

Editor: Hairil Akbar

# ILMU BIOMEDIK DASAR

Raudatul Jannah | Pipin Yunus | I Putu Bayu Agus Saputra  
Wahyuni Sammeng | Risya Ahriyasna | Ary Anggara  
Fauzy Ma'ruf | Purwaningtyas Kusumaningsih  
Ni Made Wedri | Husna | Ummi Kalsum  
Mega Puspa Sari | Mochammad Ayyub Arachman  
Neliana Anouw | Mikawati | I Made Mertha  
Ni Made Wiasty Sukanty | Andi Emelda  
Nur Chabibah | Fusvita Merdekawati



BUNGA RAMPAI

**ILMU BIOMEDIK DASAR**

## **UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta**

### **Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4**

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

### **Pembatasan Pelindungan Pasal 26**

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

- i Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

### **Sanksi Pelanggaran Pasal 113**

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

# **ILMU BIOMEDIK DASAR**

Raudatul Jannah  
Pipin Yunus  
I Putu Bayu Agus Saputra  
Wahyuni Sammeng  
Risya Ahriyasna  
Ary Anggara  
Fauzy Ma'ruf  
Purwaningtyas Kusumaningsih  
Ni Made Wedri  
Husna  
Ummi Kalsum  
Mega Puspa Sari  
Mochammad Ayyub Arachman  
Neliana Anouw  
Mikawati  
I Made Mertha  
Ni Made Wiasty Sukanty  
Andi Emelda  
Nur Chabibah  
Fusvita Merdekawati

## Penerbit



CV. MEDIA SAINS INDONESIA  
Melong Asih Regency B40 - Cijerah  
Kota Bandung - Jawa Barat  
[www.medsan.co.id](http://www.medsan.co.id)

Anggota IKAPI  
No. 370/JBA/2020

## **ILMU BIOMEDIK DASAR**

Raudatul Jannah | Pipin Yunus | I Putu Bayu Agus Saputra  
Wahyuni Sammeng | Risya Ahriyasna | Ary Anggara | Fauzy Ma'ruf  
Purwaningtyas Kusumaningsih | Ni Made Wedri | Husna  
Ummi Kalsum | Mega Puspa Sari | Mochammad Ayyub Arachman  
Neliana Anouw | Mikawati | I Made Mertha  
Ni Made Wiasty Sukanty | Andi Emelda | Nur Chabibah  
Fusvita Merdekawati

Editor:

**Hairil Akbar**

Tata Letak:

**Dessy**

Desain Cover:

**Qonita Azizah**

Ukuran:

**A5 Unesco: 15,5 x 23 cm**

Halaman:

**xii, 334**

ISBN:

**978-623-512-207-6**

Terbit Pada:

**Okttober 2024**

Hak Cipta 2024 @ Media Sains Indonesia dan Penulis

*Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit atau Penulis.*

**PENERBIT MEDIA SAINS INDONESIA**

(CV. MEDIA SAINS INDONESIA)

Melong Asih Regency B40 - Cijerah

Kota Bandung - Jawa Barat

[www.medsan.co.id](http://www.medsan.co.id)

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga buku kolaborasi dalam bentuk buku dapat dipublikasikan dan dapat sampai di hadapan pembaca. Buku ini disusun oleh sejumlah dosen dan praktisi sesuai dengan kepakarannya masing-masing. Buku ini diharapkan dapat hadir dan memberi kontribusi positif dalam ilmu pengetahuan khususnya terkait dengan “Ilmu Biomedik Dasar”, buku ini memberikan nuansa berbeda yang saling menyempurnakan dari setiap pembahasannya, bukan hanya dari segi konsep yang tertuang dengan detail, melainkan contoh yang sesuai dan mudah dipahami terkait Pengenalan Jaringan Komputer.

Sistematika buku ini dengan judul “Ilmu Biomedik Dasar”, mengacu pada konsep dan pembahasan hal yang terkait. Buku ini terdiri atas 20 bab yang dijelaskan secara rinci dalam pembahasan antara lain mengenai Biologi Sel; Konsep Genetika; Prinsip-Prinsip Biokimia dalam Tubuh Manusia; Zat Gizi Makro dan Mikro; Angka Kecukupan Gizi; Penilaian Status Gizi Individu; Dasar-Dasar Diet Klinik; Macam-Macam Jaringan; Sistem Persarafan; Sistem Endokrin; Sistem Reproduksi; Sistem Perkemihan; Sistem Integumen; Sistem Muskuloskeletal; Sistem Pernapasan; Sistem Kardiovaskuler; Sistem Pencernaan dan Metabolisme Tubuh; Sistem Imun Dasar; Konsep Biolistrik; Keseimbangan Cairan Elektronik.

Buku ini memberikan nuansa yang berbeda dengan buku lainnya, karena membahas berbagai Ilmu Biomedik Dasar sesuai dengan update keilmuan. Akhirnya kami mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah mendukung dalam proses penyusunan dan penerbitan buku ini, secara khusus kepada Penerbit Media Sains Indonesia sebagai inisiatör buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Editor

## **DAFTAR ISI**

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
1      BIOLOGI SEL.....	1
Raudatul Jannah, S. Pd., M. Imun.....	1
Konsep Biologi Sel .....	1
2      KONSEP GENETIKA.....	19
Ns. Pipin Yunus, S.Kep., M.Kep. ....	19
Pengertian dan Ruang Lingkup Genetika .....	19
Gen, Alel, Lokus dan Kromosom .....	20
Struktur dan Fungsi DNA .....	22
Struktur DNA dan Komponen Dasar DNA.....	22
Penggulungan dan Pengemasan DNA.....	22
Fungsi DNA .....	23
Penyimpanan Informasi Genetik .....	23
Replikasi DNA.....	23
Ekspresi Gen .....	23
Regulasi Genetik.....	24
Struktur RNA.....	24
Pola Pewarisan Model .....	28
Penyimpangan Semu Hukum Mendel .....	28
3      PRINSIP-PRINSIP BIOKIMIA DALAM TUBUH MANUSIA .....	33
I Putu Bayu Agus Saputra, S.Si., M.Si. ....	33
Pendahuluan .....	33
Struktur dan Fungsi Biomolekul.....	34

	Enzim .....	40
	Metabolisme.....	41
	Regulasi Biokimia .....	45
	Regulasi Hormon .....	46
4	ZAT GIZI MAKRO DAN MIKRO .....	49
	Wahyuni Sammeng, S.Gz., M.Kes. ....	49
	Pendahuluan .....	49
	Zat Gizi Makro .....	50
	Zat Gizi Mikro .....	59
5	ANGKA KECUKUPAN GIZI .....	67
	Risya Ahriyasna, S.Gz., M.Gz.....	67
	Konsep Angka Kecukupan Gizi .....	67
	Faktor-faktor yang Berpengaruh dalam Penentuan AKG .....	69
	Prinsip dan Tata Cara Penggunaan Angka Kecukupan Gizi .....	70
	Pedoman Diet di beberapa Negara.....	75
6	PENILAIAN STATUS GIZI INDIVIDU .....	81
	Ary Anggara, S.KM., M.Biomed. .....	81
	Indikator Penilaian Status Gizi pada Anak.....	81
	Kebutuhan Nutrisi Anak .....	83
	Manfaat Nutrisi pada Pertumbuhan dan Perkembangan Anak .....	89
	Nutrisi dan Imunitas Serta Mikrobiota Usus Anak .....	91
7	DASAR- DASAR DIET KLINIK.....	99
	dr. Fauzy Ma'ruf, M.Kes. ....	99
	Pendahuluan .....	99

	Penilaian Status Gizi.....	100
	Perencanaan Diet Individual .....	102
	Pemantauan dan Evaluasi .....	104
	Aplikasi Klinis.....	106
	Kesimpulan.....	108
8	MACAM-MACAM JARINGAN .....	113
	drh. Purwaningtyas Kusumaningsih, M.Biotech.	113
	Jaringan Tubuh Manusia .....	113
9	SISTEM PERSARAFAN .....	133
	Ni Made Wedri, A.Per.Pen., S.Kep., Ns., M.Kes...	133
	Pendahuluan .....	133
	Sistem Saraf Manusia.....	133
	Penutup.....	152
10	SISTEM ENDOKRIN .....	157
	drh. Husna, M.Si. ....	157
	Anatomi Fisiologi Sistem Endokrin .....	157
	Kelenjar Pituitary.....	159
	Kelenjar Tiroid .....	159
	Kelenjar Paratiroid.....	161
	Kelenjar Thymus.....	161
	Kelenjar Pankreas.....	162
	Mekanisme Sistem Endokrin .....	163
	Faktor yang Mempengaruhi Sistem Endokrin ....	165
11	SISTEM REPRODUKSI.....	173
	Ummi Kalsum, S.SiT., Bdn., M.M.Kes.....	173
	Pendahuluan .....	173
	Sistem Reproduksi Perempuan .....	174

	Fungsi Organ Reproduksi dan Fisiologi Organ Reproduksi Prempuan .....	181
	Fisiologi Organ Reproduksi Wanita .....	181
	Oogenesis .....	182
	Sistem Reproduksi Laki .....	183
12	SISTEM PERKEMIHAN.....	191
	Ns. Mega Puspa Sari, S.Kep., M.K.M.....	191
	Definisi Sistem Perkemihan .....	191
	Organ Sistem Perkemihan .....	191
	Ginjal.....	192
	Peredaran Darah Ginjal .....	196
	Persarafan Ginjal .....	197
	Ureter .....	197
	Kandung Kemih .....	198
	Uretra .....	199
	Pembentukan Urin.....	199
13	SISTEM INTEGUMEN .....	205
	dr. Mohammad Ayyub Arachman, M.Ked.Klin., Sp.DVE.....	205
	Pendahuluan .....	205
	Epidermis .....	206
	Dermis .....	209
	Aksesoris.....	212
14	SISTEM MUSKULOSKELETAL .....	221
	Neliana Anouw, S.Kep., Ns., M.Kep.....	221
	Pengertian Sistem Muskuloskeletal.....	221
	Komponen Utama Sistem Muskuloskeletal .....	221

	Fungsi Utama Sistem Muskuloskeletal .....	228
	Gangguan pada Sistem Muskuloskeletal.....	228
	Cara Menjaga	
	Kesehatan Sistem Muskuloskeletal.....	229
15	SISTEM PERNAPASAN .....	233
	Mikawati, S.Kp., M.Kes. ....	233
	Struktur dan Fungsi Pernapasan Manusia .....	233
	Fungsi Sistem Pernapasan.....	233
	Struktur Organ Sistem Pernapasan .....	234
	Organ Pernapasan Bagian Atas.....	234
	Fisiologi Sistem Pernapasan.....	244
	Pernafasan Luar (Eksternal) .....	244
	Pernapasan Dalam (Internal) .....	245
	Mekanisme Pernapasan .....	246
	Kendali Sistem Pernapasan .....	247
16	SISTEM KARDIOVASKULER .....	253
	I Made Mertha, S.Kp., M.Kep. ....	253
	Pendahuluan .....	253
	Anatomi Jantung .....	253
	Fisiologi Jantung .....	258
	Pembuluh Darah .....	264
	Darah .....	266
17	SISTEM PENCERNAAN DAN METABOLISME TUBUH.....	271
	Ni Made Wiasty Sukanty, S.Tr.Kes., M.Biomed. .	271
	Pendahuluan .....	271
	Mulut, Faring, dan Esofagus.....	272

Lambung .....	273
Pankreas.....	275
Hati .....	276
Kantung Empedu.....	277
Usus Halus .....	277
Usus Besar .....	280
<b>18 SISTEM IMUN DASAR.....</b>	<b>285</b>
Dr. apt. Andi Emelda, S.Si., MSi. ....	285
Pendahuluan .....	285
Sistem Imun Non Spesifik/Innate .....	286
Fungsi Imunitas Nonspesifik.....	290
Respon Imunitas Nonspesifik.....	290
Pengenalan Patogen oleh Imunitas Nonspesifik/Innate .....	291
Imunitas Spesifik/Adaptif.....	294
Sistem Imun Spesifik Humural .....	294
Respon Imun Humural/Sel B .....	294
Reseptor Sel B .....	295
Sistem Imun Spesifik Selular/Sel T .....	296
Respon Imun Seluler/Sel T.....	296
Antigen .....	297
<b>19 KONSEP BIOLISTRIK.....</b>	<b>301</b>
Nur Chabibah, S.Si., M.Si. ....	301
Pengertian Biolistik .....	301
Hukum Fisika yang Mendasari Biolistik .....	302
Karakteristik Biolistik.....	303
Kapasitansi dan Resistansi .....	304

	Dielektrik.....	305
	Biolistik pada Tubuh Manusia.....	305
	Sistem Saraf dan Neuron .....	306
	Konsentrasi Ion di Dalam dan di Luar Sel.....	307
	Kelistrikan Saraf.....	308
	Perambatan Potensial Aksi.....	310
	Kelistrikan pada Otot Jantung.....	311
	Penerapan Biolistik dalam Bidang Kesehatan...	312
20	KESEIMBANGAN CAIRAN ELEKTROLIT .....	319
	Fusvita Merdekawati, S.ST, MM, M.Si.....	319
	Pendahuluan .....	319
	Fisiologi Elektrolit .....	320
	Fisiologi Natrium .....	321
	Fisiologi Kalium .....	322
	Fisiologi Klorida .....	323
	Fisiologi Kalsium.....	324
	Fisiologi Bicarbonat .....	324
	Fisiologi Magnesium .....	324
	Fisiologi Fosfor.....	325
	Gangguan Keseimbangan Elektrolit .....	325
	Pemeriksaan Laboratorium.....	329
	Metode Pemeriksaan Elektrolit.....	329

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1.1	Plasmodesmata pada dinding sel tumbuhan .....	5
Gambar 1.2	Membran Plasma.....	6
Gambar 1.3	Nukleus .....	7
Gambar 1.4	Retikulum Endoplasma .....	8
Gambar 1.5	Badan Golgi.....	9
Gambar 1.6	Lisosom .....	9
Gambar 1.7	Mitokondria .....	11
Gambar 1.8	Ribosom .....	12
Gambar 1.9	Sentrosom dan Sentriol .....	13
Gambar 1.10	Vakuola pada sel tumbuhan dan hewan	15
Gambar 2.1	Hubungan DNA, gen dan kromosom (A) dan Struktur kromosom homolog (B) ...	21
Gambar 2.2	RNA.....	25
Gambar 2.3	Replika, Transkripsi dan Translasi .....	27
Gambar 3.1	Struktur Monosakarida .....	35
Gambar 3.2	Bentuk struktur Protein .....	37
Gambar 5.1	Penggunaan Angka Kecukupan Gizi ....	68
Gambar 8.1	Tipe Jaringan Tubuh Manusia.....	114
Gambar 8.2	Klasifikasi Sel Epitel .....	115
Gambar 8.3	Rangkuman 8 tipe sel epitel .....	116
Gambar 8.4	Tipe jaringan ikat .....	117
Gambar 8.5	Perbedaan Serat Elastik dan Kolagen....	120
Gambar 8.6	Tipe Kartilago .....	121
Gambar 8.7	Jaringan Tulang .....	122
Gambar 8.8	Pembentukan Jaringan ikat darah .....	124
Gambar 8.9	Tipe Jaringan Okat Otot .....	125
Gambar 8.10	Anatomii Sel Saraf .....	127
Gambar 9.1	Neuron dan bagian-bagiannya.....	134
Gambar 9.2	menunjukkan bahwa sistem saraf terdiri dari oleh jaringan saraf yang terdiri dari beberapa macam sel. Komponen utama sistem saraf adalah neuron yang dibantu oleh sel glia. Ada jutaan neuron dalam sistem saraf	

manusia. Neuron bertanggung jawab atas proses reaksi, transmisi, dan proses pengenalan srangsangan, merangsang aktivitas sel-sel tertentu, dan melepas neurotransmitter. Impuls saraf ditransmisikan hanya dalam satu arah yaitu masuk ke dalam sel melalui dendrit dan keluar dari sel melalui akson. Sebuah neuron menerima dan mengirimkan sinyal dari ratusan ribu dari neuron lainnya. Sistem persinyalan bersifat kimiawi dan listrik.....	136
Gambar 9.3 Meninges .....	138
Gambar 9.4 Anatomi Otak .....	142
Gambar 9.5 Anatomi Saraf simpatis dan parasimpatis.....	150
Gambar 10.1 Sistem Endokrin Manusia .....	158
Gambar 12.1 Anatomi Sistem Perkemihan .....	192
Gambar 12.2 Susunan Lapisan Ginjal .....	193
Gambar 12.3 Filtrasi Ginjal .....	200
Gambar 13.1 Gambaran penampang kulit beserta jaringan dibawahnya (hipodermis). Terlihat potongan lapisan pada epidermis, dermis dan struktur terkait.	205
Gambar 13.2 Gambaran tingkatan lapisan pada epidermis dengan beberapa sel penyusunya.....	208
Gambar 13.3 Gambaran rambut dan lapisannya serta jaringan disekitarnya, terlihat folikel rambut juga muara dari kelenjar. Terdapat juga potongan melintang dari rambut.....	213
Gambar 13.4 Gambaran struktur anatomi kuku pada manusia.....	215
Gambar 15.1 Struktur pembentuk septum nasal.....	235

Gambar 15.2 Struktur anatomi faring.....	237
Gambar 15.3 Laring.....	238
Gambar 15.4 Trakhea .....	239
Gambar 15.5 Bronkus dan Bronkiolus .....	241
Gambar 15.6 Struktur Paru-Paru .....	242
Gambar 15.7 Paru dan Alveoli .....	243
Gambar 15.8 Alveoli.....	244
Gambar 15.9 Proses Inspirasi dan Ekspirasi.....	246
Gambar 15.10 Kontraksi dan perluasan rongga toraks selama ekspirasi dan inspirasi, menunjukkan kontraksi diafragma, fungsi otot interkostal, dan elevasi dan depresi tulang rusuk .....	246
Gambar 15.11 Pusat Pernapasan .....	248
Gambar 17.1 Organ-organ dalam sistem pencernaan dan metabolisme tubuh.....	272
Gambar 17.2 Proses menelan makanan. (a) lidah menekan langit-langit mulut dan mendorong bolus menuju faring. (b) Faring menyempit. (c) Faring bagian tengah dan bawah mendorong bolus. (d) Bolus didorong menuju lambung dengan gerak peristaltik. ....	273
Gambar 17.3 Anatomi lambung. ....	274
Gambar 17.4 Pankreas. ....	275
Gambar 17.5 Metabolisme karbohidrat, lipid, dan protein di hati.....	276
Gambar 17.6 Pembentukan misel oleh garam empedu.....	277
Gambar 17.7 Mikrovili pada usus halus. ....	278
Gambar 17.8 Anatomi usus besar.....	280
Gambar 18.1 Pertahanan tubuh .....	288
Gambar 18.2 Lapisan pertahanan.....	289
Gambar 18.3 Pengenalan PAMPs dan DAMPs oleh makrofag. Sel dendritic dan neutrophil	292

Gambar 19.1	(a) ion K terdifusi dari konsentrasi tinggi ke konsetrasi rendah, (b) kondisi larutan ketika setimbang, membrannya menjadi sebuah dipol listrik .....	307
Gambar 19.2	Ilustrasi bagan membrane sel dan potensial aksi, a). kondisi awal/ saat resting potensial, b). ketika diberikan stimulasi sehingga terjadi depolarisasi	310
Gambar 19.3	Periode potensial listrik pada membrane sel. Periode ini terdiri dari resting potensial/ membrane saat istirahat, kemudian terdapat impuls/ rangsangan, jika mencapai batas ambangnya maka akan muncul potensial aksi, sampai pada puncaknya kemudian mengalami repolarisasi sampai batas ambangnya kemudian menuju resting potensial. Repolarilarisasi dibagi menjadi dua yaitu periode refrakter absolut dan periode refrakter relatif. ....	310
Gambar 20.1	Distribusi cairan dan zat terlarut dalam tubuh pada remaja/dewasa .....	320
Gambar 20.2	Konsentrasi Kation dan Anion dalam Cairan Intrasel dan Ekstrasel .....	321

---

# BIOLOGI SEL

**Raudatul Jannah, S. Pd., M. Imun.**  
STIKes Yarsi Mataram

Biologi adalah salah satu disiplin ilmu pengetahuan alam yang mengkaji karakteristik makhluk hidup serta berbagai jenis organisme, mencakup struktur, fungsi, pertumbuhan, evolusi, penyebaran, dan klasifikasinya. Secara garis besar, semua cabang biologi dipersatukan oleh prinsip-prinsip dasar yang menjadi landasan semua penelitian dalam bidang ini, yaitu konsep mengenai sel, gen, dan evolusi.

## **Konsep Biologi Sel**

Kata “sel” berasal dari “cella,” yang berarti ruang kecil. Dengan demikian, sel adalah unit organisasi terkecil yang menjadi dasar kehidupan. Sel disebut sebagai unit terkecil karena tidak bisa dipecah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil yang dapat berdiri sendiri. Semua fungsi kehidupan dikendalikan dan berlangsung di dalam sel, sehingga sel dapat berfungsi secara mandiri asalkan kebutuhan hidupnya terpenuhi. Oleh karena itu, sel juga dikenal sebagai unit struktural dan fungsional yang membentuk tubuh makhluk hidup. Sel mampu melakukan semua aktivitas kehidupan, dan sebagian besar reaksi kimia yang diperlukan untuk mempertahankan kehidupan terjadi di dalam sel.

### 1. Sejarah sel

Sel pertama kali ditemukan oleh seorang ilmuwan Inggris bernama Robert Hooke pada tahun 1665. Saat itu Hooke mengamati sayatan gabus dari batang

tumbuhan yang sudah mati menggunakan mikroskop sederhana. Ia menemukan adanya ruang-ruang kosong yang dibatasi dinding tebal dan menamakannya dengan istilah cellulae artinya sel.

Pada tahun 1632-1723 seorang ilmuan bernama Antonie van Leeuwenhoek tertarik dengan hasil kerja Hooke, ia kemudian mempelajari lebih dalam tentang sel. Dengan mikroskop kecil berlensa tunggal dia memntapkan niatnya dan mulai mengamati air rendaman jerami. Dari hasil pengamatan pertamannya, Antonie menemukan adanya gerakan-gerakan organisme kecil dalam air yang diamatinya. Kemudian organisme tersebut diberi nama dengan istilah bakteri. Atas hasil pengamatannya tersebut, Antonie van Leeuwenhoek dianggap sebagai orang pertama yang menemukan sel hidup dalam sejarah penemuan sel.

Jacob Schleiden (1804-1881) dan Theodor Schwan (1810- 1882) pada waktu bersamaan mengamati sel dari hewan dan tumbuhan. Penelitian keduanya menghasilkan kesimpulan yang sama bahwa semua makhluk hidup tersusun atas unit struktural terkecil yang disebut dengan sel. Keduanya menemukan pula bahwa ada makhluk hidup yang hanya tersusun dari satu sel, namun ada juga yang tersusun dari banyak sel. Menurutnya, prinsip universal pembentukan berbagai bagian tubuh semua organisme adalah pembentukan sel.

Rudolf Virchow (1821-1902) memecahkan teka-teki teori sel dari Jacob Schleiden dan Theodore Schwan, bahwa semua sel berasal dari sel-sel yang terlebih dulu ada. Virchow menemukan bahwa sel merupakan pusat pertumbuhan dan perkembangan dari tubuh.

Secara struktural dan fungsional, sel terdiri dari komponen bahan kimia dan organel-organel sel. Di dalam sel hidup terdapat senyawa kimiawi yang dihasilkan dari aktivitas sel, disebut biomolekul. Seluruh senyawa tersebut saling berinteraksi secara terarah dan teratur sehingga menunjukkan ciri

kehidupan. Terdapat perbedaan komposisi senyawa penyusun tubuh hewan dengan tumbuhan. Tubuh hewan banyak mengandung protein, sedangkan tubuh tumbuhan lebih banyak mengandung karbohidrat. Komponen kimiawi sel tersebut merupakan unsur dan senyawa dasar yang penting untuk aktivitas sel didalam tubuh makhluk hidup. Bahan dasar sebuah sel terdiri dari 70-85% air, sekitar 10-20% protein, 2% lemak, 1% karbohidrat dan elektrolit. Komponen kimia dalam sel dapat berupa komponen anorganik (misalnya air dan ion-ion mineral) dan komponen organik (misalnya karbohidrat, protein, lipida dan asam nukleat).

## 2. Struktur dan Fungsi Bagian-Bagian Sel

Semua sel dibatasi oleh suatu membran yang disebut membran plasma, sementara daerah di dalam sel disebut sitoplasma. Setiap sel, pada tahap tertentu dalam hidupnya, mengandung DNA sebagai materi yang dapat diwariskan dan mengarahkan aktivitas sel tersebut. Selain itu, semua sel memiliki struktur yang disebut ribosom yang berfungsi dalam pembuatan protein yang akan digunakan sebagai katalis pada berbagai reaksi kimia dalam sel tersebut. Secara struktural, komponen sel yang menyusun sel sebagai berikut:

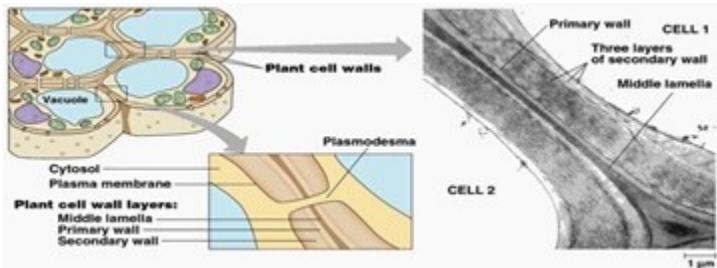
### a. Dinding Sel

Dinding sel merupakan komponen sel yang terdapat pada sel tumbuhan. Sel hewan tidak memiliki komponen ini. Dinding sel menentukan bentuk sel, berfungsi sebagai penguat dan melindungi protoplasa. Dinding sel mempunyai ketebalan yang bervariasi tergantung umur dan atau tipe sel. Pada umumnya sel yang masih muda berdinding tipis dan sel yang dewasa berdinding lebih tebal. Tetapi ada beberapa sel yang tidak mengalami peningkatan dinding. Berdasarkan perkembangan dan strukturnya, dinding sel dibedakan menjadi 3 bagian pokok yakni lamela tengah, dinding sel primer dan

dinding sel sekunder. Semua sel tumbuhan memiliki lamela tengah dan dinding sel primer, sedangkan dinding sel sekunder dimiliki sel-sel yang mengalami penebalan dinding sel. Lamela tengah adalah suatu lapisan yang terdapat diantara dua buah sel yang bersebelahan. Lapisan ini sebagian besar terdiri atas air dan zat-zat pektin yang bersifat koloid dan bersifat plastik (dapat mudah dibentuk) sehingga memungkinkan gerakan antar sel dan penyesuaianya yang diperlukan sebelum sel-sel dapat mencapai ukuran dan bentuk dewasa.

Dinding sel primer adalah dinding sel pertama yang dibentuk pada saat pembentukan sebuah sel baru. Dinding sel primer terdiri dari zat pektin, selulosa dan hemiselulosa. Sel-sel meristematik mempunyai dinding sel primer. Sel-sel dewasa yang hanya mempunyai dinding primer dapat kembali menjadi meristematik.

Dinding sel sekunder adalah dinding sel yang terbentuk dalam peristiwa penebalan dinding sel. Dinding sekunder terbentuk di sebelah dalam dinding primer. Dinding sel sekunder tersebut bisa terdiri dari dua lapis atau lebih yang terpisah-pisah. Dinding sekunder dapat memenuhi ruang dalam sel sehingga ruang sel menjadi kecil volumenya. Penyusun dinding sel sekunder Sebagian besar berupa selulosa, atau campuran selulosa dan semiselulosa, pektin, kutin, suberin, lilin, air dan zat lain seperti lignin (zat kayu). Bagian dinding sel yang tidak ikut mengalami penebalan dinamakan noktah yang terdiri dari mulut noktah dan saluran noktah. Di dalam saluran noktah terdapat plasmodesmata yang merupakan benang-benang plasma yang halus yang berfungsi menghubungkan protoplasma sel yang satu dengan protoplasma sel tetangganya.

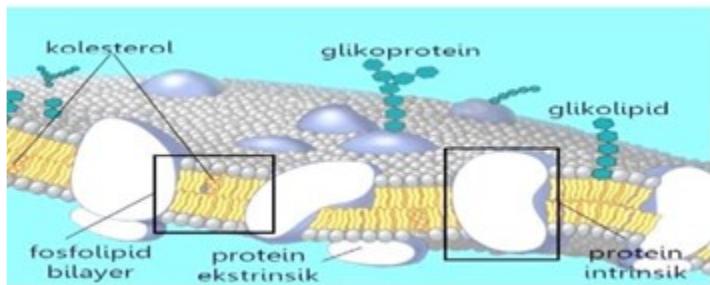


Gambar 1.1  
Plasmodesmata pada dinding sel tumbuhan

### b. Membran Plasma

Membran plasma, atau disebut juga membran sel atau selaput plasma, merupakan lapisan terluar dari sel yang terdiri dari molekul lipoprotein (fosfolipida dan protein) serta molekul-molekul lain yang melengkapi strukturnya. Protein dalam membran plasma terdiri dari dua jenis: protein intrinsik (integral) yang berada di antara fosfolipida, dan protein ekstrinsik (perifer) yang terdapat di permukaan fosfolipida. Di bagian luar membran plasma, fosfolipida terikat dengan molekul glukosa membentuk glikolipida, dan protein yang terikat dengan glukosa membentuk glikoprotein. Membran plasma juga mengandung molekul kolesterol. Ketebalan membran plasma berkisar antara 7,5 hingga 10 nanometer, dan sifatnya semipermeabel atau selektif permeabel.

Protein plasma ini memiliki fungsi yang sangat luas antara lain sebagai protein pembawa (carrier) senyawa yang melewati membran plasma, menerima isyarat (signal) hormonal, dan meneruskan isyarat tersebut ke bagian sel sendiri atau ke sel lainnya. Protein membran plasma juga berfungsi sebagai pangkal pengikat komponen-komponen sitoskeleton dengan senyawa-senyawa ekstraseluler. Perubahan tunggal asam amino dalam satu pompa membran plasma dan saluran Cl<sup>-</sup> menyebabkan penyakit cystic fibrosis pada manusia.



Gambar 1.2 Membran Plasma

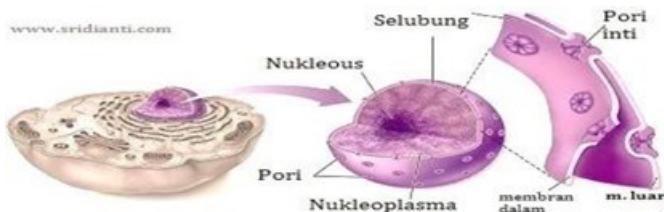
### c. Nukleus

Nukleus atau inti sel adalah komponen sel yang bermembran dengan bentuk bulat atau lonjong seperti cakram. Biasanya, nukleus terletak di tengah sitoplasma, tetapi pada sel tumbuhan sering kali berada agak ke tepi sitoplasma. Sebagian besar sel tumbuhan dan hewan memiliki satu nukleus, namun ada juga yang memiliki lebih dari satu nukleus, seperti sel otot lurik. Nukleus adalah bagian sel yang ukurannya lebih besar dibandingkan organel lainnya, dengan ukuran sekitar 10 - 20 nm. Fungsi utama nukleus adalah mengendalikan semua aktivitas sel. Secara lebih rinci, fungsi nukleus meliputi:

- 1) Mengendalikan seluruh aktivitas sel
- 2) Mengandung atau membawa informasi genetik (DNA) yang mewariskan sifat-sifat genetik melalui pembelahan sel
- 3) Memproduksi tRNA, rRNA, dan mRNA untuk sintesis protein
- 4) Memproduksi ribosom

Struktur nucleus terdiri dari komponen-komponen berikut: a. Membran nukleus (membran inti sel), yang memiliki struktur lipoprotein dengan lapisan ganda fosfolipida mirip dengan membran plasma. Membran nukleus adalah membran rangkap yang terdiri dari

membran luar dan membran dalam, dengan ruang di antara keduanya yang disebut ruang perinuklear. Pada beberapa sisi, membran luar berlanjut dengan retikulum endoplasma kasar (rER). Membran nukleus memiliki pori-pori yang memungkinkan pertukaran antara nukleoplasma dan sitoplasma.



Gambar 1.3 Nukleus

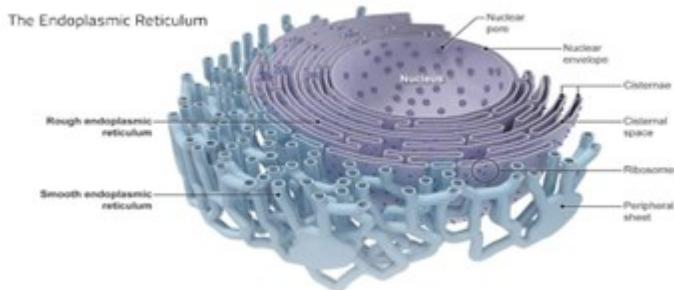
d. Retikulum Endoplasma

Retikulum endoplasma (RE) terdiri dari vesikel atau kantung yang dapat berbentuk pipih, bundar, atau tubuler dan saling berhubungan satu sama lain. RE memiliki satu lapisan membran, beberapa di antaranya berhubungan dengan membran inti dan membran plasma, sehingga berfungsi sebagai penghubung antara bagian luar dan dalam sel. Ada dua jenis retikulum endoplasma: RE halus (REh), yang tidak memiliki ribosom, dan RE kasar (REk), yang memiliki ribosom. RE berperan dalam proses anabolik dan protektif.

Retikulum endoplasma adalah perluasan membran yang saling terhubung, membentuk saluran pipih atau tabung dalam sitoplasma. Di bawah mikroskop, RE terlihat seperti saluran berkelok-kelok dan jaring berongga. Saluran-saluran ini berfungsi membantu pergerakan substansi dari satu bagian sel ke bagian lainnya.

Ribosom pada REk adalah tempat sintesis protein, di mana protein yang dihasilkan akan melekat pada retikulum endoplasma dan biasanya ditujukan untuk keluar sel. REh memiliki enzim-

enzim pada permukaannya yang berfungsi untuk sintesis lipid, glikogen, dan senyawa steroid seperti kolesterol, gliserida, dan hormon.



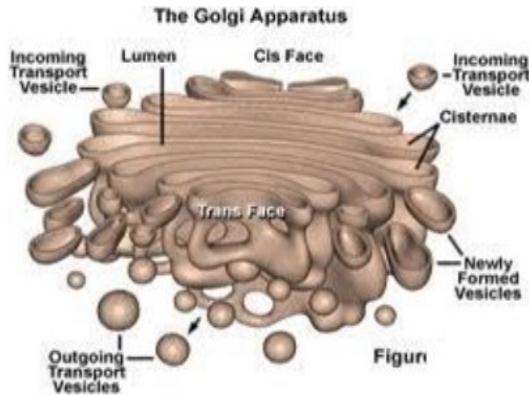
Gambar 1.4 Retikulum Endoplasma

#### e. Badan Golgi

Badan Golgi, juga dikenal sebagai aparatus Golgi atau kompleks Golgi, adalah organel sel yang ditemukan oleh Camillo Golgi, seorang ahli histologi. Badan Golgi banyak ditemukan pada sel-sel yang melakukan fungsi ekskresi. Pada sel tumbuhan, badan Golgi sering disebut diktiosom. Badan Golgi berbentuk kantung pipih, tubulus, dan vesikula. Membran badan Golgi terdiri dari lipoprotein seperti pada membran plasma. Struktur badan Golgi memiliki dua permukaan: permukaan luar yang cembung (forming face) disebut permukaan cis, dan permukaan dalam yang cekung (maturing face) disebut permukaan trans. Bagian cis menerima vesikel-vesikel yang umumnya berasal dari retikulum endoplasma kasar. Isi vesikel ini akan diserap ke dalam lumen badan Golgi dan diproses saat bergerak dari bagian cis ke bagian trans. Di ruang-ruang pada permukaan trans, senyawa-senyawa sekret akan membentuk vesikel dengan berbagai kandungan, siap untuk disalurkan ke bagian sel lain atau keluar sel. Fungsi badan Golgi antara lain:

- 1) Membentuk dinding sel tumbuhan
- 2) Membentuk bahan membran plasma

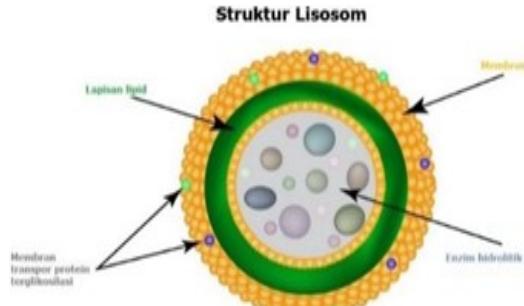
- 3) Membentuk lisosom
- 4) Tempat sekresi senyawa-senyawa sekret kelompok karbohidrat, lipid, dan protein
- 5) Membentuk akrosom pada spermatozoa.



Gambar 1.5 Badan Golgi

#### f. Lisosom

Lisosom adalah organel sel berbentuk kantung atau bola yang diselubungi oleh selaput atau membran tunggal. Lisosom ditemukan oleh Christian de Duve pada tahun 1950, dengan diameter sekitar 500 nm. Lisosom mengandung enzim hidrolitik seperti glikosidase, fosfolipase, protease, nuklease, lipase, dan fosfatase. Lisosom ditemukan pada sel eukariotik. Struktur lisosom dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1.6 Lisosom

Lisosom memiliki beberapa fungsi antara lain sebagai berikut:

- 1) Mencerna zat makanan hasil dari fagositosis (makanan berupa padatan) dan pinositosis (makanan berupa cairan)
- 2) Mencerna makanan cadangan
- 3) Menghancurkan organel sel yang telah rusak atau suadah tua
- 4) Menghancurkan benda yang berada di luar sel, contohnya enzim yang dikeluarkan oleh sel sperma agar dapat menghancurkan dinding sel ovum ketika terjadinya fertilisasi.
- 5) Menghancurkan zat asing misalnya yang memiliki sifat karsinogen yang dapat menyebabkan kanker.
- 6) Menghancurkan diri sel sendiri yakni dengan cara melepaskan semua enzim yang berada di dalam lisosom.

g. Mitokondria

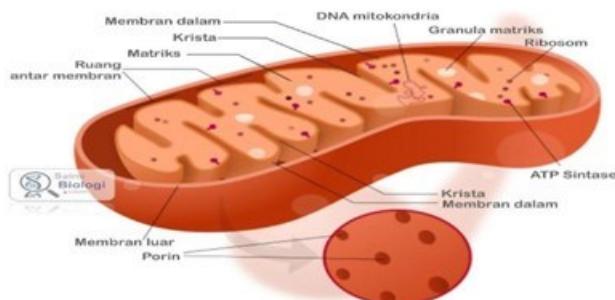
Mitokondria, juga dikenal sebagai kondriosom, adalah organel sel tempat terjadinya respirasi sel pada makhluk hidup. Bentuk dan jumlah mitokondria dalam sel dapat bervariasi tergantung pada jenis atau aktivitas selnya. Mitokondria banyak terdapat pada sel-sel dengan metabolisme tinggi yang membutuhkan energi dalam jumlah besar, seperti otot jantung. Secara umum, mitokondria memiliki bentuk bulat lonjong atau elips dengan diameter sekitar 0,5  $\mu\text{m}$  dan panjang 0,5 – 1,0  $\mu\text{m}$ . Mitokondria dilapisi oleh membran rangkap yang terdiri dari membran luar dan membran dalam.

Mitokondria terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

- 1) Membran luar: Terdiri dari lapisan lipoprotein yang mengandung enzim-enzim yang terlibat dalam biosintesis lemak dan proses transpor

lemak ke matriks untuk  $\beta$ -oksidasi menghasilkan asetil-KoA.

- 2) Membran dalam: Tempat utama pembentukan ATP. Membran dalam membentuk lipatan-lipatan yang disebut kista, meningkatkan luas permukaan membran untuk meningkatkan produksi ATP. Membran dalam juga mengandung protein-protein, termasuk enzim-enzim yang terlibat dalam reaksi fosforilasi oksidatif (pembentukan ATP) dan protein transport yang mengatur masuk dan keluarnya metabolit melalui membran dalam.
- 3) Ruang intermembran: Ruang antara membran luar dan membran dalam yang memiliki fungsi tertentu.
- 4) Matriks: Bagian dalam mitokondria yang mengandung DNA materi genetik, ribosom, ATP, ADP, enzim-enzim yang terlibat dalam siklus Krebs, air, CO<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub>.
- 5) Fungsi utama mitokondria adalah sebagai tempat terjadinya respirasi sel, yang merupakan lokasi utama produksi energi (ATP) dalam sel.



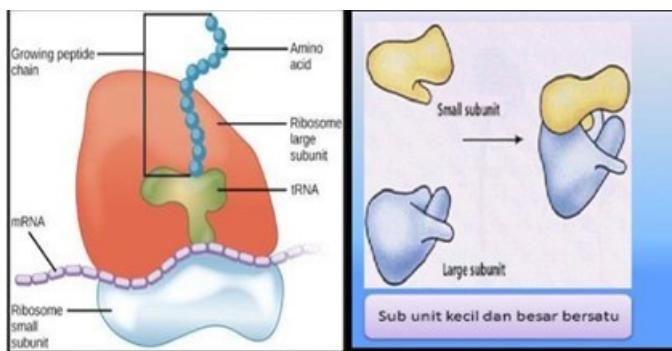
Gambar 1.7 Mitokondria

#### h. Ribosom

Ribosom berasal dari penggabungan kata "ribonucleic acid" (RNA) dan "soma" (badan).

George Emil Palade adalah ilmuwan pertama yang menggunakan mikroskop elektron untuk melakukan penelitian tentang ribosom. Ribosom memiliki ukuran yang sangat kecil, sekitar 20 – 25 nm, dan dapat ditemukan dalam sitoplasma baik secara bebas maupun terikat pada retikulum endoplasma.

Ribosom merupakan organel tanpa membran yang mengandung untai RNA dan berbagai jenis protein, serta mengandung karbohidrat, sedikit lemak, dan mineral. Struktur ribosom terdiri dari dua bagian utama, yaitu subunit kecil dan subunit besar. Kedua subunit ini bergabung saat ribosom siap untuk memulai sintesis protein baru. Subunit kecil, yang disebut "40S" dalam sel eukariotik dan "30S" dalam sel prokariotik, berfungsi untuk membawa informasi selama proses sintesis protein. Subunit besar, disebut "60S" dalam sel eukariotik dan "50S" dalam sel prokariotik, merupakan tempat terjadinya pengikatan asam amino untuk membentuk rantai polipeptida baru. Fungsi utama ribosom adalah sebagai tempat terjadinya sintesis protein, di mana asam amino digabungkan untuk membentuk polipeptida.



Gambar 1.8 Ribosom

i. Plastida

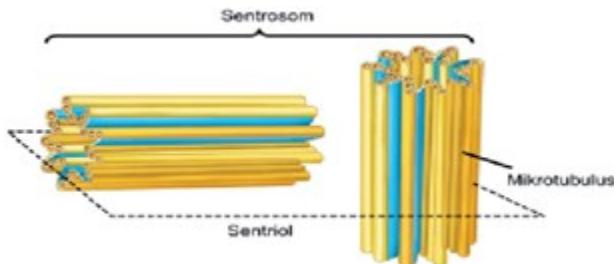
Plastida merupakan organel yang khas pada sel tumbuhan. Organel ini tersebar di sitoplasma sel

tumbuhan dan mudah terlihat di bawah mikroskop sederhana. Plastida memiliki variasi ukuran, bentuk, dan pigmentasi yang beragam. Pada sel-sel tumbuhan berbunga, plastida biasanya berbentuk lempengan kecil yang bikonveks.

j. Sentrosom dan Sentriol

Sentrosom dan sentriol adalah dua bagian penting dari sel hewan yang berperan dalam pembelahan sel. Sentrosom adalah sebuah organel sel yang terdiri dari dua sentriol yang tersusun secara tegak lurus satu sama lain. Sentriol-sentriol ini terletak dalam sebuah struktur amorf yang mengandung lebih dari 100 jenis protein yang berbeda. Sentrosom biasanya terletak dekat dengan nukleus di dalam sitoplasma sel.

Sentriol terdiri dari sembilan triplet mikrotubulus, di mana setiap triplet terdiri dari tiga mikrotubulus. Strukturnya menyerupai silinder dan berperan dalam memindahkan kromosom saat sel membelah. Jenis-jenis mikrotubulus yang ada di sentriol termasuk centrin, cenexin, dan tektin. Sentriol membentuk aster dan benang-benang spindel yang mengatur orientasi gerakan kromosom serta bertanggung jawab dalam menarik kromosom ke kutub-kutub berlawanan selama pembelahan sel.



Gambar 1.9 Sentrosom dan Sentriol

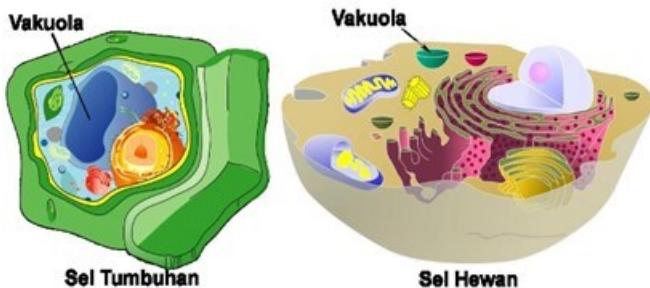
## k. Bahan Mikro

Mikrobodi Merupakan organel sel dengan struktur yang mirip lisosom, berbentuk bulat dengan diameter sekitar 0,2 hingga 2  $\mu\text{m}$ , dan dilapisi oleh membran. Terdapat dua jenis mikrobodi, yaitu peroksisom dan glioksisom. Peroksisom terdapat pada sel hewan dan tumbuhan, sedangkan glioksisom hanya ditemukan pada sel tumbuhan. Mikrobodi mengandung enzim katalase dan oksidase yang berperan dalam berbagai reaksi biokimia dalam sel. Mikrobodi memfasilitasi pemecahan lemak, alkohol, dan asam amino.

### 1. Vakuola

Vakuola adalah komponen sel yang ditemukan pada sel tumbuhan dan hewan. Pada sel tumbuhan, vakuola selalu ada, dengan semua jenis tumbuhan memilikiknya. Sebaliknya, tidak semua sel hewan memiliki vakuola, dan jika ada, ukurannya jauh lebih kecil dibandingkan dengan vakuola pada sel tumbuhan. Ukuran vakuola pada sel tumbuhan bergantung pada usia sel; semakin dewasa sel, semakin besar ukuran vakuolanya, dan kehadirannya bersifat permanen selama sel tumbuhan hidup.

Pada sel tumbuhan, vakuola biasanya berukuran besar dan hampir memenuhi seluruh isi sitoplasma pada sel dewasa. Organel ini dilapisi oleh membran tunggal yang disebut tonoplas. Di dalam tonoplas terdapat cairan yang dikenal sebagai getah sel, yang sebagian besar terdiri dari air dan zat-zat terlarut lainnya, tergantung jenis tumbuhannya. Zat-zat terlarut ini dapat berupa garam mineral, sukrosa, enzim, alkaloid, basa, dan asam. Sel yang masih muda biasanya memiliki banyak vakuola kecil yang akan bergabung membentuk satu vakuola tunggal seiring perkembangan sel tersebut. Vakuola pada sel tumbuhan dan hewan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1.10 Vakuola pada sel tumbuhan dan hewan

Fungsi vakuola pada tumbuhan sangat beragam. Vakuola berperan sebagai osmoregulator yang menjaga nilai osmotik sel (tekanan turgor sel), tempat penyimpanan bahan-bahan tertentu, serta sebagai tempat degradasi organel-organel sel yang telah tua atau rusak. Tekanan turgor sel, yang dipengaruhi oleh kandungan air di dalam vakuola, mempengaruhi kondisi tegang atau kendurnya sel. Tekanan turgor tinggi membuat sel tegang, sementara tekanan turgor rendah membuat sel kendur dan dapat menyebabkan layunya tumbuhan.

Vakuola juga berperan sebagai wadah untuk menyimpan sisa-sisa metabolisme (metabolit sekunder) pada sel tumbuhan. Hasil-hasil metabolisme sekunder tumbuhan seperti nikotin dan alkaloid akan disimpan dalam vakuola agar tidak menjadi racun yang dapat membahayakan sel itu sendiri. Selain itu, vakuola berperan penting dalam degradasi organel atau komponen sel yang sudah tua atau rusak. Ini karena vakuola mengandung enzim hidrolitik yang dapat melisis atau menghancurkan organel atau komponen sel yang sudah tidak berfungsi dengan baik, serupa dengan peran lisosom pada sel hewan.

## **Daftar Pustaka**

- Adl SM, Simpson AG, Lane CE, et al. The revised classification of eukaryotes. *J Eukaryot Microbiol.* 2012; 59:429-493.
- Bruce Alberts et al. (2014). Essential cell biology Fourth edition. New York : Garland Science
- Butterfield NJ. Early evolution of the eukaryota. *Palaeontology.* 2015; 58:5-17
- Campbell, NA., Reece, JB., Mitchel, LG. (2009). Biology volume 1. Benjamin Cummings, United Statesse america
- Michael H. Ross, Wojciech Pawlina. 6th ed. 2011. Histology: a text and atlas: with correlated cell and molecular biology; Philadelphia: Wolter kluwer
- Tortora, Gerard J. and Derrickson, Bryan. (2009). PRINCIPLES OF ANATOMY AND PHYSIOLOGY : Amerika: JohannWiley
- Pollard, Thomas D; Earnshaw, William C; Lippincott-Schwartz, Jennifer; Graham T. Johnson. (2017). Cell Biology Third edition. Philadelphia. Elsevier Book Aid international.
- Susilawati, Bakhtiar N. (2018). Biologi Dasar Terintegrasi. Pekan Baru. Kreasi Edukasi.

## **Profil Penulis**



### **Raudatul Jannah, S. Pd., M. Imun.**

Penulis di lahirkan di Mamben Daya pada tanggal 25 desember 1987. Ketertarikan penulis terhadap Biologi dimulai sejak tahun 2006. Pada Tahun 2007 penulis memilih untuk masuk jurusan IPA di MA Nurul Hakim Kediri, Lombok Barat dan berhasil lulus tahun 2007. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi dan berhasil menyelesaikan studi S1 di Prodi IPA Biologi di Universitas Islam Negeri Mataram pada tahun 2012. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang pendidikan S2 Imunologi di universitas Airlangga. Penulis memiliki kepakaran di bidang Imunologi. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi D3 Kebidanan STIKES YARSI Mataram. Dan untuk mewujudkan karir sebagai dosen professional, penulis juga aktif melakukan penelitian yang di danai oleh internal perguruan tinggi, Kemendikbud ristekdikti dan LPDP. Sehari-harinya bekerja sebagai dosen pengampu mata kuliah ilmu bioemedik dasar, ilmu dasar keperawatan dan sistem imun dalam mata kuliah biologi reproduksi. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan book chapter.

Email Penulis: raudatul.unsun.10desember2017@gmail.com



---

## KONSEP GENETIKA

**Ns. Pipin Yunus, S.Kep., M.Kep.**

Universitas Muhammadiyah Gorontalo

### **Pengertian dan Ruang Lingkup Genetika**

Genetika adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari pewarisan sifat dan variasi genetik pada makhluk hidup. Genetika mencakup studi tentang struktur dan fungsi gen, pewarisan sifat dari generasi ke generasi, serta peran gen dalam pengaturan proses biologis. Ilmu ini juga melibatkan penyelidikan tentang bagaimana mutasi, rekombinasi genetik, dan regulasi ekspresi genetik mempengaruhi organisme (Dani Prastiwi dkk, 2023).

Hal ini didasari oleh hasil penelitian Gregor Johann Mendel, "bapak genetika" berkebangsaan Jerman pencetus pola pewarisan sifat. Konsep genetika berkembang semakin luas mengarah ke genetika molekuler sejak ditemukan gen dan kromosom. Genetika molekuler menganalisis unit keturunan (gen) dan perubahan pengaturan dari berbagai fungsi fisiologis yang membentuk karakter organisme. Genetika telah banyak membawa manfaat di bidang pertanian, peternakan, industri farmasi, hukum, kesehatan dan kedokteran. Beberapa penyakit yang diturunkan saat ini telah berhasil didiagnosis, dicegah dan bahkan diupayakan pengobatannya. Selain itu genom manusia dapat digunakan untuk memprediksi kemungkinan seseorang mengalami kanker serviks, kanker payudara dll dengan melakukan analisa terhadap gen-gen yang dimiliki seseorang (Watson, J.D., & Crick, F.H.C. (1953).

## **Gen, Alel, Lokus dan Kromosom**

### 1. Gen

- a. Gen adalah unit dasar pewarisan sifat pada makhluk hidup.
- b. Gen terdiri dari sekuens DNA yang mengandung informasi genetik yang diwariskan dari generasi ke generasi.
- c. Gen mengodekan instruksi untuk sintesis protein tertentu, yang berperan dalam mengatur fungsi dan struktur organisme.

### 2. Alel

- a. Alel adalah variasi alternatif dari suatu gen yang terletak pada lokus yang sama pada kromosom homolog.
- b. Setiap individu memiliki dua alel untuk setiap gen, satu alel diwarisi dari ibu dan satu alel diwarisi dari ayah.
- c. Alel yang sama akan menghasilkan fenotip yang sama, sedangkan alel yang berbeda dapat menghasilkan fenotip yang berbeda.

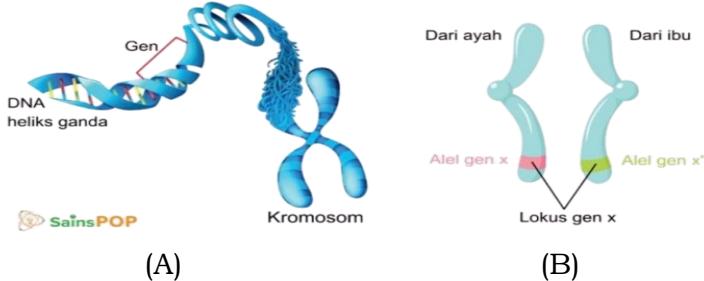
### 3. Locus

- a. Locus adalah lokasi fisik yang terletak pada kromosom di mana gen atau alel tertentu berada.
- b. Setiap gen memiliki lokus spesifik pada kromosom, dan lokus ini memungkinkan identifikasi dan pemetaan gen pada kromosom.
- c. Misalnya, gen yang mengodekan warna mata manusia memiliki lokus pada kromosom 15.

### 4. Kromosom

- a. Kromosom adalah struktur yang terdiri dari DNA dan protein yang membawa informasi genetik dalam sel.
- b. Kromosom terdapat dalam inti sel dan terdiri dari dua kromatid yang terhubung oleh sentromer.

- c. Manusia memiliki 46 kromosom dalam sel somatik, yang terdiri dari 22 pasang kromosom autosom dan satu pasang kromosom seks (XX pada wanita, XY pada pria)



Gambar 2.1 Hubungan DNA, gen dan kromosom (A)  
dan Struktur kromosom homolog (B)  
(Sumber: Norma Fariz,2023)

Manusia memiliki 46 kromosom (diploid) yang tersusun dalam 23 pasangan homolog. Salah satunya berasal dari sel telur (maternal) dan pasangannya berasal dari sel sperma (paternal). Letak suatu gen pada suatu berkas kromosom disebut dengan lokus gen. Gen-gen yang terletak pada lokus yang bersesuaian dari pasangan kromosom homolog, tetapi memiliki pengaruh dalam cara yang berbeda disebut dengan alel. Contoh: gen x sealel dengan x' atau gen A sealel dengan a. Gen x dari ayah menghasilkan pigmentasi kulit, sedangkan gen x' dari ibu tidak menghasilkan atau sedikit pigmentasi kulit. Ini menunjukkan kedua gen tersebut bekerja berlawanan, tetapi memiliki tugas yang sama yaitu mengatur pigmentasi kulit (Gambar 2.1.B.).

Gen sealel diberi simbol huruf sama, tetapi dibedakan dengan huruf besar dan kecil atau diberi tanda lainnya. Jika pasangan merupakan heterozigot (misal: Aa), huruf besar menunjukkan dominan, huruf kecil menunjukkan resesif. Jika pasangan alel merupakan homozigot maka diberi simbol yang sama. Perbedaan alel pada tiap lokus kromosom menimbulkan perbedaan fenotip pada suatu spesies. Fenotip merupakan ekspresi dari gen yang dimilikinya, sebagai tampilan atau sifat yang dapat diamati seperti warna kulit, bentuk hidung, warna bunga,

bentuk biji. Susunan genetik yang menentukan fenotip (dapat disimbolkan dengan pasangan huruf contoh: Bb, Bb, bb) disebut dengan genotip. Contoh: Gen B menyebabkan individu secara fisik berhidung mancung, berambut ikal, berbiji bulat, berwarna hijau dll. Fenotip selain dipengaruhi oleh dominansi atau keresesifan alel juga melibatkan pola pewarisan.

## **Struktur dan Fungsi DNA**

Deoxyribonucleic Acid (DNA) adalah molekul kompleks yang menyimpan informasi genetik yang dibutuhkan untuk perkembangan, fungsi, pertumbuhan, dan reproduksi semua organisme hidup dan banyak virus. Berikut adalah penjelasan lengkap mengenai struktur dan fungsi DNA.

### **Struktur DNA dan Komponen Dasar DNA**

DNA adalah polimer yang terdiri dari unit-unit berulang yang disebut nukleotida. Setiap nukleotida terdiri dari tiga komponen:

1. Basa Nitrogen: Ada empat jenis basa nitrogen dalam DNA: adenin (A), timin (T), sitosin (C), dan guanin (G).
2. Gula Deoksiribosa: Gula lima karbon yang disebut deoksiribosa.
3. Gugus Fosfat: Menghubungkan gula dari satu nukleotida dengan gula dari nukleotida berikutnya, membentuk tulang punggung fosfat-deoksiribosa.

### **Penggulungan dan Pengemasan DNA**

Dalam sel eukariotik, DNA berinteraksi dengan protein yang disebut histon untuk membentuk struktur yang lebih kompleks yang dikenal sebagai kromatin. Kromatin lebih lanjut dipadatkan menjadi kromosom selama pembelahan sel.

1. Nukleosom: Unit dasar kromatin yang terdiri dari segmen DNA yang melilit sekitar delapan molekul histon.

2. Solenoid: Struktur lebih lanjut dari nukleosom yang terorganisir menjadi bentuk lebih kompak.
2. Kromosom: Struktur paling padat yang terlihat selama pembelahan sel, di mana DNA sudah sangat terorganisir dan terkompresi.

## **Fungsi DNA**

### **Penyimpanan Informasi Genetik**

DNA menyimpan informasi genetik dalam urutan basa-basa nitrogennya. Gen, unit dasar informasi genetik, adalah segmen DNA yang mengkode protein atau molekul RNA yang memiliki fungsi tertentu dalam sel (Strachan, T., & Read, A.P. 2018).

### **Replikasi DNA**

Replikasi adalah proses yang memungkinkan DNA untuk menggandakan dirinya sebelum pembelahan sel. Proses ini memastikan bahwa setiap sel anak menerima salinan lengkap dari informasi genetik.

1. Inisiasi: Enzim helikase membuka heliks ganda DNA, membentuk struktur yang disebut sebagai "replication fork."
2. Elongasi: DNA polimerase menambahkan nukleotida komplementer ke setiap untai DNA yang terbuka, memproduksi dua molekul DNA baru.
2. Terminasi: Proses replikasi berakhir ketika seluruh molekul DNA telah direplikasi sepenuhnya.

### **Ekspresi Gen**

Ekspresi gen melibatkan dua proses utama: transkripsi dan translasi.

1. Transkripsi: Informasi dari DNA ditranskripsikan menjadi RNA oleh enzim RNA polimerase. Pada sel eukariotik, mRNA (messenger RNA) yang dihasilkan sering kali mengalami pemrosesan lebih lanjut sebelum diterjemahkan.

- Translasi: mRNA dibaca oleh ribosom untuk mensintesis protein. Kodon pada mRNA, setiap tiga basa, menentukan asam amino spesifik yang ditambahkan ke rantai polipeptida yang sedang tumbuh.

## **Regulasi Genetik**

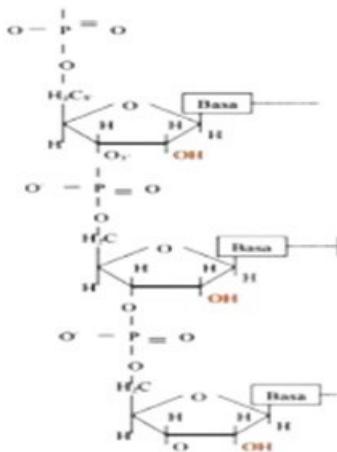
Fungsi DNA juga termasuk regulasi ekspresi gen, di mana sel mengontrol kapan, bagaimana, dan dalam jumlah berapa gen tertentu diekspresikan. Regulasi ini memungkinkan sel untuk merespons perubahan lingkungan dan untuk diferensiasi selama perkembangan organisme.( Strachan, T., & Read, A.P. 2018)

- Regulasi Transkripsional: Melibatkan faktor transkripsi yang mengaktifkan atau menekan transkripsi gen.
- Regulasi Post-Transkripsional: Melibatkan pemrosesan mRNA, seperti splicing alternatif, yang dapat menghasilkan variasi protein dari satu gen.
- Regulasi Translasi: Pengendalian seberapa cepat dan dalam jumlah berapa mRNA diterjemahkan menjadi protein.
- Regulasi Post-Translasi: Modifikasi protein setelah sintesis, seperti fosforilasi, yang dapat mempengaruhi aktivitas dan fungsi protein.

## **Struktur RNA**

Gen pada semua organisme prokariot dan eukariot terbuat dari DNA. Pada virus gen terbuat dari DNA atau RNA (asam ribonukleat). RNA, seperti halnya DNA, merupakan polimer panjang tidak bercabang yang terdiri dari nukleotidanukleotida yang bersambung dengan ikatan 3' 5' fosfodiester. Struktur kovalen RNA berbeda dengan DNA dalam dua hal. Sebagaimana terbaca dari namanya, unit-unit gula dalam RNA berupa ribose bukan deoksiribosa. Ribosa mengandung sebuah gugus 2'-hidroksil yang tidak terdapat deoksiribosa. Perbedaan yang lain ialah bahwa satu dari keempat basa utama

dalam RNA adalah urasil (U) yang menggantikan timin (T). Urasil, seperti timin, dapat membentuk pasangan basa dengan adenin, tetapi tidak mengandung gugus metil yang terdapat dalam timin. Molekul RNA dapat berbentuk seperti gambar dibawah ini. Struktur bagian dari suatu untai tunggal atau untai ganda (Mega ariyanti dkk, 2022).



Gambar 2.2 RNA

RNA tidak dapat membentuk heliks ganda tipe B-DNA karena interferensi steril oleh gugus 2'-hidroksil pada unit-unit ribosanya. Akan tetapi, RNA dapat membentuk modifikasi heliks ganda dan pasanganpasangan basanya menjauh membuat sudut sekitar  $20^\circ$  lebih besar dari garis tegak lurus dengan sumbu heliks, suatu struktur yang mirip dengan A- DNA. RNA menyusun 5-10% dari berat kering sel. Pada dasarnya, terdapat dua kelompok utama RNA yang menyusun makhluk hidup, yaitu RNA genetik dan RNA nongenetik. Perbedaan kedua RNA tersebut adalah sebagai berikut:

### 1. RNA genetik

RNA genetik memiliki fungsi yang sama dengan DNA. yakni merupakan molekul genetik yang secara keseluruhan bertanggung jawab dalam membawa segala materi genetis, seperti yang dimiliki oleh DNA. Dengan kata lain, RNA ini berfungsi sebagai DNA. RNA

genetik ini hanya dimiliki oleh makhluk hidup tertentu yang tidak memiliki DNA, seperti pada beberapa jenis virus.

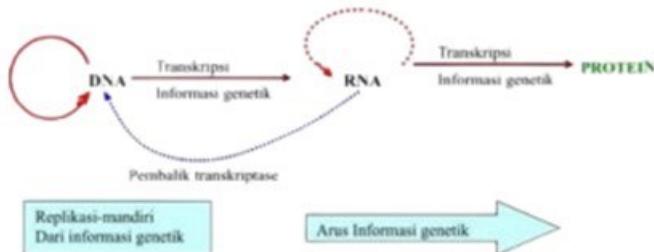
## 2. RNA nongenetik

RNA nongenetik merupakan RNA yang tidak berperan sebagai DNA. RNA nongenetik dimiliki oleh makhluk hidup yang materi genetiknya diatur oleh DNA. Pada makhluk hidup kelompok ini, di dalam selnya terdapat DNA dan RNA. Berdasarkan letak serta fungsinya, RNA non-genetik dibedakan menjadi tiga macam, yakni RNA duta, RNA ribosom, dan RNA transfer.

- a. RNA duta atau "messenger RNA" (mRNA) merupakan asam nukleat yang berbentuk pita tunggal dan merupakan RNA terbesar atau terpanjang yang bertindak sebagai pola cetakan pembentuk polipeptida. Fungsi utama mRNA adalah membawa kode-kode genetik dari DNA ke ribosom. mRNA juga berfungsi sebagai cetakan dalam sintesis protein.
- b. RNA transfer (tRNA) merupakan RNA terpendek yang bertindak sebagai penerjemah kodon dari mRNA. Selain itu, tRNA berfungsi mengikat asam-asam amino yang akan disusun menjadi protein dan mengangkutnya ke ribosom. Pada tRNA terdapat bagian yang berhubungan dengan kodon yang disebut antikodon dan bagian yang berfungsi sebagai pengikat asam amino.
- c. RNA ribosom (rRNA) merupakan RNA dengan jumlah terbanyak dan penyusun ribosom. RNA ini berupa pita tunggal, tidak bercabang, dan fleksibel. Lebih dari 80% RNA merupakan rRNA. Fungsi rRNA sampai sekarang masih belum banyak diketahui, tetapi diduga memiliki peranan penting dalam proses sintesis protein.

Peranan DNA dan RNA pada pewarisan informasi genetik dari satu bentuk simpanan menjadi struktur primer akhir dari suatu molekul protein, seperti tampak pada gambar

dibawah ini. Pada gambar tersebut dijelaskan bahwa anak panah menggambarkan arah arus informasi genetic. Garis terputus-putus menunjukkan keadaan-keadaan khusus yang menyimpang dari bagan ini.



Gambar 2.3 Replika, Transkripsi dan Translasi

Tiga proses utama terlihat pada gambar diatas, yaitu replikasi, transkripsi, dan translasi (Rosana, 2009):

1. Replikasi menyangkut perangkaian secara linier satuan-satuan monomer DNA untuk membentuk replikat atau kopi yang tepat dari rangkaian struktur DNA yang lama. Proses ini memungkinkan pembentukan dua molekul anak DNA selama pembelahan sel, masing-masing satu kopi yang tepat dari induk DNA.
2. Transkripsi menyangkut perangkaian secara linier satuan-satuan monomer RNA atau ribo-nukleotida, dengan menggunakan suatu bagian khas yang kecil (gene) dari urutan DNA sebagai model. Molekul RNA tidak saja menyediakan cetakan kerja bagi biosintesis protein, tetapi juga bekerja sebagai pembawa istimewa untuk asam amino serta juga memperlengkapi tempat tautan di mana sintesis protein akan berlangsung.
3. Translasi meliputi perangkaian secara linier monomer-monomer asam amino, dengan menggunakan satu jenis khas RNA sebagai cetakan dan jenis khas RNA lain sebagai pembawa dan pengubah asam amino. Ini sesuai dengan proses yang sesungguhnya dalam sintesis protein.

## **Pola Pewarisan Model**

Genetika yang telah tumbuh dan berkembang saat ini bermula dari temuan hasil percobaan Gregor Johann Mendel pada 1966. Mendel melakukan percobaan menggunakan tanaman kacang ercis (*Pisum sativum*). Mendel mencoba menyilangkan tanaman ercis dengan satu sifat beda yaitu tanaman berbiji bulat dengan tanaman berbiji keriput yang didapat dari galur murni (hasil pernyerbukan berulang kali yang tetap menghasilkan ercis berbiji bulat ataupun berbiji keriput setelah beberapa keturunan). Tanaman ini kemudian dijadikan sebagai parental (P). Hasil persilangan ercis berbiji bulat dengan ercis berbiji keriput diperoleh keturunan pertama/filial ke-1 (F1) secara fenotip berbiji bulat dengan genotip  $Bb$ .

Mendel menyimpulkan bahwa sifat bulat ini mengalahkan sifat keriput dari biji ercis atau dikatakan gen bulat ( $B$ ) dominan terhadap gen keriput ( $b$ ) karena gen  $B$  akan menutupi ekspresi gen  $b$  jika keduanya terdapat bersama-sama dalam satu individu ( $Bb$ ). Sebaliknya, gen resesif adalah gen yang ekspresinya ditutupi oleh ekspresi gen lainnya. Gamet yang bergenotip  $B$  dan  $b$  masing-masing dihasilkan dalam jumlah yang sama. Hal ini terjadi karena pada saat pembentukan sel kelamin (gamet), pasangan gen  $Bb$  yang merupakan induk akan berpisah sehingga masing-masing sel kelamin yang terbentuk memperoleh satu gen saja yaitu  $B$  atau  $b$ . Peristiwa pemisahan disebut sebagai hukum segregasi atau hukum mendel 1.

## **Penyimpangan Semu Hukum Mendel**

Hasil persilangan Mendel tidak selalu menghasilkan perbandingan individu yang tepat, misal pada persilangan dihibrid seharusnya 9:3:3:1 tetapi yang muncul adalah 12:3:1 atau 15:1. Hal ini terjadi karena interaksi atau adanya beberapa gen yang saling mempengaruhi. Meskipun demikian penyimpangan tersebut tetap mengikuti aturan hukum Mendel sehingga disebut penyimpangan semu hukum mendel.

1. Kriptomeri adalah gen dominan yang tidak menampakkan pengaruhnya jika berdiri sendiri tanpa pengaruh gen dominan lain. Kriptomeri memiliki ciri khas yaitu ada karakter baru muncul bila ada 2 gen dominan bukan alel berada bersama. Contoh pada persilangan bunga Linaria maroccana berwarna merah (AAbb) dengan bunga putih (aaBB) menghasilkan keturunan F1 berwarna ungu. Hasil persilangan F1 dengan F1 lainnya diperoleh F2 dengan rasio ungu: merah: putih = 9:3:4. Berdasarkan dua ciri, pembentukan antosianin dan derajat keasaman sitoplasma menyebabkan fenotip bunga warna ungu tersembunyi. Warna ungu akan tampak jika kedua gen dominan muncul. Karena itulah peristiwa ini disebut kriptomeri (kriptos tersembunyi). Bunga warna merah disebabkan oleh kehadiran antosianin pada kondisi sel yang asam. Jika hadir dalam kondisi basa akan dihasilkan bunga warna ungu. Bunga tanpa antosianin akan tetap berwarna putih baik pada kondisi asam atau basa. Perbandingan fenotip F2 9:3:4 terlihat tidak sesuai dengan perbandingan fenotip dihibrid menurut Mendel. Perbandingan tersebut hanyalah modifikasi dari hukum Mendel yaitu 9:3:(3+1).
2. Polimeri Polimeri merupakan persilangan heterozigot dengan banyak sifat beda yang berdiri sendiri, tetapi mempengaruhi bagian yang sama dari suatu organisme. Polimeri memiliki ciri-ciri semakin banyak gen dominan, maka sifat karakternya semakin kuat. Contoh: persilangan gandum berbiji merah dengan berbiji putih menghasilkan keturunan F1 berwarna merah dan F2 dengan rasio fenotip merah: putih = (9:3:3):1 atau 15:1. Warna merah dihasilkan oleh gen dominan yang terkandung dalam kulit biji gandum baik M1 maupun M2. Warna merah yang dihasilkan sebenarnya bervariasi, ada yang merah tua, merah sedang, merah muda hingga mendekati putih. Semakin banyak gen dominan yang menyusunnya, semakin merah warna kulit biji gandum tersebut.

3. Komplementer Gen-gen komplementer merupakan interaksi antara gen-gen dominan yang berbeda, sehingga saling melengkapi. Jika kedua gen tersebut terdapat bersama-sama dalam genotip, maka akan saling membantu dalam menentukan fenotip. Jika salah satu gen tidak ada, maka pemunculan fenotip menjadi terhalang. Contoh: persilangan bunga *Lathyrus odoratus* yang memiliki dua gen saling berinteraksi dalam memunculkan warna bunga, yakni gen yang mengontrol munculnya bahan pigmen (C) dan gen yang mengaktifkan bahan tersebut (P). Jika salah satu gen tidak ada (misal hanya ada gen p atau c) maka pemunculan fenotip warna ungu menjadi terhalang dan akan menghasilkan bunga tanpa pigmen (putih). Hasil persilangan bunga *Lathyrus odoratus* berwarna putih dengan putih menghasilkan F1 berwarna ungu dan F2 dengan rasio fenotip ungu:putih = 9:7.
4. Epistasis dan Hipostasis Epistasis adalah pasangan gen yang menutupi atau mengalahkan ekspresi gen lain yang terletak pada lokus berbeda. Hipostasis adalah gen yang tertutupi oleh sebuah atau pasangan gen lain yang terletak pada lokus berbeda. Pasangan gen yang menutupi sifat lain tersebut dapat berupa gen resesif maupun gen dominan. Contoh: persilangan gandum berkulit hitam (HHkk) dengan berkulit kuning (hhKK) menghasilkan keturunan F1= 100% hitam. F2 = hitam: kuning: putih = 12:3:1. Pada persilangan ini setiap kemunculan gen H dominan maka fenotip yang dihasilkan otomatis adalah biji hitam. Warna biji kuning hanya akan muncul jika gen dominan K bertemu dengan gen resesif h, sedangkan warna putih muncul karena interaksi sesama gen resesif.

## **Daftar Pustaka**

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2014). Molecular Biology of the Cell. Garland Science.
- Dani Prastiwi dkk, (2023). Pengantar Biomedik. PT. Sonpedia Publishing Indonesia
- Mega Ariyanti dkk,(2022) ,Ilmu Biomedik Dasar. Uais Inspirasi Indonesia
- Pierce, B.A. (2017). Genetics: A Conceptual Approach. W.H. Freeman.
- Strachan, T., & Read, A.P. (2018). Human Molecular Genetics. Garland Science.
- Watson, J.D., & Crick, F.H.C. (1953). Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid. Nature, 171(4356), 737-738.

## **Profil Penulis**



### **Ns. Pipin Yunus, S.Kep., M.Kep.**

Penulis di lahirkan di Isimu Selatan pada tanggal 05 Mei 1985. Penulis merupakan anak ke 4 dari 4 bersaudara. Penulis menempuh Pendidikan di SDN Inpres II Lanud1997, SMP N 1 Tibawa 2000, SMU N 1 Tibawa 2003, S1 keperawatan 2008, Profesi Ners Universitas Indonesia Timur 2009, Magister Keperawatan Universitas Muhammadiyah Jakarta 2017. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi S1 Keperawatan Universitas Muhammadiyah Gorontalo. Penulis pernah menjabat sebagai Wakil Dekan bidang Akademik dan Kemahasiswaan Periode 2014-2020 di Fakultas Ilmu Kesehatan. Penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi profesi yaitu PPNI kabupaten Gorontalo dan PMI. Saat ini penulis aktif sebagai dosen pengampuh mata kuliah keperawatan Gawat Darurat dan Keperawatan Bencana serta sebagai penanggungjawab Departemen Keperawatan Gawat Darurat Dan Kritis.. selain itu penulis aktif melakukan penelitian yang didanai oleh internal perguruan tinggi dan juga Kemenristek DIKTI serta aktif dalam menulis jurnal penelitian dan pengabdian Masyarakat.

Email Penulis: pipinyunus@umgo.ac.id

# PRINSIP-PRINSIP BIOKIMIA DALAM TUBUH MANUSIA

I Putu Bayu Agus Saputra, S.Si., M.Si.

Universitas Islam Al-Azhar

## Pendahuluan

Biokimia merupakan cabang ilmu yang mempelajari proses kimiawi dalam organisme hidup, dengan fokus khusus pada interaksi biomolekul yang memungkinkan kehidupan. Prinsip-prinsip biokimia di dalam tubuh manusia mencakup pemahaman mendalam tentang struktur dan fungsi biomolekul seperti karbohidrat, protein, lipid, dan asam nukleat, dimana semuanya berperan penting dalam mendukung kehidupan. Karbohidrat merupakan sumber energi utama, dengan glukosa sebagai bahan bakar esensial bagi otak dan otot. Protein merupakan senyawa tersusun dari berbagai asam amino dan memiliki peran penting hampir setiap proses biologis, termasuk enzimatik, hormonal, dan struktural. Lipid didalam tubuh memiliki fungsi sebagai penyimpan energi dan komponen struktural membran sel, sementara asam nukleat seperti DNA dan RNA menyimpan dan mentransmisikan informasi genetik (Murray et al., 2009).

Enzim merupakan protein katalis yang berperan untuk mempercepat laju reaksi kimia tanpa perubahan permanen pada enzim tersebut, dan aktivitasnya dipengaruhi oleh faktor seperti suhu, pH, dan konsentrasi substrat. Inhibitor enzim dapat mengganggu aktivitas enzim, dengan mekanisme kompetitif, non-kompetitif, atau allosterik. Mekanisme metabolisme mencakup

semua reaksi kimia dalam tubuh, dibagi menjadi anabolisme dan katabolisme. Jalur metabolismik seperti siklus Krebs dan fosforilasi oksidatif menghasilkan ATP, molekul energi utama, dari glukosa dan asam lemak (Pollard, Earnshaw, Lippincott-Schwartz, & Johnson, 2022).

Glikolisis merupakan mekanisme memecah glukosa menjadi piruvat, sementara glukoneogenesis membentuk glukosa dari prekursor non-karbohidrat penting selama kondisi puasa. Regulasi biokimia juga diatur oleh hormon yang berfungsi sebagai sinyal kimiawi, mengendalikan proses metabolisme, pertumbuhan, dan reproduksi. Mekanisme feedforward dan feedback mengatur aktivitas biokimia, mencegah perubahan drastis dalam tubuh. Regulasi allosterik memungkinkan pengendalian cepat dan halus terhadap aktivitas enzim sesuai kebutuhan sel. Pemahaman mendalam tentang prinsip-prinsip biokimia dapat membantu mengerti bagaimana tubuh bekerja, bagaimana gangguan dapat terjadi, dan bagaimana intervensi medis dapat meningkatkan kesehatan serta mengatasi penyakit (Rodwell, Bender, & Botham, 2018).

Prinsip dasar biokimia dapat memberikan landasan yang penting bagi kemajuan dalam bidang kedokteran dan bioteknologi, memungkinkan pengembangan terapi dan obat-obatan yang lebih efektif dan spesifik. Proses biokimia yang kompleks merupakan dasar dari homeostasis, menjaga keseimbangan internal tubuh meskipun ada perubahan lingkungan eksternal. Dengan mempelajari prinsip-prinsip biokimia dapat menambah wawasan mendalam tentang fungsi normal tubuh serta mekanisme penyakit, yang berkontribusi pada peningkatan kualitas hidup manusia. Prinsip-prinsip ini juga mencakup interaksi antar molekul dan bagaimana molekul tersebut membentuk jaringan dan organ yang bekerja secara sinergis untuk mempertahankan kehidupan.

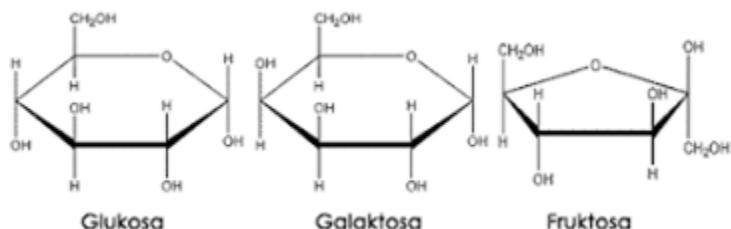
## **Struktur dan Fungsi Biomolekul**

Struktur dan fungsi biomolekul biokimia dalam tubuh manusia mencakup berbagai komponen penting seperti

karbohidrat, protein, lipid, dan asam nukleat, yang masing-masing memiliki peran krusial dalam mendukung kehidupan.

### 1. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan molekul yang terdiri dari unit monosakarida seperti glukosa, berfungsi sebagai sumber energi utama, menyediakan bahan bakar yang esensial bagi aktivitas otak dan otot. Polimer karbohidrat seperti glikogen menyimpan energi dalam sel hati dan otot untuk penggunaan cepat saat diperlukan. Karbohidrat merupakan salah satu makronutrien utama yang berperan vital dalam tubuh manusia sebagai sumber energi utama. Terdiri dari karbon, hidrogen, dan oksigen, karbohidrat diklasifikasikan menjadi monosakarida, disakarida, dan polisakarida. Monosakarida, seperti glukosa, fruktosa, dan galaktosa, adalah unit dasar yang mudah diserap oleh tubuh untuk menyediakan energi cepat. Disakarida, seperti sukrosa (gula meja) dan laktosa (gula dalam susu), terdiri dari dua monosakarida yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik. Polisakarida, seperti pati dan glikogen, adalah rantai panjang monosakarida yang berfungsi sebagai penyimpan energi. Pati ditemukan dalam makanan seperti biji-bijian, kentang, dan kacang-kacangan, sementara glikogen disimpan dalam hati dan otot, menyediakan cadangan energi yang dapat diakses saat diperlukan, terutama selama aktivitas fisik atau antara waktu makan.

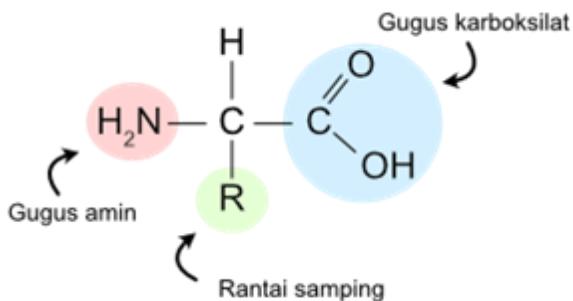


Gambar 3.1 Struktur Monosakarida

Dalam proses pencernaan, karbohidrat kompleks dipecah menjadi unit-unit monosakarida oleh enzim pencernaan di mulut, lambung, dan usus halus. Misalnya, amilase dalam saliva dan pankreas menghidrolisis pati menjadi maltosa dan glukosa. Glukosa kemudian diserap oleh vili usus dan masuk ke dalam aliran darah, di mana insulin yang dihasilkan oleh pankreas mengatur pengambilan glukosa oleh sel-sel tubuh untuk digunakan sebagai energi atau disimpan sebagai glikogen di hati dan otot. Glukosa juga dapat diubah menjadi lemak dan disimpan dalam jaringan adiposa sebagai cadangan energi jangka panjang. Ketika kadar glukosa dalam darah turun, misalnya selama puasa atau latihan intensif, glikogen dipecah kembali menjadi glukosa melalui proses glikogenolisis untuk mempertahankan kadar glukosa darah yang stabil, memastikan pasokan energi yang terus-menerus untuk fungsi otak dan otot (Marks, 2005).

## 2. Protein

Protein merupakan makronutrien esensial yang memainkan banyak peran penting dalam tubuh manusia, mulai dari struktur sel hingga fungsi biokimia. Protein dibangun dari rantai panjang asam amino, protein terdiri dari 20 asam amino yang berbeda, di mana sembilan di antaranya adalah asam amino esensial yang harus diperoleh dari diet karena tubuh tidak dapat mensintesisnya sendiri. Struktur dasar protein terdiri dari rantai polipeptida yang dilipat menjadi bentuk tiga dimensi spesifik, yang menentukan fungsinya. Protein berfungsi sebagai komponen struktural utama sel dan jaringan, termasuk keratin dalam rambut dan kuku, kolagen dalam kulit, tulang, dan jaringan ikat, serta aktin dan miosin dalam otot yang bertanggung jawab atas kontraksi dan gerakan.



Gambar 3.2 Bentuk struktur Protein

Selain fungsi struktural, protein berperan sebagai enzim, yang merupakan katalis biologis yang mempercepat reaksi kimia di dalam tubuh. Setiap enzim memiliki spesifisitas tinggi terhadap substratnya. Enzim berperan dalam berbagai proses metabolisme seperti pencernaan, sintesis DNA, dan produksi energi. Contohnya, amilase adalah enzim yang menghidrolisis pati menjadi gula sederhana, sementara DNA polimerase terlibat dalam replikasi DNA. Protein juga bertindak sebagai hormon yang mengatur berbagai fungsi fisiologis, seperti insulin yang mengatur kadar glukosa darah dan hormon pertumbuhan yang mempromosikan pertumbuhan dan perkembangan. Selain itu, protein berfungsi sebagai antibodi dalam sistem imun, yang mengenali dan menetralkan patogen seperti bakteri dan virus, serta sebagai reseptör pada permukaan sel yang memungkinkan komunikasi antar sel dan respon terhadap sinyal eksternal.

Dalam transportasi dan penyimpanan, protein juga memainkan peran penting. Hemoglobin adalah protein dalam sel darah merah yang mengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh dan mengembalikan karbon dioksida dari jaringan ke paru-paru untuk dikeluarkan. Ferritin adalah protein penyimpanan besi yang menyimpan dan melepaskan besi sesuai kebutuhan tubuh. Protein juga terlibat dalam homeostasis cairan dan keseimbangan asam-

basa melalui proses osmosis dan buffer protein yang membantu menjaga pH darah yang stabil. Kekurangan protein dalam diet dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan seperti penurunan massa otot, kelemahan, gangguan pertumbuhan pada anak-anak, dan penurunan fungsi kekebalan tubuh. Oleh karena itu, mengonsumsi cukup protein dari berbagai sumber, seperti daging, ikan, telur, susu, kacang-kacangan, dan biji-bijian, sangat penting untuk menjaga kesehatan dan fungsi tubuh yang optimal. Dengan demikian, protein tidak hanya merupakan blok bangunan dasar kehidupan tetapi juga molekul multifungsi yang mendukung hampir setiap aspek fisiologi manusia (Reece et al., 2014).

### 3. Lipid

Lipid merupakan kelompok makronutrien yang sangat penting bagi tubuh manusia, berperan dalam berbagai fungsi biologis yang krusial. Terdiri dari molekul-molekul seperti trigliserida, fosfolipid, dan sterol, lipid berfungsi sebagai penyimpan energi jangka panjang, komponen struktural membran sel, serta molekul sinyal yang mengatur berbagai proses fisiologis. Trigliserida, yang terdiri dari satu molekul gliserol yang terikat pada tiga asam lemak, trigliserida bentuk utama lemak penyimpan energi di dalam jaringan adiposa. Trigliserida dapat dipecah menjadi asam lemak bebas dan gliserol yang kemudian digunakan oleh tubuh sebagai sumber energi saat dibutuhkan, terutama selama periode puasa atau aktivitas fisik intensif. Fosfolipid, seperti fosfatidilkolin, membentuk lapisan ganda lipid pada membran sel, yang memberikan struktur dan melindungi sel dengan mengatur aliran zat-zat masuk dan keluar sel. Lapisan ganda ini juga mendukung fungsi protein membran yang terlibat dalam transportasi zat, sinyal seluler, dan adhesi sel.

Sterol, yang paling dikenal adalah kolesterol, memainkan peran kunci dalam menjaga integritas dan fluiditas membran sel serta berfungsi sebagai prekursor untuk sintesis hormon steroid, vitamin D,

dan asam empedu. Hormon steroid seperti estrogen, testosteron, dan kortisol dihasilkan dari kolesterol dan berperan dalam pengaturan metabolisme, fungsi reproduksi, dan respons stres. Asam lemak esensial, seperti omega-3 dan omega-6, tidak dapat disintesis oleh tubuh dan harus diperoleh dari makanan. Mereka penting untuk fungsi otak, pertumbuhan sel, dan produksi senyawa eikosanoid yang mengatur peradangan dan kekebalan tubuh. Selain itu, lipid juga berperan dalam insulasi dan proteksi organ dalam tubuh, membantu menjaga suhu tubuh yang stabil dan melindungi organ dari guncangan fisik.

Lipid memiliki peran dalam penyerapan vitamin yang larut dalam lemak, yaitu vitamin A, D, E, dan K, yang penting untuk berbagai fungsi tubuh termasuk penglihatan, kesehatan tulang, perlindungan antioksidan, dan pembekuan darah. Namun, keseimbangan lipid dalam diet sangat penting karena kelebihan lipid, terutama lemak jenuh dan trans, dapat menyebabkan kondisi kesehatan seperti obesitas, penyakit jantung, dan gangguan metabolisme (Reece et al., 2014).

#### 4. Asam nukleat

Asam nukleat adalah biomolekul penting yang berfungsi sebagai penyimpan dan pengirim informasi genetik dalam tubuh manusia. Terdiri dari dua jenis utama, DNA (deoxyribonucleic acid) dan RNA (ribonucleic acid), asam nukleat memainkan peran krusial dalam proses pewarisan sifat dan sintesis protein. DNA merupakan molekul yang menyimpan informasi genetik yang diperlukan untuk perkembangan, fungsi, dan reproduksi semua organisme hidup dan banyak virus. Struktur DNA adalah heliks ganda, yang terdiri dari dua untai polinukleotida yang saling melilit, dengan pasangan basa yang spesifik (adenin dengan timin, dan sitosin dengan guanin) yang menghubungkan kedua untai tersebut. Informasi yang tersimpan dalam DNA ditranskripsikan menjadi RNA melalui proses yang disebut transkripsi. RNA kemudian menerjemahkan

kode genetik ini menjadi protein dalam proses yang disebut translasi, yang berlangsung di ribosom dalam sel.

RNA memiliki beberapa tipe, yaitu mRNA (messenger RNA) yang membawa kode genetik dari DNA ke ribosom, tRNA (transfer RNA) yang mengangkut asam amino ke ribosom untuk disatukan menjadi protein, dan rRNA (ribosomal RNA) yang merupakan komponen utama ribosom itu sendiri. Selain itu, ada juga RNA non-koding yang memiliki fungsi pengaturan dan katalitik dalam sel. Asam nukleat juga terlibat dalam berbagai proses seluler lainnya seperti replikasi DNA, di mana DNA polimerase membentuk salinan DNA, memungkinkan sel untuk membelah dan memperbarui diri. Kesehatan dan fungsi sel bergantung pada integritas dan kelancaran proses yang melibatkan asam nukleat. Mutasi atau kerusakan pada DNA dapat menyebabkan penyakit genetik atau kanker, menekankan pentingnya mekanisme perbaikan DNA yang efektif dalam sel. Oleh karena itu, asam nukleat adalah molekul fundamental yang memungkinkan kehidupan dengan menyimpan, mentransmisikan, dan mengekspresikan informasi genetik (Pollard et al., 2022).

## **Enzim**

Enzim merupakan protein yang berfungsi sebagai katalis biologis, mempercepat laju reaksi kimia dalam tubuh tanpa mengalami perubahan permanen. Enzim hampir terlibat disemua proses fisiologis, termasuk pencernaan, metabolisme energi, sintesis DNA, dan reparasi sel. Setiap enzim memiliki struktur tiga dimensi unik yang menciptakan situs aktif, yang merupakan tempat substrat tertentu berikatan, memungkinkan reaksi kimia terjadi dengan efisiensi yang tinggi. Proses ini sering diilustrasikan dengan model kunci dan gembok, di mana substrat (kunci) pas dengan tepat ke dalam situs aktif enzim (gembok) (Wahyudiat, 2017) .

Enzim bekerja dengan menurunkan energi aktivasi yang diperlukan untuk memulai reaksi, sehingga mempercepat

laju reaksi yang sebaliknya akan berlangsung lambat atau tidak terjadi sama sekali. Aktivitas enzim dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu, pH, dan konsentrasi substrat, dengan kondisi optimal bervariasi untuk setiap enzim. Enzim juga dapat diatur oleh inhibitor yang mengurangi aktivitasnya, atau oleh aktivator yang meningkatkannya. Misalnya, enzim amilase dalam saliva dan pankreas menghidrolisis pati menjadi gula sederhana, sementara enzim DNA polimerase terlibat dalam replikasi DNA, memastikan informasi genetik diteruskan selama pembelahan sel (Jenie & Meiyanto, 2021).

Enzim terlibat dalam mekanisme pengaturan dan pengendalian proses biokimia melalui jalur metabolismik yang kompleks, di mana produk satu reaksi menjadi substrat untuk reaksi berikutnya. Keberadaan enzim sangat penting untuk homeostasis tubuh, memastikan bahwa reaksi biokimia terjadi pada kecepatan yang tepat untuk mendukung fungsi hidup yang normal. Tanpa enzim, reaksi kimia dalam tubuh akan berlangsung terlalu lambat untuk mendukung kehidupan. Oleh karena itu, enzim adalah molekul vital yang memungkinkan dan mengatur kehidupan (Nelson, Lehninger, & Cox, 2008).

## **Metabolisme**

Metabolisme merupakan serangkaian proses biokimia yang terjadi dalam tubuh manusia untuk mempertahankan kehidupan, melibatkan dua jalur utama: anabolisme dan katabolisme. Anabolisme adalah proses konstruktif yang membangun molekul kompleks dari molekul sederhana, seperti sintesis protein dari asam amino, yang memerlukan energi dan mendukung pertumbuhan, perbaikan jaringan, dan penyimpanan energi. Sebaliknya, katabolisme adalah proses destruktif yang memecah molekul kompleks menjadi molekul sederhana, seperti pemecahan glukosa dalam glikolisis dan siklus Krebs untuk menghasilkan energi dalam bentuk ATP. Proses ini juga menghasilkan produk sampingan seperti karbon dioksida dan air, yang dihilangkan melalui sistem pernapasan dan ekskresi. Metabolisme energi ini terjadi di dalam sel, terutama di

mitokondria, yang dikenal sebagai pembangkit tenaga sel karena perannya dalam fosforilasi oksidatif yang menghasilkan ATP melalui rantai transport elektron.

Regulasi metabolisme sangat kompleks dan melibatkan hormon serta enzim yang mengatur laju reaksi biokimia. Hormon seperti insulin dan glukagon memainkan peran penting dalam mengatur kadar glukosa darah. Insulin menurunkan kadar glukosa darah dengan mempromosikan penyimpanan glukosa sebagai glikogen di hati dan otot, sementara glukagon meningkatkan kadar glukosa darah dengan merangsang pemecahan glikogen menjadi glukosa. Selain itu, hormon tiroid meningkatkan laju metabolisme basal, sementara hormon kortisol dan adrenalin meningkatkan ketersediaan energi selama stres fisik dan mental dengan memobilisasi lemak dan glukosa. Enzim, yang bertindak sebagai katalis, memastikan bahwa reaksi biokimia berlangsung pada kecepatan yang tepat untuk memenuhi kebutuhan sel dan organisme secara keseluruhan.

Ketidakseimbangan dalam proses metabolismik dapat menyebabkan berbagai kondisi kesehatan seperti diabetes mellitus, yang disebabkan oleh gangguan dalam pengaturan glukosa, atau gangguan metabolisme lipid yang dapat menyebabkan penyakit jantung. Oleh karena itu, pemahaman tentang metabolisme adalah kunci untuk mengembangkan strategi pengobatan dan pencegahan penyakit, serta untuk mengoptimalkan kesehatan dan kinerja tubuh secara keseluruhan. Metabolisme tidak hanya memastikan suplai energi yang berkelanjutan tetapi juga memungkinkan adaptasi dan respons terhadap perubahan lingkungan dan kebutuhan fisiologis (Nelson et al., 2008).

## 1. Jalur metabolic

Jalur metabolisme adalah serangkaian reaksi biokimia yang saling terkait dalam sel, yang mengubah molekul nutrisi menjadi energi dan bahan baku untuk sintesis komponen seluler. Terdapat dua jalur utama: katabolisme dan anabolisme. Katabolisme melibatkan pemecahan molekul

kompleks seperti karbohidrat, lemak, dan protein menjadi molekul sederhana, menghasilkan energi dalam bentuk ATP. Contohnya termasuk glikolisis, yang mengubah glukosa menjadi piruvat, dan siklus Krebs, yang menghasilkan ATP, NADH, dan FADH<sub>2</sub> dari asetil-KoA. Anabolisme, sebaliknya, menggunakan energi untuk membangun molekul kompleks dari prekursor sederhana, seperti sintesis protein dari asam amino dan sintesis glikogen dari glukosa. Jalur-jalur ini diatur oleh enzim yang aktivitasnya dipengaruhi oleh faktor internal seperti konsentrasi substrat dan produk, serta faktor eksternal seperti hormon. Contohnya, insulin mendorong penyimpanan glukosa sebagai glikogen, sementara glukagon merangsang pemecahan glikogen menjadi glukosa. Jalur metabolismik ini memastikan bahwa sel memiliki energi dan bahan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan, perbaikan, dan fungsi sehari-hari (Rodwell et al., 2018).

## 2. Siklus krebs dan fosforilasi oksidatif

Siklus Krebs, juga dikenal sebagai siklus asam sitrat atau siklus TCA (trikarboksilat), adalah jalur metabolismik sentral dalam respirasi seluler yang berlangsung di mitokondria. Siklus ini memulai proses dengan asetil-KoA, yang berasal dari pemecahan karbohidrat, lemak, dan protein. Asetil-KoA bergabung dengan oksaloasetat membentuk sitrat, yang kemudian mengalami serangkaian reaksi enzimatis menghasilkan NADH, FADH<sub>2</sub>, dan ATP. Dalam setiap putaran siklus, dua molekul karbon dioksida dilepaskan sebagai produk sampingan, dan oksaloasetat diregenerasi untuk mengulangi siklus. Siklus Krebs tidak hanya menghasilkan energi langsung tetapi juga menyediakan prekursor bagi banyak jalur biosintetik, menjadikannya pusat metabolisme seluler (Marks, 2005).

Fosforilasi oksidatif adalah tahap akhir dari respirasi aerobik, di mana energi dari NADH dan FADH<sub>2</sub>, yang dihasilkan selama siklus Krebs, digunakan untuk menghasilkan ATP. Proses ini terjadi di membran

dalam mitokondria dan melibatkan rantai transport elektron (ETC), yang terdiri dari kompleks protein yang mentransfer elektron dari NADH dan FADH<sub>2</sub> ke oksigen, membentuk air. Energi yang dilepaskan selama transfer elektron digunakan untuk memompa proton (H<sup>+</sup>) melintasi membran dalam mitokondria, menciptakan gradien proton. Gradien ini menghasilkan potensi elektro-kimia yang digunakan oleh ATP sintase untuk mensintesis ATP dari ADP dan fosfat anorganik. Fosforilasi oksidatif menghasilkan sebagian besar ATP yang digunakan oleh sel, menjadikannya mekanisme utama untuk produksi energi dalam organisme aerobik (Rodwell et al., 2018).

Kombinasi siklus Krebs dan fosforilasi oksidatif memastikan efisiensi tinggi dalam konversi energi dari makanan menjadi ATP, yang penting untuk mendukung aktivitas seluler dan fungsi fisiologis. Kedua proses ini saling terkait dan sangat tergantung pada pasokan oksigen, yang merupakan penerima elektron terakhir dalam rantai transport elektron, menekankan pentingnya respirasi aerobik dalam produksi energi seluler.

### 3. Glikolisis dan glikogenesis

Glikolisis dan glikogenesis adalah dua jalur metabolisme penting yang mengatur pemanfaatan dan penyimpanan glukosa dalam tubuh. Glikolisis adalah proses pemecahan glukosa, molekul gula enam karbon, menjadi dua molekul piruvat, masing-masing tiga karbon, yang menghasilkan ATP dan NADH sebagai sumber energi. Proses ini berlangsung di sitoplasma sel dan tidak memerlukan oksigen, sehingga dapat terjadi dalam kondisi aerobik maupun anaerobik. Glikolisis dimulai dengan fosforilasi glukosa oleh enzim heksokinase, diikuti oleh serangkaian reaksi enzimatik yang mengubah glukosa menjadi piruvat. Pada akhir glikolisis, selain dua molekul piruvat, dihasilkan juga dua molekul ATP neto dan dua molekul NADH, yang kemudian dapat masuk ke dalam siklus Krebs dan rantai transport

elektron untuk menghasilkan lebih banyak ATP dalam kondisi aerobik.

Di sisi lain, glikogenesis adalah proses anabolik di mana glukosa diubah menjadi glikogen untuk disimpan dalam hati dan otot. Proses ini terjadi ketika ada kelebihan glukosa dalam darah, seperti setelah makan, dan diatur oleh hormon insulin. Glikogenesis dimulai dengan konversi glukosa menjadi glukosa-6-fosfat oleh enzim glukokinase atau heksokinase, yang kemudian diubah menjadi glukosa-1-fosfat. Glukosa-1-fosfat kemudian diubah menjadi UDP-glukosa, yang merupakan substrat untuk glikogen sintase, enzim utama yang menambahkan unit glukosa ke rantai glikogen yang sedang tumbuh. Hati memiliki kapasitas untuk menyimpan glikogen yang cukup besar, yang dapat dipecah kembali menjadi glukosa melalui proses glikogenolisis untuk mempertahankan kadar glukosa darah selama puasa atau antara waktu makan.

Kedua jalur ini bekerja secara sinergis untuk memastikan keseimbangan energi dalam tubuh: glikolisis menyediakan energi cepat dari glukosa, sementara glikogenesis memungkinkan penyimpanan glukosa untuk penggunaan jangka panjang. Ini memastikan bahwa tubuh memiliki pasokan energi yang stabil dan dapat beradaptasi dengan perubahan kebutuhan energi, baik dalam kondisi istirahat maupun aktivitas (Firani, 2017).

## **Regulasi Biokimia**

Regulasi biokimia adalah mekanisme kompleks yang mengontrol aktivitas berbagai jalur metabolisme dalam tubuh untuk memastikan homeostasis, keseimbangan energi, dan respons adaptif terhadap perubahan lingkungan. Proses ini melibatkan pengaturan aktivitas enzim, yang merupakan katalis dalam reaksi biokimia. Enzim dapat diatur secara alosterik, di mana molekul pengatur berikatan dengan situs non-aktif enzim untuk meningkatkan atau mengurangi aktivitasnya. Selain itu, modifikasi kovalen seperti fosforilasi dapat mengaktifkan

atau menginaktivasi enzim tertentu. Hormon juga memainkan peran penting dalam regulasi biokimia; misalnya, insulin dan glukagon mengatur metabolisme glukosa dengan cara yang berlawanan: insulin mendorong penyerapan glukosa dan sintesis glikogen, sedangkan glukagon merangsang pemecahan glikogen menjadi glukosa (Henggu & Nurdiansyah, 2021).

### **Regulasi Hormon**

Regulasi hormon adalah proses yang mengontrol produksi, sekresi, dan aksi hormon untuk menjaga keseimbangan fisiologis dalam tubuh. Ini melibatkan mekanisme umpan balik negatif, di mana peningkatan kadar hormon atau hasilnya menghambat produksi lebih lanjut, memastikan bahwa kadar hormon tetap dalam rentang yang tepat. Contohnya adalah regulasi glukosa darah oleh insulin: saat kadar glukosa meningkat, pankreas melepaskan insulin untuk menurunkan glukosa, dan ketika kadar glukosa menurun, sekresi insulin juga berkurang. Umpan balik positif, meskipun lebih jarang, juga terjadi, seperti pada pelepasan oksitosin selama persalinan, yang meningkatkan kontraksi rahim dan lebih banyak pelepasan oksitosin. Selain itu, hormon tropik seperti hormon pelepas tirotropin (TRH) dari hipotalamus merangsang kelenjar pituitari untuk melepaskan hormon tiroid yang kemudian mengatur metabolisme. Interaksi kompleks ini memungkinkan tubuh untuk merespons perubahan lingkungan dan kebutuhan internal dengan tepat, menjaga homeostasis, pertumbuhan, reproduksi, dan respons stres (Dian Apriliana).

## **Daftar Pustaka**

- Dian Apriliana, R. Pengaruh Hormon Terhadap Metabolisme.
- Firani, N. K. (2017). Metabolisme karbohidrat: tinjauan biokimia dan patologis: Universitas Brawijaya Press.
- Henggu, K. U., & Nurdiansyah, Y. J. Q. J. K. S. d. T. (2021). Review dari Metabolisme Karbohidrat, Lipid, Protein, dan Asam Nukleat. 3(2), 9-17.
- Jenie, R. I., & Meiyanto, E. (2021). Biokimia Farmasi: UGM PRESS.
- Marks, A. D. (2005). Marks' Basic Medical Biochemistry: A Clinical Approach.
- Murray, K., Rodwell, V., Bender, D., Botham, K. M., Weil, P. A., & Kennelly, P. J. J. C., New York, United States. (2009). Harper's illustrated biochemistry. 28.
- Nelson, D. L., Lehninger, A. L., & Cox, M. M. (2008). Lehninger principles of biochemistry: Macmillan.
- Pollard, T. D., Earnshaw, W. C., Lippincott-Schwartz, J., & Johnson, G. (2022). Cell Biology E-Book: Cell Biology E-Book: Elsevier Health Sciences.
- Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2014). Campbell biology: Pearson.
- Rodwell, V. W., Bender, D., & Botham, K. M. (2018). Harper's illustrated biochemistry: McGraw-Hill.
- Wahyudiat, D. (2017). Biokimia. In: Leppim Mataram.

### **Profil Penulis**



#### **I Putu Bayu Agus Saputra, S.Si., M.Si.**

Penulis di lahirkan di Mataram pada tanggal 6 Januari 1996 Ketertarikan penulis terhadap ilmu Biomedik dimulai pada tahun 2017 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk masuk ke jurusan Biologi dengan memilih Jurusan Biomedik dan berhasil lulus pada tahun 2019. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke Universitas Airlangga dan berhasil menyelesaikan studi S2 di prodi ILMU KEDOKTERAN DASAR pada tahun 2021. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi S1 Kedokteran di Universitas Islam Al-Azhar. Sehari-harinya bekerja sebagai dosen pengampu mata kuliah Biomedik Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan book chapter.

Email Penulis : Bayuagus890@gmail.com

## ZAT GIZI MAKRO DAN MIKRO

**Wahyuni Sammeng, S.Gz., M.Kes.**

Poltekkes Kemenkes Maluku

### **Pendahuluan**

Derajat kesehatan dan keseimbangan pertumbuhan mental dan fisik sangat ditentukan oleh gizi. Ketika kebutuhan nutrisi yang tepat terpenuhi, tingkat nutrisi normal tercapai. Banyaknya zat gizi yang dikonsumsi pada masa lalu, bahkan jauh di masa lalu, tidak semata-mata menentukan status gizi seseorang dalam jangka waktu tertentu. Gangguan infeksi dan konsumsi makanan merupakan dua faktor yang secara langsung mempengaruhi status gizi. Kedua karakteristik ini disebabkan oleh sejumlah faktor, antara lain pengetahuan, keluarga, produktivitas, dan permasalahan ekonomi (Nova & Yanti, 2018).

Istilah "nutrisi" mengacu pada zat yang dibutuhkan individu hidup untuk masuk ke dalam tubuhnya. Makanan atau zat gizi yang penting bagi kesehatan tubuh, seperti pemberi energi, menunjang pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan tubuh, serta mengontrol fungsi vital tubuh. Ketika suatu organisme berada dalam keadaan gizi, ia menggunakan makanan yang biasa dikonsumsinya untuk pencernaan, penyerapan, transportasi, penyimpanan, metabolisme, dan ekskresi bahan-bahan yang tidak diperlukan untuk kehidupan, perkembangan, fungsi organ yang tepat, atau penciptaan energi (Yuniarti, 2023).

Menurut Soraya dkk. (2017), zat gizi berfungsi sebagai sumber energi tubuh, mengontrol proses metabolisme, mendorong perkembangan kesehatan, dan memperbaiki jaringan tubuh. Senyawa yang ditemukan dalam makanan yang dibutuhkan tubuh untuk proses fisiologis teratur dikenal sebagai nutrisi. Definisi luas ini mencakup zat yang secara langsung digunakan untuk membuat struktur tubuh, mendukung sel tertentu, atau menyediakan energi yang membantu metabolisme (koenzim). Agar suatu makhluk dapat melanjutkan siklus hidupnya dan menjalankan perannya, diperlukan zat-zat gizi tertentu. (Husain, 2019). Tubuh membutuhkan semua nutrisi untuk pertumbuhan yang tepat (Dina Febriani R Parewasi et al., 2021).

Zat gizi menghasilkan energi yang sangat tersedia secara hayati dan mudah diserap. Tubuh menggunakan nutrisi untuk berbagai tujuan, seperti menghasilkan energi, membangun struktur, dan memproduksi molekul penting. Zat gizi dipisahkan menjadi dua kategori: makronutrien dan mikronutrien, tergantung pada kebutuhan tubuh. Sesuai dengan namanya, zat gizi makro adalah zat gizi yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah besar (makro), diukur dalam gram per orang per hari, sedangkan zat gizi mikro adalah zat gizi yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah lebih kecil, diukur dalam miligram bahkan mikrogram per orang per hari. Karbohidrat, protein, dan lemak adalah makronutrien; berbagai jenis vitamin dan mineral merupakan zat gizi mikro. (Furkon et al., 2014).

## **Zat Gizi Makro**

### 1. Protein

Semua sel tubuh sebagian besar terbuat dari protein, yang juga berfungsi sebagai bahan pembangun penting untuk hormon, enzim, dan senyawa lainnya. Karena merupakan sumber energi dan asam amino yang dibutuhkan untuk membangun sel-sel tubuh, protein dianggap sebagai jenis nutrisi khusus. Protein disebut sebagai bahan pembangun karena mereka menyediakan "bahan mentah" yang dibutuhkan untuk perkembangan tubuh. Kapasitas tubuh dalam

menggunakan protein akan terpengaruh jika asam amino penyusun protein tidak seimbang. Tubuh dapat memecah protein tubuh untuk mendapatkan asam amino yang diperlukan jika jumlah asam amino yang dibutuhkan untuk sintesis protein dibatasi (Husain, 2019).

Karena kekurangan protein mempengaruhi setiap organ, terutama selama pertumbuhan dan perkembangan, maka penting bagi kesehatan untuk mengonsumsi cukup protein berkualitas tinggi. Mengonsumsi makronutrien seperti protein membantu tubuh menyimpan dan memindahkan zat besi. (Kurniasih et al., 2022). Kandungan asam amino dan daya cerna suatu protein menentukan kualitasnya, yang dapat sangat bervariasi. Protein hewani berkualitas tinggi dapat ditemukan pada telur, ikan, daging, unggas, dan susu. Kecuali kedelai dan olahan turunannya (tempe, tahu), protein nabati yang berasal dari biji-bijian dan kacang-kacangan seringkali kualitasnya lebih rendah. Telur, daging sapi (98%), susu sapi (95%), dan kedelai (95%) merupakan makanan dengan daya cerna protein tinggi (>95%). Namun bila dikombinasikan dengan biji-bijian dan kacang-kacangan, protein nabati bisa memberikan protein yang lebih lengkap (Husain, 2019).

Untaian asam amino yang panjang membentuk protein. Protein tersusun dari unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O), sama seperti unsur organik lainnya. Selain itu, unsur nitrogen (N), yang merupakan 16% dari berat protein, merupakan ciri komponen asam amino yang tidak dimiliki oleh unsur lemak maupun karbohidrat. Besi (Fe), kobalt (Co), fosfor (P), dan sulfur (S) juga terdapat dalam beberapa asam amino. Satu gugus asam (karboksil -COOH), satu gugus basa (amino -NH<sub>2</sub>), satu gugus radikal (-R), dan satu atom hidrogen (-H) membentuk asam amino. Ukuran, bentuk, muatan, dan aktivitas protein asam amino semuanya dapat dibedakan satu sama lain dengan adanya gugus R. Satu molekul air dilepaskan ketika asam amino bergabung membentuk

protein melalui pembentukan ikatan peptida, yaitu ikatan C-(O)-N-H. Dua belas hingga delapan belas asam amino dapat ditemukan dalam satu molekul protein. Ada sekitar dua puluh jenis asam amino, sepuluh di antaranya diperlukan (Furkon et al., 2014).

Protein hewani dan protein nabati merupakan dua kategori utama makanan sumber protein. Makanan tinggi protein hewani antara lain ikan, unggas, telur, daging merah, dan ruminansia. Kacang-kacangan dan biji-bijian merupakan dua contoh makanan yang mengandung protein nabati (Furkon et al., 2014).

Klasifikasi protein berdasarkan kualitas gizi (Furkon et al., 2014):

a. Protein lengkap

Memiliki semua asam amino yang diperlukan dalam jumlah dan proporsi yang tepat untuk menjaga keseimbangan nitrogen dan mendukung pertumbuhan yang sehat. Contohnya termasuk kasein dalam susu, daging, ikan, dan unggas, serta albumin dalam telur.

b. Protein setengah lengkap

Setengah lengkap tidak mengandung semua asam amino yang dibutuhkan. Protein ini tetap untuk digunakan dalam menunjang kehidupan. Protein ini tidak dapat mendukung perkembangan normal fungsinya karena kekurangan asam amino esensial. Misalnya saja protein pada biji-bijian, polong-polongan, dan kacang-kacangan

c. Protein Tidak Lengkap

Jika suatu protein kekurangan jenis dan jumlah asam amino esensial yang diperlukan agar dapat berfungsi dengan baik untuk perkembangan dan pemeliharaan kehidupan, maka protein tersebut dianggap tidak lengkap. Zein dari jagung dan gelatin dari hewan adalah dua contohnya.

## 2. Lemak

Asam lemak dan trigliserida merupakan komponen lemak yang merupakan makronutrien. Lemak diperlukan untuk menopang berat badan dan keseimbangan energi karena merupakan makanan padat energi (9 kkal per gram). Lemak bertindak sebagai saluran melalui mana vitamin yang larut dalam lemak (A, D, E, dan K) diserap. Masyarakat cenderung menyukai makanan berlemak karena lemak berfungsi sebagai bumbu masakan. Asam lemak omega-6 dan omega-3 diperlukan karena tubuh manusia tidak mampu memproduksinya (Husain, 2019).

Zat organik yang dikenal sebagai lipid atau lemak terdapat di berbagai sel jaringan. Mereka larut dalam pelarut non-polar termasuk eter, kloroform, dan benzena tetapi tidak larut dalam air. Ada lipid non-polar atau hidrofolik. Trigliserida, atau ester gliserol dengan tiga jenis asam lemak berbeda, adalah komponen utama lipid. Trigliserida memiliki rumus kimia  $\text{CH}_2\text{COOR}-\text{CHCOOR}'-\text{CH}_2-\text{COOR}$ , dengan R, R', dan R<sub>2</sub> merupakan rantai alkil panjang. RCOOH, R'COOH, dan R<sub>2</sub>COOH adalah tiga asam lemak. Trigliserida yang terjadi secara alami dapat memiliki rantai asam lemak dengan panjang berapa pun, meskipun panjang yang paling sering adalah 16, 18, atau 20 atom karbon. Gliserida, monogliserida, asam lemak bebas, lilin, dan kelas lipid sederhana termasuk komponen asam lemak seperti turunan steroid dan terpenoid adalah elemen lipid lainnya. Campuran kompleks protein (lipoprotein) atau karbohidrat (glikolipid) sering ditemukan dalam lipid. Vitamin, hormon, dan membran plasma semuanya terbuat dari lipid (Christine F. Mamuaja, 2017).

Istilah "lipid" tidak secara khusus berhubungan dengan kelompok molekul yang mencakup, antara lain, protein dan karbohidrat. Ada beberapa jenis lipid yang larut dalam pelarut polar, padahal lipid umumnya tergolong zat yang mudah larut dalam pelarut organik yang cenderung non polar, seperti

etanol, eter, dan kloroform. Kaya energi, lemak, kadang-kadang disebut lipid, berfungsi sebagai sumber energi utama untuk fungsi metabolisme tubuh. Tubuh memproduksi lemak dari makanan dan produksi organ sehari-hari, yang dapat disimpan dalam sel lemak sebagai cadangan energi. Beginilah cara lemak diedarkan ke seluruh tubuh. Lipid terdiri dari dua jenis asam lemak: asam lemak tak jenuh dan jenuh. Rantai karbon molekul asam lemak tak jenuh meliputi ikatan rangkap. Halogen dapat bereaksi dengan atom C pada rantai yang mempunyai ikatan tak jenuh dengan sangat cepat (peristiwa adisi). Minyak dan lemak bisa menjadi tengik saat disimpan. Ketengikan ini disebabkan oleh hidrolisis atau oksidasi asam lemak pada suhu kamar, yang menghasilkan pembentukan hidrokarbon, alkanal, atau keton, serta sejumlah kecil apoksi dan alkohol (alkanol), yang memiliki titik didih rendah dan busuk bau. Asam lemak kehilangan nilai gizinya jika disimpan dalam jangka waktu lama karena mudah terhidrolisis dan teroksidasi pada suhu kamar (Christine F. Mamuaja, 2017).

Fungsi lemak terhadap kebutuhan makhluk hidup adalah sebagai berikut (Furkon et al., 2014):

a. Sumber energi

Dengan 9 kkal/g lemak, lemak 2,5 kali lebih padat energi dibandingkan protein dan karbohidrat. Karena lebih banyak oksigen dibutuhkan untuk pembakaran dibandingkan protein dan karbohidrat, maka lebih banyak energi yang dihasilkan. Jaringan adiposa, yang membentuk 50% jaringan di bawah kulit, 45% jaringan di sekitar organ, dan 5% jaringan di dalam perut, menyimpan lemak berlebih. Jika perlu, jaringan ini dapat digunakan sebagai sumber energi kapan saja.

b. Pembawa vitamin larut lemak

Beberapa vitamin larut dalam lemak sehingga dapat menempel dan larut dalam lemak. Selain

itu, vitamin yang larut dalam lemak membutuhkan lemak sebagai media pembawa untuk mencapai dan dimanfaatkan oleh sel manusia. Vitamin adalah zat gizi mikro.

c. Sumber asam lemak esensial

Asam lemak esensial diperlukan tubuh untuk melakukan tugas tertentu. Ini termasuk asam linoleat dan linolenat, yang merupakan asam lemak penting.

d. Sebagai pelindung bagian tubuh penting

Hati, ginjal, jantung, dan organ tubuh penting lainnya perlu dilindungi agar dapat terus berfungsi sebagaimana mestinya. Organ-organ ini ditahan pada posisinya dan terlindung dari benturan dan bahaya lainnya oleh lemak yang menutupi dan melapisinya.

e. Memberi rasa kenyang dan kelezatan pada makanan

Karena lemak memperlambat produksi asam lambung dan pengosongan lambung, sehingga memperpanjang rasa kenyang. Selain itu, lemak menambah rasa dan meningkatkan kelezatan makanan.

f. Penghemat protein (protein sparer)

Protein dapat memenuhi peran utamanya sebagai bahan pembangun dengan menghambat penggunaan energi dari protein dengan memiliki sumber energi dari lemak.

g. Memelihara suhu tubuh

Lapisan lemak di bawah kulit menjaga tubuh tetap hangat dan berfungsi sebagai insulasi. Oleh karena itu, lemak menjaga suhu tubuh tetap konstan.

3. Karbohidrat

Komponen penting lainnya dari semua makhluk hidup adalah karbohidrat. Selain berperan sebagai

cadangan nutrisi yang terkandung dalam buah-buahan, biji-bijian, dan akar-akaran, karbohidrat mempunyai peranan struktural pada tumbuhan dengan menyusun bagian-bagian serat tumbuhan. Hewan juga mengandung karbohidrat dalam jumlah besar, yang bergabung menghasilkan molekul dengan beragam signifikansi struktural dan fungsional. Karbohidrat merupakan sumber energi utama bagi manusia. Mereka memasok antara 50 dan 60 persen dari total kalori yang dibutuhkan oleh seseorang dengan pola makan bergizi seimbang. Satu gram karbohidrat menyediakan empat kilokalori energi (Muthmainnah et al., 2019).

Sumber karbon untuk produksi molekul lain ditemukan dalam karbohidrat. Kebanyakan orang menyadari bahwa karbohidrat digunakan oleh tubuh sebagai bahan bakar (Khowala, Verma dan Banik, 2008). Misalnya, sel hati mengoksidasi glukosa, karbohidrat sederhana yang dikenal sebagai dekstrosa. Sebaliknya, zat penghasil energi utama dalam sel diproduksi oleh adenosin trifosfat, atau ATP. Namun tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme menggunakan karbohidrat untuk tujuan lain selain energi. Asam organik sederhana dapat diubah menjadi monosakarida, seperti glukosa, dan selanjutnya digunakan untuk menyusun polisakarida dalam proses anabolisme karbohidrat (Andi Eka Yunianto, 2021).

Dikenal dengan nama lain, hidrat arang, karbohidrat adalah molekul organik paling umum di alam dan memiliki berbagai tujuan. Karbohidrat merupakan cadangan energi tubuh, sumber energi utama bagi sebagian besar makhluk hidup, dan komponen membran sel yang berfungsi sebagai jembatan berbagai jenis komunikasi antar sel. Karbohidrat dapat dibagi menjadi empat kelompok menurut jumlah molekul gula sederhana yang menyusunnya: monosakarida (1 molekul), disakarida (2 molekul), oligosakarida (3–10), dan polisakarida (> 10 molekul). Karbohidrat sebagian besar terdiri dari tiga gula

sederhana: glukosa, galaktosa, dan fruktosa. Jenis karbohidrat paling dasar disebut monosakarida, dan hanya terdiri dari satu molekul gula. Glukosa adalah jenis monosakarida yang paling terkenal di kalangan masyarakat umum. Jika mengacu pada konsentrasinya dalam darah, gula sering digunakan sebagai pengganti glukosa. Jadi, kadar gula darah disebut juga kadar glukosa darah. Dua molekul gula sederhana dihubungkan melalui ikatan kovalen untuk menghasilkan disakarida. Disakarida yang paling dikenal masyarakat umum adalah sukrosa, kadang disebut juga gula meja atau gula meja. Satu molekul glukosa dan satu molekul fruktosa bergabung menghasilkan sukrosa. Laktosa, disakarida utama yang ditemukan dalam susu mamalia, merupakan disakarida penting lainnya. Satu molekul glukosa dan satu molekul galaktosa membentuk laktosa. Raffinose (3 molekul) dan stachyose (4 molekul) adalah dua contoh oligosakarida (Fadhillah, 2019).

Monosakarida tidak berwarna dan tidak larut dalam pelarut non-polar tetapi larut dalam air dalam keadaan kristalnya. Jumlah karbon dan gugus fungsi karbonil yang dikandungnya—aldehida (aldosa) dan keton (ketosa)—digunakan untuk mengkategorikan monosakarida. Aldosa termasuk glukosa, galaktosa, dan deoksiribosa. Ketosa adalah monosakarida seperti fruktosa. Disakarida adalah sejenis karbohidrat yang terdiri dari dua unit monosakarida yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik yang berjalan dari satu unit karbon 1 ke unit OH lainnya. Teknik ikatan yang khas melibatkan koneksi glikosidik  $\alpha$  atau  $\beta$  unit pertama ke gugus 4-hidroksil unit kedua. Sambungan ini disebut sebagai ikatan 1,4'- $\alpha$  atau 1,4'- $\beta$ , bergantung pada stereokimia karbon glikosida. Zat-zat ini sebenarnya tidak larut dalam eter dan pelarut organik non-olar, larut dalam air, dan agak larut dalam alkohol, seperti halnya monosakarida. Laktosa, sukrosa, dan maltosa adalah beberapa jenis disakarida. Dibandingkan dengan mono dan oligosakarida, polisakarida biasanya memiliki molekul lebih besar dan lebih kompleks. Multimer molekul

monosakarida membentuk molekul monosakarida. Homopolisakarida adalah polisakarida yang hanya terdiri dari satu jenis monosakarida; heteropolisakarida adalah polisakarida yang terdiri dari banyak komponen. Banyak unit monosakarida yang bergabung melalui ikatan glikosidik membentuk polisakarida. Polisakarida yang berbentuk lingkaran, bercabang, atau lurus dapat dibentuk dengan menggabungkan unit-unit gula. Ikatan yang paling sering terjadi pada polisakarida alami yang terdiri dari heksosa adalah ikatan  $1 \rightarrow 4$  dan  $1 \rightarrow 6$ . Secara umum, polisakarida adalah zat berwarna putih tanpa rasa yang menyenangkan, kualitas pereduksi, atau kristalisasi. Ketika polisakarida dilarutkan dalam air, berat molekulnya bergabung menghasilkan larutan koloid. Di antara polisakarida yang penting adalah selulosa, pati, glikogen, dan dekstrin (Fitri et al., 2020).

Gula, pati, dan serat merupakan contoh zat gizi makro yaitu karbohidrat. Glukosa, sumber energi utama sel darah merah, otak, sistem saraf pusat, plasenta, dan bayi, dihasilkan dari gula dan pati. Ketika tubuh memiliki terlalu banyak energi, glukosa berpotensi diubah menjadi lemak tubuh atau disimpan sebagai glikogen di otot dan hati. Salah satu jenis karbohidrat yang dapat langsung digunakan tubuh sebagai energi adalah gula, yang mudah diserap ke dalam sirkulasi setelah pencernaan. Meski ada banyak bentuk pati yang resisten terhadap enzim pencernaan, namun pati merupakan salah satu jenis karbohidrat yang membutuhkan waktu lama untuk dicerna dan diserap oleh darah karena harus diubah terlebih dahulu menjadi gula oleh enzim pencernaan agar tubuh dapat melakukannya. Menggunakannya sebagai bahan bakar. Sebaliknya, serat adalah sejenis karbohidrat yang melewati usus besar sebagian besar tidak tercerna karena enzim pencernaan tidak mampu memecahnya. Selain menurunkan risiko penyakit jantung koroner, serat melancarkan buang air besar secara teratur dan membantu memberikan sensasi kenyang. Selain ditambahkan pada makanan, gula

dapat ditemukan secara alami pada buah-buahan, susu, dan makanan olahan. Sumber pati alami antara lain beras dan makanan olahannya (tepung beras, bihun), jagung, gandum dan makanannya (roti, mie, pasta), umbi-umbian (ubi jalar, singkong, dan kentang), sayuran, dan kacang-kacangan kering. Sebaliknya, buah-buahan, sayur-sayuran, kacang-kacangan, umbi-umbian, biji-bijian, dan sayur-sayuran semuanya secara alami mengandung serat (Husain, 2019).

## **Zat Gizi Mikro**

### 1. Vitamin

Tubuh membutuhkan vitamin, yang merupakan molekul kimia kompleks, dalam jumlah kecil, namun mempunyai fungsi yang penting. Tubuh tidak memproduksi vitamin secara alami; sebaliknya, ia mengeluarkannya dalam jumlah kecil dari makanan. Tubuh memerlukan total 13 vitamin, empat di antaranya larut dalam lemak (A, D, E, dan K), sembilan di antaranya larut dalam air (vitamin C), dan delapan di antaranya adalah vitamin B (tiamin, B1, riboflavin, B2, niasin, B3, asam pantotenat, B5, vitamin B6, folat, B9, dan vitamin B12). Mikronutrien yang disebut vitamin mempunyai dampak fisiologis terhadap imunitas inang serta respons biologis lainnya. Oleh karena itu, ada kemungkinan lebih tinggi terkena peradangan, alergi, dan penyakit menular jika terjadi kekurangan vitamin. Fungsi tubuh dan otak seseorang dipengaruhi langsung oleh kualitas makanannya. Sejumlah penelitian telah menunjukkan betapa efektifnya suplemen vitamin dan mineral terutama yang mengandung vitamin B dalam mencegah dan mengobati penyakit dan kecacatan. Melengkapi multivitamin telah terbukti meningkatkan fungsi kognitif dan mengurangi kondisi pikiran yang depresi, cemas, dan stres, bahkan pada individu yang sehat. Selain itu, vitamin A membantu darah membawa protein yang disintesis oleh hati. Vitamin A juga diperlukan untuk kesehatan jaringan

epitel, pembentukan gigi dan tulang yang tepat, dan penglihatan pada malam hari (Yuniarti, 2023).

Vitamin merupakan zat yang mengatur dan menunjang kehidupan. Setiap vitamin memiliki tujuan berbeda dalam tubuh. Vitamin dapat rusak akibat pengolahan dan penyimpanan karena merupakan bahan organik. Tugas utama vitamin adalah mengontrol bagaimana protein, lipid, dan karbohidrat dimetabolisme. Vitamin dibagi menjadi dua kategori berdasarkan sifatnya: vitamin yang larut dalam air (vitamin B dan C) dan vitamin yang larut dalam lemak (vitamin A, D, E, dan K) (Yuniarti, 2023).

Seumur hidup, vitamin A sangat diperlukan. Makanan tinggi karotenoid, yang merupakan prekursor vitamin A, atau makanan yang mengandung retinil ester, yang merupakan vitamin A itu sendiri, merupakan sumber vitamin A yang baik. Metabolit aktif vitamin A, asam retinoat mengontrol sejumlah proses seluler, termasuk pembelahan sel, proliferasi, dan kematian pada tipe sel yang berbeda. Selain itu, vitamin A diperlukan untuk beberapa proses tubuh, termasuk perkembangan embrio, penglihatan, dan fungsi otak (Yuniarti, 2023).

Karotenoid dan vitamin yang larut dalam lemak membentuk misel campuran dengan lipid lain selama pencernaan, yang mungkin penting untuk penyerapan enterosit. Fosfolipid, kolesterol, garam empedu, dan produk pencernaan lipid (seperti asam lemak bebas, monoasilgliserol, dan lisofosfolipid) semuanya digabungkan untuk membentuk misel campuran. Kelompok vitamin B yang larut dalam air meliputi sianokobalamin (vitamin B12), tiamin (vitamin B1), riboflavin (vitamin B2), niasin (vitamin B3), piridoksin (vitamin B6), dan asam folat/folasin (vitamin B9). Tiamin hidroklorida, atau vitamin B1, terlibat dalam metabolisme lipid, karbohidrat, dan neurotransmitter. Kekurangan tiamin mungkin menjadi penyebab polineuritis. Tiamin dapat terdapat dalam makanan dalam dua bentuk berbeda: bentuk

bebas dan kompleks dengan protein atau kompleks protein-fosfat (Yuniarti, 2023).

## 2. Mineral

Selain vitamin yang ditemukan dalam makanan, berbagai unsur kimia dalam bentuk anorganik diperlukan untuk pertumbuhan manusia dan hewan serta fungsi biologis yang baik. Mineral adalah salah satunya; mereka membentuk 4% dari tubuh manusia. Mineral adalah nutrisi penting yang dibutuhkan manusia dalam jumlah kecil agar tubuh dapat berfungsi dengan baik. Tubuh manusia mengandung unsur anorganik yang disebut mineral. Mineral didefinisikan oleh Poedjiadi (2009) sebagai unsur dalam bentuk paling dasar. Mineral biasanya disebut sebagai unsur mineral atau zat gizi/zat anorganik dalam ilmu gizi. Karena ada banyak penafsiran berbeda mengenai istilah "mineral", kebanyakan orang hanya menggambarkannya sebagai sesuatu yang dapat ditemukan di alam. Menurut sudut pandang gizi, mineral adalah zat anorganik yang diperlukan untuk aktivitas biologis, baik sebagai unsur bebas maupun sebagai ion. Makanan mengandung mineral yang diperlukan. Mineral dapat ditemukan dalam berbagai tingkat dalam berbagai jenis makanan, termasuk daging, biji-bijian, makanan laut, susu, sayuran, buah, dan kacang-kacangan. Ada kegunaan mineral, antara lain (Rudiana Agustini, 2019):

- a. Jenis mineral paling umum yang terlibat dalam pembangunan struktur kerangka tubuh adalah kalsium dan fosfor, yang terdapat dalam kerangka gigi dan tubuh..
- b. Menjaga cairan tubuh pada tingkat koloid dan mengontrol beberapa karakteristik fisik sistem koloid, termasuk difusi, viskositas, dan tekanan osmotik.
- c. Pengendalian keseimbangan asam-basa. Kesetimbangan asam basa sebagian diatur oleh ion anorganik. PH darah dan cairan tubuh lainnya

harus tetap berada dalam kisaran yang sangat kecil untuk mempertahankan aktivitas organisme yang baik.

- d. Komponen dari hormon
- e. Komponen atau aktuator enzim atau sebagai kofaktor
- f. Mengontrol keseimbangan cairan di dalam dan di luar sel
- g. Berperan dalam proses pembentukan energi dari makanan
- h. Sebagai katalis berbagai reaksi biokimawi dlm tubuh
- i. Transmisi sinyal / pesan pada sel saraf.

## **Daftar Pustaka**

- Andi Eka Yunianto, dkk. (2021). Ilmu Gizi Dasar (Alex Rikki & Janner Simarmata (ed.)). Yayasan Kita Menulis.
- Christine F. Mamuaja. (2017). Lipida (Pertama). Unsrat Press.
- Dina Febriani R Parewasi, R. I., Hidayanty, H., Hadju, V., & Battung, S. M. (2021). Hubungan Asupan Energi Dan Zat Gizi Makro dengan Status Gizi Remaja Putri Pesantren Darul Aman Gombara. *JGMI: The Journal of Indonesian Community Nutrition*, 10(1), 4.
- Fadhillah, R. (2019). Karbohidrat. In Universitas Esa Unggul (pp. 0–12).
- Fitri, A. S., Arinda, Y., & Fitriana, N. (2020). Analisis Senyawa Kimia pada Karbohidrat Analysis of Chemical Compounds on Carbohydrates. *Sainteks*, 17(1), 45–52.
- Furkon, L. A., Tp, S., Si, M., Perlu, M., & Ilmu, M. (2014). Mengenal Zat Gizi.
- Husain, Z. (2019). Klasifikasi gizi dan status gizi. In UIN Makassar.
- Kurniasih, E., Kuswari, M., & Nuzrina, R. (2022). Hubungan Asupan Zat Gizi Makro (Protein, Lemak, Karbohidrat) Dan Zat Gizi Mikro (Zat Besi, Asam Folat, Vitamin B12) Dengan Kadar Hemoglobin Atlet Futsal Putri Universitas Pendidikan Indonesia Bandung. *Jurnal Gizi Dan Kesehatan Manusia*, 2(1), 28–35.
- Muthmainnah, I., AB, I., & Prabowo, S. (2019). Hubungan Asupan Energi Dan Zat Gizi Makro (Protein, Karbohidrat, Lemak) Dengan Kebugaran (VO<sub>2</sub>Max) Pada Atlet Remaja Di Sekolah Sepak Bola (SSB) Harbi. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Mulawarman (JKMM)*, 1(1), 24. <https://doi.org/10.30872/jkmm.v1i1.2525>
- Nova, M., & Yanti, R. (2018). Hubungan Asupan Zat Gizi Makro dan Pengetahuan Gizi Dengan Status Gizi Pada Siswa MTs An-Nur Kota Padang. *Jurnal Kesehatan Perintis*, 5(2), 169–175.

- Rudiana Agustini. (2019). Mineral Fungsi dan Metabolisme. In Karunia Surabaya (pp. 1–51).
- Soraya, D., Sukandar, D., & Sinaga, T. (2017). Hubungan pengetahuan gizi, tingkat kecukupan zat gizi, dan aktivitas fisik dengan status gizi pada guru SMP. *Jurnal Gizi Indonesia (The Indonesian Journal of Nutrition)*, 6(1), 29–36. <https://doi.org/10.14710/jgi.6.1.29-36>
- Yuniarti, E. (2023). Vitamin (Efitra (ed.); 1st ed.). PT Sonpedia Publishing Indonesia.

## **Profil Penulis**



### **Wahyuni Sammeng, S.Gz., M.Kes.**

Penulis dilahirkan di Enrekang pada tanggal 19 Juni. Ketertarikan untuk menekuni bidang pendidikan bermula sejak 2008 menggeluti karir sebagai tentor kimia selama 11 tahun. Berangkat dari hal yang sama, menjadi motivasi penulis menempuh pendidikan magister kesehatan masyarakat tahun 2013. Penulis menyelesaikan studi S1 Ilmu Gizi di Universitas Hasanuddin Makassar dan melanjutkan pascasarjana kesehatan masyarakat di kampus yang sama. Penulis menjadi dosen sejak tahun 2016 di beberapa kampus swasta, STIKES Salewangang, Universitas Mega Buana, Universitas Cokroaminoto Palopo dan saat ini menjadi dosen di kampus Poltekkes Kemenkes Maluku. Penulis telah menyelesaikan beberapa penelitian yang dimuat dalam artikel yang dipublikasikan melalui jurnal nasional dan jurnal nasional terakreditasi. Selain menjalankan aktivitas sebagai pengajar dan peneliti, penulis juga telah menyelesaikan pengabdian masyarakat yang difokuskan pada remaja dan anak sekolah. Dengan keterlibatan dalam kepenulisan ini, penulis berharap tulisan ini menjadi sebab keberkahan dari Allah Subhanahu Wa Ta'ala dengan menebar kebaikan kepada orang lain. Semoga yang membacapun mendapat manfaat yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Email : wahyuniasmadzakiyah@gmail.com



---

## ANGKA KECUKUPAN GIZI

Risyahriyasna, S.Gz., M.Gz.

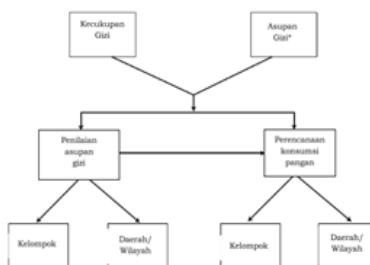
Universitas Perintis Indonesia

### **Konsep Angka Kecukupan Gizi**

Bahan pangan yang dikonsumsi dengan cara yang seimbang dan beragam akan memberikan dampak yang baik bagi tubuh, komposisi makanan yang dikatakan seimbang mencakup kebutuhan akan karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral serta air yang akan membantu dalam proses metabolisme. Keseimbangan zat gizi, secara umum akan mengacu kepada Angka Kecukupan Gizi atau yang kenal juga dengan istilah AKG. AKG merupakan seperangkat rekomendasi zat gizi berdasarkan golongan usia dan jenis kelamin yang disusun oleh para ahli. Angka Kecukupan Gizi tersebut dikembangkan berdasarkan hasil penelitian yang mengkaji tentang kebutuhan zat gizi sehingga dapat mencegah kejadian penyakibat akibat defisiensi zat gizi ataupun kelebihan asupan zat gizi (Aydin et al., 2024). Upaya perbaikan gizi sangat erat kaitannya dengan pemenuhan kualitas dan kuantitas konsumsi pangan masyarakat. Acuan untuk merencanakan dan menilai pemenuhan konsumsi gizi seseorang disebut kebutuhan gizi (nutrient requirement), sedangkan acuan untuk merencanakan dan menilai konsumsi pangan kelompok orang atau masyarakat di suatu daerah/wilayah disebut kecukupan gizi (nutrient allowances atau Recommended Dietary Allowances/RDA) (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019).

Di Indonesia, recommended dietary allowances disebut juga dengan Angka Kecukupan Gizi (AKG). AKG pertama kali ditetapkan pada tahun 1968, selanjutnya diperbarui melalui Widyakarya Nasional Pangan dan Gizi (WNPG). AKG yang pertama terdiri dari energi, protein, 5 vitamin dan 2 mineral. Angka Kecukupan Gizi tahun 2018 mencakup energi, semua zat gizi makro (protein, lemak dan karbohidrat serta air), 14 vitamin, dan 14 mineral termasuk elektrolit (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019). Manusia memerlukan konsumsi makanan yang mengandung gizi agar tubuh tidak mudah diserang oleh penyakit serta memiliki ketahanan tubuh terhadap penyakit yang akan masuk. Mengkonsumsi gizi berfungsi sebagai penentuan tingkatan kesehatan tubuh yang biasa disebut dengan status gizi. Hal ini penting sebagai peringatan bagi tubuh tentang keseimbangan gizi bagi tubuh yang apabila tidak terpenuhi secara seimbang akan menyebabkan kesalahan akibat gizi yaitu malnutrition (Setiawati & Mitro Subroto, 2021).

Angka Kecukupan Gizi adalah istilah umum untuk sekumpulan nilai acuan yang digunakan untuk merencakan dan menilai asupan gizi seseorang. Penilaian ini asupan gizi ini akan bervariasi tergantung dari usia dan jenis kelamin. Pada dasarnya penggunaan AKG dapat dibagi menjadi dua kategori besar yaitu untuk penilaian asupan zat gizi dari konsumsi pangan dan untuk perencanaan konsumsi pangan.



Gambar 5.1 Penggunaan Angka Kecukupan Gizi  
 Sumber: (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019)

Angka kecukupan gizi sebenarnya bisa berbeda dengan kebutuhan gizi individu. Oleh karena itu untuk menilai tingkat asupan individu dengan menggunakan AKG sebaiknya lakukan koreksi dengan berat badan. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menilai tingkat asupan individu dengan menggunakan AKG yang dikoreksi dengan berat badan adalah sebagai berikut:

1. Untuk menentukan angka kecukupan gizi, lakukan koreksi angka kecukupan gizi dengan berat badan aktual. Koreksi AKG dengan berat badan dapat dilakukan dengan rumus berikut

$$\text{AKG Koreksi} = \frac{\text{Berat Badan Aktual}}{\text{BB dalam AKG sesuai kelompok umur}} \times \text{AKG}$$

2. Setelah diperoleh nilai zat gizi yang telah dikoreksi dengan berat badan, maka selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan tingkat kecukupan zat gizi. Rumus perhitungan tingkat konsumsi secara umum adalah sebagai berikut:

$$\text{Tingkat Pemenuhan Gizi} = \frac{\text{Asupan Zat Gizi}}{\text{AKG Koreksi}} \times 100\%$$

### **Faktor-faktor yang Berpengaruh dalam Penentuan AKG**

Nilai AKG ditentukan oleh banyak faktor, di antaranya umur, tinggi dan berat badan, jenis kelamin, dan aktivitas(Riyadi & Victor Napitupulu, n.d.):

1. Umur

Umur seseorang berpengaruh terhadap penentu AKG. Hal ini karena umur menunjukkan tingkat perkembangan dan pertumbuhan seseorang, sehingga jumlah zat gizi yang diperlukan berbeda untuk setiap golongan umur. Pada usia balita merupakan usia dimana seseorang mulai tumbuh dan berkembang, sehingga pada masa kehidupan ini keperluan gizi sangat besar untuk memenuhi kebutuhan tubuhnya.

## 2. Ukuran Tubuh (Tinggi dan Berat Badan)

Untuk melakukan kegiatan fisik yang sama, orang yang berbadan besar menggunakan lebih banyak energi daripada yang kecil, karena untuk menggerakkan tubuh seseorang yang lebih besar diperlukan energi yang lebih banyak. Akan tetapi, kegiatan atau aktivitas fisik berpengaruh lebih banyak pada pengeluaran energi daripada pengaruh perbedaan ukuran tubuh.

## 3. Aktivitas

Aktivitas seseorang akan berpengaruh pada jumlah kebutuhan gizi. Makin banyak seseorang melakukan aktivitas fisik maka semakin banyak energi yang diperlukan.

### **Prinsip dan Tata Cara Penggunaan Angka Kecukupan Gizi**

1. Penggunaan Angka Kecukupan Gizi untuk Menghitung Kecukupan Gizi Penduduk di Daerah (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019):
  - a. Menghitung persentase (%) penduduk menurut jenis kelamin dan umur sesuai dengan pengelompokan umur pada tabel AKG.
  - b. Mengalikan nilai AKG pada tiap kelompok umur dan jenis kelamin, dengan persentase penduduk (%) di suatu daerah pada kelompok umur dan jenis kelamin yang sesuai.
  - c. Hasil dari perkalian tersebut kemudian dijumlahkan kebawah untuk setiap zat gizi, kemudian dibagi 100.
  - d. Maka didapatkan rerata AKG (misal AKE dan AKP) penduduk di daerah tersebut.
2. Penggunaan Angka Kecukupan Gizi untuk Menyusun Pedoman Konsumsi Pangan (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019):

3. Konsumsi pangan penduduk Indonesia diarahkan untuk mengacu pada Pedoman Umum Gizi Seimbang. Prinsip dan tata cara penggunaan AKG untuk menyusun pedoman konsumsi pangan:
  - a. Menggunakan AKG per kelompok umur sesuai pengelompokan
  - b. umur pada pedoman gizi seimbang.
  - c. Menerjemahkan jumlah energi dan zat gizi menggunakan Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI) menjadi kuantitas pangan dalam satuan gram pangan untuk setiap kelompok pangan (makanan pokok, lauk pauk, sayur, buah dan air).
  - d. Menerjemahkan kuantitas gram masing-masing kelompok pangan menjadi satuan porsi atau ukuran Ukuran Rumah Tangga (URT).
  - e. Prinsip ini bisa dilakukan untuk setiap kelompok umur, dengan pembagian porsi sebagaimana contoh menu “isi piringku” pada Pedoman Umum Gizi Seimbang.
4. Penggunaan Angka Kecukupan Gizi untuk Menghitung Kebutuhan Pangan Bergizi pada Penyelenggaraan Makanan Insitusi

Pedoman penggunaan AKG untuk menghitung kebutuhan pangan bergizi pada penyelenggaraan makanan insitusi diperuntukan pada institusi sekolah, tempat kerja, asrama, pesantren, panti, pusat pemasyarakatan, dan pelayanan haji. Gizi institusi adalah kecukupan gizi didasarkan pada hitungan dengan memperhatikan, antara lain angka kecukupan gizi, aktivitas tubuh, umur, penyakit, dan jenis kelamin. Penyelenggaraan makanan institusi dapat berupa pemberian makanan untuk memenuhi kebutuhan sehari atau untuk memenuhi sebagian dari kebutuhan gizi harian seperti sarapan, makan siang, makan malam, atau kudapan. Pedoman ini dapat digunakan untuk penilaian asupan gizi, pengadaan makanan, perencanaan makan, pengaturan tingkat gizi karakteristik dan kelompok

sasaran. Prinsip dan tata cara penggunaan AKG untuk menghitung kebutuhan pangan bergizi pada penyelenggaraan makanan insitusi sebagai berikut:

- a. Menetapkan kelompok sasaran sesuai pengelompokan umur dan jenis kelamin dalam tabel AKG.
  - b. Menggunakan AKG pada kelompok tersebut untuk merencanakan kebutuhan konsumsi pangan.
  - c. Menerjemahkan hasil perhitungan kebutuhan gizi menjadi kuantitas (gram) dan porsi makanan (prioritas pada energi, protein, karbohidrat, lemak, vitamin A, vitamin C, zat besi dan zink) sesuai kelompok pangan berdasarkan gizi seimbang dalam kualitas dan kuantitas.
  - d. Menghitung kebutuhan jumlah makanan untuk seluruh sasaran di institusi tersebut (termasuk penambahan 10%).
5. Kegunaan Angka Kecukupan Gizi

Manfaat AKG adalah pertama sebagai acuan dalam menilai kecukupan gizi; kedua sebagai acuan dalam menyusun makanan sehari-hari termasuk perencanaan makanan di institusi; ketiga sebagai acuan perhitungan dalam perencanaan penyediaan pangan tingkat regional maupun nasional; keempat sebagai acuan pendidikan gizi serta sebagai acuan label pangan yang mencantumkan informasi nilai gizi. Untuk melakukan evaluasi, perencanaan konsumsi dan ketersediaan pangan dalam rangka pemenuhan kebutuhan penduduk rata-rata secara makro nasional dan berbagai kebutuhan lainnya, dalam AKG ditetapkan estimasi ratarata angka kecukupan energi dan rata-rata angka kecukupan protein bagi masyarakat Indonesia. Rata-rata angka kecukupan energi bagi masyarakat Indonesia sebesar 2100 (dua ribu seratus) kilo kalori per orang per hari pada tingkat konsumsi. Rata-rata angka kecukupan protein bagi masyarakat Indonesia sebesar 57 (lima puluh

tujuh) gram per orang per hari pada tingkat konsumsi (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019).

### Tabel Angka Kecukupan Gizi

Tabel AKG terbagi atas tiga kelompok zat gizi yang dibutuhkan oleh tubuh diantaranya zat gizi makro, zat gizi mikro yang terdiri dari vitamin dan mineral.

#### a. Tabel Angka Kecukupan Zat Gizi Makro dan Air

Tabel 5.1. Angka Kecukupan Gizi Makro

Kelompok Umur	Berat Badan (kg)	Tinggi Badan (cm)	Energi (kkal)	Protein (g)	Lemak (g)				Karbohidrat (g)	Serat (g)	Air (ml)
					Total	Omega 3	Omega 6				
<b>Bayi / Anak</b>											
0 - 5 bulan <sup>1</sup>	6	60	550	9	31	0.5	4.4	59	0	700	
6 - 11 bulan	9	72	800	15	35	0.5	4.4	105	11	900	

Kelompok Umur	Berat Badan (kg)	Tinggi Badan (cm)	Energi (kkal)	Protein (g)	Lemak (g)			Karbohidrat (g)	Serat (g)	Air (ml)
					Total	Omega 3	Omega 6			
<b>Laki-laki</b>										
10 - 12 tahun	36	145	2000	50	65	1.2	12	300	28	1850
13 - 15 tahun	50	163	2400	70	80	1.6	16	350	34	2100
16 - 18 tahun	60	168	2650	75	85	1.6	16	400	37	2300
19 - 29 tahun	60	168	2650	65	75	1.6	17	430	37	2500
30 - 49 tahun	60	166	2550	65	70	1.6	17	415	36	2500
50 - 64 tahun	60	166	2150	65	60	1.6	14	340	30	2500
65 - 80 tahun	58	164	1800	64	50	1.6	14	275	25	1800
80+ tahun	58	164	1600	64	45	1.6	14	235	22	1600
<b>Perempuan</b>										
10 - 12 tahun	38	147	1900	55	65	1.0	10	280	27	1850
13 - 15 tahun	48	156	2050	65	70	1.1	11	300	29	2100
16 - 18 tahun	52	159	2100	65	70	1.1	11	300	29	2150
19 - 29 tahun	55	159	2250	60	65	1.1	12	360	32	2350

Kelompok Umur	Berat Badan (kg)	Tinggi Badan (cm)	Energi (kkal)	Protein (g)	Lemak (g)			Karbohidrat (g)	Serat (g)	Air (ml)
					Total	Omega 3	Omega 6			
<b>Hamil (+an)</b>										
Trimester 1		+180	+1	+2.3	+0.3	+2	+25	+3	+300	
Trimester 2		+300	+10	+2.3	+0.3	+2	+40	+4	+300	
Trimester 3		+300	+30	+2.3	+0.3	+2	+40	+4	+300	
<b>Menyusui (+an)</b>										
6 bln pertama		+330	+20	+2.2	+0.2	+2	+45	+5	+800	
6 bln kedua		+400	+15	+2.2	+0.2	+2	+55	+6	+650	

<sup>1</sup> Pemenuhan kebutuhan gizi bayi 0-5 bulan bersumber dari pemberian ASI Eksklusif

<sup>2</sup> Energi untuk aktifitas fisik dihitung menggunakan faktor aktifitas fisik untuk masing-masing kelompok umur yaitu 1.1 bagi anak hingga umur 1 tahun, 1.14 bagi anak 1-3 tahun, dan 1.26 bagi anak dan dewasa 4-64 tahun, serta 1.12 bagi usia lanjut

## b. Tabel Angka Kecukupan Vitamin

Tabel 5.2. Angka Kecukupan Vitamin

Kelompok Umur	Vit A (RE)	Vit D (mcg)	Vit E (mcg)	Vit K (mcg)	Vit B1 (mg)	Vit B2 (mg)	Vit B3 (mg)	Vit B5 (Pantotenat) (mg)	Vit B6 (mg)	Folat (mcg)	Vit B12 (mcg)	Biotin (mcg)	Kolin (mg)	Vit C (mg)
<b>Bayi / Anak</b>														
0 – 5 bulan <sup>1</sup>	375	10	4	5	0.2	0.3	2	1.7	0.1	80	0.4	5	125	40
6 – 11 bulan	400	10	5	10	0.3	0.4	4	1.8	0.3	80	1.5	6	150	50
1 – 3 tahun	400	15	6	15	0.5	0.5	6	2.0	0.5	160	1.5	8	200	40
4 – 6 tahun	450	15	7	20	0.6	0.6	8	3.0	0.6	200	1.5	12	250	45
7 – 9 tahun	500	15	8	25	0.9	0.9	10	4.0	1.0	300	2.0	12	375	45
<b>Laki-laki</b>														
10 – 12 tahun	600	15	11	35	1.1	1.3	12	5.0	1.3	400	3.5	20	375	50
13 – 15 tahun	600	15	15	55	1.2	1.3	16	5.0	1.3	400	4.0	25	550	75
16 – 18 tahun	700	15	15	55	1.2	1.3	16	5.0	1.3	400	4.0	30	550	90
19 – 29 tahun	650	15	15	65	1.2	1.3	16	5.0	1.3	400	4.0	30	550	90
30 – 49 tahun	650	15	15	65	1.2	1.3	16	5.0	1.3	400	4.0	30	550	90
50 – 64 tahun	650	15	15	65	1.2	1.3	16	5.0	1.7	400	4.0	30	550	90
<b>Perempuan</b>														
10 – 12 tahun	600	15	15	35	1.0	1.0	12	5.0	1.2	400	3.5	20	375	50
13 – 15 tahun	600	15	15	55	1.1	1.0	14	5.0	1.2	400	4.0	25	400	65
16 – 18 tahun	600	15	15	55	1.1	1.0	14	5.0	1.2	400	4.0	30	425	75
19 – 29 tahun	600	15	15	55	1.1	1.1	14	5.0	1.3	400	4.0	30	425	75
30 – 49 tahun	600	15	15	55	1.1	1.1	14	5.0	1.3	400	4.0	30	425	75
50 – 64 tahun	600	15	15	55	1.1	1.1	14	5.0	1.5	400	4.0	30	425	75
65 – 80 tahun	600	20	20	55	1.1	1.1	14	5.0	1.5	400	4.0	30	425	75
80+ tahun	600	20	20	55	1.1	1.1	14	5.0	1.5	400	4.0	30	425	75
<b>Hamil (+an)</b>														
Trimester 1	+300	+0	+0	+0	+0.3	+0.3	+4	+1	+0.6	+200	+0.5	+0	+25	+10
Trimester 2	+300	+0	+0	+0	+0.3	+0.3	+4	+1	+0.6	+200	+0.5	+0	+25	+10
Trimester 3	+300	+0	+0	+0	+0.3	+0.3	+4	+1	+0.6	+200	+0.5	+0	+25	+10
<b>Kelompok Umur</b>														
<b>Menyusui (+an)</b>														
6 bln pertama	+350	+0	+4	+0	+0.4	+0.5	+3	+2	+0.6	+100	+1.0	+5	+125	+45
6 bln kedua	+350	+0	+4	+0	+0.4	+0.5	+3	+2	+0.6	+100	+1.0	+5	+125	+45

<sup>1</sup> Pemenuhan kebutuhan gizi bayi 0-5 bulan bersumber dari pemberian ASI Eksklusif

## c. Tabel Angka Kecukupan Mineral

Tabel 5.3. Angka Kecukupan Mineral

Kelompok Umur	Kalsium (mg)	Fosfor (mg)	Magnesium (mg)	Besi <sup>2</sup> (mg)	Iodium (mcg)	Seng <sup>3</sup> (mg)	..Selenium (mcg)	Managan (mg)	Fluor (mg)	Kromium (mcg)	Kalium (mg)	Natrium (mg)	Klor (mg)	Tembagga (mcg)
<b>Bayi / Anak</b>														
0 – 5 bulan <sup>1</sup>	200	100	30	0.3	90	1.1	7	0.00	0.01	0.2	400	120	180	200
6 – 11 bulan	270	275	55	11	120	3	10	0.7	0.5	6	700	370	570	220
1 – 3 tahun	650	460	65	7	90	3	18	1.2	0.7	14	2600	800	1200	340
4 – 6 tahun	1000	500	95	10	120	5	21	1.5	1.0	16	2700	900	1300	440
7 – 9 tahun	1000	500	135	10	120	5	22	1.7	1.4	21	3200	1000	1500	570
<b>Laki-laki</b>														
10 – 12 tahun	1200	1250	160	8	120	8	22	1.9	1.8	28	3900	1300	1900	700
13 – 15 tahun	1200	1250	225	11	150	11	30	2.2	2.5	36	4800	1500	2300	795
16 – 18 tahun	1200	1250	270	11	150	11	36	2.3	4.0	41	5300	1700	2500	890
19 – 29 tahun	1000	700	360	9	150	11	30	2.3	4.0	36	4700	1500	2250	900

Kelompok Umur	Kalsium (mg)	Fosfor (mg)	Magnesium (mg)	Besi <sup>2</sup> (mcg)	Iodium (mcg)	Seng <sup>3</sup> (mg)	..Selenium (mcg)	Mangan (mg)	Fluor (mg)	Kromium (mcg)	Kalium (mg)	Natrium (mg)	Klor (mg)	Tembaga (mcg)
30 – 49 tahun	1000	700	360	9	150	11	30	2.3	4.0	34	4700	1500	2250	900
50 – 64 tahun	1200	700	360	9	150	11	30	2.3	4.0	29	4700	1300	2100	900
65 – 80 tahun	1200	700	350	9	150	11	29	2.3	4.0	24	4700	1100	1900	900
80+ tahun	1200	700	350	9	150	11	29	2.3	4.0	21	4700	1000	1600	900
<b>Perempuan</b>														
10 – 12 tahun	1200	1250	170	8	120	8	19	1.6	1.9	26	4400	1400	2100	700
13 – 15 tahun	1200	1250	220	15	150	9	24	1.6	2.4	27	4800	1500	2300	795
16 – 18 tahun	1200	1250	230	15	150	9	26	1.8	3.0	29	5000	1600	2400	890
19 – 29 tahun	1000	700	330	18	150	8	24	1.8	3.0	30	4700	1500	2250	900
30 – 49 tahun	1000	700	340	18	150	8	25	1.8	3.0	29	4700	1500	2250	900
50 – 64 tahun	1200	700	340	8	150	8	25	1.8	3.0	24	4700	1400	2100	900
65 – 80 tahun	1200	700	320	8	150	8	24	1.8	3.0	21	4700	1200	1900	900
80+ tahun	1200	700	320	8	150	8	24	1.8	3.0	19	4700	1000	1600	900
<b>Hamil (+an)</b>														
Trimester 1	+200	+0	+0	+0	+70	+2	+5	+0.2	+0	+5	+0	+0	+0	+100
Trimester 2	+200	+0	+0	+9	+70	+4	+5	+0.2	+0	+5	+0	+0	+0	+100
Trimester 3	+200	+0	+0	+9	+70	+4	+5	+0.2	+0	+5	+0	+0	+0	+100
<b>Menyusui (+an)</b>														
6 bulan pertama	+200	+0	+0	+0	+140	+5	+10	+0.8	+0	+20	+400	+0	+0	+400
6 bulan kedua	+200	+0	+0	+0	+140	+5	+10	+0.8	+0	+20	+400	+0	+0	+400

<sup>1</sup> Pemenuhan kebutuhan gizi bayi 0-5 bulan bersumber dari pemberian ASI Eksklusif

<sup>2</sup> Diasumsikan 75% besi adalah dari sumber besi heme. Buah, sayuran, dan makanan yang difortifikasi besi adalah sumber besi non-heme, daging dan unggas adalah sumber besi heme;

<sup>3</sup> Diasumsikan sumber seng berasal dari sumber dengan bioavailability tinggi dan sedang (IOM, 2001 dan 2006)

## Pedoman Diet di beberapa Negara

Makanan yang terdiri dari sumber zat gizi makro (karbohidrat, protein, dan lemak) serta zat gizi mikro (vitamin dan mineral) dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan metabolisme tubuh, pertumbuhan dan perkembangan serta proses reproduksi. Zat bioaktif dalam makanan juga akan memberikan efek yang baik bagi tubuh dan mempunyai sifat yang spesifik terhadap proses pertahanan dan sistem imun tubuh. Pengetahuan tentang komposisi bahan makanan dan kemampuan dalam menggolongkan jenjang bahan makanan tersebut merupakan suatu kemampuan dasar yang harus dimiliki untuk mengetahui jumlah asupan makanan, apakah makanan yang dikonsumsi sesuai dengan anjuran atau berlebih dan mungkin bisa menjadi kurang. Hal ini akan berdampak terhadap status gizi seseorang, selain untuk menilai asupan makanan, mengetahui anjuran atau rekomendasi dalam mengkonsumsi makanan juga bermanfaat dalam proses perencanaan diet seseorang (Cámarra et al., 2021).

Hasil penelitian telah menunjukkan bahwa pola makan yang bervariasi dan seimbang dengan konsumsi yang paling dominan pada kelompok nabati dapat meningkatkan kesehatan dan mengurangi dampak yang buruk. Komisi EAT-Lancet, penerapan pola makan yang sehat dan berkelanjutan dapat mengurangi 19,0–23,6% kematian global (10,8–11,6 juta) setiap tahunnya (Cámará Hurtado et al., n.d.).

Kajian pola diet ini dilihat pada beberapa negara bagian seperti Amerika Utara, Asia, dan Eropa. Pemilihan pedoman dari negara ini karena memiliki kesamaan dalam aturan diet diantaranya:

1. Konsumsi makanan yang bervariasi dan berimbang: mengkonsumsi berbagai macam produk makanan dari kelompok makanan yang berbeda dan seimbang antara energi input dengan energi output.
2. Menekankan konsumsi bahan makanan nabati: yaitu buah-buahan, sayuran, umbi-umbian yang diproses secara minim minyak dan garam.
3. Konsumsi daging, susu dan olahan dalam jumlah yang cukup sesuai dengan kebutuhan tubuh. Konsumsi ikan dan beberapa produk hasil laut sangat dianjurkan, karena memberikan manfaat yang besar untuk perkembangan otak khususnya pada bayi.
4. Batasi konsumsi minyak, gula sederhana, dan garam sederhana.
3. Perbanyak konsumsi air putih, batasi konsumsi minuman manis dan bersoda.

Hasil dari penelitian ini memberikan gambaran bahwa semua pedoman diet yang diulas memberikan rekomendasi untuk makanan kelompok: buah-buahan, sayuran, makanan bertepung (sereal, sebaiknya biji-bijian, roti, pasta, nasi, kentang), polong-polongan, kacang-kacangan, susu dan produk susu (yogurt, keju), daging dan turunannya, ikan, telur, air, dan minyak (minyak nabati, yang terpenting minyak zaitun murni). Rekomendasi diet Spanyol diusulkan oleh Komite Ilmiah AESAN mencakup pola makan yang bervariasi dan

seimbang yang ditandai dengan konsumsi nabati yang dominan dan konsumsi makanan yang berasal dari hewan dalam jumlah sedang. Artinya, 3–5 porsi buah-buahan/hari, 2–4 porsi sayur (mentah dan dimasak)/hari, 4–6 porsi sereal/hari (sebaiknya biji-bijian), 2–4 porsi kacang-kacangan/minggu, 2–4 porsi susu dan produk susu/hari,  $\geq 2$  porsi ikan/minggu (jika memungkinkan, 1–2 porsi ikan berminyak/minggu), 2–4 butir telur/minggu, dan 2–4 porsi daging/minggu, sebaiknya ayam atau kelinci, dan konsumsi daging merah tidak boleh melebihi 2 porsi/minggu. Konsumsi kacang-kacangan tanpa tambahan garam serta minyak zaitun murni juga direkomendasikan. Terakhir, 1,5–2,5 L air/hari harus dikonsumsi setiap hari asupan garam dan gula masing-masing tidak boleh melebihi 5 dan 30 g. Penelitian ini memberikan gambaran internasional yang penting tentang dua belas pangan berbasis pedoman diet dari tiga benua berbeda (Asia, Amerika Utara, dan Eropa). Pilihan ini mencakup pedoman diet dari beragam budaya dan tradisi yang terkait langsung dengan kebiasaan dan pola makan warga dari daerah masing-masing (Câmara Hurtado et al., n.d.).

## **Daftar Pustaka**

- Aydin, G., Margerison, C., Worsley, A., & Booth, A. (2024). Food and nutrition information requirements of Australian primary school parents. *Public Health Nutrition*, 27(1). <https://doi.org/10.1017/S1368980024000387>
- Cámara Hurtado, M., Alonso Calleja, C., María Giner Pons, R., Gon-zález Fandos, E., Mañes Vinuesa, J., Alfredo Martínez Hernández, J., López García, E., Moreno Arribas, V., del Puy Portillo Baquedano, M., Rafecas Martínez, M., Rodríguez Lázaro, D., Marín Sillué, S., Elena González Fandos, M., Rodríguez Lázaro, D., María José González Muñoz, M., José Morales Navas, F., Rubio Armendáriz, C., Fernández Escámez, P., Victoria Moreno Arribas, M., ... Calderón Pascual, V. (n.d.). Report of the Scientific Committee of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) on the assessment of olive oil by its nutritional characteristics in the Nutri-Score labelling system Scientific Committee AESAN Scientific Committee: Assessment of olive oil by its nutritional characteristics in the Nutri-Score labelling system (Vol. 33).
- Cámara, M., Giner, R. M., González-Fandos, E., López-García, E., Mañes, J., Portillo, M. P., Rafecas, M., Domínguez, L., & Martínez, J. A. (2021). Food-based dietary guidelines around the world: A comparative analysis to update aesan scientific committee dietary recommendations. *Nutrients*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/nu13093131>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2019). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia.
- Riyadi, H., & Victor Napitupulu, dan. (n.d.). Kecukupan Energi, Protein, Lemak Dan Karbohidrat.

Setiawati, M., & Mitro Subroto. (2021). Pemenuhan Gizi Berdasarkan AKG Bagi Anak di Lembaga Pemasyarakatan Mengenai Hak Mendapatkan Makanan yang Layak. *Jurnal Gizi Dan Kesehatan*, 13(2), 1–11. <https://doi.org/10.35473/jgk.v13i2.108>

## **Profil Penulis**



### **Risya Ahriyasna, S.Gz., M.Gz.**

Penulis dilahirkan di Padang pada tanggal 16 November 1992. Ketertarikan penulis terhadap ilmu gizi dimulai pada tahun 2011 silam saat pertama kali mengambil Pendidikan di bidang gizi di Poltekkes Kemenkes Padang jurusan gizi dan lulus pada tahun 2014. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan Sarjana Gizi di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Andalas dan berhasil menyelesaikan studi pada tahun 2016. Pada tahun 2017, penulis melanjutkan studi di Program Magister Ilmu Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro dan menyelesaikan studi pada tahun 2019. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi S1 Gizi Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Perintis Indonesia. Penulis pernah menjabat sebagai Sekretaris Jurusan Gizi dan Kepala UPT Laboratorium Sentral Universitas Perintis Indonesia. Penulis juga aktif dalam kegiatan ilmiah dan organisasi keprofesian yaitu Persatuan Ahli Gizi Indonesia (PERSAGI) dan Asosiasi Dietisien Indonesia (AsDI). Sehari-harinya bekerja sebagai dosen pengampu mata kuliah Metabolisme Energi dan Zat Gizi Makro, Metabolisme Zat Gizi Mikro, Patologi Penyakit Infeksi, Statistik Dasar, Statistik Lanjut, dan Analisa Data Pangan dan Gizi. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan book chapter.

Email Penulis : risya.ahriyasna16@gmail.com

## PENILAIAN STATUS GIZI INDIVIDU

**Ary Anggara, S.KM., M.Biomed.**  
Universitas Tadulako

### **Indikator Penilaian Status Gizi pada Anak**

Malnutrisi pada anak merupakan masalah kesehatan masyarakat yang besar dan memiliki efek jangka pendek maupun jangka panjang terhadap kesehatan (Hemalatha et al., 2020). Malnutrisi merupakan penyebab utama dari morbiditas dan mortalitas di berbagai negara berkembang. Hal ini terjadi akibat konsumsi harian yang tidak adekuat, terdapat penyakit infeksius, atau kombinasi dari kedua hal tersebut. Malnutrisi pada anak juga memiliki kaitan paralel dengan kondisi demografik, lingkungan, dan kondisi sosio ekonomi, karakteristik pola asuh orang tua, serta lokasi geografis. Kekurangan nutrisi merupakan penyebab terjadinya setengah kematian pada anak usia dibawah 5 tahun di seluruh dunia setiap tahunnya. Stunting, wasting, dan underweight merupakan 3 indikator status nutrisi pada anak yang diketahui secara luas. Secara global, prevalensi stunting, wasting, dan underweight pada anak usia di bawah 5 tahun yaitu sebesar 26%, 8%, dan 16% secara berurutan. Pada kondisi stunting, wasting, dan underweight terjadi defisiensi makronutrien dan mikronutrien yang merupakan permasalahan nutrisi yang sering terjadi pada anak di seluruh dunia (Verma & Prasad, 2021).

Malnutrisi disebabkan oleh berbagai faktor yang dapat dibagi menjadi 3 kategori yaitu:

1. Penyebab segera (immediate causes) : konsumsi pola makan yang tidak adekuat dan penyakit seperti diare
2. Penyebab yang mendasarinya (underlying causes) : kerawanan pangan rumah tangga, pelaksanaan maternal dan perawatan anak yang buruk, akses pelayanan kesehatan dan sanitasi yang buruk. Faktor ini merupakan penyebab langsung dari konsumsi makanan yang tidak adekuat dan terjadinya penyakit pada anak.
3. Penyebab dasar (basic cause) atau akar penyebab : sumber daya, politik, budaya, struktur ekonomi di area tersebut (Iddrisu et al., 2021).

Pada tahun 2016, kekurangan nutrisi termasuk yaitu stunting, wasting dan underweight diestimasikan menyebabkan 1 juta kematian secara global. Kekurangan nutrisi masih menjadi endemik di Asia Tenggara dan Sub Sahara Afrika (Ssentongo et al., 2021). Indikator yang paling sering digunakan untuk penilaian status gizi anak berdasarkan world health organization (WHO) yaitu underweight (berat badan kurang menurut umur), stunting (tinggi badan kurang menurut umur), dan wasting (berat badan kurang menurut tinggi badan) (Mireku et al., 2019).

Terdapat keterkaitan klinis antara wasting dan stunting. Anak-anak dengan wasting memiliki kemungkinan yang lebih besar untuk berkembang menjadi stunting dan pada beberapa tempat, kondisi ini dapat diikuti oleh tren musim dan stresor lingkungan. Secara umum, stunting dipertimbangkan bahwa relatif tidak sensitif terhadap kekurangan nutrisi jangka pendek. Sebaliknya, underweight dan wasting kemungkinan merupakan hasil dari kelaparan akut atau akibat sebuah penyakit (Ssentongo et al., 2021).

Status gizi secara primer diperiksa melalui pengukuran antropometri berupa tinggi badan anak atau panjang badan pada anak yang lebih muda dan berat badan yang kemudian dibandingkan dengan standar metrik. Stunting yaitu tinggi badan untuk umur memiliki z-score dibawah -2 standar deviasi (SD) dari median global. Wasting yaitu

berat badan untuk tinggi badan memiliki z-score dibawah -2 SD dari median global. Underweight yaitu berat badan untuk umur memiliki z-score dibawah -2 SD dari median global (Ssentongo et al., 2021).

Penyebab paling umum dari malnutrisi atau kekurangan gizi pada anak adalah konsumsi makanan yang tidak adekuat dan penyakit seperti diare. Meskipun akses yang tidak adekuat terhadap nutrisi yang baik merupakan penyebab utama malnutrisi namun mikrobiota usus juga terlibat pada kondisi ini. Gangguan pada mikrobiota usus berupa peningkatan filum proteobacteria dan penurunan spesies *Bifidobacterium* dan *Lactobacillus* berkaitan dengan kejadian diare. Diare merupakan faktor penyebab utama malnutrisi pada anak, utamanya pada daerah dengan pendapatan yang rendah (Iddrisu et al., 2021).

### **Kebutuhan Nutrisi Anak**

Nutrisi secara ilmiah dibagi ke dalam dua klasifikasi yaitu makronutrien dan mikronutrien. Makronutrien merupakan komponen utama dalam berbagai jaringan tubuh dan merupakan penentu jumlah keseluruhan asupan kalori. Hal ini menyebabkan makronutrien merupakan sumber energi utama bagi tubuh manusia. Makronutrien terdiri dari karbohidrat, protein dan lemak atau lipid (Savarino et al., 2021).

Mikronutrien merupakan komponen pada pola makan yang tidak memberikan kontribusi yang signifikan terhadap asupan kalori, namun tetap dapat dipertimbangkan sebagai komponen yang penting bagi kesehatan dan fungsi vital meskipun dalam jumlah yang kecil (Savarino, 2021). Mikronutrien merupakan komponen esensial dan diperlukan untuk menjalankan fungsi sel dan molekular secara normal (Tam et al., 2020). Mikronutrien termasuk vitamin baik itu yang larut air maupun tidak larut air serta mineral (Savarino et al., 2021).

Defisiensi pada makronutrien dan mikronutrien memiliki dampak yang signifikan terhadap fungsi keseluruhan tubuh dan kondisi psikologis. Defisiensi nutrisi ini

khususnya berdampak pada proses pertumbuhan (Savarino et al., 2021). Meskipun mikronutrien hanya dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit namun defisiensi mikronutrien dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan. Sebagai contoh yaitu anemia akibat defisiensi zat besi pada bayi dan anak merupakan faktor risiko untuk gangguan belajar dan penurunan pencapaian pendidikan (Surono et al., 2021).

Defisiensi iodin pada anak merupakan faktor risiko terjadinya keterlambatan perkembangan. Defisiensi vitamin A meningkatkan risiko kebutaan pada anak dan kematian akibat diare dan campak. Defisiensi zinc berkaitan dengan gangguan pertumbuhan dan penurunan fungsi imun sehingga dapat menyebabkan stunting, wasting, dan infeksi yang lebih berat. Secara keseluruhan telah diestimasikan bahwa kekurangan nutrisi, dalam hal ini termasuk stunting dan wasting menyebabkan sekitar 45% kematian pada seluruh anak atau sebanyak 3,1 juta kematian setiap tahun (Tam et al., 2020). Anak dengan stunting memiliki kadar makronutrien yaitu karbohidrat, lemak, protein, dan energi yang lebih rendah dibandingkan anak dengan status gizi normal (Surono, et al., 2021).

Masa anak-anak dan remaja merupakan periode yang penting dalam kehidupan karena pada masa ini terbentuk pola makan. Pola makan yang sehat dan baik merupakan faktor yang sangat berperan dalam mempertahankan kesehatan selama hidup. Anak pada usia sekolah memerlukan asupan protein untuk memenuhi kebutuhan harian dan memberikan pertumbuhan yang sehat. Kebutuhan protein per kg berat badan yaitu sekitar 1.8 gram pada anak-anak dan 1.2 gram pada remaja (Otinwa et al., 2023).

Kebutuhan kalori harian pada anak ditentukan berdasarkan usia, jenis kelamin, dan tingkat aktivitas. Anak-anak yang sedang berada dalam masa pertumbuhan sejatinya memerlukan kalori yang lebih banyak untuk mempertahankan dan membentuk tubuh. Anak usia 11 hingga 12 tahun memerlukan 1.800 hingga 2.200 kalori dalam satu hari. Pada anak usia 6 hingga 8

tahun digunakan nilai 60-65 kkal/kg/hari dan pada usia 9 tahun kebutuhannya yaitu 35-45 kkal/kg/hari (Otinwa et al.,2023). Pada saat onset puberitas maka kebutuhan energi akan meningkat menjadi 2.500 kkal/hari pada Perempuan dan 3.000 kkal/hari pada laki-laki. Peningkatan kebutuhan energi ini dapat dipenuhi dengan konsumsi sayuran, buah,ereal, dan biji-biji dibandingkan konsumsi lemak dan gula bebas (Savarino et al., 2021).

Pada 6 bulan pertama kehidupan anak, terjadi sintesis jaringan baru yang sangat cepat. Pada usia 6 bulan biasanya berat badan mencapai dua kali lipat dari berat badan lahir, peningkatan panjang badan sebanyak 15 cm dan lingkar kepala meningkat hingga 8 cm. Pada masa ini terjadi perkembangan neurokognitif dan fungsi motorik. Peningkatan berat badan dan panjang badan merupakan tanda dari kesehatan yang baik. Peningkatan lingkar kepala menandakan peningkatan massa otak. Air susu ibu (ASI) merupakan sumber makanan utama bagi bayi hingga usia 6 bulan. Komponen yang terkandung di ASI dapat memenuhi kebutuhan nutrisi bayi seperti energi, protein, karbohidrat, lipid, vitamin dan cairan. ASI eksklusif diberikan selama 6 bulan (Savarino et al., 2021).

ASI mengandung sebanyak 0.67 kkal/g yang terdiri atas 8-10 g/L protein dan asam amino esensial. lipid yang terkandung didalamnya yaitu 4 g/L. Didalam lipid terdapat 33-38% asam oleat, asam linoleat 8-12%. Terdapat juga docosahexaenoic acid (DHA) dengan jumlah yang bervariasi. Kolesterol yang terkandung didalam ASI yaitu 160 mg/L serta laktosa sebanyak 70 g/L (Savarino et al., 2021).

Terdapat berbagai mikronutrien didalam ASI seperti kalsium dan fosfat serat kaya akan vitamin A, C, E, dan berbagai vitamin B seperti B1, B6, dan B12. Pada bayi yang masih berada di usia ASI eksklusif, kebutuhan energi harian dapat dipenuhi dari ASI hingga usia 6 bulan. Pada bayi usia 0-6 bulan kebutuhan karbohidrat didapatkan dari ASI yang mengandung sejumlah kecil monosakarida seperti glukosa dan galaktosa serta human milk oligosaccharides (HMO). Komponen HMO merupakan

agen prebiotik yang memperkaya pertumbuhan dari organisme probiotik yang menguntungkan dan juga dapat berperan sebagai inhibitor patogen pada usus manusia (Savarino et al., 2021).

Kebutuhan harian untuk karbohidrat yang termasuk dalam fruktosa, glukosa, dan galaktosa yaitu 50% dan 55% dari total kalori. Karbohidrat memiliki densitas energi sebesar 4 kkal/g dan fungsi sebagai sumber energi (Otinwa et al., 2023; Savarino et al., 2021). Karbohidrat sangat diperlukan dalam metabolism eritrosit dan fungsi organ vital seperti ginjal dan otak (Savarino et al., 2021). Karbohidrat terbagi menjadi karbohidrat sederhana dan karbohidrat kompleks. Karbohidrat kompleks lebih disarankan dibandingkan karbohidrat sederhana karena memiliki indeks glikemik yang lebih rendah. Indeks glikemik memengaruhi peningkatan kadar gula dalam darah. Apabila indeks glikemik rendah maka kenaikan kadar gula dalam darah akan terjadi secara bertahap. Konsumsi gula sederhana masih dapat diberikan namun dengan jumlah tidak melebihi 5% hingga 10% kebutuhan kalori harian (Otinwa et al., 2023).

Protein merupakan komponen yang berperan sebagai penyusun tubuh seperti otot, tulang, dan ligamen, otak, sistem imun, dan mukosa usus. Protein tersusun atas asam amino (Otinwa et al., 2023; Savarino et al., 2021). Peningkatan berat badan, panjang badan dan lingkar kepala pada bayi usia 0-6 bulan membutuhkan protein. Pada usia ini kebutuhan protein didapatkan sepenuhnya dari ASI yang mengandung protein sebanyak 1.4-1.6 g/100 mL pada minggu pertama dan 0.8-1.0 g/100 mL pada bulan ketiga. Kebutuhan harian protein pada usia 4 hingga 7 tahun yaitu 0,86 g/kg dan meningkat menjadi 0.92 g/kg pada fase pre-puberitas (Savarino et al., 2021). Kebutuhan harian tubuh akan protein yaitu sebesar 20% dari kalori harian. Protein bisa didapatkan dari daging merah, daging putih, dan telur (Otinwa et al., 2023).

Lemak memiliki fungsi sebagai sumber energi. Lemak mengandung berbagai nutrient esensial seperti polyunsaturated fatty acid (PUFA), arachidonic acid (RA), dan DHA. Lemak juga berperan dalam absorpsi vitamin

yang bersifat larut dalam lemak. Nutrien ini juga memiliki kontribusi dalam modulasi respon inflamasi, regulasi ekspresi gen dan memengaruhi kestabilan membran sel pada berbagai jaringan, termasuk otak dan retina. DHA memiliki peran dalam perkembangan neurologis pada satu bulan pertama kehidupan. Kekurangan komponen esensial seperti ARA dan DHA dapat menyebabkan perubahan fungsional dari neurologis, imun, dan kardio (Savarino et al., 2021).

Lemak merupakan makronutrien dengan densitas kalori yang tinggi. Lemak merupakan sumber dari asam lemak esensial, ARA, EPA DHA, dan kolesterol. Konsumsi lipid sangat esensial pada 2 tahun pertama untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan otak. Pada masa kanak-kanak, lebih penting untuk mengutamakan kualitas lemak yang dikonsumsi daripada kuantitasnya. ARA merupakan komponen yang esensial untuk pertumbuhan dan perkembangan pada bayi, defisiensi ARA dapat menyebabkan dermatitis. Komponen DHA penting untuk perkembangan jantung, otak, dan retina. Defisiensi DHA dapat menyebabkan gangguan perkembangan psikomotor dan visual. Umumnya DHA dapat diproduksi oleh tubuh namun jumlahnya tidak dapat memenuhi kebutuhan DHA harian yaitu 100 mg/hari sehingga anak-anak disarankan untuk mendapatkan konsumsi DHA yang adekuat dari makanan. Pilihan makanan yang memiliki kandungan DHA yaitu ikan laut dingin seperti ikan kod, salmon, belut atau beberapa alga. Kolesterol merupakan prekursor hormon steroid, asam empedu, dan vitamin D. Kolesterol juga berperan dalam pembentukan membrane sel. Makanan yang mengandung kolesterol yaitu susu, telur, dan daging (Savarino et al., 2021).

Serat merupakan komponen yang berperan dalam meningkatkan sistem pencernaan dengan cara meningkatkan peristaltik saluran pencernaan, mempengaruhi mikrobiota usus dan meningkatkan massa feses. Konsumsi serat yang rutin dapat menurunkan risiko terkena kanker kolon serta mencegah terjadinya diare dan konstipasi. Sumber serat dapat berasal dari sayur dan buah. Konsumsi serat harian yaitu

paling sedikit yaitu sebanyak 5 porsi setiap hari. Pola makan dengan tinggi serat dapat membantu menurunkan kolesterol, meningkatkan toleransi statin, dan menurunkan risiko aterosklerosis (Otinwa et al., 2023; Savarino et al., 2021).

Gandum, biji-bijian, buah, dan sayur merupakan makanan yang kaya akan serat. Makanan ini juga kaya akan mikronutrien, dapat memperlambat absorpsi karbohidrat dan menurunkan absorpsi lemak. Pada anak usia sekolah, konsumsi harian serat yang direkomendasikan yaitu minimal 10 g/hari sedangkan pada remaja yaitu paling sedikit yaitu 25 g/hari (Savarino, 2021).

Selama masa kanak-kanak, mineral dan vitamin sangat penting untuk pertumbuhan. Setelah masa penyapihan selesai, diperlukan pola makan yang baik untuk memenuhi kebutuhan mikronutrien yang adekuat. Kalsium, fosfat dan vitamin D merupakan mikronutrien yang penting bagi pertumbuhan tulang. Mineral iodin terlibat dalam sintesis hormon tiroid dan pembentukan mielin pada otak. Zat besi utamanya dibutuhkan untuk sintesis sel darah merah dan jaringan baru. Zinc merupakan mineral yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan regulasi dari sistem imun (Savarino et al., 2021).

Pada usia pra remaja, kebutuhan terhadap mikronutrien dapat dipenuhi dengan konsumsi makanan yang beragam sepertiereal, biji-bijian, buah, sayur, telur, susu dan turunannya, ikan dan daging. Anak-anak tidak memerlukan suplemen tetapi beberapa makanan seperti garam telah diperkaya dengan iodin untuk menghindari terjadinya gondok dan hipotiroid (Savarino et al., 2021).

Suplementasi zat besi menunjukkan perbaikan yang signifikan terhadap konsentrasi hemoglobin, serum/plasma ferritin dan anemia defisiensi zat besi. Zat besi juga dapat meningkatkan kemampuan kognisi dan kecerdasan pada anak usia dibawah lima tahun dan anak usia sekolah. Pedoman dari WHO merekomendasikan pemberian suplementasi zat besi harian pada populasi

usia di bawah lima tahun pada daerah dengan prevalensi anemia 40% atau lebih. Namun pemberian zat besi peroral tidak boleh diberikan pada anak di daerah endemic malaria yang tidak memiliki surveilans dan manajemen pencegahan serta pengukuran malaria yang layak (Tam et al., 2020).

### **Manfaat Nutrisi pada Pertumbuhan dan Perkembangan Anak**

Perkembangan pada masa kanak-kanak merujuk pada perubahan multidimensi yang dinamik dalam pertumbuhan fisik anak, sosial, emosional, fikiran, dan kemampuan komunikasi. Hal ini utamanya terjadi selama masa kanak-kanak dan terus berlanjut hingga dewasa. Perkembangan pada masa kanak-kanak meliputi lima domain yang berbeda yaitu motorik kasar, motorik halus, kemampuan berbicara, kognitif, dan sosio-emosional yang berkembang secara spesifik berdasarkan usia yang dapat dilakukan oleh anak-anak sehat pada usia tertentu (Oumer et al., 2022).

Nutrisi pada anak merupakan permasalahan yang serius karena masa kanak-kanak merupakan periode intens dari pertumbuhan dan perkembangan termasuk mental, fisik, motorik dan kognitif (Vaivada et al, 2020; Verma & Prasad, 2021). Pola pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh faktor endokrin dan lingkungan, termasuk tekanan psikososial dan ketersediaan nutrient (Inzaghi et al., 2022). Hal ini akan berpengaruh terhadap performa anak selama di sekolah (Otinwa et al., 2023). Lebih jauh lagi, malnutrisi pada anak dapat menyebabkan berkurangnya kemampuan sensori-motorik, kapasitas reproduksi dan menyebabkan anak lebih mudah menderita berbagai penyakit seperti diabates, hipertensi, hingga penurunan produktivitas di lingkungan kerja ketika sudah dewasa (Inzaghi et al., 2022; Mkhize & Sibanda, 2020; Mphahlele et al., 2020).

Perkembangan anak usia dini terdiri dari fisik, sensorimotor, sosial, emosional, bahasa dan aspek kognitif dari pertumbuhan. Selama beberapa tahun pertama setelah lahir, anak akan mengembangkan

kemampuan kognitif sesuai usia serta kompetensi sosial dan emosional yang kemudian akan berpengaruh terhadap kesehatan fisik dan mental. Lingkungan yang optimal untuk perkembangan anak memberikan peran yang penting. Sehingga anak harus mendapatkan perawatan pengasuhan berupa kesehatan yang adekuat, nutrisi, keamanan serta kenyamanan (Shrestha et al., 2021).

Anak bayi memerlukan mikronutrien untuk mendukung pertumbuhan fisiologisnya. Pada usia 0-6 bulan pemberian ASI dapat memenuhi asupan mikronutrien yang adekuat karena kaya akan mineral dan vitamin. Kalsium dan fosfor merupakan mineral yang esensial untuk pertumbuhan. Iodin penting untuk pertumbuhan bayi karena defisiensi pada iodin akan menyebabkan hipotiroid dan kretinisme. ASI memberikan iodin yang adekuat jika ibu memiliki pola makan yang mengandung iodin sebanyak 250 $\mu$ g/hari. Vitamin D penting untuk absorpsi kalsium dan sintesis jaringan tulang. Kandungan vitamin D pada ASI tidak dapat memenuhi kebutuhan harian bayi sehingga direkomendasikan untuk pemberian 400IU vitamin D pada tahun pertama kehidupan. Vitamin A penting untuk diferensiasi sel dan modulasi apoptosis. Vitamin A juga meregulasi embryogenesis, pertumbuhan, fungsi imun dan penglihatan. Mineral Zinc berperan dalam berbagai fungsi selular dan penting bagi pertumbuhan dan perkembangan. Zinc berperan dalam diferensiasi sel, terutama pada jaringan yang memiliki karakteristik pergantian sel dan proliferasi yang cepat seperti sel imun dan sel pada sistem gastrointestinal (Savarino et al., 2021).

Perkembangan organ pada umumnya, termasuk sistem saraf terjadi hingga usia lima tahun. Selama lima tahun pertama kehidupan seorang anak, lebih dari 90% ukuran otak anak telah tercapai. Hal ini menyebabkan masa kanak-kanak awal merupakan periode yang paling sensitive untuk terjadinya keterlambatan perkembangan yang dapat memengaruhi kemampuan belajar, perkembangan emosional dan kehidupan anak di masa depan secara negatif. Stimulasi kognitif, stunting,

defisiensi iodin, dan anemia defisiensi besi merupakan faktor risiko untuk keterlambatan perkembangan. Kekurangan nutrisi pada masa kanak-kanak dini secara signifikan memengaruhi potensi kognitif seorang anak. Setiap peningkatan tinggi badan anak sebesar 1 cm maka terjadi peningkatan dalam performa kognitif seorang anak (Oumer et al., 2022)

Usia pra sekolah yaitu antara usia 3-6 tahun. Pada masa ini pertumbuhan pada anak cenderung konstan yaitu pertambahan berat badan sekitar 2 kg per tahun dan pertambahan tinggi badan 6 cm per tahun. Usia sekolah dimulai pada usia 6 tahun dan berakhir pada saat onset puberitas yang terjadi pada usia antara 9 hingga 15 tahun untuk anak Perempuan dan antara 12 hingga 17 tahun pada anak laki-laki. Remaja merupakan periode pertumbuhan yang signifikan dengan peningkatan massa tulang rata-rata sebanyak 45%. Terjadi juga pertumbuhan ukuran sel jaringan lunak, organ, dan sel darah merah (Savarino et al., 2021).

Pola makan yang seimbang dapat memenuhi kebutuhan energi, mempertahankan imunitas, mengontrol fungsi tubuh, dan memperbaiki serta mempertahankan jaringan (Otinwa et al., 2023). Pola makan harian dan status gizi anak merupakan prediktor utama dari keterlambatan perkembangan. Malnutrisi yang berawal dari kurangnya nutrisi pada masa intrauterin, kurangnya pemberian makan bayi dan konsumsi makanan yang tidak adekuat menghasilkan pertumbuhan, perkembangan, dan konsekuensi jangka panjang yang buruk (Oumer et al., 2022).

### **Nutrisi dan Imunitas Serta Mikrobiota Usus Anak**

Nutrisi memberikan peranan yang penting dalam regulasi respon imun yang optimal pada tubuh. Nutrisi yang adekuat dibutuhkan dalam jumlah yang cukup untuk sel imun dapat bekerja dengan baik. Mekanisme inflamasi yang menyusun sistem imun bawaan utamanya dipengaruhi oleh nutrisi dan intraksinya dapat mencegah perkembangan penyakit. Sistem imun terdiri atas imunitas bawaan dan imunitas adaptif yang berperan

dalam melawan antigen yang selanjutnya akan membentuk antibodi spesifik untuk setiap patogen. Defisiensi nutrisi dapat menyebabkan gangguan respon imun sehingga individu menjadi rentan terkena infeksi. Ketika nutrisi tidak adekuat maka asupan nutrisi pada sel sistem imun menjadi berkurang dan mengganggu kinerja sistem imun (Munteanu & Schwarts, 2022).

Asam amino seperti L-arginine dan L-tryptopan berperan dalam aktivitas imunitas makrofag. L-arginine berkaitan dengan mekanisme immunoregulator yang digunakan oleh makrofag M2. Melalui mekanisme yang melibatkan arginase 1, dimana konsumsi L-arginine dan gen bertanggung jawab atas inhibisi makrofag M1, secara bersamaan dengan promosi makrofag M2. Penurunan metabolisme protein berkaitan dengan berkurangnya konsentrasi asam amino. Kondisi ini akan menimbulkan stress retikulum endoplasma (RE). Selanjutnya terjadi aktivasi sel T yang menghasilkan sitokin pro-inflamasi (Munteanu & Schwarts, 2022).

Vitamin A terlibat dalam biosintesis karotenoid dan retinyl ester. Keduanya merupakan molekul yang memengaruhi fungsi imun serta sebagai faktor transkripsi jika berikatan dengan reseptor asam retinoid (RARs). Defisiensi vitamin A menyebabkan gangguan fungsi neutrofil, penekanan aktivitas dan jumlah sel natural killer (NK) dan kerusakan kemampuan fagositosis dari makrofag. Defisiensi vitamin A juga mengganggu maturasi dan proliferasi sel limfosit T dan limfosit B. Berbagai gangguan ini akan menyebabkan peningkatan kejadian infeksi pada individu dengan defisiensi vitamin A (Munteanu & Schwarts, 2022).

Stunting memiliki kaitan dengan mikrobiota usus manusia dan sistem imun. Terdapat berbagai mikroorganisme pada usus manusia yang tergolong kedalam bakteri komensal dan memberikan peran yang penting dalam perkembangan sistem imun pejamu dan berbagai fungsi fisiologis bagi pertahanan pejamu. Mikrobiota usus mempengaruhi proliferasi dan maturasi sel epitel pada usus, induksi gen pejamu untuk menyerap nutrient dan pengembangan sistem imun pada lapisan mukosa. Semua hal ini sangat penting dalam penyerapan

nutrient yang optimal. Mikrobiota usus dapat membentuk short-chain fatty acid (SCFA) dan vitamin seperti B3, B5, B6, B12, K, biotin dan tetrahydrofolate. Mikrobiota usus juga berperan dalam optimalisasi penyerapan mineral. Substanssi ini sangat penting untuk proses metabolismik dan diperlukan untuk mencapai pertumbuhan dan perkembangan anak secara optimal (Surono et al., 2021).

## **Daftar Pustaka**

- Hemalatha, R., Pandey, A., Kinyoki, D., Ramji, S., Lodha, R., Kumar, G. A, et al. (2020). Mapping of variations in child stunting, wasting and underweight within the states of India: the Global Burden of Disease Study 2000–2017. *EClinicalMedicine*. 22. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100317>.
- Iddrisu, I., Monteagudo-Mera, A., Poveda, C., Pyle, S., Shahzad, M., Andrews, S., & Walton, G. E. (2021). Malnutrition and gut microbiota in children. *Nutrients*. 13(8), 2727. <https://doi.org/10.3390/nu13082727>.
- Inzaghi, E., Pampanini, V., Deodati, A., & Cianfarani, S. (2022). The effects of nutrition on linear growth. *Nutrients*. 14(9), 1752. <https://doi.org/10.3390/nu14091752>.
- Mireku, M. O., Cot, M., Massougbedji, A., & Bodeau-Livinec, F. (2020). Relationship between stunting, wasting, underweight and geophagy and cognitive function of children. *Journal of tropical pediatrics*. 66(5), 517-527. <https://doi.org/10.1093/tropej/fmaa009>.
- Mkhize, M., & Sibanda, M. (2020). A review of selected studies on the factors associated with the nutrition status of children under the age of five years in South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(21), 7973. <https://doi.org/10.3390/ijerph17217973>.
- Mphahlele, T. P., Monyeki, K. D., Dibakwane, W. M., & Mokgoatšana, S. (2020). The relationship between under-nutrition and hypertension among Ellisras children and adolescents aged 9 to 17 years. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(23), 8926. <https://doi.org/10.3390/ijerph17238926>.

- Munteanu, C., & Schwartz, B. (2022). The relationship between nutrition and the immune system. *Frontiers in Nutrition*. 9, 1082500. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1082500>.
- Otinwa, G., Jaiyesimi, B., Bamitale, T., Owolabi, H., & Owolewa, M. (2023). Eating habits and nutrition status of Nigerian school children in rural and urban areas (NigeriaLINX pilot project). *Heliyon*. 9(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17564>.
- Oumer, A., Fikre, Z., Girum, T., Bedewi, J., Nuriye, K., & Assefa, K. (2022). Stunting and underweight, but not wasting are associated with delay in child development in southwest Ethiopia. *Pediatric Health, Medicine and Therapeutics*. 1-12. <https://doi.org/10.2147/PHMT.S344715>.
- Savarino, G., Corsello, A., & Corsello, G. (2021). Macronutrient balance and micronutrient amounts through growth and development. *Italian journal of pediatric*. 47(1), 109. <https://doi.org/10.1186/s13052-021-01061-0>.
- Shrestha, M. L., Perry, K. E., Thapa, B., Adhikari, R. P., & Weissman, A. (2022). Malnutrition matters: Association of stunting and underweight with early childhood development indicators in Nepal. *Maternal & Child Nutrition*. 18(2), e13321. <https://doi.org/10.1111/mcn.13321>.
- Ssentongo, P., Ssentongo, A. E., Ba, D. M., Ericson, J. E., Na, M., Gao, X, et al. (2021). Global, regional and national epidemiology and prevalence of child stunting, wasting and underweight in low-and middle-income countries, 2006–2018. *Scientific reports*. 11(1), 5204. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84302-w>.
- Sturgeon, J. P., Njunge, J. M., Bourke, C. D., Gonzales, G. B., Robertson, R. C., Bwakura-Dangarembizi, M, et al. (2023). Inflammation: the driver of poor outcomes among children with severe acute malnutrition?.

- Nutrition reviews. 81(12), 1636-1652.  
<https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad030>.
- Surono, I. S., Jalal, F., Bahri, S., Romulo, A., Kusumo, P. D., Manalu, E, et al. (2021). Differences in immune status and fecal SCFA between Indonesian stunted children and children with normal nutritional status. PLoS one. 16(7), e0254300.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254300>.
- Tam, E., Keats, E. C., Rind, F., Das, J. K., & Bhutta, Z. A. (2020). Micronutrient supplementation and fortification interventions on health and development outcomes among children under-five in low-and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis. Nutrients. 12(2), 289.  
<https://doi:10.3390/nu12020289>.
- Vaivada, T., Akseer, N., Akseer, S., Somaskandan, A., Stefopoulos, M., & Bhutta, Z. A. (2020). Stunting in childhood: an overview of global burden, trends, determinants, and drivers of decline. The American journal of clinical nutrition. 112(Suppl), 777S-791S.  
<https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa159>.
- Verma, P., & Prasad, J. B. (2021). Stunting, wasting and underweight as indicators of under-nutrition in under five children from developing Countries: A systematic review. Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews. 15(5), 102243.  
<https://doi.org/10.1016/j.dsx.2021.102243> 1871-4021.

## **Profil Penulis**



### **Ary Anggara, S.KM., M.Biomed.**

Penulis di lahirkan di Sebatik pada tanggal 8 November 1993 Ketertarikan penulis terhadap ilmu dimulai pada tahun 2011 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk masuk ke Universitas Muslim Indonesia Fakultas Kesehatan Masyarakat dan berhasil lulus pada tahun 2015. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan program pasca sarjana ke Universitas Gadjah Mada Jurusan Ilmu Biomedik dan berhasil menyelesaikan studi pada tahun 2018. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen BLU Program Studi Pendidikan dokter Universitas Tadulako. Penulis menjabat sebagai sekretaris bagian infeksi tropis dan traumatologi Penulis juga aktif dalam kegiatan penelitian wilayah dan nasional terlibat dalam survey kesehatan Indonesia SKI 2023 sebagai penanggung jawab teknis, dan pernah bertugas sebagai tenaga kesehatan Masyarakat Nusantara Sehat Kementerian Kesehatan Team Batch Angkatan XVII daan organisasi keprofesian yaitu IAKMI Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan book chapter.

Email Penulis : Aryanggaraara@gmail.com



## DASAR- DASAR DIET KLINIK

**dr. Fauzy Ma'ruf, M.Kes.**

Universitas Islam Al-Azhar Mataram

### **Pendahuluan**

Diet klinik adalah cabang ilmu gizi yang berfokus pada pengembangan dan penerapan intervensi nutrisi yang disesuaikan dengan kebutuhan individu berdasarkan kondisi medis mereka. Diet klinik sangat penting dalam konteks kesehatan karena intervensi diet yang tepat dapat berperan dalam pencegahan, pengelolaan, dan pengobatan berbagai penyakit kronis dan akut. Misalnya, pada pasien diabetes mellitus, kontrol ketat terhadap asupan karbohidrat diperlukan untuk mengelola kadar glukosa darah. Pasien dengan penyakit jantung mungkin memerlukan diet rendah lemak jenuh untuk mengurangi risiko aterosklerosis. Diet klinik juga dapat membantu memperbaiki status gizi pada pasien malnutrisi atau yang berada dalam kondisi kritis, seperti pasien kanker atau gagal ginjal.

Intervensi dietetik yang tepat memerlukan pemahaman yang mendalam tentang patofisiologi penyakit, serta pengetahuan tentang nutrisi dan metabolisme. Dalam beberapa dekade terakhir, penelitian telah menunjukkan bahwa nutrisi memainkan peran kunci dalam pengelolaan banyak kondisi medis. Misalnya, diet yang kaya akan sayuran, buah-buahan, biji-bijian, dan lemak sehat telah terbukti mengurangi risiko penyakit kardiovaskular dan meningkatkan kesehatan umum. Diet rendah karbohidrat telah menjadi salah satu strategi utama dalam pengelolaan diabetes tipe 2. Selain itu, diet dengan asupan

protein yang cukup dan kalori yang sesuai penting untuk mendukung penyembuhan dan pemulihan pada pasien yang menjalani operasi atau mengalami penyakit kritis.

Penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa intervensi diet yang tepat dapat memodifikasi mikrobiota usus, yang memiliki implikasi besar bagi kesehatan metabolismik dan imunologis. Misalnya, peningkatan asupan serat dapat meningkatkan keanekaragaman mikrobiota usus, yang terkait dengan penurunan peradangan sistemik dan risiko penyakit kronis. Oleh karena itu, diet klinik tidak hanya fokus pada pemenuhan kebutuhan nutrisi dasar, tetapi juga mempertimbangkan interaksi antara makanan, metabolisme, dan kesehatan secara keseluruhan.

Artikel ini bertujuan untuk mengeksplorasi prinsip-prinsip dasar diet klinik, yang meliputi penilaian status gizi, perencanaan diet individual, serta pemantauan dan evaluasi intervensi dietetik. Selain itu, aplikasi klinis dari diet ini dalam berbagai kondisi medis juga akan dibahas untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang pentingnya diet klinik dalam praktik medis sehari-hari. Pemahaman yang komprehensif tentang diet klinik sangat penting bagi para profesional kesehatan untuk memberikan perawatan yang berkualitas dan mendukung pemulihan serta peningkatan kualitas hidup pasien.

## **Penilaian Status Gizi**

Penilaian status gizi adalah langkah pertama yang sangat penting dalam diet klinik. Ini melibatkan pengumpulan dan analisis data mengenai asupan makanan, riwayat kesehatan, kondisi klinis, serta pengukuran antropometri untuk menentukan status gizi individu. Penilaian diet dilakukan dengan menggunakan beberapa alat seperti recall 24 jam, food frequency questionnaire (FFQ), dan food diary. Recall 24 jam melibatkan wawancara yang mendetail mengenai semua makanan dan minuman yang dikonsumsi dalam 24 jam terakhir, memberikan gambaran tentang pola makan harian pasien. Food frequency questionnaire (FFQ) adalah kuesioner yang mengevaluasi seberapa sering makanan tertentu dikonsumsi dalam periode waktu tertentu, misalnya

mingguan atau bulanan, untuk mengidentifikasi pola konsumsi jangka panjang. Food diary adalah catatan harian yang disimpan oleh pasien tentang semua makanan dan minuman yang mereka konsumsi, yang membantu dalam menilai kebiasaan makan dan menghitung asupan nutrisi.

Selain penilaian diet, pengukuran antropometri seperti berat badan, tinggi badan, indeks massa tubuh (IMT), dan lingkar pinggang dilakukan untuk menilai status gizi secara fisik. Data ini membantu dalam menentukan apakah pasien berada dalam kategori gizi baik, kekurangan gizi, atau kelebihan gizi. Penilaian biokimia melibatkan tes darah dan urin untuk mengevaluasi status nutrisi dan kesehatan metabolismik pasien, seperti kadar hemoglobin, glukosa, lipid, dan elektrolit. Pengukuran ini penting untuk mendeteksi defisiensi nutrisi atau ketidakseimbangan metabolismik yang tidak terlihat melalui penilaian diet dan antropometri. Penilaian klinis melibatkan pemeriksaan fisik dan riwayat medis untuk mengidentifikasi tanda-tanda defisiensi atau kelebihan gizi, serta kondisi medis lain yang mungkin mempengaruhi kebutuhan nutrisi pasien. Informasi ini kemudian digunakan untuk mengembangkan rencana intervensi diet yang sesuai dan efektif.

Penilaian status gizi juga mencakup evaluasi terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi status gizi, seperti kondisi sosial-ekonomi, lingkungan, dan psikologis. Misalnya, pasien yang hidup dalam kondisi ekonomi yang kurang mungkin memiliki akses terbatas terhadap makanan bergizi, yang dapat mempengaruhi status gizi mereka. Faktor lingkungan, seperti akses ke layanan kesehatan dan ketersediaan makanan, juga mempengaruhi status gizi. Faktor psikologis, seperti stres dan gangguan makan, dapat mempengaruhi pola makan dan status gizi individu. Penilaian yang komprehensif terhadap faktor-faktor ini penting untuk mengembangkan intervensi diet yang efektif dan tepat sasaran.

Pendekatan yang digunakan dalam penilaian status gizi harus disesuaikan dengan kondisi pasien. Misalnya, pada pasien lanjut usia, penilaian status gizi harus mencakup

evaluasi terhadap risiko malnutrisi yang lebih tinggi akibat penurunan nafsu makan, gangguan pencernaan, dan penurunan fungsi tubuh. Pada pasien dengan penyakit kronis seperti diabetes atau penyakit ginjal, penilaian status gizi harus mencakup pemantauan terhadap parameter biokimia yang relevan, seperti kadar glukosa darah dan fungsi ginjal, untuk menilai efektivitas intervensi diet dan menyesuaikan rencana diet sesuai kebutuhan.

Penilaian status gizi yang komprehensif dan sistematis sangat penting dalam pengembangan intervensi diet yang efektif. Hal ini memastikan bahwa kebutuhan nutrisi pasien terpenuhi dengan baik dan mendukung pemulihan serta peningkatan kesehatan mereka. Selain itu, penilaian status gizi yang tepat juga membantu dalam mengidentifikasi pasien yang berisiko malnutrisi atau mengalami masalah gizi lainnya, sehingga dapat dilakukan intervensi dini untuk mencegah komplikasi lebih lanjut.

### **Perencanaan Diet Individual**

Perencanaan diet individual adalah proses penyusunan rencana makan yang disesuaikan dengan kebutuhan nutrisi dan kondisi kesehatan setiap pasien. Prinsip utama dalam perencanaan diet ini meliputi keseimbangan nutrisi, kebutuhan kalori, preferensi pasien, dan modifikasi diet berdasarkan kondisi medis. Keseimbangan nutrisi memastikan bahwa diet mengandung semua makronutrien (karbohidrat, protein, lemak) dan mikronutrien (vitamin dan mineral) dalam jumlah yang sesuai untuk mendukung kesehatan optimal. Kebutuhan kalori dihitung berdasarkan usia, jenis kelamin, berat badan, tinggi badan, dan tingkat aktivitas fisik pasien, serta faktor tambahan seperti kondisi medis atau tujuan pengelolaan berat badan. Preferensi pasien, termasuk kesukaan terhadap jenis makanan, kebiasaan makan, serta keterbatasan budaya atau agama, dipertimbangkan untuk meningkatkan kepatuhan terhadap rencana diet. Misalnya, seorang pasien dengan diabetes mellitus mungkin memerlukan diet yang mengontrol asupan

karbohidrat dengan mempertimbangkan indeks glikemik makanan, sementara pasien dengan hipertensi mungkin memerlukan diet rendah natrium untuk mengontrol tekanan darah. Modifikasi diet dilakukan untuk memenuhi kebutuhan khusus berdasarkan kondisi medis pasien. Contohnya, pasien dengan penyakit ginjal kronis mungkin memerlukan diet rendah protein dan fosfor untuk mengurangi beban kerja ginjal, sedangkan pasien dengan penyakit jantung mungkin memerlukan diet rendah lemak jenuh dan kolesterol untuk mengurangi risiko aterosklerosis. Selain itu, perencanaan diet juga melibatkan edukasi pasien tentang pentingnya mengikuti rencana diet dan cara mengintegrasikan perubahan diet ke dalam kehidupan sehari-hari. Pendekatan yang komprehensif dan individual dalam perencanaan diet dapat membantu pasien mencapai tujuan kesehatan mereka dengan lebih efektif.

Perencanaan diet juga mencakup pembuatan menu harian atau mingguan yang mencakup variasi makanan untuk memastikan asupan nutrisi yang seimbang dan mencegah kebosanan pada pasien. Menu yang bervariasi juga membantu dalam memastikan bahwa pasien mendapatkan berbagai vitamin dan mineral yang diperlukan untuk kesehatan optimal. Selain itu, perencanaan diet harus mempertimbangkan ketersediaan bahan makanan dan keterjangkauan pasien. Edukasi mengenai cara memilih, menyimpan, dan menyiapkan makanan yang sehat juga penting untuk membantu pasien dalam mengimplementasikan rencana diet mereka. Dalam kasus tertentu, suplemen nutrisi mungkin diperlukan untuk memenuhi kebutuhan gizi yang tidak dapat dipenuhi melalui makanan saja.

Perencanaan diet individual juga harus mempertimbangkan kebutuhan khusus pasien berdasarkan kondisi medis mereka. Misalnya, pada pasien dengan gangguan pencernaan seperti penyakit celiac, diet bebas gluten adalah satu-satunya pengobatan yang efektif untuk mencegah kerusakan usus dan gejala yang terkait. Pada pasien dengan sindrom iritasi usus besar, diet rendah dapat membantu mengurangi gejala

kembung, gas, dan nyeri perut. Pada pasien dengan penyakit radang usus, diet yang kaya antioksidan dan asam lemak omega-3 dapat membantu mengurangi peradangan dan mendukung kesehatan usus. Selain itu, pada pasien dengan penyakit kanker, perencanaan diet harus memperhitungkan efek samping pengobatan seperti mual dan muntah, serta memastikan asupan protein yang cukup untuk mendukung pemulihan.

Perencanaan diet yang baik juga harus melibatkan pemantauan dan evaluasi berkelanjutan untuk memastikan bahwa intervensi dietetik efektif dan sesuai dengan kebutuhan pasien. Pemantauan berkala terhadap parameter biokimia, berat badan, dan status gizi pasien penting untuk menilai efektivitas rencana diet dan membuat penyesuaian yang diperlukan. Evaluasi yang berkelanjutan juga membantu dalam mengidentifikasi dan mengatasi masalah yang mungkin timbul selama pelaksanaan rencana diet, seperti kesulitan dalam mematuhi diet atau efek samping yang tidak diinginkan. Dengan demikian, perencanaan diet yang komprehensif dan individual dapat membantu dalam mencapai tujuan kesehatan pasien dan meningkatkan kualitas hidup mereka.

### **Pemantauan dan Evaluasi**

Pemantauan dan evaluasi merupakan komponen penting dalam diet klinik untuk memastikan bahwa intervensi diet yang diberikan efektif dan sesuai dengan kebutuhan pasien. Pemantauan melibatkan pengukuran dan penilaian berkala terhadap parameter klinis, biokimia, dan antropometri pasien untuk mengevaluasi status gizi dan kesehatan mereka. Parameter klinis termasuk pemeriksaan fisik dan pengamatan gejala-gejala terkait gizi, seperti perubahan berat badan, status hidrasi, dan tanda-tanda defisiensi nutrisi. Parameter biokimia melibatkan tes darah dan urin untuk mengevaluasi status nutrisi dan metabolismik, seperti kadar hemoglobin, glukosa darah, lipid, dan elektrolit. Pengukuran antropometri, seperti berat badan, tinggi badan, dan lingkar pinggang,

digunakan untuk menilai perubahan status gizi pasien secara fisik.

Evaluasi dilakukan untuk menilai efektivitas intervensi diet dan menentukan apakah tujuan gizi dan kesehatan pasien tercapai. Evaluasi ini mencakup penilaian terhadap kepatuhan pasien terhadap rencana diet, perubahan dalam status gizi, serta dampak intervensi diet terhadap kondisi medis pasien. Kepatuhan pasien terhadap rencana diet dievaluasi melalui wawancara, recall diet, atau food diary, untuk menilai sejauh mana pasien mengikuti rencana diet yang telah ditetapkan. Perubahan dalam status gizi dievaluasi melalui penilaian parameter klinis, biokimia, dan antropometri, untuk menilai apakah ada perbaikan dalam status gizi pasien. Dampak intervensi diet terhadap kondisi medis pasien dievaluasi melalui penilaian parameter klinis dan biokimia yang relevan, seperti kontrol glukosa darah pada pasien diabetes atau tekanan darah pada pasien hipertensi.

Pemantauan dan evaluasi yang berkelanjutan sangat penting untuk memastikan bahwa intervensi diet tetap relevan dan efektif. Pemantauan berkala memungkinkan deteksi dini terhadap masalah gizi atau komplikasi medis yang mungkin timbul, sehingga intervensi yang diperlukan dapat segera dilakukan. Evaluasi yang teratur juga memungkinkan penyesuaian rencana diet sesuai dengan perubahan kebutuhan pasien dan kondisi medis mereka. Misalnya, pada pasien dengan penyakit kronis, kondisi medis mereka dapat berubah seiring waktu, sehingga rencana diet perlu disesuaikan secara berkala untuk memastikan bahwa kebutuhan gizi mereka terpenuhi dengan baik. Pemantauan dan evaluasi yang berkelanjutan juga membantu dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kepatuhan pasien terhadap rencana diet, seperti kesulitan dalam mengakses makanan sehat atau masalah keuangan, sehingga dapat diberikan dukungan tambahan yang diperlukan.

Pemantauan dan evaluasi juga penting dalam mengidentifikasi dan mengatasi efek samping yang mungkin timbul akibat intervensi diet. Misalnya, pada pasien yang menjalani diet rendah karbohidrat,

pemantauan berkala terhadap kadar glukosa darah dan keton sangat penting untuk mencegah risiko ketoasidosis. Pada pasien yang menjalani diet rendah natrium, pemantauan tekanan darah dan status hidrasi penting untuk memastikan bahwa diet tidak menyebabkan dehidrasi atau hipotensi. Evaluasi yang berkelanjutan juga memungkinkan identifikasi dan pengelolaan masalah yang mungkin timbul selama pelaksanaan rencana diet, seperti kelelahan atau kekurangan energi akibat asupan kalori yang tidak memadai. Dengan demikian, pemantauan dan evaluasi yang komprehensif dan sistematis sangat penting dalam memastikan keberhasilan intervensi diet dan meningkatkan hasil kesehatan pasien.

Pemantauan dan evaluasi juga berperan dalam memberikan umpan balik kepada pasien dan tim medis mengenai efektivitas intervensi diet. Umpan balik yang diberikan kepada pasien dapat membantu mereka dalam memahami pentingnya kepatuhan terhadap rencana diet dan mendorong mereka untuk terus mengikuti rekomendasi diet yang telah ditetapkan. Umpan balik kepada tim medis dapat membantu dalam mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan atau penyesuaian dalam rencana diet, sehingga intervensi diet yang diberikan lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan pasien. Dengan demikian, pemantauan dan evaluasi yang terintegrasi dan berkelanjutan sangat penting dalam mendukung keberhasilan intervensi diet dan meningkatkan kualitas perawatan yang diberikan kepada pasien.

### **Aplikasi Klinis**

Aplikasi klinis diet sangat penting dalam pengelolaan berbagai kondisi medis. Misalnya, pada pasien diabetes mellitus, diet yang tepat dapat membantu mengontrol kadar glukosa darah dan mencegah komplikasi yang terkait. Pengendalian asupan karbohidrat dengan mempertimbangkan indeks glikemik makanan sangat penting untuk mengelola kadar glukosa darah. Pasien dengan hipertensi mungkin memerlukan diet rendah

natrium untuk mengontrol tekanan darah dan mencegah komplikasi seperti stroke dan penyakit jantung. Diet rendah lemak jenuh dan kolesterol juga penting untuk pasien dengan penyakit jantung untuk mengurangi risiko aterosklerosis dan memperbaiki profil lipid. Pasien dengan penyakit ginjal kronis mungkin memerlukan diet rendah protein dan fosfor untuk mengurangi beban kerja ginjal dan mencegah komplikasi lebih lanjut.

Pada pasien dengan malnutrisi, diet yang tinggi kalori dan protein mungkin diperlukan untuk meningkatkan status gizi dan mendukung pemulihan. Pasien dengan kanker mungkin memerlukan diet yang mendukung asupan kalori dan protein yang cukup untuk menjaga berat badan dan meningkatkan toleransi terhadap terapi kanker. Asupan protein yang cukup, hidrasi yang baik, dan nutrisi seimbang sangat penting untuk pasien kanker dalam menjaga berat badan dan meningkatkan toleransi terhadap terapi kanker. Pada pasien dengan gangguan gastrointestinal seperti penyakit celiac, diet bebas gluten adalah satu-satunya pengobatan yang efektif untuk mencegah kerusakan usus dan gejala yang terkait. Pada pasien dengan sindrom iritasi usus besar, diet rendah FODMAP dapat membantu mengurangi gejala kembung, gas, dan nyeri perut. Pada pasien dengan penyakit radang usus, diet yang kaya antioksidan dan asam lemak omega-3 dapat membantu mengurangi peradangan dan mendukung kesehatan usus.

Aplikasi diet klinik juga penting dalam pengelolaan pasien dengan kondisi akut atau kritis, seperti pasien yang menjalani operasi atau mengalami trauma. Diet yang tinggi protein dan kalori diperlukan untuk mendukung penyembuhan dan pemulihan. Suplemen nutrisi mungkin diperlukan untuk memastikan bahwa kebutuhan gizi terpenuhi. Selain itu, diet enteral atau parenteral mungkin diperlukan untuk pasien yang tidak dapat makan melalui mulut. Pemantauan yang ketat terhadap status gizi dan parameter klinis pasien sangat penting untuk memastikan bahwa intervensi diet yang diberikan efektif dan sesuai dengan kebutuhan pasien.

Aplikasi klinis diet juga mencakup edukasi dan dukungan pasien untuk memastikan keberhasilan jangka panjang dari intervensi diet. Edukasi pasien mengenai pentingnya kepatuhan terhadap rencana diet dan cara mengintegrasikan perubahan diet ke dalam kehidupan sehari-hari sangat penting untuk memastikan bahwa pasien dapat mengikuti rencana diet dengan baik. Dukungan yang berkelanjutan dari ahli gizi dan tim medis juga penting untuk membantu pasien dalam menghadapi tantangan yang mungkin timbul selama pelaksanaan rencana diet, seperti kesulitan dalam mengakses makanan sehat atau masalah keuangan. Dengan demikian, aplikasi klinis diet yang komprehensif dan individual dapat membantu dalam pengelolaan berbagai kondisi medis dan meningkatkan kualitas hidup pasien.

Aplikasi klinis diet juga mencakup penyesuaian diet berdasarkan perkembangan kondisi medis pasien. Misalnya, pada pasien dengan diabetes yang mengalami perubahan dalam kadar glukosa darah, penyesuaian asupan karbohidrat mungkin diperlukan untuk mengelola kadar glukosa darah. Pada pasien dengan penyakit ginjal yang mengalami perubahan dalam fungsi ginjal, penyesuaian asupan protein dan fosfor mungkin diperlukan untuk mengurangi beban kerja ginjal. Pemantauan dan evaluasi yang berkelanjutan sangat penting untuk memastikan bahwa intervensi diet yang diberikan tetap relevan dan efektif. Dengan demikian, aplikasi klinis diet yang fleksibel dan responsif terhadap perubahan kondisi medis pasien dapat membantu dalam mencapai tujuan kesehatan pasien dan meningkatkan kualitas hidup mereka.

## **Kesimpulan**

Diet klinik adalah komponen penting dalam pengelolaan kesehatan individu yang menderita berbagai kondisi medis. Melalui penilaian status gizi yang komprehensif, perencanaan diet yang tepat, serta pemantauan dan evaluasi yang berkelanjutan, diet klinik dapat membantu meningkatkan kualitas hidup pasien dan mendukung pemulihannya. Prinsip-prinsip dasar yang telah

dibahas dalam artikel ini memberikan dasar yang kuat untuk praktik diet klinik yang efektif dan efisien. Penilaian status gizi yang komprehensif memungkinkan identifikasi awal masalah gizi dan kondisi medis yang mendasarinya, sementara perencanaan diet yang individual memastikan bahwa intervensi nutrisi disesuaikan dengan kebutuhan unik setiap pasien.

Pemantauan dan evaluasi yang berkelanjutan memastikan bahwa intervensi diet tetap relevan dan efektif, serta memungkinkan penyesuaian yang diperlukan berdasarkan perkembangan kondisi medis pasien. Aplikasi klinis diet yang tepat dalam berbagai kondisi medis, seperti diabetes, hipertensi, penyakit jantung, penyakit ginjal, dan malnutrisi, menunjukkan pentingnya peran diet klinik dalam mendukung pengelolaan penyakit dan meningkatkan kualitas hidup pasien. Selain itu, dukungan dan edukasi pasien yang berkelanjutan penting untuk memastikan keberhasilan jangka panjang dari intervensi diet. Dengan pemahaman yang komprehensif tentang diet klinik dan penerapan prinsip-prinsip dasar yang tepat, para profesional kesehatan dapat memberikan perawatan yang berkualitas dan mendukung pemulihan serta peningkatan kualitas hidup pasien.

## **Daftar Pustaka**

- Academy of Nutrition and Dietetics. (2016). Nutrition Care Process (NCP).
- American Diabetes Association. (2020). Standards of Medical Care in Diabetes—2020. *Diabetes Care*, 43(Supplement 1), S1-S212.
- Calder, P. C. (2020). Omega-3 fatty acids and inflammatory processes: from molecules to man. *Biochemical Society Transactions*, 48(1), 41-52.
- Deutz, N. E., Bauer, J. M., Barazzoni, R., Biolo, G., Boirie, Y., Bosy-Westphal, A., ... & Singer, P. (2014). Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging: Recommendations from the ESPEN Expert Group. *Clinical Nutrition*, 33(6), 929-936.
- Elia, M., & Stratton, R. J. (2009). A critical review of the use of bioelectrical impedance analysis in the assessment of clinical status. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 22(4), 312-322.
- Gibney, M. J., Lanham-New, S. A., Cassidy, A., & Vorster, H. H. (2009). Introduction to Human Nutrition. John Wiley & Sons.
- Lichtenstein, A. H., Appel, L. J., Brands, M., Carnethon, M., Daniels, S., Franch. (2006). Diet and lifestyle recommendations revision 2006: a scientific statement from the American Heart Association Nutrition Committee. *Circulation*, 114(1), 82-96.
- Mahan, L. K., Raymond, J. L., & Escott-Stump, S. (2020). Krause's Food & the Nutrition Care Process. Elsevier.
- National Kidney Foundation. (2020). KDOQI Clinical Practice Guideline for Nutrition in CKD: 2020 Update.
- Schwingshackl, L., Hoffmann, G., Lampousi, A. M., Knüppel, S., Iqbal, K., (2017). Food groups and risk of all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *American Journal of Clinical Nutrition*, 105(6), 1462-1473.

Slavin, J. L. (2013). Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients*, 5(4), 1417-1435

U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Department of Agriculture. (2020). Dietary Guidelines for Americans, 2020-2025. 9th Edition.

## **Profil Penulis**



### **dr. Fauzy Ma'ruf, M.Kes.**

Lahir di Banyuwangi 7 Maret 1981. Penulis saat ini dianugrahi seorang istri dan 2 orang anak. Penulis menyelesaikan pendidikan dokter (dr.) di Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi Manado dan Pendidikan Magister Administrasi dan Kebijakan Kesehatan (M. Kes) di Universitas Airlangga Surabaya. Saat ini penulis merupakan dosen ber-NIDK di Fakultas Kedokteran Universitas Islam Al-Azhar Mataram sekaligus menjadi dosen tidak tetap di program studi S1 Farmasi Universitas Muhammadiyah Mataram. Penulis merupakan pribadi yang bersahaja. Prinsip hidup penulis adalah selalu berusaha menjadi manusia yang bermanfaat bagi sesama. Penulis juga percaya bahwa seorang akademisi harus mampu menjadi role model sehingga mahasiswa dapat menjadi lebih baik dari dosennya, baik dari segi ilmu pengetahuan maupun ketrampilan yang dimiliki. Seperti pepatah “jika gajah mati meninggalkan gading; maka seorang dosen atau pendidik jika meninggal semoga akan meninggalkan ilmu yang bermanfaat”. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan book chapter.

Email Penulis : fauzyma69ruf@gmail.com

## MACAM-MACAM JARINGAN

**drh. Purwaningtyas Kusumaningsih, M.Biotech.**  
Universitas Dhyana Pura

### **Jaringan Tubuh Manusia**

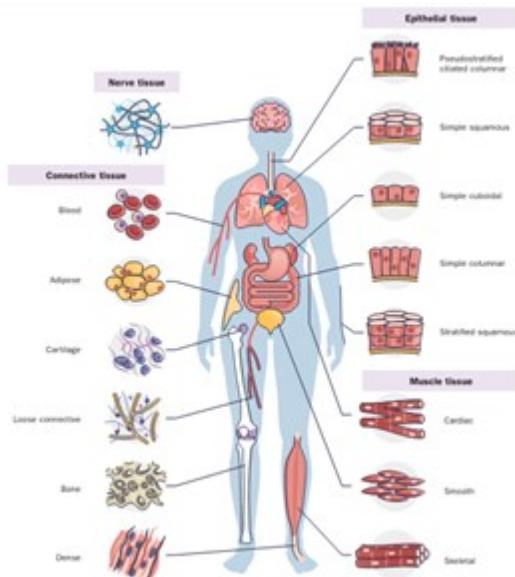
Jaringan adalah sekelompok sel yang memiliki struktur dan fungsi yang sama. Diantara sel jaringan ikat terdapat material atau bahan yang mengisi ruang antar sel yang dinamakan matrik intraseluler. Matrik intraseluler dapat ditemukan sedikit atau banyak di beberapa jaringan. Matrik intraseluler dibentuk oleh substansi protein serat yaitu serat retikular, sistem serat elastin, dan kolagen. Substansi dasar terdiri dari proteoglikan, glikoprotein multiadhesif, glikosaminoglikan, dan cairan jaringan seperti garam mineral natrium yang memberikan karakteristik tertentu pada setiap jaringan sesuai dengan fungsinya. Jaringan dibagi menjadi 4 jenis yaitu jaringan epitel, jaringan ikat, otot dan saraf. Setiap jaringan memiliki fungsi yang spesifik (Elbourne, 2022; Kuten, 2022).

#### **1. Jaringan Epitel**

Jaringan epitel tersebar hampir diseluruh tubuh dan menutupi sebagian besar permukaan tubuh internal maupun eksternal. Jaringan epitel ditemukan pula pada membran mukosa yang menyelimuti organ-organ didalam tubuh, termasuk organ hollow seperti organ saluran pencernaan di rongga perut yaitu lambung, usus, dan rektum, kantung kemih dan jaringan pada saluran reproduksi glan penis pada pria dan klitoris pada wanita. Jaringan epitel berfungsi untuk melindungi organ tubuh, sekresi enzim atau

hormon, ekskresi membuang limbah tubuh, absorpsi zat-zat kimia atau nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh, penyaringan sisa metabolisme dalam darah, mempermudah pergerakan atau aliran difusi gas dan cairan didalam sel dan sebagai penerima rangsangan dari luar tubuh.

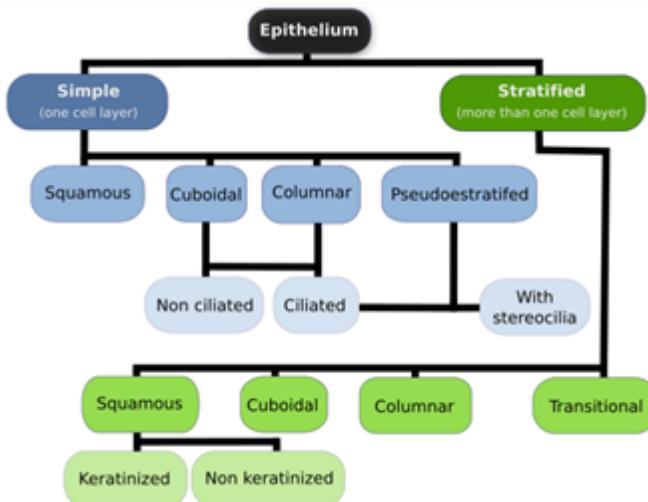
Sel yang menyusun jaringan epitel, membentuk ikatan yang kompak dan kuat antar sel dengan sedikit terdapat bahan matrik intraseluler diantara sel. Oleh karena jaringan membentuk suatu struktur yang saling membatasi dan terpisah, sehingga sel memiliki bagian permukaan yang tidak menyatu dengan sel lainnya. Setiap sel epitel disatukan oleh jaringan ikat yang ada pada permukaan sel, tersusun dari bahan non-seluler disebut membran basal. Membran basal merupakan membran ekstraseluler yang berada diantara sel epitel meliputi mesotelium, dan endothelium. Bahan non-seluler penyusun membran basal adalah karbohidrat dan protein dihasilkan oleh sel epitel dan sel jaringan ikat.



Gambar 8.1 Tipe Jaringan Tubuh Manusia

(Sumber: Elbourne, 2022)

Sel epitel dapat dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan fitur atau karakteristiknya. Pertama berdasarkan jumlah lapisan sel epitel, dan kedua bentuk sel-sel epitel yang menyusun lapisan tersebut. Bentuk-bentuk sel epitel bisa skuamosa, kuboid, kolumnar dan tersusun dalam satu lapis atau lebih. Pembagian tipe sel epitel dilihat dari bentuk sel dan jumlah lapisannya dibagi menjadi delapan tipe (Muse et al., 2024).

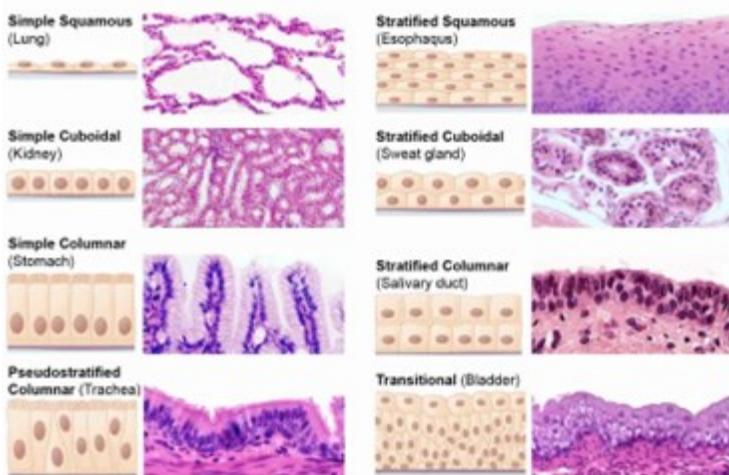


Gambar 0.2 Klasifikasi Sel Epitel  
 (Sumber: [https://mmegias.webs.uvigo.es/02-english/guiada\\_a\\_revestimiento.php](https://mmegias.webs.uvigo.es/02-english/guiada_a_revestimiento.php))

## 2. Jaringan Ikat

Jaringan ikat saling berikatan satu sama lain dan membentuk suatu struktur yang kuat dan berfungsi mendukung organ-organ didalam tubuh secara keseluruhan, menyimpan lemak, sebagai media transport substansi kimia dan nutrisi, melindungi tubuh dari serangan penyakit, dan membantu apabila terjadi kerusakan jaringan. Keberadaan jaringan ikat dapat ditemukan diseluruh tubuh dan merupakan salah satu dari empat tipe jaringan terbesar yang menyusun tubuh dan terbentuk oleh komponen matrik fibrosis ekstraseluler. Karakteristik dari

jaringan ikat adalah terdiri dari sekumpulan komponen matrik intraseluer yang didalamnya sedikit dapat ditemukan adanya sel. Kemampuan jaringan ikat untuk berkembang atau bertumbuh tidak secepat perkembangan dan pertumbuhan sel epitel. Keadaan ini disebabkan tidak semua jaringan ikat mendapatkan suplai darah untuk mendapatkan nutrisi. Komponen sel yang menyusun jaringan ikat terdiri dari banyak tipe sel, dan tiga terbesar yang dapat ditemukan diantaranya adalah fibroblast, sel mast dan makrofag. Tendon, ligamen, dan intervertebral disk termasuk jaringan ikat yang memiliki beragam fungsi spesifik seperti tempat penyimpanan nutrisi, penghasil hormon endokrin, dan membentuk struktur sel yang utuh. Macam-macam jaringan ikat selain yang telah disebutkan sebelumnya adalah jaringan ikat longgar, jaringan ikat padat, jaringan lemak (adiposa), jaringan ikat elastis, kartilago, jaringan tulang dan darah (Kamrani et al., 2024).

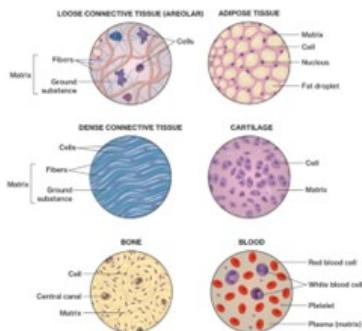


Gambar 0.3 Rangkuman 8 tipe sel epitel

(Sumber: <https://rsscience.com/epithelium-classification-and-types/>)

### a. Jaringan ikat longgar

Pada jaringan ikat longgar terdapat matrik ekstraseluler hialuronat dan proteoglikan yang didukung oleh kolagen dan serat elastis. Keberadaan jaringan ikat bersifat heterogen artinya bisa merupakan jaringan ikat yang berdiri sendiri atau jaringan ikat yang berdampingan dengan jenis sel lainnya seperti sel epitelium. Pada saluran pencernaan jaringan ikat longgar berada dibagian bawah lapisan sel epitelium, bergabung dengan sel mast, limfosit, sel plasma, makrofag, eosinofil, neutrofil, fibroblast dan sel adiposa. Berbagai macam jenis sel pertahanan disekitar lumen dan organ usus, sangat tepat karena untuk mencegah infeksi dari agen penyakit dan material beracun yang masuk ke dalam tubuh melalui usus, bersamaan dengan makanan dan minuman. Jaringan ikat longgar pada bagian organ optik seperti mata, fibroblast lebih banyak memproduksi cairan hialuronat dan proteoglikan untuk melepas permukaan mata bersamaan dengan kolagen tipe II bertujuan melindungi lapisan bening mata dari infeksi dan tetap steril (Dudas, 2023).



Gambar 8.4 Tipe jaringan ikat

(Sumber: <https://www.coursehero.com/sg/anatomy-and-physiology/connective-tissues/>)

b. Jaringan ikat padat

Jaringan ikat padat tersusun dari serat dengan kepadatan yang tinggi baik tersusun secara teratur dan searah (regular) seperti pada ligamen dan tendon, atau tidak beraturan (irregular) seperti pada pericardium atau elastis seperti pada dinding pembuluh darah arteri. Ligamen dan tendon kaya akan serat kolagen dan serat elastis.

Fungsi dari jaringan ikat padat menyatukan dua buah rangka tulang, contohnya adalah ligament yang kaya akan serat kolagen dan elastis. Melekatkan otot ke tulang, adalah tendon yang disusun oleh kolagen dan sedikit serat elastis. Tendon ada dua jenis, yang pertama tendon tubular atau bergelendong seperti pada tendon diujung otot biceps brachii dan patella. Kedua adalah tendon yang pipih atau datar disebut aponeurosis memiliki serat kolagen tunggal yang melekat ke satu arah tulang. Melekatkan antar otot, seperti pada fasia dalam yang menutupi otot memiliki berlapis-lapis serat kolagen dan melekat ke berbagai arah. Melekatkan otot ke fasia. Fasia adalah jaringan ikat padat yang tipis mengelilingi dan mengikat erat setiap organ, pembuluh darah, otot, serabut saraf dan tulang agar tetap stabil diam di tempat masing-masing (Carla et al., 2015).

c. Jaringan adiposa

Dua puluh persen berat badan manusia adalah jaringan adiposa dan tersebar di beberapa bagian tubuh, terletak di bawah kulit atau subkutaneus, diantara organ didalam tubuh disebut viscera fat dan dialam rongga tulang (bone narrow adipose tissue). Jaringan adiposa berperan untuk menjaga suhu tubuh manusia. Menjaga kesimbangan elektrolit tubuh, menyimpan energi, memproduksi hormon endokrin dan sumber perkembangan dari sel punca. Komposisi didalam sel lemak adalah sekumpulan lemak dalam sel yang berbentuk bulat. Selain itu juga berisi adiposit dewasa yang

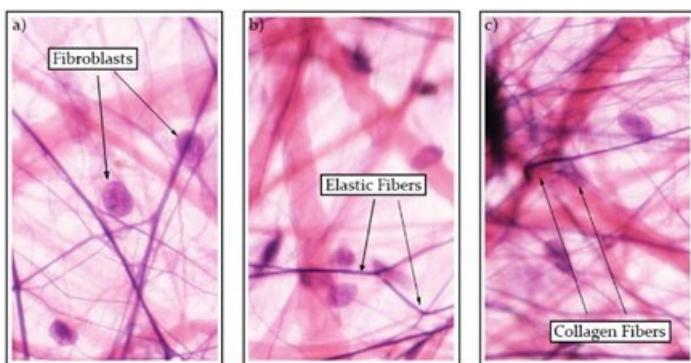
akan berkembang 90% menjadi jaringan baru, dan stromal vascular fraction (SVF) yang merupakan komponen jaringan tubuh yang memproduksi sel imunitas seperti limfosit, makrofag, monosit, termasuk sel punca preadiposit, fibroblast, otot halus yang membentuk dinding pembuluh darah, sel endothelial, dan adipose-derived stem cells (ADSCs).

Jaringan lemak dapat menjadi sumber sel punca yang sempurna dibandingkan sumsum tulang karena sel adiposa memiliki sel multipotent lebih banyak. Perbandingannya dalam 1 gr jaringan lemak menghasilkan  $5 \times 10^3$  sel punca, 100 kali lebih banyak daripada 1 gr sel punca mesenkim sumsum tulang. Memanen jaringan lemak lebih mudah dibandingkan dengan memanen sumsum tulang, melalui cara aspiration atau explantation yaitu dengan menyedot lemak atau memindahkan lemak dari sel lemak, kemudian di lanjutkan dengan proses enzimatik atau non enzimatik untuk memindahkan sel lemak dewasa yang berkombinasi dengan sel heterogenus lainnya dimana lima persennya adalah ADSCs. Saat ini sudah banyak dilakukan penyedotan isi jaringan adiposa untuk mendapatkan jaringan dalam jumlah banyak bertujuan memproduksi sel aktif yang produktif untuk terapi sel (Ferroni et al., 2022).

d. Serat Kolagen dan Elastik

Kolagen berwarna putih, buram dan terbentuk dari susunan asam amino dan merupakan komponen pembentuk matriks ekstraseluler jaringan ikat. Oleh karena karakteristik kolagen yang kaku dan dapat tahan terhadap peregangan sehingga sangat baik sebagai matriks pada kulit, tendon, ligament, dan tulang. Tipe kolagen dapat dibagi menjadi 28 macam kolagen tergantung pada struktur bentuk kolagen. Tetapi diantar 28 tipe kolagen hanya tipe sampai tipe 4 yang lebih

banyak ditemukan didalam tubuh, dan tipe I hampir 90% ditemukan di tubuh. Sintesis asam amino paling utama yang menghasilkan kolagen adalah glycine-proline-X or glycine-X-hydroxyproline. Kolagen disintesis didalam sel fibroblast bagian dari sel spesialis penghasil kolagen dan stroma. Sintesis kolagen menghasilkan matriks interseluler dan ekstraseluler.



Gambar 8.5 Perbedaan Serat Elastik dan Kolagen  
(Sumber: Arjmand et al., 2020)

Serat elastik dapat mengulur sekitar 150% dari panjang saat istirahat. Serat elastik dibentuk oleh elastin yang diselaputi fibrillin. Distribusi dan pengorganisasian serat elastik tergantung dari tipe jaringan. Tipikal serat elastic pada jaringan ikat longgar struktur jaringannya sangat longgar. Serat elastik dapat ditemui pada organ paru dan kantung kemih (Wu et al., 2024).

e. Kartilago

Kartilago diketahui dapat mengendalikan mekanisme stress tubuh terhadap kejadian traumatis diluar tubuh, karena dapat menjaga ketahanan struktur tubuh dengan menahan guncangan dengan bertindak sebagai permukaan yang licin sehingga bisa sendi bisa bergeser dengan mudah dan berperan penting dalam perkembangan dan pertumbuhan tulang.

Terdapat 3 jenis kartilago yaitu hialin ditemukan paling banyak dan rapuh. Jenis ini ada pada permukaan sendi, dan dinding permukaan saluran pernafasan trachea dan bronki. Selain itu hialin juga membentuk tulang panjang dari mulai perkembangan fetus, berupa lempeng epifisis di kedua ujung tulang panjang tempat pertumbuhan sel tulang baru dinamakan osteoblast. Fibrokartilago ditemukan pada tulang asetabulum, intervertebral disk, simpisis pubis, meniscus, dan tendon insertion. Strukturnya lebih lunak dibandingkan dengan hialin, namun tetap dapat memberikan kekuatan pada sistem tulang. Elastis kartilago adalah kartilago paling lunak yang ada di telinga, laring, dan epiglottis, struktur ini bersifat fleksibel.



Gambar 8.6 Tipe Kartilago

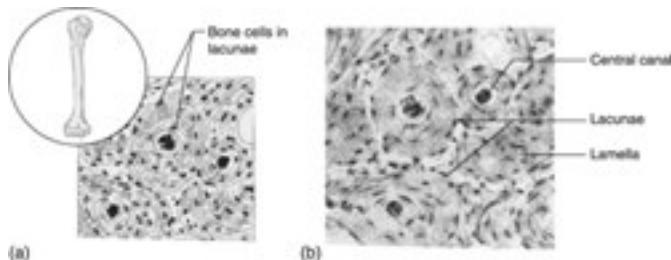
(Sumber: <https://www.geeksforgeeks.org/cartilage-tissue/>)

Komposisi kartilago terdiri dari proteoglikan, air, serat kolagen, dan sel kartilago (chondrocytes). Serat kolagen dan proteoglikan membentuk kolagen ekstraseluler yang menutupi sel kartilago. Sedikit banyaknya kandungan kolagen berbeda pada setiap tipe kartilago, hal ini menentukan tingkat kekakuan dari ketiga jenis kartilago tersebut. Kolagen dapat mengikat air disekitar kartilago. Kartilago tidak mendapatkan suplai pembuluh darah dan aliran saraf. Oksigen dan nutrisi diperoleh dari jaringan disekitarnya. Sebagian besar kartilago diselubungi oleh jaringan ikat padat dinamakan perichondrium bertugas menyuplai nutrisi dengan cara difusi melalui

cairan sinovial dan tulang subkondral (Donna dan Martin, 2012; Chang et al., 2024).

f. Jaringan tulang

Jaringan tulang adalah jaringan ikat yang mengandung mineral dan viscous elastik dan berfungsi untuk mensupport tubuh berdiri tegak, melindungi organ dalam dan menyimpan cadangan mineral untuk tubuh. Tulang dapat beradaptasi dan berporses secara mandiri dengan merombak atau mengubah bentuk tulang yang kontrol oleh sel tulang sendiri atau kondisi lokal dan faktor sistemik. Sel yang menyusun jaringan tulang dibentuk oleh osteoblast, osteocytes, dan osteoclasts. Asal pembentukan sel punca mesenkimal ada pada osteoblast dan osteocytes, sedangkan osteoclasts adalah sel punca extraskeletal hematopoietik. Osteoblast bertanggungjawab mensintesis dan menghasilkan matriks tulang dan berlokasi di permukaan tulang yang masih aktif bertumbuh. Osteocytes berasal dari proses differensiasi osteoblast dan menjaga keutuhan dari proses mineralisasi matriks tulang. Osteoclast berperan dalam absorpsi sel atau jaringan tulang kembali kedalam sistem sirkulasi dengan memproduksi enzim dan proton yang bisa merombak ikatan antara kristal hidroksiapatit dan kolagen sehingga tulang bisa melakukan perbaikan (Dona and Martin, 2012); Morgan and Gerstenfeld, 2021).



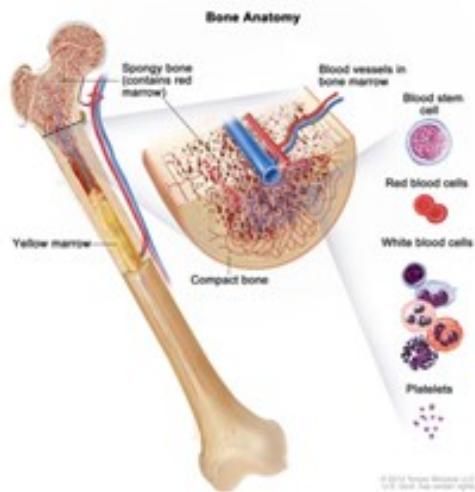
Gambar 8.7 Jaringan Tulang  
(Sumber: Morgan, and Gerstenfeld, 2021)

g. Darah

Darah merupakan jaringan ikat yang terdiri dari sel dan bagian sel lainnya berada didalam matriks intraseluler yaitu plasma, dan satu-satunya jaringan berbentuk cairan didalam tubuh. Plasma didalamnya terkandung air, protein plasma darah, dapat melarutkan elektrolit, nutiri, gas, zat kimia, hormone, sisa metabolism, sedangkan sel darah terdiri dari sel darah merah (eritrosit) yang tidak berinti mengandung hemoglobin untuk mengikat oksigen dan karbondioksida. Sel darah putih (leukosit) menjadi bagian dari sistem imunitas dibagi dua berdasarkan morfologinya pertama dinamakan granulosit termasuk neutrofil bersifat fagositosis, basofil memproduksi histamin penyebab inflamasi dan heparin pencegah pembekuan darah, eosinofil mencegah terjadinya inflamasi dengan mengeluarkan sitokin dan infeksi parasite terutama cacing. Kedua agranulosit yaitu monosit dan limfosit. Monosit yang bisa berubah menjadi makrofag dalam darah dan memfagositosis, bakteri, sel-sel mati, dan debris yang berasal dari jaringan mati. Limfosit dibagi lagi menjadi sel Natural Killer (NK), sel B dan sel T bertindak dalam mengontrol pertumbuhan sel tumor, alergi, dan penolakan transplantasi organ. Sel darah platelet berfungsi untuk mencegah pendaharan internal maupun eksternal melalui proses pembekuan darah.

Sel darah dibentuk dari sumsum tulang yang terletak di bagian tengah tulang, strukturnya lunak dan kenyal seperti spon. Aktivitas darah dalam tubuh sebagai media transportasi, regulasi dan perlindungan. Peranan darah sebagai media transportasi karena tubuh memerlukan darah untuk membuang sisa metabolisme, menyalurkan oksigen dan nutrisi keseluruhan tubuh. Membuang karbondioksidanya dari paru-paru dan ginjal keluar dari tubuh. Membawa hormon dari organ endokrin menuju sel target. Jika berperan

didalam regulasi dengan menjaga suhu tubuh, menghantarkan panas dari otot menuju ke kulit dikeluarkan dalam bentuk keringat. Menjaga keseimbangan elektrolit mineral dan protein dalam plasma berfungsi untuk proses osmosis. Meregulasi konsentrasi pH darah. Sedangkan peranan darah sebagai sistem perlindungan mencegah pendarahan didalam tubuh jika terjadi kerusakan pada pembuluh darah dengan proses pembekuan darah. Melalui sel darah putih yaitu fagositosis, menjaga tubuh dari serangan agen penyakit. Membentuk sel memori antibodi untuk mengatasi serangan ulang agen penyakit atau reaksi positif pemberian vaksin pembentuk kekebalan tubuh (Ng et al., 2019).



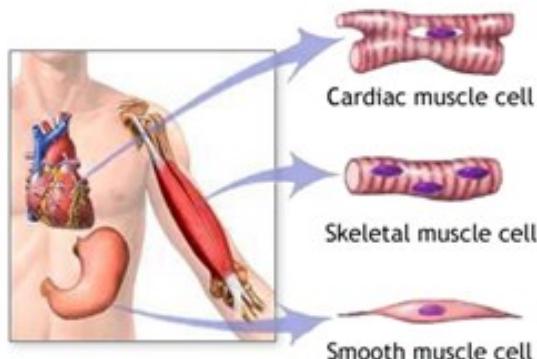
Gambar 8.8 Pembentukan Jaringan ikat darah  
(Sumber: <https://www.cancerhelpessentiahealth.org/>)

### 3. Jaringan Otot

Komponen sel yang menyusun jaringan otot adalah sel yang memiliki kemampuan khusus bisa memanjang, memendek dan berkontraksi sehingga tubuh bisa digerakkan. Jaringan otot merupakan jaringan seluler dan disuplai oleh pembuluh darah yang memberikan nutrisi. Bentuk jaringan otot memanjang, dan pipih ramping sehingga dinamakan serabut otot. Setiap

jaringan otot tersusun dari lapisan-lapisan buntalan sel otot dan dilapisi oleh jaringan ikat. Protein kontraksi yaitu aktin dan myosin yang membuat otot dapat bergerak. Perlekatan otot ke rangka tulang, menyebabkan kontraksi otot terjadi sesuai dengan kehendak gerakan tulang dan pengaruh sistem saraf menghasilkan gerakan yang spesifik. Otot didalamnya berperan menyimpan asam amino sehingga dapat digunakan oleh masing-masing sel, jaringan dan organ untuk mensintesis protein yang spesifik sesuai dengan kebutuhan.

Jaringan otot dapat dibagi menjadi jaringan otot rangka, jaringan otot halus dan jaringan otot jantung. Jaringan otot rangka memiliki bentuk silinder, berinti banyak, dan berlurik, dapat bergerak dengan kesadaran atau dikendalikan oleh kehendak. Sel jaringan otot halus bentuknya tunggal seperti poros, tidak berlurik dan inti selnya terletak di tengah. Sel penyusun jaringan otot jantung seratnya berbentuk cabang atau bercabang, susunan berselang-seling, berlurik, dan nukleus disetiap sel (Dave et al., 2024).

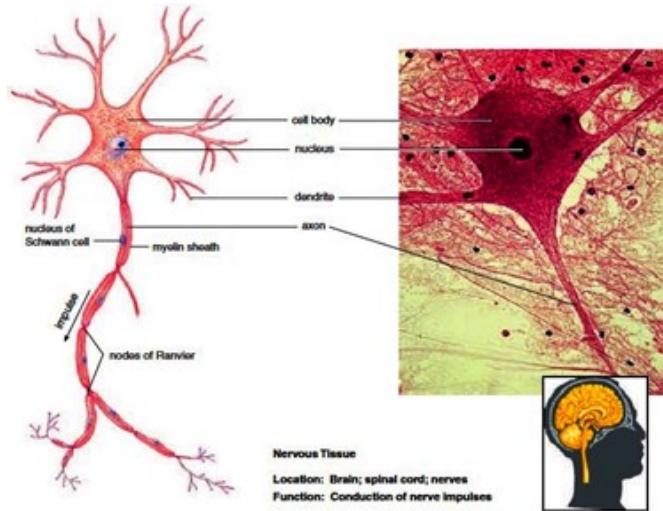


Gambar 8.9 Tipe Jaringan Okat Otot  
(Sumber: <https://medlineplus.gov/ency/imagepages/19841.htm>)

#### 4. Jaringan Saraf

Jaringan saraf dapat ditemukan di otak, sumsum tulang belakang, dan saraf. Fungsi dari jaringan saraf

adalah untuk mengontrol dan melakukan koordinasi aktivitas antar organ dan gerakan tubuh. Fungsi lain dari jaringan saraf menstimulasi kontraksi otot, meningkatkan kewaspadaan terhadap keadaan dan kondisi disekitar tubuh, serta mengendalikan tingkat emosi, pemikiran dan memori. Supaya dapat melakukan koordinasi gerak tubuh, jaringan saraf perlu berkoordinasi dan mampu berkomunikasi dengan sel disekitarnya menggunakan sinyal atau lompatan listrik disebut impuls saraf. Bagian jaringan saraf yang berperang untuk menerima dan mengirim impuls saraf disebut sel saraf atau neuron. Sel saraf memiliki tiga bagian utama yaitu badan sel, dendrit dan akson. Badan sel bagian dari sel saraf yang paling berperan dalam menjalankan fungsi sel saraf. Sedangkan dendritik adalah bagian sel saraf yang berfungsi meneruskan proses mentransfer impuls saraf melalui sitoplasma. Impuls saraf dari sitoplasma dalam badan sel menuju keluar diteruskan melalui akson. Pada jaringan saraf terdapat juga bagian yang tidak berperan meneruskan impuls saraf tetapi tetap mempunyai fungsi menjalankan aktivitas sel saraf. Bagian ini dinamakan sel gaglia, atau disebut neuroglia apabila terdiri dari beberapa sel ganglia. Neuroglia mempunyai peran menyatukan sel-sel saraf dan menyekat sel saraf terpisah dari sel lainnya. Saraf gaglia disebut sel fagosit berperan melindungi sel saraf dari serangan agen penyakit. Terakhir menjadi perantara aliran nutrisi dari pembuluh darah menuju ke sel saraf (Carlson, 2019).



Gambar 8.10 Anatomi Sel Saraf  
(Sumber: [http://encyclopedia.lubopitko-bg.com/Nervous\\_Tissue.html#google\\_vignette](http://encyclopedia.lubopitko-bg.com/Nervous_Tissue.html#google_vignette))

## **Daftar Pustaka**

- Ajmand A., Tsipouras, M. G., Tzallas, A., T., Forlano, R., Manousou, P., dan Giannakeas, N. (2020). Quantification of Liver Fibrosis—A Comparative Study, Applied Science. 10(447), 3-34. DOI:10.3390/app10020447.
- Dudás B. (2023). Chapter 1 - Basic Tissues, Human Histology. Academic Press. 1-34, ISBN: 9780323918916. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91891-6.50001-5>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323918916500015>).
- Carla S., Warren H., Andry V., Raffaele D.,C. (2015). 1 - Connective Tissues Functional Atlas of the Human Fascial System. Churchill Livingstone. 1-20. ISBN: 9780702044304. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-4430-4.00001-4>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780702044304000014>)
- Carlson B. M., (2019). Chapter 2 – Tissues. The Human Body, Academic Press. 27-63. ISBN: 9780128042540. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804254-0.00002-8>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128042540000028>).
- Chang L. R. Marston G., Martin A. (2023). Anatomy, Cartilage. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532964/>.
- Dave H. D., Shook M., Varacallo M. (2023). Anatomy, Skeletal Muscle. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537236/>.

- Donna J. C., Suzanne "Tink" M. (2012). Chapter 6 - Skeletal System Changes Functional Movement Development Across the Life Span. (Third Edition), W.B. Saunders. 105-128. ISBN: 9781416049784, <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-4978-4.00006>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781416049784000065>)
- Elbourne, Scott. (2022). Cell and Body Tissue Physiology. British Journal of Nursing. 31(13), 696-702.
- Elise F. M., Louis C. G. (2021). Chapter 2 - The bone organ system: form and function Osteoporosis. (Fifth Edition), Academic Press. 15-35. ISBN: 9780128130735, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813073-5.00002-2>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128130735000022>).
- Ng I. C., Pawijit P., Tan J., Yu H. (2019). Anatomy and Physiology for Biomaterials Research and Development. Encyclopedia of Biomedical Engineering, Elsevier. 225-236. ISBN: 9780128051443. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.99876-3>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128012383998763>).
- John D. B., Christopher L. (2013). 11 - Connective and mesenchymal tissues with their stains. Bancroft's Theory and Practice of Histological Techniques (Seventh Edition), Churchill Livingstone. 187-214. ISBN: 9780702042263, <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-4226-3.00011-1>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780702042263000111>.
- Kamrani P., Marston G., Arbor T. C. (2023). Anatomy, Connective Tissue. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538534/>.

- Kuten, K. (2022). Connective Tissue Types in Human Body. *Journal of Interdisciplinary Histopathology*. 10 (8), 1. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.
- Letizia F., Francesco D. F., Paolo P., Chiara G., Barbara Z. (2022). Chapter 12 - Methods to isolate adipose tissue-derived stem cells. *Methods in Cell Biology*, Academic Press. Volume 171. 215-228. ISSN: 0091-679X, ISBN: 9780323900188,  
<https://doi.org/10.1016/bs.mcb.2022.04.011>.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0091679X22000589>.
- Muse M. E., Shumway K. R., Crane J. S. (2023). Physiology, Epithelialization. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532977/>.
- Wu M., Cronin K., Crane J. S. (2023). Biochemistry, Collagen Synthesis. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507709/>.

## **Profil Penulis**



**drh. Purwaningtyas Kusumaningsih, M.Biotech.**

Penulis di lahirkan di Denpasar pada tanggal 28 Mei 2024. Ketertarikan penulis terhadap kesehatan hewan dimulai pada tahun 1999 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk masuk ke Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Udayana dan berhasil lulus pada tahun 2005. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke Magister Bioteknologi dan berhasil menyelesaikan studi S2 di Univeristas Gadjah Mada pada tahun 2010. Penulis sebelumnya pernah bekerja sebagai Dokter Hewan di Taman Safari Bali selama 5 tahun. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi S1 Ilmu Gizi, Universitas Dhyana Pura, Bali. Penulis saat ini menjabat sebagai Kepala subbagian Laboratorium Kesehatan Dasar Fakultas Kesehatan dan Sains. Penulis juga aktif dalam kegiatan ilmiah dan organisasi keprofesian yaitu Perhimpunan Dokter Hewan Indonesia (PDHI) dan praktek mandiri. Sehari-harinya bekerja sebagai dosen pengampu mata kuliah Biokimia biomolekuler, Bioinformatika, Mikrobiologi Pangan, Interaksi Obat dan Makanan, dan Parasitologi. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal, dan prosiding serta aktif menulis buku ajar dan book chapter.

Email Penulis : purwak.05@undhirabali.ac.id



# SISTEM PERSARAFAN

**Ni Made Wedri, A.Per.Pen., S.Kep., Ns., M.Kes.**  
Poltekkes Kemenkes Denpasar

## **Pendahuluan**

Sistem saraf merupakan sistem di dalam tubuh yang berperan sebagai penghubung antar sel dan organ, juga berperan sebagai pengontrol berbagai organ serta menghasilkan hormon. Sistem tubuh yang penting ini juga mengatur sebagian besar fungsi sistem-sistem tubuh lainnya, karena berkat pengaturan saraf inilah terjalin komunikasi antar sistem tubuh yang berbeda sehingga tubuh berfungsi sebagai satu kesatuan yang harmonis. Semua fenomena kesadaran, pikiran, ingatan, bahasa, perasaan dan gerakan yang muncul dari sistem ini.

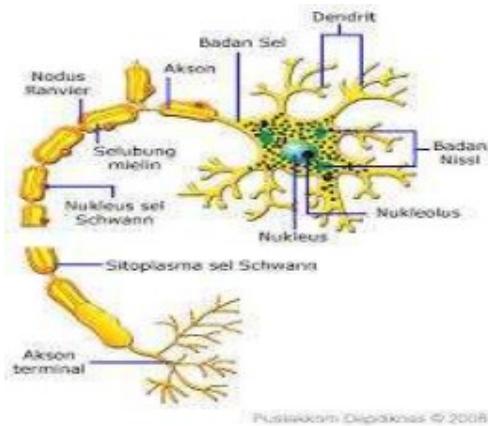
## **Sistem Saraf Manusia**

1. Sel Saraf (Neuron) dan sel penunjang (neuroglia dan sel schwan)

Sistem saraf manusia terdiri atas sel-sel saraf (neuron) yang merupakan unit fungsional terkecil sel saraf dan sel-sel penunjang yaitu: Neuroglia dan sel schwan ( Wardani, 2019). Neuron adalah sel-sel system saraf khususnya sel-sel rangsang yang menerima masukan sensoris ( aferen ) dari ujung-ujung saraf tepi, terutama untuk organ reseptör sensoris dan masukan motoris langsung (eferen) ke otot.

Neuroglia adalah pendukung, pelindung dan sumber makanan bagi neuron-neuron otak dan sumsum

tulang belakang. Sel Schwan merupakan pelindung dan penyokong neuron-neuron lain serta penonjolan neuron di luar sistem saraf pusat, untuk membentuk myelin di susunan saraf tepi.



Gambar 9.1 Neuron dan bagian-bagiannya

## 2. Klasifikasi Neuron

- Berdasarkan aliran impul neuronal: neuron sensoris (afferent), neuron motoris (efferent), dan neuron internunsial (asosiasi).
- Berdasarkan Jumlah tonjolan : neuron unipolar ( satu tonjolan kemudian terbagi 2 cabang dekat badan sel, satu cabang ke perifer dan satu cabang ke CNS. Contohnya Neuron sensoris saraf spinal, neuron bipolar (dua tonjolan) yaitu akson dan dendrite, contoh: sel batang dan kerucut retina, dan neuron multipolar (beberapa dendrite dan satu akson) yaitu neuron-neuron pada saraf pusat.
- Berdasarkan panjang tonjolan : neuron Golgi tipe I : akson panjang yang menjulur lebih dari satu meter, contohnya neuron motoris medulla spinalis sakralis sampai ke ujung jari kaki dan neuron tipe II : akson yang pendek sekali berakhir dekat pada badan sel, ditemukan di otak dan medullaspinalis. Neuron golgi tipe II lebih banyak dari pada neuron tipe I (Wardani, 2019).

### 3. Neurotransmiter

Neurotransmiter adalah zat kimia yang disintesis dalam neuron dan disimpan di dalam gelembung sinaptik ujung akson. Cara komunikasi antar neuron dengan melepaskan transmitter yang menyebabkan perubahan permisiabilitas sel neuron. Tempat neuron mengadakan kontak dengan neuron lainnya disebut : sinaptik. Neuron presinaptik : neuron yang menghantarkan impuls saraf menuju ke sinaps dan neuron post sinaptik yaitu neuron yang membawa impuls dari sinap (Syaifuddin, 2009).

Jenis-jenis sinaps:

- a. Sinap aksodendritik (akson dan dendrite ),
- b. Sinap akso-aksonik (akson dengan akson ),
- c. Sinap Aksosomatis (akson dengan badan sel ), dan
- d. Sinap Dendro-dendritik (dendrite dengan dendrite)

### 4. Jalur Saraf:

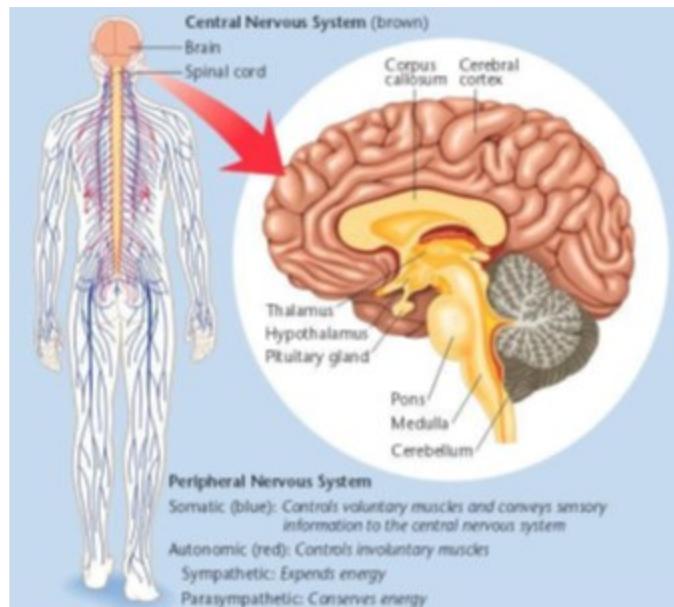
a. Jalur motorik:

- 1) Neuron pertama : badan sel neuron motorik atas terletak di daerah pra-rolandik korteks dan serat-seratnya terikat erat saat melewati antara nucleus kaudatus dan lentiformis dalam kapsula interna.
- 2) Neuron motorik bawah : yang dimulai sebagai badan sel di tanduk anterior sumsum tulang belakang keluar dan berjalan akar anterior saraf tulang belakang kemudian membelah menjadi daerah perifer dan berakhir di organ motorik (otot).

b. Jalur saraf sensorik terdiri dari tiga neuron yaitu:

- 1) Neuron perifer mempunyai badan sel dalam ganglion sensorik pada akar posterior saraf tulang belakang, dendron bergerak ke pinggiran dan berakhir di kulit dan aksonnya memasuki sumsum tulang belakang,

- kemudian naik ke kolom posterior dan berakhir di sekitar nucleus di medulla oblongata.
- 2) Neuron ascendens dari nucleus kemudian melintasi garis median dengan cara yang sama seperti pada jalur motorik untuk membentuk dekussasi sensorik naik ke pons dan diencephalons guna mencapai thalamus.
  - 3) Neuron yang berasal dari thalamus melewati kapsula interna untuk mencapai area sensorik pada korteks cerebral.



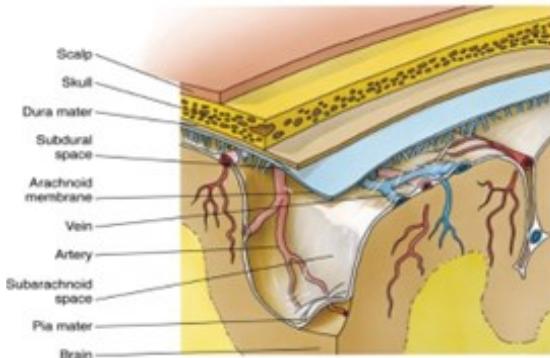
Gambar 9.2 menunjukkan bahwa sistem saraf terdiri dari oleh jaringan saraf yang terdiri dari beberapa macam sel. Komponen utama sistem saraf adalah neuron yang dibantu oleh sel glia. Ada jutaan neuron dalam sistem saraf manusia. Neuron bertanggung jawab atas proses reaksi, transmisi, dan proses pengenalan srangeangan, merangsang aktivitas sel-sel

tertentu, dan melepas neurotransmitter. Impuls saraf ditransmisikan hanya dalam satu arah yaitu masuk ke dalam sel melalui dendrit dan keluar dari sel melalui akson. Sebuah neuron menerima dan mengirimkan sinyal dari ratusan ribu dari neuron lainnya. Sistem persinyalan bersifat kimiawi dan listrik.

## **Sistem Saraf Manusia**

### 1. Sistem Saraf Pusat

Sistem saraf pusat merupakan pusat dari seluruh kendali dan pengaturan seluruh tubuh, baik gerakan sadar atau gerakan otonom. Dua organ utama yang mengontrol sistem saraf pusat adalah otak dan sumsum tulang belakang. Otak manusia merupakan organ vital yang harus dilindungi oleh tulang tengkorak. Pada saat yang sama, sumsum tulang belakang dilindungi oleh ruas-ruas tulang belakang. Otak dan sumsum tulang belakang keduanya dilindungi oleh selaput, dinamakan meninges. Meningen dari terdiri dari tiga bagian dari dalam ke luar, yaitu piiameter, arachnoid, dan durameter. Piiameter adalah lapisan terdalam dari membran. Lapisan ini terhubung langsung dengan otak atau sumsum tulang belakang. Piiameter mengandung banyak pembuluh darah. Arachnoid adalah lapisan antara piiameter dan durameter. Durameter merupakan lapisan membran terluar. Durameter melekat langsung dengan tulang. Di daerah antara piiameter dan arachnoid terdapat rongga berisi cairan serebrospinal. Cairan ini melindungi otak dan sumsum tulang belakang dari goncangan/benturan.



Gambar 9.3 Meninges

a. Cairan Cerebrospinalis

Cairan serebrospinalis mengelilingi ruang sub araknoid di sekitar otak dan medulla spinalis. Cairan cerebrospinal ( CSS ) adalah hasil sekresi pleksus khoroid ( dibentuk oleh jaringan pembuluh darah kapiler otak tepi. Tekanan 60 – 140 mm H<sub>2</sub>O/( 70 -160 mm H<sub>2</sub>O ). Cairan ini juga mengisi 4 ventrikel di dalam otak yaitu ventrikel lateral kiri dan kanan yang terletak pada hemisfer serebri sinistra dan dextra, ventrikel ketiga antara kedua thalamus ) dan ventrikel ke empat diantara cerebelum, pons dan medulla oblongata . Cairan cerebrospinalis menyerupai plasma darah dan cairan interstisial, tetapi tidak mengandung protein. Cairan serebrospinalis dihasilkan oleh plesus koroid di ventrikel lateral, ventrikel ketiga, dan ventrikel ke empat yang ada dalam otak.

Sirkulasi cairan otak dari ventrikel lateralis melalui foramen Monroe memasuki ke ventrikel ketiga melalui Aquaduktus silvi mengalir ke ventrikel ke empat melalui foramen Magendi masuk Sisterna Magna dan kanalis spinalis. Cairan tersebut masuk ke dalam kanalis sentralis sumsum tulang belakang dan ke ruang subaraknoid melalui celah pada ventrikel keempat. Kemudian kembali ke sirkulasi vena melalui Granulasi Arakhnoid pada sinus sagitalis

superior dan sekresi oleh sel-sel ependimal yang mengelilingi pembuluh darah serebral dan melapisi saluranl sentral sumsum tulang belakang.

Cairan cerebrospinalis bertindak sebagai bantalan untuk pemeriksaan jaringan lunak otak dan sumsum tulang belakang, dan juga bertindak sebagai sarana pertukaran nutrisi dan produk limbah antara darah dan otak serta sumsum tulang belakang.

b. Otak Besar

Otak besar terdiri dari dua belahan otak, yang membentuk sebagian besar otak. Korteks serebral terdiri dari 6 lapisan sel dan serabut saraf. Ventrikel I dan II (ventrikel lateral) terletak di belahan otak kiri dan kanan. Corpus callosum terdiri dari serat bermielin, menghubungkan kedua belahan otak. Setiap belahan dibagi oleh celah dan alur/sulkus menjadi 4 lobus (lobus frontal, lobus parietal, lobus oksipital dan lobus temporal) yang dinamai berdasarkan lokasit tulangnya.

- 1) Fisura longitudinal membagi belahan menjadi belahan kiri dan kanan
- 2) Fisura transversal memisahkan belahan otak dari otak kecil.
- 3) Sulkus pusat/fisura Rolando memisahkan lobus frontal dari lobus parietal.
- 4) Sulkus lateral / fisura Sylvius memisahkan lobus frontal dan temporal.
- 5) Sulkus parieto-okcipital memisahkan lobus parietal dan oksipital.

Di bagian bawah dari belahan otak terdapat massa putih (substansia alba) yang disebut corpus callosum. Korteks cerebri berlipat-lipat (girus) dan terdapat celah (sulkus/fisura). Bagian-

bagian korteks cerebri menurut letak ada 4 lobus yaitu :

- 1) Lobus Frontalis
- 2) Lobus Parietalis
- 3) Lobus Temporalis dan
- 4) Lobus Oksipitalis

Dengan fungsi spesifik dari masing-masing lobus sebagai berikut:

- 1) Korteks Frontalis : konseptualisasi, abstrak, prakiraan, kemampuan motorik (4,6,8,9,10,11,12 ), dan kemampuan menulis kata-kata.
- 2) Korteks Parietalis : integrasi yang tertinggi dan mengkoordinasi pusat untuk persepsi dan interpretasi sensori (P : 3,1,2 As : 5 dan 7), kemampuan mengetahui bagian tubuh kiri dan kanan, dan gerakan motoris.
- 3) Korteks Temporal : auditorik (P : 41, As : 42) dan menyimpan memori.
- 4) Korteks Oksipital : pendengaran, pusat penglihatan (P : 17, As : 18 dan 19).

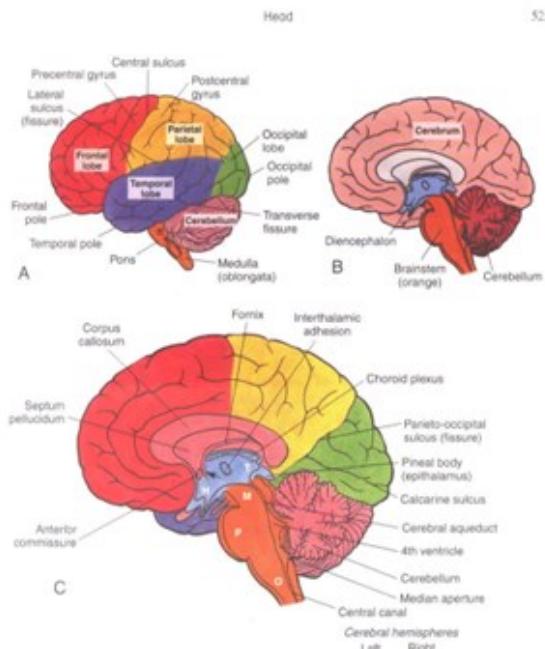
Area Fungsional Korteks Serebri adalah:

- 1) Area motorik primer: terletak di area presentral. Disini neuron mengontrol kontraksi volunteer otot rangka. Area premotor korteks terletak tepat di depan girus presentral. Kontrol neuron dipraktikkan, tindakan motorik berulang seperti menulis. Daerah broca terletak di depan daerah premotor pada tepi bawahnya.
- 2) Daerah sensorik terdiri dari daerah sensorik primer, daerah penglihatan primer, daerah pendengaran primer, daerah penciuman primer dan daerah pengecapan primer (gustatory).

- 3) Area asosiasi area otak: terdiri dari area asosiasi frontal, asosiasi somatic, asosiasi visual, wicara Wernicke.
  - 4) Ganglia basal adalah kepulauan substansi abu-abu yang terletak jauh di dalam substansi putih otak.
  - 5) Sistem limbik (Amigdala, Hipokampus, Nuklei septal) berpengaruh dalam perilaku malam hari bersama thalamus yang mempengaruhi perilaku sexual, emosi dan motivasi, perubahan tekanan darah, dan pernapasan.
  - 6) Sistem Retikularis terdiri dari jalinan kompleks badan-badan sel dan serat yang saling terjalin membentuk inti pusat batang otak. Kemudian dilanjutkan dengan sel-sel internunsial diencephalons dan telencephalon serta medulla spinalis. Letaknya strategis di bagian tengah jalur naik dan turun mengontrol lalu-lintas dan berperan serta dalam segala peristiwa antara batang otak-belahan otak.
- c. Otak Kecil

Beratnya ± 150 gram terdiri dari 2 belahan pada vermis, bagian anterior dan posterior: Lobus Quadrangularis Anterior Lingua, Lobus Sentralis Kulmen, Lobus Quadrangularis Posterior Deklive, dan Lobus Semilunaris Inferior Tuber. Otak kecil berperan dalam keseimbangan tubuh dan koordinasi gerakan otot. Otak kecil akan mengintegrasikan impuls saraf yang diterima dari sistem gerak sehingga berperan penting dalam menjaga keseimbangan tubuh pada saat beraktivitas. Kerja otak kecil berhubungan dengan sistem keseimbangan lainnya, seperti propriozeptor dan saluran keseimbangan di telinga yang menjaga keseimbangan posisi tubuh. Informasi dari otot bagian kiri dan bagian kanan tubuh yang diolah di bagian otak besar akan diterima oleh otak kecil melalui jaringan saraf

yang disebut pons varoli. Di bagian otak kecil terdapat saluran yang menghubungkan antara otak dengan sumsum tulang belakang yang dinamakan medula oblongata, yang berperan dalam mengatur pernapasan, denyut jantung, pelebaran dan penyempitan pembuluh darah, gerak menelan, dan batuk.



Gambar 9.4 Anatomi Otak

#### d. Pons

Hampir seluruhnya terdiri dari substansi putih, menghubungkan nukleus accumbenske berbagai bagian otak melalui batang otak. Pusat pernapasan terletak pada pons dan mengatur frekwensi dan kedalaman pernapasan. Di dasarnya terdapat inti saraf cranial V, VI dan VII yang menerima informasi dari saraf kranial VIII.

#### e. Medulla Oblongata

Panjangnya sekitar 2,5 cm menjulur dari pons hingga sumsum tulang belakang, bagian ini

berakhir pada area foramen magnum tengkorak. Nukleus accumbens merupakan nukleus yang berperan dalam mengatur fungsi seperti detak jantung, tekanan darah, pernapasan, batuk, menelan dan muntah. Inti yang menjadi cikal bakal saraf cranial IX, X, XI dan XII terletak di dalam medulla.

Fungsi spesifik dari batang otak adalah:

- 1) Diencephalon (Talamus dan Hypothalamus): menerima impuls (nyeri, suhu, dan sentuhan), mengontrol ambang nyeri, membantu menjaga kewaspadaan, mengatur suhu, dan menghasilkan respons emosional.
  - 2) Pons: pusat ritme pernafasan, titik keluar saraf kranial V, VI, VII, dan VIII.
  - 3) Midbrain / Otak Tengah: Pergerakan otot, refleks pendengaran, refleks berdiri, mengontrol sebagian dari penglihatan, dan keluarannya ke saraf kranial III dan IV.
  - 4) Medula Oblongata: Pusat jantung dan pernafasan, Pusat batuk dan menelan, pusat mati lemas ( bersendawa ), dan tempat keluarannya saraf kranial IX, X, XI, dan XII.
- f. Sumsum Tulang Belakang

Sumsum tulang belakang merupakan perpanjangan dari sistem saraf pusat, dilindungi oleh ruas-ruas tulang belakang. Sumsum tulang belakang memanjang dari pangkal leher, hingga ekor. Kerusakan pada sumsum tulang belakang akan berdampak pada sistem saraf di sekitarnya bahkan, dapat menyebabkan kelumpuhan pada bagian tubuh bagian bawah (kaki).

Secara anatomi, sumsum tulang belakang adalah kumpulan saraf yang berjalan menuju dan dari otak. Secara spesifik sumsum tulang belakang yang melindungi sumsum tulang belakang tersusun atas serabut saraf , total saraf tulang

belakang berjumlah 31 pasang yang terdiri dari 7 pasang dari segmen servikal, 12 pasang dari segmen thorakal, 5 pasang dari segmen lumbalis, 5 pasang dari segmen sacralis dan 1 pasang dari segmen ekor.

- 1) Vertebra Servikalis berjumlah 7 buah membentuk daerah tengkuk/leher.
  - 2) Vertebra Torakalis berjumlah 12 buah membentuk bagian belakang torax.
  - 3) Vertebra Lumbalis berjumlah 5 buah membentuk daerah lumbal /pinggang.
  - 4) Vertebra Sakralis berjumlah 5 buah membentuk os sakral
  - 5) Vertebra koksigeus berjumlah 4 buah dan membentuk tulang ekor.
- g. Aliran Darah Otak dan Sumsum Tulang Belakang
- Otak membutuhkan darah 50-60 cc / 100 gram jaringan otak / menit ( 20% dari juseluruh darah yang dipompa oleh jantung ). Otak menerima suplay darahnya dari 2 arteri yaitu : arteri Karotis Interna dan Arteri Vertebral. Arteri Karotis Interna merupakan cabang dari arteri Karotis Komunis setelah masuk secara intra kranial kemudian bercabang menjadi 2 bagian yaitu arteri frontal kiri dan kanan ( pada lobus Frontalis dan Parietal ) serta Arteri Serebral tengah kiribdan kanan ( arteri Parietal ) dan lobus Temporal. Arteri Vertebral yang merupakan cabang dari arteri brakhialis, kemudian menjadi Arteri Basilaris dan Arteri Serebral Posterior kiri dan kanan ( Lobus Oksipital ) satu sama lain arteri komunikans. Pada saat yang sama arteri serebral tengah kiri dan kanan serta arteri serebral posterior kiri dan kanan dihubungkan oleh oleh ligamen posterior, sehingga semuanya membentuk jaringan arteri serebral yang disebut dengan “Circulus Arteriosus Willis ”.

Kembalinya darah dari otak terjadi melalui sistem vena (sinus venosa) meliputi: Sinus Sagital Superior dari depan ke belakang di bawah tengkorak di garis tengah, sinus sagital inferior posterior, sinus transversal lateral, dan sinus sphenoidalis di satu sisi, tulang sphenoid tubuh.

## 2. Sistem Saraf Perifer

Susunan saraf tepi terdiri dari serabut saraf otak dan serabut saraf sumsum tulang belakang (spinal). Serabut saraf sumsum dari otak, keluar dari otak sedangkan serabut saraf sumsum tulang belakang keluar dari sela-sela ruas tulang belakang. Tiap pasang serabut saraf otak akan menuju ke alat tubuh atau otot, misalnya ke hidung, mata, telinga, dan lain-lain. Sistem saraf tepi terdiri dari serabut saraf sensorik dan motorik yang membawa impuls saraf menuju ke dan dari sistem saraf pusat. Sistem saraf tepi dibagi menjadi dua bagian menurut fungsinya yaitu sebagai berikut:

### a. Sistem Saraf Sadar

Sistem saraf sadar bekerja berdasarkan kesadaran dan kemauan kita. Saat kita makan, menulis, berbicara, maka saraf inilah yang mengkoordinasikannya. Saraf ini menyalurkan impuls dari reseptor ke sistem saraf pusat, dan meneruskan impuls dari sistem saraf pusat ke seluruh otot rangka di tubuh. Sistem saraf sadar terdiri dari 12 pasang saraf kranial, yang keluar dari otak dan 31 pasang saraf tulang belakang yang muncul dari sumsum tulang belakang. Saraf-saraf tulang belakang terdiri dari gabungan saraf sensorik dan motorik. Dua belas pasang saraf kranial meliputi:

- 1) Saraf penciuman (saraf 1), saraf optik (saraf 2), dan saraf pendengaran (saraf 8). Saraf-saraf ini merupakan saraf sensorik.
- 2) Saraf okulomotor (saraf 3), troklear (saraf 4), abdusen (saraf 6), apendikuler (saraf 11),

- hipoglosus (saraf 12). Kelima saraf ini merupakan saraf motorik.
- 3) Saraf trigeminal (saraf 5), saraf wajah (saraf 7), saraf faring (saraf 9), dan saraf vagus (saraf 10). Keempat saraf ini merupakan saraf gabungan dari saraf sensorik dan motorik.

Pelajari lebih lanjut tentang jenis saraf kranial. Saraf kranial terdiri dari 12 pasang saraf yang mempunyai koneksi sentral di otak.

- a. Saraf penciuman (N.I): fungsi saraf ini bertindak seperti saraf penciuman membawa rangsangan bau-bauan dari rongga hidung ke otak.
- b. Saraf /nervus Optik (N.II): Saraf ini bersifat sensorik, mempersarafi bola mata dan membawa rangsangan penglihatan ke otak yaitu ke lobus oksipital. Fungsi saraf kranial ini adalah untuk ketajaman penglihatan.
- c. Saraf/nervus motorik mata (N.III) yang tugasnya memproyeksikan cahaya ke pupil. Saraf ini merupakan otot motorik yang menggerakan bola mata.
- d. Saraf/nervus Troklear (N.IV) memasuki orbit melalui fisura orbita superior.
- e. Saraf/nervus Trigeminal (N.V): merupakan saraf kranial terbesar untuk alasan sensorik pada kulit kepala, wajah, mulut, gigi, rongga hidung, sinus, dan serabut motorik yang menggerakan otot pengunyanan. Bagian serabut ini mempunyai sensoris mempersarafi wajah dan kulit kepala. Bagian ini mempunyai 3 cabang yaitu:
  - 1) Saraf mata yang mempersarafi dahi, kelopak mata bawah, konjungtiva, dan lubang hidung.
  - 2) Saraf maksilaris mempersarafi pipi, rahang, dan sinus maksilaris.
  - 3) Nervus Mandibula mempersarafi rahang bawah. Bagian serabut motorik mempersarafi

otot-otot pengunyahanya itu: otot pengunyanah, otot temporalis dan otot pterigoideus.

- f. Saraf motorik (N.VI) saraf mototrik mempersarafi otot rektus lateralis bola mata yang muncul dari permukaan anterior otak. Fungsi saraf ini adalah sebagai saraf motorik pada sisi mata.
- g. Saraf wajah (N.VII) Saraf ini bertanggung jawab untuk mengendalikan ekspresi wajah & mengantarkan rasa pengecapan.
- h. Saraf suara/koklea (N.VIII), Saraf ini mempunyai 2 bagian yaitu : saraf koklearis/pendengaran untuk fungsi pendengaran, saraf vestibularis untuk fungsi keseimbangan & letaknya dalam ruang
- i. Saraf Glosopharingeal (N.IX) Saraf dengan 4 komponen yaitu: komponen motoris mempersarafi otot-otot yang menggerakan atau faring ke atas, komponen sensorik memberikan sensasi pada langit-langit lunak, laring & tenggorokan, dinding atas faring, komponen yang menyalurkan rasa ke sepertiga posterior lidah, dan komponen parasimpatis yang merangsang kelenjar ludah.
- j. Saraf Vagus (N.X) Saraf ini terdiri dari serabut saraf motorik dan sensorik yang mempersarafi jantung dan sebagian besar sistem pernapasan. Saraf ini mempunyai 3 bagian yaitu : komponen motorik yang mempersarafi otot faring & otot-otot yang menggerakan glotis laring, komponen sensorik yang mempersarafi faring bagian bawah, dan komponen terbesar yaitu: otot parasimpatis yang mempersarafi sebagian besar organ (paru-paru, jantung, pankreas, kelenjar getah bening, ginjal, lambung, usus, & kolon melintang).
- k. Saraf aksesoris (N.XI) merupakan saraf motorik yang menjalar secara diagonal melewati leher untuk mempersarafi otot sternokleidomastoideus & trapezius.

1. Saraf Hipoglosus (N.XII) adalah saraf motorik otot lidah yang mengontrol pergerakan lidah.
- m. Sistem Saraf Tak Sadar (Otonom)

Tubuh manusia sangat sensitif terhadap perubahan yang terjadi di sekitar lingkungannya sehingga tubuh berusaha beradaptasi. Tubuh dilengkapi dengan sistem saraf otonom yang dapat mengatur keseimbangan di dalam dan di luar tubuh. Sistem saraf ini bekerja secara tidak sadar, otomatis, dan tidak berada di bawah kehendak saraf pusat. Gerakan-gerakan tersebut misalnya denyut jantung, perubahan pupil mata, perangerak organ pencernaan, produksi keringat, dan lain-lain. Ternyata kerja saraf otonom sedikit banyak dipengaruhi oleh hipotalamus otak. Ketika hipotalamus dirangsang, hal itu mempengaruhi gerakan otonom seperti meningkatkan detak jantung, melebarkan pupil mata, dan menghambat sistem pencernaan. Sistem saraf otonom terbagi menjadi dua bagian yaitu:

- 1) Sistem Saraf Simpatik

Saraf ini terletak di depan tulang belakang. Fungsi saraf ini terutama untuk merangsang kerja organ tubuh, meski ada juga yang justru menghambat kerja organ tubuh. Fungsi stimulan, antara lain mempercepat denyut jantung, pelebaran pupil, pelebesaran saluran bronkhial. Fungsi preventifnya antara lain memperlambat saluran cerna, mencegah ereksi, dan mencegah penyempitan ureter.

- 2) Sistem Saraf Parasimpatik

Saraf ini Terdiri dari :

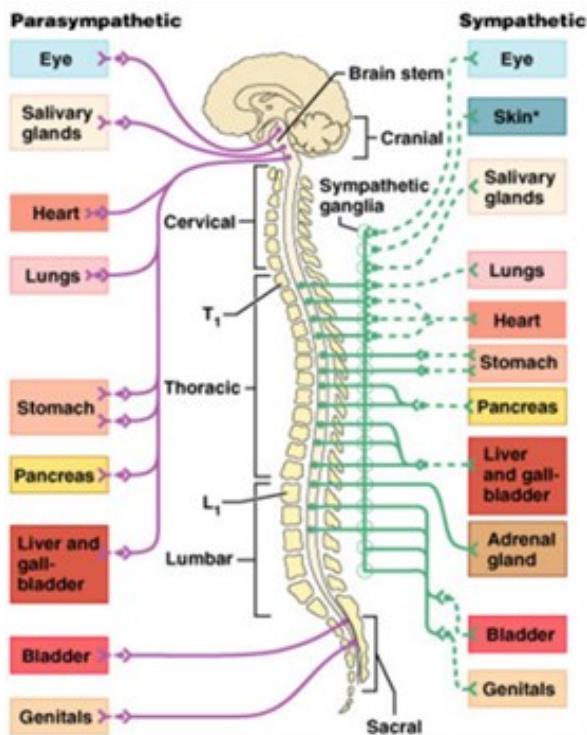
- a) Bagian tengkorak, yang mempunyai hubungan dengan korteks dan hipothalamus dan dari situ serabutnya menyebar ke beberapa saraf kranial ( N.III,

N.V, N.VII, N.IX, N.X ) yang terpenting adalah saraf vagus.

- b) Bagian saraf kranial, tempat serabut saraf meluas ke organ panggul. Sistem saraf simpatis dan parasimpatis bekerja/bertindak berlawanan. Dalam keadaan darurat sistem saraf simpatis memungkinkan tubuh mengatasi bahaya dengan merangsang jantung sedemikian rupa sehingga efeknya menyebabkan jantung berdetak lebih cepat dan memompa darah lebih banyak, pembuluh melebar, meningkatkan aliran darah di otot, kemudian produksi adrenalin meningkat, pergerakan usus dan kandung kemih menurun, dan hati memproduksi glukosa sebagai sumber energi. Oleh karena itu dalam kondisi normal, kedua sistem ini selalu mendukung fungsi tubuh tanpa terasa.

Secara anatomi saraf simpatis dan saraf parasimpatis dibedakan:

- 1) Lokasi; saraf parasimpatis berasal dari otak dan sumsum tulang belakang bagian kraniosakral sedangkan saraf simpatis berasal dari sumsum tulang belakang toraks seperti pada gambar dibawah ini.
- 2) Panjang neuron; di sisi lain saraf simpatis memiliki neuron preganglion yang lebih pendek dan neuron postganglion yang lebih panjang.
- 3) Letak ganglion; ganglion parasimpatis terletak pada organ viseral yang dipersarafi sedangkan ganglion simpatis terletak didekat sumsum tulang belakang.



Gambar 9.5 Anatomi Saraf simpatis dan parasimpatis

### 3. Saraf Tulang Belakang

Sususnan saraf tulang belakang terdiri dari 31 pasang saraf tulang belakang, yang dibagi menjadi beberapa segmen-segmen antara lain: 8 pasang segmen cervikal ( C1 - C8 ), 12 pasang segmen thoraks ( T1 - T12 ), 5 pasang segmen lumbal ( L1 - L5 ), 5 pasang segmen Sakral ( S1 - S5 ), dan 1 pasang segmen tulang ekor ( Co 1 )

Pleksus-pleksus saraf utama terdiri dari:

- a. Pleksus Servikalis : pleksus pada leher yang dibentuk oleh cabang anterior servikalis ke-1 sampai ke-5, dari sana keluar:
  - 1) Araf yang menuju ke otot dan kulit leher dan bahu.

- 2) Saraf frenikus (C3-C5) berjalan di sepanjang leher dan dada untuk mempersarafi diafragma.
- b. Pleksus Brakhialis : pleksus di leher dan lengan bawah yang dibentuk oleh rami anterior segmen C5-C8 dan thorak ke-1 dari sini saraf brakhialis memasuki otot:
  - 1) Saraf pektoralis yg menuju ke otot pektoralis pada bagian depan dada
  - 2) Saraf Sirkumplek yg menuju ke otot deltoid persendian bahu, dan kulit di atas bahu
  - 3) Saraf muskulokutaneus yg menuju ke otot bisep dan otot lain dan kulit pada sisi luar dari lengan bawah.
  - 4) Saraf Radialis yg menuju ke otot trisep dan sisi luar lengan serta bagian belakang dari lengan bawah
  - 5) Saraf Medialis yg menuju ke otot pleksor dari lengan bawah dan ke sebagian besar otot-otot kecil tangan, dan ke kulit tangan sebelah lateral
  - 6) Saraf Ulnaris yg menuju ke otot lengan bawah dan tangan, serta ke kulit pada sisi medialis dari lengan bawah dan tangan.
- c. Pleksus Lumbalis : dibentuk oleh percabangan segmen thorakal ke-12, lumbal 1-4 anterior dari sini keluar:
  - 1) saraf femoralis menuju ke otot quadrisept dan otot lain di sebelah depan paha.
  - 2) saraf obturator menuju ke otot abduktor pada sisi sebelah dalam paha.
  - 3) Pleksus Sakralis: dibentuk di sebelah depan sakrum dan di sebelah belakang rektum oleh percabangan segmen 4-5, dan segmen sakral 1-4 anterior, dari sini keluar saraf skiatika yang menjalar di sebelah dalam bokong dan

bagian belakang paha dan semua otot di bawah lutut.

## **Penutup**

Sistem saraf manusia adalah jaringan saraf yang saling berhubungan, sangat terspesialisasi, dan kompleks. Sistem saraf merupakan sistem koordinasi yang bertanggung jawab mengendalikan seluruh fungsi tubuh. Cara kerja sistem saraf adalah menerima dan mengirimkan rangsangan ke pusat saraf seperti otak atau sumsum tulang belakang. Sistem saraf terbagi menjadi dua bagian yaitu sistem saraf pusat yang terdiri dari otak dan sumsum tulang belakang (spinal cord) dan sistem saraf tepi yang terdiri dari somatik dan otonom, kemudian otonom terbagi menjadi dua bagian yaitu simpatik dan parasimpatik. Unit dasar sistem saraf adalah neuron, sel pendukung, saraf sensorik, saraf motorik, saraf aferen, sumsum tulang belakang, otak, sistem saraf tepi, sistem saraf otonom, dan saraf kranial.

## **Daftar Pustaka**

- Aisyah, I., & Nursamsiyah. 2013. Sistem Saraf pada Manusia. Bandung: Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Bandung.
- Black & Hawks. (2014). Keperawatan Medikal. Bedah. USA: Elsevier.
- Ganong. (2011). American Heart Association (AHA) dalam Family Guide to Stroke.
- Gibson, J. 2002. Fisiologi & Anatomi Modern untuk Perawat Edisi 2. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC
- Guyton, A.C & Hall, J.E. 2006. Textbook of Medical Physiology. The 11th edition. Philadelphia: Elsevier-Saunders: 945-960, 749-760.
- Guyton & Hall. 2011. Medical Physiology edisi 12. Philadelphia: Elsevier Saunders.
- Harsono. (2009). Kapita Selekta Neurologi. Jogjakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hapsari, I., Puspitawati, I., & Suryaratri, R.D. 2014. Psikologi Faal. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Junqueira, L.Z., & Carneiro, J. 2007. Histologi Dasar Teks dan Atlas. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Kalat, J.W. 2009. Biological Psychology. Wadsworth: Cengage Learning.
- Leeson, C.R., Leesoon. T.S., & Paparo, A.A. 1996. Buku Ajar Histologi (Textbook of Histology). Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Marieb, E.N., and Hoehn, K. 2007. Human Anatomy and Physiology. The 7th edition. USA: Benjamin Cummings, Pearson Educator, Inc.
- McPhee, S.J, and Ganong, W.F. 2006. Pathophysiology of Disease: An Introduction to Clinical Medicine. The 5th edition. USA: McGraw—Hill.
- Pearce, E.C. 2008. Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama

- Pearce, E.C. 2010. Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Pinel, J.P.J. 2012. Biopsikologi Edisi Ketujuh. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Sherwood,I. 2001. Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem. Jakarta: EGC.
- Singgih, S A. 2003. Sistem Saraf sebagai Sistem Pengendali Tubuh. Depok: Departemen Ilmu Faal FK UI.
- Sloane, Ethel. 2003. Anatomi dan Fisiologi Untuk Pemula. Jakarta : EGC
- Snell, R.S. 1996. Neuroanatomi Klinik. Alih bahasa, R.F Maulany; Editor, Sjamsir. Edisi kedua. Jakarta: EGC: 175-520.
- Soewolo., dkk. 2005. Fisiologi Manusia. Malang: UM PRESS.
- Suwarno. 2009. Panduan Pembelajaran Biologi. Jakarta : CV Karya Mandiri Nusantara
- Syaifuddin, A. 2009. Fisiologi Tubuh Manusia untuk Mahasiswa Keperawatan (Ed 2). Jakarta: Salemba Medika.
- Wahyuningsih, H.P & Kusmiyati, Y. 2017. Anatomi Fisiologi. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Pusat Pendidikan sumber Daya Manusia Kesehatan Badan Pengembangan dan Pemberdayaan sumber Daya Manusia Kesehatan Spermatozoa.pdf?origin=publication\_detail
- Wibowo, D.S. 2008. Neuroanatomi Untuk Mahasiswa Kedokteran. Malang: Bayumedia Publishing.

## Profil Penulis



### Ni Made Wedri, A.Per.Pen., S.Kep., Ns., M.Kes.

Penulis Dosen Lektor Kepala di Jurusan Keperawatan Poltekkes Kemenkes sejak tahun 1989 sampai dengan sekarang. Sebelum menjadi dosen penulis mendedikasikan waktu, pengetahuan, dan kompetensi penulis di lahan praktik (rumah sakit) memberi pelayanan sejak tahun 1985 sampai dengan 1987 di rumah sakit Unika Atma Jaya Jakarta dan tahun 1987 sampai dengan tahun 1989 di rumah sakit pemerintah di Bali. Penulis alumnus Akademi Perawat Sint Carolus tahun 1985. Kemudian melanjutkan Pendidikan Keperawatan Strata S1 di Universitas Airlangga lulus tahun 1999, dan terakhir menempuh Pendidikan Magister di Universitas Udayana lulus tahun 2012.

Sebagai professional dosen, penulis sudah melaksanakan beberapa penelitian dengan dukungan dana dari Riset Pembinaan Tenaga Kesehatan dan melakukan publikasi nasional maupun internasional beberapa artikel hasil penelitian sejak tahun 2015 sampai dengan sekarang. Disamping itu penulis juga melaksanakan pengabdian kepada masyarakat (program kemitraan masyarakat dan program pembinaan wilayah berkelanjutan)

Email Penulis : wedri87@gmail.com



## SISTEM ENDOKRIN

**drh. Husna, M.Si.**

Universitas Serambi Mekkah

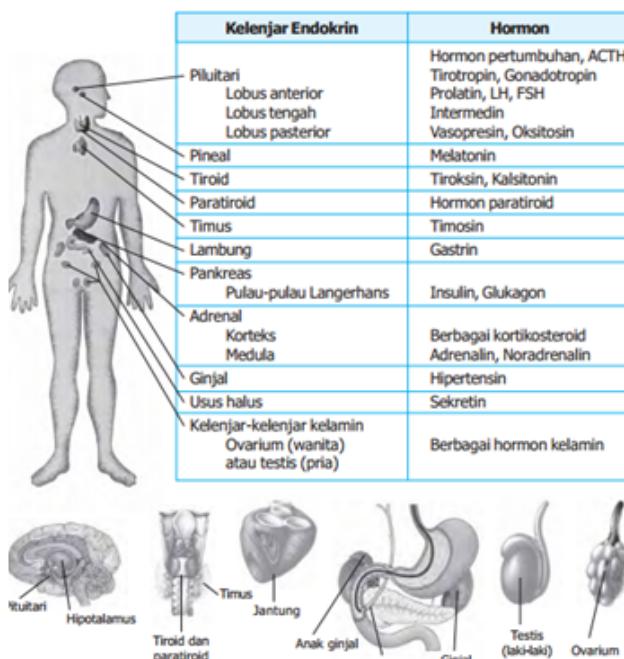
### **Anatomi Fisiologi Sistem Endokrin**

Sistem endokrin adalah sistem kelenjar dan organ yang menghasilkan hormon yang terdistribusi dalam tubuh melalui aliran darah untuk mempengaruhi organ-organ lain. Hormon adalah bahan kimia yang mengatur fungsi tubuh dan berperan sebagai "pembawa pesan" melalui aliran darah ke berbagai sel dalam tubuh, menjadi suatu tindakan. Sistem endokrin terdiri dari kelenjar-kelenjar yang mensekresikan sinyal kimia berupa hormon ke sistem peredaran darah dalam tubuh. Kelenjar endokrin terdiri dari sekelompok sel mikroskopis sangat sederhana, disokong oleh jaringan ikat halus yang banyak mengandung pembuluh kapiler. Kelenjar endokrin adalah kelenjar yang mengirim hasil sekresinya langsung ke dalam darah yang beredar dalam jaringan, kelenjar ini tidak memiliki saluran tapi mensekresi (mengeluarkan) hormon langsung ke dalam darah sehingga dapat mencapai setiap sel darah di dalam tubuh.

Sistem endokrin erat kaitannya dengan sistem saraf dalam mengontrol dan memadukan fungsi tubuh. Kedua sistem ini bekerja sama untuk mempertahankan homeostasis tubuh. Fungsi mereka satu sama lain saling berhubungan, namun dapat dibedakan dengan karakteristik tertentu. Misalnya, medulla adrenal dan kelenjar hipofise posterior yang mempunyai asal dari saraf (neural). Jika keduanya dihancurkan atau diangkat, maka fungsi dari kedua kelenjar ini sebagian diambil alih oleh

sistem saraf. Bila sistem endokrin umumnya bekerja melalui hormon, maka sistem saraf bekerja melalui neurotransmitter yang dihasilkan oleh ujung-ujung saraf (Sofwan dan Aryenti, 2019).

Sistem endokrin terdiri atas badan-badan jaringan kelenjar seperti tiroid, tapi juga terdiri atas kelenjar yang ada di dalam suatu organ tertentu seperti testis, ovarium, dan jantung. Sistem endokrin menggunakan hormon untuk mengendalikan dan mengatur fungsi tubuh sama seperti sistem saraf menggunakan sinyal. Kedua sistem berinteraksi di otak dan saling melengkapi, tapi mereka cenderung bekerja dengan kecepatan yang berbeda (Guyton, 2006). Berikut adalah gambar kelenjar endokrin dan hormone yang dihasilkan.



Gambar 10.1 Sistem Endokrin Manusia  
(Sumber: <http://www.pojoilmu.com>)

## **Kelenjar Pituitary**

Hipotalamus terhubung langsung dengan kelenjar pituitary. Kelenjar ini berukuran sebesar kacang polong terletak di bagian bawah otak dan belakang batang hidung. Kelenjar pituitari dikenal dengan “kelenjar master” karena hormon yang dihasilkannya akan mengontrol cara kerja kelenjar lain dalam sistem endokrin manusia. (Sofwan dan Aryenti, 2019). Beberapa jenis hormon yang diproduksi kelenjar pituitary adalah:

1. Hormon pertumbuhan (GH): mengatur pertumbuhan dan metabolisme.
2. Hormon adrenokortikotropik (ACTH): merangsang kelenjar adrenal untuk mengeluarkan hormon steroid.
3. Hormon perangsang tiroid: merangsang kelenjar tiroid mengeluarkan hormon tiroid.
4. Hormon perangsang folikel (FSH) dan hormon luteinizing (LH): merangsang produksi hormon seks pada ovarium atau testis.
5. Hormon perangsang melanosit (MSH): merangsang produksi melanin pada kulit.
6. Hormon antidiuretik (ADH): menjaga kadar air dan tekanan darah.
7. Oksitosin: merangsang kontraksi rahim selama persalinan.
8. Prolaktin: merangsang produksi ASI pada kelenjar susu.

## **Kelenjar Tiroid**

Kelenjar tiroid berbentuk kupu-kupu terletak di leher anterior, pada trachea inferior terhadap laring. Terdiri dari dua lobus, masing-masing lateral ke trachea yang dihubungkan oleh ismus anterior. Kelenjar tiroid adalah kelenjar endokrin terbesar dalam tubuh. Pembuluh darah yang banyak untuk memasok nutrisi untuk sintesis hormon dan aliran darah untuk mengangkut hormon. Unit fungsional dari kelenjar adalah folikel yang terisi

dengan tiroglobulin (Tg). Tg adalah prekursor glikoprotein untuk hormon tiroid dan Tg yang dimodifikasi secara kolektif dikenal sebagai koloid. Sel folikel dikelilingi oleh lapisan sel epitel. Yang tersebar di antara folikel adalah sel parafolikuler, yaitu sel yang menghasilkan kalsitonin. Di membran basal sel folikuler terdapat reseptor yang terhubungkan dengan protein G untuk thyroid-stimulating hormone (TSH). Semua langkah-langkah dalam produksi hormon tiroid dirangsang oleh TSH (Cameron & Bogen, 2012).

Glandula tiroid memerlukan iodin yang berasal dari diet untuk sintesis tiroksin (T<sub>4</sub>) dan triiodotironin (T<sub>3</sub>). Secara fisiologis, T<sub>3</sub> adalah hormon tiroid yang aktif dan aktivitasnya 3 kali lebih besar dibanding T<sub>4</sub>. Hormon tiroid dikontrol oleh thyroid stimulating hormone (TSH) yang disekreksikan dari glandula pituitari anterior dengan sistem umpan balik negatif. Kadar TSH naik jika T<sub>4</sub> dan T<sub>3</sub> tidak disekreksikan dari kelenjar tiroid dan kadar TSH turun jika kadar T<sub>4</sub> dan T<sub>3</sub> disekreksikan dalam jumlah yang cukup. Hormon tiroid bertanggung jawab untuk sintesis protein, kontrol pertumbuhan, dan mempengaruhi metabolisme karbohidrat, lemak, dan vitamin (Hastuti et al., 2018).

Hormon tiroid mempengaruhi hampir setiap sel dalam tubuh, kecuali otak orang dewasa, organ ginjal, testis, uterus dan kelenjar tiroid. Hormon tiroid juga memiliki peran penting dalam mempertahankan tekanan darah, dimana dia menstimulasi peningkatan jumlah reseptor di dinding pembuluh darah. Kontrol pelepasan hormon tiroid dimediasi oleh sistem umpan balik negatif yang melibatkan hipotalamus melalui kelenjar hipofisis. Kadar plasma hormon tiroid dimonitor di hipotalamus dan oleh sel di lobus anterior kelenjar hipofisis. Hormon tiroid (TH) memiliki aksi biologis di setiap organ dalam tubuh dan sangat penting untuk janin, pasca kelahiran, dan pertumbuhan dan perkembangan masa pubertas (Cameron & Bogen, 2012).

## **Kelenjar Paratiroid**

Kelenjar paratiroid adalah kelenjar kecil yang terletak pada permukaan superior kelenjar tiroid. Umumnya terdapat empat kelenjar tiroid, dua kelenjar pada setiap lobus. Kelenjar tiroid tersusun atas dua jenis sel, yaitu sel chief dan sel oxyphils. Sel chief mensekresikan hormon paratiroid (PTH) juga disebut parathormone. Parathyroid Hormone (PTH) adalah suatu hormon polipeptida yang penting dalam mengontrol dan mengatur kadar kalsium dalam darah. Kontrol akurat kadar kalsium adalah sangat penting, karena homeostasis Ca<sup>2+</sup> adalah esensial untuk berbagai fungsi meliputi transmisi impuls saraf, kontraksi otot, dan pembekuan darah.

Jaringan target utamanya adalah tulang, ginjal, dan usus kecil. Aksi spesifik dari PTH adalah meningkatkan jumlah dan aktivitas osteoklas. Hasil ini meningkatkan resorpsi tulang, yang mana melepaskan ion kalsium (Ca<sup>2+</sup>) dan fosfat (HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) ke dalam darah. Aksi PTH pada ginjal, pertama, memperlambat atau menghambat ekskresi Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> dari darah ke dalam urin. Kedua meningkatkan ekskresi HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> dari darah ke dalam urin. Aksi antagonis ini, kalsitonin dari kelenjar tiroid, dan hormon paratiroid dari kelenjar paratiroid bertujuan untuk mempertahankan kadar kalsium darah dalam batas normal. Efek ketiga PTH pada ginjal yaitu mendukung pembentukan hormon calcitrol (bentuk aktif vitamin D3). Kalsitrol meningkatkan laju penyerapan Ca<sup>2+</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Mg<sup>2+</sup> dari saluran pencernaan ke dalam darah.

## **Kelenjar Thymus**

Kelenjar timus merupakan kelenjar yang bertanggung jawab dalam pertumbuhan manusia. Kelenjar timus bahkan sangat berpengaruh pada saat usia pertumbuhan. Kelenjar thymus berfungsi untuk pertumbuhan. Bila kekurangan kelenjar thymus akan menderita kretinisme (kekerdilan) dan bila kelebihan menimbulkan gigantisme (raksasa). Kelenjar timus terletak di dalam mediastinum di belakang os sternum, dan di dalam thoraks kira-kira setinggi bifurcatio trachealis. Kelenjar timus terletak di dalam toraks kira-kira setinggi bifurkasi trachea, berwarna

kemerah-merahan dan terdiri atas dua lobus. Pada bayi baru lahir ukurannya sangat kecil dan beratnya sekitar 10 gram. Ukurannya bertambah pada masa remaja menjadi sekitar 30-40 gram dan kemudian mengecil ketika mencapai masa dewasa. Tiap lobus terdiri atas bagian korteks dan medula. Korteks tersusun atas sel-sel limfosit dan sel-sel epitel. Medula tersusun atas sel-sel epitel.

Karakteristik kelenjar Timus terletak di sepanjang rongga trachea di rongga dada bagian atas. Timus membesar sewaktu pubertas dan mengacil setelah dewasa. Kelenjar ini merupakan kelenjar penimbunan hormon somatotrof atau hormon pertumbuhan dan setelah dewasa tidak berfungsi lagi. Kelenjar thymus berperan dalam sistem pertahanan tubuh dengan menghasilkan hormone Thymosin, Thymic humoral factor, Thymic factor dan Thymopoietin.

### **Kelenjar Pankreas**

Kelenjar pankreas tersusun atas dua jaringan utama yaitu Asini yang merupakan penyusun terbanyak (80 %) dari volume pankreas, jaringan ini menghasilkan getah pencernaan dan pulau-pulau langerhans (sekitar 1 juta pulau) yang menghasilkan hormon. Pulau langerhans merupakan kumpulan sel terbentuk ovoid dan tersebar diseluruh pankreas tetapi lebih banyak pada ekor (kauda).

Kelenjar pankreas mempunyai hubungan ke depan dari kanan ke kiri : kolon transversum dan perlekatan mesocolon transversum, bursa omentalis dan gaster sedangkan ke bagian belakang dari kanan ke kiri ductus choledochus, vena portae hepatis dan vena lienalis, vena cava inferior, aorta, pangkal arteri mesenterica superior, muskulus spoas majir sinistra, glandula suprarenalis. Kelenjar pankreas mempunyai dua fungsi utama yaitu fungsi eksokrin dan fungsi endokrin. Sebagai kelenjar eksokrin, pankreas berfungsi menghasilkan enzim pencernaan yang dialirkan ke saluran cerna. Enzim tersebut memiliki fungsinya masing-masing, yaitu (a) Enzim lipase untuk menguraikan lemak; (b) Enzim protease, termasuk kemotripsin dan tripsin, untuk mencerna protein menjadi asam amino; (c) Enzim amilase

untuk menguraikan karbohidrat menjadi gula darah atau glukosa.

Kelenjar endokrin adalah kelenjar yang menyalurkan zat tertentu ke dalam peredaran darah. Fungsi kelenjar endokrin pada pankreas adalah untuk menghasilkan hormon insulin dan glukagon. Produk enzim akan disalurkan dari pankreas ke duodenum melalui saluran pankreas utama. Mengatur kadar gula dalam darah melalui pengeluaran glukogen, yang menambah kadar gula dalam darah dengan mempercepat tingkat pelepasan dari hati. Pengurangan kadar gula dalam darah dengan mengeluarkan insulin yang mana mempercepat aliran glukosa ke dalam sel pada tubuh, terutama otot. Insulin juga merangsang hati untuk mengubah glukosa menjadi glikogen dan menyimpannya di dalam sel-selnya.

Hormon insulin berguna untuk mengikat glukosa dari darah untuk dibawa ke berbagai jaringan di dalam tubuh agar bisa digunakan sebagai energi. Pankreas mengeluarkan hormon ini untuk menurunkan glukosa darah ketika kadarnya terlalu tinggi. Sementara itu, kelebihan glukosa di dalam tubuh akan disimpan sebagai glikogen di dalam jaringan otot dan hati. Glikogen ini berguna sebagai cadangan energi saat tubuh membutuhkan energi ekstra. Saat kadar glukosa dalam darah terlalu rendah, pankreas akan mengeluarkan hormone glucagon untuk meningkatkan glukosa dengan cara memecah glikogen.

### **Mekanisme Sistem Endokrin**

Dalam hal pertumbuhan dan perkembangan manusia, kelenjar endokrin yang berperan penting adalah kelenjar hipofisis, yang terletak di bawah dan sedikit di depan hipotalamus. Suplai darah yang kaya dalam infundibulum, yang menghubungkan dua kelenjar, membawa hormon pengatur dari hipotalamus ke kelenjar hipofisis. Hipofisis memiliki lobus anterior dan posterior. Lobus anterior, atau adenohipofisis, melepaskan hormon utama yang mengendalikan pertumbuhan dan perkembangan manusia yaitu hormon pertumbuhan (Growth Hormone/GH), hormon perangsang tiroid

(Thyroid Stimulating Hormone (TSH), prolaktin, gonadotrofin (Luteinizing dan hormon perangsang folikel), dan hormon adrenocorticotropik (ACTH) (Candra, 2020).

Pertumbuhan normal tidak hanya bergantung pada kecukupan hormon pertumbuhan tetapi merupakan hasil yang kompleks antara sistem saraf dan sistem endokrin. Hormon jarang bertindak sendiri tetapi membutuhkan kolaborasi atau intervensi hormon lain untuk mencapai efek penuh. Hormon pertumbuhan menyebabkan pelepasan faktor pertumbuhan mirip insulin (Insulin like Growth Factor 1 (IGF-1)) dari hati. IGF-1 secara langsung mempengaruhi serat otot rangka dan sel-sel tulang rawan di tulang panjang untuk meningkatkan tingkat penyerapan asam amino dan memasukkannya ke dalam protein baru, sehingga berkontribusi terhadap pertumbuhan linear selama masa bayi dan masa kecil. Pada masa remaja, percepatan pertumbuhan remaja terjadi karena kolaborasi dengan hormon gonad, yaitu testosteron pada anak laki-laki, dan estrogen pada anak perempuan (Candra, 2020).

Hormon adalah zat kimia yang dilepaskan oleh sel-sel khusus ke dalam aliran darah, di mana mereka diangkut ke sel-sel target di mana mereka menimbulkan efek. Peran reseptor hormon sangat penting karena meskipun hormon beredar ke seluruh tubuh melalui darah, mereka hanya mempengaruhi sel target yang memiliki reseptor spesifik untuk hormon tersebut. Seperti neurotransmitter, hormon juga berinteraksi dengan sel target mereka dengan mengikat reseptor protein khusus. Hanya sel target yang memiliki reseptor yang cocok dan mampu mengenali hormon tersebut. Sebagai contoh, hormone thyroid-stimulating hormone (TSH) berikatan dengan reseptor di sel-sel kelenjar tiroid, tetapi tidak berinteraksi dengan sel-sel ovarium karena sel-sel ovarium tidak memiliki reseptor TSH (Guyton, 2006).

Reseptor hormon, seperti protein seluler lainnya, terus-menerus disintesis dan diuraikan. Umumnya, sel target memiliki antara 2000 hingga 100.000 reseptor untuk hormon tertentu. Jika konsentrasi hormon dalam tubuh meningkat, jumlah reseptor di sel target dapat menurun,

sebuah fenomena yang dikenal sebagai down-regulation. Sebagai contoh, pada sel-sel testis dengan tingginya konsentrasi luteinizing hormone (LH), jumlah reseptor LH dapat berkurang. Down-regulation ini membuat sel target kurang sensitif terhadap hormon. Sebaliknya, jika konsentrasi hormon yang dihasilkan rendah, jumlah reseptor di sel target bisa meningkat, dalam keadaan yang dikenal sebagai up-regulation. Up-regulation membuat sel target lebih sensitif terhadap hormon tersebut. Hormon sintetis yang memblokir reseptor hormon dapat menjadi sasaran dari obat-obatan yang berusaha mengatur respons hormon dalam tubuh. Respon terhadap hormon bergantung pada interaksi antara hormon tersebut dan reseptor yang ada di sel target. Setiap hormon memiliki reseptor khusus, ketika diaktifkan oleh hormon yang sesuai, memicu berbagai respons di dalam sel. Sebagai contoh, insulin merespons dengan merangsang sintesis glikogen di hati dan sintesis trigliserida di sel adiposa. Respons ini tidak selalu berarti pembentukan molekul baru (Cameron & Bogin, 2012).

Hormon lain dapat mengubah permeabilitas membran sel, mempengaruhi transport zat masuk dan keluar sel, mengatur laju metabolisme spesifik, atau bahkan menyebabkan kontraksi otot polos atau jantung. Variasi dalam efek hormon mungkin karena satu hormon dapat mengatur beberapa tanggapan seluler yang berbeda. Namun, sebelum memicu respons ini, hormon harus terlebih dahulu berikatan dengan reseptor di permukaan sel target, yang merupakan langkah kunci dalam "mengumumkan kedatangannya". Sebagai contoh, perkembangan normal oosit dalam ovarium membutuhkan hormon seperti follicle-stimulating hormone (FSH) (Guyton, 2006).

## **Faktor yang Mempengaruhi Sistem Endokrin**

### 1. Stress

Reaksi normal pada seseorang yang sehat pada keadaan darurat, yang mengancam jiwanya, akan merangsang pengeluaran hormon adrenalin, yang menyebabkan meningkatnya denyut nadi,

pernapasan, memperbaiki tonus otot dan rangsangan kesadaran yang kesemuanya akan meningkatkan kewaspadaan dan siap akan kecemasan dan antisipasi yang akan dihadapi, untuk kembali pada keadaan yang normal setelah suatu krisis yang dihadapinya (Cohen et al., 2020). Walaupun kondisi ini akan dilanjutkan dengan keadaan stress yang siap akan terjadinya suatu kerusakan pada tubuh. Selanjutnya apabila suatu krisis terjadi dengan suatu kasus sangat ekstrem maka dapat menimbulkan suatu kepanikan yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan atau cidera. Perangsangan saraf simpatis yang menuju medulla adrenalis menyebabkan pelepasan sejumlah besar epinephrine dan norepinephrine ke dalam darah sirkulasi, dan kedua hormon ini kemudian dibawa dalam darah ke semua jaringan tubuh. Secara simultan, sistem simpatis memanggil kekuatan-kekuatan hormonal dalam bentuk engeluaran besar-besaran epinephrine dari medulla adrenal. Epinephrine memperkuat respon simpatis dan mencapai tempat-tempat yang tidak dicapai oleh sistem simpatis untuk melaksanakan fungsi tambahan, misalnya memobilisasi simpanan karbohidrat dan lemak (Kadir, 2010).

## 2. Merokok

Penumpukan lemak pada tubuh dapat dipengaruhi oleh konsentrasi kortisol. Nikotin pada rokok memiliki efek anti estrogenik dan meningkatkan hormon kortisol yang menyebabkan penumpukan lemak pada perut dan mengurangi massa otot panggul. Paparan asap rokok dapat meningkatkan resistensi insulin yang berhubungan dengan akumulasi lemak. Faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya hormon kortisol beragam, sulit untuk mengontrol bahwa jumlah sekresi hormon kortisol murni karena pengaruh nikotin dalam rokok saja sebagai pencetus stres secara fisiologis. Faktor-faktor tersebut meliputi ACTH, ritme diurnal, stres psikologis, trauma, infeksi, exercise, hipoglikemia, dan lain-lain (Virta Devi Kartika Putri et al., 2020).

### 3. Obesitas dan Diabetes

Pada penderita obesitas akan berkembang resistensi terhadap aksi seluler insulin yang dikarakteristikkan oleh berkurangnya kemampuan insulin untuk menghambat pengeluaran glukosa dari hati dan kemampuannya untuk mendukung pengambilan glukosa pada lemak dan otot. Resistensi insulin terkait obesitas adalah risiko utama untuk dan penyakit kardiovaskular dan diabetes melitus tipe2, penyakit yang jumlah penderitanya telah mencapai proporsi epidemik. peningkatan asam lemak yang merangsang sekresi insulin, paparan dalam waktu yang lebih lama (48 jam) menyebabkan gangguan dalam respon sel B terhadap glukosa. Efek penghambatan asam lemak plasma yang meningkat secara kronis tampak lebih nyata pada individu dengan predisposisi genetis terhadap diabetes melitus tipe 2. Sebaliknya, penurunan konsentrasi asam lemak pada penderita diabetes tipe 2 memperbaiki sekresi insulin. Peningkatan kronis fisiologis dari konsentrasi asam lemak plasma ( $478\text{--}666 \mu\text{mol/liter}$ ) pada manusia non diabetes telah terbukti merusak sekresi insulin (Dewi, 2007).

### 4. Cemaran Bahan Kimia

Nikel bekerja pada sistem endokrin dan mempengaruhi pelepasan serta regulasi hormon endokrin. Gangguan hormon endokrin dapat menyebabkan keterbelakangan pertumbuhan dan perkembangan mental manusia, gangguan pengaturan air dan garam, dan bahkan penurunan kemampuan reproduksi. Nikel mempengaruhi hipotalamus dan kelenjar pituitari dengan mengatur organ-organ di sistem endokrin; itu dapat menyebabkan sekresi hipofisis yang tidak normal hormon, yang mempengaruhi organ target endokrin, mengakibatkan disfungsi di dalamnya dan abnormal sekresi hormon terkait. Nikel juga merusak organ target, terutama dengan menginduksi apoptosis, yang memicunya stres oksidatif, autophagy sel, pelepasan radikal bebas, dan kerusakan DNA (Yang & Ma, 2021).

## 5. Hipokalsemia

Ketika produksi hormon paratiroid tidak adekuat maka terjadi penurunan kadar kalsium darah yang dramatis sehingga terjadi hipokalsemia. Gejala dari hipokalsemia adalah nerves (gugup), kejang otot, aritmia jantung, dan konvulsi (kejang). Pada kasus yang ekstrim dapat menyebabkan tetanus pada otot rangka, meliputi otot pernapasan. Pada tetanus, otot berkontraksi secara terus menerus. Efek ini akan meningkatkan eksitabilitas saraf, yang mengawali impuls saraf secara spontan dan tanpa istirahat. Dalam beberapa kasus tetapi hipokalsemia dapat menyebabkan kematian. PTH meningkatkan kadar Ca<sup>2+</sup> darah melalui pelepasan kalsium dari tulang oleh osteoklas dan penghambatan penimbunan (deposit) Ca<sup>2+</sup> oleh osteoblast (Cameron & Bogin, 2012).

## 6. Penyakit Kusta Lepramatosa

Penyakit kusta mempengaruhi berbagai kelenjar endokrin dan juga menyebabkan gangguan pada organ dalam kulit dan saraf tepi. Gangguan ini seringkali tidak terdeteksi dan tidak terdiagnosis atau tidak dilaporkan. Secara khusus, pola perubahan hormon selama penyakit kusta, terutama pada pasien kusta lepromatosa (LL), sering terjadi terkait dengan disregulasi hormon endokrin dan seks yang berbeda (Dabi et al., 2023).

## 7. Defisiensi mineral

Defisiensi mineral seperti Fe mempunyai efek yang terbalik terhadap metabolisme tiroid dan menurunkan efikasi profilaksis iodin di daerah endemik goiter. Suplementasi besi meningkatkan efikasi garam beriodium pada anak goiter dengan defisiensi besi.<sup>25</sup> Kadar hormon tiroid yang rendah dapat mempengaruhi berbagai organ termasuk ginjal. Fungsi utama ginjal adalah untuk menghasilkan hormon eritropoietin yang menstimulasi produksi sel darah merah pada sumsum tulang. Defisiensi Fe dapat menyebabkan terjadinya anemia karena hipotiroidisme (Hastuti et al., 2018).

## **Daftar Pustaka**

- Cameron, N., & Bogin, B. (2012). Human growth and development. Academic Press.
- Candra, A. (2020). Pathophysiology of Stunting. JNH (Journal of Nutrition and Health, 8(2), 2020.
- Cohen, A., Zemel, C., Colodner, R., Abu-Shkara, R., Masalha, R., Mahagna, L., & Barel, E. (2020). Interactive role of endocrine stress systems and reproductive hormones in the effects of stress on declarative memory. *Psychoneuroendocrinology*, 120(June), 104807. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2020.104807>
- Dabi, Y. T., Degechisa, S. T., Bobosha, K., & Wassie, L. (2023). Changes in plasma levels of endocrine hormones in lepromatous leprosy patients. *IJID Regions*, 6(September 2022), 58–61. <https://doi.org/10.1016/j.ijregi.2022.12.002>
- Dewi, M. (2007). RESISTENSI INSULIN TERKAIT OBESITAS: MEKANISME ENDOKRIN DAN INTRINSIK SEL (Obesity Related Insulin Resistance: Endocrine and Cell Intrinsic Mechanism). 2(2), 49–54.
- dr. H. Achmad Sofwan, M. K., & dr. Aryenti, M. S. (2019). Anatomi Endokrin. Universitas Yarsi, 1–7. [https://simdos.unud.ac.id/uploads/file\\_penelitian\\_1\\_dir/50ad33eccd269271ca585795f48cf2b4.pdf](https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_penelitian_1_dir/50ad33eccd269271ca585795f48cf2b4.pdf)
- Guyton, A. C. M. D. (2006). Text book of medical physiology. China.
- Hastuti, P., Widodo, U. S., Oktarizal, R., Kurniadi, A. L., Anwar, K., & Siregar, A. A. R. (2018). Status mineral dan hormon tiroid pada penderita hipotiroidisme. *Journal of Community Empowerment for Health*, 1(1), 54. <https://doi.org/10.22146/jcoemph.39334>
- Kadir, A. (2010). Perubahan Hormon Terhadap Stress. Fakultas Kedokteran Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, 173–198.

Virta Devi Kartika Putr, Heni Susilowat, & Juni Handajan. (2020). Efek merokok konvensional dan elektrik terhadap kadar hormon kortisol saliva. Majalah Kedokteran Gigi Klinik Universitas Gadjah Mada, 6(1), 1–7.

Yang, J., & Ma, Z. (2021). Research progress on the effects of nickel on hormone secretion in the endocrine axis and on target organs. Ecotoxicology and Environmental Safety, 213(82), 112034. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112034>

## **Profil Penulis**

### **drh. Husna, M.Si.**



Penulis dilahirkan di Banda Aceh pada tanggal 28 Juli 1978. Ketertarikan penulis terhadap ilmu kedokteran hewan membuat penulis memilih untuk masuk ke Universitas Syiah Kuala dengan memilih Fakultas Kedokteran Hewan Jurusan Klinik Veteriner dan berhasil lulus pada tahun 2002. Penulis kemudian melanjutkan Pendidikan Profesi Dokter Hewan dan berhasil menyandang gelar drh pada tahun 2004. Tahun 2013-2016 penulis melanjutkan studi S2 di Program Studi Kesehatan Masyarakat Veteriner Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala Banda Aceh. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat Universitas Serambi Mekkah. Penulis saat ini menjabat sebagai Sekretaris Lembaga Penjaminan Mutu. Penulis juga aktif dalam kegiatan ilmiah dan organisasi keprofesian yaitu Persatuan Dokter Hewan Indonesia. Sehari-harinya bekerja sebagai dosen pengampu mata kuliah Mikrobiologi dan Parasitologi, Dasar Biomedik dan Toksikologi Lingkungan. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan book chapter.

Email Penulis : [husna@serambimekkah.ac.id](mailto:husna@serambimekkah.ac.id)



# 11

## SISTEM REPRODUKSI

**Ummi Kalsum, S.SiT., Bdn., M.M.Kes.**

Dinas Kesehatan Kabupaten Sumbawa-NTB

### **Pendahuluan**

Sistem Reproduksi merupakan salah satu sistem yang paling penting di seluruh tubuh dan merupakan ilmu yang paling dasar bagi setiap pelaksana kesehatan reproduksi khususnya Kebidanan. Dalam BAB 11 ini akan dibahas tentang Sistem Reproduksi pada perempuan dan sistem reproduksi pada laki. Untuk sistem reproduksi perempuan akan dijelaskan tentang anatomi organ reproduksi perempuan, fungsi organ reproduksi perempuan, dan oogenesis. Selanjutnya sistem reproduksi pada laki akan dibahas tiga hal yaitu anatomi sistem reproduksi laki, Proses spermatogenesis, aktifitas seksual laki dan pengaturan fungsi seksual laki. Sistem reproduksi merujuk pada serangkaian proses biologis yang mempunyai tujuan untuk berkembang biak atau menghasilkan keturunan baru. Secara khusus, reproduksi manusia adalah pembentukan sel reproduksi yang disebut ovum (sel telur) pada perempuan dan sel sperma pada laki-laki. Untuk menjaga kelangsungan hidup, manusia perlu bereproduksi. sejak usia remaja, sistem reproduksi laki-laki dan perempuan telah menghasilkan sel-sel kelamin. Sel-sel kelamin laki-laki dan perempuan bergabung melalui reproduksi seksual untuk membentuk kehidupan baru. Pada manusia, reproduksi berlangsung secara seksual. Alat reproduksi pada manusia berupa alat kelamin pada laki-laki dan perempuan

## **Sistem Reproduksi Perempuan**

### 1. Anatomi organ reproduksi prempuan

Anatomi alat reproduksi prempuan secara garis besar dibagi menjadi 2 (dua) golongan yaitu:

a. Genitalia eksterna (Alat reproduksi luar)  
metabolisme

- 1) Genitalia eksterna (alat reproduksi luar) yang merupakan alat genitalia yang dapat dilihat dari luar bila prempuan dalam posisi litotomi. organ-organ tersebut terletak antara tulang/os pubis, ramus inferior dan perineum. dimana fungsinya dikhususkan untuk koitus (kopulasi). Genitalia eksterna terdiri dari
- 2) mons pubis/mons veneris, merupakan bagian yang menonjol (bantalan) berisi jaringan lemak dan sedikit jaringan ikat yang terletak di atas shympsis pubis.dan setelah pubertas kulit dari mons veneris tertutup oleh rambut-rambut. Mons veneris yang berfungsi untuk melindungi alat genitalia dari masuknya kotoran selain itu untuk estetika.
- 3) Labia myor (bibir besar) merupakan kelanjutan dari mons veneris berbentuk lonjong dan menonjol, berasal dari mons veneris dan berjalan ke bawah dan belakang.Kedua bibir ini di bagian bawah bertemu membentuk perineum atau pemisah anus dengan vulva. Permukaan ini terdiri dari: Bagian luar: tertutup rambut, yang merupakan kelanjutan dari rambut pada mons veneris, dan bagian dalam tanpa rambut, merupakan selaput yang mengandung lemak (kelenjar sebasea) berfungsi untuk menutupi alat kelamin/ alat genitalia di dalamnya dan mengeluarkan cairan pelumas pada saat ada rangsangan atau menerima rangsangan.

- 4) Bibir kecil atau Nimfae (Labia Minora), merupakan lipatan di bagian dalam bibir besar,.bibir kecil bertemu membentuk prepusium klitoridis dan di bagian bawahnya bertemu membentuk frenulum klitoridis. Bibir kecil ini mengelilingi orifisium vagina.
- 5) kelentit/Clitoris (jaringan yang berisi saraf), merupakan sebuah jaringan erektil kecil yang serupa dengan penis pria. mengandung banyak urat-urat syaraf sensoris dan pembuluh darah sehingga sangat peka. Letaknya di bagian anterior dalam vestibulum dan berfungsi untuk menutupi orga-organ genetalia di dalamnya serta merupakan daerah erotik yang mengandung pambuluh darah dan syaraf
- 6) Vestibulum (muara vagina), merupakan alat reproduksi bagian luar yang dibatasi oleh kedua bibir kecil, bagian atas klitoris, bagian bawah (belakang) pertemuan kedua bibir kecil. Pada muara vagina (vestibulum) terdapat muara saluran kemih (uretra), dan dua lubang saluran kelenjar Bartholini, serta dua lubang saluran Skene. yang berfungsi untuk mengeluarkan cairan yang berguna untuk melumasi vagina pada saat coitus.
- 7) Kelenjar Bartholini (kelenjar lendir), merupakan kelenjar terpenting di daerah vulva dan vagina karena dapat mengeluarkan lendir. Pengeluaran mucus/lendir meningkat ketika terjadi hubungan seksualitas, dan salurannya keluar antara selaput darah/himen dan labia minora
- 8) Hymen (selaput dara), merupakan jaringan yang menutupi lubang vagina, bersifat rapuh dan mudah robek. Himen ini berlubang sehingga menjadi saluran dari mucus/lendir yang dikeluarkan uterus dan darah saat terjadi menstruasi. disamping hymen

berlubang ada juga hymen imperforata (himen tertutup seluruhnya) dan gejala klinik akan timbul setelah mendapat menstruasi.

- 9) Perineum (jarak vulva dan anus), terletak diantara vulva dan anus, panjangnya kurang lebih 4cm.Terdapat otot-otot yang penting yaitu sfingter ani eksterna dan interna serta dipersyarafi oleh saraf pudendus dan cabang-cabangnya.
  - 10) Ostium vagina, Liang vagina sangat bervariasi ukuran dan bentuknya. Pada orang yang belum melakukan hubungan sex atau gadis, sebagian besar vaginanya tertutup sama sekali oleh bibir kecil (labia minora) dan jika dibuka, terlihat hampir seluruhnya tertutup oleh himen.
  - 11) Vulva Bagian dari alat kandungan yang berbentuk lonjong, berukuran panjang mulai dari kelentit/klitoris, kanan dan kiri diatas bibir kecil/labia monora, sampai ke belakang di batasi perineum (taint atau gooch) dalam bahasa gaul Amerika.
- b. Genitalia Interna (Alat reproduksi dalam), terdiri dari
- 1) liang senggama (Vagina), merupakan saluran muskulo-membran yang menghubungkan antara uterus dan vulva. Jaringan muskulus merupakan kelanjutan dari muskulus sfingter ani dan muskulus levator ani, oleh karena itu dapat dikendalikan. liang senggama/vagina terletak di antara kandung kemih dan rektum. Panjang bagian depannya berkisar 9 cm dan dinding belakangnya berkisar 11 cm. Pada dinding vagina terdapat lipatan-lipatan melintang disebut rugae dan terutama di bagian bawah. Pada ujung vagina, menonjol serviks bagian dari uterus. Bagian leher Rahim (serviks) yang menonjol ke dalam vagina disebut porsio. (mulut Rahim). Porsio /

mulut rahim uteri membagi puncak vagina menjadi forniks anterior (depan), forniks posterior (belakang), forniks dekstra (kanan), forniks sinistra (kiri). Sel dinding vagina mengandung banyak glikogen yang menghasilkan asam susu dengan PH 4,5. Keasaman vagina memberikan proteksi terhadap infeksi. Fungsi dari vagina adalah: 1) sebagai saluran keluar darah dari uterus pada waktu haid dan saluran keluarnya sekret dari Rahim/uterus. 2) sebagai alat senggama 3) sebagai jalan keluarnya anak / lahirnya anak saat persalinan atau partus.

- 2) Rahim (Uterus), Suatu struktur otot yang cukup kuat, bagian luarnya ditutupi oleh peritoneum, sedangkan rongga dalamnya dilapisi oleh mukosa. rahim dengan berat normal 30-50 gram. Berfungsi sebagai tempat calon bayi dibesarkan. Dalam keadaan tidak hamil, uterus atau rahim terletak dalam rongga panggul kecil yaitu antara kandung kencing dan rektum. Bentuknya seperti bola lampu yang gepeng atau buah alpukat yang terdiri dari 3 bagian yaitu : a) Badan rahim (korpus uteri) berbentuk segitiga Korpus biasanya bengkok ke arah depan. Selama masa reproduktif, panjang korpus adalah 2 kali dari panjang serviks.b) leher rahim (serviks uteri) berbentuk silinder leher Rahim / Serviks terletak di puncak vagina. Serviks atau leher rahim merupakan bagian bawah dari rahim yang membuka ke arah vagina. Sebuah saluran yang melalui leher rahim/serviks memungkinkan sperma (sel mani) masuk ke dalam rahim atau uterus dan darah menstruasi keluar. Saluran leher rahim dilapisi oleh kelenjar penghasil lendir. Lendir nya tebal dan tidak dapat ditembus oleh sel mani kecuali sesaat sebelum terjadinya pelepasan sel telur dari indungnya (ovulasi). Pada saat pelepasan sel telur tersebut

(ovulasi), konsistensi lendir berubah sehingga sperma bisa menembusnya dan terjadilah Fertilisasi (pembuahan). Selain itu, pada saat ovulasi kelenjar penghasil lendir di serviks juga mampu menyimpan sel mani (sperma) yang hidup selama 2 – 3 hari. Sperma/ sel mani ini kemudian dapat bergerak ke atas melalui korpus dan masuk ke tuba fallopii untuk membuahi ovum (sel telur). Oleh karena itu, hubungan seksual yang dilakukan dalam waktu 1 -2 hari sebelum ovulasi dapat menyebabkan kehamilan.c) kavum uteri (Rongga rahim) merupakan bagian uterus proksimal di atas muara tuba uterina yang mirip dengan kubah , di bagian ini tuba fallopii (oviduk) masuk ke uterus. Fundus uteri atau di bagian puncak Rahim ini biasanya diperlukan untuk mengetahui usia/lamanya kehamilan. Bagian rahim antara kedua pangkal tuba disebut puncak Rahim atau fundus uteri, yang merupakan merupakan bagian proksimal dari uterus. Besarnya rahim berbeda-beda, tergantung pada usia dan pernah melahirkan anak atau belum. Ukurannya kira-kira sebesar telur ayam kampung. Pada nulipara ukurannya 5,5-8 cm x 3,4-4 cm x 2-2,5 cm, multipara 9-9,5 cm x 5,5-6 cm x 3- 3,5 cm. Beratnya 40-50 gram pada nulipara dan 60-70 gram pada multipara. Leher Rahim (Serviks) uteri terbagi dalam 2 bagian yaitu pars supravaginal dan pars vaginal (portio) yaitu saluran yang menghubungkan orifisium uteri interna (oui) dan orifisium uteri eksterna (oue) disebut kanalis servikalis. Bagian Rahim/uterus antara leher Rahim (serviks) dan badan Rahim (korpus) disebut isthmus atau SBR (segmen bawah rahim), bagian ini penting dalam kehamilan dan persalinan karena akan mengalami peregangan. Dinding rahim terdiri dari 3 lapisan yaitu : 1) Lapisan lapisan

- peritoneum (serosa), yang meliputi dinding rahim bagian luar, dan merupakan penebalan yang diisi jaringan ikat dan pembuluh darah limfe dan urat saraf. Bagian ini meliputi tuba dan mencapai dinding perut /abdomen. 2) lapisan lapisan miometrium (lapisan otot) merupakan lapisan yang paling tebal, terdiri dari otot polos yang disusun sedemikian rupa seperti anyaman hingga dapat mendorong janin keluar saat proses persalinan. Diantara serabut-serabut otot terdapat pembuluh darah, pembuluh lymfe dan urat syaraf. 3) lapisan endometrium (mukosa) merupakan lapisan terdalam dari Rahim yang akan menebal untuk mempersiapkan jika terjadi pembuahan. Tebalnya susunannya dan faalnya/fungsinya berubah secara siklis karena dipengaruhi oleh hormon-hormon ovarium. Dalam kehamilan endometrium berubah menjadi decidua. endometrium selalu berubah dalam siklus menstruasi. Sikap dan letak rahim dalam rongga panggul terfiksasi dengan baik karena disokong dan dipertahankan oleh tonus uterus sendiri, otot-otot dasar panggul, ligamentum-ligamentum, dan tekanan intra abdominal
- 3) Saluran telur (Tuba Uterina/ tuba fallopi),  
Tuba falopi atau saluran telur, terdapat pada tepi atas ligamentum latum, berjalan ke arah lateral, mulai dari ostium tuba internum pada dinding rahim.Tuba falopi merupakan tubulo muskular, dengan panjang sekitar 12 cm dan diametrnya 3 dan 8 mm. Tuba falopi terbagi menjadi 4 bagian: 1) Pars interstitialis (intramularis), terletak di antara otot rahim, mulai dari ostium internum tuba. Pars isthmika tuba, bagian tuba yang berada di luar uterus dan merupakan bagian yang paling sempit. 3) Pars/bagian ampularis tuba, bagian tuba yang paling luas dan berbentuk

seperti "S" 4) Pars/bagian infundibulo, bagian akhir tubae yang memiliki umbai yang disebut fimbriae tuba. Fungsi dari tuba uterine/ tuba fallopi sangatlah penting, yaitu untuk menangkap sel telur/ovum yang dilepaskan oleh indung telur (Ovarium) saat ovulasi, sebagai saluran dari spermatozoa, sel telur/ovum dan hasil pembuahan/ konsepsi,dan sebagai tempat terjadinya konsepsi, serta tempat pertumbuhan dan perkembangan hasil konsepsi sampai mencapai bentuk blastula, yang siap mengadakan implantasi.

4) Indung telur (Ovarium),

Indung telur atau Ovarium merupakan kelenjar berbentuk buah kenari, terletak di kanan dan kiri dari rahim, di bawah tuba fallopi, dan terikat di sebelah belakang oleh ligamentum latum uterus. Indung telur / Ovarium berisi sejumlah besar sel telur yang belum matang, yang disebut dengan oosit primer. Setiap oosit dikelilingi oleh sekelompok sel folikel pemberi makanan. Pada setiap siklus haid. sebuah dari sel telur primitif ini mulai matang dan kemudian cepat berkembang menjadi folikel ovarii yang vesikuler disebut folikel Graaf. Sewaktu folikel de Graff berkembang, maka terjadi perubahan di dalam sel-sel ini, dan cairan likuor folikuli memisahkan sel-sel dari lapisan sel granulosa menjadi beberapa lapis. Pada tahap ini akan dikeluarkan hormon estrogen. Pada masa folikel Graff mendekati pematangan, maka letaknya didekat permukaan indung telur, folikel ini menjadi makin mekar karena dipenuhi cairan, sehingga terlihat membenjol, seperti pembengkakan yang menyerupai kista pada permukaan indung telur/ovarium. Karena tekanan dari dalam folikel menyebabkannya sobek dan cairan serta sel

telur lepas melalui rongga peritoneum masuk ke dalam lubang yang berbentuk corong dari tuba fallopi. Dimana setiap bulan sebuah folikel berkembang dan sebuah sel telur dilepaskan dan dikeluarkan pada saat kira-kira pertengahan (hari ke-14) siklus menstruasi.

### 5) Parametrium

Parametrium merupakan jaringan ikat yang terdapat diantara kedua lembar ligamentum latum. Parametrium dibatasi oleh empat (4) bagian yaitu bagian atas terdapat tuba uterina dengan mesosalphing. Bagian depan mengandung ligamentum teres Rahim. Bagian kaudalnya berhubungan dengan mesometrium. Bagian belakang terdapat ligamentum ovarii propium. Ke sampingnya berjalan ligamentum suspensorium ovarii. Parametrium ini terdapat uretra kanan dan kiri serta pembuluh darah atau arteria uterina.

## **Fungsi Organ Reproduksi dan Fisiologi Organ Reproduksi Prempuan**

1. Memproduksi sejumlah kecil sel telur atau ovum yaitu sel telur matur.
2. Menyediakan tempat yang sesuai untuk fertilisasi sel telur oleh spermatozoon.
3. Menyediakan lingkungan yang sesuai atau cocok sehingga mudigah/ embrio mendapatkan nutrisi yang cukup dan dapat berkembang serta matur atau aterm

## **Fisiologi Organ Reproduksi Wanita**

Fisiologi alat reproduksi wanita merupakan sistem yang kompleks. Pada umur sekitar 13-16 tahun yang disebut dengan pubertas, mulailah pertumbuhan folikel primordial (folikel muda) dimana ovarium mengeluarkan hormon estrogen dan akhirnya terjadi pengeluaran darah

menstruasi pertama yang disebut menarche. Pada usia 17-18 tahun menstruasi sudah teratur dengan interval 28-30 hari yang berlangsung ±2-3 hari disertai dengan ovulasi, sebagai pertanda kematangan alat reproduksi wanita. Sejak saat itu wanita memasuki masa reproduksi aktif yang di tandai dengan adanya perubahan – perubahan siklik pada alat kandungan sebagai persiapan untuk suatu kehamilan. Perubahan tersebut di tandai dengan datangnya menstruasi tumbuh rambut halus pada ketiak dan mons peneris, payudara membesar, panggul dan pinggul menjadi luas, sehingga tubuh remaja putri ini mempunyai bentuk khas wanita. Setelah masa reproduksi, prempuan masuk dalam masa pancaroba atau Klimakterium yang terjadi secara berangsur – angsur di mana haid akan menjadi tidak teratur, lalu akhir nya berhenti sama sekali sesuai dengan lanjutnya usia. Keadaan ini di sebut Menopause (stop haid). Perubahan-perubahan yang kompleks dan harmonis ini di atur oleh Hipotalamus, Hipofise, Serebrom, Alat-alat kandungan, Korteks Adrenal, Kelenjar Tiroid dan kelenjar-kelenjar lainnya

## **Oogenesis**

Oogenesis adalah proses pembentukan sel telur/ovum di dalam indung telur/ovarium. Di dalam indung telur/ovarium terdapat oogonium. Oogonium ini bersifat diploid ( $2n =$  mengandung 23 pasang kromosom atau 46 buah kromosom). Oogenesis telah dimulai sejak bayi wanita masih dalam kandungan ibunya sejak berusia sekitar 5 bulan. Oogonium akan memperbanyak diri dengan membelah berulang ulang secara mitosis, yang membentuk oosit primer. Oosit primer ini terbungkus dalam folikel yang penuh dengan cairan nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan sel telur/ovum. Pada saat bayi wanita lahir, di dalam tiap indung telur mengandung sekitar satu juta oosit primer. Oosit primer ini mengalami dorman atau tidak mengalami perkembangan beberapa tahun sampai anak wanita mengalami pubertas. Selama pertumbuhan anak wanita, beberapa oosit primer akan mengalami degenerasi, hingga ketika mencapai usia pubertas jumlah oosit primer hanya tinggal lebih kurang

200.000 buah. Memasuki usia pubertas sekresi hormon estrogen yang akan memacu oosit primer untuk melanjutkan proses oogenesis; oosit primer mengalami meiosis pertama dan menghasilkan 2 sel berbeda ukuran yaitu oosit berukuran besar (sekunder) dan polosit berukuran kecil (primer). Oogenesis akan terhenti sampai terjadi ovulasi, bila tidak terjadi pembuahan maka oosit sekunder akan mengalami degenerasi. Namun bila ada penetrasi sperma dan terjadi pembuahan, maka oogenesis akan dilanjutkan dengan pembelahan meiosis kedua; oosit sekunder membelah menjadi 2 yaitu ootid (berukuran besar) dan polosit sekunder (berukuran kecil). Sedangkan polosit primer membelah menjadi 2 polosit sekunder. Yang pada akhir oogenesis dihasilkan tiga (3) polosit dan satu (1) ootid yang berkembang menjadi sel telur/ovum

Perkembangan Folikel di dalam Indung telur Selama perkembangan oosit primer hingga menjadi oosit berukuran besar (sekunder) berada dalam folikel, yaitu suatu kantung pembungkus yang berisi atau penuh cairan yang menyediakan nutrisi bagi oosit. Semula oosit berukuran kecil (primer) berada dalam folikel primer kemudian berkembang menjadi folikel sekunder. Ketika terbentuk oosit sekunder, folikel telah berkembang menjadi folikel tersier dan akhirnya menjadi folikel matang (folikel de Graaf) Setelah ovulasi atau lepasnya oosit sekunder folikel telur akan berubah menjadi korpus luteum. Korpus luteum mengalami degenerasi membentuk korpus albikan.

## **Sistem Reproduksi Laki**

### 1. Anatomi organ reproduksi laki

Anatomi saluran reproduksi laki laki atau fisiologi sistem reproduksi laki laki terbagi menjadi dua bagian yaitu bagian luar dan bagian dalam.

Sistem reproduksi bagian luar terdiri dari : penis, kantong zakar (skrotum) dan buah zakar (testis).

a). Penis Penis terdiri dari jaringan erektil/karvernosa dan dilalui oleh uretra. Ujung penis disebut glans.

Glans dilapisi lapisan kulit tipis berlipat yang dapat ditarik ke proksimal disebut prepusium (kulit luar), prepusium ini dibuang saat dilakukan pembedahan (sirkumisisi). Penis berfungsi sebagai penetrasi. Penis terdiri dari berbagai bagian, yaitu: 1) Akar (menempel pada di dinding perut) 2) Badan (merupakan bagian tengah dari penis) 3) Glans penis (ujung penis yang berbentuk seperti kerucut) 4) Lubang uretra (saluran tempat keluarnya semen dan air kemih) trdapat diujung glans penis. Dasar glans penis disebut korona. 5) Pada pria yang tidak di lakukan sirkumsisi (sunat), preputium (kulit depan) membentang mulai dari korona menutupi glans penis. Badan penis terdiri dari 3 ronga silindris (sinus) jaringan erektil: 1) Dua (2) rongga yang berukuran lebih besar disebut korpus, kavernosus, terletak bersebelahan. 2) Rongga yang ketiga disebut korpus spogiosum, mengelilingi uretra. Jika rongga tersebut terisi darah maka penis menjadi lebih besar, kaku dan tegang (mengalami ereksei) b) Skrotum Skrotum adalah kantung berkulit tipis yang melindungi dan mengelilingi testis. Skrotum juga bertindak sebagai sistem pengontrol suhu untuk testis , karena sperma terbentuk secara normal, testis harus memiliki suhu yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan suhu tubuh. Otot kremaster pada dinding skrotum akan mengencang atau mengendur sehingga testis menggantung lebih dekat ke tubuh (dan suhunya menjadi lebih hangat) atau lebih jauh dari tubuh (dan suhunya menjadi lebih dingin). c). Testis Testis merupakan sepasang struktur berbentuk ova, agak gepeng dan panjang sekitar 4cm dan diameter sekitar 2.5cm. Testis berbentuk lonjong dengan ukuran sebesar buah Zaitun dan terletak di dalam skrotum bersama epididimis yaitu kantung ekstraabdomen tepat dibawah penis. Biasanya testis kiri agak lebih rendah dari testiskanan. Testis menghasilkan Follicle Stimulating Hormone (FSH) dan Luteinizing Hormone (LH) juga Hormon testosterone. Testis memiliki dua (2) fungsi, yaitu menghasilkan sel mani dan membuat testosteron (hormon seks pria yang utama). Struktur dalamnya terdiri dari : vas

deferens, uretra, kelenjar prostat dan vesikula seminalis. Alat kelamin laki-laki terbagi menjadi 3 yaitu sebagai berikut: a. Saluran yang membawa sperma dari epididimis yang di sebut dengan Vas deferens. Panjangnya sekitar 45 cm yang berawal dari ujung bawah epididimis, saluran ini berjalan ke bagian belakang prostat lalu masuk ke dalam uretra dan membentuk duktus ejakulatorius. Struktur lainnya (misalnya pembuluh darah dan saraf) berjalan bersama-sama vas deferens dan membentuk korda spermatika. b. Kelenjar yang terletak di bawah kandung kemih di dalam pinggul dan mengelilingi bagian tengah dari uretra di sebut kelenjar prostat. Ukurannya sebesar walnut dan akan membesar sejalan dengan pertambahan umur. Prostat dan vesikula seminalis menghasilkan cairan yang bercampur secret dari testis, yang merupakan sumber makanan bagi sperma. Cairan ini merupakan bagian terbesar dari semen. Cairan lainnya yang membentuk semen berasal dari kelenjar lendir di dalam glans dan dari vas deferens. Pembesaran prostate akan membendung uretra dan menyebabkan retensi urin. Kelenjar prostate, merupakan suatu kelenjar yang terdiri dari 30-50 kelenjar yang terbagi atas 4 lobus yaitu: Lobus Posterior, Lobus Lateral, Lobus Anterior, Lobus Medial. Dan fungsi dari prostat adalah menambah cairan alkalis pada cairan seminalis yang berguna untuk melindungi spermatozoa terhadap sifat asam yang terdapat pada uretra. Di bawah kelenjar ini terdapat

Kelenjar Bulbo Uretralis yang memiliki panjang 2-5 cm. Fungsi hampir sama dengan kelenjar prostat. c. Uretra adalah saluran akhir dari reproduksi yang terdapat didalam penis. Uretra berfungsi sebagai saluran kemih yang berasal dari kantung semen dan saluran untuk membuang urin dari kantung kemih. Uretra memiliki dua (2) fungsi yaitu: Bagian dari sistem reproduksi yang mengalirkan semen dan bagian dari sistem kemih yang mengalirkan air kemih dari kandung kemih. d. Vesikula Seminalis Prostat, vesikula seminalis ini menghasilkan cairan yang

merupakan sumber makanan bagi sel mani/sperma. Cairan ini merupakan bagian terbesar dari semen. Cairan lainnya yang membentuk semen berasal dari kelenjar lendir didalam kepala penis dan dari vas deferens. Adapun fungsi dari Vesikula Seminalis adalah mensekresikan cairan basa yang mengandung nutrisi yang membentuk sebagian besar cairan semen. e). Duktus Duktuli terdiri dari a). Epididimis merupakan saluran halus yang panjangnya sekitar 6 cm. Epididimis terletak sepanjang di atas tepi dan belakang testis dan merupakan saluran sepanjang 6 meter. Epididimis terdiri dari kepala yang terletak katup katup testis, badan dan ekor epididimis sebagian ditutupi oleh lapisan pariental. Saluran epidermis dikelilingi oleh jaringan ikat, spermatozoa melalui duktuli eferentis berbelok-belok dan membentuk kerucut kecil yang bermuara di duktus epididimis tempat spermatozoa disimpan, dan masuk kedalam van deferens. Epididimis mengumpulkan sperma dari testis dan menyediakan ruang serta lingkungan untuk proses pematangan sperma. Adapun fungsi dari epididimis adalah yaitu sebagai saluran penghantar testis, mengatur sel mani/sperma sebelum ejakulasi, dan memproduksi semen. b). Duktus Deferens adalah kelanjutan dari epididimis ke kanalis inguinialis, kemudian duktus deferens ini berjalan masuk kedalam rongga perut dan ke kandung kemih, dibelakang kandung kemih akhirnya bergabung dengan saluran vesika seminalis akan membentuk ejakulatorius dan bermuara di kelenjar prostate. Panjang duktus deferens adalah berkisar 50-60cm.

## 2. Fisiologi Sistem Reproduksi Pria

Hormone pada pria

### a. Follicle Stimulating Hormone (FSH)

Follicle Stimulating Hormone (FSH) juga disekresi oleh sel-sel kelenjar hipofis anterior yang berfungsi untuk menstimulasi sel-sel sertoli. Bila tidak terjadi stimulasi ini, maka tidak akan terjadi

pengubahan spermatid menjadi sperma (spermiasi).

b. Luteinizing Hormone (LH)

LH disekresikan oleh kelenjar hipofisis anterior. Dimana fungsi dari LH adalah menstimulasikan sel-sel Leydig untuk mensekresikan testoteron.

c. Testoteron

Testoteron disekresikan oleh sel-sel Leydig yang terdapat di antra tubulus seminiferus. Hormone ini sangat penting untuk tahap pembelahan sel-sel germinal dalam rangka membentuk sperma, terutama pembentukan miosis untuk membentuk spermatosit sekunder.

d. Proses spermatogenesis

Spermatogenesis adalah perkembangan spermatogonia menjadi spermatozoa. Berlangsung selama 64 hari. Spermatogonia berkembang menjadi spermatozit sekunder. Spermatozit sekunder berkembang menjadi spermatid. Tahap akhir spermatogenesis adalah pematangan spermatid menjadi spermatozoa. Ukuran spermatozoa adalah 60 mikron. Spermatozoa terdiri dari kepala, badan dan ekor.

## **Daftar Pustaka**

- Amelia Paramitha., Cholifah (2018), Buku Ajar Biologi Reproduksi, Umsida Press, Sidoarjo.
- Mettawi, A. S. (2021). Chapter 1 - Anatomy and embryology of male and female reproductive systems.In R. Rehman & A. Sheikh (Eds.), Subfertility (pp. 1-38). Elsevier.
- <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-75945-8.00001-3>
- Nunziato, J. D., & Valea, F. A. (2022). 3 - Reproductiveanatomy: Gross and Microscopic Clinical Correlations. In D. M. Gershenson, G. M. Lentz, F. A. Valea, & R. A. Lobo (Eds.), Comprehensive Gynecology (Eighth Edition) (pp. 47-75.e41). Elsevier.
- <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-65399-2.00012-7>
- Rijanto., Jeniawaty Sherly., (2015) Anatomi Fisiologi Reproduksi, spermatogenesis, Endukrin dan genetika Bagi Mahasiswa Kebidanan, Radius, Madiun , Jawa Timur
- Su, F., Wang, J., & Yang, Y. D. (2022). The "Hand as Foot" teaching method in anatomy of the female reproductive system. Asian J Surg, 45(12), 3036-3037. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2022.07.050>
- Wiono Juli Wisnu (2021) Sistem Reproduksi Manusia, Media Akademi, Yogyakarta

## **Profil Penulis**



### **Ummi Kalsum, S.SiT., Bdn., M.M.Kes.**

Penulis, lahir di Sumbawa NTB tanggal 22 Juni 1966 dan Pendidikan penulis berawal dari sekolah perawat Kesehatan Mataram Tahun 1985, dan melanjutkan ke Pendidikan diploma I Kebidanan Tahun 1993 di sekolah perawat

Kesehatan Mataram, selanjutnya penulis mengikuti Pendidikan Diploma III Kebidanan Di Politeknik Kesehatan Mataram Tahun 2005 serta Pendidikan Diploma IV Bidan Pendidik di Politeknik Kesehatan Bandung Tahun 2007, Lima Tahun setelah itu penulis melanjutkan Pendidikan Pasca Sarjana Di Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Artha Bodhi Iswara Surabaya konsentrasi Manajemen Kesehatan dan selesai Tahun 2014. Pengalaman penulis dalam berorganisasi pernah menjadi ketua Ikatan Bidan Indonesia (IBI) Cabang Sumbawa dua periode yaitu periode 2008 – 2013 dan 2013 – 2018. Pengalaman dalam bekerja Penulis pernah menjabat sebagai Kepala UPT Puskesmas Kecamatan Moyo Hulu selama 10 Tahun di Kabupaten Sumbawa, pernah menjadi kepala seksi kesehatan keluarga Bidang Kesehatan Masyarakat, dan Saat ini penulis bekerja sebagai ketua Tim Kerja (TIMKER) Kesehatan Ibu dan Bayi di Dinas Kesehatan Kabupaten Sumbawa Nusa Tenggara Barat.

Email Penulis : ummikalsum22666@gmail.com



# 12

## SISTEM PERKEMIHAN

**Ns. Mega Puspa Sari, S.Kep., M.K.M.**

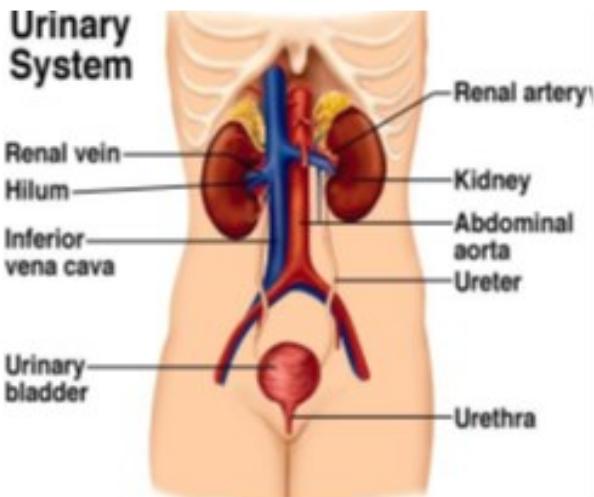
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. Hamka

### **Definisi Sistem Perkemihan**

Sistem perkemihan (urinary system) atau sering disebut sistem saluran kemih merupakan tempat penyaringan darah sehingga darah bebas dari zat-zat yang tidak digunakan tubuh, dan menyerap zat-zat yang masih digunakan tubuh. Selain itu sistem ini berfungsi membuang sisa-sisa metabolisme makanan yang dihasilkan oleh tubuh terutama senyawaan nitrogen seperti urea dan kreatinin, bahan asing dan produk sisanya. Zat-zat yang tidak terpakai oleh tubuh larut dalam air dan dikeluarkan melalui urin. Sistem saluran kemih berperan melakukan eksresi, eliminasi sisa hasil metabolisme tubuh dan keseimbangan cairan dan elektrolit (Chalik, 2016).

### **Organ Sistem Perkemihan**

Sistem saluran kemih terdiri dari ginjal, ureter, kandung kemih, dan uretra serta komponen pendukung yang meliputi sistem peredaran darah dan sistem saraf.



Gambar 12.1 Anatomi Sistem Perkemihan  
(Sumber: Shier et al., 2009)

### **Ginjal**

Ginjal merupakan organ terpenting dalam pemeliharaan fisiologis homeostatis cairan dalam tubuh. Berbagai fungsi ginjal untuk menjaga homeostatis dengan mengatur asupan cairan, keseimbangan osmotik, keseimbangan asam basa, ekskresi sisa metabolisme, sistem pengaturan hormonal dan metabolisme (Syaifuddin, 2011). Ginjal berbentuk seperti kacang, berwarna merah tua yang terletak dibagian belakang abdomen atas, di belakang peritonium, di depan dua kosta terakhir dan tiga otot-otot besar transversus abdominalis, quadratus lumborum dan psoas mayor. Ginjal dipertahankan dalam posisi tersebut oleh bantalan lemak yang tebal. Disebelah posterior dilindungi oleh kosta dan otot-otot yang meliputi kosta, sedangkan di anterior dilindungi oleh bantalan usus yang tebal. Pada orang dewasa ginjal panjangnya 12-13 cm, tebalnya 6 cm dan beratnya 120-150 gram (Wahyuningsih & Kusmiyati, 2017).

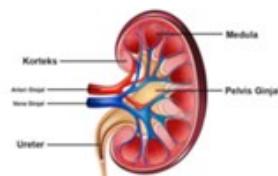
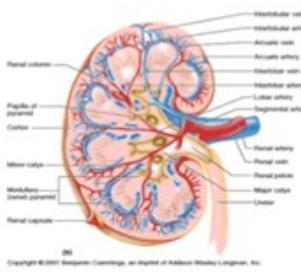
Ginjal ditutupi oleh kapsul tunika fibrosa yang kuat. Apabila kapsul dibuka terlihat permukaan dari ginjal licin dan warna merah tua membuat potongan vertikal dari

ginjal melalui lanugi laterali ke margo medialis akan terlihat hilus yang meluas ke ruangan sentral yang disebut sinus renalis bagian atas dari pelvis renalis. Ginjal terdiri dari dua komponen struktur, yaitu (Syafuddin, 2011):

1. Bagian dalam (internal) medulla

Substansia medularis terdiri dari piramid renalis jumlahnya antara 8-16 buah yang mempunyai basis sepanjang ginjal, sedangkan apeksnya menghadap ke sinus renalis.

2. Bagian luar (eksternal) korteks



Gambar 12.2 Susunan Lapisan Ginjal

Sumber: (Paulsen & Waschke, 2017)

Substansia kortekalis berwarna cokelat merah, konsistensi lunak dan bergranula. Substansia ini tepat di bawah tunika fibrosa, melengkung sepanjang basis piramid yang berdekatan dengan sinus renalis, bagian dalam di antara piramid, dinamakan kolumna renalis.

Ginjal berperan dalam mengendalikan keseimbangan komponen tubuh, sebagai ekskresi zat yang tidak dibutuhkan tubuh dan reabsorpsi zat yang masih dibutuhkan tubuh. Ginjal memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Mengatur keseimbangan cairan tubuh dan garam
- b. Mengatur keseimbangan eletrolit
- c. Mengatur keseimbangan asam basa
- d. Mengatur tekanan darah melalui sistem renin angiotensin aldosterone
- e. Mensekresikan eritropoietin, hormon yang penting dalam pembentukan eritrosit
- f. Mengubah vitamin D menjadi bentuk aktifnya
- g. Mempertahankan volume plasma yang tepat
- h. Mengeluarkan (mengeksresikan) produk-produk akhir (sisa) metabolism tubuh
- i. Mengeksresikan banyak senyawa asing.

Ginjal memiliki satuan fungsional yang disebut nefron. Jumlah nefron dalam ginjal lebih dari 1,3 juta yang mampu menyaring 170 liter darah dari arteri renalis selama 24 jam. Setiap nefron berasal dari berkas kapiler yang terdiri dari (Kirnanoro & Maryana, 2017):

- a. Glomerulus

Glomerulus merupakan gulungan atau anyaman kapiler yang terletak dalam kapsula Bowman (ujung buntu tubulus ginjal yang bentuknya seperti kapsula cekung menutupi glomerulus yang saling melilitkan diri). Glomerulus menerima darah dari arteriola aferen dan meneruskan darah ke sistem vena melalui arteriola eferen. Natrium difiltrasi dalam glomerulus sesuai dengan konsentrasi dalam plasma, begitu juga dengan kalium yang juga difiltrasi secara bebas. Diperkirakan 10-20% kalium plasma terikat oleh protein dan tidak bebas difiltrasi sehingga kalium dalam keadaan normal.

- b. Tubulus proksimal

Tubulus proksimal adalah tubulus ginjal yang langsung berhubungan dengan kapsula bowman

dengan Panjang 15 mm dan diameter 15 mm. Bentuknya berkelok-kelok menjalar dari korteks ke bagian medulla dan kembali ke korteks. Sekitar 2/3 natrium terfiltrasi, diabsorpsi secara isotonik bersama klorida dan melibatkan transportasi aktif natrium. Peningkatan reabsorpsi natrium akan mengurangi pengeluaran air dan natrium. Hal ini dapat mengganggu pengenceran dan pemekatan urin yang normal. Kalium diresorpsi lebih dari 70%, kemungkinan dengan mekanisme transportasi aktif akan terpisah dari resorpsi natrium.

c. Ansa Henle

Ansa henle berbentuk lurus dan tebal yang diteruskan ke segmen tipis lalu ke segmen tebal dengan panjang 12 mm dari total panjang ansa henle 2-14 mm. Klorida secara aktif diserap kembali pada cabang ascendens ansa henle, dan natrium bergerak secara pasif untuk mempertahankan ketetralan listrik.

Resorpsi klorida dan natrium di pars ascendens penting untuk pemekatan urin karena membantu mempertahankan integritas gradiens konsentrasi medulla. Kalium terfiltrasi sekitar 20-25% diabsorpsi pada pars ascendens lengkung henle, sehingga proses pasti terjadi gradien elektrokimia yang timbul sebagai akibat dari reabsorpsi aktif klorida pada segmen nefron.

d. Tubulus Distal

Tubulus distal merupakan bagian tubulus ginjal yang melengkung dengan panjang 5 mm dan terletak jauh dari kapsula bowman. Nefron di tiap tubulus distal bermuara ke duktus koligens yang panjangnya 20 mm. Duktus koligens berjalan melalui korteks dan medulla ginjal, bersatu membentuk suatu duktus yang berjalan lurus dan bermuara ke dalam duktus belini dan terus menuju kaliks minor ke kaliks mayor. Sampai pada akhirnya mengosongkan isinya ke dalam

pelvis renalis pada apek masing-masing pyramid medulla ginjal.

e. Duktus Koligen

Duktus koligen memiliki kemampuan mereabsorpsi dan menyekresi kalium. Eksresi aktif kalium diperlihatkan pada duktus koligen kortikal dan dikendalikan oleh aldosteron. Pada duktus koligen medulla reabsorpsi kalium aktif murni terjadi.

Duktus koligen medulla bukan termasuk saluran metabolik pasif, karena dalam duktus koligen medulla terjadi pengaturan sekresi natrium urin secara halus dengan aldosteron yang berperan dalam reabsorpsi natrium. Peningkatan aldosteron dihubungkan dengan peningkatan reabsorpsi natrium.

### **Peredaran Darah Ginjal**

Arteri renalis merupakan cabang dari aorta abdominalis menyalurkan darah ke dalam ginjal. Arteri renalis memiliki dua cabang yaitu arteri renalis anterior (cabang besar) dan arteri renalis posterior (cabang kecil). Ginjal anterior dan ventral diberikan darah dari arteri renalis anterior. Sedangkan ginjal dorsal dan posterior didapatkan darah dari cabang arteri posterior.

Diantara kedua cabang tersebut terdapat suatu garis dinamakan brudels line, yang terletak di sepanjang margo lateral dan ginjal. Garis tersebut tidak memiliki pembuluh darah, sehingga kedua cabang arteri menyebar sampai bagian anterior dan posterior. Dari kolisi sampai ke medulla ginjal terletak di antara piramid yang dinamakan arteri interlobularis. Arteri arquata merupakan basis piramid yang memblok 900 hingga daerah medulla. Arteri interlobularis akan bercabang berjalan tegak tegak ke dalam korteks dan berakhir sebagai:

1. Vasa aferen untuk 1-2 glomerulus
2. Pleksus kapiler sepanjang tubulus melingkar dalam korteks tanpa berhubungan dengan glomerulus

### 3. Pembuluh darah menembus kapsula bowman.

Anyaman yang mengelilingi tubuli kontorti didapatkan saat glomerulus keluar dari pembuluh darah aferen. Selain itu ada cabang yang lurus menuju ke pelvis renalis dan memberikan darah untuk ansa henle serta dukus koligen, yang dinamakan arteri rektal (A. Spuria). Dari pembuluh rambut ini, darah kemudian berkumpul dalam pembuluh kapiler vena (yang berbentuk seperti binatang dan disebut vena stellatas), lalu berjalan ke vena inter lumbalis.

Pembuluh limfa mengikuti perjalanan A. Renalis menuju ke nodi limfa-tikus aorta klateral (yang terdapat di sekitar pangkal A. Renalis) dan dibentuk oleh pleksus yang berasal dari masa ginjal, serta kapsula fibrosa yang bermuara di nodus lateral aortika.

### **Persarafan Ginjal**

Saraf ginjal kurang lebih terdiri dari 15 ganglion. Ganglion ini membentuk pleksusrenalis yang berasal dari cabang terbawah dan di luar ganglion pleksus seliaka, pleksus aukustikus, dan bagian bawah splenikus. Pleksus renalis bergabung dengan pleksus spermatikus dengan cara memberikan beberapa serabut yang dapat menimbulkan nyeri pada testis pada kelainan ginjal.

### **Ureter**

Ureter adalah perpanjangan tubular berpasangan dan berotot dari pelvis ginjal yang merentang sampai kandung kemih. Ureter terletak di posterior di dinding abdomen, di luar rongga peritonium yang memasuki kandung kemih dalam sudut miring, masing-masing di sisi dasar area berotot yang disebut trigon, bagian apeksnya adalah lubang uretra. Ketika urin terkumpul di kandung kemih uruter yang tertekan yang secara efektif membentuk suatu katup yang disebut katup vesikoureteral untuk mencegah refluks urin (Kirnanoro & Maryana, 2017).

Lapisan otot ureter memiliki aktivitas peristaltik intrinsik. Gelombang peristaltik mengeluarkan urin dari kandung kemih keluar tubuh. Setiap ureter panjangnya 25-30 cm

atau 10-12 inchi dan berdiameter 4-6 mm. Dinding ureter terdiri dari 3 lapisan jaringan, yaitu (Hariyanto, 2016):

1. Lapisan terluar adalah lapisan fibrosa
2. Lapisan tengah adalah muskularis longitudinal ke arah dalam dan otot polos sirkular ke arah luar.
3. Lapisan terdalam epithelium mukosa yang mensekresi selaput mukus pelindung.

### **Kandung Kemih**

Kandung kemih adalah organ berongga yang berfungsi sebagai penampung urin sementara sebelum dikeluarkan uretra. Pada orang dewasa kapasitas kandung kemih maksimum sekitar 300-450 ml, sedangkan pada anak berdasarkan formula Koff yaitu (Suarnianti, 2016): Kapasitas kandung kemih = (umur(tahun)+2) x 30 ml.

Kandung kemih terdiri dari tiga lapisan otot detrusor yang teranyam menjadi satu, yaitu lapisan terdalam berupa lapisan mukosa, lapisan tengah berupa lapisan otot polos, dan lapisan terluar berupa jaringan fibrosa (Hasanah, 2023).

Kandung kemih terletak pada rongga pelvis. Pada laki-laki kandung kemih berada di belakang simpisis pubis & di depan rektum. Pada Wanita kandung kemih berada di bawah uterus dan di depan vagina.

Kandung kemih dipersarafi oleh saraf dari pelvis, baik sensorik maupun motorik. Pengaktifan saraf simpatis menyebabkan kontraksi otot detrusor. Normalnya sfingter internum pada leher kandung kemih berkontraksi dan akan relaksasi ketika otot kandung kemih berkontraksi. Pada keadaan penuh akan memberikan rangsangan pada saraf aferen ke pusat miksi sehingga terjadi kontraksi otot detrusor yang mendorong terbukanya leher kandung kemih, sehingga terjadi proses berkemih. Sfingter uretra eksternum dikontrol berdasarkan kesadaran (volunter), dipersarafi oleh nervus pudendal yang merupakan saraf somatik.

## **Uretra**

Uretra merupakan saluran keluar dari urin yang diekskresikan oleh tubuh melalui ginjal, ureter, dan vesika urinaria. Uretra adalah saluran sempit yang berpangkal pada kandung kemih yang berfungsi menyalurkan air kemih keluar. Pada laki-laki uretra berjalan berkelok-kelok melalui tengah-tengah prostat kemudian menembus lapisan fibrosa yang menembus tulang pubis ke bagian penis, panjangnya ± 20 cm. Uretra pada laki-laki terdiri dari uretra prostataria, uretra membranosa, dan uretra kavernosa. Lapisan uretra laki-laki terdiri dari lapisan mukosa (lapisan paling dalam) dan lapisan submukosa.

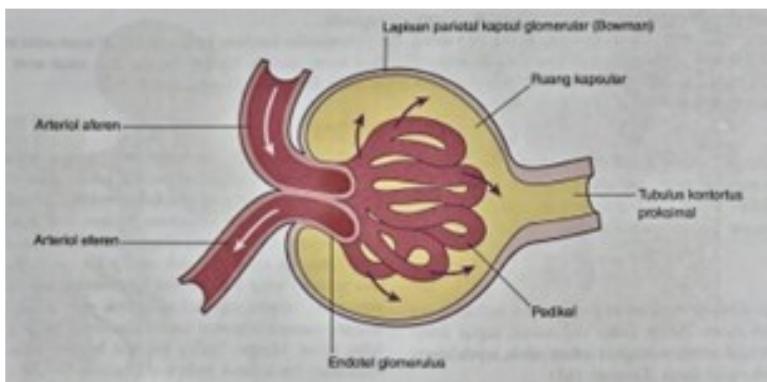
Uretra pada wanita terletak di belakang simfisis pubis berjalan miring sedikit kearah atas, salurannya dangkal, panjangnya ± 3-4 cm dari orifisium uretra interna sampai ke orifisium uretra eksterna. Uretra ini terdapat di belakang simfisis pada dinding anterior vagina, menjurus obliqu ke bawah dan menghadap ke depan. Lapisan uretra pada wanita terdiri dari;

1. Tunika muskularis (sebelah luar),
2. Lapisan spongeosa merupakan pleksus dari vena-vena, dan
3. Lapisan mukosa (lapisan sebelah dalam).

Muara uretra pada wanita terletak di sebelah atas vagina (antara klitoris dan vagina) dan uretra di sini hanya sebagai saluran ekskresi. Diafragma urogenitalis dan orifisium eksterna langsung di depan permukaan vagina 2,5 cm di belakang gland klitoris (Wahyuningsih & Kusmiyati, 2017).

## **Pembentukan Urin**

Pada pembentukan urin terdapat tiga proses yaitu penyaringan (filtrasi), reabsorpsi selektif, dan sekresi (Peate & Nair, 2018).



Gambar 12.3 Filtrasi Ginjal

Sumber: Rendall MD (ed). Medical Sciences at a Glance, 2014  
modifikasi (Peate & Nair, 2018)

### 1. Filtrasi

Pembentukan urin dimulai dari proses penyaringan (filtrasi) darah, yang secara berkelanjutan berlangsung dalam korpuskel ginjal. Dinamakan dengan proses filtrasi glomerulus karena darah berjalan melalui glomeruli, sebagian besar cairannya yang mengandung zat kimia yang berguna maupun produk buangan terlarut, akan mengalir keluar dari darah melalui membran (dengan osmosis dan difusi) tempatnya difilter dan kemudian mengalir ke dalam kapsul Bowman.

Filtrat glomerulus berisi kumpulan air, produk buangan, garam, glukosa, dan zat kimia lain yang telah difiltrasi keluar dari darah. Filtrat glomerulus terdiri dari air, natrium dan kalium, glukosa, dan produk buangan tubuh yang disebut urea. Urea merupakan produk buangan yang paling banyak yang harus diekskresikan oleh ginjal. Urea terbentuk dalam tubuh untuk mengeliminasi produk ammonia yang sangat toksik yang terbentuk dalam hati dari asam amino.

## 2. Reabsorpsi Selektif

Reabsorpsi dimulai di tubulus kontortus proksimal dan berlanjut di ansa Henle, tubulus kontortus distal, dan tubulus kolligent. Hanya 1% filtrat glomerulus yang meninggalkan tubuh dan 99% direabsorpsi ke dalam aliran darah. Tubulus kontortus proksimal memiliki batas sel mikrovili untuk menambah area permukaan absorpsi dari filtrat. Terdapat banyak mitokondria yang menghasilkan ATP tambahan yang diperlukan untuk transport aktif. Zat-zat yang direabsorpsi kembali ke dalam aliran darah adalah air, glukosa dan zat-zat makanan lain, dan natrium ( $\text{Na}^+$ ) serta ion-ion lain.

Glukosa darah secara keseluruhan direabsorpsi kembali ke dalam darah dari tubulus proximalis. Glukosa darah secara aktif diangkut keluar dari tubulus dan masuk ke dalam darah kapiler peritubulus. Zat makanan yang dibuang melalui urin tidak ada satupun yang berharga. Komponen-komponen lain seperti ammonia dan urea diseikresi dan bukan diabsorpsi. Sedangkan ion-ion tertentu termasuk kalium dapat diseikresi dan diabsorpsi oleh tubulus berdasarkan pada keseimbangan ionik secara menyeluruh di dalam tubuh.

## 3. Sekresi

Obat-obatan, ion hidrogen dan semua zat yang tidak dibuang melalui filtrasi diseikresikan ke dalam tubulus ginjal dari kapiler peritubular nefron. Sekresi tubular terutama dilakukan oleh sistem transport aktif. Transport aktif adalah suatu proses yang membuat zat-zat melewati membrane biologis. Sekresi tubular terjadi dari sel-sel epitel yang melapisi tubulus ginjal dan duktus kollektivus.

Zat-zat yang diseikresikan adalah ion hydrogen ( $\text{H}^+$ ), ion kalium ( $\text{K}^+$ ), ammonia ( $\text{NH}_3$ ) dan obat-obatan tertentu. Sekresi tubulus ginjal memegang peran penting dalam mempertahankan keseimbangan asam-basa tubuh.

## **Daftar Pustaka**

- Chalik, R. (2016). ANATOMI FISIOLOGI MANUSIA. In Kementerian Kesehatan RI. Kemenkes RI 2016.
- Hariyanto, T. W. (2016). BIOMEDIK DASAR (Anatomi, Fisiologi, Biokimia, Fisika, Biologi). In Kementerian Kesehatan RI (pp. 231–243). Kemenkes RI 2016.
- Hasanah, U. (2023). Buku Ajar ANATOMI FISIOLOGI MANUSIA. Samudra Biru (Anggota IKAPI).
- Kirnanoro, & Maryana. (2017). ANATOMI FISIOLOGI. Pustaka Baru Press.
- Paulsen, F., & Waschke, J. (2017). Atlas Of Anatomy Sobotta (16th editi). Elsevier.
- Peate, I., & Nair, M. (2018). At a Glance Anatomi dan Fisiologi (R. Astikawati & E. K. Dewi (Eds.)). Erlangga.
- Shier, D., Butler, J., & Lewis, R. (2009). Hole's Essentials of Human Anatomy and Physiology (8th edition). McGraw-Hill.
- Suarnanti. (2016). Anantomi dan Fisiologi Pada Tubuh Manusia. Indomedia Pustaka.
- Syaifuddin. (2011). Anatomi Fisiologi: Kurikulum Berbasis Kompetensi untuk Keperawatan dan Kebidanan (Edisi 4). EGC.
- Wahyuningsih, H. P., & Kusmiyati, Y. (2017). ANATOMI FISIOLOGI. Kemenkes RI 2017.

### **Profil Penulis**



#### **Ns. Mega Puspa Sari, S.Kep., M.K.M.**

Penulis di lahirkan di Jakarta pada Bulan Desember 1988. Merupakan anak pertama dari Bpk. Jusmeri & Ibu Rina Anda Mesra (almh). Penulis seorang Istri dari Khalid Akbar S.H. Pernah bekerja di RSUD Kota Tangerang Selatan dan melanjutkan pendidikan di Universitas Indonesia, FKM Peminatan Biostatistik dan Kependudukan lulus tahun 2018. Saat ini bertindak sebagai Dosen Tetap Kesehatan Masyarakat FIKES UHAMKA pengampu mata kuliah Statistik Kesehatan, Kesehatan Reproduksi Dasar, Epidemiologi Penyakit Menular, Biomedik, dan Keperawatan Dasar di Fakultas Kedokteran UHAMKA. Selain itu, penulis juga aktif dalam Tri Dharma Perguruan Tinggi dan menulis Book Chapter Kesehatan. Semoga Buku Chapter ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca khususnya bagi penulis, serta dapat dijadikan sebagai salah satu sumber informasi bagi para cendikiawan khususnya tenaga Kesehatan yang sedang menempuh pendidikan.

Email Penulis : ns.megapuspasari@uhamka.ac.id

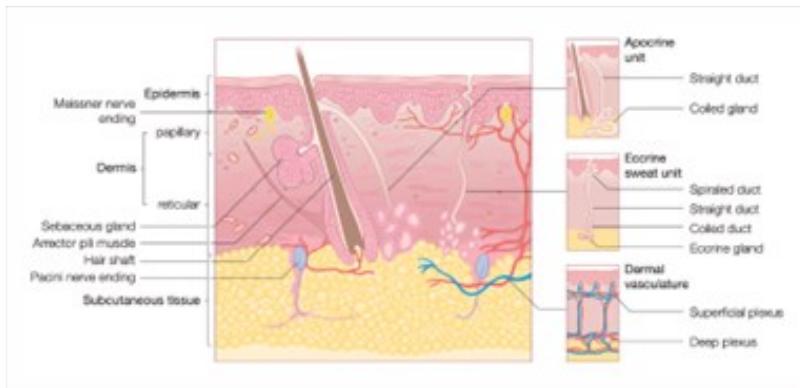


## SISTEM INTEGUMEN

**dr. Mochammad Ayyub Arachman, M.Ked.Klin., Sp.DVE.**  
RSUD Husada Prima Surabaya

### Pendahuluan

Sistem integumen adalah sistem organ yang terdiri dari kulit dan struktur lainnya seperti rambut, kuku, kelenjar keringat, dan kelenjar sebasea. Kulit merupakan organ terbesar di tubuh manusia dan memainkan peran penting dalam melindungi tubuh dari kerusakan fisik, mengatur suhu tubuh, mengeliminasi kotoran melalui keringat, serta mendeteksi rangsangan dari lingkungan eksternal seperti rasa sakit, suhu, dan tekanan (Garza, 2019).



Gambar 13.1 Gambaran penampang kulit beserta jaringan dibawahnya (hipodermis). Terlihat potongan lapisan pada epidermis, dermis dan struktur terkait. (James et al., 2016)

Sistem integumen dianggap sebagai organ karena terdiri dari jaringan yang berbeda-beda. Berisi keempat jaringan utama; epitel, ikat, otot dan saraf. Integumen terdiri dari:

1) membran kutaneus (kulit); dan 2) struktur terkait (rambut, kelenjar dan kuku). Bagian paling atas dari sistem integumen terdiri dari jaringan epitel skuamosa berlapis (berkeratin) yang membentuk epidermis (epi - di atas atau pinggir). Di dalamnya terdapat kombinasi jaringan ikat areolar dan padat tidak beraturan yang membentuk sebagian besar dermis. Strukturnya termasuk kelenjar eksokrin (sebaceous dan keringat), rambut dan folikel rambut, serta kuku jari tangan dan kaki (Garza, 2019; Elias, 2020).

### **Epidermis**

Epidermis dewasa terdiri dari tiga jenis sel dasar: keratinosit, melanosit, dan sel langerhans. Sel tambahan seperti sel merkel dapat ditemukan di lapisan basal telapak tangan dan telapak kaki, mukosa mulut dan genital, dasar kuku, dan infundibula folikular. Terletak tepat di atas zona membran basal, sel merkel mengandung butiran mirip neurosekretorik padat intrasitoplasmik melalui hubungannya dengan neurit, bertindak sebagai reseptor sentuhan yang beradaptasi lambat. Mereka mempunyai hubungan langsung dengan keratinosit yang berdekatan melalui desmosom dan mengandung lingkaran paranuklear dari filamen keratin perantara. Baik imunostain keratin poliklonal maupun imunostaining monoklonal untuk keratin membentuk lingkaran filamen keratin ini dalam pola titik paranuklear yang khas. Sel Merkel juga memberi label atau penanda neuroendokrin seperti kromogranin dan sinaptofisin (McGrath, J.A., 2010; Scharschmidt, T. C., 2018).

Lapisan epidermis mengandung empat (4) jenis sel yang berbeda (Garza, 2019; Elias et al, 2022):

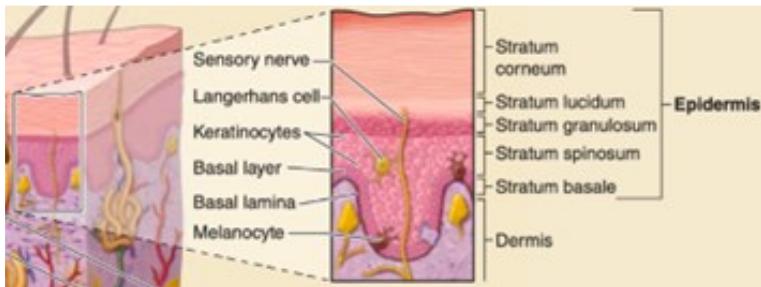
1. Keratinosit mewakili sekitar 80 hingga 90% dari seluruh sel yang ditemukan di epidermis. Mereka bermula sebagai sel induk di stratum basale epidermis dan dapat disebut sebagai "sel basal". Sel-sel ini membuat keratin, lipoprotein keras yang berfungsi sebagai bahan penyegel dan kedap air pada kulit. Fungsi utama keratinosit adalah menciptakan penghalang pelindung terhadap unsur-unsur

lingkungan, seperti patogen (bakteri, jamur dan virus), panas, radiasi UVA dan kehilangan air. Jika patogen mulai menyerang epidermis superfisial, keratinosit bereaksi dengan memproduksi mediator pro-inflamasi, khususnya kemokin yang menarik leukosit ke tempat invasi.

Protein struktural seperti keratin dan agen antimikroba berkontribusi pada fungsi penghalang penting sel ini di kulit. Jaringan epitel terkeratinisasi artinya kedap air (kering) dan kornifikasi ini memberikan penghalang fisik yang signifikan, terutama pada kulit tebal (telapak tangan dan telapak kaki). Keratinosit yang terkornifikasi sepenuhnya yang membentuk lapisan terluar secara konstan dilepaskan dan digantikan oleh sel-sel baru.

2. Melanosit membentuk sekitar 10% sel di epidermis. Sel-sel ini menghasilkan melanin, pigmen coklat tua yang terutama bertanggung jawab atas warna kulit.  
\*Sebenarnya ada dua jenis utama melanin. Melanosit (dari bahasa Yunani melas yang berarti 'gelap atau hitam') sebagian besar terletak di stratum basale epidermis. Setelah mensintesis melanin, melanin dimasukkan ke dalam wadah kecil yang disebut melanosom (organel) dan diangkut sepanjang struktur seperti lengan (dendrit) sehingga mereka dapat mencapai dan melepaskan melaninnya ke keratinosit, yang mengambil melanin untuk perlindungan terhadap penyakit radiasi ultraviolet A (UVA).
3. Sel Merkel (Merkel-Ranvier) merupakan cakram taktil yang berperan sebagai reseptor sentuhan ringan yang terdapat pada epidermis. Mereka biasanya berhubungan dengan ujung saraf sensorik untuk informasi sentuhan, tetapi juga mungkin berperan dalam menyelesaikan detail spasial sentuhan yang halus.
4. Sel Langerhans merupakan sel pertahanan epidermis. Mereka adalah sejenis sel imun yang dapat memfagosit penyerang. Mereka paling menonjol di stratum spinosum, tetapi dapat ditemukan di semua

lapisan epidermis dan juga dapat bergerak ke lapisan papiler dermis. Langerhans adalah sel dendritik yang dapat mengambil dan memproses antigen mikroba menjadi sel penyaji antigen – suatu pencapaian yang luar biasa dalam dunia sel pertahanan.



Gambar 13.2 Gambaran tingkatan lapisan pada epidermis dengan beberapa sel penyusunnya (Garza, 2019).

Lapisan kulit paling luar terbuat dari jaringan epitel. Diklasifikasikan sebagai epitel skuamosa berkeratin (kering) berlapis. Epidermis memiliki 4 (kulit tipis) atau 5 (kulit tebal) lapisan atau 'stratum' berbeda yang dapat diidentifikasi. Di bawah ini adalah uraian masing-masing lapisan yang ada, dari lapisan yang paling dalam hingga yang paling luar (Garza, 2019; Choi, 2022):

1. **Stratum Basale (Germinativa)** – pada dasarnya terdiri dari satu baris sel yang membentuk lapisan terdalam epidermis. Kira-kira sel pada lapisan ini terdiri dari sekitar 80-90% keratinosit dan 10-20% melanosit. Keratinosit memiliki potensi mitosis yang berarti mereka dapat membelah dan bereproduksi dengan cepat untuk terus menggantikan dirinya sendiri. Ini adalah ‘sel induk’ dari sebagian besar epidermis – nama germinativa berarti ‘berkembang’, seperti benih yang mulai tumbuh. Sel-sel ini berada tepat di membran basal, yang melekat pada jaringan ikat tepat di bawahnya. Melanosit yang terletak di lapisan ini adalah sel yang menghasilkan molekul melanin berpigmen gelap. Ketika butiran melanin dilepaskan ke jaringan sebagai respons terhadap rangsangan sinar UVA, kulit menjadi lebih gelap. Melanin memberikan perlindungan pada inti (tempat DNA

berada) keratinosit terhadap iradiasi UVA, untuk mencegah kerusakan sel terkait UVA.

2. Stratum Spinosum – tebalnya bisa beberapa lapisan sel. Sebagian besar keratinosit kurus dengan beberapa sel Langerhans tersebar yang memberikan perlindungan imunologis. Istilah spinosum berarti 'berduri'; Tampilan sel yang berduri di area ini disebabkan oleh proses histologis. Beberapa sel mulai mati di sini, karena jarak dari nutrisi dan oksigen dalam suplai darah ke dermis.
3. Stratum Granulosum - dari 3 hingga 5 lapisan keratinosit pipih yang mengandung keratohialin berwarna gelap dan butiran berlapis, adalah zat hidrofobik/kedap air yang sangat efektif yang memberikan perlindungan terhadap dehidrasi tubuh di permukaan kulit.
4. Stratum Lucidum - pita tipis tembus pandang yang terdiri dari beberapa sel, lapisan ini hanya terdapat pada kulit tebal, yaitu kulit yang terdapat pada telapak tangan dan telapak kaki. Banyak keratin di lapisan ini. Sel-sel di lapisan ini mati karena terlalu jauh dari kapiler jaringan ikat di bawahnya.
5. Stratum Corneum - lapisan paling superfisial (eksternal) dari epidermis, terdiri dari banyak lapisan sel yang tebal dan terkornifikasi (seperti tanduk) karena merupakan lapisan yang benar-benar terkeratinisasi, berisi sel-sel mati yang memberikan penghalang yang sangat protektif dan kedap air. Lapisan ini paling tebal pada kulit yang tebal (telapak tangan dan telapak kaki) dan perlakuan seluler epitel dapat mempertahankan 20 hingga 30 lapisan sel tersisa di stratum corneum.

## **Dermis**

Dermis kulit merupakan bagian jaringan ikat dari membran kulit. Dermis terbagi menjadi dua wilayah atau lapisan, lapisan papiler superfisial dan lapisan retikuler dalam. Berbagai jenis jaringan ikat mendominasi di setiap lapisan ini (Garza, 2019; Grice, 2020):

**Lapisan Papiler:** Daerah ini berada tepat di dalam epitel skuamosa keratin berlapis pada epidermis dan terdiri dari jaringan ikat areolar. Bagian bawah tonjolan epidermis (juga dikenal sebagai sidik jari) saling bertautan dengan papila dermal di daerah papiler, membantu menyatukan kedua jaringan ini. Ini sekitar 1/5 dari total ketebalan dermis. Unsur dasar lain dari lapisan papiler adalah:

1. Jaringan pembuluh darah dan kapiler disini disebut dengan pleksus papiler. Suplai darah yang melimpah di jaringan ikat areolar ini memungkinkan epidermis di atasnya mendapatkan pasokan nutrisi dan oksigen yang baik, setidaknya di ujung basal jaringan epitel tersebut.
2. Ujung saraf bebas terletak di sini. Ini mendeteksi sensasi dasar panas, dingin, dan nyeri umum. C. Sel-sel Meissner (takttil) merupakan reseptor saraf sensorik untuk mendeteksi sentuhan ringan. Mereka terletak di papila dermal pada lapisan papiler dermis. Kedekatannya dengan epidermis memungkinkan untuk mendeteksi distensi pada permukaan kulit.

**Lapisan Retikuler:** Daerah ini terbuat dari jaringan ikat tidak beraturan yang padat dan keras. Mengandung lebih banyak hal yang sama seperti pada lapisan papiler. Ini menyumbang sekitar 4/5 dari total ketebalan dermis dan bagian dalam jaringan ini adalah hipodermis. Banyaknya serat kolagen yang tersusun 'tidak teratur' memungkinkan perluasan jaringan ini ke berbagai arah. Ternyata serat-seratnya tersusun secara metodis - terbukti dengan garis ketegangan/belahan yang terlihat pada dermatom tubuh, sehingga menghasilkan arah dan lipatan pada kulit.

Dermis merupakan matriks pendukung atau substansi dasar tempat polisakarida dan protein berikatan untuk menghasilkan makromolekul yang memiliki kapasitas luar biasa dalam menahan air. Ketebalan dermis bervariasi dari kurang dari 0,5 mm hingga lebih dari 5 mm. Ada dua jenis utama serat protein: kolagen dan jaringan elastis. Kolagen adalah protein matriks ekstraseluler utama yang menyusun 80-85% berat kering

dermis. Dua puluh sembilan kolagen berbeda telah diidentifikasi dalam jaringan vertebrata (digambarkan dengan angka Romawi sesuai urutan penemuannya, dari I hingga XXIX), yang setidaknya 12 di antaranya terdapat pada kulit. Kolagen dermal interstitial utama adalah tipe I dan III sedangkan kolagen membran basal utama (di persimpangan dermal-epidermal dan di sekitar pembuluh darah dermal, saraf dan pelengkap) adalah kolagen tipe IV. Monomer kolagen triple-heliks berpolimerisasi menjadi fibril dan serat, yang kemudian menjadi stabil melalui pembentukan kompleks ikatan silang intra dan antarmolekul. Serat kolagen sangat kuat dan memberikan kekuatan pada kulit. Serat elastis berjumlah tidak lebih dari 2-4% matriks ekstraseluler di dermis dan terdiri dari dua komponen, mikrofibril terkait elastin dan elastin, yang bersama-sama memberikan elastisitas dan ketahanan pada kulit. Mikrofibril elastis terdiri dari beberapa protein, termasuk fibrillin, yang mengelilingi elastin dan dapat meluas ke seluruh dermis dalam konfigurasi seperti jaring hingga persimpangan antara dermis dan epidermis. Dermis juga mengandung sejumlah glikoprotein non-kolagen termasuk fibronektin, fibulin, dan integrin. Komponen matriks ekstraseluler ini memfasilitasi adhesi sel dan motilitas sel. Di antara kolagen dermal dan jaringan elastis terdapat zat dasar yang terdiri dari makromolekul glikosaminoglikan/proteoglikan. Ini hanya menyumbang 0,1-0,3% dari total berat kering dermis tetapi memberikan peran penting dengan menjaga hidrasi, sebagian besar disebabkan oleh tingginya kapasitas asam hialuronat dalam mengikat air. Sekitar 60% dari total berat dermis adalah air (Proksch et al., 2018; Simon, 2021).

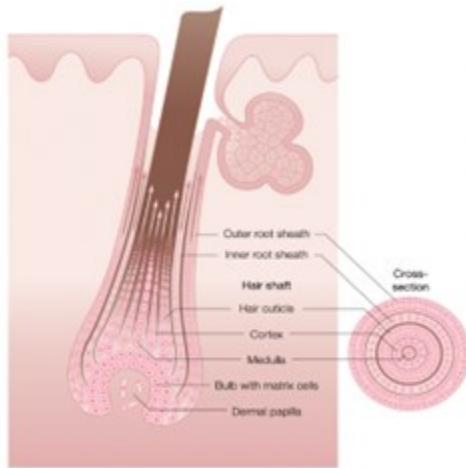
Dermis mempunyai suplai darah yang sangat kaya, meskipun tidak ada pembuluh darah yang melewati persimpangan dermal-epidermal. Ada pleksus vaskular yang dangkal dan dalam. Persarafan motorik kulit bersifat otonom, dan mencakup komponen kolinergik pada kelenjar keringat ekrin dan komponen adrenergik pada kelenjar ekrin dan apokrin, pada otot polos dan arteriol, serta pada otot arrector pili. Ujung saraf sensorik ada beberapa macam; ada yang tidak berujung (bebas), ada

yang berakhir di folikel rambut dan ada pula yang ujungnya melebar (Slominski et al., 2015; Proksch et al., 2019).

## Aksesori

Semua struktur aksesori pada integumen, yaitu rambut, kelenjar, dan kuku, sebenarnya semuanya berasal dari epidermis, yaitu tersusun dari jaringan epitel. Struktur ini mungkin tampak seolah-olah berasal dari jaringan ikat dermis karena lokasinya, namun sebenarnya struktur ini terbuat dari jaringan epitel yang berasal dari epidermis.

1. Rambut – Benda halus di permukaan kulit ini tumbuh dari matriks rambut di papilla rambut yang memiliki suplai darah yang baik dan terletak di area bulbus dan selubung rambut. Rambut mempunyai lapisan dalam, lapisan luar merupakan kutikula pelindung. Rambut ditempatkan di dalam folikel rambut, yang seperti cangkang pelindung rambut. Ada beberapa struktur tambahan yang terkait dengan rambut dan folikel rambut. Berikut struktur utama yang terkait dengan rambut (Smith, 20016; Proksch et al., 2019).
  - a. Arector pili adalah otot polos yang berhubungan dengan folikel rambut. Ia menempel pada folikel rambut dan ketika berkontraksi, ia membuat rambut berdiri tegak, ketika Anda kedinginan, takut atau marah, sering kali menyebabkan ‘merinding’.
  - b. Pleksus saraf di sekitar pangkal rambut, mendeteksi pergerakan rambut, juga nyeri saat rambut dicabut.
  - c. Kelenjar sebasea - membuat zat berminyak sebum, untuk menjaga rambut tetap kenyal dan terhidrasi.



Gambar 13.3 Gambaran rambut dan lapisannya serta jaringan disekitarnya, terlihat folikel rambut juga muara dari kelenjar. Terdapat juga potongan melintang dari rambut (James et al., 2016).

Rambut sebenarnya mempunyai 3 lapisan yaitu medula, korteks dan kutikula.

Medula (dari 'sumsum' dalam bahasa Latin) adalah lapisan rambut paling dalam dan tersusundari sel-sel besar. Sel-sel ini membentuk poros melalui bagian tengah rambut. Jumlah medula yang berbeda mungkin terdapat pada sehelai rambut.

Korteks (dari bahasa Latin 'kulit pohon' atau kulit luar) adalah lapisan di antara kutikuladan medula serta mengandung keratin dan pigmen (melanin atau trichosiderin). Inilapisan tengah rambut terbuat dari sel berbentuk gelendong dan butiran pigmen yang memberi warna pada rambut. Badan berbentuk bulat telur dari butiran pigmen besar dapat ditemukan di sini, dan fusi kortikal (struktur kecil seperti gelembung) juga ada di korteks. Kutikula (Bahasa latin kecil untuk kulit), merupakan lapisan terluar dari rambut. Transparan dan melindungi lapisan dalam. Kutikula yang sehatmemberikan tampilan berkilau pada rambut dan kutikula yang tidak sehat memberikan tampilan tidak baik. Hal ini pada

dasarnya terbuat dari keratin. Kutikula sebenarnya merupakan rangkaian sisik yang saling tumpang tindih dan sangat tahan terhadap penguraian kimia.

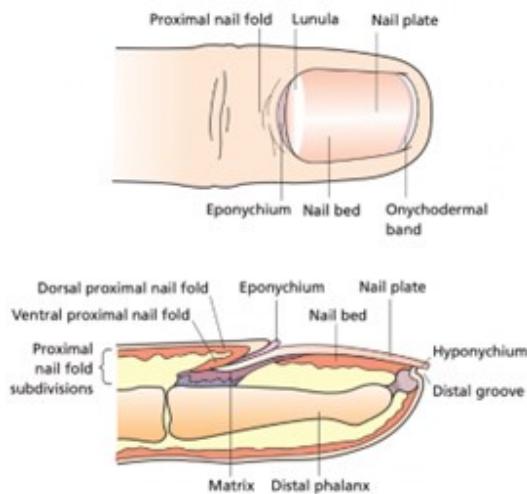
Ketebalan rambut berkisar antara 1/1500 hingga 1/450 inci (17 hingga 181 mikron). Warna rambut adalah faktor ketebalan terbesar. Rambut kuning muda adalah yang paling halus (1/1500 hingga 1/500 inci, 17 hingga 51 mikron) dan rambut hitam adalah yang paling tebal (1/450 hingga 1/140 inci, 56 hingga 181 mikron).

Folikel Rambut – bertindak sebagai penutup pelindung untuk bulbus dan akar rambut yang sedang tumbuh. Pada dasarnya terdiri dari medula bagian dalam dan korteks luar serta selubung akar eksternal & internal (Smith et al, 2006; McGrath, 2010).

2. Kelenjar Keringat, banyak terdapat di wajah, kulit kepala, dada, dan kaki. Ada dua jenis kelenjar keringat: Ekrin dan Apokrin (Langan et al., 2018).
  - a. Ekrin – menghasilkan keringat encer, terutama berfungsi dalam termoregulasi, khususnya untuk mendinginkan tubuh. Mereka juga mengandung lisozim, agen antimikroba. Kepadatan tertinggi kelenjar ini terdapat pada telapak tangan, telapak kaki dan dahi. Pada telapak tangan dan telapak, bekerja sama dengan tonjolan epidermis yang tebal, lebih dikenal sebagai sidik jari dan sidik kaki, yang meningkatkan gesekan untuk cengkeraman yang lebih baik. Kelenjar ini adalah jenis kelenjar keringat yang paling banyak jumlahnya di tubuh.
  - b. Apokrin – kelenjar ini terletak di daerah tertentu di tubuh, seperti daerah ketiak, di daerah genital dan dubur, serta payudara. Mereka menghasilkan jenis keringat yang lebih banyak yang kaya lipid dan juga mengandung molekul sinyal kimia yang disebut feromon. Sinyal kimia tidak berbau yang berpindah dari satu orang ke orang lain dan dapat berdampak pada perilaku. Contohnya adalah

feromon 'mirip musk' yang berhubungan dengan ketertarikan seksual antar individu. Oksitosin dianggap sebagai feromon lain yang dilepaskan ke lingkungan eksternal oleh satu individu dan dapat memberikan efek pada individu lain, terutama yang umum terjadi dalam situasi tertentu. Misalnya, dalam ikatan ibu-anak pada awal masa bayi, hubungan dekat, olahraga tim, dan pertarungan. Dalam kapasitas ini, kelenjar keringat apokrin dapat dianggap sebagai kelenjar 'aroma' bagi manusia, meskipun manusia tidak secara sadar menyadari aroma feromon tersebut.

- Kuku-Kuku jari di tubuh terbuat dari bahan berkeratin tinggi yang tumbuh dari akar kuku dan membentuk dasar kuku. Kuku jari tangan dan kaki pada dasarnya terdiri dari sel-sel kulit epidermis yang mati, dan dapat dianggap sebagai modifikasi khusus dari stratum korneum epidermis. Kuku sebagian besar terbuat dari keratinosit, yang juga membuat keratin, lipoprotein yang ditemukan di kuku yang membuatnya kuat (McGrath, 2010; Garza, 2019).



Gambar 13.4 Gambaran struktur anatomi kuku pada manusia. (McGrath, 2010)

Matriks kuku adalah tempat kuku tumbuh dan berada jauh di permukaan sehingga dapat menerima oksigen dan nutrisi. Matriks tersebut menjadi lempeng kuku dan dasar kuku dan ketika sel-sel terus menerus dibuat, sel-sel tersebut mendorong sel-sel tua ke depan, menekan dan meratakan hingga menjadi tembus cahaya (memungkinkan cahaya untuk melewatinya). Inilah sebabnya mengapa dapat melihat jaringan pembuluh darah jauh di dalam kuku berwarna merah jambu di bawah permukaan kuku. Tenaga medis atau paramedis mungkin menggunakan tes pucat pada bantalan kuku untuk menguji perfusi perifer. Kuku diremas sebentar untuk mengubah dasar kuku menjadi putih, lalu tekanan dilepaskan dan warna merah muda normal akan kembali normal dalam beberapa detik. Keterlambatan kembalinya warna merah jambu mungkin mengindikasikan syok atau dehidrasi.

Gambaran seperti bulan kecil pada kuku jari tangan dan kaki disebut lunula (berarti bulan kecil) dan mewakili bagian matriks kuku yang terlihat berbentuk bulan sabit di dasar kuku yang terlihat. Eponikium (eponychium) dan kutikula sebenarnya merupakan struktur terpisah, dan keduanya membantu menciptakan lapisan pelindung di ujung proksimal kuku. Eponikium adalah lipatan sel kulit yang membentuk kutikula – yaitu lapisan sel kulit mati yang hampir tidak terlihat menutupi bagian proksimal kuku.

Hiponikium juga dikenal sebagai kuku yang "cepat". Jika Anda memotong atau membengkokkan kuku jari Anda ke belakang terlalu dekat, bisa terasa sakit. Hiponikium terletak di bagian bawah tepi bebas dan pada dasarnya merupakan persimpangan dimana epidermis di bawah lempeng kuku bertemu dengan kulit ujung jari. Terbentuk untuk melindungi dasar kuku dan menjaga badan kuku tetap menempel pada dasar kuku.

Tepi bebas atau batas bebas (margo liber) atau tepi distal adalah tepi anterior lempeng kuku yang berhubungan dengan tepi abrasif atau tajam kuku. Batas lateral (margo lateralis) terletak di bawah dinding kuku pada sisi kuku

dan lipatan atau alur kuku lateral (*sulcus matricis unguis*) adalah celah kulit tempat tertanamnya margin lateral.

Kecepatan pertumbuhan kuku berhubungan dengan panjang phalanx distal (tulang jari). Misalnya, kuku jari telunjuk tumbuh lebih cepat dibandingkan kuku kelingking; dan kuku jari tangan tumbuh empat kali lebih cepat dibandingkan kuku kaki. Rata-rata, kuku tumbuh dengan kecepatan 3 mm per bulan (McGrath, 2010; Garza, 2019).

## **Daftar Pustaka**

- Choi, E. H., & Brown, B. E. (Eds.). (2022). Skin Barrier in Health and Disease. Springer International Publishing.
- Elias, P. M., & Feingold, K. R. (2020). Skin Barrier. In Dermatology (pp. 1-21). Springer, Cham.
- Elias, P. M., & Feingold, K. R. (Eds.). (2022). Skin Barrier in Health and Disease. Springer International Publishing.
- Garza, L. (2019). Developmental Biology of the Skin. In: Kang S, Amagai M, Bruckner AL, Enk AH, Margolis DJ, McMichael AJ, Orringer JS. eds. Fitzpatrick's Dermatology, 9e. McGraw-Hill Education.
- Grice, E. A., & Segre, J. A. (2020). The skin microbiome. *Nature Reviews Microbiology*, 18(3), 143-155. doi:10.1038/s41579-019-0298-8.
- James, W. D., Elston, D. M., Berger, T. G., & Neuhaus, I. M., 2016, Andrews' Diseases of the skin: Clinical dermatology, 12th ed, Elsevier, Philadelphia, PA
- Langan, S. M., & Irvine, A. D. (2018). Atopic Dermatitis. In J. L. Bolognia, J. L. Jorizzo, & J. V. Schaffer (Eds.), Dermatology (4th ed., pp. 187-205). Elsevier.
- McGrath, J.A. & Uitto, J. (2010). Anatomy and Organization of Human Skin. In: Burns, T., Breathnach, S., Cox, N. and Griffiths, C., Eds., Rook's Textbook of Dermatology, 8th Edition, Willy-Blackwell Publishing Company, Hoboken.
- Proksch, E., & Luger, T. A. (2018). Intercellular Communication in the Epidermis and the Regulation of Epidermal Barrier Function. In K. S. Elston, T. M. Mehta, & W. D. James (Eds.), Fitzpatrick's Dermatology in General Medicine (9th ed., pp. 140-146). McGraw-Hill Education.
- Proksch, E., & Luger, T. A. (2019). The skin barrier function. *Current Allergy and Asthma Reports*, 19(6), 29. doi:10.1007/s11882-019-0862-3.

- Schärschmidt, T. C., & Elias, P. M. (2018). The Skin Barrier as an Innate Immune System. *Current Opinion in Immunology*, 54, 12-17. doi:10.1016/j.coi.2018.05.001.
- Simon, D., & Luger, T. A. (2021). Skin diseases with new therapeutic approaches. *Deutsches Ärzteblatt International*, 118(36), 593-601. doi:10.3238/arztebl.m2021.0674.
- Slominski, A., Zmijewski, M. A., Semak, I., Zbytek, B., Pisarchik, A., Li, W., & Tuckey, R. C. (2015). Cytochromes P450 and skin cancer: role of local endocrine pathways. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*, 14(1), 77-96.
- Smith, T. M., Gilliam, A. C., & Everett, M. A. (2006). The biology of the hair follicle. *Dermatologic Clinics*, 24(3), 261-274.

## **Profil Penulis**



**dr. Mochammad Ayyub Arachman,  
M.Ked.Klin., Sp.DVE.**

Lahir di Surabaya, 04 Februari 1990. Penulis menyelesaikan Pendidikan sebagai dokter umum pada Universitas Airlangga Surabaya pada tahun 2012, kemudian melanjutkan Pendidikan spesialis kulit dan kelamin serta combine degree program dengan magister kedokteran klinis di Universitas Airlangga selesai pada tahun 2021. Penulis aktif dalam beberapa organisasi seperti anggota Ikatan Dokter Indonesia Cabang Surabaya, anggota Perdoski Cabang Surabaya, anggota Kelompok Studi Dermatologi Laser Indonesia, dan Pengurus Bidang Pencegahan dan Kesiapsiagaan Kelompok Studi Dermatologi Sosial Indonesia.

Saat ini penulis bekerja sebagai dokter spesialis dermatologi, venereologi dan estetika di RSUD Husada Prima Surabaya UPT Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur dan bekerja di Klinik Erha Derma Center Surabaya. Sebelumnya penulis menjadi dosen pada Akademi Gizi Surabaya pada tahun 2014-2016, dan masih aktif mengajar setelahnya. Saat ini juga aktif sebagai group fitness instructor tersertifikasi di salah satu pusat kebugaran di Surabaya. Selain aktif dalam berorganisasi, penulis juga aktif sebagai narasumber diberbagai kegiatan ilmiah dan menjadi kontributor dalam penulisan buku Buku Beauty and The Beast (Cara Mendapatkan Kulit sehat dan Mulus Head to Toe) dan Dermatology in Disaster (Peran Dermatolog di Daerah Bencana). Penulis juga merupakan World Congress Dermatology Singapore 2023 Scholarship Awardee dan European Academy of Dermatology & Venereology Berlin 2023 & Amsterdam 2024 Scholarship Awardee. Penulis pernah mempunyai pengalaman sebagai Tim Medis Bantuan Kemanusiaan Pemerintah Indonesia di Pakistan pada tahun 2022, sebagai dokter spesialis kulit dan kelamin, bersama dengan rekan sejawat dokter spesialis anak, obgyn, emergency medicine, penyakit dalam, dokter umum, perawat, epidemiolog dan tenaga kesehatan lainnya.

Email Penulis: ayyub.arachman@gmail.com

---

## SISTEM MUSKULOSKELETAL

**Neliana Anouw, S.Kep., Ns., M.Kep.**

Poltekkes Kemenkes Jayapura Prodi Keperawatan Nabire

### **Pengertian Sistem Muskuloskeletal**

Sistem muskuloskeletal adalah sistem tubuh yang terdiri dari tulang, otot, ligamen, tendon, dan struktur pendukung lainnya yang memungkinkan tubuh untuk bergerak, mempertahankan postur, dan melakukan aktivitas sehari-hari. Sistem ini juga melindungi organ dalam dan menyediakan kerangka struktural bagi tubuh.

### **Komponen Utama Sistem Muskuloskeletal**

#### **1. Tulang (*Skeleton*)**

- a. Fungsi: Memberikan struktur dan dukungan bagi tubuh, melindungi organ vital, serta berfungsi sebagai tempat penyimpanan mineral (seperti kalsium dan fosfor).
- b. Tulang terdiri dari sel-sel dan matriks ekstraseluler. sel sel tersebut adalah osteosit, osteoblas, dan osteoklas. Osteoblas menyintesis unsur-unsur organik tulang. sel-sel ini bertanggung jawab untuk pembentukan tulang-tulang baru selama pertumbuhan, perbaikan, dan membentuk kembali tulang. Osteosit adalah sel-sel matang yang mengisi lakuna dalam matriks. Osteoklas adalah sel-sel yang bertanggung jawab untuk menghancurkan dan membentuk kembali tulang.

- c. Matriks tulang tersusun dari serat-serat kolagen organik yang tertanam pada substansi dasar dan garam-garam anorganik tulang seperti fosfor dan kalsium.
- d. Substansi dasar tulang terdiri dari sejenis proteoglikan yang tersusun terutama dari kondroitin sulfat dan sejumlah kecil asam hialuronat yang bersenyawa dengan protein.
- e. Garam-garam tulang berada dalam bentuk kristal kalsium fosfat yang disebut hidrosiapatit dengan rumus molekul  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ .
- f. Persenyawaan antara kolagen dan kristal hidrosiapatit bertanggung jawab atas daya regang dan daya tekan tulang yang besar. Cara penyusunan tulang serupa dengan pembuatan palang beton : serat-serat kolagen seperti batang batang baja pada beton : garam-garam tulang sama seperti semes, pasir dan batu.

Jenis Tulang:

- a. Tulang panjang: Seperti *femur* (tulang paha) dan *humerus* (tulang lengan atas). Fungsi tulang ini untuk menahan berat tubuh dan berperan dalam pergerakan.
  - 1) Diafisis (batang) tersusun dari tulang kompak silinder tebal yang membungkus medula atau rongga sumsum sentral yang besar.
  - 2) Rongga sumsum berisi sumsum tulang kuning (adiposa) atau sumsum merah, bergantung usia individu
  - 3) Endosteum melapisi rongga sumsum. Jaringan ini terdiri dari jaringan ikat areolar vaskular.
  - 4) Periosteum membungkus diafisis. Periosteum adalah lembaran jaringan ikat yang terdiri dari dua lapisan: lapisan luar adalah jaringan ikat fibrosa rapat; lapisan dalam bersifat osteogenik (pembentuk tulang) dan terdiri dari

satu lapisan tunggal osteoblas. Serat sharpey (serat jaringan ikat) mengikat periosteum ke tulang. Periosteum membungkus semua tulang kecuali tulang sesamoid, pada permukaan artikular, sekitar insersi tendon, dan ligamen.

- 5) Epifisis adalah ujung-ujung tulang yang membesar sehingga rongga rongga sumsum dengan mudah bersambungan.
  - 6) Epifisis tersusun dari tulang *cancelius internal*, yang diselubungi tulang kompak dan dibungkus kartilago artikular (*kartilago hialin*).
  - 7) Kartilago artikular, yang terletak pada ujung-ujung permukaan tulang yang berartikulasi, dilumasi dengan cairan sinovial dari rongga persendian. Kartilago ini memungkinkan terjadinya pergerakan sendi yang lancar.
- b. Tulang pendek: adalah tulang pergelangan tangan (karpal) dan tulang pergelangan kaki (*tarsal*). Tulang tersebut berstruktur kuboidal atau bujur, dan biasanya ditemukan berkelompok untuk memberikan kekuatan dan kekompakan pada area yang pergerakannya terbatas. Sebagian besar tulang pendek adalah tulang cancellus, yang dikelilingi lapisan tulang kompak. Seperti tulang karpal di pergelangan tangan.
- c. Tulang pipih:

Tulang Pipih ada pada tulang tengkorak, iga dan tulang dada. Struktur tulang yang mirip lempeng ini memberikan suatu permukaan yang luas untuk perlekatan otot dan memberikan perlindungan. Dua lempeng tulang kompak (dikenal sebagai tabula luar dan tabula dalam pada kraniun) membungkus lapisan berongga (*diploe*). Seperti tulang tengkorak dan tulang rusuk.

- d. Tulang tidak beraturan: Seperti vertebra (tulang belakang).
2. Otot (*Muscles*)

Semua sel-sel otot mempunyai kekhususan yaitu untuk berkontraksi. Terdapat lebih dari 600 buah otot pada tubuh manusia. Sebagian besar otot-otot tersebut dilekatkan pada tulang-tulang kerangka tubuh oleh tendon, dan sebagian kecil ada yang melekat di bawah permukaan kulit. Sistem otot terdiri dari : Otot, Fascia, Tendon. Otot membentuk 43% berat badan;  $> 1/3$ -nya merupakan protein tubuh dan setengahnya tempat terjadinya aktivitas metabolismik saat tubuh istirahat. Proses vital di dalam tubuh (seperti. Kontraksi jantung, kontraksi pembuluh darah, bernapas, peristaltik usus) terjadi karena adanya aktivitas otot.

Ciri-ciri sistem muskuler/otot: a) Kontrakstilitas. Serabut otot berkontraksi dan menegang, yang dapat atau tidak melibatkan pemendekan otot. b) Eksitabilitas. Serabut otot akan merespons dengan kuat jika distimulasi oleh impuls saraf. c) Ekstensibilitas. Serabut otot memiliki kemampuan untuk menegang melebihi panjang otot saat rileks. d) Elastisitas. Serabut otot dapat kembali ke ukuran semula setelah berkontraksi atau meregang.

- a. Fungsi: Bertanggung jawab atas gerakan tubuh melalui kontraksi dan relaksasi.
- b. Jenis Otot:
  - 1) Otot rangka (*skeletal muscles*): Mengontrol gerakan sukarela.
  - 2) Otot rangka, merupakan otot lurik, volunter, dan melekat pada rangka. Karakteristik otot rangka sebagai berikut:
  - 3) Serabut otot sangat panjang, sampai 30 cm, berbentuk silindris dengan lebar berkisar antara 10 mikron sampai 100 mikron.

- 4) Setiap serabut memiliki banyak inti yang tersusun di bagian perifer.
  - 5) Kontraksinya sangat cepat dan kuat.
- c. Struktur mikroskopis otot rangka adalah sebagai berikut:
  - 1) Otot skelet disusun oleh bundel-bundel paralel yang terdiri dari serabut-serabut berbentuk silinder yang panjang, disebut myofiber/serabut otot.
  - 2) Setiap serabut otot sesungguhnya adalah sebuah sel yang mempunyai banyak nucleus di tepinya.
  - 3) *Cytoplasma* dari sel otot disebut sarcoplasma yang penuh dengan bermacam-macam organella, kebanyakan berbentuk silinder yang panjang disebut dengan myofibril.
  - 4) *Myofibril* disusun oleh myofilament-myofilament yang berbeda-beda ukurannya, yaitu yang kasar terdiri dari protein myosin yang halus terdiri dari protein aktin/actin.
- d. Otot polos (*smooth muscles*): Mengontrol gerakan tidak sadar seperti pencernaan.
  - 1) Otot polos merupakan otot tidak berlurik dan involunter. Jenis otot ini dapat ditemukan pada dinding berongga seperti kandung kemih dan uterus, serta pada dinding tuba seperti pada sistem respiratorik, pencernaan, reproduksi, urinarius, dan sistem sirkulasi darah. Serabut otot berbentuk spindel dengan nukleus sentral. Serabut ini berukuran kecil, berkisar antara 20 mikron (melapisi pembuluh darah) sampai 0,5 mm pada uterus wanita hamil. Kontraksinya kuat dan lamban. Struktur mikroskopis otot polos adalah sarcoplasmanya terdiri dari *myofibril* yang disusun oleh myofilamen-myofilamen. Ada dua kategori otot polos berdasarkan cara

serabut otot distimulasi untuk berkontraksi, yaitu sebagai berikut:

- 2) Otot polos unit ganda ditemukan pada dinding pembuluh darah besar, pada jalan udara besar traktus respiratorik, pada otot mata yang memfokuskan lensa dan menyesuaikan ukuran pupil dan pada otot erekto rambut.
  - 3) Otot polos unit tunggal (*viseral*) ditemukan tersusun dalam lapisan dinding organ berongga atau visera. Semua serabut dalam lapisan mampu berkontraksi sebagai satu unit tunggal. Otot ini dapat bereksitasi sendiri atau miogenik dan tidak memerlukan stimulasi saraf eksternal untuk hasil dari aktivitas listrik spontan.
- e. Otot jantung (*cardiac muscle*): Mengontrol kontraksi jantung.
- 1) Otot jantung merupakan otot lurik, yang disebut juga otot serat lintang
  - 2) involunter. Karakteristik otot ini hanya terdapat pada jantung. Otot jantung mempunyai sifat bekerja terus-menerus setiap saat tanpa henti, tapi otot jantung juga mempunyai masa istirahat, yaitu setiap kali berdenyut. Struktur mikroskopis otot jantung mirip dengan otot skelet. Memiliki banyak inti sel yang terletak di tepi agak ke tengah. Panjang sel berkisar antara 85-100 mikron dan diameternya sekitar 15 mikron.
3. Ligamen (*Ligaments*)

Ligamen adalah jaringan berbentuk pita yang tersusun dari serabut-serabut yang berperan dalam menghubungkan antara tulang yang satu dengan tulang yang lain pada sendi. Ligamen adalah pita jaringan elastis yang mengikat luar ujung tulang yang saling membentuk persendian, membantu mengontrol rentang gerak, dan menstabilkan mereka sehingga

tulang dapat bergerak dengan baik. Jenis-jenis ligament diklasifikasikan menjadi empat kategori, yaitu *ligament articular*, *ligament remnant fetal*, *ligament peritoneal* dan *ligament aksesorium*. *Ligament articular* merupakan jaringan ikat yang menghubungkan antara tulang-tulang untuk membentuk sendi yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan dan membantu melenturkan atau memperpanjang jaringan tubuh. Contoh *ligament articular* seperti *ligament* pada kepala dan leher, pergelangan tangan, dada, dan bagian lutut. *Ligament remnant fetal* merupakan *ligament* yang telah ada sejak lahir dan masih tetap berkembang menjadi jaringan menyerupai *ligament*. Contohnya adalah *ligament venosum*, *ligament lingkaran hati*, dan *ligament arteriosum*. *Ligament peritonela* merupakan *ligament* yang terbentuk didalam dan disekitar lapisan membrane dari rongga perut. *Ligament* ini mengelilingi sejumlah pembuluh darah di rongga perut, termasuk pembuluh darah portal ke hati, dan berperan pada bagian penting dari sistem reproduksi wanita. Contohnya adalah *ligament hepatoduodenal* dan *ligament uterus*. *Ligament aksesorium* merupakan *ligament* dengan struktur yang dapat memperkuat *ligament* lain. Contohnya yaitu *ligament* yang ada ditulang belakang yang dapat memberikan stabilitas tulang rawan.

Fungsi: Menghubungkan tulang dengan tulang lainnya di sendi, memberikan stabilitas dan kekuatan pada sendi.

#### 4. Tendon (*Tendons*)

Tendon merupakan sebuah pita jaringan ikat yang melekat pada otot dan ujung yang lain berinsersi ke dalam tulang. Tendon adalah suatu perpanjangan dari pembungkus fibrosa yang membungkus setiap otot dan berkaitan dengan periosteum jaringan penyambung yang mengelilingi tendon, khususnya pada pergelangan tangan dan tumit. Pembungkus ini dibatasi oleh membrane synovial yang memberi lubrikasi untuk memudahkan pergerakan tendon.

Fungsi: Menghubungkan otot dengan tulang, mentransfer kekuatan dari otot untuk menggerakkan tulang.

5. Sendi (*Joints*)
  - a. Fungsi: Tempat di mana dua atau lebih tulang bertemu, memungkinkan gerakan dan fleksibilitas.
  - b. Jenis Sendi:
    - 1) Sendi engsel: Seperti pada siku dan lutut.
    - 2) Sendi peluru: Seperti pada bahu dan pinggul.
    - 3) Sendi putar: Seperti pada leher.

### **Fungsi Utama Sistem Muskuloskeletal**

1. Gerakan: Mengizinkan tubuh untuk bergerak melalui kontraksi dan relaksasi otot.
2. Dukungan: Memberikan dukungan struktural bagi tubuh dan menjaga bentuk tubuh.
3. Perlindungan: Melindungi organ-organ vital seperti otak, jantung, dan paru-paru.
4. Penyimpanan Mineral: Menyimpan mineral penting yang dapat dilepaskan ke dalam aliran darah sesuai kebutuhan.
5. Produksi Sel Darah: Tulang tertentu mengandung sumsum tulang yang memproduksi sel darah merah, sel darah putih, dan trombosit.

### **Gangguan pada Sistem Muskuloskeletal**

Gangguan pada sistem musculoskeletal dapat menimbulkan berbagai keluhan, seperti nyeri, otot atau sendi terasa kaku, hingga sulit untuk bergerak. Beberapa gangguan yang dapat terjadi antara lain:

1. Artritis: Peradangan pada sendi yang menyebabkan nyeri dan kekakuan.
2. Osteoporosis: Penurunan kepadatan tulang yang meningkatkan risiko patah tulang.

3. Sarkopenia: Kehilangan massa otot yang berhubungan dengan penuaan.
4. Cedera Olahraga: Seperti keseleo, tarikan otot, dan fraktur akibat aktivitas fisik.

### **Cara Menjaga Kesehatan Sistem Muskuloskeletal**

1. Metode R.I.C.E: Istirahat, kompres dengan es, pembebatan, dan ketinggian untuk mengurangi peradangan dan mendukung penyembuhan.
2. Pengurangan Rasa Nyeri: Obat nyeri yang dijual bebas, seperti asetaminofen atau obat anti inflamasi non steroid (OAINS), digunakan untuk meredakan nyeri dan mengurangi peradangan.
3. Fisioterapi: Terapi fisik dapat membantu menghindari kerusakan lebih lanjut dan mengontrol rasa sakit.

Perawatan dan pemeliharaan sistem muskuloskeletal melibatkan olahraga teratur, nutrisi yang baik, dan penghindaran cedera melalui praktik keselamatan yang tepat.

## **Daftar Pustaka**

- Asikin. (2016). Keperawatan Medikal Bedah: Sistem Muskuloskeletal. Jakarta: Erlangga.
- Budiono & Pertami, S. B. (2015). Konsep Dasar Keperawatan. Jakarta: Bumi Medika.
- Yulia, Wahyuni. (2018). Modul Pertemuan VIII Fisiologi II Sistem Muskuloskeletal. Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan Universitas Esa Unggul. Jakarta.

## **Profil Penulis**



### **Neliana Anouw, S.Kep., Ns., M.Kep.**

Penulis di lahirkan di Digikotu pada tanggal 13 Desember 1978. Ketertarikan penulis terhadap ilmu keperawatan adalah semenjak di bangku sekolah menengah pertama (SMP) pada tahun 1993 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk masuk ke Sekolah Perawat Kesehatan (SPK) namun lambat sehingga masuk pada Program Bidan yang diadakan oleh Kementerian kesehatan di seluruh indonesia satu kali angkatan saja pada tahun 1993 dan berhasil lulus tahun 2006. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi dan berhasil menyelesaikan studi S1 di Sekolah Tinggi Keperawatan (STIK) FAMIKA Makassar pada tahun 2007 dan melanjutkan Profesi Ners 1 tahun di kampus yang sama dan berhasil menyelesaikan pada Tahun 2008. Tujuh tahun kemudian, penulis juga menyelesaikan studi S2 di Sekolah Tinggi Kesehatan (STIK) Sint. Carolus di Jakarta pada Program Studi Keperawatan Medikal Bedah (KMB) selesai pada tahun 2017. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi D III Keperawatan Nabire, pada Poltekkes Kemenkes Jayapura. Penulis juga aktif di organisasi Persatuan Perawat Nasional Indonesia sebagai PJ. Bidang kesejateraan Dewan Pengurus Daerah Nabire hingga sekarang. Selain itu penulis juga masih aktif dalam menulis book chapter.

Email Penulis : nelianaanouw13@gmail.com



---

## SISTEM PERNAPASAN

**Mikawati, S.Kp., M.Kes.**  
STIKES Panakkukang

### **Struktur dan Fungsi Pernapasan Manusia**

Sistem pernapasan berperan penting dalam proses pertukaran gas demi kelangsungan hidup manusia (Raimundus Chalik, 2022).

Sistem pernapasan atau juga dikenal sebagai sistem respirasi terdiri dari:

1. Paru-paru
2. Saluran pernapasan bagian atas, yang memungkinkan masuknya udara atmosfer ke dalam sistem pernapasan, ini melibatkan hidung (dan mulut), laring (dan faring), dan trachea (tenggorokan).
3. Saluran udara pernapasan bagian bawah yang memungkinkan lewatnya udara atmosfer ke paru-paru itu sendiri, melibatkan bronkus dan bronkiolus utama.
4. Saluran udara pernapasan akhir yang memungkinkan pertukaran gas terjadi, melibatkan bronkiolus pernafasan, kantung alveolar dan alveoli (Aulia Asman, 2017).

### **Fungsi Sistem Pernapasan**

Fungsi dari sistem pernapasan adalah mengalirkan udara ke paru-paru. Oksigen dari udara berdifusi dari paru-paru ke dalam darah, sedangkan karbon dioksida berdifusi dari

dalam darah ke paru-paru. Respirasi mencakup proses-proses sebagai berikut:

1. Ventilasi paru merupakan proses pernapasan inspirasi (menghirup udara) dan ekspirasi (menghembuskan udara).
2. Pernapasan luar merupakan proses pertukaran gas antara paru-paru dengan darah. Oksigen berdifusi ke dalam darah, sedangkan karbon dioksida berdifusi dari darah ke paru-paru.
3. Transportasi gas dilakukan oleh sistem kardiovaskular, merupakan proses mendistribusikan oksigen ke seluruh tubuh dan mengumpulkan karbon dioksida untuk dikembalikan ke paru-paru.
4. Pernapasan dalam merupakan proses pertukaran gas antara darah, cairan interstisial (cairan yang mengelilingi sel), dan sel-sel. Di dalam sel, terjadi respirasi sel yang menghasilkan energi (ATP) dan CO<sub>2</sub>, dengan menggunakan O<sub>2</sub> dan glukosa (Washudi dan Tanto Hariyanto, 2016).

### **Struktur Organ Sistem Pernapasan**

Organ respirasi terdiri dari 2 bagian yaitu organ pernafasan bagian atas dan organ pernafasan bagian bawah. Organ pernapasan meliputi : hidung, faring, laring, trachea, dua bronkus (satu bronkus pada tiap paru), bronkiolus dan saluran respirasi kecil, dua paru-paru dan selaputnya, pleura, serta otot respirasi (otot intercosta dan diafragma) (Widowati & Rinata, 2020). Organ pernafasan bagian atas menjamin udara yang masuk dalam keadaan bersih. Pada bagian ini udara dihangatkan, disaring dan dilembabkan. Sedangkan pada organ pernafasan bagian bawah terjadi proses pertukaran O<sub>2</sub> dengan CO<sub>2</sub> (Rani et al., 2023).

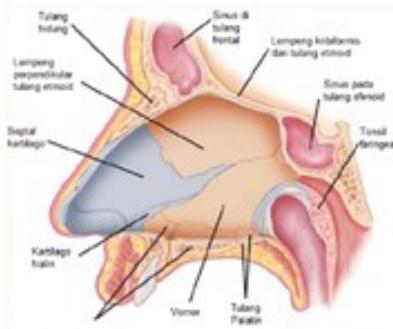
### **Organ Pernapasan Bagian Atas**

Organ pernafasan atas terdiri dari hidung, sinus dan saluran hidung, faring, tonsil dan (adenoid) kelenjar gondok, laring, dan trachea (Asmirajanti, 2020).

## 1. Hidung

### a. Struktur

Hidung adalah organ yang pertama kali dilewati udara saat menarik napas, yaitu melalui rongga hidung/lubang hidung. Udara yang telah melewati hidung selanjutnya akan dilanjutkan ke faring (Ramadhani & Widyaningrum, 2022). Rongga nasal dibagi menjadi 2 lubang yg sama besar oleh suatu septum. Bagian posterior tulang septum dibentuk oleh tulang etmoid dan vomer. Atap (langit-langit) nasal dibentuk oleh lempeng kribriformis tulang etmoid dan sfenoid, tulang frontal dan tulang hidung.. Hidung dilapisi oleh epitelium kolumnar bersilia yang kaya vaskular (membran mukosa bersilia) yg mengandung sel goblet yang menyekresi mukus (Widowati & Rinata, 2020)



Gambar 15.1 Struktur pembentuk septum nasal

Sumber : Ross and Wilson, 2020

### b. Fungsi

- 1) Udara melewati lubang hidung lalu ke ruang hidung;
- 2) Rambut pada dinding bagian dalam lubang hidung berfungsi untuk mencegah partikel debu dan partikel lain masuk ke dalam ruang hidung.

- 3) Pada bilik hidung disertakan dengan pembuluh darah, sehingga menghangatkan udara yang menuju ke organ sistem pernapasan.
- 4) Lapisan lendir mencegah bakteri dan mikroorganisme lain untuk melangkah lebih jauh ke dalam tubuh manusia
- 5) Saraf olfaktori pada hidung berfungsi untuk menerima rangsangan udara dari luar untuk kemudian mengirimkan impuls ke otak.
- 6) Saraf olfaktori juga berfungsi untuk menerima aroma yang dihasilkan dari makanan atau minuman, dan membantu kita merasakan makanan.

## 2. Faring

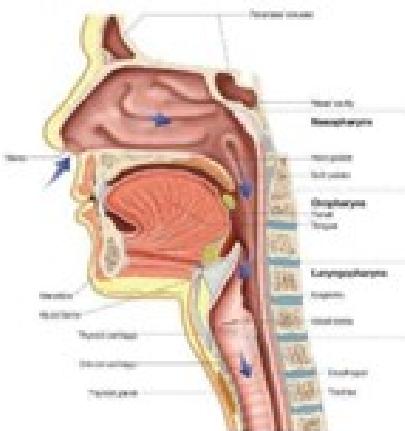
### a. Struktur

Faring adalah saluran yg memiliki panjang 12-14 cm dan memanjang dari dasar tengkorak hingga vertebra servikalis ke-6. Berada di belakang hidung, mulut dan laring serta lebih lebar di bagian atasnya.

Faring dibagi menjadi 3 bagian yaitu nasofaring, orofaring, laringofaring. Nasofaring merupakan bagian nasal faring terletak di belakang hidung dan di atas palatum molle. Pada dinding posterior, terdapat tonsi faringeal (adenoid), yang terdiri atas jaringan limfoid. Tonsil paling menonjol pada masa kanak-kanak hingga usia 7 tahun, selanjutnya mengalami atrofi. Oropharing adalah bagian oral faring terletak di belakang mulut, memanjang dari bagian bawah palatum molle hingga bagian vertebra servikalis ke-3. Saat menelan, bagian nasal dan oral dipisahkan oleh palatum molle dan uvula.(Widowati & Rinata, 2020)

## b. Fungsi Faring

- 1) Menjadi jalur agar udara dari hidung melewati laring dan trachea dapat mencapai bagian paru-paru;
- 2) Mencegah benda padat dan cair tidak masuk ke sistem pernapasan dan sebaliknya agar udara tidak masuk ke sistem pencernaan udara;
- 3) Membantu menjaga keseimbangan tekanan udara pada gendang telinga (Aulia Asman, 2017)



Gambar 15.2 Struktur anatomi faring  
Sumber : Ross and Wilson, 2020

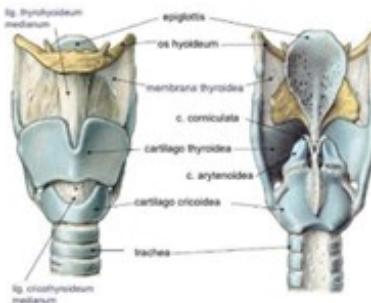
## 3. Laring

### a. Struktur

Laring, atau organ suara, adalah struktur berlapis epitel tulang rawan yang menghubungkan faring dan trachea. Fungsi utama laring adalah vokalisasi. Itu juga melindungi saluran pernafasan bawah dari benda-benda asing dan memfasilitasi batuk. Ini sering disebut sebagai kotak suara dan terdiri bagian-bagian berikut:

- 1) Epiglotis — penutup katup tulang rawan yang menutupi lubang laring saat menelan

- 2) Glotis — bukaan di antara pita suara di laring
  - 3) Tulang rawan tiroid — yang terbesar dari struktur tulang rawan; bagian darinya membentuk jakun.
  - 4) Kartilago krikoid — satu-satunya cincin tulang rawan lengkap di dalam laring (terletak di bawah tulang rawan tiroid).
  - 5) Kartilago aritenoid — digunakan dalam gerakan pita suara dengan tulang rawan tiroid.
  - 6) Pita suara — ligamen yang dikendalikan oleh gerakan otot yang menghasilkan suara; terletak di lumen laring.(Asmirajanti, 2020)
- b. Fungsi
- 1) Melindungi dan Membantu menggerakkan pita suara sehingga kita bisa berbicara, mengubah nada suara, dan mengubah volume suara;
  - 2) Tempat tersambungnya ligament, tulang rawan, otot dan memfasilitasi pembukaan serta penutupan saluran udara dan produksi suara.
  - 3) Mencegah masuknya partikel makanan atau minuman ke dalam laring (Aulia Asman, 2017)



Gambar 15.3 Laring  
Sumber : White et al., 2016

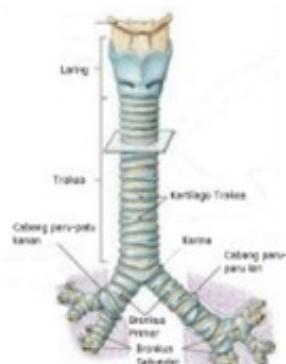
#### 4. Trakhea

##### a. Struktur

Trachea merupakan saluran udara yang terdiri dari kartilago hialin berbentuk huruf C yang menahannya tetap terbuka. Sisi lain trachea terdiri dari otot trakealis yang menempel pada otot esofagus, yakni otot ini dapat menyesuaikan jika tubuh menelan makanan dalam jumlah besar dan esofagus meregang. Permukaan dalam trachea dilapisi oleh lapisan mukosa bersilia yang mukosanya dihasilkan oleh sel-sel goblet (Ramadhani & Widyaningrum, 2022)

##### b. Fungsi

- 1) Merupakan saluran keluar-masuknya udara dari paru-paru
- 2) Melembabkan dan menghangatkan udara yang masuk ke paru-paru
- 3) Lapisan epitel dalam trachea menghasilkan lendir yang mampu menangkap debu dan partikel kecil. Sel epitel terdiri dari sel bersilia, sel serous, sel goblet, sel clara, sel basal, sel brush, dan sel pulmonary neuroendocrine



Gambar 15.4 Trakhea  
Sumber: Robson, 2015

## 5. Bronkus dan Bronkiolus

### a. Struktur

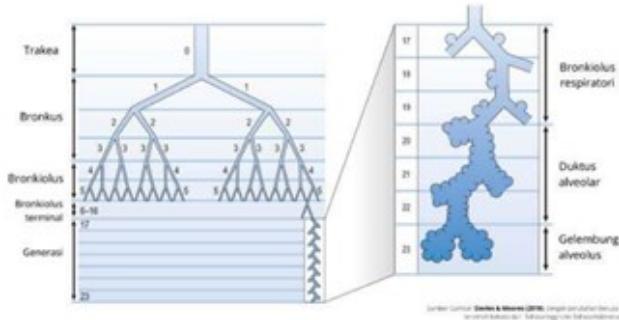
Bronkus merupakan saluran yang di mulai dari percabangan pangkal trakea, bronkus menghubungkan trakea dengan paru paru. Percabangan mengarah pada paru kanan dan paru kiri. Bronkus di susun oleh tulang rawan dan otot otot halus yang bagian dalamnya di selimuti oleh selaput lendir. Tulang rawan mempertahankan saluran tetap kokoh dan tidak mengempis selama periode inspirasi dan ekspirasi. Pada bagian pangkalnya, bronkus bercabang menjadi bronkiolus. Semakin mendekati percabangan, tulang rawan semakin menipis. Sementara otot otot halus akan semakin tebal (Rani et al., 2023) Berikut adalah organ percabangan dari bronkus yaitu:

- 1) Bronkiolus, merupakan cabang-cabang dari bronkus segmental. Bronkiolus mengandung kelenjar submukosa yang memproduksi lendir yang membentuk selimut tidak terputus untuk melapisi bagian dalam jalan nafas.
- 2) Bronkiolus terminalis, merupakan percabagan dari bronkiolus. Bronkiolus terminalismempunyai kelenjar lendir dan silia.
- 3) Bronkiolus respiratori, merupakan cabang dari bronkiolus terminalis. Bronkiolus respiratori dianggap sebagai saluran transisional antara lain jalan nafas konduksi dan jalan udara pertukaran gas.
- 4) Duktus alveolar dan sakus alveolar. Bronkiolus respiratori kemudian mengarah ke dalam duktus alveolar dan sakus alveolar, kemudian menjadi alveoli (Heni Puji Wahyuningsih, 2017)/
- 5) Bronkiolus merupakan saluran berbentuk seperti tabung dan merupakan percabangan

dari bronkus. Bronkiolus di bentuk oleh jaringan epitelium. Dinding Bronkiolus terbentuk dari otot polos yang berfungsi mengatur jalannya udara serta kestabilan temperatur. Pangkal bronkiolus bercabang cabang dan terdapat gelembung gelembung alveolus (Rani et al., 2023).

b. Fungsi

- 1) Melembabkan udara pernapasan;
- 2) Menyaring udara pernapasan;
- 3) Menangkap kotoran yang masuk bersama udara pernapasan;
- 4) Penghubung trachea dan juga paru-paru
- 5) Tempat untuk menyalurkan karbondioksida dari dalam tubuh keluar tubuh;
- 6) Menyalurkan oksigen yang berasal dari lingkungan masuk ke tubuh;
- 7) Tempat untuk menopang paru-paru (Aulia Asman, 2017)



Gambar 15.5 Bronkus dan Bronkiolus  
Sumber: Patwa & Shah, 2015

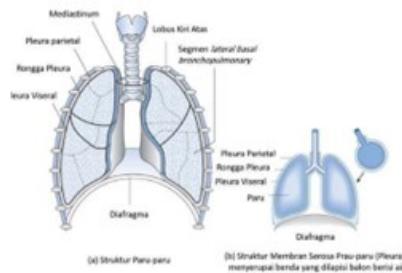
6. Paru-Paru

a. Struktur

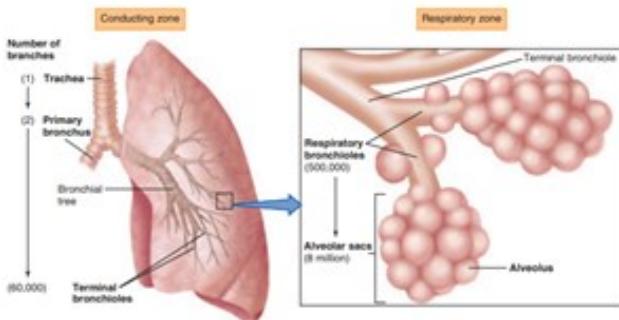
Terdapat 2 paru, masing-masing terletak di samping garis medialis di rongga toraks. Bagian apeks (puncak) berada di dasar leher sekitar 25 mm di atas klavikula tengah, sedangkan basal paru di permukaan toraks diafragma. Paru kanan dibagi menjadi 3 lobus : superior, medialis dan inferior. Paru kiri berukuran lebih kecil, lobus kiri terdiri dari 2 lobus : superior dan inferior. Pleura merupakan lapisan berupa membran yang melapisi paru-paru dan memisahkannya dengan dinding dada bagian dalam. Cairan yang diproduksi pleura ini sebenarnya berfungsi sebagai pelumas yang membantu kelancaran pergerakan paru-paru ketika bernapas. Pleura adalah sebuah membran serosa yang terlipat dan membentuk dua lapis membran yaitu (1) Pleura visceral : melekat pada paru, membungkus tiap lobus dan memisahkan lobus. (2) Pleura parietal : menempel di dalam dinding dada dan permukaan torasik diafragma (Heni Puji Wahyuningsih, 2017).

#### b. Fungsi

- 1) Mengolah udara yang diperoleh dari lingkungan atau atmosfer agar dapat dengan cukup baik masuk ke dalam aliran darah.
- 2) Di dalam paru-paru, oksigen ditukar dengan limbah karbondioksida melalui proses respirasi eksternal.



Gambar 15.6 Struktur Paru-Paru  
Sumber : Ramadhani & Widyaningrum, 2022



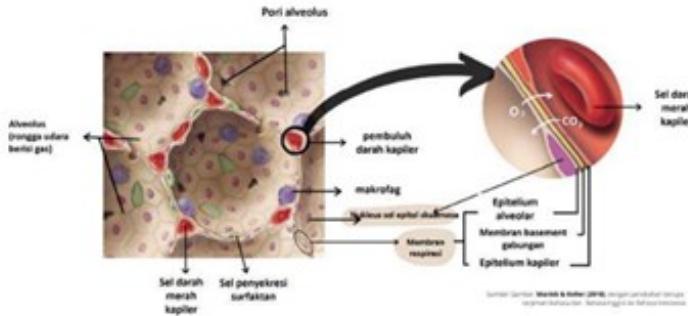
Gambar 15.7 Paru dan Alveoli  
Sumber Guyton A and Hall J, 2012

Zona pengantar dan pernapasan pada sistem pernapasan. Zona konduksi terdiri dari saluran udara yang menghantarkan udara ke zona pernapasan, yang merupakan wilayah tempat terjadinya pertukaran gas (Control, 2003).

#### 7. Alveolus

Alveoli merupakan tempat pertukaran udara, O<sub>2</sub> masuk ke dalam darah dan CO<sub>2</sub> dikeluarkan dari darah. Banyaknya gelembung paru-paru ini kurang lebih 700.000.000 buah (paru-paru kiri dan kanan). Paru-paru terbagi menjadi dua yaitu paru-paru kanan, terdiri dari 3 lobus yaitu lobus pulmo dekstra superior, lobus media, dan lobus inferior. Tiap-tiap lobus terdiri dari belahan yang kecil bernama segmen. Paru-paru kiri mempunyai 10 segmen yaitu 5 buah segmen pada lobus superior, dan 5 buah segmen pada inferior. Paru-paru kanan mempunyai 10 segmen yaitu 5 buah segmen pada lobus superior, 2 buah segmen pada lobus medialis, dan 3 buah segmen pada lobus inferior. Tiap-tiap segmen ini masih terbagi lagi menjadi belahan-belahan yang bernama lobulus. Di antara lobulus satu dengan yang lainnya dibatasi oleh jaringan ikat yang berisi pembuluh darah, getah bening dan syaraf, dan tiap lobulus terdapat sebuah bronkiolus. Di dalam lobulus, bronkiolus ini bercabang-cabang banyak sekali, cabang ini disebut duktus alveolus. Tiap duktus alveolus berakhir pada

alveolus yang diameternya antara 0,2-0,3 mm (Heni Puji Wahyuningsih, 2017)



Gambar 15.8 Alveoli  
Sumber Ramadhani & Widyaningrum, 2022

## Fisiologi Sistem Pernapasan

Dalam menjalankan fungsi pernafasan, tubuh melaksanakan 2 macam pernafasan. Pernafasan yang terjadi di paru-paru disebut pernafasan eksternal dan yang terjadi pada sel di sebut dengan pernafasan dalam atau internal.

### Pernafasan Luar (Eksternal)

Pernafasan luar adalah pernafasan yang terjadi di paru-paru. Pertukaran udara yang terjadi antara udara dalam alveolus dengan darah dalam kapiler. Terdapat 4 proses dalam pernafasan eksternal:

1. Ventilasi, yaitu gerakan pernafasan atau keluar-masuknya udara dalam alveolar dengan udara luar.
2. Aliran darah melalui paru-paru, yaitu darah yang kaya akan O<sub>2</sub> dialirkkan ke seluruh tubuh dan darah yang kaya CO<sub>2</sub> dari seluruh tubuh dialirkkan menuju paru-paru.
3. Distribusi, yaitu pengantaran arus darah ke seluruh tubuh secara merata sesuai kebutuhan sampai ke ujung-ujung organ perifer.

4. Difusi, di dalam proses difusi, gas karbon dioksida(CO<sub>2</sub>) lebih mudah menembus membran alveolar di bandingkan dengan gas Oksigen(O<sub>2</sub>) (Rani et al., 2023).

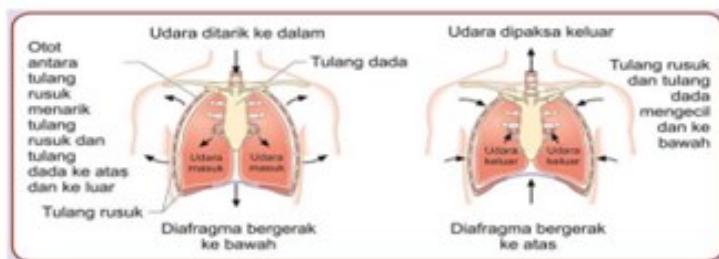
### **Pernapasan Dalam (Internal)**

Transpor gas paru-paru dan jaringan. Pergerakan gas O<sub>2</sub> mengalir dari alveoli masuk ke dalam jaringan melalui darah, sedangkan CO<sub>2</sub> mengalir dari jaringan ke alveoli. Transpor oksigen melalui lima tahap sebagai berikut:

1. Tahap I: oksigen atmosfer masuk ke dalam paru-paru. Pada waktu kita menarik napas, tekanan parsial oksigen dalam atmosfer 159 mmHg dan tekanan parsial O<sub>2</sub> dalam alveoli 105 mmHg.
2. Tahap II: darah mengalir dari jantung, menuju ke paru-paru untuk mengambil oksigen yang berada dalam alveoli. Dalam darah ini terdapat oksigen dengan tekanan parsial 40 mmHg. Setelah terjadi proses difusi tekanan parsial oksigen dalam pembuluh menjadi 100 mmHg.
3. Tahap III: oksigen yang telah berada dalam pembuluh darah diedarkan keseluruh tubuh. Ada dua mekanisme peredaran oksigen yaitu oksigen yang larut dalam plasma darah yang merupakan bagian terbesar dan sebagian kecil oksigen yang terikat pada hemoglobin dalam darah.
4. Tahap IV: sebelum sampai pada sel yang membutuhkan, oksigen dibawa melalui cairan interstisial dahulu. Tekanan parsial oksigen dalam cairan interstisial 20 mmHg. Perbedaan tekanan oksigen dalam pembuluh darah arteri (100 mmHg) dengan tekanan parsial oksigen dalam cairan interstisial (20 mmHg) menyebabkan terjadinya difusi oksigen yang cepat dari pembuluh kapiler ke dalam cairan interstisial.
5. Tahap V: tekanan parsial oksigen dalam sel kira-kira antara 0-20 mmHg. Oksigen dari cairan interstisial berdifusi masuk ke dalam sel.

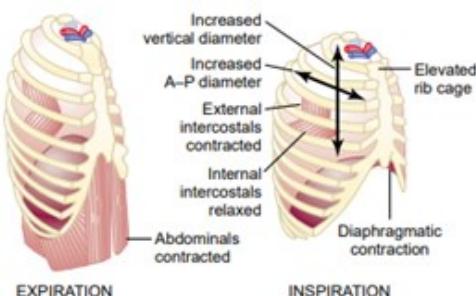
## Mekanisme Pernapasan

Selama inspirasi, otot-otot interkostal eksternal ditemukan antara kontraksi rusuk, mengerakkan tulang rusuk ke atas dan keluar. Otot diafragma juga berkontraksi dan meningkatkan ruang di paru-paru dan menyebabkan udara secara otomatis ditarik ke dalam paru-paru. Selama ekspirasi, otot-otot interkostal eksternal berrelaksasi dan tulang rusuk kembali ke posisi istirahat mereka. Diafragma berrelaksasi, kembali ke bentuk kubah aslinya. Ini menyebabkan ruang di paru-paru menjadi lebih kecil, memaksa udara keluar dari mereka (Gambar 15.9) (Raimundus Chalik, 2022).



Gambar 15.9 Proses Inspirasi dan Ekspirasi

Sumber : Patwa & Shah, 2015



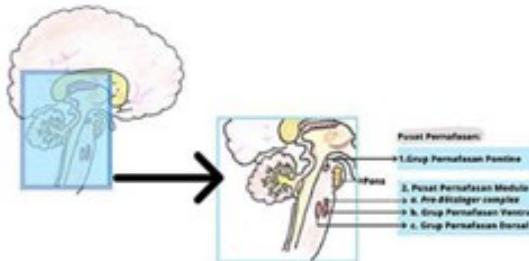
Gambar 15.10 Kontraksi dan perluasan rongga toraks selama ekspirasi dan inspirasi, menunjukkan kontraksi diafragma, fungsi otot interkostal, dan elevasi dan depresi tulang rusuk

Sumber : Guyton A and Hall J, 2012

## **Kendali Sistem Pernapasan**

1. Faktor Lokal: kondisi dada, torak dan paru menentukan kualitas pernafasan karena torak dan paru berperan dalam proses setiap tarikan dan hembusan nafas yang sifatnya terus berulang.
2. Medula Oblongata sebagai pengendali pernafasan. Pusat pengendalian ini adalah daerah ritmik medula oblongata (medulla rhythm area) yang terdiri dari neuron inspirasi dan neuron ekspirasi.
3. Pons dalam pengendalian sistem pernafasan, Pons membantu medula oblongata dalam mengatur lajunya pernafasan
4. Refleks Hering-Breuer Sebuah reseptor yang mengatur tingkat peregangan paru agar tidak terjadi over distensi atau peregangan yang berlebihan.
5. Korteks mengendalikan ritmik dengan tujuan melindungi paru.
6. Biokimia Secara biokimia, penurunan tekanan parsial O<sub>2</sub>(PaO<sub>2</sub>) dalam darah arteri akan meningkatkan ventilasi
7. Pengaruh Ketinggian Semakin tinggi dataran maka semakin turun kadar atmosfer dalam ruang udara. Keadaan tersebut mempengaruhi kadar O<sub>2</sub>, semakin rendah juga. (Rani et al., 2023)
8. Pengaruh Lain
  - a. Stimulasi sistem limbik yang terkait dengan aktivitas atau kondisi emosional
  - b. Suhu yang tinggi meningkatkan ritme napas dan sebaliknya.
  - c. Rasa sakit yang berat dapat menyebabkan napas terhenti beberapa saat.
  - d. Regangan otot sfingter anus meningkatkan ritme napas.
  - e. Iritasi saluran napas.

- f. Perubahan tekanan darah yang dideteksi oleh baroreseptor di arteri karotis dan aorta dengan prinsip berbanding terbalik dengan kecepatan napas. (Ramadhani & Widyaningrum, 2022)



Gambar 15.11 Pusat Pernapasan  
Sumber: Ramadhani & Widyaningrum, 2022

## **Daftar Pustaka**

- Asmirajanti, M. (2020). Modul Anatomi Fisiologi. Universitas Esa Unggul, 0–148.
- Aulia Asman. (2017). BIOMEDIK KEPERAWATAN. In YAYASAN PENDIDIKAN CENDEKIA MUSLIM (Vol. 6, Issue 1).
- Control, G. (2003). Updates and Additions. In Physiology.
- Guyton A and Hall J. (2012). Buku Ajar Fisiologi Kedokteran. In EGC (11th ed.).
- Heni Puji Wahyuningsih, yuni K. (2017). ANATOMI FISIOLOGI. In Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (Vol. 6, Issue 1).
- Patwa, A., & Shah, A. (2015). Anatomy and physiology of respiratory system relevant to anaesthesia. Indian Journal of Anaesthesia, 59(9), 533–541.
- Raimundus Chalik. (2022). ANATOMI FISIOLOGI MANUSIA. In dr. An Aulingga Asma (Ed.), Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (Vol. 6, Issue 1). Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Ramadhani, K., & Widyaningrum, R. (2022). Buku Ajar Dasar-Dasar Anatomi Dan Fisiologi Tubuh Manusia. In Uad Press : Pustaka.
- Rani, D. M., Pranata, L., & Anggraini, N. L. (2023). Anatomi Fisiologi Tubuh Manusia - Google Books (S. T. K. Mila Sari, S.ST, M.Si Rantika Maida Sahara (ed.); 1st ed., Issue February). PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI.
- Robson, J. G. (2015). Physiology of respiration. International Anesthesiology Clinics, 1(2), 333–349.
- Ross and Wilson. (2020). Anatomy and Physiology in Health and Illness: The Cardiovascular System. 77–127.
- Washudi dan Tanto Hariyanto. (2016). BIOMEDIK DASAR. In Kemenkes RI (Vol. 11, Issue 1).

White, S., Danowitz, M., & Solounias, N. (2016).  
Embryology and evolutionary

Widowati, H., & Rinata, E. (2020). Buku Ajar Anatomi. In  
UMSISDA press.

## **Profil Penulis**



### **Mikawati, S.Kp., M.Kes.**

Penulis di lahirkan di Kalimantan Utara tepatnya di kota Tarakan pada tanggal 2 Agustus 1975. Ketertarikan penulis terhadap ilmu keperawatan dimulai pada tahun 1993. Hal tersebut membuat penulis memilih mengambil studi Diploma tiga (D3) Keperawatan di Akper Panakkukang dan melanjutkan pendidikan pada jenjang Sarjana Keperawatan (SKp) di Fakultas Keperawatan Universitas Indonesia (2001). Kemudian melanjutkan pada jenjang S2 di Program Studi Biomedik/Fisiologi Universitas Hasanuddin, (2011). Saat ini penulis adalah dosen tetap di STIKES Panakkukang pada program studi Sarjana Keperawatan sebagai dosen pengampu mata kuliah Ilmu Dasar Keperawatan, Keperawatan maternitas dan Keperawatan anak, penulis juga aktif melaksanakan tridharma perguruan tinggi dan sebagai dosen profesional, aktif sebagai peneliti dibidang kepakarannya tersebut. Beberapa penelitian telah dilakukan dengan mendapatkan hibah internal dari perguruan tinggi. Selain peneliti, penulis juga aktif menulis buku dan artikel jurnal dengan harapan dapat memberikan kontribusi positif bagi kemajuan ilmu keperawatan.

Email Penulis: mikarawati.skp@gmail.com



# 16

## SISTEM KARDIOVASKULER

I Made Mertha, S.Kp., M.Kep.  
Poltekkes Kemenkes Denpasar

### Pendahuluan

Sistem kardiovaskuler merupakan salah satu system dalam tubuh yang tidak terpisahkan dengan system tubuh lainnya. Sistem kardiovaskuler system organ yang memastikan terjadinya proses transportasi dalam tubuh manusia (Kartini et al., 2024). Komponen system kardiovaskuler adalah jantung, pembuluh darah, dan darah (J.Tortora & Derrickson, 2017). Jantung berperan sebagai pompa untuk memompa darah dari jantung keluar jantung dan sebagai reservoir untuk menampung darah yang balik ke jantung melalui pembuluh vena kava. Pembuluh darah berperan sebagai jalur distribusi darah yang diedarkan keseluruh sel, jaringan, organ, dan system organ dalam tubuh. Komponen darah berperan sebagai media untuk mengangkut gas, nutrisi, dan zat lainnya yang dibutuhkan dalam metabolisme sel, serta membuang hasil sisa metabolisme sel. Berikut akat diuraikan anatomi dan fisiologi dari komponen jantung, pembuluh darah, dan darah.

### Anatomi Jantung

#### 1. Bentuk dan kedudukan jantung

Jantung merupakan organ muskuler berongga berbentuk kerucut dengan bagian basis (bagian tumpul atau pangkal) berada diatas dan bagian puncak atau apeks berada dibawah miring ke kiri

(Wardani, 2019). Kedudukan jantung berada dalam rongga thorak tepatnya cavum mediastinum diantara kedua paru-paru, dibelakang sternum, dan menghadap agak ke kiri (Wardani, 2019). Batas-batas posisi jantung dalam rongga thorak dapat digambarkan dengan menarik garis imajiner sehingga didapatkan batas atas, batas kanan, batas bawah, dan batas kiri jantung, sebagai berikut:

- a. Batas atas/superior; dibentuk oleh pangkal pembuluh darah besar (Aorta), garis yang ditarik dari kartilago costa 2 kiri ke kartilago costa 3 kanan.
  - b. Batas kanan/dekstra; dibentuk oleh atrium kanan, garis yang ditarik dari kartilago costa 3 kanan ke bawah sampai kartilago costa 6 kanan.
  - c. Batas bawah/inferior; dibentuk oleh ventrikel jantung kanan dan bagian apeks ventrikel jantung kiri, garis yang ditarik dari kartilago 6 costa kanan ke kiri sampai denyut apeks (inter costal space/ICS 5 midline clavicula kiri).
  - d. Batas kiri/sinistra; dibentuk oleh ventrikel jantung kiri, garis yang ditarik dari denyutan apeks ke atas sampai kartilago costa 2 kiri.
2. Struktur jantung

Jantung ukurannya sedikit lebih besar dari kepala orang dewasa, dengan berat sekitar 200 – 425 gram (Fikriana, 2018). Secara anatomi jantung merupakan satu organ, namun secara fungsional jantung dapat dibagi menjadi dua yaitu jantung bagian kanan dan jantung bagian kiri. Jantung kanan menerima darah yang kaya karbondioksida dari seluruh sel tubuh melalui vena kava superior dan vena kava inferior dan memompa darah ke sirkulasi pulmonal. Jantung kiri menerima darah yang kaya oksigen dari paru-paru melalui vena pulmonalis dan memompa darah ke sirkulasi sistemik.

a. Lapisan pembungkus dan dinding jantung

Jantung didalam rongga mediastinum (rongga thorak) dibungkus oleh lapisan pericardium yang terdiri dari pericardium fibrosa dan pericardium serosa. Perikardium fibrosa merupakan lapisan bagian luar jantung yang keras terbentuk dari jaringan fibrosa yang langsung langsung bersentuhan dengan struktur dalam rongga mediastinum. Perikardium serosa merupakan lapisan bagian dalam yang juga terdiri dari dua lapis yaitu pericardium serosa visceral dan pericardium serosa parietal. Perikardium serosa parietal merupakan permukaan bagian dalam dari pericardium fibrosa, sementara perikardium serosa visceral lapisan yang langsung melekat pada permukaan jantung (Fikriana, 2018).

Rongga atau cavum perikardium merupakan ruang diantara lapisan pericardium serosa visveral dan parietal yang berisi cairan pericardium (Thiriet, 2008). Keberadaan cairan perikardium untuk memudahkan jantung untuk bergerak dan berdenyut. Kondisi patologis yang terjadi pada lapisan perikardium dapat mempengaruhi karakteristik cairan pericardium.

Dinding jantung terdiri dari tiga lapis yaitu epikardium, miokardium, dan endokardium. Lapisan epikardium merupakan lapisan dinding jantung paling luar yang terbentuk dari lapinan perikardium serosa visceral. Miokardium lapisan bagian tengah yang terbentuk dari otot jantung. Otot jantung secara struktur seperti otot lurik namun dari fungsi seperti otot polos. Miokardium di ventrikel ada yang berjonjot menyerupai putting susu yang disebut dengan muskulus papilaris. Bagian tepi bawah dari muskulus papilaris terkait dengan benang tendon tipis yang disebut dengan khordae tendinae. Kaitan khordae tendinae ini sampai di bagian bawah katup atrioventrikuler, hal ini untuk mencegah aliran balik darah ventrikel ke atrium saat ventrikel berkontraksi

(Wardani, 2019). Lapisan endokardium merupakan lapisan paling dalam dinding jantung yang langsung berhubungan dengan darah yang dalam ruangan jantung.

Secara proporsional lapisan miokardium yang paling tebal, dinding ventrikel lebih tebal dari dinding atrium, dan dinding ventrikel kiri lebih tebal dari dinding ventrikel kanan. Proporsi ketebalan dinding jantung tersebut diasumsikan berdasarkan beban kerja yang dijalankan oleh bagian jantung. Miokardium jantung merupakan pusat kerja jantung yaitu kontraktilitas dan relaksasi jantung sehingga beban kerja tinggi yang memerlukan ketebalan lebih dari lapisan dinding jantung lainnya. Ventrikel kiri bertugas untuk memompa darah dari jantung keluar jantung ke seluruh sel, jaringan, dan organ tubuh sehingga beban kerjanya paling tinggi dibandingkan dengan ruangan jantung lainnya.

b. Ruangan jantung dan katup jantung

Organ jantung yang secara fungsional dibagi menjadi dua yaitu jantung kanan dan jantung kiri. Setiap bagian jantung dibagi menjadi dua ruang yaitu ruang atrium dan ruang ventrikel. Secara keseluruhan jantung memiliki empat ruangan yaitu atrium kanan, atrium kiri, ventrikel kanan, dan ventrikel kiri (E.Klabunde, 2018). Masing-masing ruangan tersebut dipisahkan oleh sekat atau septum yaitu septum interatrial diantara atrium kanan-kiri, septum interventrikel diantara ventrikel kanan-kiri, dan septum atrioventrikel kanan dan kiri yang memisahkan antara atrium dan ventrikel.

Atrium kanan menerima darah yang kaya karbondioksida dari vena kava superior dan inferior lalu memompa darah ke ventrikel kanan. Dari Ventrikel kanan darah dipompa ke paru-paru melalui kedua arteri pulmonalis. Atrium kiri menerima darah yang kaya oksigen dari keempat

vena pulmonalis selanjutnya memompa darah ke ventrikel kiri. Dari ventrikel kiri darah dipompa ke seluruh tubuh melalui aorta (Faris et al., 2021).

Keempat ruangan jantung bukan merupakan ruangan terpisah satu dengan lainnya, namun saling terhubung oleh lubang atrioventrikel kanan dan kiri dan setiap lubang ditutup oleh katup. Lubang atrioventrikuler kanan (antara atrium-ventrikel kanan) ditutup oleh katup trikuspidalis, sementara pada lubang atrioventrikuler kiri ditutup oleh katup mitral atau bikuspidalis. Katup lainnya yang terkait dengan ruangan jantung adalah katup semilunar. Katup semilunar eustakhius pada lubang vena kava superior dan inferior yang mencegah aliran balik dari atrium kanan ke vena kava saat atrium berkontraksi. Katup semilunar pada lubang arteri pulmonalis yang membuka menutup saat darah dialirkan dari ventrikel kanan ke paru-paru melalui arteri pulmonalis. Katup pulmonalis pada lubang vena pulmonalis yang mengalirkan darah dari paru-paru ke atrium kiri. Lubang aorta ditutup dengan katup semilunar aorta yang membuka dan menutup saat darah dipompa ke seluruh tubuh melalui aorta.

### 3. Vaskularisasi dan persyarafan jantung

Jantung sebagai organ tetap memerlukan suplai oksigen, dan zat nutrisi lainnya untuk metabolism dan membuang sisa hasil metabolism agar jantung dapat memelihara anatomi dan fungsinya secara normal. Vaskularisasi jantung diperankan oleh arteri koronaria yang mensuplai jantung dari sirkulasi sistemik dan vena koronaria yang mengembalikan darah dengan sisa hasil metabolism jantung ke sirkulasi sistemik.

Arteri koronaria merupakan percabangan pertama dari aorta ascendens yang bercabang menjadi arteri koronaria kanan dan arteri koronaria kiri (E.Klabunde, 2018). Arteri koronaria kanan berada

diantara atrium dan ventrikel (sulkus atrioventikularis kiri) terus ke posterior jantung. Memasok darah ke atrium kanan, sebagian besar ventrikel kanan, sebagian ventrikel kiri, sino atrial nodus (SA nodus), dan atrio ventrikuler nodus (AV Nodus) (Fikriana, 2018). Arteri koronaria kiri bercabang menjadi arteri desendens anterior kiri yang berada di sepanjang sulkus interventrikularis bagian permukaan anterior jantung, dan arteri sirkumfleks yang berjalan ke belakang sepanjang sulkus atrioventrikel (E.Klabunde, 2018). Arteri koronaria kiri memasok darah untuk atrium kiri, sebagian besar ventrikel kiri, sebagian ventrikel kanan dan SA nodus.

Vena koronaria terletak bersebelahan dengan arteri koronaria. Ada tiga vena koronaria utama yaitu sinus koronarius (yang merupakan vena paling besar), vena kardiaka anterior, dan pembuluh the-besian. Vena koronaria mengembalikan darah tidak melalui system vena kava namun langsung ke dalam atrium kanan.

Organ jantung gerakannya bersifat ritmik, namun dapat dipengaruhi oleh berbagai jenis rangsangan yang sampai ke jantung melalui serabut sarat otonom dari plexus cardiacus yaitu pars simpatis dan pars parasimpatis. Saraf simpatis mempunyai pengaruh positif, sementara saraf parasimpatis mempunyai pengaruh negatif. Kerja jantung yang dipengaruhi adalah kecepatan kontraksi jantung (Kronotropik), kekuatan kontraksi (Ionotropik), dan kecepatan hantaran dalam system konduksi jantung (Dronotropik).

## Fisiologi Jantung

1. Sistem konduksi dan aksi potensial listrik sel otot jantung

Kerja jantung yang mampu berdenyut seumur hidup secara ritmik terjadi karena adanya aktifitas listrik yang ritmik dan menetap. Aktifitas listrik timbul karena adanya anyaman serat otot jantung khusus yang disebut dengan serat autoritmik (J.Tortora &

Derrickson, 2017). System hantaran khusus jantung atau system konduksi jantung terdiri dari lima komponen system konduksi jantung yaitu sino atrial nodus (SA Nodus), jaras internodal, atrio ventrikuler nodus (AV Nodus), berkas his, dan serat purkinye.

- a. SA nodus; terletak di dinding atrium kanan bagian inferior dan lateral muara vena kava superior. SA nodus disebut juga sebagai sel pace maker karena dapat menimbulkan potensial aksi secara spontan. Menimbulkan denyutan jantung secara alami tanpa tergantung oleh faktor apapun namun dapat dipengaruhi oleh berbagai jenis stimulus atau rangsangan. Frekuensi denyutan jantung dapat dihasilkan adalah 60-100 kali permenit.
- b. Jaras internodal atau serabut antar simpul atrium, merupakan struktur penghubung antara SA nodus dengan AV nodus. Fungsinya meneruskan denyutan yang ditimbulkan oleh SA nodus ke seluruh dinding atrium kanan dan kiri yang menyebabkan atrium berkontraksi. Serabut antar simpul atrium terdiri dari tiga berkas yaitu berkas Bachman (bagian anterior), berkas Wenckebach (bagian medial), dan berkas Thorel (bagian posterior).
- c. AV nodus, letaknya di septum interatrial bagian anterior dari lubang muara sinus koronarius. Potensial aksi (denyutan jantung SA nodus yang sampai di AV nodus mengalami perlambatan karena perbedaan dalam struktur di sel AV nodus. Kondisi perlambatan ini memberikan waktu bagi atrium saat berkontaksi untuk mengalirkan darah secara maksimal ke ventrikel. Serabut autoritmik AV nodus dapat menimbulkan potensial aksi dengan frekuensi 40-60 kali permenit.
- d. Berkas his merupakan berkas atrioventrikularis yang disebut berkas his (bundle his) yang selanjutnya bercabang menjadi berkas his cabang kanan ke ventrikel kanan dan berkas his cabang

kiri ke ventrikel kiri. Berkas his berada disepanjang septum interventrikularis menuju apeks jantung.

- e. Serat purkinye merupakan serat autoritmik yang berada di subendokardium ventrikel kanan dan ventrikel kiri. Fungsinya meneruskan denyutan jantung yang dihantarkan cabang berkas his mulai dari apeks jantung ke atas ke bagian miokardium ventrikel sisanya. Ventrikel berkontraksi setelah denyutan jantung tersebut sampai diseluruh dinding ventrikel dan memompa darah keluar jantung melalui katup semilunaris arteri pulmonalis dan aorta. Serabut autoritmik ventrikel dapat menimbulkan denyutan jantung dengan frekuensi 20-40 kali permenit.
- f. Sistem konduksi jantung mempunyai beberapa sifat yaitu automatis, ritmiks, daya hantar, dan daya rangsang. Automatis yaitu dengan sendirinya system ini dapat menimbulkan denyutan dengan adanya serat autoritmik di SA nodus, AV nodus, dan serat purkinye. Ritmik bahwa denyutan yang dihasilkan secara teratur dari frekuensi permenit, isi dan kekuatan setiap denyutan, dan jarak antar denyutan. Daya hantar merupakan kemampuan meneruskan denyutan yang timbul di SA nodus sampai di serat purkinye. Potensial aksi yang dihasilkan oleh serat autoritmik dapat dipengaruhi oleh berbagai jenis stimulus dan hormone dalam darah sesuai dengan kondisi tubuh.
- g. Gerakan ritmik yang terjadi pada system konduksi jantung pada hakekatnya merupakan peristiwa listrik yang terjadi pada sel otot jantung. Terdapat ion-ion bermuatan listrik (kation dan anion) dalam sel tubuh, demikian halnya dalam sel otot jantung. Ion utama dalam peristiwa listrik sel otot jantung adalah natrium, kalsium, dan kalium. Natrium merupakan kation utama dalam sel otot jantung, sementara natrium dan kalsium kation utama di luar sel otot jantung. Keberadaan kation

inilah yang menimbulkan peristiwa polarisasi, depolarisasi, dan repolarisasi yang merupakan satu siklus yang disebut dengan satu aksi potensial listrik jantung. Satu aksi potensial listrik sel otot jantung merupakan satu denyutan yang timbul dalam serat autoritmik di SA nodus yang diteruskan dalam system konduksi jantung.

## 2. Siklus jantung dan bunyi jantung

Merupakan serangkaian peristiwa yang terjadi satu denyutan jantung yang terdiri dari systole-diastole atrium, dan systole-diastole ventrikel. Satu siklus jantung berlangsung selama 0,8 detik. Siklus jantung diawali dengan systole atrium, dan pada waktu yang bersamaan ventrikel relaksasi.

Potensial aksi yang timbul di SA nodus diteruskan ke jaras internodal anterior, medial, dan posterior ke seluruh miokardium atrium kanan dan kiri sehingga atrium berkontraksi (depolarisasi). Atrium berkontraksi selama 0,1 detik. Depolarisasi atrium memberikan tekanan yang tinggi pada darah di atrium. Darah didorong dari atrium ke ruang ventrikel melalui katup trikuspidalis dan bikupidalis (mitral). Darah yang dipompa atrium ke ventrikel selama systole sekitar 25 ml ke volume darah yang sudah ada di masing-masing ventrikel 105 ml. Jumlah darah yang ada di ventrikel pada akhir diastole ventrikel adalah 130 ml yang disebut end diastole volume (EDV) atau volume akhir diastole.

Potensial aksi SA nodus yang sampai di AV nodus diteruskan ke berkas his dan cabang berkas his kanan dan kiri sampai di serat purknya ventrikel kanan dan kiri. Ventrikel mengalami systole (kontraksi) sekitar 0,3 detik sementara pada waktu yang bersamaan atrium dalam kondisi diastole (relaksasi). Kontraksi ventrikel menyebabkan tekanan dalam ventrikel meningkat yang mendorong katup semilunaris dan katup atriventrikularis yang merupakan periode kontraksi isometrik. Tekanan ventrikel yang terus meningkat sampai 120 mmHg dan melebihi tekanan

aorta (sekitar 80 mmHg) di ventrikel kiri dan tekanan trunkus pulmonalis (sekitar 20 mmHg) di ventrikel kanan maka katup semilunaris arteri pulmonalis dan aorta terbuka. Periode saat katup semilunaris terbuka disebut ejeksi ventrikel yang berlangsung sekitar 0,25 detik. Darah dipompa keluar dari jantung sekitar 70 ml ke sirkulasi pulmonal dan sirkulasi sistemik. Jumlah darah yang tersisa diakhiri systole ventrikel disebut dengan end sistole volume (ESV).

Periode relaksasi terjadi setelah sistol dan diastol yang berlangsung sekitar 0,4 detik. Atrium dan ventrikel dalam kondisi melemas. Dalam kondisi jantung berdenyut cepat maka periode relaksasi semakin singkat (J.Tortora & Derrickson, 2017). Periode relaksasi selesai maka dilanjutkan dengan mekanisme systole-diastol atrium dan ventrikel yang berulang seperti siklus awal.

Selama siklus jantung dengan menggunakan alat stetoskop terdengar bunyi jantung yang berasal dari turbulensi darah akibat menutupnya katup jantung. Bunyi jantung ada empat namun yang jelas terdengar adalah bunyi jantung satu (BJ1 atau S1) dan dua (BJ2 atau S3). Dalam keadaan normal bunyi jantung tiga (BJ3 atau S3)) dan bunyi jantung empat (BJ4 atau S4) tidak cukup keras didengar dengan stetoskop.

BJ1 terdengar sebagai bunyi “lub” disebabkan turbulensi darah karena penutupan katup atrioventrikuler segera setelah systole ventrikel dimulai. Terdengar lebih keras dan lebih lama dari pada BJ2. Bunyi jantung kedua (BJ2) terdengar lebih singkat dan tidak sekervas BJ1, disebabkan turbulensi darah karena penutupan katup semilunaris. BJ2 digambarkan sebagai bunyi “dup”.

Bunyi jantung tiga (BJ3) disebabkan oleh turbulensi darah selama pengisian cepat ventrikel. BJ4 timbul karena turbulensi darah selama sistol atrium. Bunyi jantung terdengar jelas di permukaan dada pada daerah proyeksi letak katup jantung.

### 3. Curah jantung dan isi sekuncup

Curah jantung atau cardiac output (CO) adalah jumlah darah yang dipompakan keluar dari jantung dari ventrikel kanan maupun ventrikel kiri dalam tiap menit. CO merupakan perkalian stroke volume (SV) dengan frekuensi denyut jantung atau heart rate (HR).  $CO \text{ (ml/menit)} = SV \text{ (ml/denyut)} \times HR \text{ (denyut/menit)}$ . Isi sekuncup atau stroke volume (SV) adalah jumlah darah yang dipompa keluar dari jantung setiap satu kali denyutan jantung. Jumlah volume SV = EDV (end diastole volume) – ESV (end sistol volume). Rerata jumlah CO adalah 5 liter pada pria dewasa.

Cadangan jantung atau cardiac reserve merupakan perbedaan antara curah jantung maksimal dengan curah jantung saat istirahat. Rerata kita memiliki cadangan jantung empat sampai lima kali dari curah jantung istirahat. Pada individu terlatih seperti atlet tentu memiliki cadangan jantung yang lebih tinggi. Pada pasien dengan penyakit jantung seperti gagal jantung memiliki cadangan jantung yang lebih rendah dari kondisi normal, hal ini menyebabkan menurunnya kemampuan fungsional fisik pasien gagal jantung.

Jantung diharapkan tetap menghasilkan curah jantung dalam rentang yang normal untuk memenuhi kebutuhan metabolism tubuh. Seperti rumus diatas bahwa curah jantung ditentukan oleh frekuensi denyut jantung dan isi sekuncup. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi frekuensi denyut jantung meliputi system saraf otonom dan hormon dari kortek adrenal yaitu epinefrin dan norepinefrin. Sistem saraf yang mengatur jantung ada di pusat kardiovaskuler di medulla oblongata. Berdasarkan masukan dari reseptor sensorik dan dari pusat otak yang lebih tinggi pusat kardiovaskuler memberikan sinyal yang sesuai yaitu meningkatkan atau menurunkan frekuensi impuls saraf pada cabang simpatis dan parasimpatis system saraf otonom. Reseptor sensorik yang memberikan masukan ke pusat kardiovaskuler diantara propriozeptor (memantau posisi ekstremitas

dan otot), kemoreseptor (memantau perubahan kimiawi dalam darah), dan baroreseptor (memantau peregangan arteri dan vena besar akibat tekanan darah yang mengalir didalamnya).

Faktor yang mempengaruhi isi sekuncup terdapat adalah preload, kontraktilitas, dan afterload. Faktor preload adalah tingkat ketegangan jantung sebelum berkontraksi. Berlaku hukum Frank-Starling jantung yang menyatakan dalam batas tertentu semakin banyak jantung terisi darah sewaktu diastol maka semakin besar kontraksi jantung sehingga curah jantung semakin besar (Jarvis & Saman, 2018). Faktor kontraktilitas adalah kekuatan kontraksi dari masing-masing serat otot ventrikel. Faktor afterload merupakan tahanan yang harus dilawan atau diatasi sebelum darah dipompa keluar dari ventrikel. Tahanan yang harus diatasi adalah besar kecilnya total perifer resisten (TPR). Kondisi yang mempengaruhi TPR adalah diameter pembuluh darah arteri, dan elastisitas pembuluh darah arteri perifer.

## **Pembuluh Darah**

Pembuluh darah dalam sistem kardiovaskuler berfungsi sebagai jalur distribusi untuk menghantarkan darah ke seluruh sel tubuh. Pembuluh darah dibagi menjadi arteri, kapile dan vena. Arteri mengangkut darah keluar dari jantung. Kapiler sebagai tempat pertukaran zat-zat antara darah dan jaringan tubuh. Vena merupakan pembuluh yang menyalurkan darah kembali ke jantung.

Pembuluh darah terdiri dari tiga lapisan atau tunika yang terbentuk dari jaringan yang berbeda. Adapun tunika pembuluh darah adalah tunika intima (paling dalam), tunika media (bagian tengah), dan tunika adventia (bagian luar). Tunika intima bersentuhan langsung dengan darah yang mengalir dalam lumen pembuluh darah. Tunika intima tersusun dari lapisan endotel (paling dalam), lapisan membrane basalis (bagian tengah), dan lapisan lamina elastik interna. Khusus pada lamina elastik yang merupakan lembaran tipis serat elastik memiliki lubang-lubang seperti jendela dengan jumlah bervariasi.

Keberadaan lubang ini menyebabkan proses difusi zat dari tunika intima ke tunika media menjadi lebih mudah.

Tunika media merupakan lapisan bagian tengah yang terbentuk dari jaringan ikat dan otot polos. Otot polos dalam tunika media berperan dalam mengatur diameter lumen pembuluh darah. Penurunan diameter lumen disebut vasokonstriksi, dan pelebaran diameter lumen disebut vasodilatasi. Peran ini diperlukan dalam hal mengatur aliran darah dan tekanan darah. Tunika media dipisahkan dari tunika adventia (eksterna) oleh anyaman serat elastic (lamina elastic eksterna).

1. Arteri (Pembuluh nadi), merupakan pembuluh darah yang mengalirkan darah yang kaya oksigen dari ventrikel kiri ke seluruh jaringan tubuh. Perkecualian arteri pulmonalis mengalirkan darah kaya karbondioksida dari ventrikel kanan ke paru-paru). Dinding arteri tebal, kuat, dan elastis. Letak arteri lebih ke dalam dari permukaan tubuh. Adapun urutan arteri adalah aorta (asenden aorta, arkus aorta, dan desenden aorta), arteri, dan arteriole.
2. Vena (Pembuluh balik), merupakan pembuluh yang membawa darah dari kapiler kembali ke jantung. Dinding vena tipis, dan tidak elastis serta dalam lumennya memiliki katup. Vena berada lebih dekat di permukaan tubuh. Urutan pembuluh vena adalah venule (yang berhubungan dengan kapiler), vena, dan vena kava (superior dan inferior). Vena membawa darah yang kaya karbondioksida kecuali vena pulmonalis yang mengalirkan darah kaya oksigen dari paru-paru ke dalam atrium kiri.
3. Kapiler, merupakan pembuluh darah kecil dengan ukuran sekitar  $5-20 \mu\text{m}$ , berada diantara arteriole dan venule. Dinding kapiler sangat tipis tersusun satu lapisan endotelium , tidak memiliki otot polos dan jaringan ikat. Kapiler tempat pertukaran gas (oksigen, karbondioksida), cairan, zat nutrisi, hormone, dan bahan kimia lainnya.

## **Darah**

Darah merupakan jaringan ikat cair yang terdiri dari sel-sel yang dikelilingi oleh plasma darah. Jumlah darah dalam tubuh manusia diperkirakan sebesar 8% dari berat badan. Secara garis besar darah mempunya tiga fungsi yaitu:

1. Transportasi; mengangkut oksigen dari paru ke sel tubuh dan sebaliknya karbondioksida dari sel tubuh ke paru. Bertanggung jawab dalam mengangkut zat nutrisi dan hormone ke sel-sel tubuh, serta pembuangan panas dan sisa hasil metabolisme keluar dari tubuh.
2. Regulasi; memastikan mekanisme pengaturan homeostasis semua cairan tubuh, pH, suhu tubuh sehingga semua tetap kondisi fisiologis.
3. Proteksi; melindungi tubuh dengan beberapa mekanisme seperti pembekuan darah untuk mencegah kehilangan darah berlebihan saat sistem vaskuler mengalami cedera. Kemampuan fagositosis sel darah putih, protein darah termasuk antibody, interferon untuk proteksi tubuh dari penyakit.

Darah tersusun dua komponen yaitu plasma darah (55%) dan sel-sel darah (45%). Adapun hal terkait dengan komponen tersebut adalah:

1. Plasma darah; merupakan bagian cair dari darah yang terdiri dari air (91,5%), dan zat terlarut (8,5%). Zat terlarut dalam plasma sebagian besar adalah protein (sekitar 7%), sisanya adalah molekul lainnya dan ion-ion. Protein plasma meliputi serum albumin, serum globulin, dan fibrinogen.
2. Sel darah; terdiri dari sel darah merah (SDM) atau eritrosit, sel darah putih (SDP) atau leukosit, dan trombosit.
  - a. Eritrosit; bentuk cakram bikonkap dengan diameter sekitar 8  $\mu\text{m}$ , tidak memiliki nucleus, dan bentuk dapat berubah-ubah. Eritrosit mengandung hemoglobin yang berfungsi untuk

mengangkut oksigen ke sel tubuh, dan sebagai penyangga asam basa. Pembentukan eritrosit (eritropoiesis) terjadi di sumsum tulang yang diatur oleh hormone eritropoietin. Umur eritrosit adalah 120 hari, setelah itu dihancurkan oleh sel fagosit yang terdapat dalam hati dan limpa. Hemoglobin dalam hati diubah menjadi bilirubin (pigmen empedu) yang berwarna kehijauan selanjutnya diekskresikan dari hati ke dalam empedu. Zat besi dari hemoglobin diekskresikan namun dipakai untuk eritropoiesis.

- b. Leukosit; jumlah dalam darah sekitar 5.000-10.000 butir tiap mikroliter darah, warna bening, dan memiliki nucleus. Berfungsi sebagai proteksi terhadap kuman pathogen, keluar dari kapiler dengan gerakan ameboid (diapedesis). Leukosit dikelompokan menjadi granulosit (neutrofil, basophil, dan eosinophil) dan agranulosit (monosit dan limfosit)
- c. Trombosit (sel darah pembeku atau keeping darah); Bentuk bulat kecil dengan diameter sekitar 2-4  $\mu\text{m}$ , tidak memiliki inti, jumlah sekitar 150.000-400.000 tiap mikroliter darah, umur sekitar 5 - 9 hari. Fungsi utama dalam pembekuan darah. Jika terjadi cedera trombosit akan pecah dan mengeluarkan enzim trombokinase yang selanjutnya mengubah protrombin menjadi trombin dengan bantuan ion  $\text{Ca}^{2+}$ . Trombin mengubah fibrinogen menjadi fibrin yang nantinya menutup luka sehingga perdarahan terhenti.

## **Daftar Pustaka**

- E.Klabunde, R. (2018). Konsep Fisiologi Kardiovaskuler (2nd ed.). Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Faris, M., Ibrahim, R. H., Al-mukhtar, S., & Hashem, A. M. (2021). Physiology of the Cardiovascular system. June, 0–11.
- Fikriana, R. (2018). Sistem Kardiovaskuler (Pertama). Deepublish.
- J.Tortora, G., & Derrickson, B. (2017). Dasar Anatomi & Fisiologi: Pemeliharaan & Kontinuitas Tubuh Manusia (13th ed.). Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Jarvis, S., & Saman, S. (2018). Cardiac System 1: Anatomy and Physiology. 114(2), 34–37.
- Kartini, Febriyanto, T., Sius, U., Suryadi, D., Khudri, G., Novelyn, S., Batubara, F. R., Rita, R. S., Prameswari, N., Parisihni, K., Angreni, F., Sari, W., Susanti, F., Ifadah, E., Iqbali, M., & Handayani, K. M. (2024). Dasar-Dasar Ilmu Biomedik Struktur dan Fungsi (L. Rosyanti & Z. N. Afifah (eds.); Pertama). Eureka Media Aksara.
- Thiriet, M. (2008). Anatomy of the Cardiovascular System. Biology and Mechanics of Blood Flows, 9–33. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-74849-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-0-387-74849-8_1)
- Wardani, H. E. (2019). Bahan Ajar Biomedik. Wineka Media. <https://fik.um.ac.id/wp-content/uploads/2020/10/19.-BAHAN-AJAR-BIOMEDIK.pdf>

## **Profil Penulis**



### **I Made Mertha, S.Kp., M.Kep.**

Penulis dilahirkan di Blahbatuh pada tanggal 15 Oktober 1969.

Ketertarikan penulis terhadap profesi Perawat dimulai pada tahun 1989 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk kuliah di Akademi Perawat (Akper) Depkes Denpasar selesai tahun 1992. Melanjutkan jenjang Sarjana Keperawatan di FIK\_UI tahun 1997-1999 dan Magister Keperawatan juga di FIK\_UI tahun 2018-2010.

Riwayat pekerjaan sejak tahun 1994 sampai sekarang ASN di Poltekkes Kemenkes Denpaar sebagai tenaga pendidik. Jabatan Fungsional Dosen pertama Asisten Madya terhitung 1 Agustus 1996. Jabatan sekarang Lektor Kepala. Penulis memiliki kepakaran dibidang Keperawatan Medikal Bedah. Dan untuk mewujudkan karir sebagai dosen profesional, penulis pun aktif melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi. Aktif melaksanakan penelitian dibidang keperawatan baik sebagai ketua dan anggota. Beberapa penelitian yang telah dilakukan didanai oleh internal perguruan tinggi. Selain peneliti, penulis juga aktif melaksanakan pengabdian pada masyarakat dalam bidang kepakaran penulis. Dalam pengembangan wawasan penulis aktif mengikuti kegiatan ilmiah berupa Diklat, workshop dan seminar.

Email Penulis: mdmertha69@gmail.com



## SISTEM PENCERNAAN DAN METABOLISME TUBUH

**Ni Made Wiasty Sukanty, S.Tr.Kes., M.Biomed.**

Universitas Bumigora

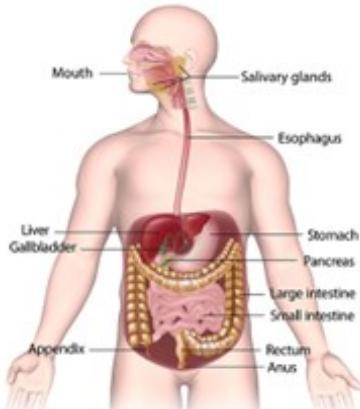
### Pendahuluan

Makhluk hidup, baik manusia, tumbuhan, maupun hewan memerlukan makanan untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya. Makanan yang dikonsumsi memiliki variasi dari segi komposisi dan struktur. Tubuh perlu mencerna makanan tersebut secara fisik dan kimiawi sehingga menjadi partikel yang lebih kecil. (Sensoy, 2021) Nutrisi utama dalam makanan yang digunakan menjadi energi adalah karbohidrat. (Sukanty & Prijanti, 2021) Nutrisi lainnya yang tidak kalah penting adalah lipid, protein, vitamin, mineral, dan air. Nutrisi ini ditransport di sepanjang saluran pencernaan kemudian diserap oleh tubuh untuk menunjang kelangsungan hidup sel-sel tubuh (McQuilken, 2021a).

Kelanjutan dari proses pencernaan dan penyerapan adalah proses metabolisme. Pada tahap ini serangkaian reaksi kimia terjadi di dalam dan di luar sel guna mengolah nutrient yang telah diserap tadi. Semua proses ini terjadi melalui serangkaian organ pencernaan yang saling berkaitan satu dengan yang lainnya membentuk sistem pencernaan dan metabolisme.

Metabolisme meliputi proses anabolisme dan katabolisme. Anabolisme adalah proses sintesis molekul yang berukuran besar dari molekul-molekul yang berukuran kecil. Sebaliknya, katabolisme adalah proses pemecahan

molekul yang berukuran besar menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Meskipun demikian, proses anabolisme bukanlah sekedar proses kebalikan dari katabolisme, namun kedua konsep ini saling mendukung satu dan yang lainnya (Prihatini & Dewi, 2021).

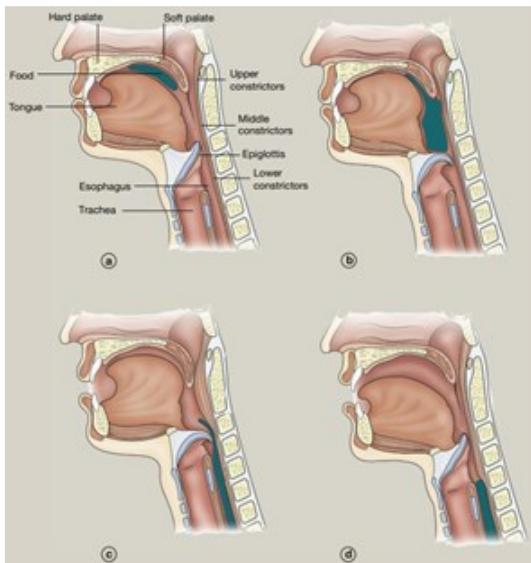


Gambar 17.1 Organ-organ dalam sistem pencernaan dan metabolisme tubuh. ((NIDDK), 2017)

Sistem pencernaan dan metabolisme tubuh terdiri atas dua bagian besar, yaitu saluran pencernaan dan organ aksesori. Keduanya diatur oleh sistem saraf dan hormon. Saluran pencernaan memiliki panjang sekitar 8-9 m yang terdiri atas beberapa organ: mulut, faring, esofagus, lambung, usus halus, usus besar, rektum, dan anus. Organ aksesori terdiri atas gigi, lidah, kelenjar saliva, hati, kantung empedu, dan pankreas. (Sensoy, 2021) Berikut akan dibahas bagian dari sistem pencernaan, fungsi, dan mekanisme yang terjadi di dalamnya.

### **Mulut, Faring, dan Esofagus**

Pencernaan makanan pertama kali terjadi di mulut secara mekanik dan kimiawi. (McQuilken, 2021a) Proses mekanik dilakukan oleh gigi, dimana makanan yang berukuran besar diproses melalui pemotongan dan penguncian makanan agar berukuran lebih kecil. Hal ini bertujuan untuk mempermudah proses pencernaan tahap lanjut dan penyerapan. Hasil pemrosesan ini disebut dengan bolus (Sensoy, 2021).



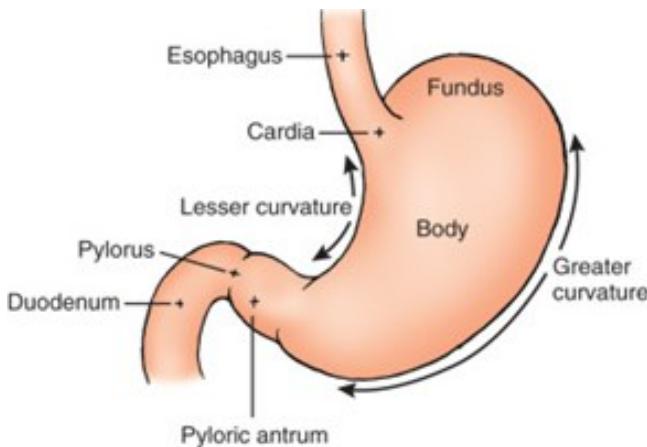
Gambar 17.2 Proses menelan makanan. (a) lidah menekan langit-langit mulut dan mendorong bolus menuju faring. (b) Faring menyempit. (c) Faring bagian tengah dan bawah mendorong bolus. (d) Bolus didorong menuju lambung dengan gerak peristaltik. (McQuilken, 2021b)

Pembentukan bolus merupakan hasil koordinasi gigi, lidah, dan kelenjar saliva. Lidah berfungsi untuk mengatur posisi makanan di dalam mulut agar mudah dikunyah dan membantu proses menelan makanan. Kelenjar saliva menghasilkan saliva yang terdiri atas 99% air, sodium, potassium, kalsium, bikarbonat, musin, enzim amilase, dan lipase. Enzim ini berfungsi untuk memecah karbohidrat yang ada di makanan menjadi disakarida. Bolus yang terbentuk akan diteruskan ke esofagus melalui faring. Proses ini terjadi melalui gerakan peristaltik yang mendorong bolus hingga mencapai lambung (Sensoy, 2021).

## Lambung

Makanan yang berasal dari esofagus selanjutnya akan masuk ke lambung. Lambung memiliki tiga bagian utama: kardia, fundus, dan pilorus. Pencernaan makanan di lambung terjadi melalui mekanisme secara mekanik dan

kimiawi. Secara mekanik, lambung dapat mencampur dan menggiling makanan sehingga memiliki ukuran yang lebih kecil lagi yang disebut chyme. Hal ini terjadi karena dinding lambung tersusun atas otot polos yang berkontraksi dan berelaksasi sehingga mendukung gerakan lambung untuk mengakomodasi makanan yang masuk, memproses makanan, dan mengosongkan lambung. Secara kimiawi, lambung menghasilkan mukosa yang mengandung air, asam klorida, sodium, potassium, kalsium, fosfat, sulfat, bikarbonat, enzim lipase dan pepsinogen, hormon gastrin dan serotonin, serta faktor intrinsik (Sensoy, 2021).

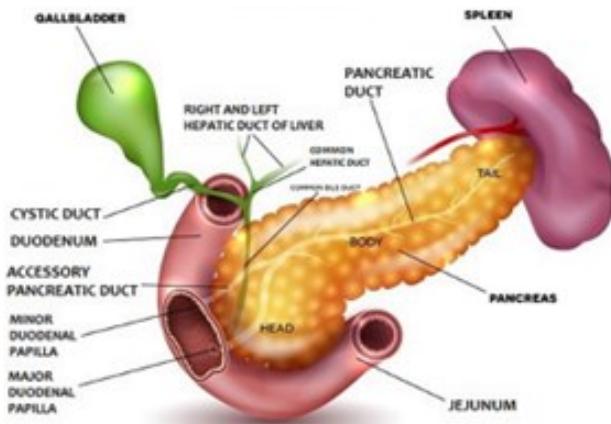


Gambar 0.3 Anatomi lambung. (Wilson & Stevenson, 2019)

Asam klorida yang ada di lambung dihasilkan oleh sel-sel parietal. Adapun pH asam lambung dapat mencapai di bawah pH 1. pH yang rendah ini memungkinkan lambung sebagai tempat untuk membunuh mikroorganisme yang tertelan bersama makanan. (McQuilken, 2021b) Asam klorida di lambung juga berguna untuk memutus ikatan peptida di protein dan mengaktifkan enzim pepsinogen menjadi pepsin yang berfungsi untuk memutus ikatan kovalen di protein. Akibatnya protein memiliki struktur rantai polipeptida yang lebih pendek dari semula (McQuilken, 2021a).

## Pankreas

Pankreas merupakan organ aksesoris dalam sistem pencernaan dan metabolisme tubuh. Anatomi pankreas tersusun atas bagian kepala, badan, dan ekor. Di pankreas terdapat saluran yang menghubungkan hampir semua bagian pankreas dan bermuara di usus halus, tepatnya di duodenum. Saluran ini berfungsi untuk mensekresikan enzim pencernaan yang disintesis oleh pankreas ke usus halus (Karpińska & Czauderna, 2022).

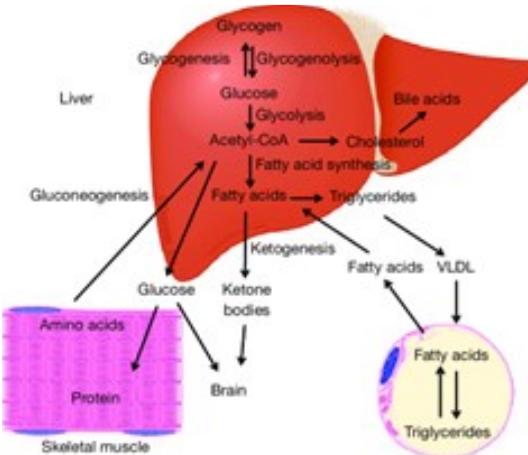


Gambar 17.4 Pankreas. (Karpińska & Czauderna, 2022)

Fungsi utama pankreas yaitu sebagai kelenjar endokrin dan eksokrin. Sebagai kelenjar endokrin pankreas memproduksi hormon yang mengatur kadar glukosa darah, seperti insulin, proinsulin, amylin, C-peptide, somatostatin, pancreatic polypeptide (PP), dan glukagon. Hormon-hormon tersebut disintesis oleh kelenjar Langerhans. Sebagai kelenjar eksokrin pankreas memproduksi enzim pencernaan seperti tripsin, kimotripsin, karboksipeptidase, dan elastase yang penting untuk degradasi protein. Selain itu pankreas juga mensintesis enzim lipase, fosfolipase, dan esterase untuk memecah lipid, serta enzim laktase dan amilase untuk memecah karbohidrat (Karpińska & Czauderna, 2022).

## Hati

Hati memegang peranan penting dalam pencernaan, metabolisme, transport, dan penyimpanan nutrient. Pada kondisi makan berlebih dimana kadar glukosa darah meningkat, hati berfungsi sebagai organ untuk menyimpan glukosa dalam bentuk glikogen. Glukosa di hati dapat ditransport ke jaringan perifer untuk menghasilkan energi. Glukosa juga dapat digunakan untuk menghasilkan asetyl koenzim A pada mekanisme glikolisis. Asetyl koenzim A dapat digunakan untuk sintesis kolesterol dan asam lemak. Kolesterol merupakan salah satu komponen pembentuk asam empedu, sedangkan asam lemak dapat digunakan untuk sintesis trigliserida, penyusun VLDL, suatu lipoprotein yang berfungsi untuk membawa lipid dari hati ke jaringan adiposa untuk disimpan atau digunakan sebagai energi (Chiang, 2014).

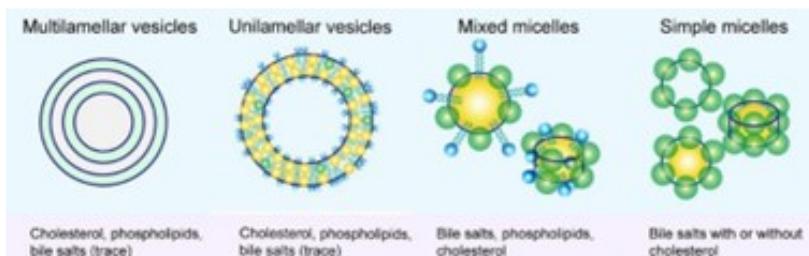


Gambar 17.5 Metabolisme karbohidrat, lipid, dan protein di hati (Chiang, 2014)

Pada kondisi puasa, trigliserida yang ada di jaringan adiposa ditransport kembali ke hati dan dihidrolisis. Asam lemak hasil hidrolisis trigliserida digunakan dapat mengalami ketogenesis menghasilkan badan keton, salah satu sumber energi untuk otak. Pada kondisi puasa yang terus-menerus, protein yang disimpan di otot dipecah menjadi asam amino dan ditransport ke hati untuk

produksi glukosa melalui proses glukoneogenesis. Dengan demikian, hati menjadi organ vital tempat metabolisme karbohidrat, lipid, dan protein (Chiang, 2014).

## Kantung Empedu



Gambar 17.6 Pembentukan misel oleh garam empedu. (He, McClorrey, Hernell, Lönnerdal, & Slupsky, 2020)

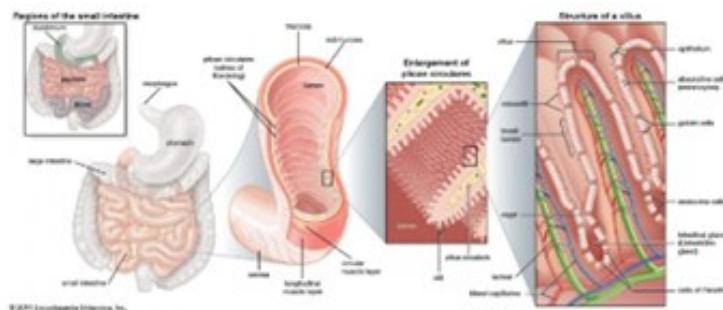
Asam empedu disintesis di sel hati dan disekresikan ke usus halus untuk metabolism lipid melalui saluran khusus. Asam empedu mengalami ionisasi dan konjugasi dengan asam amino membentuk garam empedu. Di lumen usus halus, garam empedu mengemulsikan dan meningkatkan kelarutan lipid. Garam empedu dapat berkonjugasi dengan taurine dan glisin sehingga memungkinkan garam empedu membentuk misel sehingga lipid dapat dengan mudah berdifusi masuk ke sel usus. Sekitar 95% garam empedu yang ada di usus halus diserap menggunakan Na<sup>+</sup>-dependent apical bile salt transporter (ABST) dan 5% lainnya dieksresikan bersama feses. Garam empedu yang diserap oleh sel usus halus akan dikembalikan ke sel hati melalui vena porta hepatica untuk didaur ulang Kembali membentuk asam empedu yang disimpan di kantung empedu (Shulpeková et al., 2022).

## Usus Halus

Usus halus merupakan organ yang tidak hanya berfungsi untuk mencerna makanan, namun juga untuk menyerap nutrient yang dihasilkan dari pencernaan makanan tersebut. Organ ini berupa saluran panjang yang mencapai 7 m dengan diameter 3-4 cm. Struktur usus

halus terdiri atas mikrovili atau jonjot usus yang jumlahnya sangat banyak sehingga usus halus memiliki luas permukaan mencapai 4500 m<sup>2</sup>. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan luas daerah penyerapan nutrient. Bagian utama dari usus halus adalah duodenum, jejunum, dan ileum. Duodenum memiliki kanal yang menghubungkannya dengan pankreas. Melalui kanal ini, pankreas mensekresikan enzim-enzim pencernaan. Selain itu juga terdapat kanal untuk masuknya garam empedu yang disekresikan oleh kantung empedu (Sensoy, 2021).

Ketika chyme yang berasal dari lambung masuk ke usus halus, pankreas mensekresikan bikarbonat yang berfungsi untuk menetralkan asam klorida yang ikut terbawa dari lambung ke usus halus. Pankreas juga mensekresikan enzim seperti protease (tripsin, kimotripsin, dan karboksipeptidase), lipase, dan amilase yang berfungsi untuk memecah protein, lipid, dan karbohidrat menjadi monomer penyusunnya sehingga mudah diserap oleh usus halus. Protein dipecah oleh protease menjadi untaian peptida yang berukuran pendek, lipid dipecah oleh lipase menjadi asam lemak dan gliserol, sedangkan karbohidrat dipecah hingga menjadi monosakarida glukosa, galaktosa, dan fruktosa (McQuilken, 2021a; Sensoy, 2021).



Gambar 17.7 Mikrovili pada usus halus. (Britannica, 2024)

Hasil pemecahan makanan baik karbohidrat, lipid, dan protein akan diserap oleh brush border cells, yaitu sel-sel yang ada di dinding bagian dalam usus halus. Glukosa dan galaktosa ditransport dari lumen usus halus ke dalam brush border cells menggunakan transport aktif sekunder

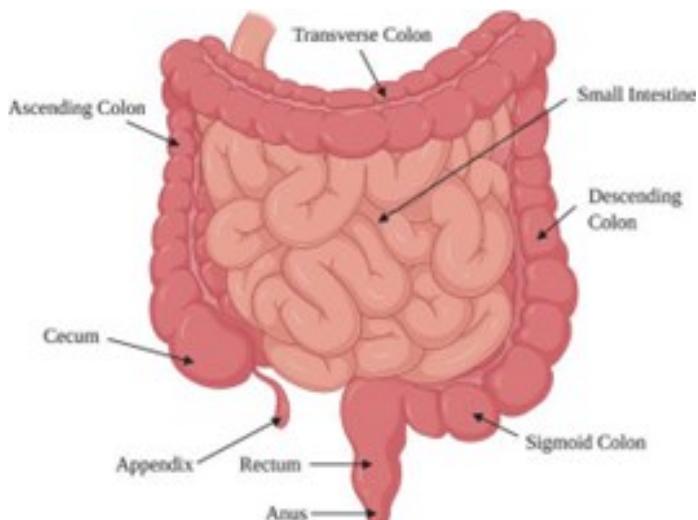
( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase), sedangkan fruktosa ditransport secara difusi terfasilitasi menggunakan GLUT5. Selanjutnya, dari brush border cells, monosakarida ini ditransport ke peredaran darah menggunakan GLUT2 (McQuilken, 2021a).

Metabolisme protein di usus halus sebagai lanjutan metabolisme protein di lambung berupa pemutusan ikatan peptida yang menjadikan protein memiliki struktur rantai polipeptida yang lebih pendek lagi, sehingga menjadi unit penyusunnya, yaitu asam amino tunggal, dipeptida, atau tripeptida. Hal ini dikarenakan brush border cells hanya dapat menyerap protein dalam ukuran yang kecil. Mekanisme penyerapannya yaitu asam amino yang bersifat asam dan netral ditransport menggunakan transport aktif sekunder ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase), asam amino yang bersifat basa ditransport secara difusi terfasiltasi, sedangkan dipeptida dan tripeptida ditransport menggunakan peptida transporter 1 (PepT1). Di dalam brush border cells, peptida dan tripeptida dipecah menjadi asam amino tunggal oleh dipeptidase dan tripeptidase. Asam amino kemudian ditransport ke peredaran darah menggunakan transporter khusus (McQuilken, 2021a).

Lipid dalam makanan mengandung banyak trigliserida yang bersifat hidrofobik. Lumen usus mengandung banyak air. Hal ini menyebabkan lipid membentuk droplet dan susah untuk diakses oleh enzim lipase. Namun, mekanisme ini dipermudah dengan adanya garam empedu yang dihasilkan oleh kantung empedu. Garam empedu yang disintesis di hati disimpan di kantung empedu kemudian diselekresikan ke usus halus melalui kanal khusus. Garam empedu memiliki bagian yang bersifat hidrofilik dan hidrofobik sehingga dapat mengemulsi lipid. Droplet lipid yang berukuran besar akan dipecah menjadi lebih kecil. Selanjutnya, droplet berinteraksi dengan koenzim yang berfungsi memudahkan ikatan antara lipase, fosfolipase A2, dan kolesterol esterase yang dihasilkan oleh pankreas dengan lipid pada droplet. Akibatnya, lipid dapat dengan mudah dipecah menjadi unit penyusunnya dalam bentuk misel. Misel dengan mudah masuk ke dalam brush border cells

melalui mekanisme difusi. Khusus untuk kolesterol, transport dilakukan menggunakan Niemann-Pick C1 like-1 (NPC1L1). Di dalam sel usus, lipid dikemas dalam kilomikron, suatu lipoprotein, kemudian disekresikan ke saluran limfa secara eksositosis karena kilomikron berukuran besar. Selanjutnya dari slauran limfa kilomikron ditransport ke pembuluh darah (McQuilken, 2021a).

## Usus Besar



Gambar 17.8 Anatomi usus besar. (Bhalerao et al., 2021)

Usus besar merupakan organ lanjutan dari ileum. Organ ini berupa saluran dengan panjang sekitar 150 cm dan diameter 6 cm. (Sensoy, 2021) Usus besar terdiri atas beberapa bagian, yaitu sekum, kolon, rektum, dan anus. Sekum merupakan kantung buntu yang ada di ujung usus besar dan melekat dengan usus buntu. Bagian ini mengandung nodus limfa yang penting untuk sistem imun. Kolon merupakan bagian usus buntu yang terdiri atas bagian kolon asenden, kolon transversum, kolon desenden, dan kolon sigmoid. (McQuilken, 2021b) Mekanisme yang terjadi di kolon adalah penyerapan air dan pemrosesan sisa makanan yang diserap. (Sensoy, 2021) Serat selulosa merupakan jenis karbohidrat yang

tidak dapat dicerna oleh tubuh manusia. Selulosa yang ada dalam makanan diproses di usus besar dengan bantuan bakteri anaerob yang menghasilkan enzim selulase. (McQuilken, 2021a) Selain itu, bakteri di usus besar juga menghasilkan vitamin B1 dan vitamin K yang dapat digunakan oleh tubuh. (Sensoy, 2021) Kelanjutan dari kolon adalah rectum yang merupakan tempat terjadinya refleks defekasi dan pembuangan zat sisa metabolism melalui anus (McQuilken, 2021b).

Sistem pencernaan dan metabolisme merupakan pondasi utama dalam menjaga kesehatan dan keseimbangan tubuh yang meliputi serangkain organ yang bekerja saling berhubungan. Tujuan sistem pencernaan dan metabolisme adalah untuk memproses makanan yang dikonsumsi menjadi nutrient yang mudah diserap oleh tubuh guna memenuhi kebutuhan sel-sel tubuh seperti pembentukan energi, komunikasi antar sel, dan lain sebagainya. Kaitan antara pencernaan dan metabolisme sangat erat. Tanpa proses pencernaan yang efisien, nutrien tidak dapat diserap dan dimetabolisme secara optimal. Metabolisme yang efisien, di sisi lain, memastikan bahwa tubuh mendapatkan energi dan zat-zat penting untuk menjaga fungsi-fungsi tubuh yang vital. Dengan demikian, sistem pencernaan dan metabolisme tidak hanya berperan dalam memenuhi kebutuhan dasar tubuh, tetapi juga mendukung kehidupan dan kesehatan secara keseluruhan.

## **Daftar Pustaka**

- (NIDDK), N. I. of D. and D. and K. D. (2017). Your Digestive System & How it Works. Retrieved June 25, 2024, from <https://www.niddk.nih.gov/health-information/digestive-diseases/digestive-system-how-it-works>
- Bhalerao, U., Bhalerao, A., Bhalerao, S., Srivastava, M., Singh, M., Lavuri, S. T., ... Bhukya, P. L. (2021). Diagnosis of Colorectal Cancer Using Molecular Techniques. In Colon Cancer Diagnosis and Therapy (pp. 143–170). Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-64668-4>
- Britannica, T. E. of E. (2024). small intestine. Retrieved June 25, 2024, from Encyclopedia Britannica website: <https://www.britannica.com/science/small-intestine>
- Chiang, J. (2014). Liver Physiology: Metabolism and Detoxification. In Pathobiology of Human Disease: A Dynamic Encyclopedia of Disease Mechanisms. Rootstown: Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386456-7.04202-7>
- He, X., McClorry, S., Hernell, O., Lönnertdal, B., & Slupsky, C. M. (2020). Digestion of human milk fat in healthy infants. *Nutrition Research*, 83(2020), 15–29. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2020.08.002>
- Karpińska, M., & Czaderna, M. (2022). Pancreas—Its Functions, Disorders, and Physiological Impact on the Mammals' Organism. *Frontiers in Physiology*, 13(807632). <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.807632>
- McQuilken, S. A. (2021a). Digestion and absorption. *Anaesthesia and Intensive Care Medicine*, 22(5), 336–338. <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2020.12.009>
- McQuilken, S. A. (2021b). The mouth, stomach and intestines. *Anaesthesia and Intensive Care Medicine*, 22(5), 330–335. <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2021.04.001>

- Prihatini, I., & Dewi, R. K. (2021). Kandungan Enzim Papain pada Pepaya (*Carica papaya* L) Terhadap Metabolisme Tubuh. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 1(3), 449–458. <https://doi.org/10.21154/jtii.v1i3.312>
- Sensoy, I. (2021). A review on the food digestion in the digestive tract and the used in vitro models. *Current Research in Food Science*, 4(2021), 308–319. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.04.004>
- Shulpekova, Y., Shirokova, E., Zharkova, M., Tkachenko, P., Tikhonov, I., Stepanov, A., ... Ivashkin, V. (2022). A Recent Ten-Year Perspective: Bile Acid Metabolism and Signaling. *Molecules*, 27(1983), 1–22.
- Sukanty, N. M. W., & Prijanti, A. R. (2021). The Role and Regulation of FOXO1 in Carbohydrate Metabolism and Its Targeting in Metabolic Diseases. *Indonesian Archives of Biomedical Research*, 1(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.55392/indarcbior.es.v1i2>
- Wilson, R. L., & Stevenson, C. E. (2019). Anatomy and Physiology of the Stomach. In C. J. Yeo (Ed.), *Shackelford's Surgery of the Alimentary Tractson* (8th ed., pp. 634–646). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-40232-3.00056-X>

### **Profil Penulis**



#### **Ni Made Wiasty Sukanty, S.Tr.Kes., M.Biomed.**

Penulis lahir di Mataram pada tanggal 16 April 1996. Ketertarikan penulis terhadap Ilmu Biomedik dimulai pada tahun 2014 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk masuk ke Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Mataram dengan memilih Jurusan DIV Analis Kesehatan dan berhasil lulus pada tahun 2018. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan magister dan berhasil menyelesaikan studi S2 di Program Studi Magister Ilmu Biomedik (PMIB) Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia (FKUI) pada tahun 2022. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi S1 Gizi Universitas Bumigora. Adapun penulis mengampu mata kuliah Fisiologi Dasar, Biokimia Dasar, Metabolisme Energi dan Zat Gizi Makro, dan Metabolisme Zat Gizi Mikro. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis book chapter.

Email Penulis: nimadewiastysukanty@gmail.com

## SISTEM IMUN DASAR

**Dr. apt. Andi Emelda, S.Si., MSi.**

Universitas Muslim Indonesia

### Pendahuluan

Imunologi adalah cabang ilmu yang mempelajari struktur dan fungsi sistem kekebalan tubuh serta hubungan antara kekebalan dan penyakit. Imunitas diartikan sebagai kemampuan tubuh untuk melawan infeksi setelah melalui proses tertentu, seperti imunisasi. Sejak zaman dahulu, telah dilakukan berbagai usaha untuk meningkatkan imunitas tubuh terhadap penyakit infeksi. Imunitas adalah kemampuan tubuh untuk melawan penyakit, khususnya infeksi. Gabungan sel, molekul, dan jaringan yang terlibat disebut sistem imun, sedangkan respons imun merupakan suatu reaksi yang dikoordinasikan oleh sel dan molekul imun lainnya terhadap antigen. Diperlukan ada ya sistem imun untuk menjaga integritas tubuh dari ancaman lingkungan. Mikroba dapat hidup di luar sel, melepaskan enzim, dan memanfaatkan makanan yang kaya nutrisi yang mereka butuhkan. Mikroba menginfeksi dan berkembang biak di dalam tubuh dengan memakai sumber energi dari sel tersebut. Mikroba yang hidup di luar maupun di dalam sel inang bisa menginfeksi individu lain, menyebabkan suau penyakit dan bahkan kematian. Namun, banyak juga mikroba yang tidak membahayakan dan bahkan menguntungkan untuk sel inang.

Sistem imun mampu membedakan antara sel normal, sehat, dan yang tidak sehat dengan mengidentifikasi tanda yang dapat membahayakan yakni yang dikenal

sebagai Danger-Associated Molecular Patterns (DAMP). Mikroorganisme seperti virus dan bakteri melepaskan sinyal DAMP ini. Ketika sinyal tersebut terdeteksi, sistem imunitas tubuh diaktifkan untuk mengatasi ancaman tersebut.

Sistem imun dapat dibagi menjadi sistem imun non spesifik/innate dan sistem imun spesifik/adaptive.

### **Sistem Imun Non Spesifik/Innate**

Imunitas nonspesifik disebut juga Imunitas alamiah/imunitas innate juga merupakan pertahanan utama ditubuh manusia terhadap mikroorganisme, serta membantu dalam membersihkan dari sel-sel yang telah mati dan produknya. Sistem ini memberikan respons yang cepat dan langsung terhadap mikroba tanpa spesifik menargetkan jenis mikroba tertentu. Karakteristik "nonspesifik" menunjukkan bahwa sistem ini sudah aktif sejak lahir dan berfungsi di seluruh bagian tubuh, terutama di permukaan seperti kulit, saluran napas, saluran kemih, dan saluran genital.

Imunitas nonspesifik secara fisiologis terdiri dari komponen alami tubuh yang selalu ada pada orang yang sehat, siap untuk mencegah masuknya mikroorganisme ke dalam tubuh dan menghilangkannya dengan cepat. Komponen ini dapat meningkat jumlahnya akibat infeksi, sebagai contoh, peningkatan jumlah sel darah putih pada kondisi fase akut dari suatu penyakit. Mekanisme ini tidak menunjukkan reaksi spesifik terhadap bahan yang tidak dikenal dan dapat melindungi tubuh dari berbagai patogen potensial.

#### **1. Pertahanan Fisik**

Kulit merupakan organ terbesar dalam tubuh yang memberikan perlindungan fisik dan kimia terhadap lingkungan luar. Kulit membentuk lapisan pelindung yang meliputi seluruh permukaan tubuh, menjaga semua organ dan jaringan di bawahnya seperti pembuluh darah, saraf, otot, organ, dan tulang. Jika ada luka pada kulit, hal ini dapat menjadi pintu masuk bagi agen infeksi. Kelenjar di bawah kulit

menghasilkan enzim yang membantu menghancurkan bakteri. Bagian tubuh yang tidak dilapisi oleh kulit, seperti saluran napas, dilindungi oleh membran mukosa. Membrane ini merupakan lapisan lembab yang menghasilkan mucus, sebuah zat lengket yang dapat menangkap iritan yang masuk melalui hidung. Selain itu, saluran napas dilengkapi dengan silia yang terus-menerus mengeluarkan mucus dan partikel asing ke arah paru-paru untuk kemudian ditelan. Mikroba yang berhasil masuk ke lambung akan mengalami penghancuran oleh asam lambung. Air liur dan air mata juga mengandung enzim yang memiliki kemampuan untuk menghilangkan mikroba. Salah satu mekanisme pertahanan penting lainnya adalah sawar darah otak, sebuah penyaring khusus yang melingkupi otak dan sumsum tulang belakang sebagai perlindungan fisik. Fungsinya adalah mencegah protein, toksin, dan sebagian besar mikroba asing dari masuk ke dalam sistem saraf, sementara tetap memungkinkan glukosa yang merupakan nutrisi penting untuk sistem saraf pusat dapat melewati barier ini. Pertahanan fisik, membran lendir, silia di saluran napas, serta refleks batuk, bersin berperan sebagai pertahanan terdepan terhadap infeksi.

## 2. Pertahanan Biokimiawi

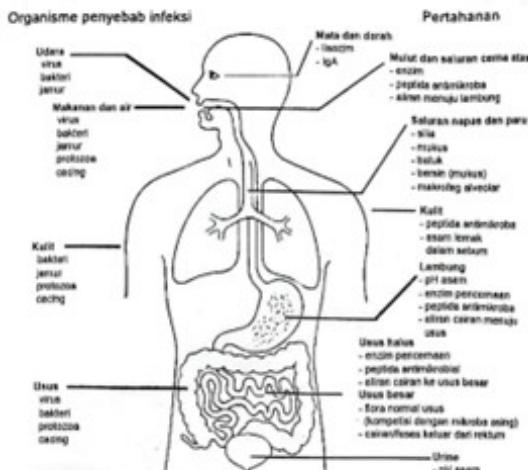
Sebagian besar mikroorganisme tidak mampu melewati kulit yang dalam kondisi sehat, tetapi beberapa bisa memasuki tubuh lewat kelenjar minyak dan melalui folikel pada rambut. pH asam dari keringat dan sekresi kelenjar minyak, bersama dengan berbagai asam lemak yang dikeluarkan oleh kulit, memiliki efek merusak pada protein membran sel, sehingga dapat mencegah infeksi melalui kulit.

Lisozim yang terdapat dalam keringat, air liur, air mata, dan Air Susu Ibu (ASI) melindungi tubuh dari berbagai bakteri gram positif dengan cara menghancurkan lapisan peptidoglikan pada dinding sel bakteri. Selain itu, ASI juga mengandung asam

neuraminat dan laktosidase yang memiliki kemampuan sebagai antibakteri.

Enzim laktooksidase pada saliva dapat menyebabkan kerusakan pada dinding sel mikroba, sehingga terjadi kebocoran pada sitoplasma. Selain itu, saliva memiliki antibodi dan suatu komplemen yang berperan sebagai opsonin untuk membantu lisis pada sel mikroba.

Pada lambung terdapat asam hidroklorida dan di usus terdapat enzim proteolitik, antibodi, dan empedu yang melindungi terhadap infeksi mikroba. pH pada vagina rendah, spermin pada semen, dan jaringan lainnya mampu mencegah berkembangnya bakteri. Pembilasan yang terjadi di urin membantu mengeliminasi patogen. Laktoferin dan transferin yang terdapat didalam serum mampu mengikat besi, yang merupakan nutrisi penting bagi sebagian mikroba seperti pseudomonas. Sekresi mukosa di saluran napas (termasuk enzim dan antibodi) serta di telinga berfungsi pada pertahanan biokimia tubuh. Mukus yang kental melindungi sel epitel mukosa dapat menangkap bakteri dan partikel lain, yang kemudian terjadi pengeluaran oleh gerakan silia (lihat gambar 18.1).

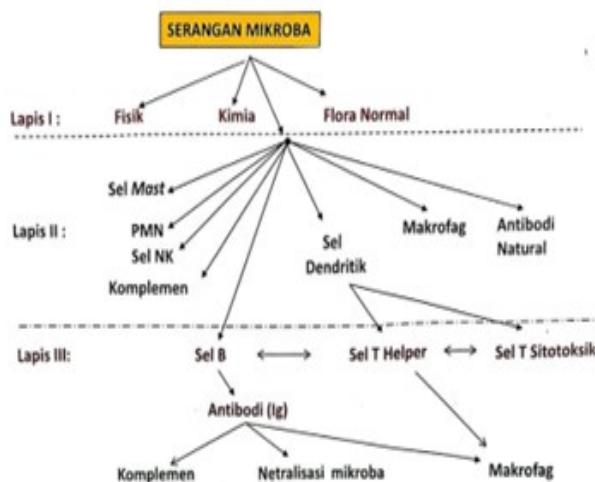


Gambar 18.1 Pertahanan tubuh (sumber: Garna 2012)

### 3. Pertahanan Humoral

Mekanisme pertahanan tubuh di permukaan bekerja sebelum patogen masuk ke dalam tubuh. Jika Mikroorganisme berhasil melewati pertahanan terdepan maka selanjutnya akan dihadapi oleh sel-sel imunitas nonspesifik yaitu di epitel dan pada subepitel yaitu sel dendritik, makrofag jaringan, sel mast, leukosit PMN, sel Natural Killer (NK), serta protein pertahanan seperti komplemen. Jika patogen berhasil masuk ke dalam darah, mereka akan disambut oleh makrofag dalam darah (monosit) dan protein plasma (komplemen).

Respon imun dalam darah dan jaringan diaktifkan setelah mikroba atau toksinnya masuk ke dalam jaringan. Lapisan pertama pertahanan meliputi pertahanan fisik, kimia, dan flora normal. Lapisan kedua melibatkan sel mast, neutrofil (PMN), komplemen, sel dendritik, makrofag, sel NK, dan antibodi alami yang berperan dalam imunitas nonspesifik (lihat gambar 18.2).



Gambar 18.2 Lapisan pertahanan  
(sumber: Wahid S dan Miska U (2015))

## **Fungsi Imunitas Nonspesifik**

Imunitas nonspesifik berfungsi sebagai:

1. Respon awal terhadap adanya mikroba bertujuan untuk mengontrol, mencegah dan menghilangkan infeksi yang ada pada manusia. Keberhasilan atau kegagalan respons imun nonspesifik sangat tergantung pada tingkat kekuatan pathogen. Kegagalan biasanya terjadi karena patogen memiliki kemampuan untuk menghindari respon imun. Oleh karena itu, keberadaan respon imun yang lebih kuat diperlukan untuk mengatasi kondisi ini, yaitu imunitas adaptif/spesifik.
2. Memicu munculnya imunitas spesifik terhadap adanya patogen dan mengoptimalkan respon imunitas spesifik agar dapat lebih efektif dalam menghancurkan patogen, baik yang bersifat ekstraseluler maupun intraseluler. Imunitas adaptif tidak dapat terbentuk tanpa adanya imunitas nonspesifik. Mekanisme imunitas nonspesifik tetap digunakan selama respon imunitas spesifik berlangsung, hal ini bergantung pada kebutuhan dan jenis patogen yang dihadapi.
3. Imunitas nonspesifik tidak hanya bertugas merespons patogen, tetapi juga membersihkan sel-sel mati dan produk-produknya memfasilitasi proses penyembuhan jaringan. Berbagai kondisi yang menyebabkan kematian pada sel (seperti hipoksia atau trauma) tanpa adanya mikroba dapat memicu respons imun nonspesifik yang menghasilkan peradangan steril.

## **Respon Imunitas Nonspesifik**

Respon dari imunitas nonspesifik diberikan dalam bentuk respon inflamasi dan efek anti virus.

Respon inflamasi adalah proses di mana leukosit dan protein plasma dari darah diarahkan ke area yang terinfeksi atau mengalami kerusakan jaringan untuk menghilangkan patogen atau membersihkan jaringan

yang terkena kerusakan. Pada pembelajaran patologi, inflamasi melibatkan pelebaran pembuluh darah dan peningkatan permeabilitas kapiler, memungkinkan sel-sel imun untuk bermigrasi ke jaringan yang membutuhkan perbaikan. Sedangkan respon berupa efek anti virus mencakup dua strategi yaitu menghentikan aktivitas sel yang telah terinfeksi untuk mencegah replikasi virus dan merangsang sel NK untuk mengeliminasi sel-sel yang terinfeksi virus, menghindari terbentuknya tempat bagi virus untuk bertahan dalam tubuh manusia.

### **Pengenalan Patogen oleh Imunitas Nonspesifik/Innate**

Patogen memiliki kemampuan untuk memasuki tubuh manusia sebagai upaya mencari kehidupan, dan tubuh manusia memiliki kemampuan untuk mendeteksi kedatangan patogen sebagai ancaman. Patogen memiliki penanda berupa molekul yang dikenali oleh sistem imun manusia, sehingga tubuh dapat mengantisipasi kehadiran patogen ini.

Untuk bisa mengenal pathogen ada karakteristik molekul sebagai penanda yaitu: Pathogen-Associated Molecular Patterns (PAMPs) dan virus seperti double-stranded RNA, LPS (lipopolisakarida) pada bakteri gram negatif dan pada gram positif Lipoteichoic acid (LTA).

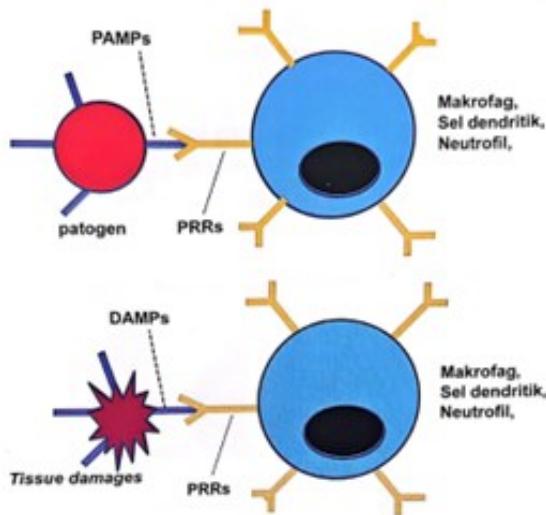
Penanda PAMPs ini hanya ada pada mikroba yang membahayakan (patogen) untuk manusia. PAMPS ini berbeda-beda tergantung jenis patogen (virus, bakteri gram negatif, bakteri gram positif, dan jamur). PAMPs ini hanya ada pada mikroba patogen dan tidak ada pada sel manusia (mamalia), sehingga menjadi pembeda yang membuat imunitas nonspesifik hanya berespon terhadap mikroba patogen dan tidak terhadap sel sendiri. Kecepatan mikroba melakukan perubahan sangat cepat dari manusia sehingga memudahkan terjadinya mutasi. Namun diketahui PAMPs tidak dapat bermutasi, sampai sekarang PAMPs tidak mengalami perubahan. Stabilitas struktural PAMPs ini membuat menjadi target utama dalam deteksi patogen oleh sistem imun nonspesifik/innate. Hal ini memungkinkan sistem

kekebalan untuk merespons dengan cepat dan efektif terhadap berbagai patogen yang masuk.

PAMPs terdiri dari berbagai komponen seperti lipopolisakarida (LPS) pada bakteri Gram-negatif, Lipoteichoic acid (LTA) pada bakteri gram-positif, flagelin, peptidoglikan, dan asam nukleat tertentu seperti dsRNA pada virus.

Imunitas nonspesifik juga mampu mengenal adanya molekul endogen yang dihasilkan oleh sel yang sudah rusak atau mati yang dikenal sebagai Damaged-Associated Molecular Patterns (DAMPs). Kematian atau kerusakan sel dapat terjadi akibat infeksi atau sebab lain seperti racun kimia, trauma, terbakar, atau iskemia/hipoksia (sterile injury).

Sistem imun nonspesifik/innate mengenali PAMPs melalui reseptor Pattern Recognition Receptors (PRRs) yaitu toll-like receptors (TLRs), NOD-like receptors (NLRs), dan lainnya, yang kemudian memicu respon imun untuk melawan pathogen (gambar 18.3)



Gambar 18.3 Pengenalan PAMPs dan DAMPs oleh makrofag, Sel dendritik dan neutrophil  
(sumber: Wahid S dan Miska U (2015))

## *1. Pattern Recognition Receptors (PRRs)*

Pattern Recognition Receptors (PRRs) adalah komponen sistem kekebalan nonspesifik yang berfungsi mendeteksi patogen (mikroorganisme penyebab penyakit) dan molekul yang berhubungan dengan kerusakan sel. PRRs mengenali struktur molekuler yang sangat konservatif dan tidak berubah-ubah pada patogen yang dikenal sebagai Pathogen-Associated Molecular Patterns (PAMPs) serta molekul yang dilepaskan oleh sel yang mengalami kerusakan atau stres yang dikenal sebagai Damage-Associated Molecular Patterns (DAMPs).

Mikroba patogen yang lainnya dapat juga memiliki PAMPs yang sama mengakibatkan spesifisitas pada imunitas nonspesifik tidak spesifik pada mikroba patogen tertentu seperti pada imunitas spesifik/adaptif, tetapi spesifik PAMPs. Mikroba yang berbeda tetapi memiliki PAMPs yang sama mampu diketahui oleh reseptor yang sejenis. Hal inilah yang membuat imunitas nonspesifik/innate mampu berespon terhadap patogen dengan variasi yang luas (banyak jenis mikroba).

## *2. Soluble Recognition Molecules (SRMs)*

Soluble Recognition Molecules (SRMs) adalah molekul yang terlarut dalam cairan tubuh, seperti darah atau cairan interstisial, yang berperan dalam pengenalan dan respons terhadap patogen serta molekul yang berasal dari kerusakan sel. Dapat mendeteksi Pathogen-Associated Molecular Patterns (PAMPs) dan Damage-Associated Molecular Patterns (DAMPs). Berfungsi memfasilitasi penghilangan mikroba di darah atau pada cairan ekstraseluler dengan terjadinya peningkatan penangkapan mikroba oleh sel-sel kekebalan nonspesifik dan mengaktifkan mekanisme pembunuhan mikroba di luar sel. SRMs pada sistem imunitas nonspesifik seperti penraxins (contohnya C-reactive protein), Ficolins (contohnya ficolin), Natural antibodies (IgM), Collectin (Mannose-binding lectin dan surfactant protein). SRMs ini

berada di plasma, kecuali Collectin (SP-A dan SP-B) terletak di alveoli.

Komponen sel dan protein yang berperan dalam imunitas nonspesifik antara lain, epitel permukaan, makrofag (Fagosit mononuklear), sel dendritik, sel mast, neutrophil, sel natural killer (NK) dan subset limfosit, complement, kollektin, fikolin dan pentraklin.

### **Imunitas Spesifik/Adaptif**

Sistem imun spesifik atau adaptif memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi materi yang dianggap asing oleh tubuh. Ketika tubuh terpapar pertama kali dengan benda asing ini, sistem imun spesifik segera mengenali dan meresponsnya. Respons pertama (primer) dengan adanya antigen ini menghasilkan sensitivitas yang dapat memusnahkannya. Adanya respon primer mengakibatkan terbentuknya sel memory, sehingga jika mikroba yang sama menyerang tubuh yang kedua kalinya, sel memori dapat mengenal antigen yang bersangkutan sehingga memberikan respon akan lebih cepat dibandingkan dengan respon imun primer. Sistem imun spesifik dapat dibagi menjadi dua yaitu, Sistem humorai yang melibatkan sel B, dan sistem seluler yang melibatkan sel T.

### **Sistem Imun Spesifik Humural**

Imunitas humorai yang berperan adalah limfosit B atau sel B. Sel B berasal dari sel punca multipoten pada sumsum tulang. Ketika dirangsang oleh antigen, sel B akan mengalami proliferasi, diferensiasi, dan menjadi sel plasma yang menghasilkan antibody yang dalam serum. Fungsi yang utama dari antibodi adalah melindungi tubuh dari suatu infeksi yang terjadi di luar sel, baik virus maupun bakteri, serta meredakan efek toksinnya

### **Respon Imun Humural/Sel B**

Pada respons imun primer, sel B naif matang yang pertama kali menemukan antigen mengalami proliferasi dan diferensiasi menjadi sel plasma yang menghasilkan

antibodi di darah. Pada respon imun humural terbentuk sel memori yang dapat memberikan respons setelah terpapar antigen dan dengan kekuatan yang lebih besar dari pajanan pertama. Beberapa hari setelah terpajahan dengan antigen, ada periode laten sebelum antibodi mulai diproduksi. Awalnya, hanya antibodi tipe IgM yang diproduksi, dan kemudian dengan bantuan sel T, sel B dapat mengatur ulang gen-gen mereka untuk memproduksi antibodi tipe lain seperti IgG, IgA, atau IgE. Respons imun setelah paparan pertama cenderung lambat dan memberikan imunitas yang terbatas.

Pada respons imun sekunder atau booster (anamnestik), sel memori pada sel B dan T jika terpapar kembali dengan suatu antigen akan dengan cepat berkembang biak dan mengalami diferensiasi menghasilkan sel plasma matang yang dengan jumlah besar antibodi, terutama IgG karena terjadi isotype-switching yang diinduksi oleh sel T. Antibodi ini berada di dalam darah dan di jaringan tubuh untuk berinteraksi dengan antigen. Setelah paparan ulang dengan antigen yang sama, respons imun akan lebih cepat dan lebih efektif. Ini disebabkan oleh adanya sel memori pada sel B dan sel T yang telah tersedia dan siap untuk merespons dengan cepat, menghasilkan antibodi dalam jumlah besar untuk melawan antigen tersebut.

### **Reseptor Sel B**

Reseptor permukaan sel, juga dikenal sebagai reseptor membran atau reseptor transmembrane. Reseptor ini merupakan protein khusus ditemukan pada permukaan sel, melekat pada membran. Berfungsi sebagai titik kontak antara sel dengan lingkungan eksternal melalui pengikatan dengan berbagai molekul ekstraselular seperti hormon, neurotransmitter, sitokin, faktor pertumbuhan, molekul adhesi, atau nutrien yang terlibat dalam metabolisme dan fungsi sel.

Reseptor seperti BCR (B Cell Receptor) pada sel B merupakan contoh reseptor yang mengikat antigen asing multivalen. Ini menginisiasi serangkaian proses seperti proliferasi sel B, diferensiasi membentuk sel plasma yang

menghasilkan antibodi, sel memori dan mempresentasi antigen kepada sel T. Pembelahan sel B terutama terjadi di pusat germinal kelenjar getah bening (limfonodus).

BCR memulai sinyal transduksi yang kompleks yang ditingkatkan oleh molekul ko-stimulator. Setiap sel B mengandung ribuan BCR yang identik. Struktur BCR terdiri dari heterodimer protein transmembran yang disebut Ig- $\alpha$ /Ig- $\beta$ , yang terkait dengan molekul imunoglobulin yang membentuk BCR.

### **Sistem Imun Spesifik Selular/Sel T**

Sel T merupakan bagian penting dari sistem imun spesifik seluler. Sama halnya dengan sel B, sel T berasal juga dari sel punca yang sama. Sel T diproduksi di sumsum tulang tetapi mengalami proliferasi dan diferensiasi pada kelenjar timus, di mana sebagian besar sel T yang dihasilkan akan mati (sekitar 90-95%), sementara sebagian kecil (5-10%) terbentuk sel T matang dan selanjutnya meninggalkan timus untuk beredar di sirkulasi darah.

Sel T terdiri dari Sebagian besar subset dengan fungsi yang berbeda. Ini mencakup sel CD4+ (Th1, Th2), sel CD8 (Cytotoxic T Lymphocyte), dan sel regulator (Ts atau Tr, serta Th3). Fungsi utamanya adalah melindungi tubuh dari mikroba yang hidup di dalam sel, seperti bakteri intraselular, virus, jamur, parasit, dan juga untuk melawan pertumbuhan sel kanker. Misalnya, sel CD4+ dapat mengaktifkan sel Th1, yang kemudian menstimulasi makrofag untuk mengeliminasi mikroba. Sel CD8+, atau CTL, memiliki peran khusus dalam mengenali dan menghancurkan sel yang mengalami infeksi virus.

### **Respon Imun Seluler/Sel T**

Mikroba yang hidup di dalam sel, terutama di dalam makrofag, sulit dijangkau oleh antibodi karena lokasinya yang terlindungi. Untuk menyerang mikroba intraseluler ini, diperlukan respons imun yang diatur oleh limfosit T. Sel limfosit T di bedakan menjadi 2 yaitu, sel limfosit T helper (disebut juga T CD4+) dan sel limfosit T sitotoksik

(disebut juga CD8+). Sel T CD4+ berfungsi sebagai "pengatur" dalam respon imun spesifik terhadap patogen. Sel ini memproduksi sitokin yang mengaktifkan berbagai komponen sistem imun, mengaktifkan sel B untuk memproduksi antibodi, merangsang makrofag, memicu proses peradangan, dan mendukung produksi sel T sitotoksik. Sel Th (T-helper) mengenali antigen melalui kompleks histokompatibilitas (MHC) kelas II yang ditemukan pada permukaan sel makrofag. Interaksi ini memicu limfosit T untuk menghasilkan berbagai jenis sitokin, termasuk interferon yang memodulasi makrofag dalam menghancurkan antigen tersebut. Sel CD8+ berfungsi untuk secara langsung menghancurkan mikroorganisme intraseluler yang dipresentasikan melalui MHC kelas I, melakukan interaksi sel-sel. Sel T-sitotoksik juga memproduksi interferon gamma, yang membantu mencegah adanya penyebaran mikroba ke dalam sel lainnya.

## **Antigen**

Antigen adalah molekul atau struktur yang dianggap asing oleh sistem imun dan dapat memicu respons imun. Antigen dapat berasal dari patogen seperti bakteri, virus, jamur, atau parasit, maupun dari zat non-patogen seperti serbuk sari, racun, atau sel tubuh yang bermutasi (misalnya, sel kanker). Ketika sistem imun mengenali antigen, hal ini akan merangsang produksi antibodi atau mengaktifkan sel imun lainnya untuk melawan dan menghancurkan zat asing tersebut. Antigen memicu respons imun adaptif yang melibatkan antibodi dan sel T.

Meskipun antigen dapat berikatan dengan antibodi yang spesifik, tidak semua antigen dapat memicu pembentukan antibodi pada imunitas humoral atau aktivasi sel T pada imunitas seluler. Antigen yang bisa memicu respon imun disebut imunogen. Antigen yang tidak bersifat imunogenik dapat menjadi imunogenik jika terlebih dahulu dipecah menjadi molekul organik kecil (hapten) dan kemudian digabungkan dengan protein pembawa (carrier protein).

Ada beberapa faktor yang membuat antigen dapat memicu respon imun.

1. Antigen harus bersifat asing
2. Ukuran antigen
3. Formasi molekul antigenic determinant (epitop)
4. Aksesibilitas antigen
5. Rute pemaparan antigen
6. Dosis antigen
7. Frekuensi pemaparan antigen
8. Pemberian bersama adjuvants.

## **Daftar Pustaka**

- Abbas, A.K., Lichtman A.H., Pillai Shiv. (2012). Cellular and Molecular Immunology. 7th Edition, International Edition, Elsevier Sounders.
- Garna, K.B., Rengganis I. (2012). Imunologi Dasar. Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Wahid S., Miskad U.A. (2015). Imunologi lebih mudah di pahami. Briliant Internasional.
- Li D., Wu M. (2021). Pattern recognition receptors in health and disease, Signal Transduction and Target Therapy. Springer Nature, 6:291.
- Strzelec M., Detka J., Mieszczałk P., Sobocińska M.K., Majka M. (2023). Immunomodulation-a general review of the current state-of-the-art and new therapeutic strategies for targeting the immune system. Front Immunol. 2023; 14: 1-16.
- Nigro C.L., Macagno M., Sangiolo D., Bertolaccini L., Aglietta M.,
- Merlano M.C. (2019). NK-mediated antibody-dependent cell-mediated cytotoxicity in solid tumors: biological evidence and clinical perspectives. Ann Transl Med. 7(5):105.

### **Profil Penulis**



#### **Dr. apt. Andi Emelda, S.Si., MSi.**

Adalah seseorang pharmacist yang menyelesaikan studi program Doktor di Universitas Hasanuddin pada tahun 2013. Saat ini adalah dosen di program studi Farmasi pada Fakultas Farmasi Universitas Muslim Indonesia (UMI). Aktif menulis pada jurnal baik nasional maupun internasional bereputasi serta menjadi pembicara dan pemakalah pada seminar-seminar nasional dan internasional. Memperoleh hak paten tentang ekstrak biji kakao yang tidak difermentasi untuk mengobati luka bakar. Memiliki berbagai pengalaman di bidang Farmakologi dan Imunologi. Aktif meneliti dibidang penemuan obat dari bahan alam, imunomodulator dan aktivitas skrining terutama penyakit degeneratif. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis buku.

Email Penulis: [andi.emelda@umi.ac.id](mailto:andi.emelda@umi.ac.id)

---

## KONSEP BIOLISTRIK

**Nur Chabibah, S.Si., M.Si.**

Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Hang Tuah Surabaya

### **Pengertian Biolistik**

Biolistik merupakan energi yang dimiliki individu dalam bentuk ATP (Adenosin Tri Phospat) dihasilkan oleh mitokondria melalui proses respirasi sel. Biolistik berkaitan dengan muatan listrik, ion, dan medan listrik yang terdapat dalam makhluk hidup serta tegangan listrik yang dibangkitkannya. Tegangan listrik disebut potensial listrik/ tegangan-bio/biopotensial/potensial sel/ cell potentials. Potensial sel membutuhkan energi sekitar 25% guna menjaga tegangan sel untuk terus terjaga. Potensial sel dapat juga diubah dalam bentuk fires (rangsangan) melalui trigger/ perlakuan internal maupun eksternal sehingga menghasilkan pulsa tegangan (voltage pulses). Efek yang ditimbulkan dari pengubahan nilai tegangan tergantung pada jenis selnya. Sebagai contoh sel saraf, adanya pengubahan nilai tegangan sel yang ada pada sel saraf dapat menghasilkan voltage pulses, kemudian dirambatkan ke berbagai sel lainnya untuk memberikan informasi tentang perintah/ respon yang diberikan. Aktivitas sekumpulan sel ditentukan oleh keadaan tegangan yang dihasilkan dan dapat diukur melalui voltage pulses. Pengamatan voltage pulses dapat dilakukan dengan memasang beberapa elektroda pada permukaan kulit sesuai kebutuhan diagnosa. Hasil rekaman dapat digunakan membantu mendiagnosa adanya penyakit seperti epilepsy, tumor, gagat otak, dan kelainan otak lainnya.

Biolistrik juga berperan dalam jaringan makhluk hidup. Kelistrikan pada jaringan mempunyai dualisme sifat karakteristik yaitu sebagai konduktor dan dielektrik atau kapasitif. Pada umumnya jaringan akan bersifat konduktor elektrolit jika mempunyai rentang frekuensi < 100 kHz. Sedangkan sifat dielektrik/ kapasitif dapat muncul pada frekuensi rendah 10 Hz, akan tetapi lebih mendominasi pada frekuensi 50 kHz.

Kelistrikan memegang peranan penting dalam bidang kesehatan. Terdapat dua aspek dalam bidang kedokteran yaitu kelistrikan dan kemagnetan yang timbul pada tubuh manusia, serta penggunaan pada permukaan tubuh manusia. Pada chapter ini akan membahas tentang kelistrikan yang ada dalam tubuh manusia. Kelistrikan yang dihasilkan tubuh berfungsi untuk mengendalikan, mengoperasikan saraf, otot dan berbagai organ. Pada dasarnya, semua fungsi dan aktivitas tubuh melibatkan listrik, misalnya gaya yang ditimbulkan oleh otot akibat adanya gaya tarik-menarik antara muatan listrik yang berbeda, kinerja otot, otak dan jantung mempunyai sifat listrik.

### **Hukum Fisika yang Mendasari Biolistrik**

Adapun hukum fisika yang mendasari adanya biolistrik adalah:

**Hukum Ohm;** hukum ohm menyatakan “perbedaan potensial (V) antara ujung konduktor berbanding lurus dengan arus (I) yang melewati, berbanding terbalik dengan tahanan (R) dari konduktor”. Hukum ohm dirumuskan sebagai berikut:  $R = \frac{V}{I}$  dimana R=hambatan (ohm), V=tegangan (volt), I=Kuat arus (Ampere). Beda potensial besarannya berbeda dengan arus maka terdapat tetapan kesebandingan (R dalam volt/ampere) sehingga secara matematis hukum ohm dituliskan sebagai  $V=R \cdot I$ . Kawat konduktor biasanya berbentuk silinder sehingga nilai R bergantung jenis konduktor, panjang (l), dan luas penampang (A). Jenis konduktor dinyatakan dalam tahanan jenis (atau dalam bentuk konduktivitas yang

bersatuan ohm). Jika bahan konduktor berbentuk silinder dengan diameter d maka luas penampangnya

$A = \frac{\pi d^2}{4}$  dengan Panjang l maka nilai tahanannya adalah:

$$R = \frac{\rho l}{A}$$

**Hukum Kirchhoff;** sejumlah peralatan kesehatan yang berbasis kelistrikan menggunakan Hukum Kirchoff. Misalkan elektrokardiogram memanfaatkan beda potensial antara tangan dan dada, antara tangan dan kaki, agar tegangan menjadi lebih besar maka salah satu kaki pasien harus di groundkan. Hukum Kirchoff biasanya dikombinasikan dengan prinsip/hukum fisika lainnya seperti Jembatan Wheatsstone sehingga tegangan keluarannya menjadi stabil. Hukum Kirchoff dibagi menjadi dua yaitu hukum I kirchoff untuk tegangan/ Kirchhoff Voltage Law (KVL) dan hukum II Kirchhoff untuk arus listrik/ Kirchhoff Current Law (KCL).

**Hukum Joule;** Hukum Joule menyatakan arus listrik yang melewati konduktor (R) dengan perbedaan tegangan (V) dalam waktu tertentu akan menimbulkan panas. Hukum Joule dinyatakan dalam rumus:  $H = \frac{V \cdot I \cdot t}{J}$  dimana V = tegangan (Volt), I= Kuat Arus (Ampere) , t = waktu (sekon), J = Joule (Kal)

### Karakteristik Biolistrik

Terdapat 3 karakteristik dalam biolistrik yaitu: impedansi dan bioimpedansi, kapasitansi dan resistansi, dan dielektrik.

#### **Impedansi dan Bioimpedansi**

Impedansi merupakan rasio antara arus dan tegangan yang diaplikasikan baik pada arus AC maupun DC. Bioimpedansi didefinisikan sebagai sifat kelistrikan pasif yang dimiliki oleh makhluk hidup untuk melawan arus listrik. Impedansi pada suatu jaringan terdiri dari dua yaitu Resistansi (R) dan Reaktan X atau Xc. Resistansi merupakan bagian asli dari impedansi, menjelaskan nilai jaringan yang berlawanan dengan arus dan tidak

dipengaruhi oleh frekuensi. Reaktan adalah bagian khayalan (imaginary) impedansi, bersifat kapasitif (dipengaruhi oleh membran sel kapasitor) dan dipengaruhi oleh perubahan frekuensi.

### Kapasitansi dan Resistansi

Kapasitansi adalah besaran yang menyatakan kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan listrik. Kapasitansi diukur berdasarkan besarnya muatan yang dapat disimpan pada suatu kenaikan tegangan. Kapasitansi bergantung pada ukuran, bentuk konduktor, dan akan bertambah bila ada sebuah material pengisolasi (dielectric). Rumus kapasitansi dapat ditulis sebagai berikut:  $C = \frac{Q}{V}$  dimana C adalah nilai kapasitansi dalam F (Farad), Q adalah muatan electron dalam C (coulomb) dan V besar tegangan dalam V (volt).

Resistansi adalah kemampuan suatu benda untuk menahan/menghambat aliran arus listrik. Jika pada dua macam bahan dengan bentuk geometri dan ukuran yang sama diberi tegangan listrik dari sumber daya yang sama, dapat memberikan nilai arus yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh perbedaan resistansi kedua bahan tersebut. Jika resistansinya rendah, maka arus yang mengalir akan besar dan sebaliknya arus mengalir kecil bila resistansinya besar.

Hambatan dari suatu material ohmik merupakan perbandingan perbedaan potensial V antara titik titik tersebut dengan arus listrik I dan dikenal sebagai Hukum Ohm. Untuk material – material yang mematuhi Hukum Ohm (logam/material ohmik lainnya) resistansi tidak bergantung pada arus (perbandingan  $V/I$ ). Material nonohmik, perbandingan  $V/I$  bergantung pada arus sehingga arus tidak sebanding dengan beda potensial. Untuk nonohmik, resistansi suatu material bergantung pada panjang, luas penampang lintang, dan resistivitas  $\rho$  ditunjukkan oleh persamaan berikut:  $R = \rho \frac{L}{A}$

## **Dielektrik**

Dielektrik merupakan bahan yang diletakkan diantara plat kapasitor untuk diukur dengan cara diaplikasikan medan magnet. Secara etimologi, dielektrik merupakan bahan yang dipenetrasi oleh medan listrik. Pada kapasitor, ruang antara konduktor biasanya diisi bahan isolator sebagai dielektrik. Definisi spesifik dielektrik adalah bahan dimana arus kapasitifnya (perpindahan) lebih besar daripada arus pada fase ( $\omega C > G$  atau  $f > \sigma / 2\pi\epsilon_0$ ). Suatu jaringan hidup merupakan biomaterial dan konduktor elektrik, dengan ion yang dapat bergerak bebas dan memiliki konduktivitas DC. Dielektrik memiliki sifat yang dapat menggambarkan kemampuan bahan untuk menyimpan energi di dalam bahan tersebut dan menghamburkan energi dalam bentuk panas, ketika bahan tersebut diekspos pada medan arus listrik. Sifat ini dihasilkan dari arus pengisian dan arus hilang yang berhubungan dengan kapasitansi listrik dan tahanan material.

Sifat dielektrik adalah sifat yang dapat menggambarkan kemampuan bahan untuk menyimpan energi dalam bahan menggambarkan dan menghamburkan energi dalam bentuk panas ketika bahan tersebut diekspos pada medan arus listrik. Karakteristik bahan dielektrik baik yang berwujud cairan, gas, kristal, atau bentuk lainnya mempunyai kemampuan untuk menyimpan energi listrik. Penyimpanan ini terjadi secara relatif pada kedudukan muatan positif internal dan muatan negatif internal terhadap gaya atomik dan molekular yang normal. Bahan dielektrik dinilai berdasarkan kemampuan bahan untuk mempengaruhi gaya elektrostatik pada suhu tertentu. Bahan dielektrik suatu kapasitor berfungsi untuk menghambat aliran arus antar plat.

## **Biolistrik pada Tubuh Manusia**

Semua aktivitas dan fungsi tubuh melibatkan listrik. Listrik yang dihasilkan di dalam tubuh berfungsi untuk mengendalikan dan mengoperasikan saraf, otot, dan berbagai organ. Gaya yang ditimbulkan otot disebabkan adanya tarik-menarik antara muatan listrik yang berbeda.

Kerja otak pada dasarnya bersifat elektrik. Semua sinyal saraf dari dan ke otak melibatkan aliran arus listrik.

Sistem saraf berperan penting pada semua fungsi tubuh. Misalkan otak yang diibaratkan seperti komputer sentral menerima sinyal baik internal maupun eksternal, menghasilkan informasi dan atau respon yang sesuai. Informasi disalurkan sebagai sinyal listrik di sepanjang sel saraf dan dapat menangani jutaan informasi pada saat yang sama. Sinyal listrik dihasilkan dari proses elektrokimiawi sel-sel tertentu. Mengukur sinyal listrik yang dihasilkan tubuh secara selektif dapat memperoleh informasi klinis mengenai fungsi tertentu tubuh. Keberadaan listrik di dalam tubuh menyangkut sistem saraf dan yang mendasarinya yaitu neuron, perbedaan konsentrasi ion antara di dalam dengan di luar sel, potensial listrik, dan perambatan potensial aksi di dalam sel serta kelistrikan di dalam otot jantung yang berbeda dengan otot lainnya.

### **Sistem Saraf dan Neuron**

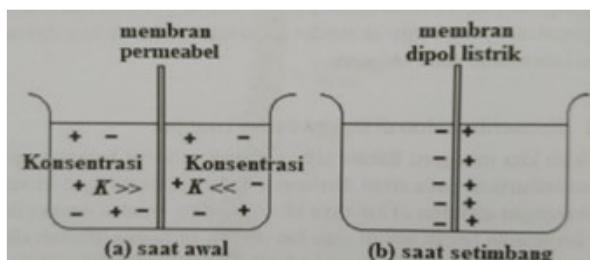
Sistem saraf dibagi menjadi dua yaitu sistem saraf pusat dan otonom. Sistem saraf pusat terdiri dari otak, korda spinalis, dan saraf perifer. Sebagian besar sistem saraf pusat terletak pada batok kepala dan otak sebagai pusatnya saraf. Otak merupakan organ terpenting bagi tubuh dan mendapat perlindungan khusus. Otak dibungkus oleh tiga membran di dalam tengkorak protektif dan karena otak "mengambang" di dalam Cairan Serebro Spinalis (CSS) yang berfungsi sebagai peredam-kejut. Otak terhubung dengan korda spinalis yang juga dikelilingi oleh CSS dan dilindungi oleh tulang belakang. Otak mengendalikan semua kontrol tubuh, mempunyai massa 1.500 kg, massa efektifnya 50 gr. Informasi sebelum masuk ke otak harus melalui cairan serebro spinalis kemudian ke medulla spinalis. Sistem saraf otonom berupa serat – serat yang berperan sebagai pengatur fungsi organ tubuh sekaligus sebagai pengontrol agar organ tubuh dapat tetap berfungsi. Organ tubuh yang dikontrol meliputi jantung, usus, dan kelenjar.

Organ - organ tersebut bekerja dengan sendirinya tanpa diperintah otak.

Bagian terkecil dari sel saraf adalah neuron. Neuron berperan menerima informasi dalam bentuk besaran listrik. Informasi ini diinterpretasikan kemudian dihantarkan ke saraf pusat dalam bentuk listrik juga di otak. Sejumlah neuron bekerjasama membentuk sistem saraf. Contoh sistem saraf motoris, neuron yang memuat inti, tubuh sel, sinaps, dendrit, dan akson yang terhubung dengan mielin, nodus hingga mencapai ujung saraf motoris yang berkонтак dengan serabut otot. Jika terdapat gangguan pada serabut otot makan informasi gangguan pun akan dikirim ke neuron setelah melewati nodus renvier dan selubung mielin, neuron menginterpretasikannya dan menghantarkan ke saraf pusat dalam bentuk listrik.

### Konsentrasi Ion di Dalam dan di Luar Sel

Tubuh manusia tersusun dari sel. Setiap sel tersusun dari sejumlah atom. Setiap sel terdiri dari sel bagian dalam dan bagian luar yang dipisahkan oleh membran sel. Konsentrasi ion di luar sel berbeda dengan yang ada di dalam sel, sehingga terjadi proses difusi dari bagian dalam menuju bagian luar sel. Jika sudah mencapai kesetimbangan maka salah satu sisi membran bermuatan positif dan membran lainnya bermuatan negatif. Hal ini menunjukkan membrane tersebut menjadi sebuah dipol listrik saat kesetimbangan terjadi dan dapat diilustrasikan pada gambar berikut:



Gambar 0.1 (a) ion K terdifusi dari konsentrasi tinggi ke konsetrasi rendah, (b) kondisi larutan ketika setimbang, membrannya menjadi sebuah dipol listrik

Gambar di atas memperlihatkan larutan KCl di dalam wadah yang terpisah oleh membran semipermeable. Pada saat awal (Gambar 19.1.(a)) terjadi perbedaan konsentrasi K<sup>+</sup> di sebelah kiri lebih besar jika dibandingkan sebelah kanan. Larutan disebelah kiri membran lebih pekat dibandingkan sebelah kanan juga maka saat larutan mencapai setimbang menjadi miskin ion positif (lebih negative daripada sebelah kanan). Sebaliknya larutan sebelah kanan lebih encer dibandingkan sebelah kiri, ketika terjadi kesetimbangan menjadi kaya ion positif yang berarti lebih positif. Kondisi ini menyebabkan membran menjadi dipol listrik dengan kutub positif disebelah kanan dan kutub negatif disebelah kiri (Gambar 19.1.(b)).

Ilustrasi di atas setara dengan kondisi sel yang ada di tubuh manusia. Konsentrasi ion yang ada di luar sel berbeda dengan yang ada di dalam sel. Perbedaan itu menyebabkan proses difusi ion sehingga terdapat beda potensial pada bagian dalam dan luar sel. Adanya beda potensial, kontak antar sel, dan aktivitas sel maka tubuh dapat memuat sifat kelistrikan.

### **Kelistrikan Saraf**

Serat saraf tersusun dari sel – sel saraf. Sel saraf dibagi menjadi tiga yaitu: bagian dalam sel, membran dan bagian luar sel. Ion yang terdapat dalam sel meliputi Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, dan protein. Dibagian permukaan/ membran setiap neuron terdapat beda potensial listrik (V) akibat muatan negative neto di permukaan dalam membran dan muatan positif neto di permukaan luar. Muatan neto adalah hasil dari interaksi rumit antara ion-ion negative dan positif. Bagian dalam sel biasanya lebih negative 60 sampai 90 mV daripada bagian luar. Ketika sel beraktivitas, maka akan terjadi perpindahan ion dari satu sisi ke sisi lainnya, hal ini menunjukkan adanya aktivitas kelistrikan. Begitu juga sebaliknya saat sel beristirahat. Saat istirahat potensial listrik di luar sel ( $V_o$ ) lebih besar daripada potensial listrik di dalam sel ( $V_i$ ). Hal ini dikarenakan konsentrasi ion di luar sel lebih besar dibanding di dalam sel. Disebutkan bahwah  $V_o > V_i$  disebabkan konsentrasi

$\text{Na}^+$  di luar sel lebih besar dibandingkan di dalam sel. Selain itu keberadaan potensial listrik di dalam dan di luar sel dianggap hanya dipengaruhi  $\text{Na}^+$  saja. Sel disebut melakukan aktivitas kelistrikan jika sel mempunyai kemampuan untuk memindahkan ion Na dari satu sisi ke sisi lainnya. Perpindahan ion memberi gambaran bahwa aktivitas sel selalu berupa hantaran impuls yang dimaknai sebagai hantaran listrik. Peristiwa hantaran impuls terjadi pada serat saraf. Hantaran impuls dapat berlangsung secara cepat maupun lambat dan dinyatakan dalam bentuk laju hantaran impuls ( $V_i$ ). Laju hantaran impuls sebanding dengan diameter serat dan berbanding terbalik dengan tahanannya (isolator). Dalam hal ini yang menjadi isolator adalah selubung mielin. Oleh karena itu:

$$V_i \simeq \frac{d}{m_i}$$

Sel melakukan aktivitas karena membrane sel memperoleh rangsangan. Rangsangan dapat berupa gangguan mekanis, listrik, kimia, atau stimulus. Jenis rangsangan dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Epolarisasi/ Rangsangan Lemah

Epolarisasi dapat terjadi akibat gangguan mekanis, listrik atau kimia. Epolarisasi menyebabkan dipol listrik membrane berubah sebab  $\text{Na}^+$  dapat masuk ke dalam sel sehingga potensial di dalam sel kurang negative dan peristiwa ini terus berlangsung hingga mencapai nilai ambang.

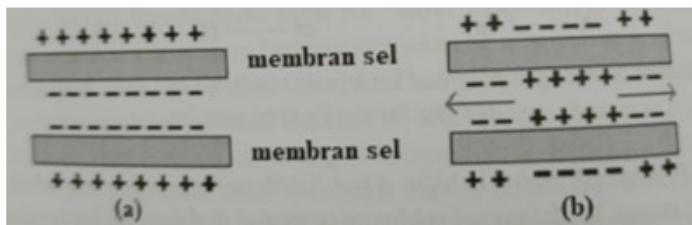
2. Depolarisasi/ Rangsangan Kuat

Depolarisasi terjadi akibat stimulus. Dipol listrik membrane berubah menjadi non dipol listrik. Terjadi adanya stimulus pada membrane sehingga  $\text{Na}^+$  dengan cepat mengalir ke dalam sel.

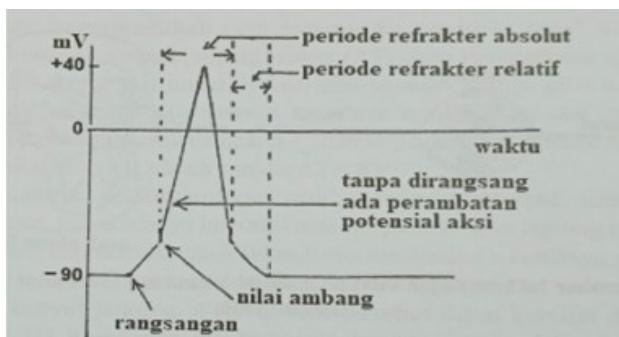
Depolarisasi merupakan kelanjutan dari epolarisasi. Setelah deplarisasi potensial listrik sel menuju ke kondisi istirahat. Kondisi ini terjadi karena anadanya ion  $\text{Na}^+$  segera kembali ke luar sel sehingga terjadi repolarisasi hingga akhirnya diperoleh satu siklus kondisi membrane dari fase istirahat ke istirahat berikutnya.

## Perambatan Potensial Aksi

Saat otot mendapatkan sebuah rangsangan baik secara fisik maupun kimiawi maka membrane pada sel saraf yang semula berupa dipol listrik memunculkan potensial aksi yang merangsang sel sekitarnya untuk mencapai nilai ambang mengakibatkan sel yang semula dipol listrik terjadi polarisasi sehingga menjadi bukan dipol listrik. Namun setelah potensial aksi selesai maka membranpun mengalami repolarisasi kembali, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 19.2. dan Gambar 19.3 berikut ini:



Gambar 19.2 Ilustrasi bagan membrane sel dan potensial aksi,  
a). kondisi awal/ saat resting potensial, b). ketika diberikan  
stimulasi sehingga terjadi depolarisasi



Gambar 19.3 Periode potensial listrik pada membrane sel. Periode ini terdiri dari resting potensial/membrane saat istirahat, kemudian terdapat impuls/ rangsangan, jika mencapai batas ambangnya maka akan muncul potensial aksi, sampai pada puncaknya kemudian mengalami repolarisasi sampai batas ambangnya kemudian menuju resting potensial. Repolarisasi dibagi menjadi dua yaitu periode refrakter absolut dan periode refrakter relatif.

Sel membran saat proses repolarisasi (menjadi dipol listrik kembali menuju sel istirahat) dibedakan menjadi 2 fase/ tingkat refrakter, meliputi: a). periode refrakter absolut; dan b). periode refrakter relative sesuai Gambar 19.3. Periode refakter absolut yaitu fase menuju repolarisasi bukan karena rangsangan akan tetapi merupakan fase lanjutan hingga siap muncul potensial aksi yang baru. Pola potensial aksi tersebut terjadi pada akson, adapun sel otot bergaris mempunyai pola yang sama dengan akson akan tetapi nilai potensial aksinya berbeda. Pola potensial aksi sel jantung sangat berbeda dengan akson maupun sel otot bergaris.

### **Kelistrikan pada Otot Jantung**

Kelistrikan sel hanya berlaku untuk sel saraf otot bergaris. Ketika membrane sel dalam keadaan istirahat atau resting potential kemudian diberikan stimulus maka ion natrium akan masuk ke dalam sel hingga mencapai ambang dan timbul depolarisasi. Pola yang demikian tidak terjadi pada sel otot jantung. Miokardium/ sel otot jantung mempunyai sifat yang mudah bocor sehingga  $\text{Na}^+$  mudah masuk hingga terjadi repolarisasi komplet. Prosesnya hampir sama dengan sel saraf otot bergaris hanya saja reaksinya spontan tanpa adanya stimulus dari luar. Pada Miokardium meskipun tanpa stimulus dari luar, tetapi diperolehnya nilai ambang dan potensial aksi sudah terjadi dengan kecepatan teratur. Rate tersebut dinamakan natural rate (kecepatan alamiah) membrane sel otot jantung. Natural rate didefinisikan sebagai selang waktu ( $\Delta T$ ) pada depolarisasi spontan miokardium antara saat mulai depolarisasi spontan hingga ambang setelah repolarisasi. Jika potensial membrane miokardium saat istirahat adalah  $V_{\text{rest}}$  pada tingkat nilai ambang  $V_a$  dan slope dari depolarisasi spontan terhadap nilai ambang adalah  $s$  maka:  $\Delta T = f(V_{\text{rest}}, V_a, s)$ . Selain itu, sel otot jantung saling berinteraksi dengan sel otot jantung lainnya menghasilkan depolarisasi untuk seluruh miokardium. Hasilnya, natural rate pada sel utama jantung (pacemaker) bersifat menentukan frekuensi denyut jantung dan dapat bersifat dinamis. Oleh karena

itu apabila frekuensi denyut jantung tidak stabil maka jantung dapat diberi alat bantu penggetar buatan (pacemaker). Denyut jantung seseorang dalam kondisi santai berkisar antara 60 – 80 denyut/menit. Laju denyut jantung bertambah besar ketika seseorang melakukan aktivitas fisik yang keras seperti jogging.

### **Penerapan Biolistik dalam Bidang Kesehatan**

Sel tubuh mempunyai sifat kelistrikan sehingga setiap jaringan memiliki potensial listrik. Jika jaringan menerima rangsangan maka akan diperoleh karakter potensial kelistrikan yang khas. Artinya isyarat pola potensial listrik tertentu ditentukan oleh aktivitas pada bagian tubuh tertentu. Isyarat kelistrikan pada tubuh dapat dimanfaatkan sebagai landasan pembuatan sejumlah alat pantau kesehatan elektronis. Berikut beberapa contohnya:

#### **1. Elektrokardiogram**

Pemanfaatan untai listrik dapat digunakan untuk memantau bilitistik yang disebabkan oleh denyut jantung. Alat yang digunakan untuk mengukur kelistrikan jantung dinamakan electrocardiogram (EKG). Denyut jantung dipantau dari permukaan kulit, yaitu di kedua tangan dan kedua kaki pasien. Hasil pantauan berguna untuk mengetahui ritme detak jantung yang pada akhirnya dapat diketahui kelancaran aliran darah dari dan ke jantung. Selanjutnya jantung dibagi menjadi 3 titik pantauan yaotu darah masuk ke serambi (atrium) kanan, darah masuk ke serambi kiri, dan darah keluar dari kedua bilik (ventrikel). Pada prinsipnya jantung menerima darah dari seluruh tubuh di serambi kanan dan menerima darah dari paruh – paruh diserambi kiri. Kemudian darah dari serambi kanan menuju ke bilik kanan, sedangkan yang dari serambi kiri ke bilik kiri. Darah dari bilik kanan pun keluar jantung menuju ke paru-paru, sedangkan darah dari bilik kiri menuju ke seluruh tubuh. Hal ini berarti setiap orang mempunyai dua buah sirkulasi darah yaitu: yang pertama jantung – seluruh tubuh – jantung,

sedangkan yang ke dua jantung – paru-paru – jantung. Jantung selalu berdenyut sehingga berperan sebagai pemeran darah. Ketika jantung berkontraksi/ mengkerut maka tekanan darah pun berada pada kondisi terbesar (sistol) tetapi ketika jantung berelaksasi/ mengembang maka tekanan darah pun menjadi kondisi terkecil (diastole). Adapun klep membuat darah dialiran arteri selalu berarah maju. Klep yang dimaksud adalah klep yang berada diantara serambi dan bilik, baik sebelah kiri maupun kanan dan dipintu keluar dari jantung.

Adanya denyut jantung memunculkan adanya beda potensial antar bagian pada jantung. Berdasarkan beda potensial yang ada dapat diketahui ritme denyut jantung pasien sehingga dapat diketahui kenormalannya. Terdapat 3 titik penting di jantung terkait adanya beda potensial yaitu: 1). Lokasi darah masuk dari seluruh tubuh diserambi kanan, 2). Lokasi darah masuk dari paru – paru di serambi kiri, 3). Lokasi darah akan keluar dari jantung.

kerja jantung yang ritmis dikendalikan oleh suatu sinyal listrik yang diawali oleh stimulasi spontan sel-sel otot khusus yang terletak di atrium kanan. Sel-sel ini membentuk nodus sinoatrium (SA), atau pamacu jantung, Nodus sinoatrium (SA) melepaskan sinyal dengan interval teratur sekitar 72 kali per menit; namun, kecepatan pelepasan sinyal ini dapat meningkat atau menurun bergantung pada saraf yang terletak di luar jantung sebagai respons terhadap kebutuhan tubuh akan darah serta rangsangan lainnya. Sinyal listrik dari nodus sinoatrium (SA) memicu depolarisasi sel-sel otot kedua atrium sehingga keduanya berkontraksi dan memompa darah ke dalam ventrikel. Kemudian terjadi repolarisasi atrium untuk melihat bentuk potensial aksi. Sinyal listrik kemudian berjalan menuju nodus atrioventrikel (AV) yang memicu depolarisasi ventrikel kanan dan kiri sehingga kedua ventrikel berkontraksi dan mendorong darah ke dalam sirkulasi paru dan umum. Otot ventrikel kemudian mengalami

repolarisasi dan rangkaian proses ini kembali berulang. Depolarisasi dan repolarisasi otot jantung menyebabkan arus mengalir di dalam badan, menimbulkan potensial listrik di kulit.

## 2. Elektroensefalogram

Fungsi Electroencephalogram/ elektroensefalogram (EEG) untuk mendeteksi gangguan otak berdasarkan aktivitas listriknya. EEG berperan sebagai alat pantau yang (bersifat kualitatif) kondisi otak seseorang dan bukan sebagai alat ukur ketidaknormalan fisik di dalam otak. Misalkan di dalam otak pasien terdapat tumor, EEG memberikan informasi letak tumornya akan tetapi tidak dapat memberikan informasi tentang dimensi tumornya. Otak terdiri dari sejumlah sel dan pada setiap sel terdapat membrane sehingga terjadi polaritas listrik antara bagian dalam dengan bagian luar sel. Sel otak juga melakukan aktivitas sehingga terjadi dinamika medan listrik yang memancarkan radiasi kemudian ditangkap elektroda, direkam, kemudian dibandingkan dengan hasil rekam otak seseorang yang telah diketahui dalam kondisi normal.

EEG dapat memantau ketidaknormalan otak meliputi tumor otak, pendarahan dan infeksi otak, cedera otak, epilepsy, dan parkinson. Pemantauan otak dengan EEG bersifat noninvasif sehingga aman. Orde dari isyarat listrik EEG adalah  $\mu$ V, dan frekuensinya dibedakan menjadi 4 kelompok yaitu: 1). Gelombang delta ( $\delta$ )/ gelombang lambat, mempunyai frekuensi 0.5 – 3.5 Hz., 2). Gelombang teta ( $\theta$ )/ gelombang menengah, mempunyai frekuensi 4 – 7 Hz., 3). Gelombang normal ( $\alpha$ )/ gelombang alfa, mempunyai frekuensi 8 – 13 Hz., dan 4). gelombang beta ( $\beta$ )/ gelombang cepat, mempunyai frkuensi lebih dari 13 Hz. Gelombang beta dibagi menjadi dua yaitu gelombang beta I yang mempunyai frekuensi dua kali gelombang alfa dan gelombang beta II mempunyai frkuensi leboh dari 26 Hz.

### 3. Elektromiogram

Elektromiogram (EMG) berfungsi untuk memantau kesehatan elektronis yang bertujuan untuk memperoleh informasi tentang aktivitas kelitikan pada otot. Sebuah serat otot memuat 25 – 2.000 sel serat saraf. Saat serat ototistirahat, potensial listrik pada serat otot senilai dengan sel serat saraf. Gerakan otot berkaitan dengan potensial aksi yang merampat di sepanjang akson dan diteruskan ke serat otot.

Pengukuran sel otot dibagi menjadi 2 yaitu:

a. Pengukuran sel otot tunggal

Teknik ini jarang dilakukan dikarenakan dalam praktiknya ditemukan kesulitan ketika mengisolasi serat otot tunggal. Prinsip kerjanya sebuah mikroelektroda ditancapkan pada sel otot, kemudian efek kelistrikkannya ditampilkan pada layer osiloskop. Agar sinyal potensial listrik dari mikroelektroda dapat terbaca pada osiloskop maka sebelum disampungkan ke osiloskop sinyalnya diperkuat dengan unit penguat linear OpAmp, agar nilai tegangannya terbaca konsisten maka terminal lainnya digroundkan sehingga potensialnya nol.

b. Pengukuran sel otot pada beberapa serat ototaktivitas listrik pada beberapa serat otot dapat dipantau dengan cara meletakkan elektroda pada permukaan kulit, tujuannya untuk mengetahui isyarat listrik dari unit saraf motoris. Prinsip kerjanya elektroda jarum dimasukkan ke dalam kulit untuk mengukur aktivitas unit motoris tunggal, elektroda permukaan di pasang pada kulit pasien yang dengan dengan lokasi elektroda jarum kemuadian dipantau pola tegangan listriknya. Pola elektroda jarum dan elektroda dipermukaan digabungkan sehingga bisa diperoleh pola dinamika potensial listrik dalam bentuk gelombang.

## **Daftar Pustaka**

- Cember, H. dan Johnson, T. E. 2009. Introduction to Health Physics. 4th edition. New York: McGraw Hill Medical
- Enderle, J.D.2005. Introduction to Biomedical Engineering. 2nd edition. London: Elsevier
- Firdaus, H. dan Widianti, T. 2016. Kehandalan Sistem Pengukuran Kebocoran Arus Listrik. Prosiding 11th Annual Meeting on Testing Quality, LIPI, p.279-290
- Gabriel. J.F. 1996. Fisika Kedokteran. Edisi VII, Jakarta: EGC Penerbit Buku Kedokteran
- Guyton, A.C., dan Hall. J.E. 2014. Buku Ajar Fisiologi Kedokteran.12th ed. Singapura: Elsevier
- Jati, B.M.E. 2020. Pemantauan Tekanan Darah pada arteri Brachialis Manusia dengan Momen Dipol Magnet". Disertasi, FMIPA, UGM, Yogyakarta
- Jati, B.M.E., Utomo, A.B.S., Marito, G., Utomo, Y.R. 2020. Blood Pressure Monitoring System: Real Time-continuous and Noninvasive electronic, Based on Magnetic Dipole Moment of the Proton Spin of Hydrogen Atoms in The Blood.Journal of Physics, series 1436 (2020)012101, IOP Publishing. Bristol
- Jati, B.M.E. 2023. Pengantar Fisika Kedokteran. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Maqbool, M. 2018. An Introduction to Medical Physics. 1st edition. Birmingham: Springer.
- Nichols, D.H. 2019. Physics for Technology. 2nd edition. London: CRC Press

### **Profil Penulis**



#### **Nur Chabibah, S.Si., M.Si.**

Penulis dilahirkan di Kabupaten Gresik pada Tanggal 16 Oktober. Anak ke-tiga dari pasangan Bapak Asykuri dan Ibu Futicha (Alm). Setelah lulus SMA penulis melanjutkan pendidikan di S1 Fisika Universitas Brawijaya Malang, mengambil peminatan Biofisika dan Fisika Medis. Tahun 2014 penulis di wisuda sebagai Master of Sains dari Universitas Brawijaya Malang dengan jurusan dan peminatan yang sama seperti saat Strata 1. Saat ini penulis bekerja sebagai Dosen Tetap di Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Hang Tuah Surabaya. Di Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Hang Tuah Surabaya penulis mengampu mata kuliah Ilmu Biomedik Dasar, Ilmu Dasar Keperawatan, Kesehatan Penyelaman dan Hiperbarik.

Email Penulis : [nhbienajah@gmail.com](mailto:nhbienajah@gmail.com)



---

## KESEIMBANGAN CAIRAN ELEKTROLIT

**Fusvita Merdekawati, S.ST, MM, M.Si.**  
Politeknik Kesehatan Kemenkes Bandung

### Pendahuluan

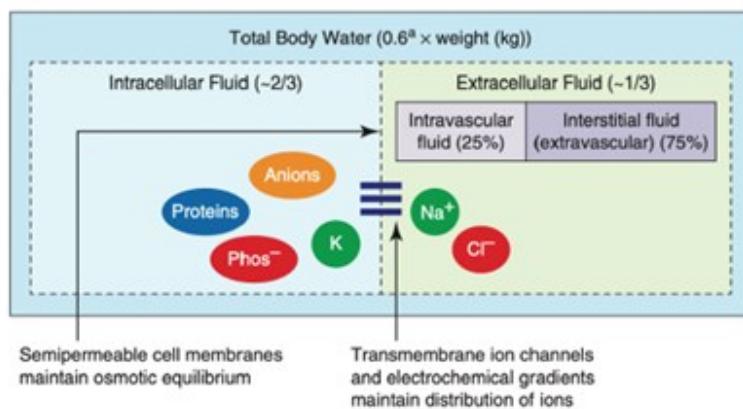
Elektrolit adalah senyawa di dalam larutan yang berdisosiasi menjadi partikel yang bermuatan (ion) positif atau negatif. Sebagian besar proses metabolisme memerlukan dan dipengaruhi oleh elektrolit. Kita memperoleh elektrolit melalui makanan dan minuman. Konsentrasi elektrolit yang tidak normal dapat menyebabkan banyak gangguan, menyebabkan masalah kesehatan yang serius dan mengganggu proses normal tubuh. Pemeliharaan tekanan osmotik dan distribusi beberapa kompartemen cairan tubuh manusia adalah fungsi utama empat elektrolit mayor, yaitu natrium ( $\text{Na}^+$ ), kalium ( $\text{K}^+$ ), klorida ( $\text{Cl}^-$ ), dan bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ). Pemeriksaan keempat elektrolit mayor tersebut dalam klinis dikenal sebagai "profil elektrolit".

Natrium adalah kation terbanyak dalam cairan ekstrasel, kalium kation terbanyak dalam cairan intrasel dan klorida merupakan anion terbanyak dalam cairan ekstrasel. Jumlah natrium, kalium dan klorida dalam tubuh merupakan cermin keseimbangan antara yang masuk terutama dari saluran cerna dan yang keluar terutama melalui ginjal. Gangguan keseimbangan natrium, kalium dan klorida berupa hipo- dan hiper-. Hipo- terjadi bila konsentrasi elektrolit tersebut dalam tubuh turun lebih dari beberapa miliekuivalen dibawah nilai normal dan

hiper- bila konsentrasinya meningkat diatas normal. Pemeriksaan laboratorium untuk menentukan kadar natrium, kalium dan klorida adalah dengan metode elektroda ion selektif, spektrofotometer emisi nyala, spektrofotometer atom serapan, spektrofotometri berdasarkan aktivasi enzim, pemeriksaan kadar klorida dengan metode titrasi merkurimeter,dan pemeriksaan kadar klorida dengan metode titrasi kolorimetri kamperometrik (Blackmer, 2018; Tunwemi, 2024; Yaswir & Ferawati, 2012).

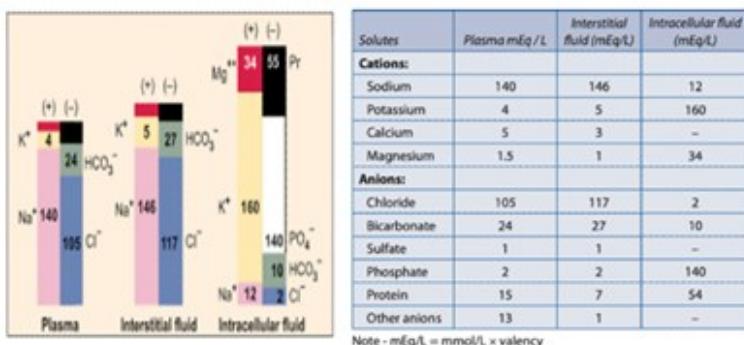
### Fisiologi Elektrolit

Cairan tubuh terdiri dari air (sekitar 60-70%) dan elektrolit. Cairan tubuh dibedakan atas cairan ekstrasel dan intrasel. Cairan ekstrasel meliputi plasma/intravaskular dan cairan interstisial. Distribusi elektrolit pada cairan intrasel dan ekstrasel dapat dilihat pada Gambar 12.1 (Vasudevan et al., 2016; Yaswir & Ferawati, 2012).



Gambar 20.1 Distribusi cairan dan zat terlarut dalam tubuh pada remaja/dewasa

Komposisi konsentrasi kation dan anion dalam cairan intrasel dan ekstrasel dapat dilihat pada Gambar 20.2



Gambar 20.2 Konsentrasi Kation dan Anion dalam Cairan Intrasel dan Ekstrasel

### Fisiologi Natrium

Natrium adalah kation terbanyak dalam cairan ekstrasel, jumlahnya bisa mencapai 60 mEq per kilogram berat badan dan sebagian kecil (sekitar 10- 14 mEq/L) berada dalam cairan intrasel. Lebih dari 90% tekanan osmotik di cairan ekstrasel ditentukan oleh garam yang mengandung natrium, khususnya dalam bentuk natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ) dan natrium bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) sehingga perubahan tekanan osmotik pada cairan ekstrasel menggambarkan perubahan konsentrasi natrium. Perbedaan kadar natrium intravaskuler dan interstitial disebabkan oleh keseimbangan Gibbs-Donnan, sedangkan perbedaan kadar natrium dalam cairan ekstrasel dan intrasel disebabkan oleh adanya transpor aktif dari natrium keluar sel yang bertukar dengan masuknya kalium ke dalam sel (pompa  $\text{Na}^+ \text{ K}^+$ ) (Lobo et al., 2013).

Jumlah natrium dalam tubuh merupakan gambaran keseimbangan antara natrium yang masuk dan natrium yang dikeluarkan. Pemasukan natrium yang berasal dari diet melalui epitel mukosa saluran cerna dengan proses difusi dan pengeluarannya melalui ginjal atau saluran cerna atau keringat di kulit. Pemasukan dan pengeluaran natrium perhari mencapai 48-144 mEq. Ekskresi natrium diatur di tubulus distal. Aldosteron

meningkatkan penyerapan natrium di tubulus distal. Hormon antidiuretik (ADH) meningkatkan reabsorpsi air dari tubulus. Jumlah natrium yang keluar dari traktus gastrointestinal dan kulit kurang dari 10%. Cairan yang berisi konsentrasi natrium yang berada pada saluran cerna bagian atas hampir mendekati cairan ekstrasel, namun natrium direabsorpsi sebagai cairan pada saluran cerna bagian bawah, oleh karena itu konsentrasi natrium pada feses hanya mencapai 40 mEq/L<sup>4</sup>. Keringat adalah cairan hipotonik yang berisi natrium dan klorida. Kandungan natrium pada cairan keringat orang normal rerata 50 mEq/L. Jumlah pengeluaran keringat akan meningkat sebanding dengan lamanya periode terpapar pada lingkungan yang panas, latihan fisik dan demam. Ekskresi natrium terutama dilakukan oleh ginjal. Pengaturan ekskresi ini dilakukan untuk mempertahankan homeostasis natrium, yang sangat diperlukan untuk mempertahankan volume cairan tubuh. Natrium difiltrasi bebas di glomerulus, direabsorpsi secara aktif 60-65% di tubulus proksimal bersama dengan H<sub>2</sub>O dan klorida yang direabsorpsi secara pasif, sisanya direabsorpsi di lengkung henle (25-30%), tubulus distal (5%) dan duktus koligentes (4%). Sekresi natrium di urine <1%. Aldosteron menstimulasi tubulus distal untuk mereabsorpsi natrium bersama air secara pasif dan mensekresi kalium pada sistem renin-angiotensin-aldosteron untuk mempertahankan elektroneutralitas (Baez et al., 2024; Heer et al., 2015).

## **Fisiologi Kalium**

Kalium merupakan kation intraseluler utama dalam tubuh; memainkan peran penting dalam metabolisme sel dan mempertahankan potensi membran serta meningkatkan fungsi neuromuskular dan jantung. Sekitar 98% jumlah kalium dalam tubuh berada di dalam cairan intrasel. Konsentrasi kalium intrasel sekitar 145 mEq/L dan konsentrasi kalium ekstrasel 4-5 mEq/L (sekitar 2%). Jumlah konsentrasi kalium pada orang dewasa berkisar 50-60 per kilogram berat badan (3000-4000 mEq). Jumlah kalium ini dipengaruhi oleh umur dan jenis kelamin. Jumlah kalium pada wanita

25% lebih kecil dibanding pada laki-laki dan jumlah kalium pada orang dewasa lebih kecil 20% dibandingkan pada anak-anak. Perbedaan kadar kalium di dalam plasma dan cairan interstisial dipengaruhi oleh keseimbangan Gibbs-Donnan, sedangkan perbedaan kalium cairan intrasel dengan cairan interstisial adalah akibat adanya transpor aktif (transpor aktif kalium ke dalam sel bertukar dengan natrium). Jumlah kalium dalam tubuh merupakan cermin keseimbangan kalium yang masuk dan keluar. Pemasukan kalium melalui saluran cerna tergantung dari jumlah dan jenis makanan. Orang dewasa pada keadaan normal mengkonsumsi 60-100 mEq kalium perhari (hampir sama dengan konsumsi natrium). Kalium difiltrasi di glomerulus, sebagian besar (70- 80%) direabsorpsi secara aktif maupun pasif di tubulus proksimal dan direabsorpsi bersama dengan natrium dan klorida di lengkung henle. Kalium dikeluarkan dari tubuh melalui traktus gastrointestinal kurang dari 5%, kulit dan urine mencapai 90% (Heer et al., 2015; Hossain et al., 2023; Lobo et al., 2013).

## **Fisiologi Klorida**

Klorida merupakan anion utama dalam cairan ekstrasel. Pemeriksaan konsentrasi klorida dalam plasma berguna sebagai diagnosis banding pada gangguan keseimbangan asam-basa, dan menghitung anion gap. Jumlah klorida pada orang dewasa normal sekitar 30 mEq per kilogram berat badan. Sekitar 88% klorida berada dalam cairan ekstraseluler dan 12% dalam cairan intrasel. Konsentrasi klorida pada bayi lebih tinggi dibandingkan pada anak-anak dan dewasa. Keseimbangan Gibbs-Donnan mengakibatkan kadar klorida dalam cairan interstisial lebih tinggi dibanding dalam plasma. Klorida dapat menembus membran sel secara pasif.<sup>11</sup> Perbedaan kadar klorida antara cairan interstisial dan cairan intrasel disebabkan oleh perbedaan potensial di permukaan luar dan dalam membran sel. Jumlah klorida dalam tubuh ditentukan oleh keseimbangan antara klorida yang masuk dan yang keluar. Klorida yang masuk tergantung dari jumlah dan

jenis makanan. Kandungan klorida dalam makanan sama dengan natrium. Orang dewasa pada keadaan normal rerata mengkonsumsi 50-200 mEq klorida per hari, dan ekskresi klorida bersama feses sekitar 1-2 mEq perhari. Drainase lambung atau usus pada diare menyebabkan ekskresi klorida mencapai 100 mEq perhari. Kadar klorida dalam keringat bervariasi, rerata 40 mEq/L. Bila pengeluaran keringat berlebihan, kehilangan klorida dapat mencapai 200 mEq per hari. Ekskresi utama klorida adalah melalui ginjal (Hossain et al., 2023; Lobo et al., 2013; Tunwemi, 2024).

### **Fisiologi Kalsium**

Kalsium diperlukan untuk aktivitas neuromuskular, integritas membran, fungsi endokrin, koagulasi, dan metabolisme tulang. Kelenjar paratiroid bertanggung jawab untuk mengendalikan konsentrasi kalsium serum; ketika konsentrasi serum rendah, hormon paratiroid dilepaskan, meningkatkan resorpsi tulang, konservasi ginjal, dan mengaktifkan vitamin D, yang meningkatkan retensi kalsium dari saluran pencernaan. Ketika konsentrasi tinggi, kalsitonin dilepaskan dari tiroid. Kalsium ditemukan dalam tubuh dalam bentuk kompleks, protein terikat, atau terionisasi dan terutama terletak di gigi dan tulang (Blackmer, 2018).

### **Fisiologi Bikarbonat**

Kadar bikarbonat ditentukan oleh keseimbangan asam basa darah. Keseimbangan asam basa dan bikarbonat konsentrasi diatur oleh ginjal. Organ ginjal menyerap kembali bikarbonat yang sudah disaring dan menghasilkan bikarbonat segar (Heer et al., 2015).

### **Fisiologi Magnesium**

Magnesium bertindak sebagai kofaktor penting untuk ratusan reaksi enzimatik, termasuk glukosa, asam lemak, DNA, dan metabolisme protein. Magnesium juga berperan dalam Pompa ATPase Na<sup>+</sup>- K<sup>+</sup>- dengan fungsi hilir pada transmisi neuromuskular, rangsangan jantung, kontraksi otot. Magnesium juga merupakan komponen penting dari

tulang (lebih dari 50% magnesium berada di tulang). Homeostasis dipertahankan melalui saluran pencernaan, sistem ginjal, dan tulang. Magnesium diserap di jejunum, dengan penyerapan berbanding terbalik dengan asupan. Sekitar 30%–40% magnesium dalam makanan diserap melalui saluran GI dan sisanya dikeluarkan melalui tinja. Jika asupan makanan rendah, magnesium akan hilang dari tubuh tulang untuk mempertahankan konsentrasi sirkulasi normal (Tunwemi, 2024; Yaswir & Ferawati, 2012).

### **Fisiologi Fosfor**

Fosfor sangat penting untuk mempertahankan fungsi seluler, komposisi tulang dan membran sel, pH, energi (ATP), dan semua fungsi fisiologis yang memerlukan energi. Homeostatis dipertahankan melalui Penyerapan GI, ekskresi ginjal, dan aktivitas hormon paratiroid. Organ utama yang menghasilkan fosfor adalah ginjal (Heer et al., 2015).

### **Gangguan Keseimbangan Elektrolit**

#### **1. Gangguan Keseimbangan Natrium**

Hiponatremia adalah kondisi dimana kadar natrium di dalam plasma dibawah dari nilai normal (135-145 mEq/L). Kondisi ini dapat disebabkan karena kehilangan natrium klorida pada cairan ekstrasel atau penambahan air yang berlebihan pada cairan ekstrasel akan menyebabkan penurunan konsentrasi natrium plasma. Kehilangan natrium klorida primer biasanya terjadi pada dehidrasi hipoosmotik seperti pada keadaan berkeringat selama aktivitas berat yang berkepanjangan, berhubungan dengan penurunan volume cairan ekstrasel seperti diare, muntah-muntah, dan penggunaan diuretik secara berlebihan. Hiponatremia juga dapat disebabkan oleh beberapa penyakit ginjal yang menyebabkan gangguan fungsi glomerulus dan tubulus pada ginjal, penyakit addison, serta retensi air yang berlebihan (overhidrasi hipoosmotik) akibat hormon

antidiuretik. Tertekannya pengeluaran ADH dari hipotalamus, kondisi hiperlipidemia, hiperkolesterolemia, hiperproteinemia dan hiperglikemia serta kelebihan pemberian manitol dan glisin juga dapat menurunkan kadar natrium. Kondisi hiponatremia ditandai dengan sakit kepala, disorientasi, mual dan mengigau. Hipernatremia adalah kondisi dimana kadar natrium di dalam plasma diatas dari nilai normal (135-145 mEq/L). Hipernatremia disebabkan karena kehilangan air dan larutan ekstrasel (dehidrasi hiperosmotik pada diabetes insipidus) atau karena kelebihan natrium dalam cairan ekstrasel seperti pada overhidrasi osmotik atau retensi air oleh ginjal dapat menyebabkan peningkatan osmolaritas dan konsentrasi natrium klorida dalam cairan ekstrasel. Kondisi hiponatremia ditandai dengan kegelisahan, takipnea, dan kesulitan tidur.

## 2. Gangguan Keseimbangan Kalium

Bila kadar kalium kurang dari 3,5 mEq/L disebut sebagai hipokalemia dan kadar kalium lebih dari 5,3 mEq/L disebut sebagai hiperkalemia. Hipokalemia dapat menyebabkan aritmia jantung. Hiperkalemia dapat menyebabkan Rhabdomyolysis, mioglobinuria, kram otot, dan melemahnya otot sampai pada henti jantung atau fibrilasi jantung. Hipokalemia dapat disebabkan oleh Asupan Kalium Kurang, pengeluaran kalium yang berlebihan dan kalium masuk ke dalam Sel. Kalium masuk ke dalam sel dapat terjadi pada alkalosis ekstrasel, pemberian insulin, peningkatan aktivitas beta-adrenergik (pemakaian  $\beta_2$ -agonis), paralisis periodik hipokalemik, dan hipotermia. Hiperkalemia dapat disebabkan oleh keluarnya kalium dari intrasel ke ekstrasel, dapat terjadi pada keadaan asidosis metabolik bukan oleh asidosis organik (ketoasidosis, asidosis laktat), defisit insulin, katabolisme jaringan meningkat, pemakaian obat penghambat- $\beta$  adrenergik, dan pseudohiperkalemia. Hiperkalemia juga dapat disebabkan karena berkurangnya ekskresi kalium melalui ginjal pada keadaan hiperaldosteronisme,

gagal ginjal, deplesi volume sirkulasi efektif, pemakaian siklosporin atau akibat koreksi ion kalium berlebihan dan pada kasus-kasus yang mendapat terapi angiotensin-converting enzyme inhibitor.

### 3. Gangguan Keseimbangan Klorida

Hipokloremia bermanifestasi sebagai perolehan air yang berlebihan, seperti pada gagal jantung kongestif, atau gangguan gastrointestinal, seperti muntah. Sedangkan hiperklorinemis dapat dijumpai pada kasus dehidrasi, asidosis tubular ginjal, gagal ginjal akut, asidosis metabolik yang disebabkan karena diare yang lama dan kehilangan natrium bikarbonat, diabetes insipidus, hiperfungsi status adrenokortikal dan penggunaan larutan salin yang berlebihan, alkalosis respiratorik.

### 4. Gangguan Keseimbangan Kalsium

Hipokalsemia adalah keadaan dimana kadar total serum kurang dari 8,8 mg/dL. Hipokalsemia dapat terjadi akibat ketidakmampuan untuk menyediakan jumlah kalsium yang cukup karena masalah kompatibilitas cairan intravena, rendahnya asupan atau defisiensi vitamin D, hiperfosfatemia, penurunan aktivitas hormon paratiroid, transfusi, rhabdomyolysis, dan obat-obatan seperti diuretic dan antikonvulsan. Hiperparatiroidisme ditandai dengan kadar kalsium total serum yang terkoreksi lebih besar dari 10,7 mg/dL, yang dikenal sebagai hiperkalsemia. Hiperkalsemia humorai terkait keganasan, sebagian besar disebabkan oleh produksi PTHrP.

### 5. Gangguan Keseimbangan Bikarbonat

Hilangnya bikarbonat akibat diare biasanya mengakibatkan ketidakseimbangan dalam regulasi asam basa. Metabolisme bikarbonat yang tidak seimbang dapat menyebabkan kelebihan bikarbonat dalam tubuhjelata dari berbagai penyakit yang berhubungan dengan ginjal.

### 6. Gangguan Keseimbangan Magnesium

Kadar magnesium kurang dari 1,46 mg/dL disebut hipomagnesemia. Hipomagnesemia dapat disebabkan oleh gangguan gastrointestinal, gangguan ginjal

parah, dan gangguan penggunaan alkohol. De pointes Torsade adalah salah satunya aritmia ventrikel yang sering terlihat. Efek samping obat adalah kemungkinan penyebab lainnya hipomagnesemia, termasuk omeprazole. Konsentrasi magnesium serum lebih besar dari 2,4 mg/dL dikatakan sebagai hipermagnesemia. Penyebabnya karena suplementasi yang berlebihan, penyakit ginjal, penggunaan pencahaar yang berlebihan, dan/atau peningkatan asupan yang mengandung magnesium antasida. Biasanya, hipermagnesemia ringan ditoleransi dengan baik, tetapi ketika konsentrasi magnesium serum melebihi 3 mg/dL, neurologis, neuromuskular, dan gejala muncul meliputi mual, berkeringat, muka memerah, otot-otot kelemahan besar, hipotensi, dan bradikardia. Dalam kasus yang parah bila ada kelainan jantung, kalsium intravena harus diberikan untuk menstabilkan otot jantung, dan dalam beberapa kasus, dialisis mungkin diperlukan.

#### 7. Gangguan Keseimbangan Fosfor

ketidakseimbangan fosfor secara umum disebabkan karena ekskresi ginjal yang tidak normal, masalah pencernaan, dan asupan makanan yang buruk. Hipofosfatemia adalah kondisi dimana kadar fosfor dalam serum kurang dari 2,7–4,5 mg/dL. kondisi ini biasa terjadi pada anak-anak yang sakit kritis dan juga pada anak-anak yang kekurangan gizi atau mengalami sindrom refeeding, pada pasien yang menerima pengikat fosfat atau yang menderita alkalosis. Hiperfosfatmia dapat disebabkan oleh klasifikasi metastatik, hipokalsemia atau hipoksemia. Kebanyakan hiperfosfatmia dapat ditoleransi dengan baik dan tidak menunjukkan gejala. Namun, jika bergejala, antara lain anoreksia, mual dan muntah, dehidrasi, kurang sehat nafsu makan, gejala neuromuskular, dan takikardia (Bockenhauer & Zieg, 2014).

## **Pemeriksaan Laboratorium**

### **Bahan Pemeriksaan**

Pemeriksaan dapat dilakukan pada sampel whole blood, plasma lithium heparin, serum, urine, keringat, feses, dan cairan tubuh. Pemeriksaan pada whole blood biasanya dilakukan bersama dengan pemeriksaan pH dan gas darah dan harus segera diperiksa (kurang dari 1 jam). Sampel serum, plasma atau urine dapat disimpan pada refrigerator dalam tabung tertutup pada suhu 20C - 80C dan dihangatkan kembali pada suhu ruangan (150C -300C) sebelum diperiksa. Sampel feses harus cair, disaring dan diputar (sentrifugasi) sebelum dilakukan pemeriksaan (Bulloch et al., 2024; Hossain et al., 2023; Yaswir & Ferawati, 2012).

### **Metode Pemeriksaan Elektrolit**

Terdapat beberapa metode pemeriksaan elektrolit diantaranya (Yaswir & Ferawati, 2012):

1. Pemeriksaan dengan Metode Ion Selective Electrode (ISE)

Pemeriksaan elektrolit dengan metode ISE merupakan yang paling sering digunakan. Metode ISE mempunyai akurasi yang baik, koefisien variasi kurang dari 1,5%, kalibrator dapat dipercaya dan mempunyai program pemantapan mutu yang baik. ISE ada dua macam yaitu ISE direk dan ISE indirek. ISE direk memeriksa secara langsung pada sampel plasma, serum dan whole blood. Sedangkan metode indirek memeriksa sampel dengan diencerkan terlebih dahulu.

Prinsip Pengukurannya adalah menghitung kadar ion sampel dengan membandingkan kadar ion yang tidak diketahui nilainya dengan kadar ion yang diketahui nilainya. Membran ion selektif pada alat mengalami reaksi dengan elektrolit sampel. Membran merupakan penukar ion, bereaksi terhadap perubahan listrik ion sehingga menyebabkan perubahan potensial membran. Perubahan potensial

membran ini diukur, dihitung menggunakan persamaan Nerst, hasilnya kemudian dihubungkan dengan amplifier dan ditampilkan oleh alat.

2. Pemeriksaan dengan Flame Emission Spectrofotometry (FES)

Spektrofotometer emisi nyala digunakan untuk pengukuran kadar natrium dan kalium. Penggunaan spektrofotometer emisi nyala di laboratorium berlangsung tidak lama, selanjutnya penggunaannya dikombinasi dengan elektrokimia untuk mempertahankan penggunaan dan keamanan prosedurnya. Prinsip pemeriksaan spektrofotometer emisi nyala adalah sampel diencerkan dengan cairan pengencer yang berisi litium atau cesium, kemudian dihisap dan dibakar pada nyala gas propan. Ion natrium, kalium, litium, atau sesium bila mengalami pemanasan akan memancarkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu (natrium berwarna kuning dengan panjang gelombang 589nm, kalium berwarna ungu dengan panjang gelombang 768 nm, litium 671 nm, sesium 825 nm). Pancaran cahaya akibat pemanasan ion dipisahkan dengan filter dan dibawa ke detektor sinar.

3. Pemeriksaan dengan Spektrofotometer berdasarkan Aktivasi Enzim

Prinsip pemeriksaan kadar natrium: aktivasi enzim beta-galaktosidase oleh ion natrium untuk menghidrolisis substrat o-nitrophenyl- $\beta$ -D-galaktopyranoside (ONPG). Jumlah galaktosa dan o-nitrofenol yang terbentuk diukur pada panjang gelombang 420 nm.

Prinsip pemeriksaan kalium: ion K<sup>+</sup> mengaktivasi enzim tryptophanase.

Prinsip pemeriksaan klorida: reaksi klorida dengan merkuri thiosianat menjadi merkuri klorida dan ion thiosianat. Ion thiosianat bereaksi dengan ion ferri dan dibaca pada panjang gelombang 480 nm.

4. Pemeriksaan dengan Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

Prinsipnya, teknik emisi dengan elemen pada sampel mendapat sinar dari hollow cathode dan cahaya yang ditimbulkan diukur sebagai level energi yang paling rendah. Elemen yang mendapat sinar dalam bentuk ikatan kimia (atom) dan ditempatkan pada ground state (atom netral). Metode spektrofotometer atom serapan mempunyai sensitivitas spesifitas yang lebih tinggi dibandingkan metode spektrofotometer nyala emisi.

5. Pemeriksaan Kadar Klorida dengan Metode Titrasi Merkurimeter

Prinsip: Spesimen filtrat yang bebas protein dititrasikan dengan larutan merkuri nitrat, dengan penambahan diphenylcarbazone sebagai indikator.  $\text{Hg}^{2+}$  yang bebas, bersama klorida membentuk larutan merkuri klorida yang tidak terionisasi. Kelebihan ion  $\text{Hg}^{2+}$  bereaksi dengan diphenylcarbazone membentuk senyawa kompleks berwarna biru-ungu. Titik akhir dari titrasi adalah saat mulai timbul perubahan warna.

6. Pemeriksaan Kadar Klorida dengan Metode Titrasi Kolorimetrik-Amperometrik

Prinsipnya bergantung pada generasi  $\text{Ag}^+$  dari elektroda perak yang konstan dan pada reaksi dengan klorida membentuk klorida perak yang tidak larut. Interval waktu yang digunakan sebanding dengan kadar klorida pada sampel.

## **Daftar Pustaka**

- Baez, G., Chirio, M., Pisula, P., Seminario, E., Carasa, N., Philippi, R., Aroca-Martinez, G., & Musso, C. G. (2024). Hyponatremia and malnutrition: a comprehensive review. In Irish Journal of Medical Science (Vol. 193, Issue 2, pp. 1043–1046). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s11845-023-03490-8>
- Blackmer, B. A. (2018). Fluids and Electrolytes. 7–26.
- Bockenhauer, D., & Zieg, J. (2014). Electrolyte Disorders. In Clinics in Perinatology (Vol. 41, Issue 3, pp. 575–590). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.clp.2014.05.007>
- Bulloch, M. N., Cardinale-King, M., Cogle, S., Radparvar, S., Effendi, M., Jagpal, S., & Dixit, D. (2024). Correction of Electrolyte Abnormalities in Critically Ill Patients. Intensive Care Research, 4(1), 19–37. <https://doi.org/10.1007/s44231-023-00054-3>
- Heer, M., Titze, J., Smith, S. M., & Baecker, N. (2015). Fluid and Electrolyte Metabolism (pp. 21–25). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-18521-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-18521-7_4)
- Hossain, M. F., Kharel, M., Husna, A. U., Khan, M. A., Aziz, S. N., & Taznin, T. (2023). Prevalence of Electrolyte Imbalance in Patients With Acute Stroke: A Systematic Review. Cureus. <https://doi.org/10.7759/cureus.43149>
- Lobo, D. N., Lewington, A. J. P., & Allison, S. P. (2013). Basic concepts of fluid and electrolyte therapy. Medizinische Verlagsgesellschaft.
- Tunwemi, T. (2024). A Research Report On Electrolyte. <https://www.researchgate.net/publication/378071458>
- Vasudevan, D., S, S., & Vaidyanathan, K. (2016). Electrolyte and Water Balance. In Textbook of Biochemistry for Medical Students (pp. 410–410). Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd. [https://doi.org/10.5005/jp/books/13014\\_29](https://doi.org/10.5005/jp/books/13014_29)

Yaswir, R., & Ferawati, I. (2012). Fisiologi dan Gangguan Keseimbangan Natrium Kalium. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 1(2), 80–85.

## **Profil Penulis**



### **Fusvita Merdekawati, S.ST, MM, M.Si.**

Ketertarikan penulis terhadap ilmu Kesehatan sudah sedari kecil karena penulis dibersarkan dilingkungan keluarga Kesehatan. Akhirnya pada tahun 2023 penulis memutuskan untuk masuk di Politeknik Kesehatan Kemenkes Bandung, Jurusan Analis Kesehatan Prodi D3 kemudian melanjutkan studi D4 nya di jurusan yang sama dan lulus pada tahun 2009. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi dan berhasil menyelesaikan studi S2 di prodi MSDM Universitas Winaya Mukti dan S2 Bioteknologi Farmasi di Institut Teknologi Bandung pada tahun 2017. Penulis saat ini menjadi dosen tetap di Poltekkes Kemenkes Bandung. Dalam melaksanakan Thridharma Perguruan Tingginya penulis melakukan mengajar di bidang Biologi Molekuler dan Imunologi. Penulis juga aktif dalam melakukan penelitian yang didanai oleh Kementerian Kesehatan dan melakukan pengabdian kepada masyarakat. Selain itu penulis juga aktif dalam bidang organisasi seperti Aosisiasi Institusi Perguruan Tinggi Laboratorium Medik Indonesia (AIPTLMI), Komite OSCE Nasional (KONAS) dan sebagai editor dan reviewer pada Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Poltekkes Kemenkes Bandung.

Email Penulis: [fusvitamerdekawati@gmail.com](mailto:fusvitamerdekawati@gmail.com)

# Indonesia

menulis

- 1 BIOLOGI SEL  
Raudatul Jannah
- 2 KONSEP GENETIKA  
Pipin Yunus
- 3 PRINSIP-PRINSIP BIOKIMIA DALAM TUBUH MANUSIA  
I Putu Bayu Agus Saputra
- 4 ZAT GIZI MAKRO DAN MIKRO  
Wahyuni Sammeng
- 5 ANGKA KECUKUPAN GIZI  
Risya Ahriyasna
- 6 PENILAIAN STATUS GIZI INDIVIDU  
Ary Anggara
- 7 DASAR- DASAR DIET KLINIK  
Fauzy Ma'ruf
- 8 MACAM-MACAM JARINGAN  
Purwaningtyas Kusumaningsih
- 9 SISTEM PERSARAFAN  
Ni Made Wedri
- 10 SISTEM ENDOKRIN  
Husna
- 11 SISTEM REPRODUKSI  
Ummi Kalsum
- 12 SISTEM PERKEMIHAN  
Mega Puspa Sari
- 13 SISTEM INTEGUMEN  
Mochammad Ayyub Arachman
- 14 SISTEM MUSKULOSKELETAL  
Neliana Anouw
- 15 SISTEM PERNAPASAN  
Mikawati
- 16 SISTEM KARDIOVASKULER  
I Made Mertha
- 17 SISTEM PENCERNAAN DAN METABOLISME TUBUH  
Ni Made Wiasty Sukanty
- 18 SISTEM IMUN DASAR  
Andi Emelda
- 19 KONSEP BIOLISTRIK  
Nur Chabibah
- 20 KESEIMBANGAN CAIRAN ELEKTROLIT  
Fusvita Merdekawati

*Editor:*

Hairil Akbar

Untuk akses **Buku Digital**,  
Scan QR CODE



Media Sains Indonesia  
Melong Asih Regency B.40, Cijerah  
Kota Bandung - Jawa Barat  
Email : penerbit@medsan.co.id  
Website : www.medsan.co.id



ISBN 978-623-512-207-6 (PDF)



9 78623 122076