

Drs. Sarjan Mile, MS.

Sulasikin Sahdi Kadir, M.Pd.

FISILOGI (FAAL) MANUSIA



FISIOLOGI MANUSIA

FISIOLOGI MANUSIA

Drs. Sarjan Mile, MS.
Sulasikin Sahdi Kadir, M.Pd.



FISIOLOGI MANUSIA

© Penerbit Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia (PRCI)

Penulis:
Drs. Sarjan Mile, MS.

Sulasikin Sahdi Kadir, M.Pd.

Editor: Tim Penyusun

Cetakan Pertama: Februari 2023

Cover: Tim Kreatif PRCI

Tata Letak: Tim Kreatif PRCI

Hak Cipta 2023, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT

Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151 Panglayungan,
Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website: www.rcipress.rcipublisher.org
E-mail: rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2023 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I -: Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2023
Dimensi : 21 x 29,7 cm
ISBN: 978-623-448-429-8

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan cara
apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta
Pasal 72

Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling sedikit 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta terkait sebagai dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Berkat rahmat Allah Yang Maha Kuasa atas segala yang nampak dan tersembunyi, buku Pedoman Fisiologi atau Faal Manusia ini dapat diselesaikan. Hanya kepadaNya lah sepantasnya kita patut bersyukur karena telah disiapkan hamparan ayat-ayat yang didalamnya terkandung makna yang sangat dalam untuk selalu dikaji ditafsirkan menjadi sebuah pengetahuan bagi umat manusia. Salah satu hasil dari pengkajian tentang matakuliah Fisiologi (Faal) Manusia ini adalah berbentuk buku atau panduan bagi mahasiswa Jurusan Pendidikan Keolahragaan Fakultas Olahraga dan Kesehatan Universitas Negeri Gorontalo.

Kandungan buku ini disusun berdasarkan analisis yang dapat menjadi pegangan bagi dosen dan mahasiswa dalam mempelajari matakuliah Fisiologi Manusia. Namun demikian untuk pengembangan materi dapat dilakukan melalui berbagai rujukan yang lebih lengkap. Mahasiswa dapat mengembangkan sendiri dan melakukan telaah yang lebih mendalam terhadap kajian untuk melengkapi berbagai kekurangan pada buku ini.

Buku yang cukup sederhana ini terselesaikan berkat sumbangan pemikiran serta uluran tangan dan peluang yang disediakan oleh banyak pihak. Karenanya, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada berbagai pihak.

Disadari bahwa buku ini penuh dengan berbagai kekurangan. Oleh karena itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran bersifat membangun demi kesempurnaan buku ini. Akhirnya atas segala ridhoNya semoga buku yang sangat sederhana ini dapat bermanfaat untuk kemaslahatan ilmu di muka bumi ini.

Penyusun

Drs. Sarjan Mile, MS.-

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
 BAB I	
TUBUH MANUSIA	1
A. Pendahuluan	1
B. Hubungan Fisiologi dengan Ilmu-Ilmu Biologi Lainnya	2
C. Organisasi Tubuh Manusia.....	2
D. Berbagai Sistem dalam Tubuh	4
E. Sel Pada Jaringan.....	6
F. Struktur Sel	7
 BAB II	
SISTEM KERANGKA	8
A. Pengertian Fisiologi Tulang	8
B. Fungsi Utama Jaringan Tulang.....	8
C. Pembentukan Tulang.....	9
D. Jenis Tulang.....	12
 BAB III	
KULIT	17
A. Pembagian Kulit	17
B. Fungsi Kulit.....	20
 BAB IV	
OTOT.....	22
A. Otot Kerangka	22
B. Sifat Otot Kerangka	22
C. Fisiologi Otot Bergaris	24
D. Tipe-tipe Otot Bergaris.....	26
E. Kontraksi Otot	27
F. Otot Polos	30
G. Otot Jantung	32
 BAB V	
SISTEM PERSENDIAN	33
A. Pengertian Sendi	33
B. Bagian-bagian Sendi	33
C. Jenis Sendi dalam Tubuh.....	34
D. Macam-macam Sendi	36
E. Gangguan pada Persendian.....	38
F. Cara Menjaga Persendian	39

BAB VI	SISTEM PENCERNAAN	41
	A. Pendahuluan	41
	B. Struktur Sistem Pencernaan	42
	C. Alat-alat Tambahan Pencernaan Makanan	47
	D. Motilitas Pencernaan dan Pengaruhnya	54
	E. Mekanisme Penyerapan Makanan	55
BAB VII	PERNAPASAN	63
	A. Sistem Pernapasan	63
	B. Saluran Pernapasan	63
	C. Paru-paru	66
BAB VIII	SISTEM SIRKULASI JANTUNG	69
	A. Pendahuluan	69
	B. Jantung	69
	C. Pengertian Jantung	71
	D. Uraian Jantung Manusia	74
	E. Pembuluh Darah pada Jantung	79
	F. Fisiologi Jantung	80
BAB IX	DARAH	89
	A. Pendahuluan	89
	B. Susunan Darah	89
	C. Sel Darah Merah	90
	D. Peredaran Darah Besar	92
	E. Peredaran Darah Kecil	93
	F. Fungsi Darah dan Pembuluh Limfe	93
BAB X	SISTEM SARAF	96
	A. Susunan Saraf Pusat	96
	B. Saraf-saraf Kepala	97
	C. Sistem Saraf Otonom	98
	D. Sistem Saraf Tulang Belakang	100
BAB XI	SISTEM ENDOKRIN	105
	A. Jenis Zat Pengatur	105
	B. Kelenjar Endokrin	105
	C. Oksigen	109
	D. Stres	110
	E. Tingkat Kegiatan Hormon	111
	DAFTAR PUSTAKA	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar	1	Berbagai Bagian Jaringan Sel.....	7
Gambar	2	Anatomi Tulang.....	13
Gambar	3	Diagram dan Struktur Kulit.....	17
Gambar	4	Ujung Saraf Sensorif dalam Kulit	19
Gambar	5	Bagian-bagian dari Sebuah Otot.....	23
Gambar	6	Fisiologi Otot Bergaris	24
Gambar	7	Siklus Energi untuk Kontraksi	28
Gambar	8	Sumber Energi Tinggi	30
Gambar	9	Sendi Bahu.....	34
Gambar	10	Macam-macam Sendi	36
Gambar	11	Nyeri Sendi.....	38
Gambar	12	Kelenjar Ludah	43
Gambar	13	Garis-Garis Besar Saluran Pencernaan.....	45
Gambar	14	Irisan Wajah dan Leher Memperlihatkan Saluran Pernapasan.	64
Gambar	15	Larinx, Trakhea dan Bronkhi	65
Gambar	16	Lapisan Jantung.....	71
Gambar	17	Sifat Jantung	73
Gambar	18	Pembagian Ruang Jantung	75
Gambar	19	Katup Jantung	76
Gambar	20	Katup Mitral (Bikuspidalis)	77
Gambar	21	Serabut Saraf dalam Medula	97
Gambar	22	Penyebaran Serabut Saraf.....	98
Gambar	23	Diagram Organigram Serabut Saraf Otonom	100
Gambar	24	Sumsum Tulang Belakang.....	101
Gambar	25	Belahan Sumsum Tulang Belakang	102
Gambar	26	Gerak Refleks	103
Gambar	27	Kelenjar Endoktrin	107
Gambar	28	Hubungan Anatomis Hipotalamus dan Hipofisa.....	110

DAFTAR TABEL

Tabel	1	Empat Macam Jaringan dan Lokasinya	3
Tabel	2	Sepuluh Sistim pada Tubuh Manusia	4
Tabel	3	Faktor-faktor Hipotalamus, Hormon dan Pengaruhnya.....	110

BAB I

TUBUH MANUSIA

A. PENDAHULUAN

Tubuh manusia terdiri atas lebih kurang 60 triliun sel. Sel-sel ini masing-masing merupakan suatu unit kegiatan biologi dan dapat membentuk gula, lemak, protein, asam, basa, garam dan serangkaian persenyawaan lainnya. Sel-sel ini membentuk jaringan, organ-organ dan sistem-sistem tertentu memberikan dan menjaga fungsi biologi tubuh manusia sebagai suatu kesatuan yang terpadu. Fungsi sel, jaringan dan system itu sedemikian harmonisnya sehingga tubuh manusia tidak ubahnya seperti sebuah mesin, tetapi tentu saja lebih hebat dan lebih sempurna dari mesin yang pernah diciptakan manusia.

Mempelajari letak dan hubungan satu bagian tubuh tidak dapat terpisahkan dari pengamatan tentang kegunaan setiap struktur dan sistem jaringannya. Hal ini membawa kita ke penggunaan istilah *anatomi fungsional* yang bertalian erat dengan fisiologi atau ilmu faal. Kemudian diketahui bahwa ada struktur-struktur tertentu yang dapat dilihat dengan mata telanjang. Maka diperkenalkan istilah *anatomi makroskopik* untuk membedakannya dari *anatomi mikroskopik* yang memerlukan penggunaan mikroskop. Bertalian erat dengan anatomi adalah histologi atau ilmu tentang struktur halus dan tubuh dan histologi, ilmu tentang sel.

Tubuh terbentuk atas banyak jaringandan organ, masing-masing dengan fungsinya yang khusus untuk dilaksanakan. Sel ialah unit atau unsur terkecil dari tubuh dan yang dimiliki oleh semua bagian. Sel disesuaikan dengan fungsi yang harus dilaksanakan atau dengan jaringan dimana sel itu berada. Beberapa sel, misalnya yang berada dalam sistem saraf dan otot, memang sangat khas. Beberapa lainnya seperti yang ada dalam jaringan ikat perkembangannya tidak sesempurna yang diotot atau saraf.

B. HUBUNGAN FISILOGI DENGAN ILMU-ILMU BIOLOGI LAINNYA

Untuk mengetahui bagaimana tubuh manusia bekerja, setidaknya-tidaknya kita harus mengetahui struktur tubuh manusia mulai dari tingkat molekul sampai dengan keseluruhan organisasinya. Fisiologi adalah ilmu yang mempelajari fungsi keseluruhan dan abgian-bagiannya dari suatu organisme. Tentu saja hal ini tidak mungkin dilakukan tanpa pengetahuan anatomi yaitu ilmu yang mempelajari struktur organisasi organisme tersebut.

Kemajuan dalam ilmu-ilmu tentang makhluk hidup dan fisiologi sudah banyak dicapai. Sumbangan yang besar artinya terutama dari ilmu fisika, kimia dan biologi sendiri. disamping sumbangan dari anatomi dapat kita sebutkan misalnya dari biokimia (ilmu yang mempelajari unsur kimia makhluk hidup), genetika (ilmu yang mempelajari tentang pertentangan keturunan), imunologi (ilmu yang mempelajari tentang pertahanan tubuh), farmakologi (ilmu yang mempelajari tentang obat-obatan), dan patologi (ilmu yang mempelajari tentang penyakit).

Tujuan penulisan ini adalah memperkenalkan kepada mahasiswa garis besar fungsi tubuh manusia yang amat menakjubkan itu secara sederhana dan mudah dimengerti. Sasaran utama ialah membangkitkan minat manusia untuk mengerti dan mempelajari fungsi tubuh manusia, termasuk tubuhnya sendiri.

C. ORGANISASI TUBUH MANUSIA

Tubuh makhluk hidup terdiri atas satuan-satuan biologis yang mencakup satuan fisik, kimiawi, dan biologis. Sel-sel membentuk jaringan, jaringan membentuk organ, dan organ-organ yang bekerja bersama-sama membentuk system. Keterkaitan, keharmonisan, dan keterpaduan fungsi komponen-komponen inilah yang merupakan keunikan sifat makhluk hidup yang disebut manusia.

Sel merupakan satuan dari setiap makhluk hidup, yang mempunyai kemampuan untuk menciptakan keterpaduan antara bagian-bagian ke dalam strukturnya, pertumbuhannya, reproduksinya, dan kemampuannya beraksi terhadap rangsangan.

Jaringan merupakan kumpulan yang mempunyai fungsi tertentu. Pada jaringan ini sel-sel mempunyai pembagian kerja dan pemebagian tugas. Pada tabel 1 ktia dapat melihat keempat macam jaringan pokok dan lokasinya.

No	Jaringan	Lokasi
1	Epitel	Permukaan tubuh di dalam dan di luar tubuh misalnya pada membrane mukosa permukaan mulut dan hidung sebelah dalam, lapisan luar.
2	Penghubung	Kelanjat (kelenjar ludah, kelenjar hormon) Mengikat satuan-satuan biologis di seluruh tubuh (misalnya pengikat hormone).
3	Otot	Penghubung pengikat antara tulang dengan tulang. Dinding tubuh, dinding organ tubuh (misalnya pada jantung, alat pencernaan).
4	Syaraf	Otak, tulang belakang, saraf

Tabel. 1 Empat Macam Jaringan dan lokasinya

Organ tubuh adalah bagian-bagian yang terdiri atas jaringan-jaringan, dan setiap organ mempunyai fungsi tertentu, misalnya melekat pada tempatnya karena ada jaringan-jaringan pengikat yang membentuk kantong atau membrane.

Jantung merupakan satu-satunya organ yang mengalirkan darah ke seluruh tubuh. Organ-organ yang berperan dalam peredaran darah ke seluruh tubuh. Organ-organ yang berperan dalam peredaran darah ini merupakan bagian dari system yang dinamakan system sirkulasi. Organ-organ ini mencakup jantung dan pembuluh darah. Cairan yang keluar dari system sirkulasi kembali ke jantung melalui system limpa, pembuluh darah simpul limpa.

Di dalam tubuh manusia terdapat sepuluh macam sistem sirkulasi, sistem limpa, menyaring dan mengalirkan kembali cairan yang mengalir dalam peredaran darah dan jaringan dan menghasilkan sel-sel yang dianggap oleh beberapa ahli sebagai sistem tersendiri dan dinamakan system pertahanan, system pernapasan mengubah oksigen menjadi karbon dioksida. System otot menghasilkan gerakan. System eksresi mengurangi sisa-sisa bahan melalui kulit, saluran kencing, selaput-

selaput tubuh, termasuk yang terdapat pada paru-paru dan system pewarnaan. System endokrin menghasilkan hormone yang membantu mengatur kimiawi dan fungsi tubuh. System pencernaan mengubah makanan menjadi molekul-molekul sehingga dapat diserap tubuh. System reproduksi merupakan sumber sel-sel yang menciptakan kehidupan manusia.

No	Jaringan	Lokasi
1	Endokrin	Hipofisa, kelenjar pineal, tiroid, para tiroid, timus, pancreas, gonad
2	Syaraf	Otak dan tulang belakang
3	Tulang	Tulang
4	Pernapasan	Paru-paru
5	Sirkulasi	Jantung, pembuluh darah
6	Limpa	Timus, pembuluh limpa
7	Otot	Otot tulang
8	Pencernaan	Perut, usus, hati, kelenjar ludah, pankreas
9	Eksresi	Kulit, kelenjar keringat, paru-paru, buah pinggang, empedu, organ pencernaan
10	Reproduksi	Testes, kandung telur, uterus

Tabel 2. Sepuluh System pada Tubuh Manusia

D. BERBAGAI SISTEM DALAM TUBUH

Anatomi sistemik atau pembagian tubuh dalam sistema-sistema disusun sesuai dengan fungsinya dan dibawah istilah yang dipakai untuk menunjukkan ilmu yang mempelajari bagian-bagian tertentu.

- OSTEOLOGI ialah ilmu pengetahuan tentang tulang
- ARTHROLOGI ialah ilmu pengetahuan tentang sendi
- MIOLOGI ialah ilmu pengetahuan tentang otot
- SPLANKHOLOGI ialah ilmu pengetahuan tentang organ atau visera (alat dalam)
- NEUROLOGI ialah ilmu pengetahuan tentang saraf dan struktur saraf

Bila dikelompokkan menurut fungsi, maka susunan umumnya ialah seperti berikut:

Sistema Lokomotorik. Ini mencakup bagian-bagian yang bersangkutan dengan gerak tubuh. *Sistema kerangka* mencakup tulang-tulang, tulang rawan dan membran tertentu. *Sistema artikulatorik* yang berkenaan dengan sendi, dan *sistema otot-otot* yang mencakup otot, fasia dan tendon (lihat Bab 3 sampai 8).

Sistema Pembuluh Darah mencakup *sistem sirkulasi* dan *sistem aliran limfe*. Darah merupakan sistem transpor yang utama. Darah dipompa mengitari tubuh oleh jantung, oksigen dibawa dari paru-paru dan karbon dioksida dikumpulkan dari jaringan.

Sistema Pencernaan terdiri atas saluran pencernaan beserta kelenjar dan organ daripadanya. Makanan dipecahkan oleh enzim dalam saluran pencernaan dan diangkut oleh darah ke hati dan akhirnya ke jaringan.

Sistema Pernapasan terdiri atas saluran dan organ yang berhubungan dengan pernapasan. Oksigen dari udara diambil dan dimasukkan ke darah, kemudian diangkut ke jaringan. Produk yang tidak perlu, karbondioksida (CO₂) diangkut oleh darah dari jaringan tubuh ke paru-paru dan dinapaskan ke luar ke udara.

Kelenjar buntu dikelompokkan bersama karena sekresi yang dihasilkan disalurkan langsung ke darah atau organ pemakai.

Sistema Urogenital mencakup organ *sistem urinari* dan *sistem reproduksi*. Hasil buangan dari tubuh, kecuali karbon dioksida, disekresikan oleh ginjal.

Sistema saraf terdiri atas *susunan saraf pusat*, yang mencakup otak dan sumsum tulang belakang; *sistem saraf periferi* atau susunan saraf tepi terdiri atas urat-urat saraf yang berasal dari otak dan sumsum belakang, dan *sistem saraf otonom*.

Pancaindra mencakup perasaan, penciuman, penglihatan dan pendengaran dan juga fungsi raba dari kulit. Melalui organ-organ ini individu dapat berjaga-jaga terhadap kekuatan luar dan dengan demikian mampu melindungi dirinya sendiri.

Sistema ekskretorik ialah istilah yang dipakai untuk melukiskan secara kolektif organ yang berkenaan dengan ekskresi dari produk buangan berasal dari tubuh.

Dalam organ-organ ini masuk *sistem urinari*, *paru-paru* dalam fungsinya mengurangi karbondioksida, dan *kolon* yang mengekskresikan ke dalam tinja bahan tertentu yang tidak dapat larut.

E. SEL PADA JARINGAN

Sebuah sel ialah setitik protoplasma yang berisi inti atau nukleus yang dibungkus oleh membran sel. Sel memiliki semua kemampuan zat hidup, termasuk pertahanan diri dan perkembangbiakan.

Makanan dan Asimilasi

Dari *cairan interseuler* atau *cairan interstisiil* yang mengelilinginya sel memisahkan zat-zat kimi seperti *asam amino* yang kemudian dibentuk menjadi bahan yang sangat kompleks, yaitu protein yang membentuk protoplasma.

Pertumbuhan dan Perbaikan. Bahan-bahan yang diantarkan kepada sel dapat digunakan untuk membentuk protoplasma baru, sehingga sel bertambah besar, *sel tumbuh*. Bahan-bahan itu juga dapat digunakan untuk mengganti bagian-bagian dari sel yang sudah usang.

Metabolisme. Sebaliknya sel memerlukan persediaan *energi* untuk kegiatan-kegiatan itu. Maka beberapa bahan makanan yang diserap digunakan oleh sel sebagai bahan bakar. Makanan dipecahkan (katabolisme) dan energi yang tersimpan didalamnya keluar dan digunakan oleh sel sebagai panas, sekresi kelenjar, gerakan dan ekgiatan saraf.

Pernapasan. Persediaan oksigen yang dibawa darah dari paru-paru dan menyingkirkan bahan buangan berupa gas, yaitu karbon dioksida, penting untuk fungsi dan kelangsungan hidup sel.

Ekskresi. *Bahan buangan* hasil proses katabolisme dari sel masuk cairan dan kemudian diangkut oleh darah. Darah mengangkut asam karbonat buangan ke paru-paru, yang dikeluarkan dari tubuh sebagai karbon dioksida.

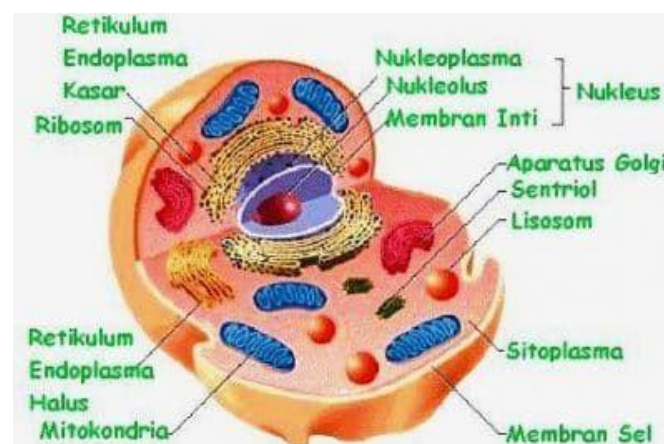
F. STRUKTUR SEL

Protoplasma sel terdiri atas sebuah badan yang terletak di tengah, yaitu inti atau *nukleus*, dan *sitoplasma* atau sisa protoplasma, yang mengelilingi nukleus.

Sitoplasma. Ini terdiri atas beberapa unsur penting seperti berikut :

1. *Mitokhondria*, yang berupa tongkat-tongkat kecil yang erat berhubungan dengan proses katabolik atau pernapasan badan sel.
2. *Alat Golgi*. Seperti saluran yang terletak dekat nukleus, dan terlibat dalam kegiatan pengeluaran sekret dari sel.
3. *Sitoplasma dasar*. Bahan koloid yang sangat kompleks didalam semua struktur lainnya terendam, terutama bertugas dalam kegiatan anabolik atau sintetik dari sel.
4. *Sentrosom*. Sebagian kecil sitoplasma yang padat, terletak dekat dengan nukleus. Mempunyai peran penting dalam pemecahan sel.
5. *Membran sel*. Kulit sel bukanlah selaput yang mati. Banyak fungsi penting berhubungan dengannya, tetapi khususnya ia bekerja sebagai saringan selektif yang mengizinkan beberapa bahan tertentu masuk sel atau menghindarkan bahan lain masuk. Dengan demikian ia merupakan bagian penting untuk mempertahankan komposisi (susunan) kimia yang tepat dari protoplasma.

Nukleus. Nukleus terdiri dari massa protoplasma yang lebih kompak, terpisah dari sitoplasma oleh *membran nukleus*, yang juga bersifat penyaring selektif. Nukleus mengendalikan sel serta semua kegiatannya. Tanpa nukleus sel akan mati.



Gambar 1. Berbagai Bagian Jaringan Sel

BAB II

SISTEM KERANGKA / TULANG

A. PENGERTIAN FISILOGI TULANG

Fisiologi atau anatomi tulang merupakan kerangka tubuh yang menyebabkan tubuh dapat berdiri tegak, tempat melekatnya otot-otot sehingga memungkinkan jalannya pembuluh darah, tempat sumsum tulang dan syaraf yang melindungi jaringan lunak, juga tulang merupakan organ yang dibutuhkan manusia untuk mengangkat dan membawa barang-barang yang berat. Intinya tulang adalah organ yang dibutuhkan untuk melakukan aktifitas sehari-hari.

Jaringan tulang memiliki susunan yang kompleks terdiri dari berbagai macam sel. Jaringan tulang dapat menyokong aktivitas tubuh agar lebih maksimal. Mulai dari berukuran kecil sampai besar. Tiap tulang dalam tubuh manusia berperan melindungi dan membantu tubuh dapat bergerak. Tanpa tulang tubuh manusia tidak akan bias bergerak sama sekali. Untuk membuat tubuh manusia bergerak bebas, jaringan tulang memiliki susunan yang kompleks dan terdiri dari berbagai macam sel yang menyokong tiap aktivitas yang dilakukan.

Di dalam tubuh manusia ada lebih kurang 206 tulang yang bila dihitung beratnya hampir 18% dari berat badan. Tulang-tulang ini membentuk suatu system tulang dan system gerakan yang timbul apabila kekuatan kontraksi otot disalurkan melalui tendon ke tulang. Tulang menjalankan beberapa fungsi tubuh, antara lain sebagai penyokong, pelindung, tempat penyimpanan dan pembentukan sel-sel darah.

B. FUNGSI UTAMA JARINGAN TULANG

Tulang adalah jaringan hidup dengan matriks protein kalogen yang telah diresapi oleh garam-garam mineral khususnya fosfat dan kalsium. Tulang menyokong tubuh dan memegang peranan penting pada homeostasis mineral. Protein dalam serabut-serabut kalogen yang membentuk matriks tulang adalah kompleks.

Jumlah yang dekat dari 15 protein dan mineral keduanya harus tersedia untuk mempertahankan struktur tulang yang normal.

Fungsi utama jaringan tulang yaitu :

- 1) Fungsi mekanik, sebagai penyokong tubuh dan tempat melekat jaringan otot untuk pergerakan. Otot merupakan alat gerak aktif, sedangkan tulang merupakan alat gerak pasif.
- 2) Fungsi protektif, melindungi berbagai alat vital dalam tubuh dan juga sumsum tulang belakang.
- 3) Fungsi metabolik, sebagai cadangan dan tempat metabolisme berbagai mineral yang penting seperti kalsium dan fosfat.
- 4) Fungsi hemopoetik. Berlangsungnya proses pembentukan dan fungsi perkembangan sel darah.

Secara anatomi (dilihat dari bentuknya), tulang terbagi dua 1) Tulang pipih (tulang-tulang kepala, tulang rahang dan lain-lain) 2) Tulang panjang (tulang-tulang lengan, paha, punggung dan lain-lain) Bagian luar tulang (bagian yang keras) disebut tulang kortikal, dimana bagian ini sudah mengalami klasifikasi sehingga terlihat sangat kokoh, kompak dan kuat. Sedangkan bagian dalam yang berpori dan berongga disebut tulang trabekular, bagian ini belum terklasifikasi sempurna, sehingga bersifat porous atau berpori (Wibowo, 2018).

C. PEMBENTUKAN DAN PERTUMBUHAN TULANG

Tulang adalah jaringan hidup dengan matriks protein kalogen yang telah diresapi oleh garam-garam mineral khususnya fosfat dan kalsium. Tulang menyokong tubuh dan memegang peranan penting pada homeostasis mineral. Protein dalam serabut-serabut kalogen yang membentuk matriks tulang adalah kompleks. Jumlah yang dekat dari 15 protein dan mineral keduanya harus tersedia untuk mempertahankan struktur tulang yang normal (Ganong, 2017).

Tulang disusun oleh sel pendukung yaitu *osteoblasts* dan *osteocytes*, juga sel remodeling yaitu *osteoclasts*. Dan juga matrix kolagen non-mineral serta protein non

kolagen yang disebut *osteoid*. Ossifikasi (atau osteogenesis) adalah proses pembentukan tulang baru oleh sel yang disebut osteoblast. Sel-sel dan matriks tulang ini adalah dua elemen paling penting yang terlibat dalam pembentukan.

Dari proses pembentukan tulang normal ini dilakukan oleh dua proses penting, yaitu:

- 1) osifikasi intramembran ditandai dengan meletakkan tulang ke dalam jaringan ikat primitif (mesenkim) sehingga terbentuk tulang (tengkorak, klavikula, mandibula).
- 2) Osifikasi endochondral dimana model kartilago berfungsi sebagai prekursor (mis., femur, tibia, humerus, radius).

Ini adalah proses yang paling penting 3 terjadi saat penyembuhan patah tulang saat diobati dengan cast immobilization. Saat proses pembentukan jaringan tulang terjadi pada lokasi ekstraskeletal, hal itu disebut sebagai osifikasi heterotopik Kini & Nandeesh, (2018:5).

Osifikasi intramembran adalah proses pembentukan tulang dari jaringan mesenkim yang dikonversi secara langsung (tidak terdiferensiasi). J. Gordon Betts dalam buku *Anatomy and Physiology* (2013) menyebutkan osteoblas mensekresikan osteoid, matriks yang tidak terklasifikasi dan mengapur (mengeras membentuk tulang) dalam beberapa hari karena garam mineral yang diendapkan di atasnya menjebak osteoblas di dalamnya. Osteoblas yang tertanam tersebut berubah menjadi osteosit. Sementara sel-sel osteogenik disekitarnya akan berubah menjadi osteoblas yang baru di bagian tepi tulang yang sedang tumbuh.

Osteoid akan membentuk matriks trabekular yang akan terus menebal membentuk tulang keras. Sedangkan osteoblast akan membentuk lapisan seluler periosteum. Lapisan periosteum kemudian membentuk tulang spons. Tulang spons kemudian memenuhi pembuluh darah dan berubah menjadi tulang sumsum merah. Pada proses awal osifikasi di dalam jaringan tulang yang terbentuk terdapat pembuluh darah fungsi dari pembuluh darah tersebut adalah untuk membentuk trabeculae yang kemudian menjadi tulang spongiosa. Osifikasi intramembran