantu mengeluarkan bakteri yang masuk. Namun, retensi urin yang berkepanjangan dapat meningkatkan risiko terjadinya infeksi saluran kemih. Disfungsi kandung kemih dapat terjadi karena berbagai faktor seperti penuaan, penyakit neurologis, ataupun obstruksi saluran keluar kandung kemih (Longo et al., 2022).

3.2.4 Uretra

Uretra adalah saluran yang menghubungkan kandung kemih dengan bagian luar tubuh, berfungsi untuk mengeluarkan urin. Struktur anatomi uretra berbeda antara laki-laki dan perempuan. Pada laki-laki, uretra memiliki panjang sekitar 18-20 cm dan melewati prostat, sfingter uretra eksternal, dan penis. Sedangkan pada perempuan, uretra lebih pendek, sekitar 3-4 cm, dan bermuara di vestibulum vagina. Dinding uretra terdiri dari mukosa, submukosa, dan lapisan otot polos dan lurik (Standring, 2020).

Fisiologi uretra berkaitan erat dengan proses berkemih atau yang disebut dengan mikturisi. Selama pengisian kandung kemih, sfingter uretra internal dan eksternal berkontraksi untuk mencegah keluarnya urin. Ketika proses berkemih dimulai, otot detrusor kandung kemih berkontraksi, sfingter uretra

berelaksasi, dan urin mengalir melalui uretra. Proses ini dikendalikan oleh sistem saraf otonom dan somatik. Sfingter uretra eksternal berada di bawah kendali volunter, memungkinkan penundaan berkemih jika diperlukan (Hall, 2020).

Uretra rentan terhadap beberapa kondisi patologis. Infeksi saluran kemih, terutama uretritis, dapat disebabkan oleh bakteri atau infeksi menular seksual. Striktur uretra, yaitu penyempitan saluran uretra, dapat terjadi akibat cedera, infeksi, atau peradangan kronis. Pada laki-laki, pembesaran prostat dapat menekan uretra dan mengganggu aliran urin. Selain itu, anomali kongenital seperti hipospadia (lubang uretra berada di bagian bawah penis) dapat mempengaruhi fungsi uretra. Diagnosis dan penanganan masalah uretra sering melibatkan pemeriksaan urologi seperti uroflowmetri atau sistoskopi (McAninch & Lue, 2020).

3.3 Fisiologi Sistem Eksresi

3.3.1 Proses Pembentukan Urin

1. **Filtrasi Glomerulus:** Proses ini terjadi di glomerulus. Darah yang masuk ke glomerulus mengalami tekanan tinggi, yang menyebabkan cairan dan zat terlarut berukuran kecil melewati dinding kapiler dan masuk ke dalam kapsula Bowman (Marieb & Hoehn, 2019). Filtrat yang dihasilkan mengandung air, garam, glukosa, asam amino, dan zat-zat lain, tetapi tidak mengandung sel darah atau protein plasma berukuran besar. Sekitar 180 liter filtrat diproduksi setiap hari, namun sebagian besar akan direabsorpsi pada tahap selanjutnya.
2. **Reabsorpsi Tubulus:** Filtrat kemudian mengalir melalui tubulus ginjal, dimulai dari tubulus proksimal. Sebagian besar zat yang masih berguna untuk tubuh diserap kembali ke dalam darah. Proses ini melibatkan mekanisme transport aktif dan pasif (Silverthorn, 2018)
3. **Sekresi Tubulus:** Tahap ini terjadi terutama di tubulus distal dan duktus pengumpul. Beberapa zat yang tidak diinginkan

- atau berlebih disekresikan dari darah ke dalam tubulus (Barrett et al., 2019)
4. Pemekatan Urin: Proses ini terjadi di medula ginjal dan melibatkan sistem arus berlawanan yang dibentuk oleh lengkung Henle dan vasa recta. Mekanisme ini memungkinkan ginjal untuk menghasilkan urin yang lebih pekat daripada filtrat awal, sehingga menghemat air tubuh (Widmaier et al., 2019).
 5. Pengaturan Hormon: Hormon antidiuretik (ADH) dan aldosteron berperan penting dalam mengatur volume dan komposisi urin akhir. ADH meningkatkan reabsorpsi air di duktus pengumpul, sementara aldosteron meningkatkan reabsorpsi natrium dan sekresi kalium (Boron & Boulpaep, 2020).

Hasil akhir dari seluruh proses ini adalah pembentukan sekitar 1-2 liter urin per hari. Urin tersebut mengandung zat-zat sisa metabolisme dan kelebihan air yang harus dikeluarkan dari tubuh.

3.3.2 Regulasi Volume dan Komposisi Urin

Regulasi volume dan komposisi urin merupakan proses kompleks yang melibatkan interaksi antara sistem endokrin dan ginjal. Hormon antidiuretik (ADH), juga dikenal sebagai vasopresin, memainkan peran kunci dalam mengatur volume urin dan osmolaritas plasma. ADH dilepaskan dari hipofisis posterior sebagai respons terhadap peningkatan osmolaritas plasma atau penurunan volume darah. Ketika ADH berikatan dengan reseptornya di duktus pengumpul ginjal, ia meningkatkan permeabilitas air pada sel-sel tubulus, menyebabkan lebih banyak air direabsorpsi ke dalam darah dan menghasilkan urin yang lebih terkonsentrasi (Koeppen & Stanton, 2018). Sebaliknya, ketika kadar ADH rendah, lebih sedikit air direabsorpsi, menghasilkan urin yang lebih encer dan dalam volume yang lebih besar.

Aldosteron, hormon steroid yang diproduksi oleh korteks adrenal, berperan dalam regulasi keseimbangan natrium dan kalium. Aldosteron meningkatkan reabsorpsi natrium dan sekresi kalium di tubulus distal dan duktus pengumpul ginjal. Peningkatan reabsorpsi natrium juga menyebabkan retensi air dan mempengaruhi volume serta konsentrasi urin. Sekresi aldosteron dirangsang oleh sistem renin-angiotensin-aldosteron (RAAS) sebagai respons terhadap penurunan volume darah atau tekanan darah (Hall, 2016). Peptida natriuretik atrial (ANP) memiliki efek yang berlawanan dengan aldosteron. ANP dilepaskan oleh sel-sel atrium jantung sebagai respons terhadap peregangan atrium akibat peningkatan volume darah. ANP meningkatkan ekskresi natrium dan air dengan menghambat reabsorpsi natrium di tubulus ginjal dan menekan sekresi renin dan aldosteron (Silverthorn, 2018).

Diet dan hidrasi juga memiliki pengaruh signifikan terhadap volume dan komposisi urin. Asupan cairan yang tinggi akan meningkatkan volume urin dan menurunkan konsentrasinya, sementara dehidrasi akan menghasilkan urin yang lebih terkonsentrasi dan dalam volume yang lebih kecil. Konsumsi makanan tinggi natrium dapat meningkatkan ekskresi natrium dalam urin, tetapi juga dapat menyebabkan retensi air jika asupan natrium berlebihan dan kronis (Juraschek et al., 2017). Sebaliknya, diet rendah natrium mampu menurunkan ekskresi natrium dalam urin. Asupan protein juga mempengaruhi komposisi urin karena metabolisme protein menghasilkan urea yang diekskresikan melalui urin. Diet tinggi protein dapat meningkatkan ekskresi urea dan nitrogen dalam urin serta meningkatkan beban asam yang harus dinetralisasi oleh ginjal (Weiner et al., 2015). Selain itu, konsumsi makanan dan minuman yang mengandung kafein atau alkohol dapat memberikan efek diuretik melalui penghambatan ADH.

3.3.3 Mekanisme Pengendalian Homeostasis

Homeostasis adalah kemampuan tubuh untuk mempertahankan kondisi internal yang stabil meskipun terjadi perubahan lingkungan eksternal. Salah satu aspek penting dari

homeostasis adalah pengaturan kadar elektrolit dalam tubuh. Elektrolit, seperti natrium, kalium, dan klorida, memiliki peran krusial dalam berbagai proses fisiologis termasuk konduksi saraf, kontraksi otot, dan keseimbangan osmotik (Boron & Boulpaep, 2017). Ginjal merupakan organ utama yang bertanggung jawab dalam pengaturan kadar elektrolit. Melalui proses filtrasi, reabsorpsi, dan sekresi, ginjal dapat mengatur jumlah elektrolit yang diekskresi atau diretensi. Salah satunya melalui hormon aldosteron yang menyebabkan peningkatan reabsorpsi natrium dan ekskresi kalium di tubulus distal dan duktus pengumpul ginjal (Sherwood, 2015). Selain itu, hormon antidiuretik (ADH) juga berperan dalam pengaturan osmolaritas plasma dengan mengontrol reabsorpsi air di ginjal dan secara tidak langsung mempengaruhi konsentrasi elektrolit.

Pengaturan keseimbangan asam-basa adalah hal yang krusial dalam homeostasis. pH darah normal berkisar antara 7,35-7,45, dan tubuh memiliki beberapa mekanisme untuk mempertahankan rentang pH ini (Silverthorn, 2018). Sistem penyangga (buffer) kimia, seperti sistem bikarbonat-asam karbonat, merupakan lini pertahanan pertama terhadap perubahan pH. Sistem ini dapat menetralkan ion hidrogen atau hidroksil yang berlebihan. Sistem pernapasan juga berperan dalam pengaturan pH dengan mengontrol kadar CO₂ dalam darah. Peningkatan laju dan kedalaman pernapasan dapat mengurangi CO₂ darah sehingga meningkatkan pH (alkalosis respiratorik), sedangkan penurunan ventilasi dapat menurunkan pH (asidosis respiratorik) (Koeppen & Stanton, 2018).

Ginjal memainkan peran utama dalam pengaturan keseimbangan asam-basa jangka panjang. Ginjal dapat mengekskresikan kelebihan asam atau basa melalui urin dan juga dapat menghasilkan bikarbonat baru untuk menggantikan bikarbonat yang telah digunakan dalam menetralkan asam. Proses ini melibatkan sekresi ion hidrogen dan reabsorpsi bikarbonat di tubulus ginjal. Dalam kondisi asidosis, ginjal meningkatkan ekskresi asam dan produksi bikarbonat baru, sedangkan dalam kondisi alkalosis, ginjal mengurangi ekskresi asam dan meningkatkan ekskresi bikarbonat (Hall, 2016). Selain itu, ginjal juga mengatur

kadar fosfat dan amonium dalam urin, yang berperan penting dalam keseimbangan asam-basa. Pengaturan ini dipengaruhi oleh berbagai hormon, termasuk aldosteron dan parathormon, yang membantu mengatur ekskresi elektrolit dan asam-basa (Barrett et al., 2019).

3.4 Proses Ekskresi pada Organ Lain

3.4.1 Ekskresi Melalui Kulit (Keringat)

Kulit berperan penting dalam proses ekskresi melalui produksi keringat. Keringat dihasilkan oleh kelenjar ekrin dan apokrin yang tersebar di seluruh permukaan kulit. Kelenjar ekrin menghasilkan keringat yang sebagian besar terdiri dari air, dengan sedikit elektrolit seperti natrium, kalium, dan klorida, serta zat-zat sisa metabolisme seperti urea dan asam laktat (Tortora & Derrickson, 2017). Keringat berfungsi utama untuk mengatur suhu tubuh melalui penguapan, namun juga berperan dalam ekskresi zat-zat sisa. Kelenjar apokrin, yang lebih banyak ditemukan di daerah ketiak dan selangkangan, menghasilkan keringat yang lebih kental dan mengandung lipid serta protein.

3.4.2 Ekskresi Melalui Paru-paru (CO₂ dan Uap Air)

Paru-paru merupakan organ ekskresi utama untuk karbon dioksida (CO₂) dan uap air. Selama proses respirasi seluler, sel-sel tubuh menghasilkan CO₂ sebagai produk sampingan. CO₂ ini berdifusi ke dalam darah dan diangkut ke paru-paru, di mana ia dilepaskan melalui proses pertukaran gas di alveoli dan dihembuskan keluar (Silverthorn, 2018). Selain CO₂, paru-paru juga mengeluarkan uap air sebagai bagian dari proses ekshalasi. Jumlah uap air yang dikeluarkan melalui paru-paru dapat bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan dan tingkat aktivitas fisik.

3.4.3 Detoksifikasi oleh Hati

Hati memainkan peran krusial dalam proses detoksifikasi, yang merupakan bagian penting dari sistem ekskresi tubuh. Hati memiliki kemampuan untuk mengubah berbagai zat berbahaya, termasuk obat-obatan, alkohol, dan

produk sampingan metabolisme, menjadi bentuk yang kurang toksik dan lebih mudah diekskresikan (Marieb & Hoehn, 2019). Proses ini melibatkan serangkaian reaksi enzimatik yang dikenal sebagai metabolisme fase I dan fase II. Dalam fase I, enzim sitokrom P450 mengoksidasi, mereduksi, atau menghidrolisis zat-zat toksik. Fase II melibatkan konjugasi zat-zat ini dengan molekul lain, seperti asam glukuronat atau sulfat, untuk meningkatkan kelarutannya dalam air dan memudahkan ekskresi melalui urin atau empedu (Hall, 2016).

Selain detoksifikasi, hati juga berperan dalam metabolisme protein dan menghasilkan urea sebagai produk akhir dari metabolisme nitrogen. Urea ini kemudian diekskresikan melalui ginjal. Hati juga menghasilkan empedu yang membantu dalam pencernaan lemak dan ekskresi bilirubin (produk pemecahan hemoglobin) serta kolesterol berlebih melalui saluran pencernaan (Sherwood, 2015).

DAFTAR PUSTAKA

- Barrett, K. E., Barman, S. M., Brooks, H. L., & Yuan, J. X. J. (2019). Ganong's Review of Medical Physiology (26th ed.). McGraw-Hill Education.
- Drake, R.L., Vogl, A.W., & Mitchell, A.W.M. (2019). Gray's Anatomy for Students (4th ed.). Elsevier.
- Hall, J.E. (2020). Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology (14th ed.). Elsevier.
- Juraschek, S. P., Miller, E. R., Weaver, C. M., & Appel, L. J. (2017). Effects of Sodium Reduction and the DASH Diet in Relation to Baseline Blood Pressure. *Journal of the American College of Cardiology*, 70(23), 2841-2848.
- Koeppen, B. M., & Stanton, B. A. (2018). Berne & Levy Physiology (7th ed.). Elsevier.
- Longo, D.L., Fauci, A.S., Kasper, D.L., Hauser, S.L., Jameson, J.L., & Loscalzo, J. (2022). Harrison's Principles of Internal Medicine (21st ed.). McGraw-Hill Education.
- Marieb, E. N., & Hoehn, K. (2019). Human Anatomy & Physiology (11th ed.). Pearson.
- McAninch, J.W., & Lue, T.F. (2020). Smith and Tanagho's General Urology (19th ed.). McGraw-Hill Education.
- Mende, C. W., & Einhorn, D. (2010). Fatty Kidney Disease: A New Renal And Endocrine Clinical Entity? Describing the Role of the Kidney in Obesity, Metabolic Syndrome, and Type 2 Diabetes. *Endocrine Practice* Vol. 25, No. 8.
- Sherwood, L. (2015). Human Physiology: From Cells to Systems (9th ed.). Cengage Learning.
- Silverthorn, D. U. (2018). Human Physiology: An Integrated Approach (8th ed.). Pearson.
- Standring, S. (2020). Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice (42nd ed.). Elsevier.
- Waugh, A., & Grant, A. (2019). Ross and Wilson: Anatomy & Physiology in Health and Illness (12nd ed). Elsevier
- Weiner, I. D., Mitch, W. E., & Sands, J. M. (2015). Urea and Ammonia Metabolism and the Control of Renal Nitrogen

Excretion. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 10(8), 1444-1458.

Widmaier, E. P., Raff, H., & Strang, K. T. (2019). *Vander's Human Physiology: The Mechanisms of Body Function* (15th ed.). McGraw-Hill Education.

BAB 4

ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM KARDIOVASKULAR

Oleh Ernita

4.1 Pendahuluan

Jantung dan sistem kardiovaskular merupakan organ yang kompleks yang memiliki 4 ruang berbeda secara morfologis dan fungsinya yang juga memasok darah ke seluruh tubuh manusia (Chaudhry et al., 2024; Litviňuková et al., 2020). Jantung melalui beberapa pengaruh yang terlibat dalam sistem ini ia dapat mengendalikan kecepatan jumlah dan aliran darah yang dibawa melalui pembuluh-pembuluh. Pembuluh-pembuluh darah yang terlibat antara lain arteri, vena dan kapiler, jika lebih rinci penyebutan "sistem kardiovaskular" selalu melibatkan jantung, arteri, vena juga kapiler yang bekerja sama dengan cukup rumit untuk menyediakan pasokan darah yang cukup ke seluruh tubuh tanpa terkecuali (Chaudhry et al., 2024).

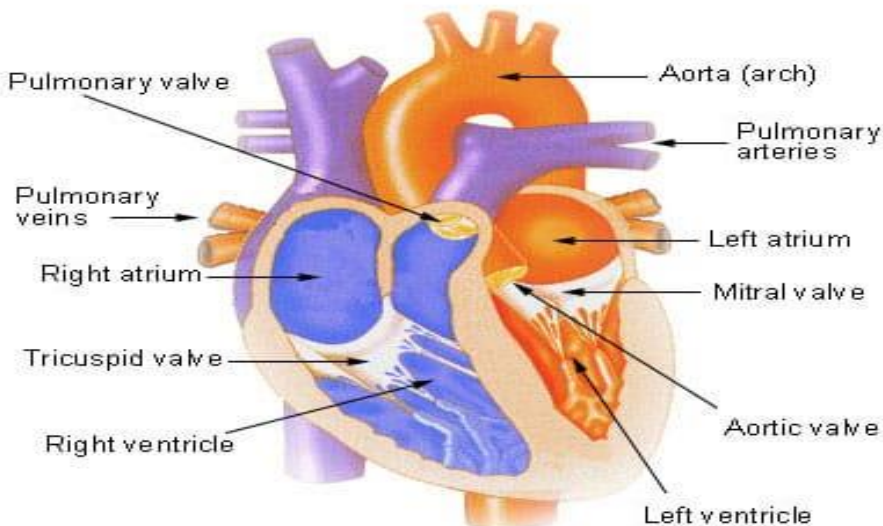
Pengaturan sistem kardiovaskular terjadi melalui berbagai rangsangan terhadapnya diantaranya volume darah, elektrolit, osmolaritas, obat-obatan, hormonal, ginjal, kelenjar adrenal, sistem saraf parasimpatis dan simpatis juga ikut berperan penting dalam pengaturan sistem kardiovaskular (Saxton et al., 2024).

4.2 Jantung

Jantung merupakan organ khusus dalam tubuh manusia yang memompa darah secara langsung ke arteri dan lebih khususnya lagi aorta dan arteri pulmonalis (Chaudhry et al., 2024). Jantung juga merupakan organ yang memiliki otot yang letaknya di tengah dada tepatnya di belakang tulang dada yang terdiri dari empat ruang jantung, 2 ruang atas yang disebut dengan atrium diantaranya atrium kanan dan atrium kiri, dan

dua ruang bawah yang disebut ventrikel antara lain ventrikel kanan dan kiri (Chaudhry et al., 2024). Atrium kanan dan ventrikel kanan bersama-sama sering disebut dengan jantung kanan, sedangkan atrium kiri dan ventrikel kiri bersama-sama secara fungsinya membentuk jantung kiri dan disebut juga jantung bagian kiri (Kudzinskas and Callahan, 2024; Rehman and Rehman, 2024; Saxton et al., 2024).

Internal View of the Heart



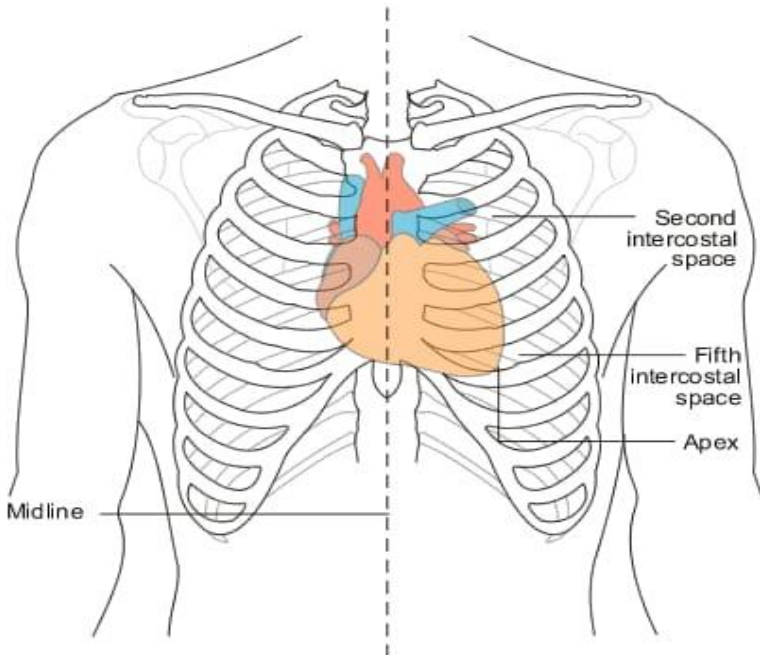
Gambar 4.1. Jantung

(Sumber:<https://training.seer.cancer.gov/anatomy/cardiovascular/heart/structure.html>)

4.2.1 Letak Jantung dan Batasan Jantung

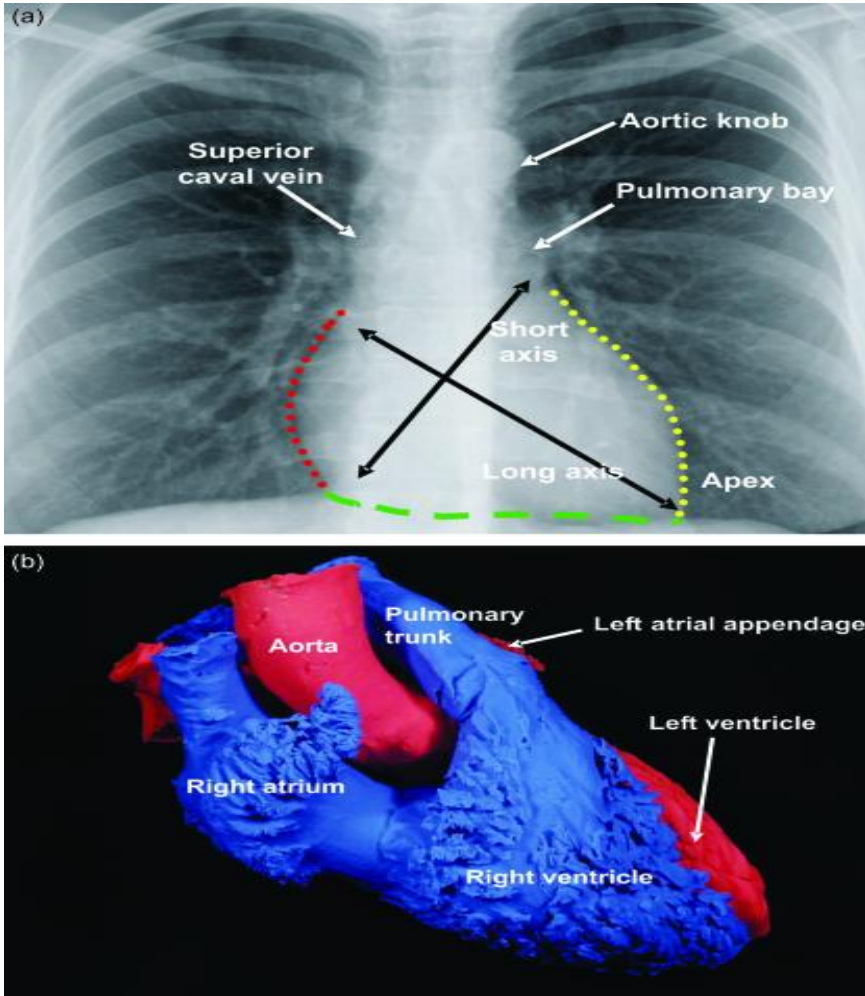
Jantung terletak di dalam mediastinum dengan 1/3 beratnya di sebelah kanan garis tengah dengan sumbu panjangnya diarahkan dari bahu kanan menuju hypokondrium kiri (Anderson et al., 2004). Namun terdapat variasi dalam letak jantung antara satu orang dengan orang yang lain didasarkan pada kondisi tubuh dan penyakitnya, juga jika terdapat perubahan kecil yang terjadi pada pernafasan (Anderson et al., 2004).

Jantung terbentang dari kira-kira tulang rawan kosta ke-2 di sebelah kiri dan tulang rawan kosta ke-3 di sebelah kanan hingga ruang interkostal ke-5 di sebelah kiri, dan tulang rawan kosta ke-6 di sebelah kanan. Puncaknya berada di sela iga kelima kiri pada garis midklavikula (Mori et al., 2019). Berikut adalah gambar batasan jantung.



Gambar 4.2. Batasan Jantung

(Sumber:https://www.nottingham.ac.uk/nursing/practice/resources/cardiology/function/chest_leads.php)



Gambar 4.3. Letak Jantung
(Sumber: library.wiley.com)

Foto radiografi pada Gambar 4.3 (a) di atas menunjukkan jantung dengan sumbu sumbunya. Batas kanan jantung dapat dilihat dari garis putus berwarna merah, batas kiri atau batas tumpul masa ventrikel digambarkan dengan garis putus-putus berwarna kuning, sedangkan batas lancip ventrikel ditandai dengan garis putus berwarna hijau (Mori et al., 2019). Pada Gambar 4.3 (b) merupakan foto jantung yang dapat dilihat pada

warna biru yang disebut dengan jantung kanan, dan pada warna merah disebut dengan jantung kiri (Mori et al., 2019).

4.2.2 Ukuran dan Berat Jantung

Jantung manusia dewasa rata-rata biasanya berukuran hampir sama atau sedikit lebih besar dari kepala tangannya dengan rata-rata dimensi sekitar (13 * 9 * 6 cm) (5 * 3,5 * 2,5 inci), dengan berat diperkirakan sekitar 10,5 ons (300 gram) pada laki-laki dan pada perempuan (255 gram) (Oliver et al., 2024). Jantung berbentuk hampir seperti kerucut dengan arah lebarnya mengarah ke atas kanan dan puncaknya mengarah ke bawah dan ke kiri, letaknya di rongga dada, di belakang tulang dada, di antara paru-paru manusia, Panjang jantung normal adalah 11,41 cm dan rata-rata lebar jantung normal adalah 8,21 cm (Mohammadi et al., 2016).

4.3 Fungsi Jantung

Peran utamanya dalam sirkulasi adalah meningkatkan kecukupan aliran darah untuk memenuhi kebutuhan metabolisme jaringan tubuh (Crystal and Heerdt, 2019). Fungsi lain dari sistem kardiovaskular terdiri dari 2 sirkulasi utama yaitu sirkulasi sistemik dan sirkulasi pulmonal. Sirkulasi sistemik yang menyediakan darah yang kaya oksigen dan nutrisi untuk mencapai dan disalurkan ke seluruh tubuh. Sedangkan sirkulasi pulmonal yang memungkinkan oksigenasi darah di dalam paru-paru (Chaudhry et al., 2024).

Menurut Gupta dan Shea (2022), sisi kanan jantung berfungsi memompa darah ke paru-paru, tempat oksigen ditambahkan dan meninggalkan karbon dioksida, sedangkan sisi kiri jantung memompa darah ke seluruh tubuh.

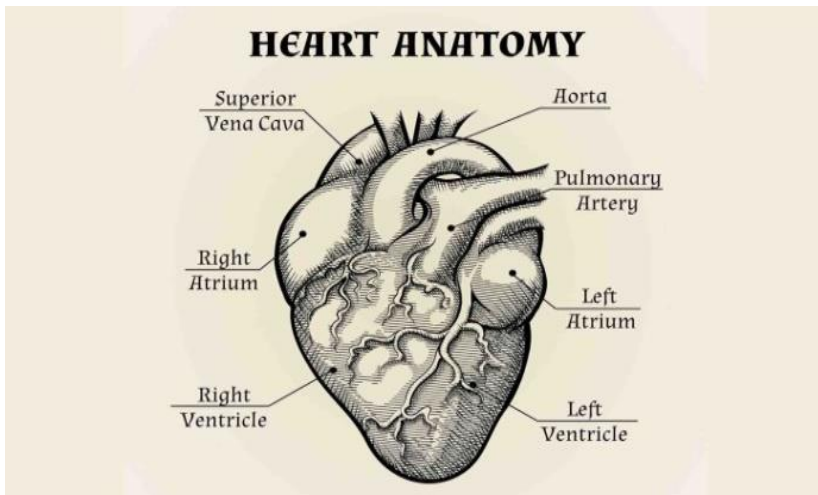
4.4 Anatomi Jantung

4.4.1 Ruang Jantung

Jantung terdiri dari 4 ruang dan juga dua pompa dextra dan sinistra untuk mengalirkan darah ke sirkulasi sistemik dan pulmonal (Rehman and Rehman, 2024). Empat ruangan yang terbentuk seperti rongga di dalam jantung antara lain atrium

kanan, ventrikel kanan, atrium kiri, serta ventrikel kiri. Dua ruang atas jantung disebut dengan atrium sedangkan dua ruang bawah jantung disebut dengan ventrikel (NIH, 2019).

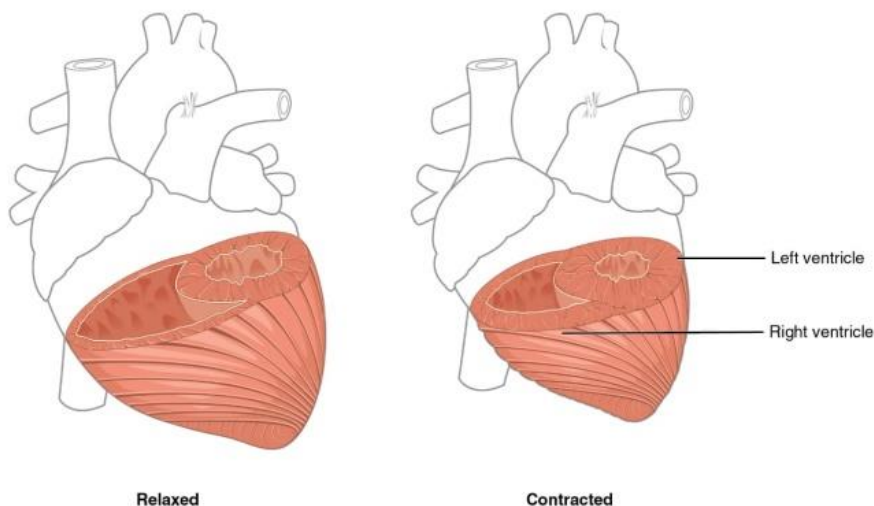
Atrium jantung memegang peranan penting dalam pengaturan volume cairan ekstraseluler dan homeostasis elektrolit. Jika dilihat dari depan, rongga atrium kanan terletak di kanan dan anterior, sedangkan atrium kiri terletak di sisi kiri dan sebagian besar di posterior. Kedua atrium merupakan rongga atau ruang yang memiliki dinding yang tipis yang menerima darah dari Vena sedangkan kedua ventrikel ruang yang memiliki dinding lebih tebal yang secara berenergi memaksa memompa darah keluar dari jantung (Ho et al., n.d.; NIH, 2022a; Whiteman et al., 2021).



Gambar 4.4. Ruang Jantung
(Sumber: <https://jovee.id>)

Atrium menerima darah dari semua jaringan kecuali paru-paru. Pada atrium kiri di bagian kiri atas jantung berukuran sedikit lebih kecil dari atrium kanan dan memiliki dinding yang lebih tebal. Atrium kiri menerima darah dari vena pulmonalis yang kaya akan oksigen dari paru-paru. Secara detail dan berdasarkan fungsinya masing-masing darah mengalir dari atrium kiri ke ventrikel kiri, ventrikel kiri ini memiliki dinding

yang 3 kali lebih tebal dari ventrikel kanan, lalu darah dipaksa dari ruangan ini melalui aorta mengalir ke seluruh tubuh kecuali paru-paru (Oliver et al., 2024).



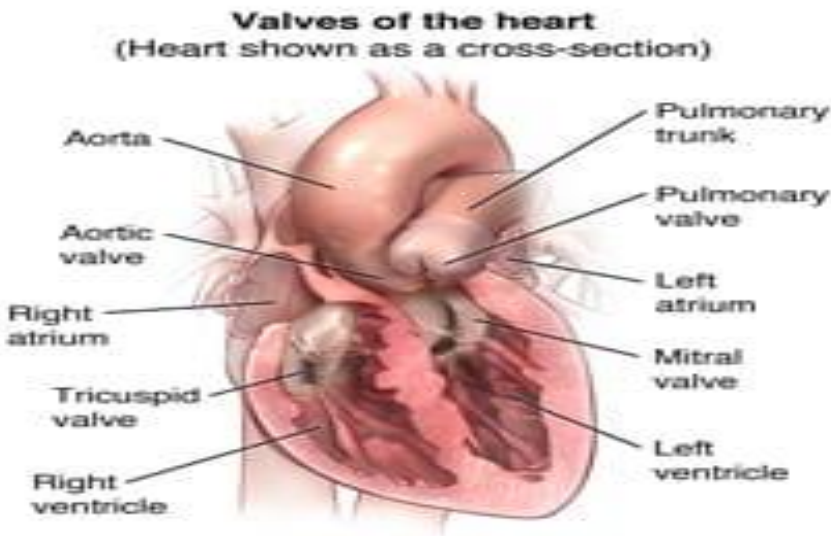
Gambar 4.5. Perbedaan Ketebalan Ventrikel
(Sumber: roboguru.ruangguru.com)

4.4.2 Katup Jantung

Pemompaan memerlukan seperangkat katup untuk menjaga cairan mengalir dalam satu arah di dalam jantung. Fungsi katup pada jantung adalah untuk mencegah aliran balik darah dengan katup memungkinkan darah mengalir hanya dalam satu arah saja (NIH, 2019; Oliver et al., 2024). Jantung memiliki empat katup yang menjaga darah agar mengalir ke arah yang benar. Katup tersebut antara lain:

1. Katup antara atrium kanan dan ventrikel kanan (katup atrio-ventrikuler) atau disebut juga katup tricuspid,
2. Katup paru terletak antara ventrikel kanan dan arteri pulmonalis,
3. Katup mitral/bicuspid terletak antara atrium kiri dan ventrikel kiri, dan
4. Katup aorta terletak antara ventrikel kiri dan aorta (NIH, 2019; Oliver et al., 2024).

Katup atrium ventrikular merupakan struktur yang tipis seperti daun yang terletak antara atrium dan ventrikel.. pembukaan atrioventrikular kanan dijaga oleh katup trikuspid sedangkan pembukaan atrium ventrikular kiri dijaga oleh katup mitral atau bicuspid (Oliver et al., 2024).



Gambar 4.6. Katup-Katup Jantung

(Sumber:

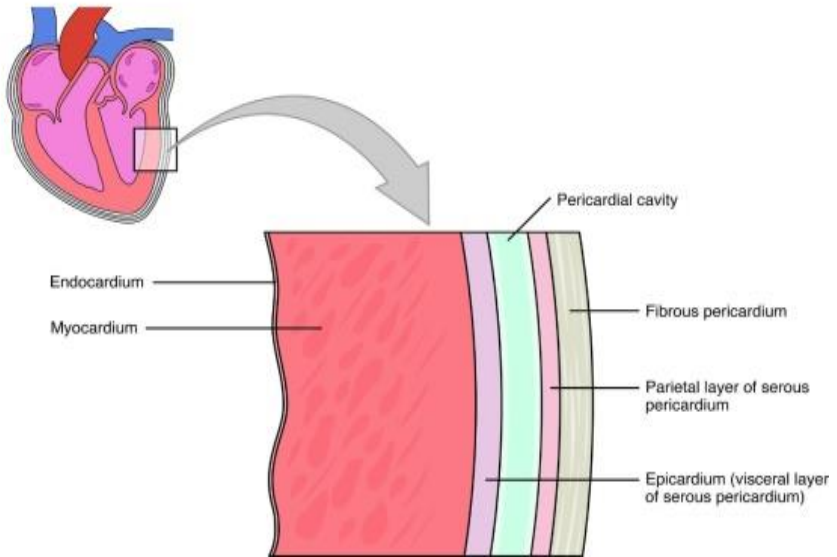
<https://www.hopkinsmedicine.org/health/conditions-and-diseases/heart-valve-diseases>)

4.4.3 Lapisan Jantung

Jantung memiliki tiga lapisan dengan ketebalan yang tidak sama yang membentuk dinding jantung. Lapisan terluar dinding jantung disebut epikardium, lapisan tengah jantung (miokardium), dan lapisan dalam jantung disebut endokardium (NIH, 2022a).

Perikardium merupakan selaput yang mengelilingi jantung dan juga mengelilingi pembuluh darah utama. Perikardium terbagi atas 2 yaitu: perikardium fibrosa bagian luar dan perikardium serosa atau viseral bagian dalam. Perikardium fibrosa terbuat dari jaringan ikat padat dan kuat

yang mengelilingi jantung dan mempertahankan posisinya di dada. Sedangkan perikardium serosa merupakan jaringan yang lebih halus yang berisi cairan serosa atau pelumas yang terletak antara epikardium dan perikardium. Epikardium merupakan perikardium visceral yang mendasari jaringan ikat fibro elastis (Arackal and Alsayouri, 2024).

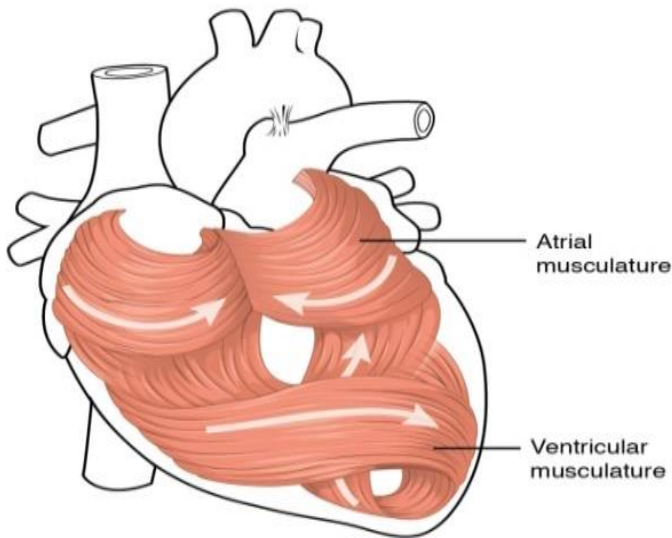


Gambar 4.7. Lapisan Membran Jantung
(Sumber: <https://openstax-org.translate.goog/books/anatomy-and-physiology>)

Miokardium merupakan dinding jantung atau otot yang bekerja dan membutuhkan pasokan O_2 serta berbagai nutrisi secara terus-menerus agar dapat melakukan fungsinya dengan baik. Otot jantung ini juga memiliki jaringan pembuluh darah yang luas untuk meneruskan O_2 ke sel-sel yang berkontraksi dan membuang sisa metabolisme. Miokardium juga merupakan lapisan tengah yang paling tebal yang sebagian besar terdiri dari sel otot jantung dengan pola otot yang sangat elegan dan kompleks, saat sel otot berputar mengelilingi bilik jantung terlihat pola seperti angka 8 di sekitar atrium dan pada dasar pembuluh darah besar. Pola putaran yang sungguh rumit ini

memungkinkan jantung memompa darah lebih efektif dibandingkan pola linier sederhana (Arackal and Alsayouri, 2024).

Gambar di bawah ini menunjukkan pola jaringan otot jantung yang berputar memberikan kontribusi yang signifikan terhadap kemampuan jantung untuk memompa darah secara efektif.



Gambar 4.8. Pola Jaringan Otot Jantung

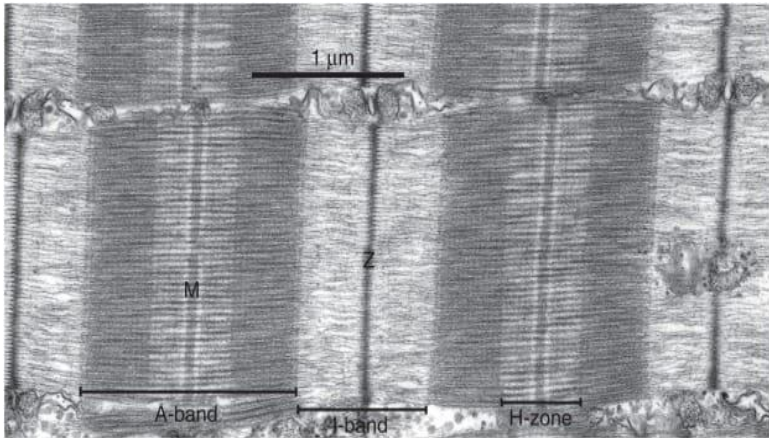
(Sumber: <https://openstax-org.translate.goog/books/anatomy-and-physiology-2e/pages/19-1-heart>)

Endokardium terdiri dari endoterm dan lapisan jaringan ikat sub endoterm sub endokardium, terletak diantara endokardium dan miokardium yang berisi sistem penghantar impuls (Arackal and Alsayouri, 2024).

4.4.4 Otot Jantung

Otot jantung disebut dengan miokardium. Salah satu lapisan jantung yang membungkus miokardium merupakan satu dari tiga kategori utama otot yang dijumpai dalam tubuh manusia bersama dengan otot polos dan otot lainnya. Otot jantung terdiri dari sarkomer (jaringan yang disusun dari filamen miosin tebal, tunggal, dan dua sisi filamen aktin) yang

merupakan kontraktil dasar otot lurik disusun untuk membentuk miofibril (Sweeney and Hammers, 2018; Tran et al., 2024).



Gambar 4.9. Sarkomer Jantung

(Sumber:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5793755/>)

Berdasarkan gambar di atas, mikrofag elektron dari bagian tipis memanjang melalui serat otot.

Endokardium bukanlah merupakan otot jantung, yang bertanggung jawab terhadap kontraktilitas jantung dan tindakan pemompaan adalah miokardium. Otot jantung ini berkontraksi dengan kekuatan cukup dan darah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan metabolisme seluruh tubuh (Ripa et al., 2024; Tran et al., 2024).

Miokardium ditemukan di dinding keempat ruang jantung meskipun lebih tebal di ventrikel dan lebih tipis di atrium, perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan pembangkitan kekuatan kontraksi yang diperlukan untuk mendorong darah antara atrium dan ventrikel di mana ventrikel memerlukan tenaga yang jauh lebih besar (Tran et al., 2024). Jantung juga memiliki serabut serabut yang berbentuk spiral searah jarum jam, dan berlawanan arah jarum jam.



Lower 1669



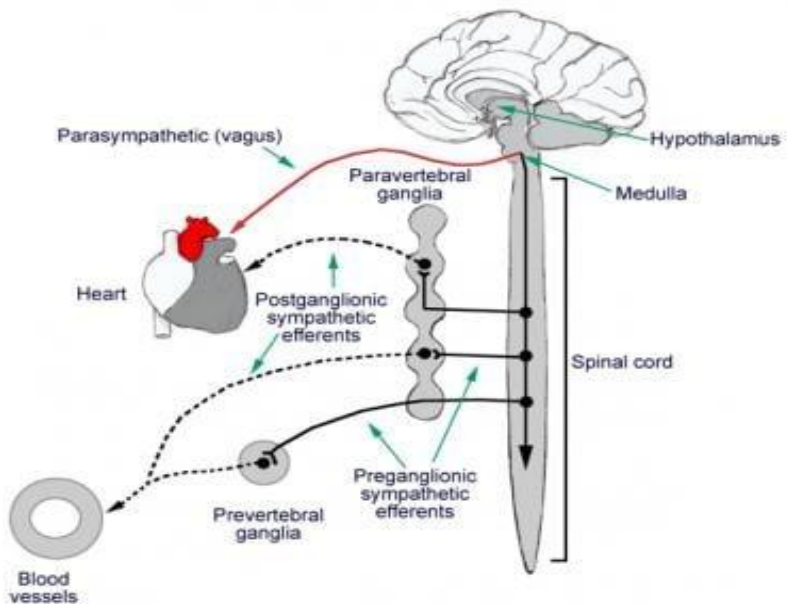
Torrent Guasp 1973

Gambar 4.10. Serabut Jantung
(Sumber:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5793755/>)

4.4.5 Saraf Jantung

Otot jantung dipersarafi oleh dua saraf-saraf akselerator dan saraf vagus yang masing-masing memberikan rangsangan simpatis dan parasimpatis dari sistem saraf otonom (Tran et al., 2024). Saraf vagus berperan penting dalam menjaga homeostasis fisiologis yang meliputi jalur refleks yang mengatur fungsi jantung. Jantung dipersyarafi oleh vagus pada sel otot jantung secara khusus pada atrium nodus sinoatrial, nodus atriofentrikular, miokardium ventrikel semuanya dipersarafi oleh serabut vagal.



Gambar 4.11. Saraf Jantung

(Sumber: <https://emedicine.medscape.com/article/1923077-overview#a1>)

4.4.6 Pembuluh darah Jantung

Pembuluh darah sangat penting karena mengontrol jumlah aliran darah dan sebagai tabung agar darah dapat teraliri ke bagian tubuh tertentu. Jantung memompa darah melalui pembuluh langsung ke arteri lebih khususnya aorta atau arteri pulmonalis dengan fungsi utama pembuluh darah. Sistem kardiovaskular terdiri dari jantung arteri, vena, dan kapiler (Chaudhry et al., 2024).

1. Arteri dan Arteriol

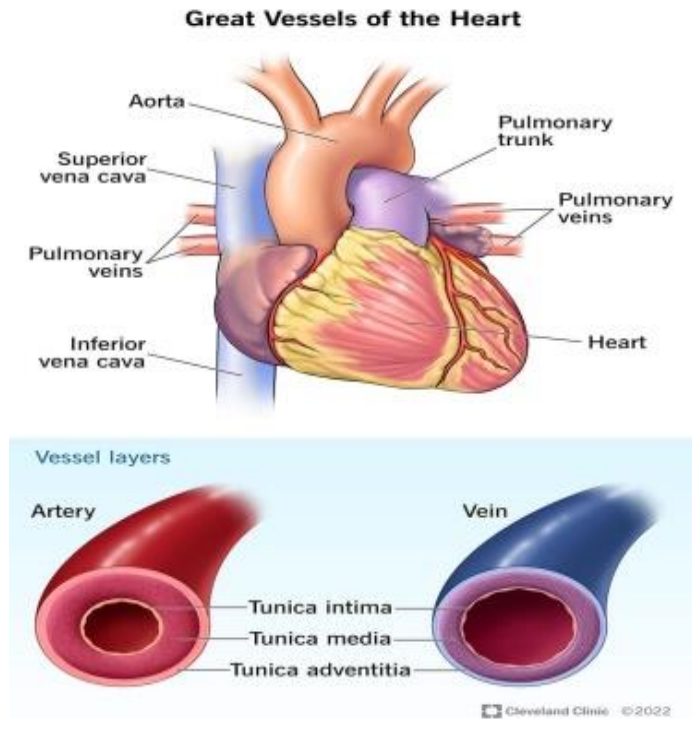
Arteri berperan utama dalam memberi nutrisi pada organ. Arteri merupakan pembuluh darah yang membawa darah beroksigen keluar dari jantung dan menyalurkannya ke berbagai bagian tubuh (Syed et al., 2023; Tucker et al., 2024). Arteri memiliki dinding tebal yang elastis serta terdiri dari otot polos dan jaringan ikat yang

memungkinkan mereka menahan tekanan darah tinggi (Syed et al., 2023).

Arteri secara progresif bercabang menjadi pembuluh yang lebih kecil yang disebut dengan arteriol. Arteriol merupakan cabang arteri yang lebih kecil yang selanjutnya terbagi lagi menjadi kapiler. Mereka semua mengatur aliran darah dan mengontrol tekanan darah dengan menyempitkan serta melebarkan dinding otot polosnya (Syed et al., 2023).

Arteri dimulai dari aorta (arteri besar yang meninggalkan jantung). Mereka bercabang beberapa kali menjadi semakin kecil seiring membawa darah jauh dari jantung melalui dinding tipis kapiler, oksigen dan nutrisi berpindah dari jaringan ke darah, dari kapiler darah masuk ke venula lalu masuk ke vena untuk kembali lagi ke jantung (Gupta and Shea, 2022; Sachdev, 2023).

Arteri dan arteriol memiliki dinding otot yang relatif tebal karena tekanan darah di dalamnya tinggi juga karena diameternya harus menyesuaikan dan mempertahankan tekanan darah. Arteri terdiri dari tiga lapisan antara lain tunika intima, tunika media, dan eksternal (Gupta and Shea, 2022).



Gambar 4.12. Saraf Jantung

(Sumber:

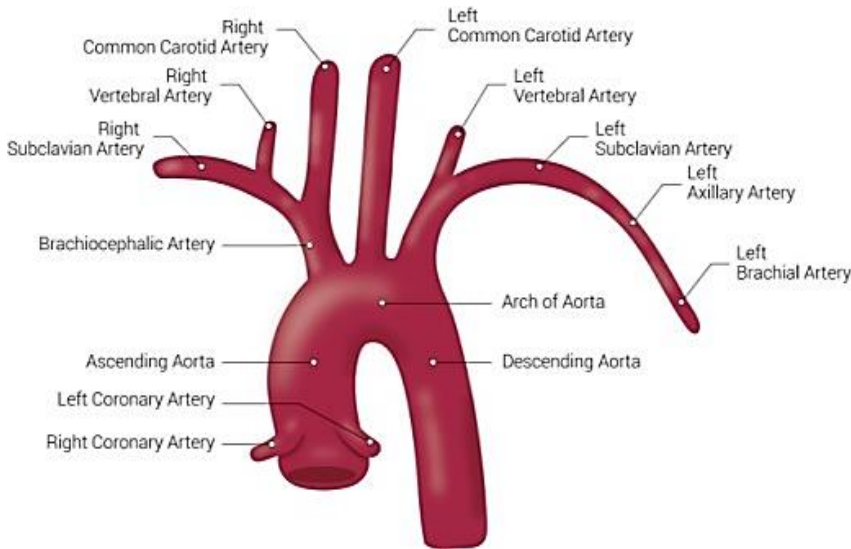
<https://my.clevelandclinic.org/health/body/17057-your-heart-blood-vessels>)

2. Aorta

Aorta merupakan pembuluh darah yang terbesar dalam tubuh manusia. Aorta berasal dari ventrikel sinistra jantung di anterior arteri pulmonalis sebelum melengkung ke belakang, yang turun sepanjang mediastinum posterior. Aorta juga merupakan arteri utama dalam tubuh yang menyalurkan darah yang kaya akan oksigen ke seluruh sirkulasi sistemik (Shahoud et al., 2023).

Karena posisinya sebagai bagian pertama dari sistem peredaran darah sistemik yang paling dekat dengan jantung, aorta merupakan arteri yang paling elastis memiliki media tunika yang sangat tebal sehingga memerlukan jaringan

kapilernya sendiri untuk menyuplai O_2 dan nutrisi yang cukup agar dapat berfungsi (Boundless, 2022).



Gambar 4.13. Aorta Dan Cabangnya

(Sumber:

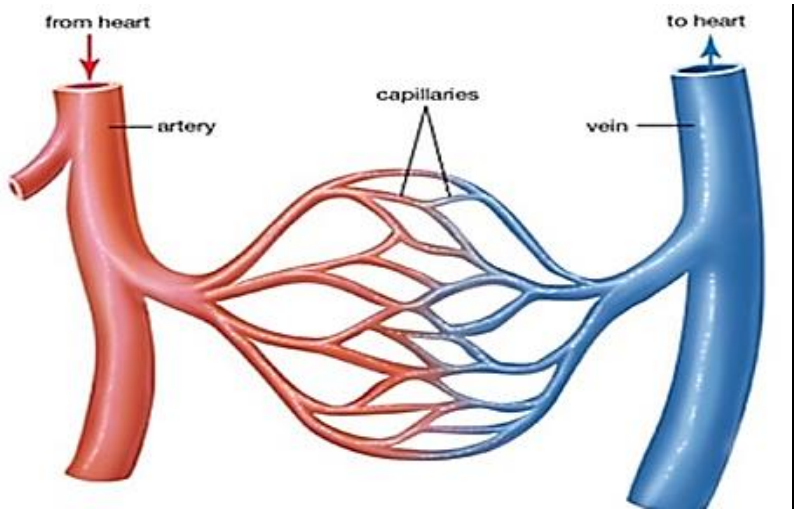
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538140/figure/article-17732.image.f1/?report=objectonly>)

Aorta di bagi menjadi tiga bagian yaitu aorta ascenden, lengkung aorta, dan aorta desenden. Aorta ascenden memiliki dua cabang kecil, arteri koroner kiri dan kanan yang mengalirkan darah ke otot jantung. Lengkungan aorta memiliki tiga cabang, arteri brakiosefalika (arteri karotis komunis subklavi kanan, arteri karotis komunis kiri subklavia kiri) yang memberikan darah ke kedua lengan dan kepala. Aorta descendens bercabang menjadi dua yaitu arteri iliaka komunis yang mensuplai darah ke panggul dan ke kaki (Boundless, 2022).

3. Kapiler

Kapiler merupakan pembuluh darah kecil yang memiliki dinding yang cukup tipis yang berfungsi sebagai jembatan antara arteri (yang membawa darah keluar dari jantung)

dan vena (yang membawa darah kembali ke jantung). Kapiler bertanggung jawab untuk pertukaran oksigen, nutrisi, sisa metabolisme, dan hormon, bentuknya yang tipis memungkinkan difusi zat secara efisien sehingga kapiler ini merupakan pembuluh darah terkecil dan tertipis dalam sistem peredaran darah (Gupta and Shea, 2022; Syed et al., 2023).



Gambar 4.14. Kapiler
(Sumber: <https://kids.grid.id/read/>)

4. Venula dan Vena

Darah yang mengalir dari kapiler akan menuju ke pembuluh darah yang sangat kecil yang disebut dengan venula, lalu darah tersebut masuk lagi ke pembuluh darah vena yang kembali ke jantung (Gupta and Shea, 2022). Vena dapat berdilatasi seiring bertambahnya jumlah cairan di dalamnya, beberapa vena khususnya di kaki memiliki katup di dalamnya yang berfungsi mencegah darah mengalir mundur. Ketika katup ini bocor aliran darah vena meregang serta memanjang dan akan berbentuk berbelit-belit seperti liku-liku yang disebut dengan varises (Gupta and Shea, 2022).

Setelah darah mengantarkan O₂ ke jaringan dan mengambil karbon dioksida, darah kembali ke jantung melalui sistem vena. Kapiler (tempat terjadinya pertukaran gas) bergabung menjadi venula dan membentuk vena yang semakin besar hingga darah mencapai vena cava superior dan vena cava inferior (NIH, 2019).

5. Vena Cava Superior dan Inferior

Vena cava merupakan vena dengan diameter terbesar. Keduanya masuk ke atrium kanan jantung melalui vena cava superior yang membawa darah dari lengan, kepala, dan rongga dada, serta vena cava inferior membawa darah dari kaki dan perut dengan aorta abdominalis (Boundless, 2022). Vena cava superior terbentuk dari vena brachiosefalika yang selanjutnya terbentuk dari vena subklavia dan vena jugularis interna, yang masing-masing mensuplai darah ke lengan dan kepala. Sedangkan vena cava inferior terbentuk dari vena iliaka komunis yang mensuplai darah ke tungkai dan perut. Vena dari ginjal dan hati juga terhubung dengan vena cava inferior (Boundless, 2022).

6. Arteri lain yang berhubungan dengan peredaran darah dari Jantung

Arteri koroner merupakan satu-satunya pembuluh darah yang bercabang dari aorta asenden. Arteri brachiosefalika, arteri karotis komunis kiri, dan arteri subklavia kiri bercabang dari lengkung aorta (NIH, 2022a).

Suplai darah ke otak disediakan oleh arteri karotis interna dan arteri vertebralis. Pada arteri subklavia menyediakan suplai darah untuk seluruh ekstremitas atas. Arteri celiac mesentrika superior, suprarenal, ginjal gonad, dan mesentrika inferior bercabang dari aorta abdominalis untuk mensuplai darah ke organ dalam perut. Arteri lumbal menyediakan darah untuk otot dan sumsum tulang belakang, cabang-cabang arteri iliaka eksterna memberikan suplai darah ke ekstremitas bawah, dan arteri iliaka internal menyuplai darah ke viseral panggul (NIH, 2022a).

4.5 Fisiologi Jantung

Fisiologi merupakan cara kerja, lebih rincinya merupakan studi tentang fungsi normal sesuatu di dalam makhluk hidup. Ini juga merupakan sub bagian dari biologi yang mencakup berbagai topik antara lain organ, anatomi, dan senyawa biologis (Weatherspoon, 2017).

4.5.1 Siklus Jantung

Siklus jantung merupakan serangkaian perubahan tekanan yang terjadi di dalam jantung. Perubahan tekanan ini mengakibatkan pergerakan darah melalui berbagai ruang di jantung, katup-katup di dalam jantung menggerakkan darah yang mengarah kepada ruang berikutnya, urutan ritmis ini menyebabkan perubahan tekanan dan volume yang sering terlihat pada grafik. Siklus jantung mengacu pada kontraksi dan relaksasi dari miokardium secara bergantian pada dinding bilik jantung, selama satu kali detak jantung berarti jantung telah melewati satu sistol (fase kontraksi dari siklus jantung) dan satu diastol (fase relaksasi). Pada detak jantung normal satu siklus berlangsung selama 0,8 detik (NIH, 2022b; Pollock and Makaryus, 2024).

Mengenai peristiwa dalam siklus jantung terdapat pengelompokan urutannya. Kontraksi atrium kanan dan kiri secara fisiologis mendahului kontraksi ventrikel kanan dan kiri, urutan kontraksi ini memungkinkan penugasan jantung kanan dan kiri secara fungsional karena kesamaan fungsi antara jantung kanan dan kiri. Beberapa penulis hanya membahas ventrikel kiri saja sesungguhnya rangkaian kejadian serupa juga terjadi di jantung kanan (Pollock and Makaryus, 2024).

Peristiwa di dalam siklus jantung ini dibagi menjadi dua yaitu sistol dan diastol. Diastol merupakan pengisian darah ke dalam ventrikel dan sistol melambangkan kontraksi atau ejeksi ventrikel darah dikeluarkan sistol dan diastol ini terjadi pada jantung kanan dan kiri. Diastol dimulai dengan penutupan katup aorta atau pulmonalis dan diakhiri dengan penutupan katup mitral atau trikuspid. Periode ini mencakup relaksasi dan pengisian ventrikel. Diastol bekerja saat pembuluh darah

mengembalikan darah ke jantung sebagai persiapan untuk kontraksi ventrikel berikutnya (Pollock and Makaryus, 2024)

Sistol dimulai saat katup mitral/tricuspid tertutup dan diakhiri dengan penutupan katup aorta/pulmonalis. Tahap ini bekerja sebagai kontraksi ventrikel dan memaksa darah masuk ke arteri, saat ventrikel berkontraksi tekanan di dalam ventrikel menjadi lebih besar daripada pembuluh darah sekitarnya dan katup akan memungkinkan darah keluar (Pollock and Makaryus, 2024).

4.5.2 Suara Jantung

Penutupan katup jantung berhubungan dengan suara yang terdengar yang disebut dengan detak jantung. Bunyi pertama terjadi ketika katup mitral dan trikuspid menutup sedangkan bunyi kedua terjadi ketika katup semilunar pulmonal dan aorta menutup (Mori et al., 2019).

4.5.4 Peredaran Darah Sistemik dan Pulmonal

Sistem kardiovaskular bertindak sebagai mesin yang menggerakkan tubuh manusia. Sistem ini bertanggung jawab untuk mengangkut oksigen, nutrisi, hormon, serta enzim ke seluruh tubuh juga meninggalkan atau menghilangkan karbondioksida dan sisa metabolisme lainnya. Sistem kardiovaskular memiliki dua sirkulasi yang saling berhubungan dan terjadi selama jantung memompa yaitu sistem peredaran darah sistemik dan sistem peredaran darah pulmonal. Kedua sirkulasi ini terdiri dari pompa jantung, mikrosirkulasi, arteri, dan vena. Sistem peredaran darah ini berfungsi menjaga tekanan darah tetap pada tingkat optimal (Amran, et al., 2022).

1. Peredaran darah sistemik

Sistem peredaran darah atau sirkulasi sistemik disebut juga dengan sistem peredaran darah besar, karena sirkulasi ini menyediakan darah bagi organ jaringan dan sel sehingga memperoleh oksigen dan zat penting lainnya. Sirkulasi ini menyediakan suplai darah keseluruh jaringan tubuh, perannya adalah membawa darah kaya oksigen dari ventrikel kiri melalui arteri ke kapiler di jaringan tubuh,

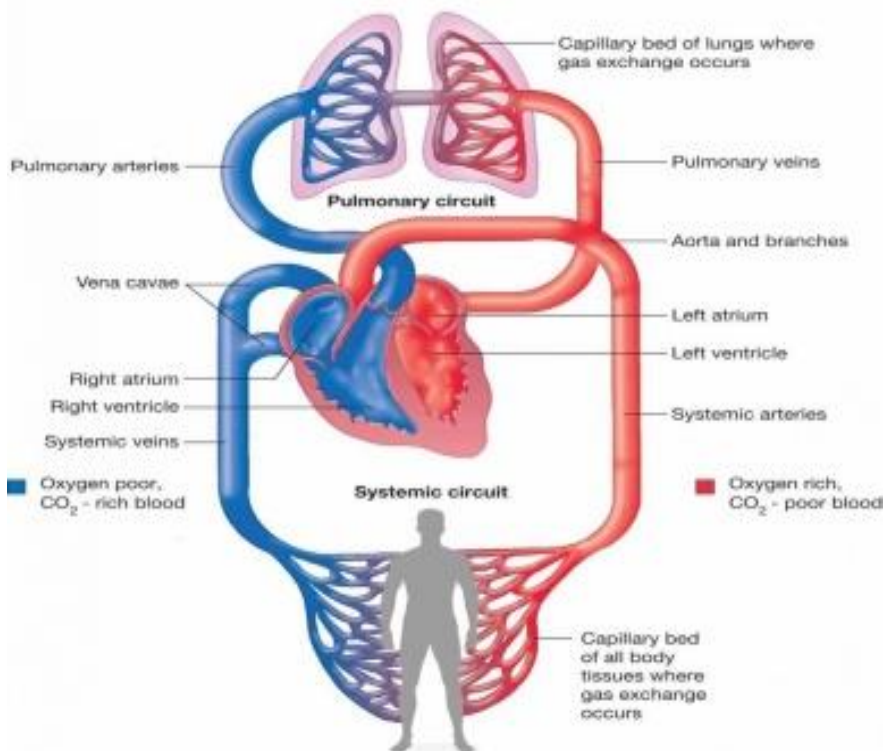
kemudian dari kapiler jaringan, darah teroksigenasi kembali melalui sistem vena ke atrium kanan jantung (National Cancer Institute, 2022).

Dalam sirkulasi sistemik ventrikel kiri memompa darah yang sudah kaya oksigen dan nutrisi ke arteri utama atau aorta, darah dari aorta ini mengalir ke arteri yang lebih kecil dan masuk ke jaringan kapiler. Di sana darah melepaskan oksigen dan nutrisinya serta mengangkut kembali karbon dioksida dan produk limbah, darah yang saat ini kekurangan O_2 dikumpulkan di pembuluh darah vena cava superior dan vena cava inferior dan akan masuk ke atrium kanan (NIH, 2022b).

Ventrikel kiri → aorta → kapiler → vena → venula
(tinggalkan O_2 , ambil CO_2 di kapiler) → vena cava superior dan inferior

2. Peredaran Darah Pulmonal

Peredaran darah pulmonal disebut juga dengan peredaran darah kecil, dimulai dari ventrikel kanan yang rendah akan oksigen dan nutrisi mengalir ke arteri pulmonalis sehingga disebut juga dengan peredaran darah pulmo, yang bercabang menjadi arteri dan kapiler yang semakin kecil. Kapiler di dalam paru-paru membentuk jaringan halus di sekitar vesikel paru (kantong udara seperti anggur di ujung saluran udara, di sinilah CO_2 dilepaskan dari darah ke udara di dalam vesikel paru lalu O_2 yang segar masuk ke dalam aliran darah. Saat seseorang bernafas karbon dioksida keluar dari tubuh. Darah kaya oksigen mengalir melalui Vena pulmonalis dari atrium kiri ke ventrikel kiri lalu detak jantung berikutnya memulai kembali siklus baru dari sirkulasi darah sistemik (NIH, 2019).



Gambar 4.15. Peredaran Darah Sistemik Dan Pulmonal
(Sumber: <https://images.app.goo.gl/LLhLswBByVaLh6Az7>)

Ventrikel kanan → arteri pulmonalis → (tukar O₂ dengan CO₂)
→ vena pulmonalis → atrium kiri → ventrikel kiri

4.5.5 Cara Kerja Jantung

Distribusi darah dapat diatur oleh banyak faktor termasuk peningkatan atau penurunan detak jantung dan pelebaran atau penyempitan pembuluh darah. Boyette and Burns (2024) menyatakan sistem kardiovaskular terdiri dari dua jalur peredaran darah yang secara bergantian dan sistematis terus-menerus, kedua sirkuit ini terhubung satu sama lain melalui jantung, menciptakan siklus darah yang

berkelanjutan ke seluruh tubuh. Sebagai permulaan, darah yang kekurangan O_2 dari tubuh masuk didorong ke dalam atrium kanan melalui vena cava superior dan vena cava inferior. Darah tersebut kemudian dipompa melalui sebuah katup disebut dengan katup trikuspid masuk ke ventrikel kanan. Lalu dari ventrikel kanan darah dipompa melalui katup pulmonal dan masuk ke arteri pulmonalis. Di dalam arteri pulmonalis ini memiliki dua cabang, yaitu arteri pulmonalis kanan dan arteri pulmonalis kiri yang berjalan masing-masing ke paru-paru, di dalam paru-paru darah mengalir melalui lapisan kapiler di alveoli (alveoli merupakan tempat terjadinya pertukaran gas) dan menghilangkan karbon dioksida serta mengikat O_2 di dalam darah. Darah yang kaya O_2 lalu meninggalkan paru-paru melalui vena pulmonalis masuk ke dalam atrium kiri maka sampai di sini berakhirilah peredaran darah pulmonal.

Saat ini akan dimulai dengan peredaran darah sistemik di mana darah yang sudah teroksigenasi tadi masuk ke atrium kiri lalu melalui katup mitral darah dipompa ke ventrikel kiri, lalu menuju ke aorta melalui katup aorta. Aorta ini melengkung bercabang menjadi arteri utama ke tubuh bagian atas sebelum melewati diafragma dan bercabang lebih jauh ke arteri iliaka ginjal dan suprarenal yang mensuplai darah ke bagian bawah tubuh. Darah tersebut di bawa jauh sampai ke kapiler. Di kapiler ini terjadilah pertukaran gas dan nutrisi sehingga sisa metabolisme dan karbon dioksida berdifusi keluar menuju ke dalam darah kembali (Boyette and Burns, 2024).

DAFTAR PUSTAKA

- Amran, Md.S., Bahar, N.B., Akash, S., 2022. Perspective Chapter: Physiology and Pathology of the Cardiovascular System | IntechOpen. 15 November 2022. <https://doi.org/DOI:10.5772/intechopen.108355>
- Anderson, R.H., Razavi, R., Taylor, A.M., 2004. Cardiac anatomy revisited. *J Anat* 205, 159–177. <https://doi.org/10.1111/j.0021-8782.2004.00330.x>
- Arackal, A., Alsayouri, K., 2024. Histology, Heart, in: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Boundless, 2022. Physiology of Circulation.
- Boyette, L.C., Burns, B., 2024. Physiology, Pulmonary Circulation, in: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Chaudhry, R., Miao, J.H., Rehman, A., 2024. Physiology, Cardiovascular, in: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Crystal, G.J., Heerdt, P.M., 2019. Cardiovascular Physiology - an overview | ScienceDirect Topics.
- Gupta , J.I., Shea, M.J., 2022. Biology of the Heart - Heart and Blood Vessel Disorders [WWW Document]. MSD Manual Consumer Version. URL <https://www.msdmanuals.com/home/heart-and-blood-vessel-disorders/biology-of-the-heart-and-blood-vessels/biology-of-the-heart> (accessed 2.12.24).
- Ho, S.Y., Anderson, R.H., Quintana, D.S., n.d. Atrial structure and fibres: morphologic bases of atrial conduction | Cardiovascular Research | Oxford Academic. 01 May 2002 Volume 54, May 2002, Pages 325-336,. [https://doi.org/10.1016/S0008-6363\(02\)00226-2](https://doi.org/10.1016/S0008-6363(02)00226-2)
- Kudzinskas, A., Callahan, A.L., 2024. Anatomy, Thorax, in: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Litviňuková, M., López, C.T., Maatz, H., Reichart, D., Worth, C.L., Lindberg, E.L., Kanda, M., Polanski, K., Heinig, M., 2020. Cells of the adult human heart | Nature. 24 september 2020 34. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2797-4>
- Mohammadi, S., Hedjazi, A., Sajjadian, M., Ghoroubi, N., Mohammadi, M., Erfani, S., 2016. Study of the normal heart size in

- Northwest part of Iranian population: a cadaveric study. *J Cardiovasc Thorac Res* 8, 119–125. <https://doi.org/10.15171/jcvtr.2016.25>
- Mori, S., Tretter, J.T., Spicer, D.E., Bolender, D.L., Anderson, R.H., 2019. What is the real cardiac anatomy? *Clinical Anatomy* 32, 288–309. <https://doi.org/10.1002/ca.23340>
- National Cancer Institute, 2022. Circulatory Pathways | SEER Training [WWW Document]. URL <https://training.seer.cancer.gov/anatomy/cardiovascular/blood/pathways.html> (accessed 2.12.24).
- NIH, 2022a. How the Heart Works - What the Heart Looks Like | NHLBI, NIH [WWW Document]. URL <https://www.nhlbi.nih.gov/health/heart/anatomy> (accessed 2.12.24).
- NIH, 2022b. Your Heart: Powerhouse of the Body [WWW Document]. Cleveland Clinic. URL <https://my.clevelandclinic.org/health/body/21704-heart> (accessed 2.12.24).
- NIH, 2019. How does the blood circulatory system work?, in: *InformedHealth.Org* [Internet]. Institute for Quality and Efficiency in Health Care (IQWiG).
- Oliver, Michael Francis, Jacob, Stanley W, Entman, Mark L., 2024. Human cardiovascular system | Description, Anatomy, & Function | Britannica. Jan 26, 2024.
- Pollock, J.D., Makaryus, A.N., 2024. Physiology, Cardiac Cycle, in: *StatPearls*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Rehman, I, Rehman, A., 2024. Anatomy, Thorax, Heart, in: *StatPearls*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Ripa, R., George, T., Shumway, K.R., Sattar, Y., 2024. Physiology, Cardiac Muscle, in: *StatPearls*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Sachdev, P., 2023. Anatomy and Circulation of the Heart [WWW Document]. WebMD. URL <https://www.webmd.com/heart-disease/high-cholesterol-healthy-heart> (accessed 2.12.24).
- Saxton, A., Chaudhry, R., Manna, B., 2024. Anatomy, Thorax, Heart Right Coronary Arteries, in: *StatPearls*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).

- Shahoud, J.S., Miao, J.H., Bolla, S.R., 2023. [Figure, Branches of the Aorta. This illustration...] [WWW Document]. URL <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538140/figure/article-17732.image.f1/> (accessed 2.12.24).
- Sweeney, H.L., Hammers, D.W., 2018. Muscle Contraction. *Cold Spring Harb Perspect Biol* 10, a023200. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a023200>
- Syed, F., Khan, S., Toma, M., 2023. Modeling Dynamics of the Cardiovascular System Using Fluid-Structure Interaction Methods. *Biology* 12, 1026. <https://doi.org/10.3390/biology12071026>
- Tran, D.B., Weber, C., Lopez, R.A., 2024. Anatomy, Thorax, Heart Muscles, in: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Tucker, W.D., Arora, Y., Mahajan, K., 2024. Anatomy, Blood Vessels, in: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Weatherspoon, D., 2017. Introduction to physiology: History, biological systems, and branches [WWW Document]. URL <https://www.medicalnewstoday.com/articles/248791> (accessed 2.12.24).
- Whiteman, S., Alimi, Y., Carrasco, M., Gielecki, J., Zurada, A., Loukas, M., 2021. Anatomy of the cardiac chambers: A review of the left ventricle. *Translational Research in Anatomy* 23, 100095. <https://doi.org/10.1016/j.tria.2020.100095>

BAB 5

ANATOMI FISILOGI SISTEM ENDOKRIN

Oleh Nuraini

5.1 Pendahuluan

Anatomi dan Fisiologi sangat penting dalam memahami sistem tubuh, baik itu struktur maupun fungsi dari tubuh manusia. Anatomi dan Fisiologi merupakan konsep dan teori yang menggambarkan suatu sistem struktur dan fungsi tubuh yang spesifik. Manusia adalah makhluk hidup yang terdiri dari system organ tubuh, yang mana semua organ memiliki peran masing masing dalam pengaturan untuk mengontrol sistem tubuh secara spesifik yang di sebut dengan mekanisme kontrol. Mekanisme kontrol ini dapat membantu tubuh merespon, bertindak dan beradaptasi pada stimulus yang diberikan.

Sistem Endokrin adalah salah satu dari sistem yang ada di dalam tubuh manusia. Sistem endokrin ini merupakan serangkaian organ kelenjar dan jaringan yang mampu dan dapat mengeluarkan dan memproduksi bahan kimia yang kita sebut dengan hormon. Hormon adalah suatu zat dapat digunakan untuk mengontrol dan mengkoordinasikan fungsi vital tubuh manusia, termasuk untuk proses pertumbuhan dan perkembangan, metabolisme tubuh, fungsi seksual dan reproduksi serta proses tidur dan pengaturan suasana hati manusia.

Sistem endokrin bertindak melalui pembawa pesan kimiawi, hormon, untuk mengkoordinasikan banyak fungsi tubuh. Sistem endokrin menjaga lingkungan internal (homeostatis). Sistem endokrin mencakup beberapa kelenjar, termasuk kelenjar pineal, hipotalamus, hipofisis, tiroid, paratiroid, dan adrenal, serta pankreas, ovarium, dan testis. Sistem ini juga mengontrol penyimpanan dan pemanfaatan

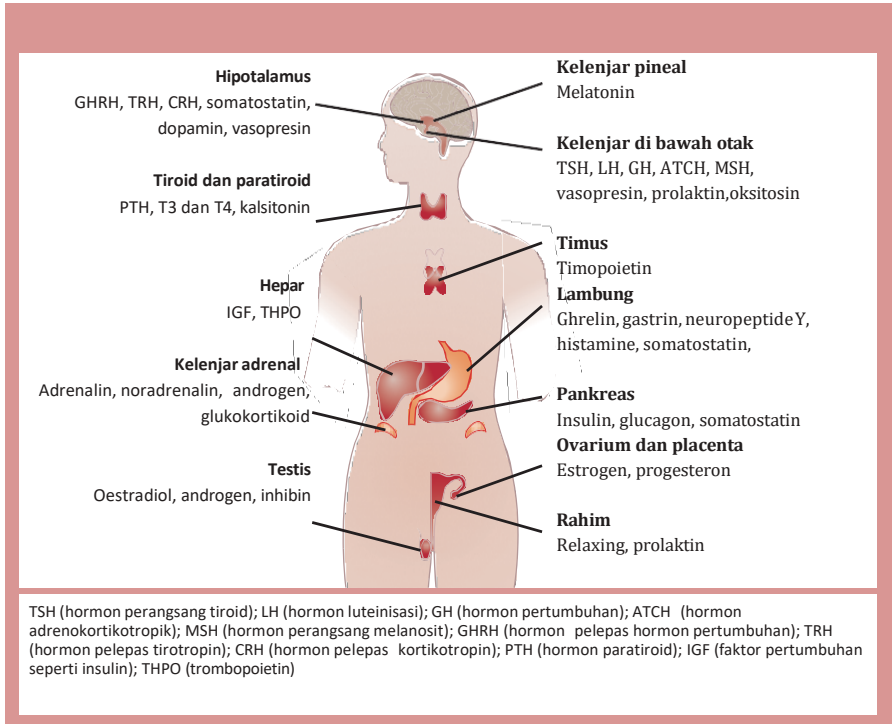
substrat energi, mengatur pertumbuhan dan reproduksi serta mengontrol respon tubuh terhadap rangsangan eksternal, khususnya stres, (Farling, 2023).

Dalam setiap kasus, sistem kendali atau pengaturan dapat bersifat umum (non khusus) atau khusus. Dalam sistem kendali non khusus, transduksi informasi adalah fungsi sekunder zat kimia, sedangkan fungsi utamanya adalah menyediakan energi dan bahan struktural bagi tubuh. Dalam sistem khusus, fungsi utama bahan kimia adalah transduksi informasi. Oleh karena itu, zat ini disebut senyawa pemberi sinyal. Pemrosesan informasi intraseluler dilakukan oleh pembawa pesan dengan berat molekul rendah (sekunder) dan pembawa pesan dengan berat molekul tinggi (protein-peptida) dari senyawa pemberi sinyal, (Smirnova, 2019).

BAB ini akan memberikan gambaran umum yang berkaitan dengan Anatomi Fisiologis Sistem Endokrin, sehingga kita dapat memahami proses yang terjadi didalam tubuh baik dalam hormon yang dihasilkan, pengaturan, hingga koordinasi untuk menjaga homeostatis tubuh manusia.

5.2 Sistem Endokrin

Sistem Endokrin merupakan kelenjar endokrin yang mana kelenjar ini ada di seluruh bagian tubuh manusia, (Gambar 5.1). walaupun kelenjar-kelenjar endokrin ini pada dasarnya tidak saling berhubungan secara anatomi, namun dari fungsionalnya dapat membentuk suatu sistem. Kelenjar-kelenjar ini melaksanakan fungsinya dengan mensekresi hormon, dan pada prosesnya kelenjar endokrin melakukan interaksi untuk menjaga keseimbangan dalam tubuh, (Sherwood, 2001).



Gambar 5.1. Kelenjar Dan Jaringan Endokrin Utama, Serta Hormonnya
(Sumber : Knight, 2021).

5.3 Organ Sistem Endokrin

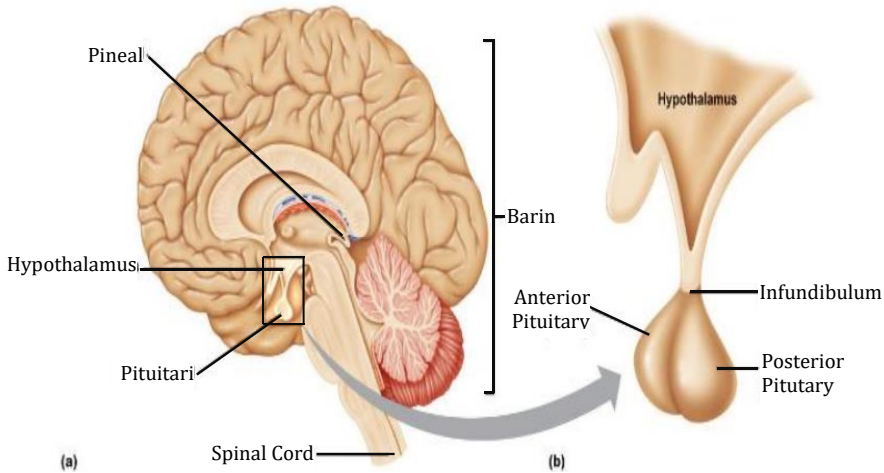
Organ Sistem Endokrin semuanya berukuran kecil jika dibandingkan dengan organ tubuh yang lainnya, namun organ endokrin mempunyai fungsi dan peran yang besar dalam sistem tubuh, karena perannya adalah homeostatis. Berikut adalah organ sistem endokrin, dan untuk gambaran dapat dilihat pada (Gambar 5.1).

1. Hipotalamus
2. Kelenjar Pineal
3. Kelenjar dibawah Otak
4. Tiroid dan Paratiroid
5. Timus
6. Hepar
7. Lambung

8. Pankreas
9. Kelenjar Adrenal
10. Ovarium dan Plasenta
11. Rahim
12. dan Testis.

5.4 Anatomi dan Fisiologi Sistem Endokrin

5.4.1 Hipotalamus dan Hipofisis



Gambar 5.2. Kelenjar Dan Jaringan Endokrin Utama, Serta Hormonnya
(Sumber : Person Education, 2012).

Hipotalamus memiliki sistem saraf yang berperan penting, juga merupakan bagian dari endokrin yang utama karena mampu menghasilkan sejumlah hormon. Hipotalamus merupakan suatu sistem saraf otonom yang sangat dibutuhkan dan merupakan pusat kendali sistem endokrin pada otak manusia, terletak lebih rendah dari talamus.

Hipofisis disebut juga kelenjar utama atau kelenjar pituitari. Kelenjar ini ukurannya kecil dan terletak dibagian rongga yang bertulang didasar otak posisinya pas dibawah hipotalamus. (Gambar 5.2). Secara anatomis hipofisis memiliki dua lobus, yaitu hipofisis anterior dan hipofisis posterior. Dua lobus ini masing masing memiliki fungsi yang berbeda namun

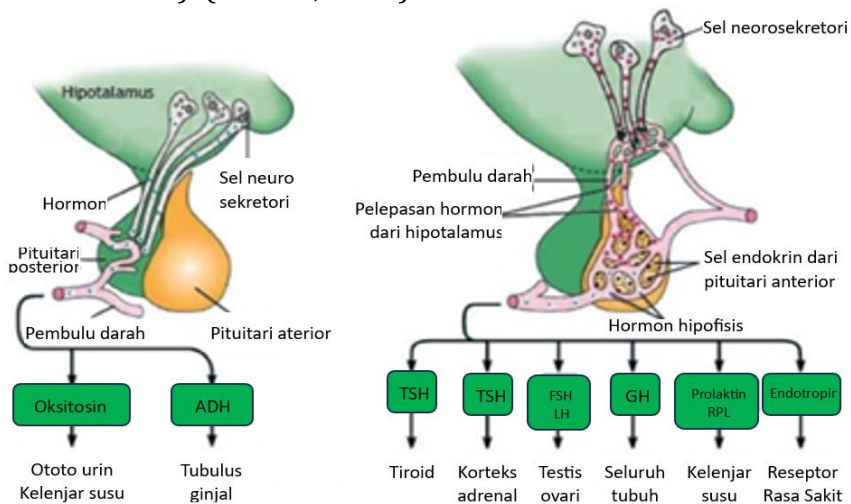
memiliki lokasi yang sama. Secara embriologi baik dari hipofisis anterior maupun posterior masing masing berasal dari jaringan. hipofisis anterior terdiri dari jaringan epitel kelenjar yang merupakan penonjolan dari atap mulut (adenohipofisis/ adeno yang berarti “kelenjar”). Sementara untuk hipofisis posterior terdiri dari jaringan saraf (neorohipofisis). Yang berasal dari pertumbuhan berlebihan pada otak, (Sheerwood, 2001).

Secara fungsional dan anatomis hipofisis anterior mampu menghasilkan enam hormon peptida, yang paling banyak diantaranya memiliki sifat tropik untuk kelenjar endokrin yang lainnya, sedangkan hipofisis posterior merupakan perluasan dari hipotalamus yang mana hipofisis posterior sama sekali tidak menghasilkan suatu hormon jika tidak memperoleh rangsangan. Fungsi dari hipofisis posterior adalah menyimpan dan selanjutnya memperoleh rangsangan sesuai dengan fungsinya sehingga dapat mengeluarkan dua hormon peptida kecil (termasuk *neorohormonal*) yang kita kenal dengan hormon *vasopresin* dan hormon *oksitosin*. Kedua hormon ini di sintesis oleh badan sel *neoron* hipotalamus, (Sheerwood, 2001).

Efek dari setiap hormon dijelaskan (Gambar 5.3) secara singkat dibawah ini:

1. Hormon Pertumbuhan (GH). Merupakan hormon untuk metabolisme umum, tapi fungsi utamanya adalah untuk proses pertumbuhan otot rangka dan panjang tulang dari tubuh manusia. Hormon ini dapat mengubah asam amino kemudian menjadi protein sehingga dikatakan bahwa hormon ini memiliki sifat hemat protein dan anabolik, dan selanjutnya asam amino akan memberikan rangsangan ke target sel untuk melakukan tugas pertumbuhan dalam proses ukurang serta pembelahan sel didalamnya.
2. Hormon Adrenokortikotropik (ACTH). Merupakan suatu hormon yang berfungsi sebagai pengatur dalam aktivitas endokrin khusus untuk bagian kelenjar adrenalin korteks.
3. Hormon Perangsang Tiroid (TSH). Merupakan suatu hormon yang dapat mempengaruhi proses pertumbuhan serta aktivitas dalam kelenjar tiroid, hormon ini juga dikelan dengan hormon *Tirototropin*.

4. Prolaktin (PRL). Merupakan hormon protein dimana secara anatomi sama dengan hormon pertumbuhan, dalam hal ini fungsinya perfokus pada perubahan payudara wanita setelah melahirkan, dalam prosesnya memberikan rangsangan dan memproduksi ASI.
5. Hormon Perangsang Folikel (FSH). Merupakan hormon yang berfungsi untuk memberikan rangsangan perkembangan folikel di bagian ovarium, ketika folikel matang dan selanjutnya berproduksi, hal ini merangsang hormon progesteron sehingga sel telur yang siap untuk dibuahi. Khusus pada laki-laki, FSH memberikan rangsangan pada testis untuk perkembangan produktifitas sperma.
6. Hormon Luteiniasi (LH). Merupakan suatu hormon yang dapat merangsang ovulasi sel telur dari ovarium dan kemudian dapat menyebabkan terjadi pecahnya folikel dengan tujuan merangsang hormon progesteron dan hormon estrogen, khusus untuk laki-laki LH dapat merangsang hormon testosteron yang di produksi oleh sel yang berada di interstisial pada organ testis.
7. Hormon Gonadotropik. Merupakan hormon yang berfungsi untuk mengatur aktivitas hormon Gonad (organ ovarium dan testis). (Belleza, 2024).



Gambar 5.3. Jenis dan Fungsi Hormonal
(Sumber : Biologi Edukasi, 2012).

Dari (Gambar 5.3) terlihat bahwa hormon yang dilepas oleh hipofisis anterior adalah TSH, ACTH, FSH dan LH, ini disebut sebagai hormon tropis karena mampu menghidupkan atau mematikan fungsi kelenjar endokrin lainnya.

1. Lingkaran Umpan Balik Negatif. Kadar TSH dan ACTH dalam darah dikendalikan oleh umpan balik negatif dengan hipotalamus.
2. Hormon Perangsang Tiroid (TSH). Hipotalamus menstimulasi hipofisis anterior dengan melepaskan hormon tiotropin (TRH). Sebagai tanggapan, hipofisis anterior menstimulasi tiroid dengan hormon perangsang tiroid (TSH). Menanggapi TSH, tiroid melepaskan hormon tiroid yang disebut T3 dan T4.

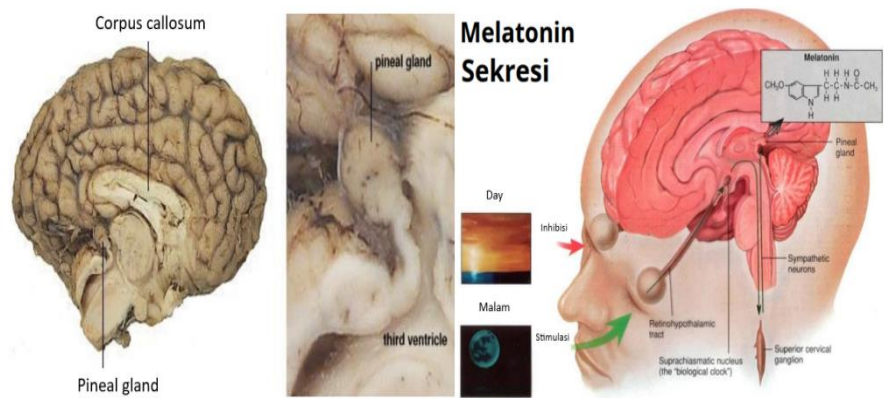
Putaran umpan balik negatif mengatur pelepasan TSH oleh hipofisis anterior. Misalnya, jika kadar hormon tiroid (T3 dan T4) menurun dalam aliran darah, hipotalamus meningkatkan sekresi TRH. TRH menyebabkan hipofisis anterior meningkatkan sekresi TSH. TSH merangsang tiroid untuk meningkatkan produksi dan pelepasan T3 dan T4. Oleh karena itu, hipofungsi tiroid sering kali didiagnosis melalui peningkatan kadar TSH.

5.4.2 Kelenjar Pineal

Kelenjar Pineal berukuran kecil dan menggantung pada atap ventrikel III otak manusia (Gambar 5.2) dan (Gambar 5.4). Kelenjar pineal juga dikelilingi dengan sebum badan pineal, *epiphysis cerebri*, *epiphysis conarium* yang memiliki arti mata ketiga. Kelenjar ini salah satunya menghasilkan hormon melatonin yang disebut juga sebagai "hormon tidur" karena pengaruh dari hormon ini adalah dapat mengatur siklus bangun serta tidur manusia, (Ramadhan, 2022).

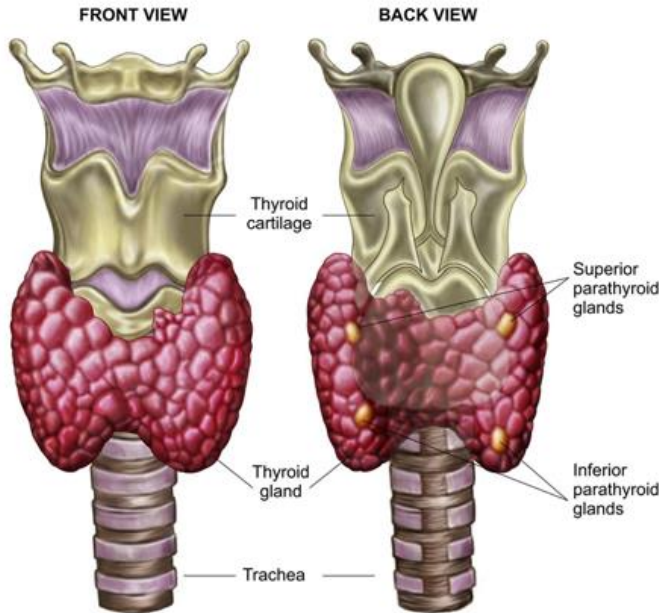
Pinealosit mengubah triptofan menjadi serotonin pada siang hari (dalam cahaya terang), kemudian mengubah serotonin menjadi melatonin pada malam hari (dalam kegelapan). Puncak sekresi melatonin pada manusia terjadi pada usia 1-5 tahun. Melatonin menghambat pubertas pada

manusia. Tingkatnya turun 75% saat pubertas. Tingkat melatonin berkorelasi dengan siklus aktivitas manusia (*biorhythms*), tingkat melatonin yang tinggi berkorelasi dengan *Sea sonal Affected Disorder* (SAD) dan PMS dengan gejala-gejala termasuk seperti: depresi - mengantuk, mudah tersinggung - keinginan karbohidrat. Kadar melatonin dapat dimanipulasi dengan fototerapi dan dapat mengurangi dampak jet lag, (Cambell, 2022).



Gambar 5.4. Kelenjar Pineal dan Pinealosit
(Sumber : IMGBIN, 2019).

5.4.3 Tiroid dan Paratiroid



Gambar 5.5. Tiroid dan Paratiroid Gland
(Sumber : Bellez, 2024).

1. Kelenjar Tiroid

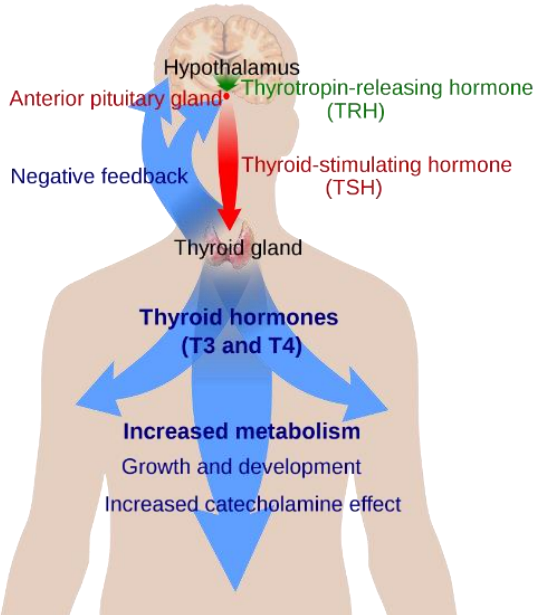
Kelenjar tiroid atau *Glandula thyroidea* merupakan bagian salah satu organ endokrin yang berada di bagian leher manusia (pas dibagian *regio colli* dan menempel di trakea). Kelenjar tiroid terbagi dalam dua lobus yaitu lobus dextra dan sinistra (Gambar 6.5) dan (Gambar 6.6). Ismus adalah yang menghubungkan antara kedua lobus tersebut dan terkadang juga terdapat lobus *pyramidalis*, (Cambell, 2022). Tiroid berbentuk seperti dasi kupu kupu, terletak dibawah laring, dan memiliki berat antara 25 sampai dengan 30 g. Tiroid merupakan organ *bilobed* yang memiliki dua lobus serta memiliki dua populasi utama sel endokrin yaitu sel folikel dan sel *parafollicular*.

- a. Sel Folikel merupakan sel yang dapat menghasilkan homon yodium *triiodothyronine* (T3), dan juga hormon

tetraiodothyronine atau *tiroksin* (T4), kedua hormon ini dapat mengatur metabolisme di dalam tubuh manusia.

- b. Sel *Parafollicular* merupakan sel yang dapat menghasilkan hormon *kalitonin* yang mana hormon ini dapat membantu pengaturan konsentrasi kalsium dalam darah.

Thyroid system



Gambar 5.6. *Thyroid Hormones Thyroxine Thyroid-stimulating Hormone*
(Sumber : IMGBIN, 2018).

2. Hormon Adrenokortikotropik (ACTH)

Hipotalamus menstimulasi hipofisis anterior dengan hormon pelepas *kortikotropin* (CRH). Sebagai tanggapan, hipofisis anterior melepaskan hormon *adrenokortikotropik* (ACTH) untuk merangsang korteks adrenal melepaskan *kortikosteroid*.

Lingkaran umpan balik negatif mengatur pelepasan ACTH oleh hipofisis anterior. Misalnya, jika kadar *kortikosteroid* menurun dalam aliran darah, hipotalamus meningkatkan

sekresi CRH, menyebabkan hipofisis anterior meningkatkan sekresi ACTH. Hal ini sering disebut sebagai sumbu hipotalamus-hipofisis-adrenal (HPA).

3. Perbedaan Antara Kelenjar Eksokrin dan Endokrin

Sebelum membedakan kedua kelenjar Eksokrin dan Endokrin, hal yang perlu kita ketahui adalah kedua kelenjar ini dapat melakukan sekresi. Struktur kelenjar diketahui bahwa berasal dari epitel dan dikenal sebagai satuan sentral. Untuk perbedaan antara kedua kelenjar ini adalah di saluran. Kelenjar eksokrin memiliki saluran yang berfungsi sebagai tempat keluarnya sekret sebelum di proses sesuai dengan fungsinya. Diketahui bahwa kelenjar eksokrin merupakan kelenjar pencernaan yang berada di usus, begitu juga dengan kelenjar keringat yang ada di kulit serta kelenjar yang menghasilkan lendir di bagian selaput lendir mulut pada saluran reproduksi.

kelenjar eksokrin terdapat saluran, sementara untuk kelenjar endokrin tidak terdapat saluran, namun kelenjar endokrin memiliki kemampuan untuk melepaskan hormon langsung ke dalam darah. Oleh karena itu, kelenjar endokrin mempunyai vaskulasi tinggi, dan sel komponennya bersentuhan langsung pada darah kapiler. Dengan demikian terjadilah hubungan yang sangat erat dengan pembuluh darah. Hal ini dapat memfasilitasi terjadinya proses pelepasan hormon langsung ke dalam darah dan mengakibatkan darah dapat terus dipantau sebagai perubahan dari fisiologis yang merupakan pelepasan hormon, (Knight, 2021).

4. Kelenjar Paratiroid

Kelenjar paratiroid ditemukan tertanam dibagian posterior. Kelenjar paratiroid mampu menghasilkan dan mengeluarkan hormon paratiroid (PTH). PTH mempertahankan homeostatis antara kalsium dan fosfor melalui umpan balik negatif. Kalsium dan fosfor mempunyai

hubungan yang berbanding terbalik, artinya jika kadar fosfor naik maka kadar kalsium akan turun.

5.4.4 Kelenjar Timus

Kelenjar ini berubah bentuk seiring dengan bertambahnya usia pada manusia. Pada bayi kelenjar ini berukuran besar hingga pada masa usia anak-anak. Sehingga kelenjar ini akan berubah menjadi kecil seiring perubahan atau bertambahnya usia seseorang.

Kelenjar timus terdapat pada bagian atas dada, tepatnya berada di belakang tulang dada, timus mampu menghasilkan hormon timosin dan juga menghasilkan hormon-hormon penting yang lainnya yang dianggap mempunyai peran dalam perkembangan normal kelompok sel darah putih tertentu. Seperti limfosit T ataupun sel T dan juga merupakan bagian dari respon imun manusia.

5.4.5 Kelenjar Adrenal

Kelenjar adrenal berukuran kecil dan terletak pada bagian atas setiap ginjal. Kelenjar adrenal terbagi dalam dua bagian yang disebut dengan korteks adrenal dan medula adrenal. Setiap bagian dari kelenjar adrenal mempunyai fungsi yang berbeda :

1. Korteks Adrenal. Korteks adrenal mempunyai fungsi untuk memproduksi sekelompok hormon steroid yang dikenal sebagai kortikosteroid. Kortikosteroid dapat dibagi lagi menjadi tiga kategori sebagai berikut :

- a. Mineralokortikoid.

Mineralokortikoid utama merupakan aldosteron. Yang mana dalam fungsinya mengatur keseimbangan elektrolit dan cairan dalam tubuh dengan mengontrol kadar natrium dan kalium dalam darah. Ini adalah komponen kunci dari sistem renin-angiotensin-aldosteron (RAAS) dimana sel-sel khusus pada ginjal mengeluarkan renin sebagai bagian respon dari volume darah rendah atau merupakan bagian tanda tekanan darah rendah. Renin kemudian mengkatalisis *angiotensinogen* menjadi hormon angiotensin I. Selanjutnya

- proses perubahan *angiotensin* I menjadi *angiotensin* II, dibantu oleh sebuah enzim yang memiliki sifat pengubah *angiotensin* (ACE). *Angiotensin* II merangsang pelepasan aldosteron. Banyak obat jantung menargetkan efek aldosteron dan sistem RAAS. Misalnya, ACE inhibitor memblokir produksi *angiotensin* II dan digunakan untuk menurunkan tekanan darah tinggi.
- b. Glukokortikoid.
Glukokortikoid utama adalah kortisol. Kortisol merupakan glukokortikoid terpenting karena mempunyai peran yang sangat penting dalam menjalankan metabolisme, respon imun, dan tubuh terhadap stres. Pada dasarnya kortisol membantu mengatur kadar gula darah, menekan peradangan, dan mengelola respons stres.
 - c. Androgen.
Androgen disekresikan dalam jumlah minimal pada kedua jenis kelamin oleh korteks adrenal, namun efeknya biasanya ditutupi oleh hormon dari testis dan ovarium.
2. Medula adrenal. Medula adrenal bertanggung jawab untuk memproduksi *epinefrin* dan *norepinefrin*. Hormon-hormon ini memainkan peran sentral dalam respons “lawan atau lari” tubuh terhadap stres yang dipicu oleh sistem saraf simpatik. *Epinefrin* dan *norepinefrin* mempersiapkan tubuh untuk beraksi dengan cara meningkatkan sirkulasi jantung sehingga terjadi peningkatan detak pada jantung, melebarkan saluran udara serta mengarahkan aliran darah menuju ke otot dan efek lainnya.

5.4.6 Gonad, Ovarium dan Testis

Gonad perempuan dan laki-laki mampu memproduksi hormon seks yang sangat identik dengan hasil produksi dari sel korteks adrenal, perbedaan pada umumnya adalah terletak pada sumber dan jumlah relatif yang biasanya dapat di produksi.

Gonad atau Ovarium wanita adalah sepasang organ yang memiliki ukuran kecil seperti almond, pada perempuan gonad terletak pada rongga panggulnya. Sel kelamin wanita dan

ovarium di hasilkan oleh hormon steroid. Hormon steroid juga menghasilkan dua kelompok steroid lainnya yaitu hormon estrogen dan hormon progesteron.

- a. Estrogen memiliki peran penting dalam proses perkembangan dan karakteristik seks pada perempuan saat masa pubertas, selanjutnya estrogen dan progesteron bekerja sama dalam proses perkembangan struktur payudara dan dalam proses perubahan siklus lapisan pada rahim atau kita sebut dalam siklus menstruasi.
- b. Progesteron bersama-sama dengan estrogen dalam proses siklus menstruasi, jika dalam proses kehamilan hal ini dapat meningkatkan otot-otot pada rahim sehingga pada masa kehamilan embrio yang ditanam tidak dapat dibatalkan dan siklus ini dapat membantu untuk mempersiapkan jaringan payudara dalam memproduksi ASI dan menyusui.

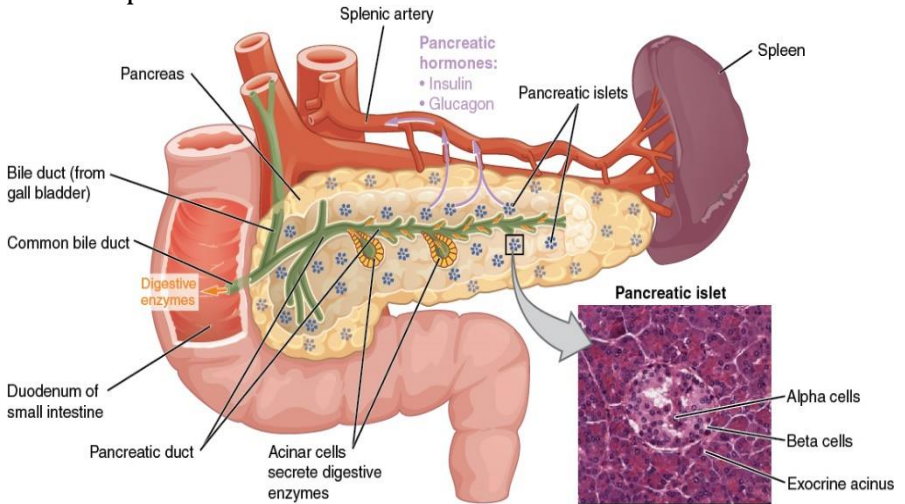
Pada wanita, ovarium menghasilkan ovum(telur), dan pada laki-laki, testis memproduksi sperma. Ovarium dan testis sama sama mengeluarkan hormon. Testis mengeluarkan hormon testosteron pada awal pubertas, testosteron bertanggung jawab atas tindakan berikut :

- a. Pertumbuhan dan perkembangan struktur reproduksi pria
- b. Peningkatan pertumbuhan tulang dan otot
- c. Pembesaran laring disertai perubahan suara
- d. Pertumbuhan dan distribusi rambut tubuh

5.4.7 Pankreas

Pankreas merupakan kelenjar bagian dari kelenjar endokrin, pankreas berbentuk seperti daun, panjang dan datar yang terletak di belakang perut. Pankreas memiliki dua peran yang disebut eksokrin dan endokrin. Peran eksokrin mengacu pada pelepasan enzim pencernaan yang disebut amilase dan lipase yang membantu mencerna makanan. Peran endokrin mengacu pada produksi glukagon dan insulin oleh kelompok sel yang disebut sel pulau untuk mengatur kadar glukosa darah dan

menjaganya dalam kisaran yang sehat. Lihat (Gambar 6.6) untuk ilustrasi pankreas.



Gambar 5.7. Pankreas
(Sumber : IMGBIN, 2018).

Sel pulau kecil di pankreas termasuk sel alfa, beta dan delta:

1. Sel alfa mengeluarkan hormon yang disebut glukagon. Fungsi utama dari glukagon adalah dapat meningkatkan kadar glukosa dalam darah, ketika glukosa darah menurun (seperti di antara waktu makan atau saat olahraga), maka glukagon dilepas.
2. Sel beta mensekresi insulin. Insulin memfasilitasi penyerapan glukosa oleh sel dari aliran darah, sehingga mengurangi kadar glukosa darah.
3. Sel delta mengeluarkan *somatostatin*. *Somatostatin* memperlambat sekresi insulin dan glukagon bila diperlukan untuk mempertahankan homeostasis glukosa darah.

DAFTAR PUSTAKA

- Belleza, Marianne., 2024. *Endocrine System Anatomy and Physiology*. Stusi Guide for Nursing. Nurseslabs. <https://nurseslabs.com/endocrine-system/>
- Campbell, Miles Campbell and Jialal, Ishwarlal Jialal., 2022. *Physiology, Endocrine Hormones National Library of Medicine*. StatPearls. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538498/>
- Farling, P.A., McBrien, M.E., and Breslin, D., 2023. *Endocrine Physiology*. Department of Anaesthetics, Royal Victoria Hospital. The Queen's University Belfast. Update in Anaesthesia
- Fernandez., 2022. *Human Anatomy and Physiology*.
- Forciea, B., 2015. *Anatomy and Physiology: Endocrine System: ACTH (Adrenocorticotropin hormone)*. <https://youtu.be/4m7Xfljzm2w>
- Knight, J., 2021. *Endocrine System I: Overview of The Endocrine System and Hormones*. Nursing Times.
- Ramadhani, Khairunisa dan Widyaningrum, Rachmawati., 2022. *Buku Ajar Dasar-dasar Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia Bagi Mahasiswa Gizi dan Kesehatan*. Cetakan Peryama. Yogyakarta. UAD PRESS.
- Sherwood, Lauralee., 2002. *Fisiologi Manusia: dari Sel ke Sistem*. Ed 2. Jakarta. EGC.
- Smirnova, Olga., 2019. *The Physiology of the Endocrine System*. The Biological Faculty of Lomonosov Moscow State University. UK. Cambridge Scholars Publishing.
- Sofwan, Achmad dan Aryenti., 2022. *Buku Ajar: Anatomi Endokrin*. Cet 1 - Jakarta: Universitas Yarsi Press.

BAB 6

ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM PENCERNAAN

Oleh Nurul Hidayah

6.1 Pendahuluan

Sistem pencernaan berperan dalam homeostasis dengan memindahkan nutrisi, air, elektrolit dari lingkungan eksternal ke lingkungan internal (Sherwood, 2009). Sistem pencernaan berkaitan dengan penerimaan dan mempersiapkannya untuk diasimilasi oleh tubuh (Pearce, 2009). Fungsi sistem pencernaan adalah untuk menyediakan makanan yang dicerna bagi sel-sel tubuh. Sebagian besar makanan yang dicerna berbentuk molekul yang sangat besar yang harus dipecah melalui proses mekanis dan biokimia menjadi komponen-komponen yang lebih kecil (Kelly, 2000).

Bab ini akan membahas fisiologi dan anatomi saluran pencernaan. Pencernaan dapat terjadi secara mekanik atau kimiawi. Ingesti, sekresi, motilitas, digesti, absorpsi, dan defekasi adalah beberapa langkah dalam proses pencernaan (Mubarak *et al.*, 2022). Bahasan utama lainnya dalam bab ini adalah organ-organ yang terlibat di dalam sistem ini dan bagaimana anatomi dan fungsi dari masing-masing organ dalam menjaga homeostasis di dalam tubuh.

6.2 Proses Pencernaan Dasar

Proses dasar pencernaan diperlukan dalam mencapai peran penting sistem pencernaan di atas. Secara umum, terdapat enam proses pencernaan yaitu ingesti (menelan), sekresi, motilitas, digesti, absorpsi, dan defekasi (Sherwood, 2009; Ramadhani and Widyaningrum, 2022).

1. Ingesti: Proses ini merupakan tahapan saat makanan dan minuman masuk ke mulut.

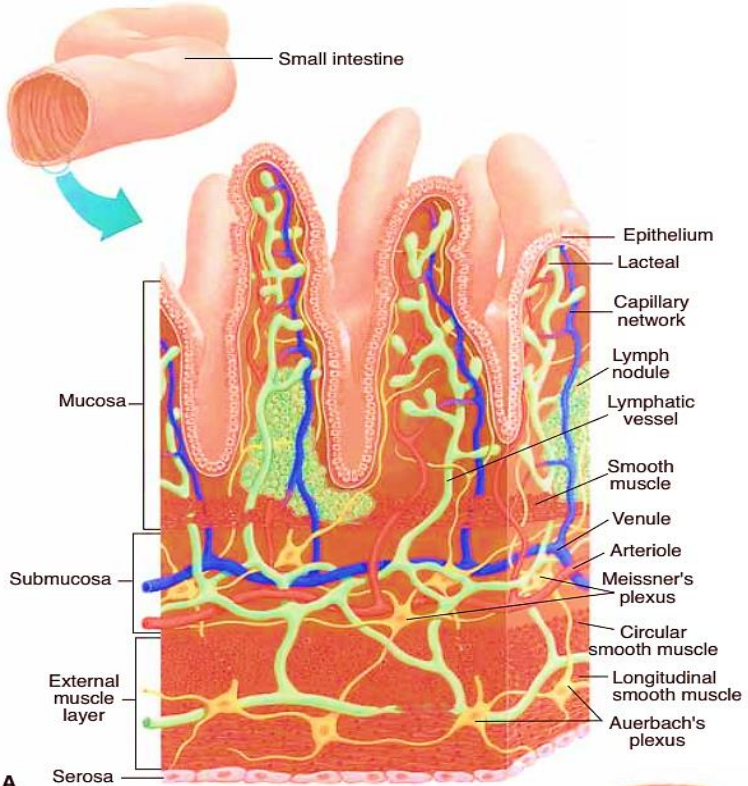
2. Sekresi: sel-sel pada dinding saluran pencernaan menyekresi berbagai zat yang berguna untuk proses pencernaan, antara lain air, asam-asam, elektrolit, buffer, dan enzim.
3. Motilitas: kemampuan otot saluran cerna dalam berkontraksi dan relaksasi sehingga dapat menggerakkan, mendorong, dan mencampur zat-zat atau isi saluran cerna.
4. Digesti (pencernaan): merupakan proses saat makanan dipecah menjadi molekul yang dapat digunakan tubuh baik secara mekanik dan (memecah makanan menjadi potongan-potongan yang lebih kecil untuk meningkatkan luas permukaan bagi kerja enzim) dan kimiawi (pemecahan molekul besar menjadi molekul yang sederhana yang dapat diserap oleh tubuh dengan bantuan enzim yang bekerja secara spesifik).
5. Absorpsi (penyerapan); merupakan proses perpindahan hasil pencernaan dari lumen usus ke pembuluh darah atau limfa, untuk didistribusikan ke seluruh tubuh.
6. Defekasi: merupakan proses pengeluaran zat sisa metabolisme yang dikeluarkan dalam bentuk feses.

6.3 Lapisan Struktural Saluran Pencernaan

Saluran pencernaan terdiri atas 4 lapis (Gambar 7.1), antara lain:

1. Mukosa: terbuat dari jaringan epitel yang menghasilkan sekresi pencernaan; nodul limfa mengandung makrofag untuk memfagositosis patogen yang menembus mukosa; lapisan tipis otot polos untuk mengikis epitel.
2. Submukosa: jaringan ikat areolar dengan pembuluh darah dan pembuluh limfatik; pleksus Meissner adalah jaringan saraf yang menginervasi mukosa, bagian dari sistem saraf enterik yang membentang sepanjang saluran pencernaan.
3. Lapisan otot eksternal: fungsinya adalah pencernaan mekanis dan peristaltik; dipersarafi oleh pleksus Auerbach, bagian dari sistem saraf enterik; impuls simpatik menurunkan motilitas; impuls parasimpatis meningkatkan motilitas.

4. Serosa: lapisan terluar; Peritoneum (serosa) melapisi rongga perut; cairan serosa mencegah gesekan antara lapisan serosa (Kelly, 2000; Scanlon and Sanders, 2007; Hall, 2011).



Gambar 6.1. Empat lapisan dinding saluran pencernaan (Scanlon and Sanders, 2007)

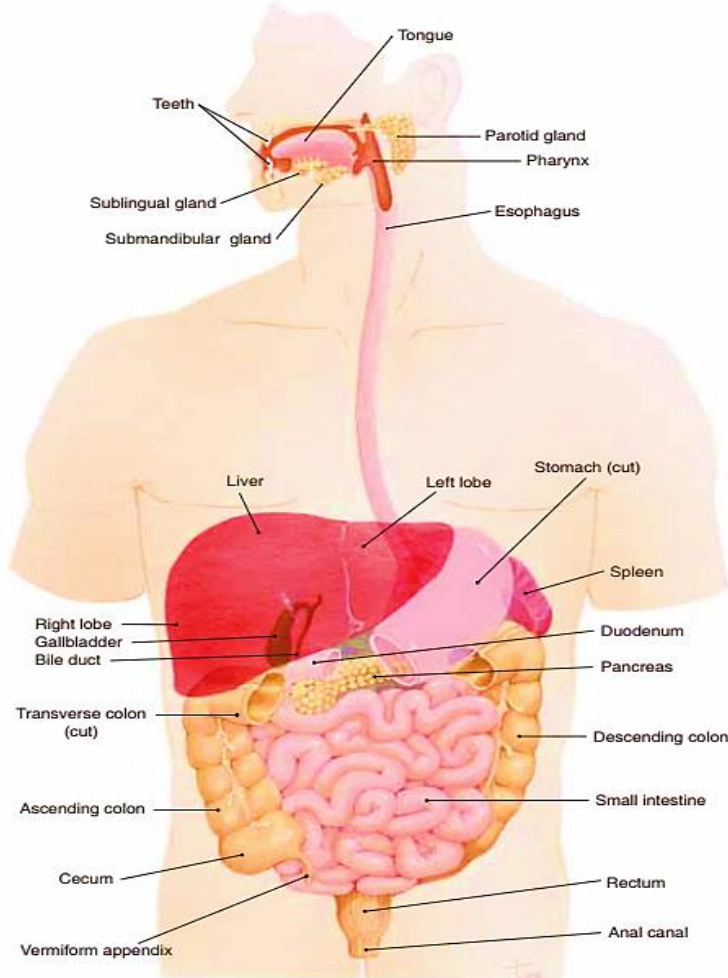
6.4 Bagian-bagian Sistem Pencernaan

Sistem pencernaan dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu saluran pencernaan dan organ aksesori. Saluran pencernaan memanjang dari mulut hingga anus. Saluran ini terdiri dari rongga mulut, faring, esofagus, lambung, usus halus, dan usus besar. Organ aksesori berada di luar saluran pencernaan; namun, masing-masing organ ini mengeluarkan sekresi ke dalam saluran yang berkontribusi pada proses pencernaan. Organ pencernaan aksesori ini meliputi kelenjar ludah, hati,

kantung empedu dan pankreas (lihat gambar 7.2) (Kelly, 2000; Scanlon and Sanders, 2007; Sherwood, 2009; Hall, 2011).

6.4.1 Rongga Mulut

Mulut adalah daerah dari bibir hingga faring. Mulut dilapisi dengan epitel skuamosa berlapis yang memberikan perlindungan ekstra dari cedera oleh bahan makanan kasar (Kelly, 2000). Komponen organ yang terdapat di dalam rongga mulut yaitu gigi, lidah dan kelenjar saliva.



Gambar 6.2. Organ sistem pencernaan (Scanlon and Sanders, 2007)

Gigi dan lidah memecah makanan dan mencampurnya dengan air liur dan membantu untuk cita rasa dan menelan (Pearce, 2009). Enamel pada struktur gigi menutupi mahkota dan menyediakan permukaan kunyah yang keras; dentin berada di dalam email dan membentuk akar; rongga pulpa berisi pembuluh darah dan ujung saraf trigeminal; membran periodontal menghasilkan semen untuk mengikat gigi di tulang rahang. Lidah adalah otot rangka yang dipersarafi oleh saraf hipoglosus. Papila di permukaan atas berisi kuncup pengecap (saraf wajah dan glossofaringeal). Fungsi: mengecap, menjaga makanan di antara gigi saat mengunyah, terangkat untuk mendorong makanan ke belakang agar dapat ditelan (Kelly, 2000; Sherwood, 2009; Hall, 2011).

Tiga pasang kelenjar ludah mengeluarkan air liur ke dalam rongga mulut (Kelly, 2000; Sherwood, 2009; Ramadhani and Widyaningrum, 2022):

1. Kelenjar parotis yang terletak di antara sudut rahang dan telinga
2. Kelenjar sublingual yang terletak di bawah lidah
3. Kelenjar submandibular yang terletak di bawah rahang

Air liur mengandung air, lender, lisozim, amilase saliva, dan lipase lingual. Sekitar 99,5% air liur adalah air. Menelan difasilitasi oleh pelembapan bahan makanan; lebih jauh lagi, air liur berfungsi sebagai pelarut bagi molekul-molekul yang merangsang kuncup pengecap. Adanya lendir, yang kental dan licin, melumasi mulut dan makanan serta membantu proses menelan.

Lisozim adalah enzim yang melisiskan atau membunuh banyak jenis bakteri yang mungkin tertelan. Saliva atau ludah adalah cairan yang bersifat alkali dan mengandung beberapa enzim pencernaan. Air liur memulai proses pencernaan kimiawi dengan amilase saliva. Enzim ini memecah molekul pati menjadi fragmen-fragmen. Secara khusus, polisakarida, atau pati, dipecah menjadi maltosa, suatu disakarida yang terdiri dari dua molekul glukosa. Amilase saliva dapat mencapai hingga 75% dari pencernaan pati sebelum didenaturasi oleh asam lambung

di lambung. Sejumlah kecil lipase lingual juga hadir dan berperan dalam pemecahan lipid makanan (Gambar 7.3). Enzim ini aktif secara optimal pada pH asam dan karenanya tetap aktif melalui lambung dan ke dalam usus. Karena rangsangan parasimpatis pada kelenjar ludah, air liur disekresikan terus-menerus pada tingkat basal sekitar 0,5 ml/menit (Kelly, 2000).

Sekresi dapat ditingkatkan oleh dua jenis refleks yaitu refleks saliva sederhana atau tak terkondisi dan refleks saliva yang didapat atau terkondisi. Refleks saliva tak terkondisi terjadi saat makanan hadir di dalam rongga mulut dan menyebabkan stimulasi kemoreseptor dan reseptor tekanan. Reseptor ini kemudian mengirimkan impuls ke pusat saliva di medula batang otak. Impuls eferen parasimpatis dikirimkan kembali ke kelenjar saliva dan sekresi ditingkatkan. Refleks saliva terkondisi ditimbulkan sebagai respons terhadap pikiran, penglihatan, penciuman, atau suara makanan. Rangsangan lain yang meningkatkan saliva adalah mual. Sekresi saliva dihambat oleh kelelahan, tidur, ketakutan, dan dehidrasi. Secara keseluruhan, 1 hingga 2 liter saliva dapat diproduksi per hari (Kelly, 2000).

6.4.2 Faring

Faring adalah rongga di bagian belakang tenggorokan dan menghubungkan mulut dengan esofagus. Faring berfungsi sebagai jalur umum untuk sistem pernapasan dan pencernaan. Pada bagian ini tidak terjadi pencernaan. Kontraksi otot faring merupakan bagian dari refleks menelan, yang diatur oleh medula. Proses menelan dapat dimulai secara sukarela ketika lidah mendorong bolus makanan ke bagian belakang mulut dan ke dalam faring. Stimulasi reseptor tekanan di faring menghasilkan transmisi impuls saraf ke pusat menelan di medula batang otak. Hal ini menimbulkan refleks tak sadar terkoordinasi yang melibatkan kontraksi otot dalam urutan yang tepat. Epiglottis bergerak ke bawah melewati laring untuk menutup trakea dan sfingter esofagus bagian atas mengendur, sehingga bolus makanan dapat masuk ke esofagus. Setelah bolus makanan masuk ke esofagus, sfingter esofagus bagian atas

menutup untuk mencegah udara tertelan. Fase refleks menelan ini disebut sebagai tahap faring dan berlangsung sekitar 1 detik (Kelly, 2000; Scanlon and Sanders, 2007; Sherwood, 2009).

6.4.3 Esofagus

Esofagus terletak di belakang trakea. esofagus adalah tabung berotot yang menghubungkan faring dan lambung dan dilapisi dengan epitel skuamosa berlapis. Tidak terjadi proses pencernaan pada esofagus. Satu-satunya zat yang disekresikan oleh esofagus adalah lendir. Lendir pelindung menyediakan pelumasan untuk perjalanan makanan dan membantu mencegah kerusakan pada dinding esofagus oleh bahan makanan kasar. Esofagus ditutup oleh dua sfingter, satu di setiap ujung tabung: sfingter esofagus atas (*Upper esophageal sphinter/UES*) dan sfingter esofagus bawah (*Lower esophageal sphinter/LES*). Masing-masing biasanya tertutup kecuali selama proses menelan. Fungsi normal sistem pernapasan menciptakan tekanan subatmosfer di rongga toraks. Jika esofagus memang terbuka ke atmosfer, gradien tekanan ini akan menarik udara ke dalam esofagus dan lambung selama setiap inspirasi (Kelly, 2000; Dipiro *et al.*, 2008; Papadakis, 2021).

6.4.4 Lambung

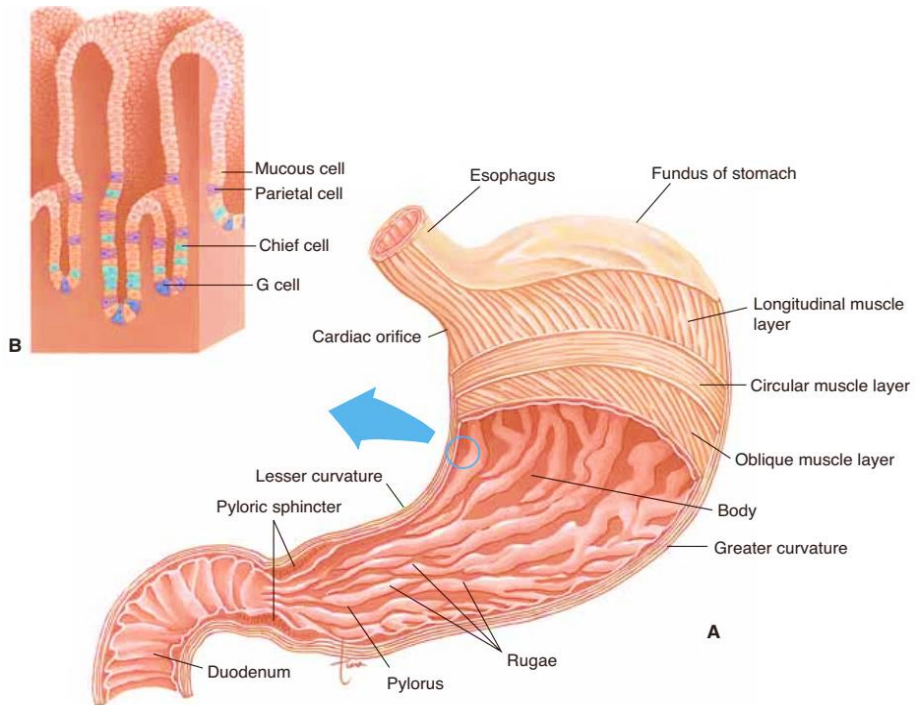
Lambung terletak di sisi kiri rongga perut tepat di bawah diafragma, terletak di antara esofagus dan usus halus. Seperti halnya esofagus, lambung memiliki sfingter di kedua ujungnya. LES yang disebutkan sebelumnya di pintu masuk lambung dan sfingter pilorus di pintu keluar lambung ke duodenum usus halus. LES biasanya tertutup kecuali saat menelan. Sfingter pilorus mengalami kontraksi tonik, yang membuatnya hampir tertutup, tetapi tidak sepenuhnya, sehingga cairan dapat dengan mudah melewatinya. Pergerakan bahan makanan melalui sfingter ini membutuhkan kontraksi lambung yang kuat. Kontraksi lambung menghancurkan bahan makanan dan mencampurnya secara menyeluruh dengan sekresi lambung. Ini menghasilkan campuran kental dan setengah cair yang disebut chyme (Kelly, 2000; Dipiro *et al.*, 2008; Handayani, 2021).

Lambung menjalankan beberapa fungsi penting antara lain menyimpan makanan yang dicerna hingga dapat diproses oleh saluran pencernaan lainnya; secara mekanis menghancurkan makanan yang dicerna dan mencampurnya dengan sekresi lambung; dan memulai proses pencernaan protein.

Tiga wilayah membentuk lambung (lihat Gambar 7.3):

1. Fundus: daerah paling atas lambung yang terletak di atas persimpangan dengan esofagus
2. Badan: bagian tengah atau utama lambung
3. Antrum: daerah terminal lambung yang mengarah ke persimpangan gastroduodenal

Makanan disimpan di badan lambung, yang dapat mengembang hingga menampung hingga 1 liter chyme. Saat makanan memasuki lambung, makanan mengalami relaksasi refleks yang disebut relaksasi reseptif. Kontraksi otot polos lambung terjadi dalam bentuk gerak peristaltik. Kontraksi gerak peristaltik dimulai di badan lambung dan berlanjut seperti gelombang menuju duodenum (Kelly, 2000).



Gambar 6.3. Lambung dan berbagai jenis sel pada lambung. (A) Lambung posisi anterior. (B) Berbagai sel pada lambung (Scanlon and Sanders, 2007)

Ketika kontraksi peristaltik benar-benar mencapai sfingter pilorus, sfingter tersebut menutup dan sisa chyme di daerah ini dipaksa kembali ke badan lambung tempat pencampuran dan penghancuran lebih lanjut terjadi. Beberapa faktor memengaruhi motilitas lambung dan karenanya laju pengosongan lambung. Faktor-faktor tersebut meliputi: volume chyme di lambung; fluiditas chyme; volume dan komposisi kimia chyme di duodenum (Kelly, 2000; Dipiro *et al.*, 2008).

Faktor lambung utama yang memengaruhi motilitas dan laju pengosongan adalah volume chyme di lambung. Saat volume chyme meningkat, dinding lambung menjadi mengembang dan mekanoreseptor terstimulasi.

Hal ini menimbulkan refleks yang meningkatkan motilitas lambung melalui saraf intrinsik dan vagus. Pelepasan hormon

gastrin dari daerah antral lambung selanjutnya berkontribusi pada peningkatan motilitas. Tingkat fluiditas chyme juga memengaruhi laju pengosongan lambung. Cairan yang ditelan bergerak melalui sfingter pilorus dan mulai mengosongkan hampir seketika. Semakin cepat tingkat fluiditas yang diperlukan tercapai, semakin cepat isi lambung dapat dikosongkan ke duodenum. Faktor terpenting yang mengatur motilitas lambung dan laju pengosongan lambung melibatkan volume dan komposisi kimia chyme di duodenum. Reseptor di duodenum sensitif terhadap: distensi; lipid; asam; dan osmolalitas kim (Kelly, 2000).

Pengaturan pengosongan lambung terjadi melalui refleksi enterogastrik, yang menghambat motilitas lambung, meningkatkan kontraksi sfingter pilorus, dan karenanya menurunkan laju pengosongan lambung. Refleksi ini dimediasi melalui saraf intrinsik dan vagus. Pengaturan juga terjadi melalui respons hormonal yang melibatkan pelepasan enterogastron dari duodenum. Hormon-hormon ini, sekretin, kolesistokinin, dan peptida penghambat lambung, mengalir dalam darah ke lambung tempat mereka menghambat kontraksi lambung. Seiring dengan meningkatnya volume chyme di duodenum, hal itu menyebabkan distensi dinding duodenum dan stimulasi mekanoreseptor. Stimulasi reseptor ini menimbulkan refleksi penghambatan motilitas lambung yang dimediasi melalui saraf intrinsik dan vagus. Kondisi ini juga menimbulkan refleksi enterogastrik dan pelepasan enterogastron untuk menurunkan laju pengosongan lambung (Kelly, 2000; Sherwood, 2009).

Lipid adalah yang paling lambat dicerna dan diserap. Keberadaan lipid di duodenum merangsang kemoreseptor usus. Stimulasi reseptor ini menimbulkan refleksi penghambatan motilitas lambung dan memperlambat penambahan lebih banyak lipid dari lambung. Lipid juga menyebabkan pelepasan kolesistokinin dan peptida penghambat lambung dari duodenum. Hormon-hormon ini berkontribusi pada penghambatan kontraksi lambung. Pentingnya efek penghambatan lipid diilustrasikan oleh perbandingan antara

makanan berlemak tinggi (hingga 6 jam untuk pengosongan lambung) dan makanan yang terdiri dari karbohidrat dan protein (3 jam untuk pengosongan lambung). Oleh karena itu, makanan berlemak "lebih mengenyangkan" daripada makanan rendah lemak karena efeknya pada motilitas lambung (Kelly, 2000; Hall, 2011).

Lambung manusia mengeluarkan 1-2 liter cairan lambung per hari. Mukosa lambung, yang menghasilkan sekresi ini, terbagi menjadi dua daerah fungsional: daerah kelenjar oksintik dan daerah kelenjar pilorus. Daerah kelenjar oksintik terletak di 80% proksimal lambung. Kelenjar ini terdiri dari tiga jenis sel: sel leher mukosa; sel parietal; dan sel chief. Daerah kelenjar pilorus terletak di 20% distal lambung yang tersisa. Sekresi lambung meliputi (Kelly, 2000; Scanlon and Sanders, 2007; Papadakis, 2021):

1. Asam klorida (HCl): terdisosiasi menjadi ion H^+ dan Cl^- , diproduksi oleh sel parietal. Ion-ion ini secara aktif diangkut ke dalam lumen lambung oleh pompa proton. Fungsi HCl meliputi:
 - a. Aktivasi pepsinogen, prekursor enzim pepsin
 - b. Membantu pemecahan jaringan ikat dan serat otot dalam makanan yang dicerna
 - c. Membunuh sebagian besar jenis mikroorganisme yang dicerna bersama makanan.
2. Pepsinogen: diproduksi oleh sel-sel utama. Di dalam lumen lambung, molekul prekursor ini dipecah oleh HCl untuk membentuk enzim pepsin yang aktif. Pepsin yang aktif secara optimal pada pH asam ($pH = 2$) memulai pencernaan protein dengan memecah protein menjadi rantai peptida yang lebih kecil.
3. Lendir: diproduksi oleh sel-sel leher lendir dan oleh sel-sel epitel permukaan dinding lambung. Lapisan lendir yang tebal menempel pada dinding lambung, membentuk penghalang mukosa lambung. Fungsi penghalang ini adalah untuk melindungi mukosa lambung dari cedera — khususnya, dari tindakan korosif HCl dan pepsin. Bersama dengan ion bikarbonat yang dilepaskan ke dalam lumen

lambung, lendir menetralkan asam dan mempertahankan permukaan mukosa pada pH yang hampir netral.

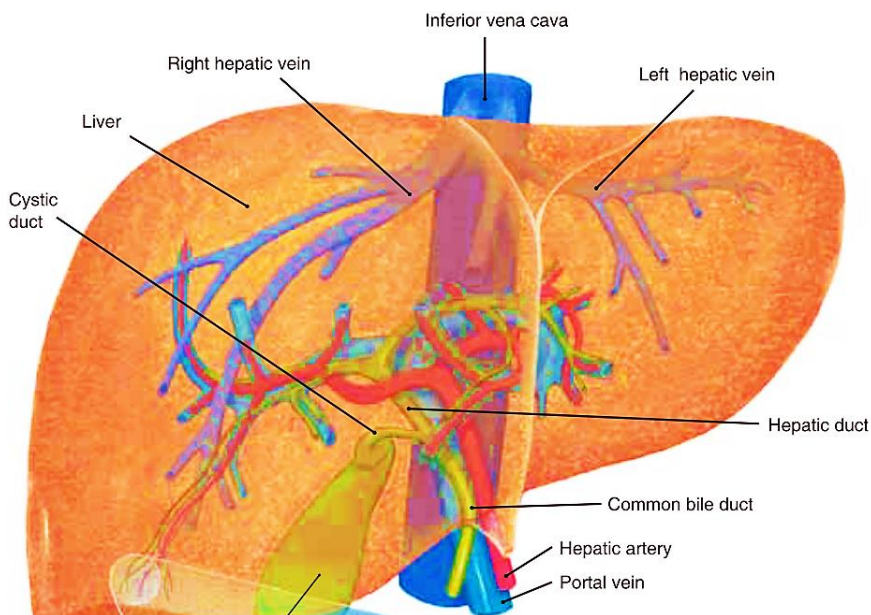
4. Faktor intrinsik diproduksi oleh sel parietal. Di dalam lambung, ia bergabung dengan vitamin B12 untuk membentuk kompleks yang diperlukan untuk penyerapan vitamin ini di ileum usus halus. Vitamin B12 merupakan faktor penting dalam pembentukan sel darah merah. Orang yang tidak dapat memproduksi faktor intrinsik tidak dapat menyerap vitamin B12 dan produksi sel darah merah terganggu. Kondisi ini, yang disebut anemia pernisiiosa, terjadi sebagai akibat dari gangguan autoimun yang melibatkan penghancuran sel parietal.
5. Gastrin adalah hormon yang diproduksi oleh jaringan endokrin lambung — khususnya, sel G di area kelenjar pilorus. Ia dilepaskan ke dalam darah dan dibawa kembali ke lambung. Fungsi utama gastrin adalah untuk meningkatkan sekresi asam dengan secara langsung merangsang sel parietal (HCl) dan sel chief (pepsinogen). Gastrin juga merangsang pelepasan histamin lokal dari sel-sel mirip enterokromafin di dinding lambung. Histamin merangsang sel parietal untuk melepaskan HCl.

6.4.5 Hati

Hati merupakan organ dalam terbesar, dengan berat sekitar 1,5 kg (3,3 pon) pada orang dewasa. Hati menjalankan banyak fungsi penting, diantaranya sebagai: penyimpanan darah, vitamin dan zat besi; pembentukan faktor pembekuan darah; metabolisme dan ekskresi obat-obatan tertentu, bilirubin, dan hormon, karbohidrat, protein dan lipid; serta pembentukan empedu (Kelly, 2000; Hall, 2011). Hati adalah organ yang besar dan dapat mengembang. Dengan demikian, sejumlah besar darah dapat disimpan dalam pembuluh darahnya yang menyediakan fungsi penyimpanan darah. Dalam kondisi fisiologis normal, vena hepatik dan sinus hepatik mengandung sekitar 450 ml darah, atau hampir 10% dari volume darah. Bila diperlukan, darah ini dapat dimobilisasi untuk meningkatkan aliran balik vena dan curah jantung. Darah

yang mengalir dari usus ke hati melalui vena porta hepatic sering kali mengandung bakteri. Penyaringan darah ini merupakan fungsi perlindungan yang disediakan oleh hati. Makrofag fagosit besar, yang disebut sel Kupffer, melapisi sinus vena hepatic. Saat darah mengalir melalui sinus ini, bakteri dengan cepat diserap dan dicerna oleh sel Kupffer (lihat Gambar 7.4). Sistem ini sangat efisien dan membuang lebih dari 99% bakteri dari darah portal hepatic (Kelly, 2000; Longo *et al.*, 2012).

Hati berfungsi sebagai tempat penyimpanan penting untuk vitamin dan zat besi. Beberapa vitamin dapat disimpan dalam jumlah yang cukup untuk mencegah kekurangan vitamin selama beberapa waktu seperti vitamin A (hingga 10 bulan), vitamin D (3 hingga 4 bulan) dan vitamin B12 setidaknya 1 tahun (Kelly, 2000). Zat besi disimpan di hati dalam bentuk feritin. Hati mampu mendetoksifikasi atau mengeluarkan banyak obat ke dalam empedu, seperti sulfonamida (obat antibakteri), penisilin, ampicilin, dan eritromisin. Bilirubin, produk akhir utama degradasi hemoglobin, juga dikeluarkan melalui empedu. Selain itu, beberapa hormon dimetabolisme oleh hati, termasuk hormon tiroid dan semua hormon steroid, seperti estrogen, kortisol, dan aldosteron.



Gambar 6.4. Anatomi hati

(A) Hati dan kantong empedu beserta pembuluh darah dan saluran empedu. (B) Tampilan perbesaran satu lobulus hati (Scanlon and Sanders, 2007)

Proses metabolisme yang melibatkan karbohidrat meliputi: penyimpanan glikogen dalam jumlah yang signifikan; konversi galaktosa dan fruktosa menjadi glukosa; dan glukoneogenesis. Proses metabolisme yang melibatkan protein meliputi: deaminasi asam amino; pembentukan urea (untuk membuang amonia dari cairan tubuh); pembentukan protein plasma; konversi asam amino menjadi asam amino lain dan senyawa esensial. Sebagian besar sel dalam tubuh memetabolisme lipid; namun, beberapa proses metabolisme lemak terjadi terutama di hati. Ini meliputi: oksidasi asam lemak untuk memasok energi bagi fungsi tubuh lainnya; sintesis kolesterol, fosfolipid, dan lipoprotein; sintesis lemak dari protein dan karbohidrat (Kelly, 2000; Scanlon and Sanders, 2007).

Produk penting lain dari metabolisme hati adalah empedu yang diperlukan untuk pencernaan dan penyerapan lipid makanan. Empedu adalah cairan alkali berair yang terdiri dari campuran kompleks komponen organik dan anorganik. Konstituen organik utama empedu adalah garam empedu, yang mencakup sekitar 50% dari komponen padat. Berasal dari kolesterol, garam empedu adalah molekul amfipatik; dengan kata lain, molekul-molekul ini memiliki daerah hidrofilik dan daerah hidrofobik. Ion anorganik juga terdapat dalam empedu dan meliputi ion Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Cl^- , dan HCO_3^- . Jumlah total kation melebihi jumlah total anion (Kelly, 2000; Sherwood, 2009).

Empedu diproduksi terus-menerus oleh hati; garam empedu disekresikan oleh hepatosit; dan air, natrium bikarbonat, dan garam anorganik lainnya ditambahkan oleh sel-sel saluran empedu di dalam hati. Empedu kemudian diangkut melalui saluran empedu umum ke duodenum. Empedu memfasilitasi pencernaan dan penyerapan lemak di seluruh usus halus. Di daerah terminal ileum, segmen terakhir dari usus halus, garam empedu secara aktif diserap kembali ke dalam darah, dikembalikan ke hati melalui sistem portal hepatis, dan disekresikan kembali ke dalam empedu. Daur ulang garam empedu dari usus halus kembali ke hati disebut sebagai sirkulasi enterohepatik (Kelly, 2000; Dipiro *et al.*, 2008; Hall, 2011).

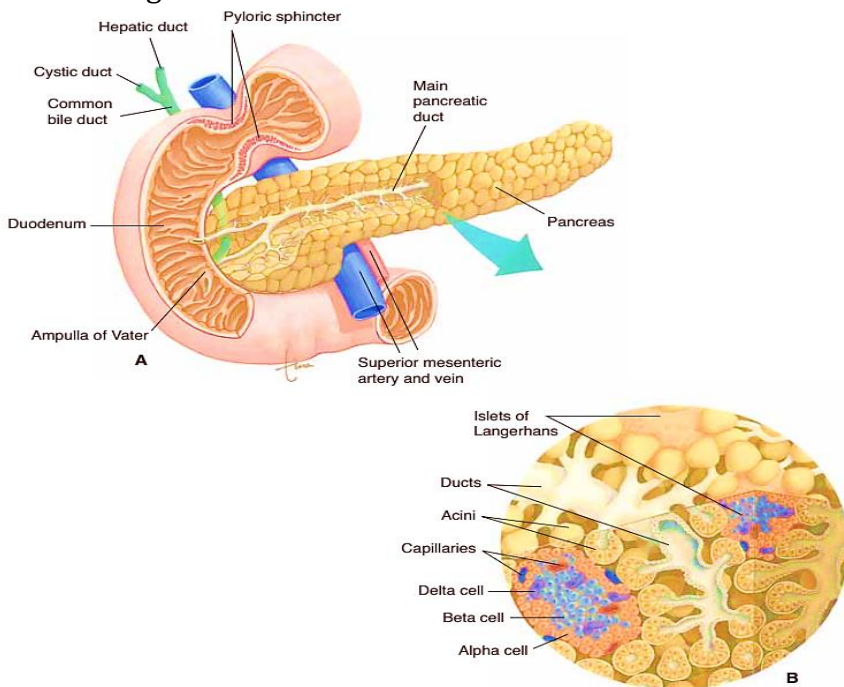
6.4.6 Kantong Empedu

Empedu memasuki duodenum dari saluran empedu umum melalui Sfingter Oddi selama proses makan. Di antara waktu makan, sfingter ini ditutup untuk mencegah empedu memasuki usus halus. Akibatnya, sebagian besar empedu yang disekresikan dari hati disalurkan kembali ke saluran empedu umum ke dalam duktus sistikus dan kantong empedu. Kantong empedu terletak di permukaan bawah hati. Di dalam kantong empedu, natrium secara aktif dikeluarkan dari empedu. Klorida mengikuti natrium menuruni gradien listriknya dan air mengikutinya secara osmotik. Akibatnya, unsur organik empedu

terkonsentrasi 5-10 kali lipat. Selama makan, ketika empedu dibutuhkan untuk pencernaan, kantung empedu berkontraksi dan empedu diperas keluar dan masuk ke duodenum. Kontraksi dipicu oleh kolesistokinin, hormon usus yang dilepaskan sebagai respons terhadap keberadaan chyme, terutama lipid, di duodenum (Kelly, 2000; Longo *et al.*, 2012).

6.4.7 Pankreas

Kelenjar eksokrin di dalam pankreas mengeluarkan cairan berair yang disebut jus pankreas. Cairan ini bersifat basa dan mengandung konsentrasi ion bikarbonat yang tinggi, dimana cairan ini diangkut ke duodenum oleh saluran pankreas. Cairan pankreas menetralkan chyme asam yang masuk ke duodenum dari lambung.



Gambar 6.5. Anatomi pankreas

(A) Saluran pankreas utama bergabung dengan saluran empedu umum. (B) asinus beserta salurannya dan beberapa pulau Langerhans (Scanlon and Sanders, 2007)

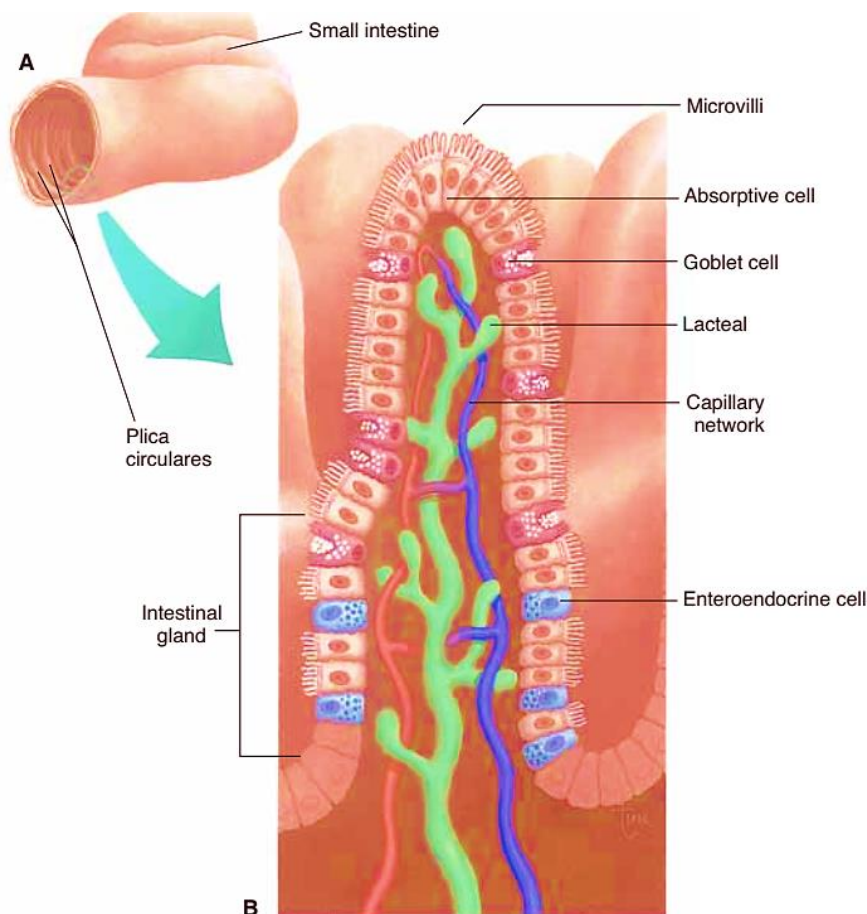
Netralisasi tidak hanya mencegah kerusakan pada mukosa duodenum, tetapi juga menciptakan lingkungan netral atau sedikit basa yang optimal untuk fungsi enzim pankreas. Pankreas juga mengeluarkan beberapa enzim yang terlibat dalam pencernaan karbohidrat, protein, dan lipid. Stimulasi saraf dan hormon mengatur sekresi dari pankreas sama seperti pada lambung. Selama fase sefalik dan fase lambung, pankreas mengeluarkan cairan bervolume rendah yang kaya enzim yang dimediasi oleh saraf vagus. Sebagian besar sekresi pankreas terjadi selama fase intestinal. Hormon sekretin usus merangsang pelepasan sejumlah besar cairan pankreas dengan konsentrasi ion bikarbonat yang tinggi. Sekretin dilepaskan sebagai respons terhadap kimus asam di duodenum (pelepasan maksimal pada pH 3,0). Hormon kolesistokinin usus dilepaskan sebagai respons terhadap keberadaan produk pencernaan protein dan lipid. Kolesistokinin kemudian merangsang pelepasan enzim pencernaan dari pankreas (Kelly, 2000; Scanlon and Sanders, 2007; Longo *et al.*, 2012).

6.4.8 Usus Halus

Usus halus adalah organ terpanjang (>6 m) dan paling berbelit-belit dalam sistem pencernaan. Usus halus dibagi menjadi tiga segmen: duodenum: 20 cm pertama, jejunum: 2,5 m berikutnya; dan ileum 3,5 m. Sebagian besar pencernaan dan penyerapan terjadi di usus halus, yang mukosanya beradaptasi dengan baik untuk fungsi-fungsi ini dengan modifikasi anatomi tertentu (lihat Gambar 7.6. Plicae circulares, atau lipatan melingkar, yang ditemukan di sepanjang usus halus. Mereka terbentuk dari lipatan ke dalam lapisan mukosa dan submukosa dinding usus. Plicae circulares berkembang dengan baik terutama di duodenum dan jejunum dan meningkatkan luas permukaan penyerapan mukosa sekitar tiga kali lipat. Setiap plica ditutupi dengan jutaan proyeksi mukosa yang lebih kecil yang disebut villi. Dua jenis sel epitel menutupi villi yaitu sel goblet dan sel penyerap. Sel goblet menghasilkan lendir. Sel-sel penyerap, yang ditemukan dalam satu lapisan yang menutupi villi, jumlahnya jauh lebih banyak. Jika digabungkan, villi

meningkatkan luas permukaan penyerap hingga 10 kali lipat (Kelly, 2000; Longo *et al.*, 2012).

Mikrovili adalah proyeksi mikroskopis yang ditemukan pada permukaan luminal sel-sel penyerap. Struktur ini meningkatkan luas permukaan untuk penyerapan hingga 20 kali lipat. Bersama-sama, ketiga adaptasi anatomi mukosa usus ini — plicae circulares, vili, dan mikrovili — meningkatkan luas permukaan hingga 600 kali lipat, yang memiliki efek positif yang mendalam pada proses penyerapan. Motilitas usus halus. Segmentasi dan peristaltik terjadi di usus halus. Segmentasi mencampur chyme dengan cairan pencernaan dan memaparkannya ke mukosa usus untuk penyerapan. Bentuk motilitas ini hanya menyebabkan sedikit gerakan maju chyme di sepanjang usus halus. Peristaltik, bentuk kontraksi otot yang menyerupai gelombang, terutama menggerakkan chyme di sepanjang usus dan hanya menyebabkan sedikit pencampuran. Kontraksi ini lemah dan lambat di usus halus sehingga waktu yang dibutuhkan cukup untuk pencernaan dan penyerapan chyme secara menyeluruh saat bergerak maju. Kontraksi peristaltik usus biasanya terbatas pada jarak pendek (Kelly, 2000; Scanlon and Sanders, 2007).



Gambar 6.6. Anatomi usus halus

(A) Potongan usus halus yang memperlihatkan plika sirkular.
 (B) Pandangan mikroskopis vili yang memperlihatkan struktur internal. Sel-sel enteroendokrin mengeluarkan hormon-hormon usus (Scanlon and Sanders, 2007)

Kontraksi segmentasi terjadi sebagai akibat dari ritme listrik dasar (BER) sel-sel pengatur kecepatan di usus halus. Bentuk aktivitas otot ini sedikit atau tidak ada di antara waktu makan. Motilitas usus halus dapat ditingkatkan selama makan dengan: distensi usus halus, gastrin, dan stimulasi saraf ekstrinsik. Selama makan, segmentasi awalnya terjadi di duodenum dan ileum. Pergerakan chyme ke dalam usus dan

distensi duodenum menimbulkan kontraksi segmentasi di segmen usus halus ini. Segmentasi ileum yang kosong disebabkan oleh gastrin yang dilepaskan sebagai respons terhadap distensi lambung. Mekanisme ini disebut sebagai refleks gastroileal. Stimulasi parasimpatis, melalui saraf vagus, semakin meningkatkan segmentasi. Stimulasi simpatis menghambat aktivitas ini (Kelly, 2000).

6.4.9 Usus Besar

Usus besar adalah daerah saluran pencernaan dari katup ileosekal hingga anus. Dengan panjang sekitar 1,5 m, organ ini memiliki diameter lebih besar daripada usus halus. Mukosa usus besar tersusun atas sel penyerap dan sel goblet yang mensekresikan lender dan tidak membentuk vili. Usus besar terdiri atas struktur-struktur berikut (lihat Gambar 7.7) (Kelly, 2000; Scanlon and Sanders, 2007):

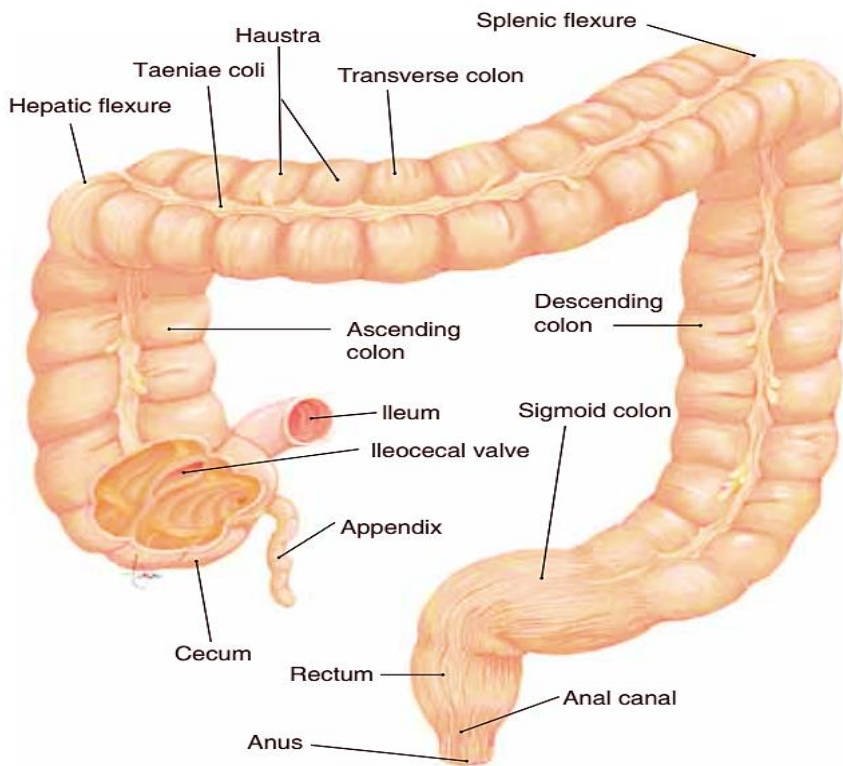
1. Sekum: merupakan bagian paling proksimal dari usus besar, menerima chyme dari ileum usus halus melalui katup ileosekal.
2. Apendiks: tonjolan kecil di bagian bawah sekum, merupakan jaringan limfoid. Jaringan ini mengandung limfosit dan membantu pertahanan terhadap bakteri yang masuk ke dalam tubuh melalui sistem pencernaan.
3. Kolon merupakan bagian terbesar dari usus besar kolon terdiri dari empat bagian: kolon ascendens (berjalan ke atas menuju diafragma di sisi kanan perut), kolon transversum (melintasi perut di bawah diafragma), kolon descendens (berjalan ke bawah melalui perut di sisi kiri), dan kolon sigmoid (bagian berbentuk S yang terdapat di perut bagian bawah).
4. Rektum: Kolon sigmoid bersambung dengan rektum, yang mengarah ke permukaan luar tubuh melalui anus.

Usus besar biasanya menerima 500 hingga 1500 ml chyme per hari dari usus halus. Dua fungsi utama usus besar adalah untuk pengeringan dan penyimpanan. Penyerapan sebagian besar air dan garam dari chyme oleh usus besar

menghasilkan proses "pengeringan" atau pemekatan ini. Akibatnya, hanya sekitar 100 ml air yang hilang melalui rute ini setiap hari. Sisa isi, yang sekarang disebut feses, "disimpan" di usus besar hingga dapat dikeluarkan melalui defekasi (Kelly, 2000; Hall, 2011; Handayani, 2021).

Motilitas usus besar biasanya cukup lambat. Sering kali diperlukan waktu 18 hingga 24 jam agar bahan melewati seluruh panjangnya. Bentuk utama motilitas di usus besar adalah kontraksi haustral, atau haustrasi. Kontraksi ini dihasilkan oleh ritme bawaan sel otot polos di usus besar. Haustrasi, yang menghasilkan tampilan haustra yang menonjol, mirip dengan kontraksi segmentasi di usus halus. Haustra yang bersifat nonpropulsif terutama berfungsi untuk menggerakkan isi usus maju mundur secara perlahan, sehingga isinya terpapar ke permukaan yang menyerap (Kelly, 2000).

Gerakan yang sangat lambat ini memungkinkan pertumbuhan bakteri di usus besar. Biasanya, flora bakteri di daerah ini tidak berbahaya. Bahkan, beberapa bakteri menghasilkan vitamin yang dapat diserap, terutama vitamin K. Bentuk kedua motilitas di usus besar adalah gerakan massa. Tiga atau empat kali sehari, biasanya setelah makan, terjadi kontraksi propulsif yang kuat yang menggerakkan bolus chyme yang substansial ke depan menuju bagian distal kolon. Gerakan massa dapat mengakibatkan distensi rektum secara tiba-tiba yang menimbulkan refleks defekasi. Usus besar menghasilkan sekresi lendir alkali, yang fungsinya adalah untuk melindungi mukosa dari cedera mekanis atau kimia. Lendir memberikan pelumasan untuk memfasilitasi pergerakan isi lumen. Ion bikarbonat menetralkan asam iritan yang dihasilkan oleh fermentasi bakteri lokal; sekresi kolon meningkat sebagai respons terhadap rangsangan mekanis atau kimia. Mekanisme peningkatan sekresi melibatkan refleks saraf intrinsik dan vagal (Kelly, 2000; Longo *et al.*, 2012).



Gambar 6.7. Anatomi usus besar (Scanlon and Sanders, 2007)

DAFTAR PUSTAKA

- Dipiro, J.T. *et al.* (2008) *Pharmacotherapy 'A Pathophysiologic Approach'*. Seven Edit. New York: The McGraw-Hill Companies. Available at: <https://doi.org/110.1036/007147899X>.
- Hall, J. (2011) *Guyton and Hall: Textbook of Medical Physiology*. Tewlfth Ed. Edited by E. Schmitt, R. Gruliow, and L. Stingelin. Philadelphia: Saunders Elsevier.
- Handayani, S. (2021) *Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia*. Pertama. Bandung: CV. Media Sains Indonesia.
- Kelly, L. (2000) *Essentials of Human Physiology for pharmacy*. New York: CRC Press.
- Longo, L. *et al.* (2012) *Harrison's Principles of Internal Medicine*. 18th Editi. Edited by L. Longo *et al.* New York: Mc Graw Hill Medical.
- Mubarak, M. *et al.* (2022) *Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia*. Pertama. Edited by M. Mubarak, S. Sukurni, and R. Rusli. Semarang: CV Eureka Media Aksara.
- Papadakis, M.A. (2021) *Current Medical Diagnosis & Treatment*. Sixtieth E. New York: McGraw Hill. Available at: <https://doi.org/10.4135/9781446214152.n8>.
- Pearce, E. (2009) *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Ramadhani, K. and Widyaningrum, R. (2022) *Buku Ajar Dasar-Dasar Anatomi Dan Fisiologi Tubuh Manusia: Bagi Mahasiswa Gizi dan Kesehatan*. Pertama, UAD Press. Pertama. Edited by I. Afwan BA; Amanah. Yogyakarta: UAD Press.
- Scanlon, V. and Sanders, T. (2007) *Essential of Anatomy and Physiology*. Fifth Edit. Edited by I. Richman. Philadelphia: F.A. Davis Company.
- Sherwood, L. (2009) *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem*. Edited by N. Yesdelita. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.

BAB 7

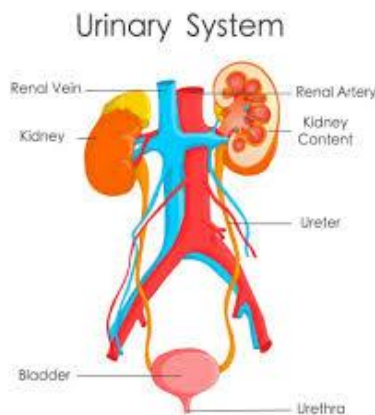
SISTEM PERKEMIHAN

Oleh Defia roza

7.1 Pendahuluan

Sistem ekskresi adalah proses kompleks tubuh yang dirancang untuk menghilangkan zat-zat yang tidak diperlukan dari darah melalui produksi urin. Ini memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan cairan dan elektrolit tubuh, serta membuang produk sisa metabolisme yang berbahaya seperti urea dan keratinin. Komponen kunci dari sistem ekskresi ini mencakup ginjal, ureter, kandung kemih, dan uretra.

Urin yang dihasilkan oleh ginjal mengalir ke kandung kemih melalui ureter yang terletak bilateral dalam tubuh. Kandung kemih berfungsi sebagai tempat penyimpanan urine sampai pusat saraf memulai proses miksi, yang memungkinkan pengeluaran urine melalui uretra yang terletak di dasar kandung kemih. Fisiologi yang terlibat dalam fungsi kandung kemih dan miksi sangat kompleks, melibatkan integrasi berbagai sistem saraf seperti saraf otonom, saraf pusat, dan saraf somatik, serta modulasi neurohormonal.



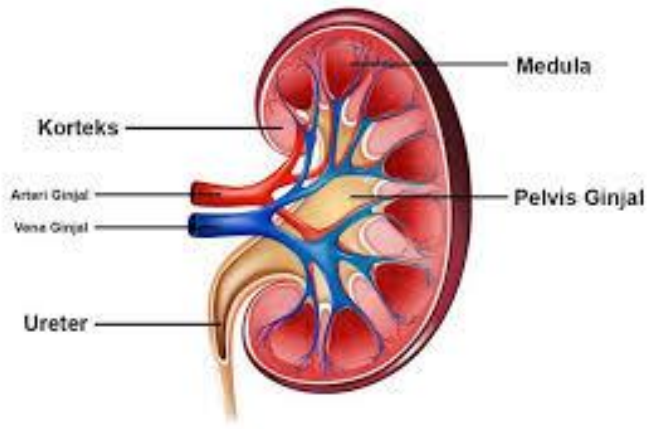
Gambar 7.1. Sistem Perkemihan

7.2 Ginjal

Ginjal adalah pasangan organ berbentuk sekitar seperti kepalan tangan, yang menyumbang sekitar 1% dari berat total tubuh. Terletak di belakang peritoneum di kedua sisi tubuh, dari daerah antara tulang rusuk bagian tengah hingga bagian bawah, ginjal berada di retroperitoneum bagian atas, berdekatan dengan vertebra lumbalis(III), dan menempel pada dinding perut. Ditandai dengan bentuk yang menyerupai biji kacang merah, dengan ginjal kiri umumnya lebih besar daripada ginjal kanan. Setiap ginjal dewasa memiliki berat sekitar 200 gram, dan ginjal pria biasanya lebih panjang daripada ginjal wanita.

Ginjal dilindungi oleh selaput jaringan fibrosa tipis. Di sisi medial terdapat lekukan yang disebut hilus, tempat masuk dan keluarnya pembuluh darah serta ureter. Ureter melebar ke bagian atas dan memenuhi hilus ginjal, yang dikenal sebagai pelvis renalis atau piala ginjal. Pelvis renalis kemudian membagi menjadi dua kaliks besar (kaliks mayor) dan beberapa kaliks kecil (kaliks minor). Setiap kaliks minor mengelilingi papila ginjal, tonjolan berbentuk kerucut dari jaringan ginjal. Papila ginjal adalah puncak piramida yang merambat dari hilus hingga ke kapsul. Pada potongan vertikal ginjal, setiap papila memiliki 10-25 duktus kolektif yang bermuara. Satu unit yang terdiri dari piramida dengan korteks yang mengelilinginya dianggap sebagai satu lobus ginjal.

Secara histologis, ginjal diselimuti oleh kapsul atau selaput jaringan ikat kolagen dan jaringan lemak. Struktur ini terdiri dari korteks dan medula yang tidak terpisahkan oleh jaringan pembatas khusus, dengan beberapa bagian medula yang memasuki korteks dan beberapa bagian korteks yang merosot ke medula.



Gambar 7.2. Bagian Ginjal

7.2.1 Bagian Ginjal

Jika ginjal diiris secara memanjang, terlihat jelas bahwa organ tersebut terdiri dari tiga komponen utama: korteks (kulit), medula (sumsum ginjal), dan pelvis renalis (rongga ginjal).

1. Korteks Ginjal:

Korteks ginjal berfungsi sebagai tempat bagi unit fungsional utama yang disebut nefron, yang bertugas menyaring darah. Di dalam korteks terdapat glomerulus, kelompok kapiler darah berbentuk bola, yang dikelilingi oleh kapsula Bowman. Gabungan glomerulus dan kapsula Bowman ini disebut badan Malpighi.

Proses penyaringan darah terjadi di badan Malpighi, di mana zat-zat terlarut disaring dari darah dan masuk ke dalam kapsula Bowman. Dari situ, zat-zat tersebut mengalir ke dalam tubulus yang terletak di dalam medula ginjal. Ginjal mengandung sekitar 1-1,5 juta nefron, yang masing-masing memiliki struktur dan fungsi serupa. Terdapat dua jenis nefron utama:

- a. Nefron kortikal: Glomerulusnya terletak di korteks bagian luar, dengan lengkung Henle yang pendek.
- b. Nefron juxtamedular: Glomerulusnya terletak lebih dalam di korteks, dengan lengkung Henle yang panjang.

Bagian-bagian utama dari nefron meliputi glomerulus, kapsula Bowman, tubulus (termasuk tubulus proksimal, lengkung Henle, dan tubulus distal), serta duktus pengumpul (duktus kolektivus) yang mengumpulkan urin dari beberapa nefron dan mengosongkannya ke pelvis ginjal.

2. Medula Ginjal:

Medula ginjal terdiri dari struktur piramida renal yang berbentuk kerucut. Bagian dasar piramida menghadap ke korteks, sementara puncaknya, yang disebut papila renis, mengarah ke dalam ginjal. Setiap piramida, bersama dengan jaringan korteks yang mengelilinginya, membentuk unit fungsional yang disebut lobus ginjal. Struktur piramida ini terdiri dari tubulus dan duktus kolektivus yang berjalan paralel, yang memberikan penampilan garis-garis pada medula ginjal. Antara piramida-piramida terdapat kolumna renal, yang juga mengandung jaringan korteks dan pembuluh darah halus untuk mengangkut urin dari badan Malpighi ke saluran pengumpul.

3. Pelvis Renalis:

Pelvis ginjal berfungsi sebagai bagian distal ureter dan berbentuk corong lebar. Sebelum terhubung dengan jaringan ginjal, panggul ginjal terbagi menjadi dua atau tiga kaliks primer. Kelopak besar ini kemudian bercabang menjadi beberapa kelopak kecil, yang mengelilingi papila ginjal pada piramida ginjal. Bertindak sebagai tempat penyimpanan urin yang dikeluarkan dari papila, kelopak kecil memindahkan urin ke kelopak besar, kemudian ke panggul ginjal, ureter, dan akhirnya ke kandung kemih untuk disimpan.

7.2.2 Fungsi Ginjal

Banyak yang mengetahui bahwa ginjal memiliki peran utama dalam mengeluarkan limbah hasil metabolisme tubuh melalui urin. Selain itu, ginjal juga bertanggung jawab dalam mengatur volume dan komposisi elektrolit dalam cairan tubuh.

Proses ini melibatkan mekanisme kompleks di mana ginjal menyaring plasma dan menyesuaikan zat-zat dalam filtrat sesuai kebutuhan tubuh.

Ginjal adalah organ penting yang bertanggung jawab untuk menghilangkan berbagai produk sampingan metabolisme, senyawa asing, obat-obatan, dan turunan hormon. Contoh zat yang dikeluarkan oleh ginjal antara lain urea hasil katabolisme asam amino, kreatinin yang berasal dari jaringan otot, asam urat yang berasal dari asam nukleat, dan bilirubin yang merupakan produk akhir degradasi hemoglobin. Selain itu, ginjal berfungsi untuk menghilangkan racun dan zat eksogen seperti pestisida dan bahan tambahan makanan yang tidak penting untuk fungsi tubuh.

Selain itu, ginjal mengatur keseimbangan air dan elektrolit dengan mengatur ekskresi air dan elektrolit seperti natrium, kalium, kalsium, dan magnesium agar sejalan dengan kebutuhan tubuh. Hal ini krusial untuk menjaga homeostasis dan stabilitas lingkungan internal yang mendukung berbagai fungsi sel tubuh.

Ginjal juga memiliki peran dalam regulasi tekanan darah jangka panjang dengan mengatur ekskresi natrium dan air. Secara lebih cepat, ginjal membantu mengatur tekanan darah melalui sekresi hormon seperti renin, yang mempengaruhi produksi zat vasoaktif seperti angiotensin II.

Ginjal memainkan berbagai peran tambahan dalam tubuh, seperti menjaga keseimbangan asam basa tubuh dengan menghilangkan asam dan mengatur buffer cairan tubuh. Mereka juga menghasilkan eritropoietin, hormon yang mendorong pembentukan sel darah merah di sumsum tulang, dan mensintesis kalsitriol, bentuk aktif vitamin D yang diperlukan untuk penyerapan kalsium dan fosfat.

Selama puasa yang berkepanjangan, ginjal dapat melakukan glukoneogenesis, yaitu sintesis glukosa dari asam amino dan prekursor lainnya untuk menjaga kadar glukosa darah. Namun, gangguan pada fungsi ginjal, seperti pada gagal ginjal kronis atau akut, dapat menyebabkan ketidakseimbangan

serius pada volume dan komposisi cairan tubuh, yang dapat mengancam kehidupan jika tidak diatasi dengan baik.

Dengan demikian, ginjal tidak hanya sebagai organ ekskresi, tetapi juga memiliki peran penting dalam menjaga homeostasis tubuh dan mendukung berbagai fungsi fisiologis yang vital bagi kesehatan dan kelangsungan hidup manusia.

7.2.3 Peredaran Darah Ginjal

Aliran darah ke ginjal biasanya menyumbang sekitar 22% dari total curah jantung, setara dengan sekitar 1100 ml per menit. Arteri ginjal memasuki ginjal melalui hilus dan secara progresif membelah menjadi pembuluh darah yang lebih kecil seperti arteri interlobar, arteri arkuata, arteri interlobular (atau arteri radial), dan arteriol aferen yang menuju ke kapiler glomerulus tempat terjadinya filtrasi cairan dan zat terlarut. Arteriol eferen yang dibentuk oleh penggabungan kapiler glomerulus kemudian terhubung ke kapiler peritubular yang mengelilingi tubulus ginjal.

Ginjal menunjukkan pola sirkulasi darah yang khas karena adanya dua lapisan kapiler yang disebut kapiler glomerulus dan kapiler peritubular. Kapiler ini tersusun secara berurutan dan dipisahkan oleh arteriol eferen. Arteriol eferen berperan dalam mengatur tekanan hidrostatik di kedua rangkaian kapiler. Tekanan hidrostatik yang tinggi di kapiler glomerulus (sekitar 60 mmHg) menyebabkan filtrasi cairan menjadi cepat, sedangkan tekanan hidrostatik yang lebih rendah di kapiler peritubular (sekitar 13 mmHg) memfasilitasi reabsorpsi cairan. Dengan mengatur resistensi arteriol aferen dan eferen, ginjal mampu mengontrol tekanan hidrostatik di kapiler glomerulus dan peritubular, sehingga memodulasi laju filtrasi glomerulus, reabsorpsi tubular, atau keduanya berdasarkan kebutuhan fisiologis tubuh. Kapiler peritubular akhirnya mengalir ke vena sistemik, yang berjalan di samping arteriol. Vena sistemik ini kemudian membentuk vena interlobular, vena arkuata, vena interlobar, dan vena ginjal, yang keluar dari ginjal bersama dengan arteri ginjal dan ureter.

7.2.4 Persarafan Ginjal

1. Saraf ginjal

Saraf Ginjal terdiri dari sekitar 15 ganglia yang bergabung membentuk pleksus ginjal. Jaringan ini berasal dari cabang distal dan lateral pleksus seliaka, pleksus akustik, dan bagian inferior saraf limpa. Pleksus ginjal saling berhubungan dengan pleksus spermatika melalui beberapa serabut saraf, yang berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan testis jika terjadi disfungsi ginjal.

2. Ureter

Ureter adalah struktur tubular yang berfungsi sebagai saluran yang menghubungkan ginjal ke kandung kemih. Berukuran panjang sekitar 25-30 cm dan diameter 6 mm, berasal dari panggul ginjal pada tingkat vertebra lumbalis kedua. Ditandai dengan orientasinya yang miring, ureter mengalami penyempitan pada tiga titik berbeda: saat keluar dari panggul ginjal, melintasi tepi panggul, dan memasuki kandung kemih. Terdiri dari tiga lapisan berbeda - epitel mukosa, lapisan otot polos tengah, dan lapisan fibrosa - struktur anatomi ureter terdefinisi dengan baik.

Dari sudut pandang anatomi, ureter dapat dikategorikan menjadi dua segmen utama berdasarkan posisinya. Segmen pertama, yang dikenal sebagai ureter pars abdominalis, terletak di dalam rongga perut, terletak di posterior peritoneum, di anterior medial otot psoas mayor, dan diselimuti oleh fasia subserosa. Segmen kedua, disebut sebagai ureter pars panggul, berjalan di sepanjang dinding lateral rongga panggul berdekatan dengan tepi anterior incisura ischia mayor dan dilindungi oleh peritoneum.

Posisi ureter berbeda antara pria dan wanita. Pada pria, ureter terletak di celah mani, berpotongan dengan duktus deferens dan dikelilingi oleh pleksus vesikalis. Ureter ini berjalan miring di dalam dinding kandung kemih dengan jarak kira-kira 2 cm dari sudut lateral trigonum vesikal. Sebaliknya, pada wanita, ureter terletak di belakang fossa

ovarium dan berjalan ke medial dan anterior menuju aspek lateral serviks uterus dan bagian atas vagina sebelum mencapai fundus kandung kemih.

Ureter menerima suplai darah dari berbagai arteri termasuk arteri ginjal, arteri spermatika interna, arteri hipogastrik, dan arteri vesikalis inferior. Persarafan ureter disediakan oleh cabang pleksus mesenterika inferior, pleksus spermatika, dan pleksus panggul, bersama dengan keterlibatan saraf vagus, rantai eferen saraf toraks ke-11 dan ke-12, saraf lumbal ke-1, dan rantai eferen saraf toraks ke-11 dan ke-12. saraf vagus.

3. Vesika Urinaria

Kandung kemih adalah organ berongga dan berotot yang berfungsi sebagai reservoir urin sebelum dikeluarkan melalui uretra. Secara anatomis, pada pria, kandung kemih terletak di posterior simfisis pubis dan di anterior rektum, sedangkan pada wanita, letaknya di inferior uterus dan anterior vagina.

Dinding kandung kemih terdiri dari empat lapisan utama, termasuk serosa, otot detrusor, submukosa, dan mukosa. Serosa, terletak di bagian atas panggul, berfungsi sebagai lapisan terluar dan merupakan perpanjangan dari lapisan peritoneum. Otot detrusor, terletak di tengah, terdiri dari kumpulan otot polos yang berpotongan. Submukosa adalah lapisan jaringan ikat yang terletak di bawah mukosa, menghubungkannya dengan lapisan otot. Mukosa, lapisan paling dalam, tersusun atas epitel transisional yang dapat membentuk lipatan saat kandung kemih kosong dan menghilang saat kandung kemih penuh.

Trigonum adalah area halus dan triangular di bagian dasar kandung kemih yang tidak bisa berkembang. Otot detrusor vesika merupakan otot polos yang saling berhubungan dan bertanggung jawab atas kontraksi kandung kemih saat pengosongan.

4. Pasokan darah ke kandung kemih disediakan oleh arteri vesikalis superior dan inferior, yang berasal dari arteri iliaka interna. Drainase vena melalui pleksus vena vesikalis, saling berhubungan dengan pleksus prostatika dan akhirnya bermuara ke vena iliaka interna. Persarafan kandung kemih terutama berasal dari pleksus hipogastrik inferior, dengan serabut saraf simpatis berasal dari ganglia lumbal ke-1 dan ke-2 dan mencapai kandung kemih melalui pleksus hipogastrik.

5. Proses pengisian dan pengosongan kandung kemih melibatkan ureter yang memiliki dinding berotot polos dengan berkas longitudinal dan sirkuler. Kontraksi peristaltik ureter membawa urine dari pelvis ginjal ke kandung kemih. Ureter menembus dinding kandung kemih secara miring, menjaga agar tetap tertutup kecuali selama gelombang peristaltik, untuk mencegah urine kembali ke ureter.

Ketika kandung kemih terisi sekitar 250 cc urine, ini cukup untuk merangsang refleks kontraksi dinding kandung kemih. Selama proses ini, sfingter internus relaksasi diikuti oleh sfingter eksterna, sehingga memungkinkan pengosongan kandung kemih melalui uretra. Kontraksi otot detrusor dan relaksasi sfingter internal dan eksternal dikendalikan oleh serabut-serabut saraf parasimpatik. Kontraksi sukarela sfingter eksterna bertujuan untuk mengendalikan miksi. Gangguan pada saraf ini dapat menyebabkan inkontinensia atau retensi urin.

6. Uretra

Uretra Pada Pria

Uretra adalah struktur tubular yang bertanggung jawab untuk mengangkut urin dari kandung kemih ke bagian luar tubuh. Selain itu, pada pria, uretra berfungsi sebagai saluran keluarnya air mani dan urin, meskipun zat-zat tersebut tidak dikeluarkan secara bersamaan. Uretra pria berukuran panjang sekitar 17,5-20 cm, melintasi kelenjar prostat dan

penis, dan secara anatomis terbagi menjadi tiga segmen utama :

- a. Uretra prostat secara anatomis terbungkus oleh kelenjar prostat dan berfungsi sebagai wadah bagi dua saluran ejakulasi yang berasal dari perpaduan duktus deferens dan saluran vesikula seminalis. Perkiraan panjangnya berukuran 3 cm.
- b. Uretra membranosa dicirikan oleh panjangnya yang relatif pendek, biasanya berukuran antara 1-2,5 cm. Hal ini dibedakan oleh dindingnya yang tipis dan dikelilingi oleh otot rangka sfingter uretra eksternal.
- c. Uretra pars cavernosa adalah segmen uretra yang paling panjang, panjangnya kira-kira 15 cm. Ini menampung saluran kelenjar bulbourethral dan berakhir di lubang uretra eksternal yang terletak di ujung distal penis.
- d. Lubang uretra eksterna merupakan bagian tersempit dari uretra pria, ditandai dengan celah vertikal yang panjangnya kira-kira 6 mm.

Pada wanita, uretra jauh lebih pendek, berukuran panjang sekitar 4 cm. Ini berakhir di lubang uretra eksternal yang terletak di ruang depan, terletak di antara klitoris dan lubang vagina. Mirip dengan kelenjar prostat pada pria, kelenjar uretra pada wanita mengalir ke uretra. Uretra wanita terdiri dari tunika muskularis, lapisan spons, dan lapisan mukosa bagian dalam.

7. Mekanisme Kontrol Volume Cairan Tubuh

Kestabilan cairan tubuh merupakan hal yang krusial karena melibatkan pertukaran yang berkelanjutan antara cairan dan zat terlarut dengan lingkungan eksternal. Fluktuasi yang signifikan dalam asupan cairan harus diimbangi dengan pengeluaran yang sesuai agar volume cairan tubuh tetap stabil.

Dalam tubuh manusia, terdapat beberapa elektrolit penting, termasuk:

- a. Natrium: Natrium terutama diperoleh melalui sumber makanan, dengan asupan harian biasanya berkisar antara 4 hingga 20 gram garam meja (NaCl). Tubuh menghilangkan natrium melalui proses yang melibatkan kulit, ginjal, dan sistem pencernaan. Pengaturan kadar natrium dalam tubuh terutama terjadi melalui ekskresi ginjal, suatu proses yang dipengaruhi oleh variabel seperti volume darah, tekanan darah, dan konsentrasi natrium plasma.
- b. Kalium: Kalium berfungsi sebagai kation intraseluler yang dominan, terdiri dari 95% dari total kation di dalam sel. Tubuh biasanya menjaga keseimbangan dengan mengonsumsi dan mengeluarkan kalium dalam jumlah yang proporsional, dengan sekitar 10% dari asupan harian dikeluarkan melalui feses dan 90% melalui urin. Aldosteron memainkan peran penting dalam mengatur kadar kalium dalam aliran darah, sementara insulin dan epinefrin mempengaruhi pengambilan kalium oleh sel.
- c. Kalsium dan fosfat: Konsentrasi kalsium dalam plasma dipengaruhi oleh asupan, penyerapan dari saluran pencernaan, dan pengeluaran melalui feses dan urin. Regulasi kalsium dalam cairan ekstraseluler dan plasma darah terutama melibatkan mekanisme hormonal
- d. Anion lain: Ion bermuatan negatif, termasuk klorida dan bikarbonat, dikontrol secara aktif bersamaan dengan kadar natrium untuk menjaga homeostasis keseimbangan asam-basa tubuh. Selain itu, ion-ion seperti sulfat, nitrat, dan laktat telah menentukan kapasitas transpor, sehingga kelebihan ion akan dihilangkan melalui ekskresi.

Semua ini merupakan mekanisme penting dalam menjaga homeostasis elektrolit dalam tubuh manusia.

8. Proses Pembentukan Urine

Glomerulus berfungsi sebagai saringan ultrafiltrasi yang terletak di dalam kapsul Bowman. Setelah filtrasi di glomerulus, reabsorpsi zat yang disaring terjadi di tubulus ginjal, dengan sisa cairan mengalir melalui cawan ginjal dan masuk ke ureter. Proses ini mengubah darah yang diangkut oleh arteri ginjal menjadi urin, yang terdiri dari sel darah dan plasma.

Proses pembentukan urine melalui tiga tahap utama sebagai berikut:

a. Filtrasi

Filtrasi dimulai di sistem ginjal, di mana sekitar 20% darah yang bersirkulasi melalui ginjal mengalami filtrasi untuk menghilangkan produk sisa metabolisme dan mengatur keseimbangan cairan, pH darah, dan komponen komposisi darah lainnya. Glomerulus memainkan peran penting dalam memisahkan air, garam, glukosa, asam amino, urea, dan zat limbah lainnya ke dalam kapsul Bowman. Hasil dari proses filtrasi ini disebut urin primer, mengandung urea yang berasal dari pemecahan asam amino di hati.

b. Reabsorpsi

Setelah melalui proses filtrasi, langkah berikutnya adalah reabsorpsi. Setiap hari, ginjal memproses 150 hingga 180 liter filtrat, namun hanya 1-2 liter urine yang akhirnya diekskresikan. Sebagian besar filtrat (sekitar 99%) direabsorpsi kembali ke dalam darah melalui kapiler peritubular. Proses reabsorpsi terutama terjadi di tubulus kontortus proksimal, yang dilapisi mikrovili untuk meningkatkan kapasitas penyerapan. Zat seperti air, glukosa, asam amino, natrium, dan nutrisi lainnya diserap kembali ke dalam aliran darah di sekitar tubulus, menyebabkan pembentukan urin sekunder. Pada individu tanpa diabetes, semua glukosa biasanya diserap kembali, sedangkan kelebihan glukosa mungkin tetap berada dalam filtrat pada individu diabetes. Reabsorpsi natrium dan ion lain yang tidak

sempurna dapat terjadi, terutama bila ada peningkatan asupan makanan yang mengakibatkan peningkatan kadar darah. Hormon memainkan peran penting dalam mengatur proses reabsorpsi aktif, seperti reabsorpsi natrium dan fosfat.

c. Sekresi

Sekresi merupakan tahap terakhir dalam pembentukan urine, di mana beberapa zat dialirkan langsung dari darah di sekitar tubulus distal dan tubulus pengumpul ke dalam urine. Proses ini membantu menjaga keseimbangan pH tubuh dengan mengatur sekresi ion seperti kalium, kalsium, amonia, dan beberapa obat-obatan. Selain itu, proses ini juga dapat meningkatkan atau mengurangi reabsorpsi tergantung pada konsentrasi zat dalam darah. Urine yang terbentuk mengalir ke panggul ginjal, menuju ureter, dan kemudian disimpan sementara di kandung kemih sebelum dikeluarkan melalui uretra saat buang air kecil.

9. Mekanisme proses miksi

Berkemih, juga dikenal sebagai buang air kecil, adalah proses fisiologis dimana kandung kemih mengeluarkan urin setelah mencapai kapasitas penuh. Tindakan refleks ini diatur oleh sistem saraf dan melibatkan kontraksi otot perut yang terkoordinasi untuk meningkatkan tekanan intra-abdomen dan memfasilitasi pengosongan kandung kemih.

Refleks berkemih dimulai oleh regulasi otonom di dalam sumsum tulang belakang, di bawah pengaruh pusat saraf yang terletak di otak dan korteks serebral. Mekanisme ini mengatur proses buang air kecil. Pada fase penyimpanan, leher kandung kemih dan uretra proksimal berkontraksi untuk mempertahankan kontinensia urin, membentuk tekanan intra-uretra yang melebihi tekanan intra-vesika, biasanya berkisar antara 20-50 cmH₂O. Secara bersamaan, otot detrusor berelaksasi untuk mempertahankan tekanan kandung kemih yang rendah.

Proses mikturisi terdiri dari dua fase utama:

- a. Pada fase pengisian kandung kemih, penting untuk menjaga kontinensia urin dengan memastikan bahwa tekanan di dalam uretra secara konsisten lebih tinggi daripada tekanan di dalam kandung kemih, kecuali saat buang air kecil. Elastisitas dinding kandung kemih dan mekanisme saraf hanya berperan dalam sedikit peningkatan tekanan intravesika selama pengisian. Mekanisme saraf ini melibatkan refleks simpatis tulang belakang yang mengaktifkan reseptor β di kandung kemih dan menekan aktivitas parasimpatis. Kontraksi otot detrusor yang tidak disengaja tidak terjadi selama fase pengisian. Tekanan intravesika normal biasanya mencapai maksimum 50 cmH₂O, sedangkan tekanan intrauretra saat istirahat berkisar antara 50-100 cmH₂O. Sepanjang fase pengisian, tekanan intra-uretra secara bertahap meningkat, menyebabkan peningkatan aktivitas otot sfingter uretra. Refleks simpatis juga meningkatkan rangsangan reseptor α pada otot polos uretra, sehingga meningkatkan kontraksi uretra selama pengisian kandung kemih.
- b. Fase berkemih terjadi pada saat proses berkemih, dimana terjadi penurunan tekanan uretra sebelum terjadinya kontraksi otot detrusor. Peningkatan tekanan intravesika dialami selama sensasi distensi, yang mengawali tindakan berkemih. Pusat berkemih terletak di batang otak. Refleks simpatis ditekan, aktivitas somatik eferen pada otot sfingter uretra juga ditekan, dan aktivitas parasimpatis pada otot detrusor meningkat. Hal ini menghasilkan kontraksi otot detrusor yang tersinkronisasi dengan berkurangnya resistensi pada otot sfingter uretra. Selama berkemih secara disengaja, panggul berkontraksi untuk mengangkat leher kandung kemih menuju simfisis pubis, menutup leher kandung kemih dan menurunkan tekanan detrusor untuk memfasilitasi pengeluaran urin secara menyeluruh..

Proses buang air kecil secara sukarela dimulai dengan kontraksi otot perut, yang menyebabkan peningkatan tekanan di dalam kandung kemih. Peningkatan tekanan ini memfasilitasi aliran urin tambahan ke leher kandung kemih dan uretra posterior, memicu reseptor regangan yang memulai refleks berkemih sekaligus menghambat sfingter uretra eksternal. Biasanya, seluruh urin dikeluarkan selama proses ini, meninggalkan volume sisa sekitar 5-10 mililiter di kandung kemih.

DAFTAR PUSTAKA

- Guyton A.C, dan Hall, J.E. (2014). Buku Ajar Fisiologi Kedokteran. Edisi 12. Penerjemah: Ermita I, Ibrahim I. Singapura: Elsevier
- Anders HJ, Huber TB, Isermann B, Schiffer M: CKD in diabetes: diabetic kidney disease versus nondiabetic kidney disease. *Nat Rev Nephrol* 14:361, 2018.
- de Groat WC, Griffiths D, Yoshimura N: Neural control of the lower urinary tract. *Compr Physiol* 5:327, 2015.
- Black, J.M., & Hawks, J.H. (2014). Keperawatan Medikal Bedah: Manajemen Klinis untuk Hasil yang Diharapkan. Jakarta: Salemba Medika.
- Handayani, Sri. (2021). Anatomi Dan fisiologi Tubuh Manusia. Bandung: Media Sains Indonesia
- Nugrahaeni, Ardhina.(2020). Pengantar Anatomi Fisiologi Manusia. Yogyakarta : Healthy
- Rani, Destri Maya Dkk. (2022). Anatomi Fisiologi Tubuh Manusia. Medan : Yayasan Kita Menulis
- Alwiyah, F.,dkk. (2024). Anatomi dan Fisiologi Ginjal: Jurnal Medula, Vol 14 No.2
- Hapipah (2020). Asuhan Keperawatan Pasien Dengan Gangguan Sistem Perkemihan Berbasis SDKI, SLKI DAN SIKI : Media Sains Indonesia.
- Rudy Haryono. (2013). Keperawatan Medikal Bedah, Sistem Perkemihan. : Rapha Publishing

BAB 8

ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM INTEGUMEN

Oleh Zahri Darni

8.1 Pendahuluan

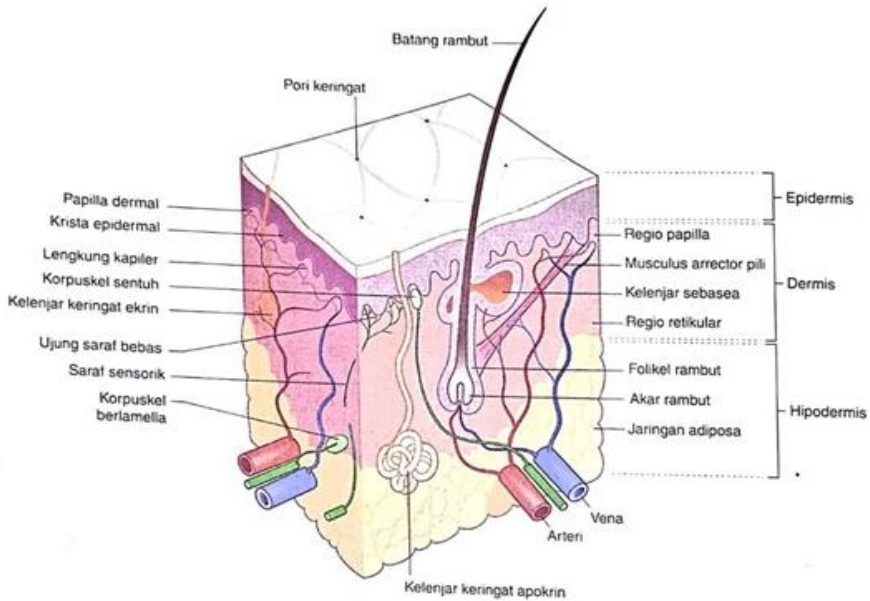
Sistem ini, dikenal sebagai sistem integumen, mencakup bagian terluar dari tubuh manusia. Kulit, organ terbesar dari sistem integumen, sangat membantu dalam mencegah defisit cairan, menyimpan lemak, dan memperbaiki struktur tubuh bagian dalam. Kulit juga memproduksi vitamin dan hormon. Melalui kontrol suhu tubuh dan keseimbangan air, kulit juga membantu menjaga homeostasis dalam tubuh.

Garis pertahanan pertama tubuh terhadap bakteri, virus, dan organisme lain yang masuk ke dalam tubuh adalah kulit. Kulit adalah organ sensorik yang memiliki reseptor untuk merasakan tekanan, ketidaknyamanan, berbagai jenis sentuhan, panas, dan dingin. Kulit juga membantu melindungi tubuh dari radiasi sinar UV yang berbahaya. Rambut, kuku, kelenjar keringat, kelenjar minyak, pembuluh darah, pembuluh getah bening, saraf, dan otot adalah beberapa komponen yang membentuk kulit. Epidermis (lapisan jaringan epitel), didukung oleh dermis (lapisan jaringan ikat), dan hypodermis/lapisan subkutan di bawahnya (Wahyuningsih and Kusmiyati, 2017).

8.2 Pengertian Sistem Integumen

Integumen merupakan kata yang berasal dari bahasa latin yaitu *integumentum*, yang berarti “penutup”. Organ-organ pada sistem integumen berguna untuk menutupi organ atau jaringan yang terdapat di dalam tubuh manusia dari kontak luar (Wahyuningsih and Kusmiyati, 2017).

8.3 Anatomi Sistem Integumen

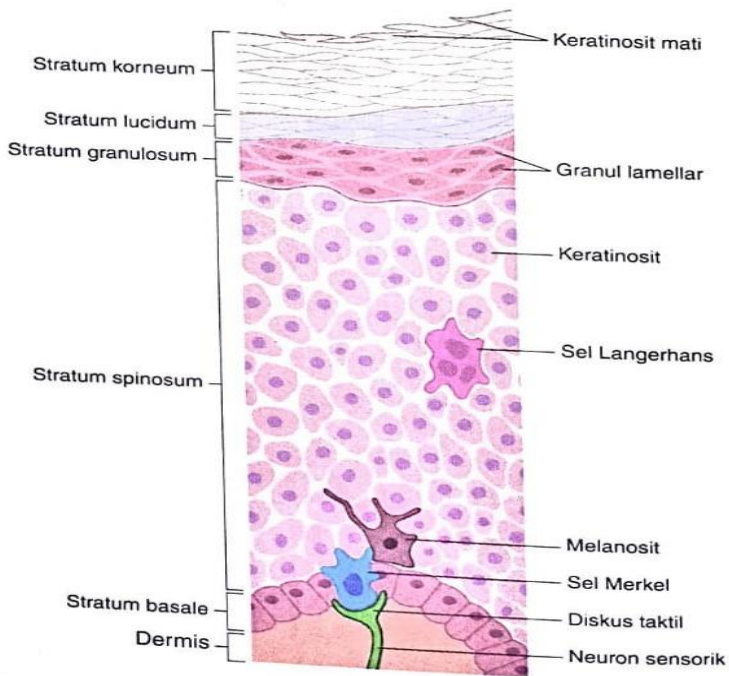


Gambar 8.1. Anatomi Kulit
(Peate and Nair, 2018)

Kulit merupakan organ tubuh yang paling luas yang berkontribusi terhadap total berat tubuh sekitar 15%. Kulit tersusun atas tiga lapisan menurut Saputra (2014), Wahyuningsih and Kusmiyati, (2017), yaitu:

1. Epidermis

Epidermis berasal dari kata ektoderm, terdiri dari beberapa lapis (multilayer). Ketebalan lapisan ini bervariasi antara kurang dari 0.1 mm (pada kolopak mata) sampai dengan 1 mm (pada telapak tangan dan kaki).



Gambar 8.2. Lapisan Epidermis
(Peate and Nair, 2018)

Epidermis terdiri dari lima lapisan, yaitu:

- Stratum korneum, lapisan terluar dari epidermis, terdiri dari lapisan keratin dan membran sel yang padat. Sitoplasma dikemas dengan keratin, dan ketika sel semakin jauh keluar, ia mulai menyebar seperti sisik sebelum terkelupas dari tubuh dan digantikan oleh sel baru.
- Stratum lucidum, sering dikenal sebagai lapisan bening. Lapisan ini memiliki kemampuan untuk menghentikan penguapan air. Protein eleidin membentuk stratum lucidum. Lapisan ini terutama terletak di ujung jari kaki, telapak tangan, dan telapak kaki. Ini adalah lapisan sel yang datar dan tidak berinti.
- Stratum granulosum, granularis berkontribusi pada produksi keratin. Lapisan ini terdiri dari dua hingga

empat lapisan sel poligonal datar dengan butiran keratohialin di dalam sitoplasmanya. Butiran lamelar yang ditemukan di membran sel melepaskan zat lengket antar sel, yang melindungi kulit dengan bertindak sebagai filter selektif untuk mencegah masuknya benda-benda eksternal.

- d. Stratum spinosum, merupakan stratum yang berduri, memiliki kandungan asam ribonukleat yang tinggi dan membantu sintesis keratin. terdiri dari banyak lapisan sel yang berada di atas stratum basale. Lapisan ini terdiri dari sel-sel polihedrik dengan inti bulat atau oval. Ketika diperiksa di bawah mikroskop, tonjolan-tonjolan akan muncul sehingga tampak seperti duri.
- e. Lapisan paling dalam yaitu stratum basale atau germinativum, menghasilkan sel-sel permukaan baru. Lapisan ini, merupakan lapisan paling bawah dalam epidermis, terdiri dari lapisan sel pigmen basal silindris dan melanin dalam sitoplasma. Sel-sel mitosis terdapat pada lapisan basal ini. Setiap tiga hingga empat minggu, lapisan kulit ini akan mati dan digantikan dengan lapisan baru.

Selain sel-sel epitel menurut Wahyuningsih and Kusmiyati, (2017), epidermis juga tersusun atas lapisan:

- a. Melanosit, atau sel yang melalui proses melanogenesis untuk membuat melanin. Sel pigmen, atau melanosit, terletak di dekat dasar epidermis. Hormon perangsang melanosit (MSH), hormon hipofisis anterior, merangsang melanosit, yang kemudian memproduksi dan mengeluarkan melanin. Sel epidermis khusus yang dikenal sebagai melanosit sebagian besar bertanggung jawab atas sintesis pigmen melanin yang memberi warna pada kulit dan rambut. Warna kulit seseorang meningkat seiring dengan jumlah melanin dalam tubuhnya. Jumlah yang lebih besar dari pigmen ini ditemukan pada puting susu orang yang berkulit terang dan sebagian besar orang yang berkulit gelap. Kisaran

warna kulit normal dari merah muda cerah hingga coklat tergantung pada ras. Warna kulit juga akan dipengaruhi oleh penyakit sistemik. Sebagai contoh, kulit akan terlihat kebiruan apabila terjadi peradangan atau demam.

- b. Sel Langerhans, makrofag yang diproduksi dari sumsum tulang yang mengaktifkan limfosit T. Fungsi sel Langerhans dalam pertahanan kulit sangat penting. Sel Langerhans adalah sel kekebalan yang didistribusikan ke seluruh epidermis. Ketika partikel asing atau bakteri menembus kulit, sel Langerhans mengidentifikasinya dan membantu tubuh membangun kekebalan. Selain itu, sel-sel kulit yang displastik dan ganas dikenali oleh sel Langerhans dan dihilangkan. Hubungan fisik antara saraf simpatis dan sel Langerhans menunjukkan adanya hubungan antara sistem saraf dan pertahanan kulit terhadap infeksi atau pencegahan kanker kulit. Stres dapat menyebabkan peningkatan rangsangan simpatis, yang dapat berdampak pada aktivitas sel Langerhans. Sel Langerhans rentan terhadap kerusakan akibat sinar ultraviolet, yang menurunkan kapasitasnya untuk menangkis kanker.
- c. Sel Merkel, yaitu sel yang berfungsi sebagai mekanoreseptor sensoris dan berhubungan fungsi dengan system neuroendokrin difus.
- d. Keratinosit, lapisan eksternal kulit tersusun atas keratinosit (zat tanduk) dan lapisan ini akan berganti setiap 3-4 minggu sekali.

Jika area tersebut sering digunakan untuk beraktivitas, lapisan epidermis akan menebal. Aliran nutrisi penting terjadi di sepanjang apa yang disebut rete ridge, yang menghubungkan epidermis dan dermis. Kelenjar keringat terletak di kulit. Fundus, atau bagian melingkar dari kelenjar keringat, atau saluran seperti pipa yang bermuara ke permukaan kulit untuk menghasilkan pori-pori keringat, membentuk kelenjar keringat. Kelenjar

keringat terdapat di seluruh tubuh, dengan tambahan kelenjar keringat di permukaan telapak tangan, telapak kaki, dahi, dan area di bawah ketiak. Kelenjar keringat membantu mengendalikan suhu tubuh dan membuang produk limbah dari sistem pencernaan.

2. Dermis

Sebagai bagian yang paling penting dari kulit, dermis sering disebut sebagai "Kulit Sejati" karena 95% dari dermis membentuk ketebalan kulit. Jaringan ikat yang menopang dan menyatukan epidermis dengan jaringan subkutis membentuk lapisan dermis. Lapisan dermis memiliki ketebalan yang bervariasi, dengan telapak kaki memiliki lapisan paling tebal sekitar 3 mm. Terminal saraf sensorik, kelenjar keringat dan minyak, kantung rambut, pembuluh darah, otot-otot penegang rambut (muskulus arektor pili), dan pembuluh darah semuanya terletak di lapisan dermis. Lapisan ini kuat dan elastis, dengan jaringan pembuluh darah yang kompleks, kelenjar minyak dan kelenjar sebacea, ujung-ujung saraf, dan folikel rambut yang menyehatkan lapisan dalam epidermis.

Lapisan kulit di bawah epidermis disebut dermis, atau kulit (cutaneus). Kolagen adalah komponen utama dermis. Ketebalannya bervariasi tergantung pada daerah tubuh dan mencapai maksimum 4 mm di daerah punggung. Ini membentuk bagian terbesar dari kulit dan memberinya kekuatan dan struktur.

Dermis terdiri atas dua lapisan dengan batas yang tidak nyata, yaitu stratum papillare dan stratum reticular menurut Saputra (2014), adalah sebagai berikut:

- a. Komponen utama papila dermis, stratum papillare, adalah tonjolan khas yang terbuat dari jaringan ikat longgar. Fibroblas, sel mast, makrofag, dan leukosit yang muncul dari pembuluh darah (ekstravasasi) terletak di stratum ini. Fibroblas yang membentuk lapisan papila dermis, yang terletak tepat di bawah epidermis, terutama bertanggung jawab untuk memproduksi sejenis kolagen

yang merupakan penyusun jaringan ikat. Selain itu, pembuluh darah dan pembuluh getah bening, serabut saraf, kelenjar keringat dan kelenjar sebacea, serta akar rambut ditemukan di dalam dermis. Sel-sel jaringan ikat melepaskan asam hialuronat, bahan yang menyerupai gel. Asam hialuronat membungkus protein, memberikan turgor (ketegangan) dan elastisitas pada kulit. Dermis terdiri dari folikel rambut, pembuluh getah bening, saraf sensorik dan simpatik, pembuluh darah, dan kelenjer keringat.

- b. Stratum retikulare, melindungi lapisan jaringan subkutan, memberikan energi, menjaga tubuh tetap hangat, dan bertindak sebagai bantalan terhadap benturan keras. Lapisan ini terbuat dari jaringan ikat yang padat, tidak rata, dan lebih tebal dari stratum papillare. Lapisan ini terdiri dari fibroblas, matiks (asam hialuronat cair kental dan kondroitin sulfat), dan serat pendukung (kolagen, elastin, dan retikulin). Lapisan ini juga mencakup sel-sel retikuler, yang meliputi banyak arteri darah, kelenjar getah bening, akar rambut, kelenjar keringat, dan kelenjar sebacea, serta sel-sel fibroblas, yang membuat kolagen.

Sel-sel khusus yang membantu mengendalikan suhu tubuh, mencegah infeksi, menyimpan air, dan memasok darah serta nutrisi ke kulit juga terdapat pada lapisan dermis ini. Sel-sel unik dermis memberikan kekuatan dan fleksibilitas pada kulit, selain membantu mendeteksi sensasi.

Komponen dermis meliputi:

- a. Pembuluh darah membawa nutrisi dan oksigen ke kulit sekaligus membuang limbah.
- b. Untuk membunuh bakteri, pembuluh getah bening menyediakan jaringan kulit dengan cairan seperti susu yang mengandung sel darah putih.
- c. Kemampuan kelenjar keringat untuk memindahkan air ke permukaan kulit, di mana air tersebut dapat menguap dan mendinginkan kulit, membantu mengontrol suhu tubuh.

- d. Kelenjar sebacea (minyak), yang membantu menjaga kulit tetap terhidrasi dan bebas mikroba. Folikel rambut adalah tempat mereka menempel.
- e. Folikel rambut, ruang berbentuk tabung yang menjadi tempat akar rambut dan memberi nutrisi pada rambut.
- f. Saraf reseptor sensorik yang mengkomunikasikan pengalaman ke otak, termasuk sentuhan, rasa sakit, dan intensitas suhu.
- g. Kolagen adalah protein struktural yang kuat yang memberikan kekuatan dan bentuk pada jaringan tubuh serta menahan otot dan organ pada tempatnya.
- h. Elastin protein memberikan elastisitas pada kulit dan memungkinkannya untuk meregang. Elastin juga terdapat di dinding arteri, otot, ligamen, dan organ.

3. Hipodermis

Komponen serat yang elastis dan longgar, sel-sel lemak, dan jaringan ikat yang longgar membentuk lapisan terendah kulit. Lapisan adiposa mengandung berbagai lapisan subkutan yang mengatur mobilitas kulit di atasnya, dan sel-sel lemak bertanggung jawab untuk memelihara jaringan lemak. Di bawah dermis, lapisan hipodermis terdiri dari jalinan saraf dan pembuluh darah, termasuk vena dan arteri, yang sejajar dengan permukaan kulit (Syaifuddin, 2018).

8.4 Fungsi Sistem Integumen

Kulit pada manusia mempunyai fungsi yang sangat penting menurut Saputra (2014), (Pearce, 2017) dan (Syaifuddin, 2018), diantaranya adalah:

1. Fungsi perlindungan termasuk menjaga integritas kulit, menyembuhkan luka dangkal dengan meningkatkan penggantian sel secara alami, melindungi tubuh dari zat berbahaya dan infiltrasi kuman dan patogen, serta menampung sel Langerhans, yang meningkatkan kekebalan tubuh. Kulit memiliki melanosit, yang menghasilkan pigmen melanin, yang membantu menghalangi sinar ultraviolet. Fungsi kulit lain adalah melindungi bagian dalam tubuh dari

kekuatan eksternal yang dapat menyebabkan kerusakan. anomali fisik seperti tarikan, gesekan, dan tekanan. Gangguan kimiawi termasuk zat-zat seperti lisol, karbol, asam, dan alkali kuat lainnya, terutama yang menyebabkan iritasi. Karena stratum korneum tahan terhadap beberapa bahan kimia dan air, perlindungan terhadap rangsangan kimiawi dapat terjadi.

2. Fungsi penyerapan: sementara air, larutan, dan padatan sulit diserap oleh kulit yang sehat, cairan yang mudah menguap dan larut dalam lemak lebih mudah diserap. Stratum korneum memiliki kapasitas untuk menyerap air dan menghentikan organ-organ internal tubuh kehilangan terlalu banyak air dan elektrolit.
3. Fungsi ekskresi melibatkan pembuangan produk limbah dari metabolisme, seperti amonia, urea, asam urat, dan NaCl, dari tubuh oleh kelenjar kulit. Kulit akan berubah menjadi asam karena kelenjar keringat dan sintesis lemak.
4. Fungsi persepsi adalah fungsi terhadap rangsangan panas yang diperankan oleh badan - ruffini di dermis dan subkutis. Fungsi terhadap dingin diperankan oleh badan vater pacini di epidermis berperan terhadap tekanan. Panas dilepas oleh kulit dengan berbagai cara diantaranya adalah dengan penguapan, konduksi, dan konveksi.
5. Fungsi pengaturan suhu tubuh adalah peran kulit untuk mengeluarkan keringat dan mengerutkan otot (kontraksi otot) pembuluh darah kulit.
6. Fungsi pembentukan pigmen yang terletak dilapisan basal ini berasal dari rigi saraf (melanosit) dan peran untuk menentukan warna kulit, ras maupun individu.
7. Fungsi pembentukan vitamin D yang dapat mengubah 7 dihidroksi kolesterol dengan bantuan sinar matahari, kebutuhan vitamin tidak cukup dengan sinar matahari sehingga vitamin D dapat diperlukan dengan pemberian sistem vitamin D sistemik.
8. Fungsi keratinisasi, keratinosit terjadi melalui proses sintesis dan generasi menjadi lapisan tanduk yang berlangsung kira-kira 14-21 hari.

Menurut Risnawati (2019), Selain menjaga kontaminan seperti bakteri, bahan kimia, dan radiasi UV dari tubuh, kulit juga membantu mencegah kehilangan cairan yang berlebihan. Selain itu, kemampuan kulit untuk merasakan perubahan fisik di lingkungan sekitar dan menahan kekuatan mekanis seperti getaran dan gesekan membantu orang menghindari rangsangan yang tidak menyenangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Pearce, E. . (2017) *Anatomi & Fisiologi Untuk Paramedis*. Jakarta: Prima Grafika.
- Peate, I. and Nair, M. (2018) *At a Glance Anatomi dan Fisiologi*. Jakarta: Erlangga.
- Risnawati (2019) *Buku Ajar: Keperawatan Sistem Integumen*. Klaten: Lakeisha.
- Saputra, L. (2014) *Ilustrasi Berwarna Anatomi & Fisiologi*. Kendari: Binarupa Aksara.
- Syaifuddin (2018) *Ilmu Biomedik Dasar untuk Mahasiswa Keperawatan*. Jakarta: Salemba Medika.
- Wahyuningsih, H. . and Kusmiyati, Y. (2017) *Anatomi Fisiologi*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

BAB 9

ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM SARAF

Oleh Revi Yulia

9.1 Pendahuluan

Pada bab ini, mahasiswa akan mempelajari tentang gambaran umum sistem saraf, fungsi sistem saraf, jaringan penyusun sistem saraf, mekanisme kerja neuron, dan sistem saraf pusat dan tepi. Tujuan dari pembelajaran dalam bab ini adalah mahasiswa memahami dan mampu menjelaskan tentang sistem saraf manusia.

Sistem saraf manusia adalah sebuah sistem yang terdiri atas beberapa organ yang saling berkaitan antara lain otak, saraf tulang belakang, serabut-serabut saraf, dan reseptor sensorik. Sistem ini adalah sebuah sistem kontrol yang memiliki sifat cepat tanggap sebagai bagian dari kemampuan manusia dalam merespons baik stimulus internal (perubahan suhu tubuh, oksigen, gula darah, dan lain-lain) maupun eksternal (suhu lingkungan, suara, cahaya, dan lain-lain).

9.2 Fungsi Sistem Saraf

Sistem saraf ini berfungsi sebagai pusat kontrol utama tubuh dan seluruh sistem dalam tubuh berada dalam pengaturan sistem saraf ini. Fungsi sistem saraf diwujudkan dalam bentuk menyediakan fungsi mental (berpikir) tertinggi dan ekspresi emosional, memelihara homeostasis, dan regulasi aktivitas otot juga kelenjar. Sistem ini berfungsi dengan cara melakukan komunikasi melalui pengiriman-pengiriman sinyal baik dalam bentuk sinyal listrik maupun sinyal kimia. Kegagalan sistem ini dalam berfungsi akan berdampak pada kegagalan fungsi organ-organ yang lain.

Sistem saraf secara normal memiliki tiga fungsi yang saling bekerja secara tumpang tindih, sebagai berikut:

1. Input sensorik

Input sensorik adalah proses pengawasan atas perubahan yang terjadi di dalam dan di luar tubuh yang disebut sebagai stimulus.

2. Integrasi

Proses ini meliputi tahapan memproses dan menginterpretasi kan input yang masuk dan memutuskan tindakan yang akan dilakukan tubuh sebagai respons.

3. Output motorik

Tubuh akan memberikan respons dengan mengaktifasi otot atau kelenjar (efektor) melalui output motorik.

9.3 Klasifikasi Sistem Saraf

Untuk memudahkan dalam mengingat dan memahami sistem saraf, sistem ini diklasifikasikan dalam beberapa jenis klasifikasi. Namun demikian, sistem saraf ini pada kondisi riil bekerja sebagai unit terkoordinir (tidak terpisah-pisah) baik secara fungsional maupun struktural.

1. Klasifikasi struktural

Klasifikasi struktural ini membagi sistem saraf menjadi dua sub divisi, yaitu sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi.

2. Klasifikasi fungsional

Klasifikasi fungsional ini hanya fokus pada susunan sistem saraf tepi yang dibagi menjadi dua subdivisi utama.

9.4 Jaringan Penyusun Sistem Saraf

Jaringan penyusun sistem saraf sel-sel saraf yang terbagi menjadi sel pendukung (sel glia) dan sel neuron.

1. Sel-sel pendukung

Sel-sel pendukung ini disatukan sebagai neuroglia atau sel glial atau glia. Neuroglia ini terdiri atas berbagai sel yang mendukung, membungkus, dan melindungi serabut halus neuron. Masing-masing jenis sel yang menyusun neuroglia memiliki fungsi spesifik.

- a. Sel neuroglia pada sistem saraf pusat

- 1) Astrosit: sel bentuk bintang yang jumlahnya hampir se tengah dari setengah jaringan saraf. Sel ini

menghubungkan antara neuron dan pembuluh darah kapiler untuk memberikan nutrisi kepada neuron, di satu sisi sel ini berfungsi melindungi neuron dari zat berbahaya yang terdapat dalam darah. Sel ini berfungsi dalam mengatur komponen kimia dalam otak.

- 2) Mikroglia: sel berbentuk laba-laba yang memantau kesehatan neuron terdekat dan membuang zat sisa, seperti sel otak yang mati dan bakteri.
- 3) Sel ependimal: neuroglia yang melapisi rongga sentral pada otak dan sumsum tulang belakang. Sel ini memiliki silia yang membantu dalam sirkulasi cairan serebrospinal yang mengisi rongga dan membentuk bantalan berbentuk cairan yang melindungi sel saraf pusat.
- 4) Oligodendrosit, yaitu neuroglia yang memiliki serabut yang disebut prosesus berbentuk pipih yang membungkus rapat serabut saraf dan menghasilkan selubung lemak yang disebut selubung mielin.

b. Sel neuroglia pada sistem saraf tepi

Sel schwann, yaitu neuroglia yang membentuk selubung mielin pada sistem saraf tepi. Sel satelit yang melindungi dan memberikan lapisan bantalan bagi tubuh sel neuron saraf tepi.

2. Neuron

Neuron atau sel saraf adalah sel yang memiliki kemampuan khusus untuk menghantarkan pesan (impuls saraf) dari satu bagian tubuh ke tubuh yang lain.

a. Struktur anatomi neuron

1) Badan sel

Badan sel merupakan pusat metabolik dari neuron, di dalam badan sel terdapat nukleus, mitokondria, neurofibril, dan retikulum endoplasma kasar yang disebut sebagai badan nissl. Badan sel neuron ini ditandai dengan tidak adanya sentriol.

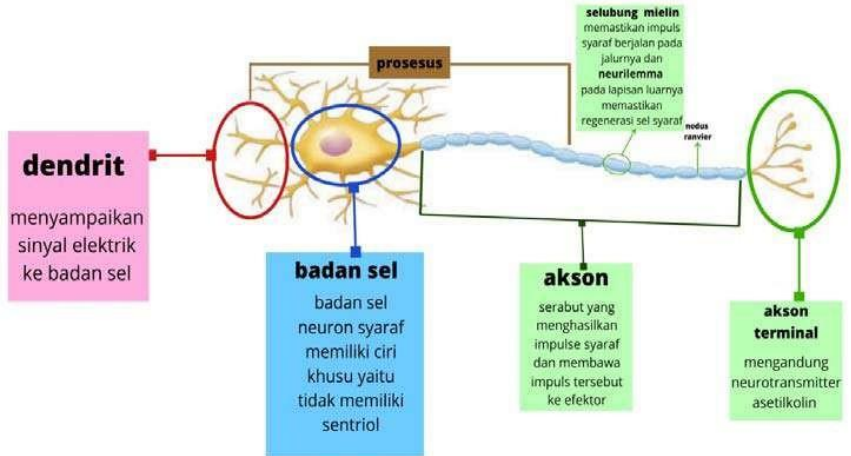
2) Prosesus

Prosesus atau disebut sebagai serabut. Serabut ini dibagi menjadi dua:

- a) Dendrit yang menyampaikan sinyal elektrik ke badan sel.
- b) Akson, yaitu serabut yang menghasilkan impuls saraf dan membawa impuls tersebut ke efektor. Pada bagian terminalnya akson akan membentuk percabangan yang disebut terminal akson yang mengandung neurotransmitter asetilkolin (seperti pada pembahasan bab sistem muskular).
- c) Dalam satu sel saraf, sel tersebut dapat memiliki ratusan cabang dendrit, tetapi hanya memiliki satu akson.

3) Selubung mielin

Sebagian besar serabut saraf panjang dibungkus oleh selubung mielin yang merupakan selaput putih yang tersusun atas lemak berbentuk seperti wax/lilin. Selubung ini memastikan sinyal listrik berjalan sesuai jalurnya. Pada sistem saraf tepi bagian terluar, selubung mielin disebut neurilemma yang berfungsi sebagai pengatur regenerasi serabut saraf. Selain itu, juga terdapat jeda antarselubungmielin disebut dengan nodus ranvier. Sedangkan, pada sistem saraf pusat selubung mielin tidak memiliki neurilemma dan sel oligodendria yang membentuk selubung mielin berbentuk hamparan panjang yang dapat menutup banyak serabut dalam satu waktu, karena kemampuannya membentuk banyak selubung mielin.



Gambar 9.1. Struktur Anatomi Sel Saraf.

b. Klasifikasi

1) Klasifikasi fungsional

Secara fungsional neuron dibagi sebagai berikut:

a) Neuron sensorik (*neuron afferent*)

Neuron sensorik memiliki badan sel yang terletak di ganglion-ganglion di luar sistem saraf pusat. Neuron ini berfungsi untuk memastikan saraf pusat selalu menerima informasi tentang perubahan di dalam dan di luar tubuh. Dendrit neuron ini selalu terhubung dengan reseptor khusus pada indera yang mendeteksi perubahan-perubahan di sekitar. Contoh, neuron sensorik ini adalah proprio reseptor yang mendeteksi peregangan, tekanan pada sistem otot rangka

b) Neuron motorik (*neuron efferent*)

Pada jenis neuron ini badan sel terletak pada sistem saraf pusat. Interneuron atau neuron asosiasi adalah neuron yang menghubungkan antara neuron sensorik dan neuron motorik dan badan sel biasanya terletak pada saraf pusat.

2) Klasifikasi struktural

Klasifikasi struktural ini didasarkan pada jumlah prosesus, meliputi jumlah total akson dan dendrit yang menjalar dari badan sel.

a) Multipolar

Jika sebuah neuron memiliki beberapa dendrit dan satu akson, neuron ini disebut dengan neuron multipolar.

b) Bipolar

Neuron dengan dua prosesus dengan satu akson dan satu dendrit disebut dengan neuron bipolar.

c) Unipolar

Neuron ini memiliki satu prosesus yang muncul dari badan sel, seperti jalan buntu (tonjolan keluar) pada jalan utama yang dibentuk oleh akson.

9.5 Mekanisme Kerja Neuron

1. Kemampuan spesifik neuron Neuron memiliki kemampuan yang menunjang fungsinya, yaitu:

- a. Iritabilitas, yaitu kemampuan neuron untuk mengubah stimulus/rangsangan dan merubahnya menjadi impuls saraf.
- b. Konduktivitas, yaitu kemampuan untuk mentransmisikan impuls ke neuron yang lain ataupun otot dan kelenjar.

2. Muatan listrik pada neuron dan potensial aksi

Neuron bekerja untuk menghantarkan impuls saraf melalui perubahan muatan pada membran sel nya. Perubahan-perubahan muatan tersebut dapat dikategorikan menjadi beberapa fase, yaitu fase istirahat (polarisasi), depolarisasi, dan repolarisasi.

- a. Memahami muatan listrik pada membran sel neuron yang beristirahat

Membran sel neuron yang beristirahat atau tidak aktif disebut dengan kondisi polarisasi. Kondisi ini ditandai

dengan lebih sedikit ion positif yang berada di dalam sel dibandingkan di luar sel. Pada kondisi inaktif ini ion positif di dalam sel neuron didominasi oleh ion K^+ , yakni di luar sel didominasi oleh ion Na^+ dan ion-ion Na^+ tidak dapat berdifusi ke dalam sel.

b. Potensial aksi dan depolarisasi.

Potensial aksi dimulai dengan adanya stimulus ke reseptor. Stimulus-stimulus ini dapat berbeda tergantung pada jenis reseptornya sebagai contoh stimulus panas dan dingin pada lapisan kulit manusia. Stimulus-stimulus tersebut, ketika mencapai jumlah yang mencukupi akan membuka saluran ion Na^+ pada kondisi normal tertutup. Masuknya ion natrium ke dalam sel membuat kondisi di dalam sel lebih positif dibandingkan kondisi di luar sel yang disebut dengan depolarisasi lokal atau potensial bertingkat. Jika stimulus yang masuk cukup kuat dan ion natrium yang masuk cukup banyak ke dalam sel, maka depolarisasi lokal tersebut akan mengaktifkan sinyal jarak jauh neuron yang disebut potensial aksi atau impuls saraf. Impuls saraf ini muncul dengan syarat stimulus yang masuk cukup kuat dikarenakan impuls saraf ini harus mampu melewati panjang akson untuk disampaikan ke sel saraf selanjutnya atau ke organ target.

c. Repolarisasi

Sesaat setelah ion-ion natrium masuk dalam jumlah besar ke dalam sel neuron, saluran ion natrium pada membran sel kembali menutup, tetapi masih dapat ditembus oleh ion kalium yang berdifusi keluar sel. Hal tersebut menyebabkan muatan listrik di dalam sel dari ion positif menjadi berkurang dan mulai kembali ke muatan awal saat istirahat atau disebut sebagai tahap repolarisasi.

d. Kembalinya ion-ion pada posisi istirahat

Setelah proses repolarisasi, pompa Na^+-K^+ akan mengembalikan ion-ion ke konsentrasi awal di dalam dan di luar sel secara aktif (menggunakan ATP).

3. Penghantaran impuls saraf

Penghantaran impuls saraf ini merupakan bagian dari kemampuan konduktivitas sel saraf. Penghantaran impuls saraf ini sama seperti proses penghantaran impuls pada sel otot dengan melepaskan neurotransmitter yang disebut asetilkolin. Perbedaannya pada sel saraf dapat saja neurotransmitter dilepaskan dari ujung akson terminal ke sel target (otot dan kelenjar) atau dapat juga dari ujung akson terminal ke ujung dendrit neuron yang lain. Proses penghantaran impuls saraf merupakan proses elektrokimia yang menggunakan aliran listrik sepanjang sel saraf dan zat kimia untuk menghantarkan impuls dari satu sel ke sel yang lain.

4. Refleks

Refleks adalah sebuah respons yang bersifat cepat, dapat diprediksi dan dilakukan tanpa sadar. Tubuh menjalankan refleks dengan proses disebut dengan busur refleks yang melibatkan beberapa komponen berikut:

- a. Reseptor
- b. Neuron *afferent*
- c. Neuron *efferent*
- d. Efektor
- e. Integrasi sistem saraf pusat melalui sinapsis atau interneuron Refleks ini dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu somatik dan otonom.

Refleks somatik terjadi jika yang distimulasi adalah otot rangka yang merespons secara tidak sadar. Sedangkan, refleks otonom adalah refleks yang meregulasi aktivitas otot polos, kelenjar, dan jantung.

9.6 Sistem Saraf Pusat

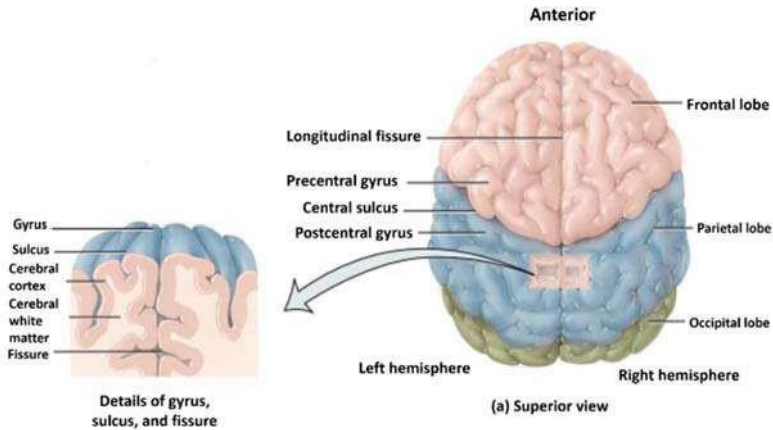
Sistem saraf pusat manusia tersusun atas empat komponen penting, yaitu otak besar (serebrum), diensefalon, batang otak, dan otak kecil (*cerebellum*).

1. Serebrum

Permukaan otak besar yang menonjol disebut dengan girus, sebaliknya bagian permukaan otak besar yang melekok ke bawah disebut dengan sulkus. Sulkus yang dalam disebut dengan fisura. Fisura longitudinal pada otak besar ini membagi otak menjadi dua bagian utama, yaitu otak kanan dan otak kiri yang masing-masing disebut dengan cerebral hemispheres.

Jika otak kiri dan kanan ini dibelah, maka akan nampak bagian dalam otak tersebut yang menunjukkan tiga lapisan utama, yaitu bagian berwarna abu (serebral korteks), bagian berwarna putih (*white matter*), dan bagian yang berwarna abu dikelilingi bagian putih disebut basal nuclei.

Setiap belahan otak memiliki empat lobus yang dinamai tulang yang menutupinya sebagai contoh lobus frontal, lobus parietal, temporal lobus, dan lobus oksipital (Gambar 9.2). Sulkus sentral memisahkan lobus frontal dan parietal. Gyrus mayor, precentral gyrus, terletak tepat di anterior sulkus sentral. Gyrus precentral berisi area motorik primer serebral korteks. Gyrus postcentralis terletak tepat di posterior sulkus sentral, berisi area somatosensorik primer dari korteks serebral yang akan dibahas sebentar lagi. Bagian kelima dari file cerebrum, insula, tidak dapat dilihat di permukaan otak karena terletak di dalam sulcus serebral lateral, jauh ke dalam lobus parietal, frontal, dan temporal. Materi putih otak terdiri dari akson bermielin dan tak bermielin yang mengirimkan impuls antara gyrus, dari gyrus di satu belahan otak ke otak yang sesuai. Gyrus di belahan otak yang berlawanan melalui corpus callosum dan dari otak besar ke bagian lain otak, serta sumsum tulang belakang korteks. Gyrus postcentralis terletak tepat di posterior sulkus sentral, berisi area somatosensorik primer dari korteks serebral yang akan dibahas sebentar lagi.



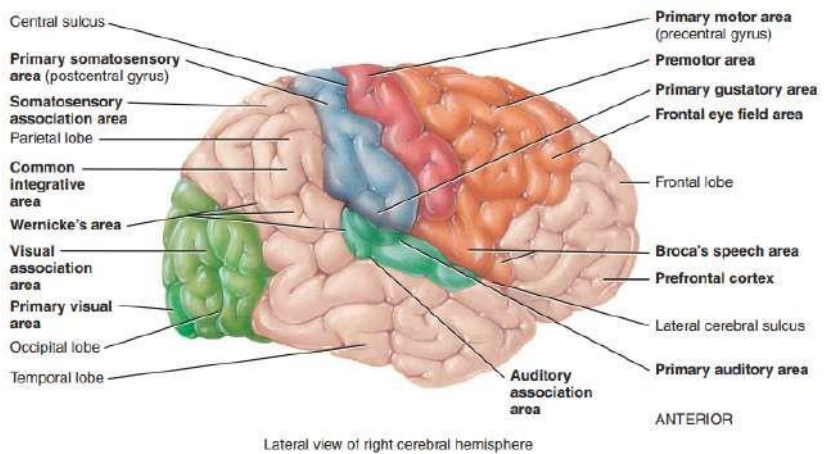
Gambar 9.2. Serebrum

a. Serebral korteks

Bagian korteks adalah bagian berwarna abu-abu yang memiliki fungsi terkait kemampuan bicara, berpikir logis, kesadaran, penafsiran stimulus sensoris, dan gerak sadar. Bagian korteks yang menangani penerimaan stimulus (sensorik) dari seluruh tubuh berpusat pada bagian postcentral gyrus (lobus parietal) dan bagian motorik berpusat pada *gyrus precentral*.

Selanjutnya, istilah-istilah dalam permukaan otak besar ini akan digunakan sebagai penanda dalam penamaan bagian-bagian tulang kepala yang disebut dengan lobus. Di bagian korteks ini juga menerima informasi sensorik dari indera sebagai berikut:

- Penglihatan → lobus oksipital
- Pendengaran → lobus temporal
- Penciuman → area olfaktorius
- Pengecapan → area gustatorius



Gambar 9.3. Cerebral Cortex

Sedangkan, bagian korteks yang bertanggung jawab dalam kemampuan bicara disebut area broca (output: produksi bicara) dan area wernicke (input: membaca dan mendengar). Terdapat dua area korteks yang disebut bagian asosiasi yang terbagi menjadi dua, yaitu:

- 1) Area asosiasi anterior di bagian lobus frontal terlibat dalam kemampuan intelektual.
- 2) Area asosiasi posterior di bagian lobus oksipital bertanggung jawab untuk mengenali pola dan wajah serta mengintegrasikan beberapa input berbeda untuk memahami kondisi secara utuh.

b. White matter

Bagian putih dalam otak berisi bundel serat yang menghubungkan dan membawa impuls baik yang datang ke otak, meninggalkan otak maupun impuls yang disampaikan antarbagian otak. Serat-serat ini terbagi menjadi tiga jenis, yaitu:

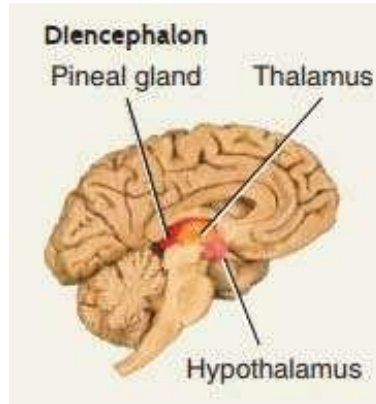
- 1) Bundel serat yang paling besar disebut corpus callosum (commisura) yang menghubungkan dua belahan otak (hemisfer).
- 2) Serat asosiasi adalah serat yang menghubungkan dalam hemisfer.
- 3) Serat proyeksi adalah serat yang menghubungkan otak besar dengan saraf pusat di bawahnya, misal batang otak atau otak kecil.

c. Basal nuclei

Bagian ini bertanggung jawab untuk membantu mengatur gerak otot sadar dengan memodifikasi instruksi (memulai atau berhenti) yang dikirim ke otot oleh korteks motorik utama.

2. Diensefalon

Pada bawah belahan otak dan di kedua sisi ventrikel ketiga adalah kelompok inti berpasangan yang disebut talamus dan hipotalamus (dikenal bersama sebagai diencephalon). Diencephalon terdiri dari talamus, hipotalamus, dan kelenjar pineal. Talamus mengandung inti yang berfungsi sebagai stasiun relay untuk impuls sensorik ke korteks serebral dan berkontribusi pada fungsi motorik men- transmisikan informasi dari otak kecil dan ganglia basal ke area motorik korteks serebral. Hipotalamus terletak lebih rendah dari talamus, mengontrol sistem saraf otonom, mengeluarkan hormon, fungsi dalam kemarahan dan agresi, mengatur suhu tubuh, mengatur makanan dan asupan cairan, dan membentuk sirkadian ritme. Kelenjar pineal mengeluarkan melatonin yang terlibat dalam pengaturan jam biologis tubuh.

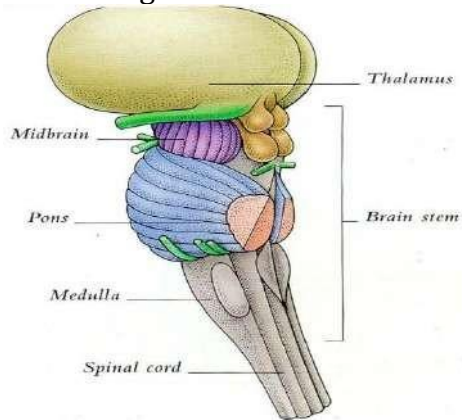


Gambar 9.4. Diencephalon

a. Batang otak

Batang otak merupakan bagian dari otak yang berada di antara sumsum tulang belakang dan diencephalon. Bagian ini berfungsi dalam mengatur kegiatan otonom yang diperlukan untuk bertahan hidup (survival) dan juga terkait dengan aktivitas vital, seperti bernapas dan tekanan darah. Medula oblongata (medulla) bersambung dengan bagian atas bagian dari sumsum tulang belakang dan berisi daerah untuk mengatur detak jantung, diameter pembuluh darah, pernapasan, menelan, batuk, muntah, bersin, dan cegukan. Saraf kranial VIII-XII berasal dari medula. Pons menghubungkan bagian-bagian otak satu sama lain untuk menyampaikan impuls gerakan kerangka sukarela dari korteks serebral ke otak kecil, dan berisi dua daerah yang mengontrol pernapasan. Saraf kranial V-VII dan bagian dari VIII berasal dari pons. Otak tengah yang terletak di antara pons dan diencephalon, menyampaikan motorik impuls dari otak besar ke otak kecil dan sumsum tulang belakang, mengirimkan impuls sensorik dari sumsum tulang belakang ke bagian *thalamus*, dan memediasikan refleks pendengaran dan visual. Bagian ini juga mengandung inti yang terkait

dengan saraf kranial III dan IV. Formasi retikuler adalah susunan seperti jaring dari materi abu-abu dan putih yang membentang di seluruh batang otak yang mengingatkan korteks serebral untuk sinyal sensorik yang masuk dan membantu mengatur tonus otot.



Gambar 12.4 Batang Otak

1) Otak tengah (*midbrain*)

Otak tengah terdiri atas tiga bagian, yaitu:

- a) *Colliculi* yang membentuk corpora quadrigemina. Bagian ini bertanggung jawab dalam menyaring impuls terkait penglihatan dan pendengaran sebelum diteruskan ke korteks otak.
- b) Tegmentum bagian ini dibedakan menjadi dua jenis dengan warna yang berbeda. Bagian berwarna pink berfungsi dalam koordinasi gerak dan area abu-abu yang berfungsi menekan rasa sakit. Bagian ini juga berfungsi membuat kita terjaga.
- c) *Cerebral peduncle* merupakan jalan utama untuk sinyal dari korteks yang akan disebarkan ke seluruh bagian sistem saraf pusat dan berperan sangat penting dalam koordinasi tubuh.

Lapisan antara tegmentum dan cerebral peduncle akan membentuk substansia nigra yang

mengandung hormon melanin dan menghasilkan dopamine yang berperan dalam proses tidur.

2) Pons

Pons berisi jalur serat-serat saraf pada sistem saraf pusat dan berperan dalam pengaturan napas.

3) Medulla oblongata

Bagian ini menyatu dengan saraf tulang belakang (*spinal cord*), bagian ini juga bagian yang dilewati serabut-serabut saraf dan dibagian inilah serabut saraf membentuk piramida dengan sistem silang (*crossed pathways*). Bagian ini memiliki fungsi penting dalam pengaturan, yaitu denyut jantung, tekanan darah, bernapas, menelan, dan muntah.

4) Formasi *reticular*

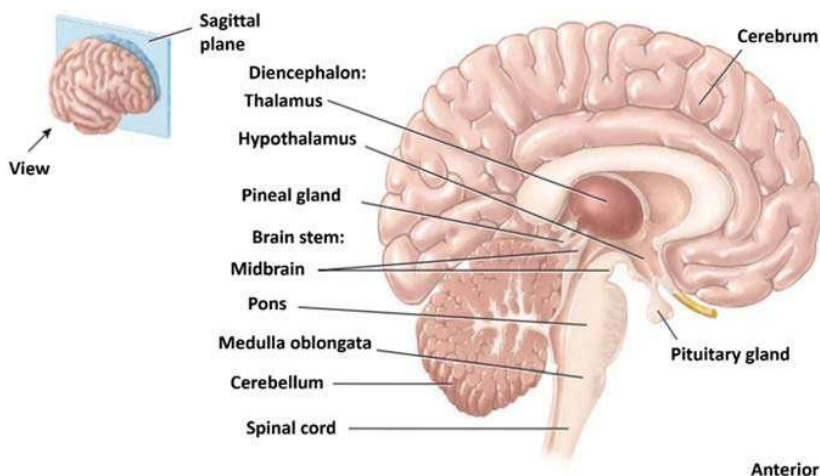
Formasi ini merupakan perpanjangan batang otak dalam bentuk bagian abu-abu yang berperan dalam aktivitas organ visceral, misal pada sistem gastrointestinal. Formasi ini membentuk grup khusus yang disebut dengan *reticular activating system* (RAS) yang mengatur kesadaran dan pola tidur. Gangguan pada bagian ini akan menyebabkan koma.

b. Cerebellum

Cerebellum atau otak kecil berbentuk sama dengan otak besar dengan dua hemisfer dan permukaan berlekuk. Bagian ini mengontrol aktivitas sistem otot rangka manusia menjadi seimbang, bergerak secara halus, dan terkoordinir pada saat yang tepat. Bagian ini secara berkelanjutan menyeimbangkan antara perintah otak dengan gerak tubuh secara aktual dengan memantau posisi tubuh dan jumlah tekanan pada berbagai bagian tubuh.

Otak kecil terdiri dari dua belahan otak kecil, yaitu terletak di posterior medula dan pons serta inferior ke otak besar (Gambar 9.5). Permukaan otak kecil disebut dengan korteks serebelar, terdiri dari materi abu-abu.

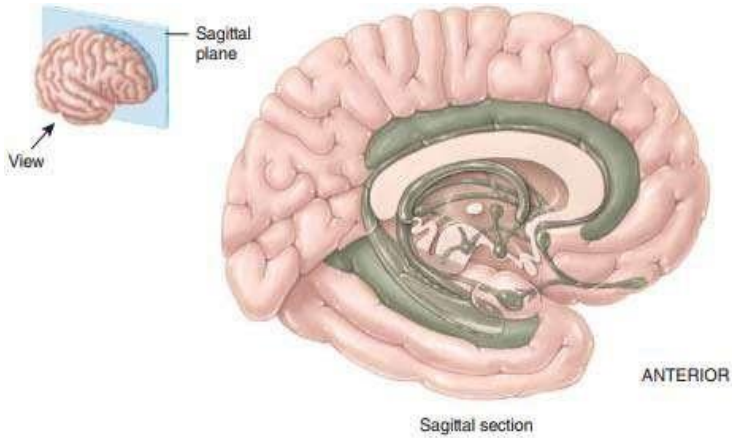
Bagian bawah korteks adalah materi putih (*arbor vitae*) yang menyerupai cabang-cabang pohon. Jauh di dalam materi putih terdapat massa materi abu-abu, inti *cerebellar*. Otak kecil menempel pada batang otak bundel akson yang disebut tangkai serebelar.



Gambar 9.5. Cerebellum

c. Sistem limbik

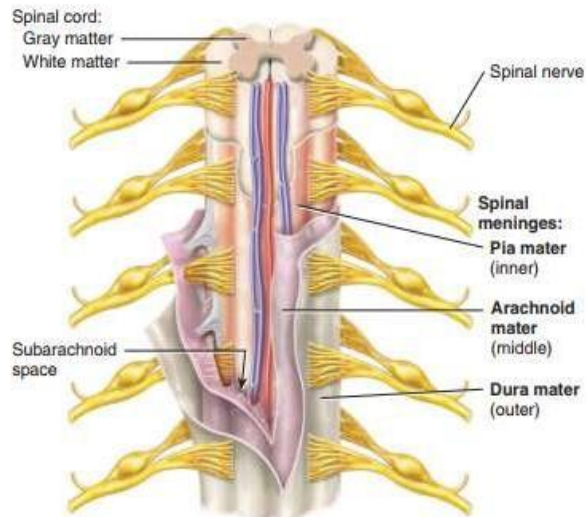
Sistem limbik terletak pada sekitar daerah batang otak bagian atas dan korpus kalosum yang berbentuk cincin struktur di batas dalam otak besar dan lantai diencephalon (Gambar 9.6). Sistem limbik disebut dengan “otak emosional” karena memainkan peran utama dalam berbagai emosi, termasuk rasa sakit, kesenangan, kepatuhan, kasih sayang, dan kemarahan. Padahal perilaku merupakan fungsi dari seluruh sistem saraf, sistem limbik mengontrol sebagian besar aspek yang tidak disengaja terkait dengan kelangsungan hidup. Percobaan hewan menunjukkan bahwa sistem limbik memiliki peran dalam mengontrol pola perilaku secara keseluruhan. Bersama dengan bagian otak besar, sistem limbik juga berfungsi dalam memori, kerusakan pada sistem limbik menyebabkan gangguan memori.



Gambar 9.6. Sistem Limbik yang Berwarna Hijau

d. Spinal cord

Spinal cord atau yang dikenal dengan sumsum tulang belakang pada orang dewasa memiliki panjang berkisar antara 42 hingga 45 cm (16 hingga 18 inci). Sumsum tulang belakang meluas dari bagian paling bawah otak, yaitu medulla oblongata, ke batas atas lumbal kedua vertebra di kolom vertebral (Gambar 9.7).



Gambar 9.7. Spinal Cord

Sumsum tulang belakang memiliki dua materi yang berwarna putih dan materi abu-abu yang memiliki dua mayor fungsi dalam mempertahankan homeostasis. Materi putih pada sumsum tulang belakang terdiri dari saluran yang berfungsi sebagai jalan untuk saraf konduksi impuls. Sepanjang jalan ini, impuls sensorik berjalan menuju otak dan impuls motorik berjalan dari otak menuju otot rangka dan jaringan efektor lainnya. Materi abu-abu dari sumsum tulang belakang menerima dan mengintegrasikan informasi yang masuk dan keluar juga merupakan tempat untuk integrasi refleks.

Struktur Tulang Belakang

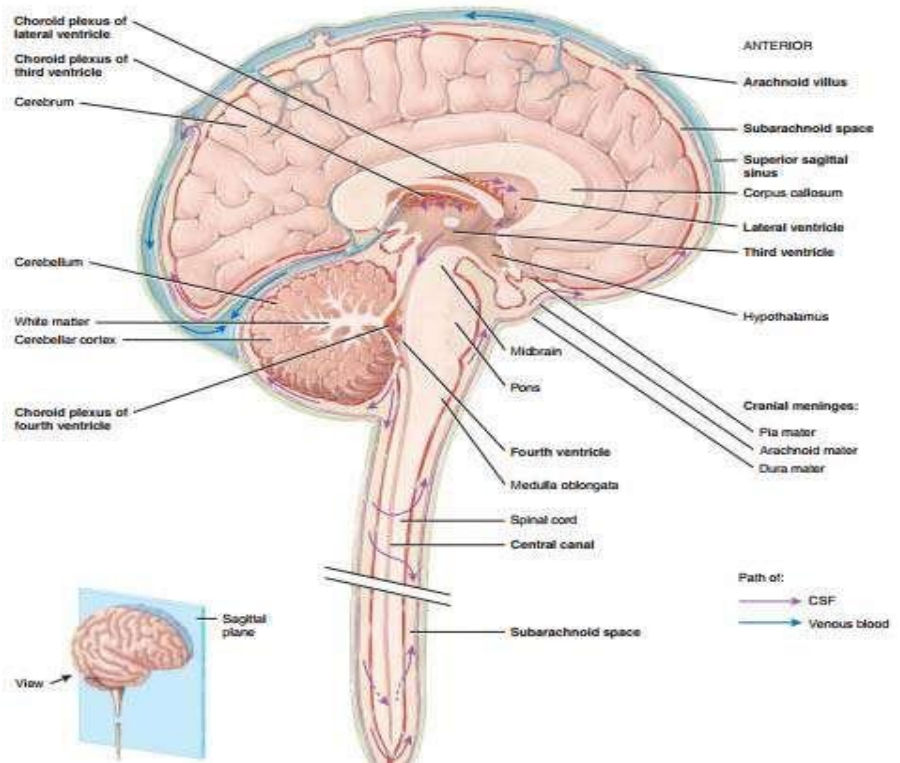
1. Sumsum tulang belakang dilindungi oleh tulang belakang, meninges, dan cairan serebrospinal. Meninges adalah tiga pe nutup jaringan ikat sumsum tulang belakang dan otak, yaitu dura mater, arachnoid mater, dan piamater.
2. Pengeluaran cairan serebrospinal dari ruang subarachnoid di sebut spinal tap. Prosedurnya digunakan untuk menghilangkan CSF dan untuk memperkenalkan antibiotik, anestesi, dan kemoterapi.
3. Sumsum tulang belakang memanjang dari bagian terbawah otak, medula oblongata, sampai batas atas otak. Vertebra lumbal kedua di kolom vertebralis. Ini berisi pembesaran ser viks dan lumbar yang berfungsi sebagai titik asal saraf ke tungkai
4. Saraf tulang belakang melekat pada sumsum tulang belakang melalui akar posterior dan akar anterior.
5. Semua saraf tulang belakang adalah saraf campuran yang mengandung akson sensorik dan motorik.

9.7 Perlindungan Sistem Saraf Pusat

1. Meninges
Meninges adalah membran jaringan ikat yang membungkus sis tem saraf pusat. Meninges terdiri atas tiga jenis, yaitu:
 - a. Duramater → merupakan membran rangkap yang membungkus otak. Bagian paling luarnya menempel pada bagian dalam tulang kranial membentuk lapisan

periosteal. Bagian lainnya disebut dengan lapisan meningeal.

- b. Arachnoidmater → Lapisan meningeal tengah yang berbentuk seperti sarang laba-laba.
- c. Piamater → lapisan meninges paling dalam dan paling lembut, menempel pada permukaan otak dan sumsum tulang belakang.



Gambar 9.8. Meninges

2. Cairan serebrospinal

Cairan serebrospinal adalah cairan ekstrak yang komponennya hampir sama dengan plasma darah, tetapi dengan komposisi berbeda (rendah protein, lebih banyak vitamin C, dan komposisi ion yang berbeda).

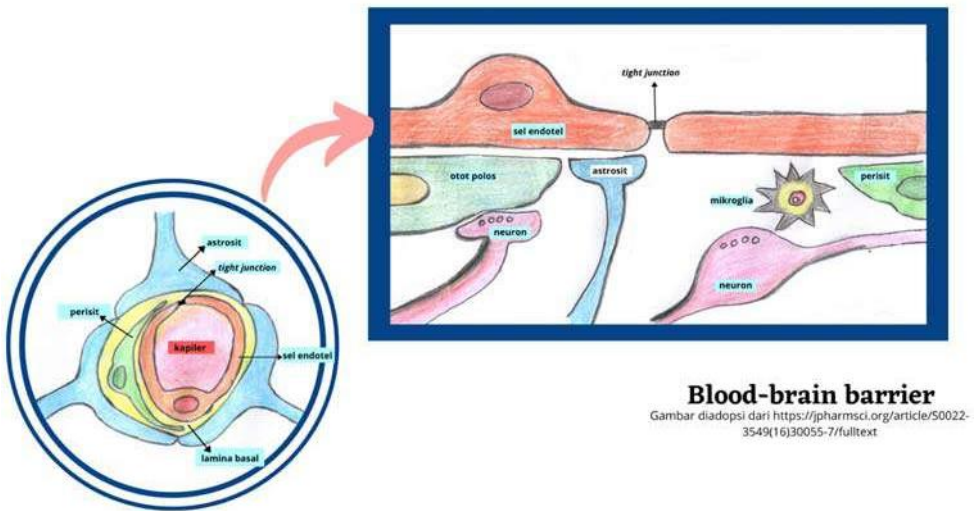
Cairan ini dibentuk dari darah oleh pleksus koroideus, yaitu kelompok kapiler yang menggantung pada atap atau

ventrikel otak, mengelilingi otak sehingga otak dan saraf memiliki bantalan berair yang melindungi serabut saraf dari kerusakan dan trauma, serta membantu otak “melayang” sehingga mencegah kerusakan akibat tekanan dari berat otak itu sendiri.

Volume dan tekanan CSF ini harus selalu dalam keadaan konstan, perubahan dalam komposisi cairan ini dapat mengindikasikan kondisi patologis.

3. Pembatas otak dan darah

Seperti yang diketahui lingkungan otak adalah sebuah lingkungan yang harus dijaga selalu dalam keadaan konstan, maka sel saraf harus dipisahkan dari substansi yang berisiko mengganggu yang di bawa oleh darah disebut *blood-brain barrier*. Lapisan ini merupakan lapisan yang paling rendah permeabilitasnya. Hanya air, glukosa, dan asam amino esensial yang dapat melewati membran ini. Namun demikian, membran ini tidak efektif pada lemak, gas pernapasan, dan zat larut lemak serta zat lain yang mudah berdifusi pada plasma, termasuk alkohol, nikotin, dan obat bius.



Gambar 9.9.Blood-Brain

9.8 Sistem Saraf Tepi

Sistem saraf tepi terdiri dari semua komponen sistem saraf yang terletak di luar otak dan sumsum tulang belakang, termasuk 12 pasang tengkorak dan 31 pasang saraf tulang belakang serta termasuk neuron sensorik, ganglia otonom, dan saraf perifer. Sistem saraf tepi memiliki dua divisi, yaitu somatik dan otonom. Saraf motorik yang aktif, otot rangka membentuk sistem saraf somatik. Saraf sistem saraf otonom mengatur organ dalam (organ dalam) dan kelenjar. Sistem saraf enteric mengatur pergerakan saluran gastrointestinal. Neurotransmitter adalah pembawa pesan kimiawi sistem saraf. Neuron sensorik dan aksonnya, juga akson dari neuron motorik dan neuron preganglionik terletak di sistem saraf pusat, semua itu merupakan bagian dari sistem saraf perifer.

9.9 Rangkuman

1. Sistem saraf ini berfungsi sebagai pusat kontrol utama tubuh dan seluruh sistem dalam tubuh berada dalam pengaturan sistem saraf ini.
2. Sel-sel saraf terdiri atas sel-sel pendukung dan neuron, yakni keduanya memiliki karakteristik dan fungsi yang berbeda.
3. Fungsi sistem saraf diwujudkan dalam bentuk menyediakan fungsi mental (berpikir) tertinggi dan ekspresi emosional, memelihara homeostasis dan regulasi aktivitas otot dan kelenjar.
4. Sistem ini berfungsi dengan cara melakukan komunikasi melalui pengiriman-pengiriman sinyal baik dalam bentuk sinyal listrik maupun sinyal kimia.
5. Sistem saraf ini terdiri atas sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi yang memiliki fungsi berbeda dan saling melengkapi.

DAFTAR PUSTAKA

- Hall JE. *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology*. 14nd ed. Saunders Elsevier: 2020.
- Hallett S, Toro F, Ashurst J V. *Physiology, Tidal Volume*. Vol c. StatPearls Publishing: 2021. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482502>.
- J.Tortora G, Derrickson B. *Principles of Anatomy & Physiology*. 15th ed. Wiley: 2017.
- Manaba, Faizin. (2016). *Anatomi Fisiologi untuk Mahasiswa Gizi*, Edisi 3. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Marieb EN, Keller SM. *Essential of Human Anatomy and Physiology*. Vol 12nd. 12nd ed. Pearson: 2018. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.
- Marieb EN, Keller SM. *Essentials of Human Anatomy and Physiology*. 12th ed. (Beaupart S, ed.). Pearson: 2018.
- Sapra A, Malik A, Bhandari P. "Vital Sign Assesment". In: *StatPearls [Internet]*. Teasure Islans (FL): Stat Pearls Publishing: 2020. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553213/>.
- Sherwood L. *Human Physiology: From Cells to Systems*. 4th ed. Nelson Education Ltd.: 2019.
- Sloane. Ethel. (2003). *Anatomi dan Fisiologi Untuk Pemula (Anatomy And Physiology: An Easy Learner)*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Widmaier EP, Raff H, T.Strang K. *Vander's Human Physiology: The Mechanism of Body Fuction*. 14th ed. McGraw-Hill Higher Education: 2016.

BIODATA PENULIS



Yasin Wahyurianto, S.Kep., Ns., M.Si.

Dosen Program Studi D3 Keperawatan Tuban
Poltekkes Kemenkes Surabaya

Penulis lahir di Bogor tanggal 24 Juli 1976. Menamatkan Pendidikan Perawat di Akademi Keperawatan Soetomo Surabaya pada tahun 1998, S-1 Keperawatan di Universitas Airlangga Tahun 2005, S-2 Magister Ilmu Kedokteran Dasar di Universitas Airlangga Tahun 2011.

Penulis merupakan tenaga pengajar yang diawali pengabdian di Akper Soetomo Surabaya yang notabene almamaternya sendiri dari tahun 1998-2002, direntang tahun ini pula penulis memperdalam kemampuan kliniknya di RSUD Dr. Soetomo Surabaya bagian Gawat Darurat (IRD), kemudian pindah tugas ke Akbid Gambiran Kediri selama empat tahun, dari tahun 2002-2006. Saat ini penulis aktif sebagai pengajar di Jurusan Keperawatan, Poltekkes Kemenkes Surabaya sejak Tahun 2006–sampai sekarang. Penulis juga aktif dalam penerbitan buku serta jurnal nasional dan internasional lainnya. Penulis dapat dihubungi melalui email yasinnners@gmail.com
Pesan untuk para pembaca: **“Don’t Judge a Book by it’s Cover”**

BIODATA PENULIS



Putri Anggreini, M.Farm., apt.
Dosen Universitas Mulawarman

Penulis lahir di Surabaya, tanggal 2 Juni 1994, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Profesi Apoteker di Fakultas Farmasi Universitas Mulawarman. Menyelesaikan pendidikan S1 Farmasi pada Fakultas Farmasi Universitas Mulawarman, S2 Ilmu Farmasi pada Universitas Airlangga, dan S3 Ilmu Farmasi di Universitas Padjadjaran. Penulis menekuni bidang Farmakologi dan memiliki beberapa karya tulis yang telah dipublikasikan pada beberapa jurnal internasional bereputasi.

Email Penulis: putri.anggreini@farmasi.unmul.ac.id
Sosial Media: @putrianggrn (Instagram)

BIODATA PENULIS



Ernita, S.Pd., SKM., M.PH

Dosen Program Studi D-III Kebidanan
Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Aceh

Penulis lahir di Banda Aceh tanggal 29 Maret 1972. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D-III Kebidanan Aceh Utara, Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan (Poltekkes Kemenkes) Aceh. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan FKIP Biologi Universitas Al-Muslim serta S1 Kesehatan Masyarakat di Universitas Muhammadiyah Aceh. Kemudian penulis melanjutkan S2 pada Jurusan Kesehatan Masyarakat di Universitas Gadjah Mada. Di samping mengajar, saat ini penulis fokus pada penelitian dan pengabdian masyarakat dibidang gizi dan kesehatan masyarakat untuk menghasilkan tulisan-tulisan baru.

BIODATA PENULIS



Ns. Nuraini, S. Kep., M. Kep., CBAT

Dosen Program Studi Sarjana Keperawatan
Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah
Tangerang

Penulis lahir pada tanggal 19 juni 1983 di Nipah Panjang, Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi. Ia tercatat sebagai lulusan DIII Akper Baiturrahim Jambi (2004). S1 (2007). Profesi Ners (2008) dan S2 (2016) di Universitas Muhammadiyah Jakarta. Wanita yang kerap disapa Anni ini adalah anak dari pasangan (alm) H. Muhammad Amin/ H. Dg. Passolong (ayah) dan Hj. Rosmini/ Hj. Dg. Macenning (ibu). Anni adalah seorang perawat di salah satu rumah Sakit di Tangerang, Banten. Karirnya sebagai perawat dimulai sejak tahun 2004, beliau juga merupakan seorang Dosen yang telah mendedikasikan dirinya sejak tahun 2009. Karirnya sebagai dosen dimulai di Akper Prima Jambi, kemudian bergabung dengan Akper Harum Jakarta pada tahun 2014. Pada tahun 2017 memutuskan untuk bergabung di Universitas Muhammadiyah Tangerang. Disela kesibukannya beliau juga aktif dalam kegiatan organisasi Profesi dan organisasi Masyarakat, Pengabdian Kepada Masyarakat dan Penelitian, Pendamping PPH, dan Owner di Anney Skincare Easthatic. Alamat email Pribadi. anney.passolong@gmail.com

BIODATA PENULIS



apt. Nurul Hidayah, S.Farm., M.Si.
Dosen Program Studi D-III Farmasi
Poltekkes Kemenkes Medan

Nurul Hidayah tercatat sebagai lulusan Sarjana dari Fakultas Farmasi, Universitas Sumatera Utara (USU) tahun 2012 dan lulusan Magister dari Sekolah Farmasi, Institut Teknologi Bandung (ITB) tahun 2015. Sekarang sedang menempuh pendidikan Doktor Ilmu Farmasi di Fakultas Farmasi Universitas Gadjah Mada. Ia tercatat mengawali karir sebagai Dosen di Fakultas Farmasi Universitas Tjut Nyak Dhien Medan pada tahun 2015, dan pada tahun 2018 sampai sekarang telah bergabung sebagai dosen tetap Jurusan Farmasi Poltekkes Kemenkes Medan.

BIODATA PENULIS



Zahri Darni, S.Kp., M.Kep
Dosen tetap STIKes Fatmawati,

Zahri Darni, S.Kp., M.Kep adalah dosen tetap STIKes Fatmawati, menyelesaikan Pendidikan Sarjana (S1) Ilmu Keperawatan di Fakultas Kedokteran Program Studi Ilmu Keperawatan Universitas Padjajaran Bandung (2000), kemudian melanjutkan Pendidikan Magister Keperawatan Peminatan Keperawatan Medikal Bedah di Universitas Muhammadiyah Jakarta (2013). Saat ini menjabat sebagai Ketua Program Studi DIII Keperawatan STIKes Fatmawati. Selain mengajar, aktif dalam melaksanakan kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat

BIODATA PENULIS



Ns. Revi Yulia, S.Kep., M.Kep.

Ns. Revi Yulia, S.Kep., M.Kep., lahir di Tarusan pada 16 Juli 1988. Jenjang pendidikan penulis, pertama dimulai dengan menempuh pendidikan SD Negeri 11 Kampung Tarandam (1995-2000), SLTP Negeri 4 Duku (2000-2003), SMU Negeri 1 Tarusan (2003-2006) selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan program sarjana keperawatan di Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKes) Fort de Kock Bukittinggi (2006 - 2010), setelah tamat penulis langsung melanjutkan pendidikan Profesi Ners di STIKes Fort de Kock Bukittinggi (2010 -2011). Dua tahun berikutnya penulis melanjutkan pendidikan pascasarjana Program Studi Magister Keperawatan Fakultas Ilmu Keperawatan Universitas Andalas (2013-2015). Saat ini penulis merupakan dosen aktif pada Program Studi Diploma III Keperawatan di Politeknik Kaltara Kota Tarakan, dimana sebelumnya penulis dosen aktif pada prodi Sarjana Keperawatan dan Pendidikan Profesi Ners di Institut Kesehatan Mitra Bunda (IKMB) setelah mengabdikan selama kurang lebih sepuluh tahun, karena alasan mengikuti suami mengabdikan di Pulau Tarakan maka dengan besar hati saya ikut pindah ke Tarakan. Buku ini merupakan karya ke 5 saya selama menjadi dosen.