



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202061118, 18 Desember 2020

Pencipta

Nama : **Sanusi Hasibuan, Tarsyad Nugraha dkk**
Alamat : Jl Sumantri Brojonegoro No. 36 Percut Sei Tuan, Deli Serdang, SUMATERA UTARA, 20371
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Negeri Medan**
Alamat : Jl. Willem Iskandar / Pasar V, Medan, Sumatera Utara
Kewarganegaraan : Indonesia
Jenis Ciptaan : **Buku**
Judul Ciptaan : **Bahan Ajar Anatomi Berbantuan Augmented Reality**
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 18 Desember 2020, di Medan
Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.
Nomor pencatatan : 000228708

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Sanusi Hasibuan	Jl Sumantri Brojonegoro No. 36 Percut Sei Tuan
2	Tarsyad Nugraha	DSN XVII/ Anggrek PSR IV Timur Percut sei tuan
3	Zulpikar Ilham	Jl Kopral Hanafiah Kelurahan Mangga Besar Kecamatan Prambumulih Utara
4	Muhammad Chairad	Jl. Tuasan Komplek Tuasan Indah No. B-1 LK VI Medan Tembung

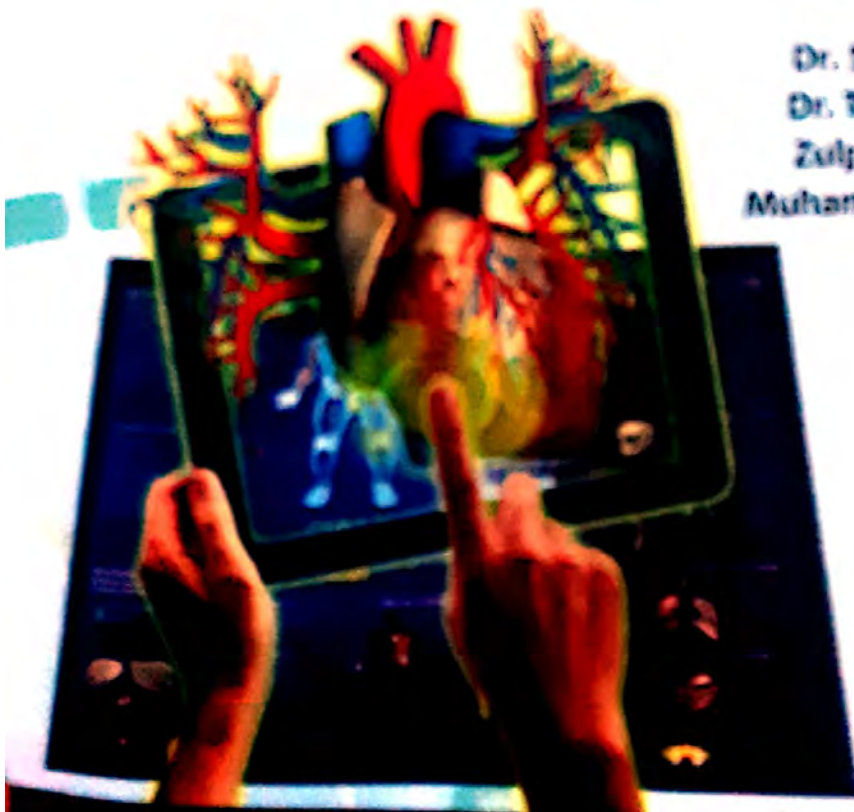




BUKU AJAR

ANATOMI BERBANTUAN AUGMENTED REALITY

Dr. Sanusi Hasibuan, M.Kes
Dr. Tarsyad Nugraha, M.Kes
Zulpikar Ilham, S.Pd., M.Pd
Muhammad Chairad, S.Pd., M.Pd



**BUKU AJAR
ANATOMI BERBANTUAN
AUGMENTED**

Undang-Undang No. 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

Pasal 72

1. Barangsiapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 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).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta atau hak 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).

Dr. Sanusi Hasibuan, M.Kes | Dr. Tarsyad nugraha, M.Kes
Zulpikar Ilham, S.Pd., M.Pd | Muhammad Chairad, S.Pd., M.Pd

BUKU AJAR ANATOMI BERBANTUAN AUGMENTED REALITY

Penerbit
Desanta Muliavisitama
2020

Buku Ajar Anatomi Berbantuan Augmented Reality
@Copyright. Hasibuan. Sanusi. dkk. 2020

ISBN: 978-623-7908-58-6

Penulis:

Dr. Sanusi Hasibuan, M.Kes

Dr. Tarsyad Nugraha, M.Kes

Zulpikar Ilham, S.Pd., M.Pd

Muhammad Chairad, S.Pd., M.Pd

Editor: Sundanah

Design Layout: Yeni

Penerbit Desanta Muliavisitama

Anggota IKAPI BANTEN Nomor: 043/BANTEN/2020
Jl. Raya Jakarta KM 6,5 Kalodran Walantaka Kota Serang
Email: muliavisitama@gmail.com Website:
<http://desantapublisher.com>
BANTEN – INDONESIA

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Dilarang memperbanyak atau menyebarkan isi buku ini, baik secara elektronik maupun mekanis tanpa izin dari penulis

All Right Reserved

Cetakan Pertama, Oktober 2020

Isi diluar tanggungjawab Penerbit

Kata Pengantar

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karenaNYA buku ajar Anatomi berbantuan *Augmented Reality* (AR) ini selesai disusun. Buku ini disusun untuk membantu para mahasiswa dalam mempelajari struktur tubuh manusia pada matakuliah Anatomi terutama bagi yang belum apa yang dimaksud dengan Anatomi. Terimakasih penulis sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Medan dan kepada seluruh pihak terkait yang tidak dapat penulis nyatakan satu persatu yang telah banyak berkontribusi sehingga buku ajar ini selesai.

Penulis menyadari apabila dalam penyusunan buku ini terdapat kekurangan, tetapi penulis meyakini sepenuhnya bahwa sekecil apapun buku ini tetap memberikan manfaat. Semoga buku ajar ini dapat membantu mahasiswa dalam mempelajari matakuliah Anatomi.

Akhir kata guna penyempurnaan buku ini, kritik dan saran dari pembaca sangat penulis nantikan. Atas perhatiannya penulis ucapkan terimakasih.

Medan, 2020

Tim Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi.....	vi
BAB I ANATOMI (ANATOMY).....	1
1. Osteologi.....	2
2. Skull Cranium (Tengkorak Kepala).....	4
3. Os Sternum (Tulang Dada).....	5
4. Os Costae (Rusuk/Iga).....	5
5. OS METACARPALIA (Tulang Telapak Tangan),.....	14
6. Os Pelvis (Gelang Panggul).....	15
7. Os Pubis (Tulang Kemaluan),	16
8. Os Patella, bentuk segitiga.....	19
9. Os Tarsalia (Pangkal Kaki).....	20
10. Os Metatarsalia,	21
BAB II ARTHROLOGI.....	23
1. Synarthrosis.....	23
2. Diarthrosis (Sendi Gerak Atas)	25

3.	Persambungan dan Persendian.....	28
BAB III SISTEM PERSARAFAN (NEUROLOGI).....		55
1.	Sistem Persarafan.....	55
2.	Fungsi Sistem Persarafan.....	56
3.	Struktur Sel Saraf.....	57
4.	Klasifikasi Saraf.....	58
5.	Motor Unit.....	59
6.	Receptors.....	59
7.	Klasifikasi Receptors	60
8.	Proprioceptors	60
9.	Muscle Proprioceptors	62
10.	Join and skin Proprioceptors	62
11.	Labyrinthine and neck Proprioceptors	63
12.	Gerak Refleks (Reflex Movement)	63
BAB IV MIOLOGI (MIOLOGY).....		65
1.	Miologi Umum.....	67
2.	Sistem Otot Kerangka / Lurik	74
3.	Klasifikasi Otot Kerangka.....	80
4.	Metode Mempelajari Otot yang Bekerja.....	82

5. Kontraksi Otot (Muscle Contraction).....	83
6. Teori Kontraksi Otot.....	84
7. Sistem Pembentukan Energi Untuk Kontraksi Otot.....	84
8. Sistem Pembentukan Energi.....	85
9. Fisiologi Otot.....	89
OTOT-OTOT KERANGKA MANUSIA.....	99
Daftar Pustaka.....	106
Tentang Penulis.....	108

BAB I

ANATOMI (ANATOMY)

Kata anatomi berasal dari bahasa Yunani (*Greek*) yang asal katanya dari ANATOME, ANA= satu dari yang lain, TOME= memotong, memisahkan/menguraikan sehingga anatomi di Indonesia sering disebut ilmu urai. Anatomi adalah ilmu tentang struktur dan susunan tubuh manusia. Lebih lanjut beberapa ahli mendefenisikan:

1. Werner (1977) menyebutkan "*Human Anatomy is The Science Wich Treats Of The Human Body*"
2. Gartner (1975) menyebutkan "*Anatomy is The Study of Structure and Rorm an Organism, and Human Anatomy Deals with the Structure and Form of Various Parts of The Human Body*"
3. Kimber (1977) menyebutkan "*Anatomy is The Study of The Parts of Living Organism and Their Relationship to Each Other*"

Cara mempelajari Anatomi:

1. Dengan bantuan alat khusus untuk mempelajari organ-organ tubuh yang paling kecil dengan alat pembesar mikroskop (*Anatomy Microscopic*) atau (*Histology*)
2. Dengan cara melihat, meraba, mengamati organ-organ tubuh yang masih utuh maupun yang sudah di urai atau *Grass Anatomy*.

Pembagian ilmu Anatomi:

1. Osteologi (Sistem Pertulangan)
2. Artrologi (Sistem Persambungan dan Persendian)
3. Myologi (Sistem Perototan)
4. Neurologi (Sistem Persyarafan)
5. Angiologi (Sistem Peredaran Darah)
6. Dermatologi (Sistem Selaput)
7. Splanchnologi (Sistem Pencernaan)
8. Endocrinology (Sistem Kelenjar)

1. Osteologi

Tulang merupakan jaringan ikat khusus tulang terdiri dari tulang (jaringan oseosa) dan tulang rawan (jaring penyambung dan penyokong).

1. Tulang

Unsur-unsur tulang adalah Sel (Osteoprogenitor, Osteoblas, Osteosit, Osteoklas), Serat-serat kolagen berfungsi membuat tulang menjadi elastis, Substansi inter seluler atau matriks. Matriks terdiri dari proteglikans yang mengandung kondroitidin sulfat, yang diendapi oleh garam-garam anorganik tertentu, seperti kalsium fosfat 85%, kalsium karbonat 10%, kalsium florida. Bentuk-bentuk tulang adalah (a) tidak beraturan (tulang belakang, sacrum, coccyx), (b) pipih seperti sternum, scapulae, ribs, pelvic, patella, (c) panjang seperti fibula, tibia, femur, humerus, ulna, radius, clavícula, metacarval, metatarsal, phalanges, (d) pendek seperti carpals, tarsals.

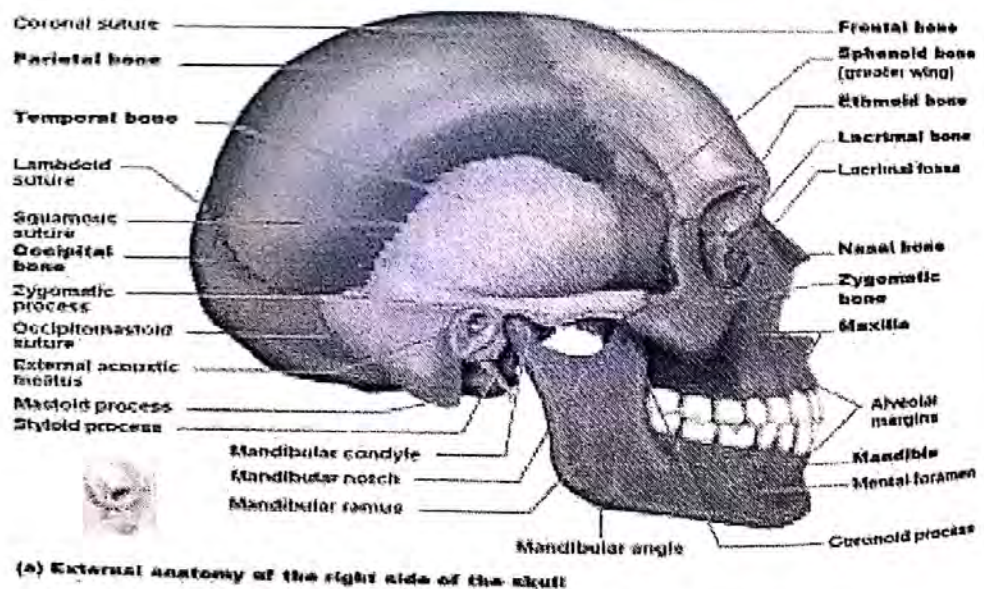
2. Tulang Rawan (Jaringan penyambung dan penyokong) terdiri dari (a) Tulang rawan hialin terdiri dari tulang rawan iga, tulang rawan hidung, laring, trachea, bronchus, kerangka fetus (b) Tulang rawan elastis terdapat pada telinga luar, tuba auditiva, epiglotis, laring (c) Fibrikartilago, terdapat pada tempat yang memerlukan penyokong yang kuat dan daya rentang yang luas, berad pada diskus interklaris, simfisis pubis, diskus intra artikular, bahu dan persendian bahu, paha. Sedangkan fungsi tulang adalah sebagai penunjang tubuh, pembentuk tubuh, proteksi organ-organ dalam, alat gerak/pengungkit, tempat menempel otot dan ligamen, tempat

pembuatan darah, tempat penyimpan zat kapur dan garam-garam.

3. Skull Cranium (Tengkorak Kepala)

- (a) Gubah tengkorak terdiri os frontale (tulang dahi), os parietal (tulang ubun-ubun), os occipital (tulang belakang kepala) terdapat foramen magnum= untuk persediaan atlas.
- (b) Dasar tengkorak, terdiri dari os sphenoidale (tulang baji) ditengah dasar tengkorak, seperti kupu-kupu yang mempunyai sayap, os etmoidale (tulang tapis), diantaranya lekuk mata, tegak dan mendatar serta mempunyai lubang kecil yaitu tempat lewat syaraf penciuman.

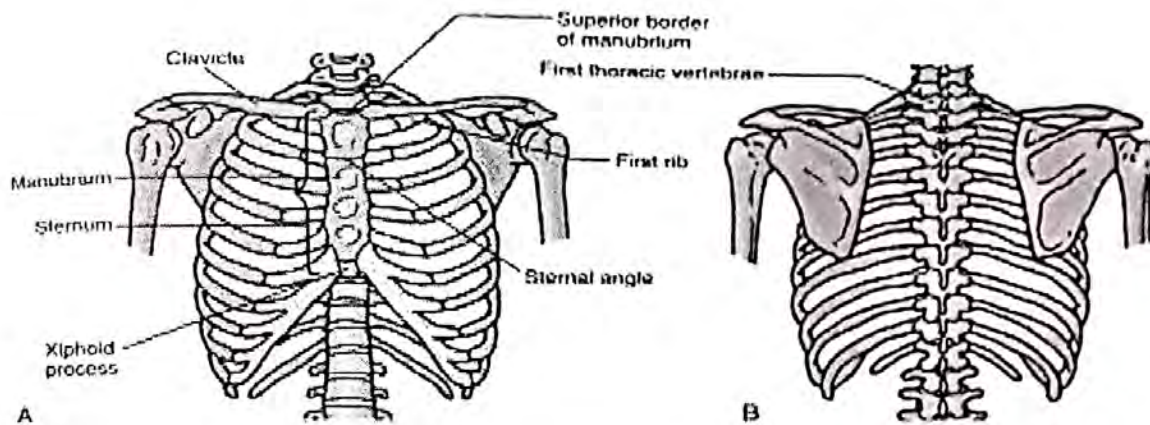
Cranium (tengkorak kepala)



Gambar 1.1. Tengkorak kepala

4. Os Sternum (Tulang Dada)

Terdiri dari manubrium sterni, yaitu pembentuk sendi dengan os costae dan os clavícula. Corpus sterni pembentuk sendi dengan costae. Processus xypoid pada bayi berbentuk tulang rawan.

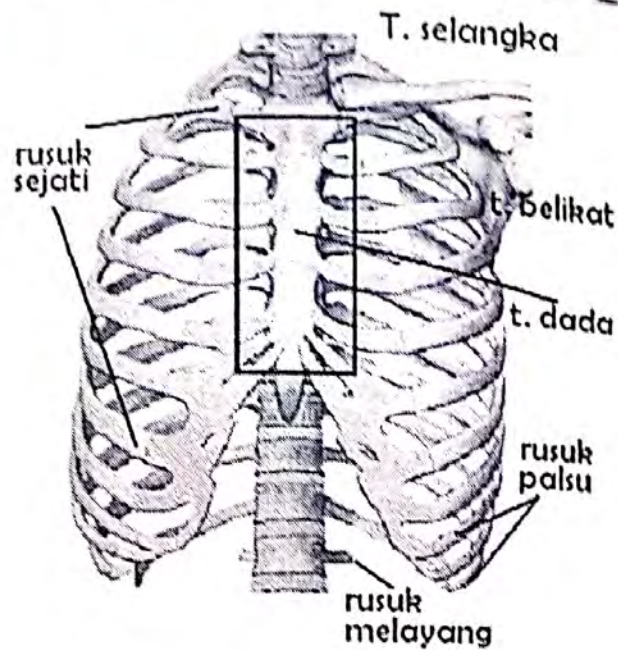


Gambar 1.2. Tulang dada

5. Os Costae (Rusuk/Iga)

Iga berjumlah 12 pasang, sebelah kanan dan kiri depan berhubungan dengan sternum, costae vera atau rusuk sejati berjumlah 7 pasang, costae spurae atau rusuk tidak sejati berjumlah 3 pasang, costae fluitantes atau rusuk melayang berjumlah 2 pasang.

TULANG RUSUK



<< Ribs

Gambar 1.3. Tulang rusuk

Scaletum (Tulang Rangka)

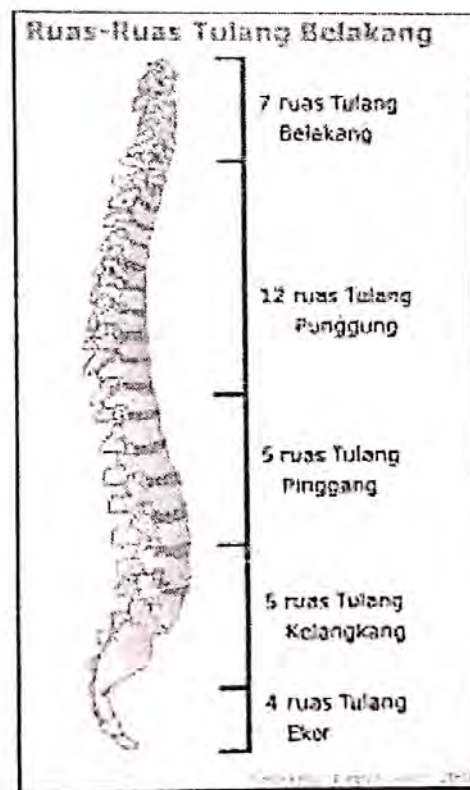
Terdiri dari:

- Truncus (batang badan)
- Collumna Vertebralis (ruas tulang belakang)
- Os Costae (tulang rusuk)
- Os Sternum (tulang dada)
- Os Scapula (tulang belikat)
- Os Clavikula (tulang selangka)
- Pelvis (gelang panggul)

Scaletum Extrimitas (Anggota Gerak)

1. Exterior Superior (Anggota gerak atas) terdiri dari Os Humerus, Os Ulna, Os Radius, Os Carpalia, Os Metacarpalia, Digitorum Manus/Phalanges
2. Exterior Inferior (Anggota gerak bawah) terdiri dari Os Femur, Os Patella, Os Tibia, Os Fibula, OS Tarsalia, Os Metatarsalia, Digitorum Pedis.
3. Cranium /skull (tengkorak kepala) no. 1 dan 3 rangka axialis/poros/sumbu. No.2 rangka apendikularis/penopang.

Columna Vertebralis



Gambar 1.4. Columna Vertebralis

Mempunyai ciri-ciri corpus, arcus, processus spinosus, processus transversus, processus articularis, foramen vertebrae. Fungsi columna vertebralis yaitu penahan kepala, melindungi alat halus, tempat melekat os costae, penentu sikap tubuh. Susunan columna vertebralis

1. Dihubungkan oleh tulang rawan yang disebut discus sehingga CV bisa bergerak kedepan, belakang dan tegak.
2. Di depan dan belakang terdapat serabut kenyal sebagai penguat CV
3. Ditengah bagian dalam terdapat canali medula spinalis sebagai tempat sumsum tulang belakang.

Susunan columna vertebralis

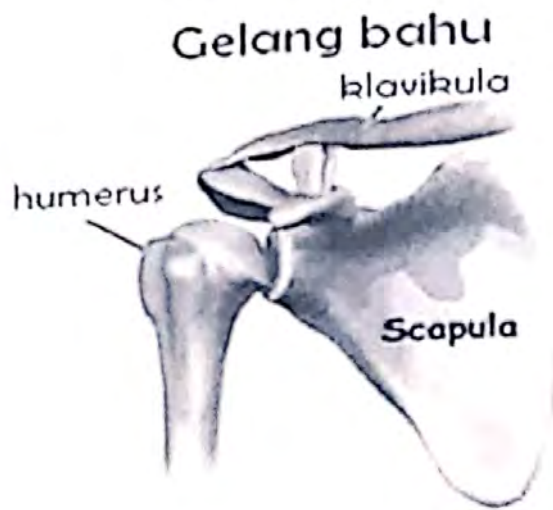
1. Vertebra cervicalis (tulang leher 7 ruas). Ruas I disebut dengan atlas berfungsi mengangguk kepala. Ruas II disebut eppistropheusaxis berfungsi menggerakkan kepala kearah kiri kanan, atas dan bawah. Ruas VII mempunyai taju yang disebut dengan processus prominent.
2. Vertebra Thoracalis (tulang punggung 12 ruas). Corpus besar dan kokoh, prosesus panjang dan melengkung, tempat membentuk persendian dengan os costae, foramen vertebrae berbentuk bulat.
3. Vertebra lumbalis (tulang pinggang 5 ruas). Corpus paling besar, tebal dan kuat, foramen vertebra berbentuk segitiga. Ruas ke V agak menonjol yang disebut promontorium.

4. Vertebra Sakralis (tulang kelangka 5 ruas). 5 ruas menjadi satu, merupakan dinding rongga panggul, terdapat 5 pasang diskus foramen sacralis.
5. Vertebra Cosigis (tulang ekor). 4 ruas menjadi satu, dapat bergerak sedikit karena membentuk persendian dengan Os sacrum.

Susunan CV yang membentuk posisi tubuh yaitu membentuk 2 lengkung kedepan (lordosis cerui cale dan lordosis lumbalis), membentuk 2 lengkung kebelakang (kyposis thoracalis dan kyposis sacralis). Posisi yang abnormal yaitu lordose (lordosis yang berlebihan), kyphose (kiposis yang berlebihan), scoliose (cacat ke samping). Sendi CV oleh bantalan tulang rawan diantara 2 vertebra dan diikat oleh ligamen. cakram merupakan bantalan tebal dari tulang rawan fibrosa. Gerakan pada CV yaitu, flexi, extensi dan lateral.

Gelang Bahu

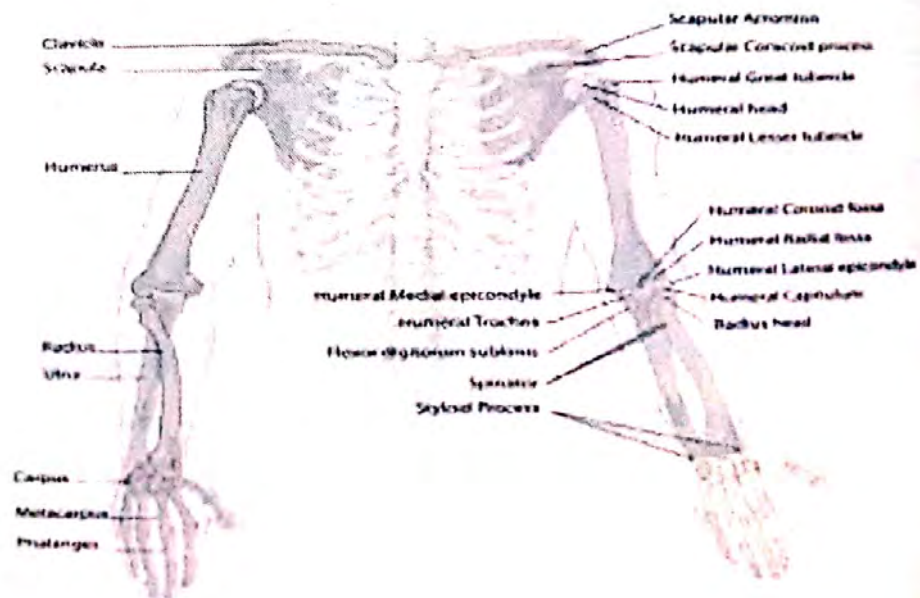
Terdiri dari Scapula (tulang belikat berada dipunggung sebelah luar) berbentuk segitiga, acromion berada pada ujung spina scapula serta berhubungan juga dengan clavicula, clavicula (tulang selangka) bentuk seperti S bagian yang berhubuungan sternum disebut extrimitas sternalis bagian yang berhubungan dengan acromion disebut extrimitas acrominalis.



<<Scapula Left

Gambar 1.5. Gelang bahu

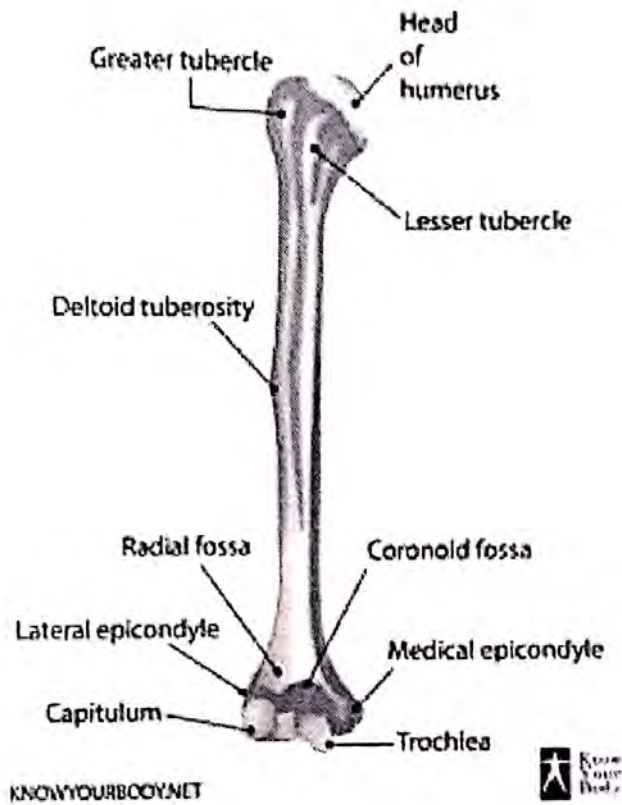
Scaletum Extrimitas Superior (Anggota Gerak Atas)diperantara gerak bahu yang terdiri dari humerus, radius, carvalia, metacarvalia, phalanges.



Gambar 1.6. Anggota gerak atas

Humerus, yang terdiri dari caput humerus, collumna humeri, pada bagian bawah terdiri capitulum, epycondylus, latraralius, medialis, dua lekukan fossa coronoid (depan), fossa olecranon (belakang).

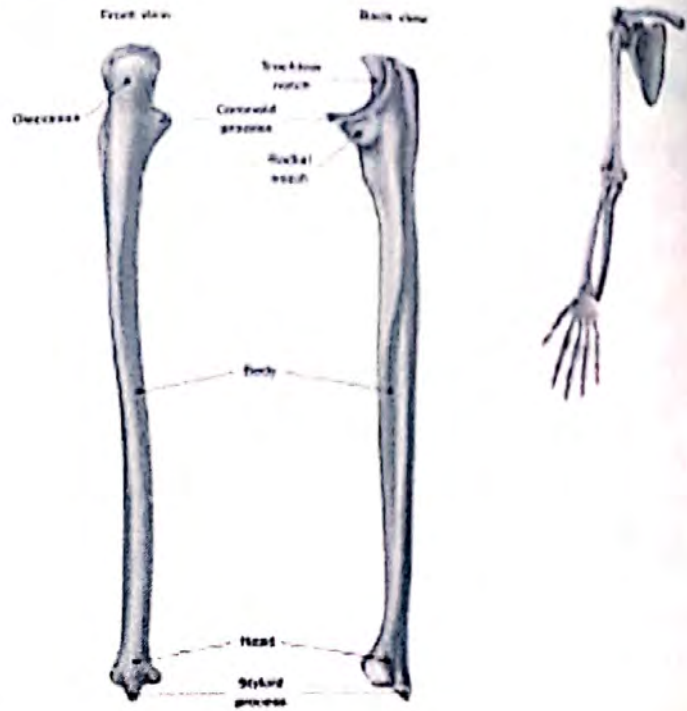
>>Humerus Right



Gambar 1.7. Humerus

Ulna (Tulang Hasta) sejajar dengan kelingking arah ke siku punya prosessus olekranon, fungsi agar lengan tidak bengkok ke belakang.

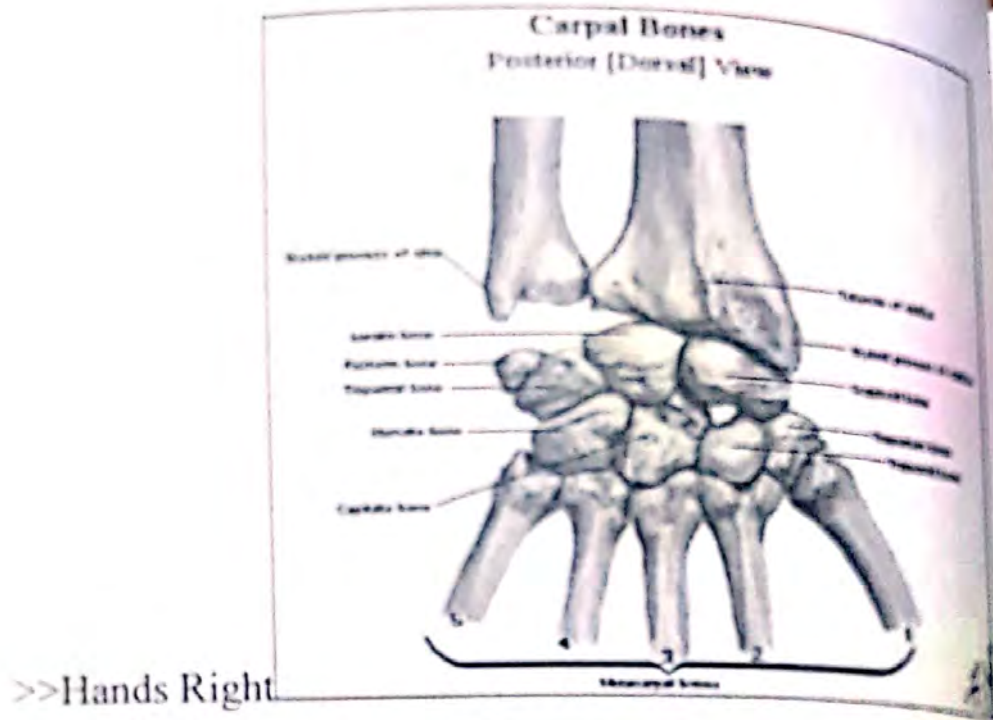
osses of the hand



>>Ulna Left

Gambar 1.8. Tulang hasta

Radius, sejajar dengan ibu jari, pada bagian atas bundar untuk gerak supinasi dan pronasi.

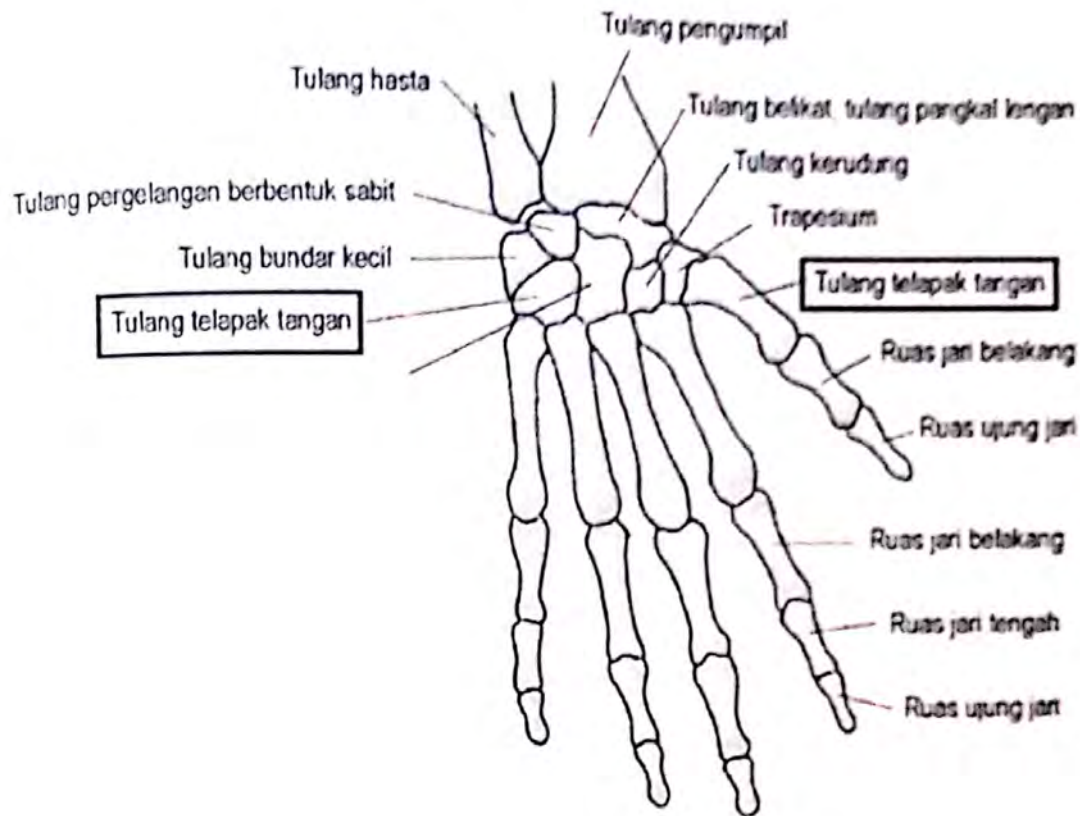


Gambar 1.10. Tulang carpal

6. OS METACARPALIA (Tulang Telapak Tangan).

Terdiri dari 5 buah phalagus digitorum manus sebanyak 14 buah. Kerangka gerak bawah (scaletum extrimitas inferior) yaitu femur 1 buah, patella 1 buah, fibula (tulang betis) 1 buah, tibia (tulang kering) 1 buah, os tarsalia (tulang pangkal kaki) 7 buah, os metatarsalia (tulang telapak kaki) 5 buah, phalanges digitorum pedis 14 buah.

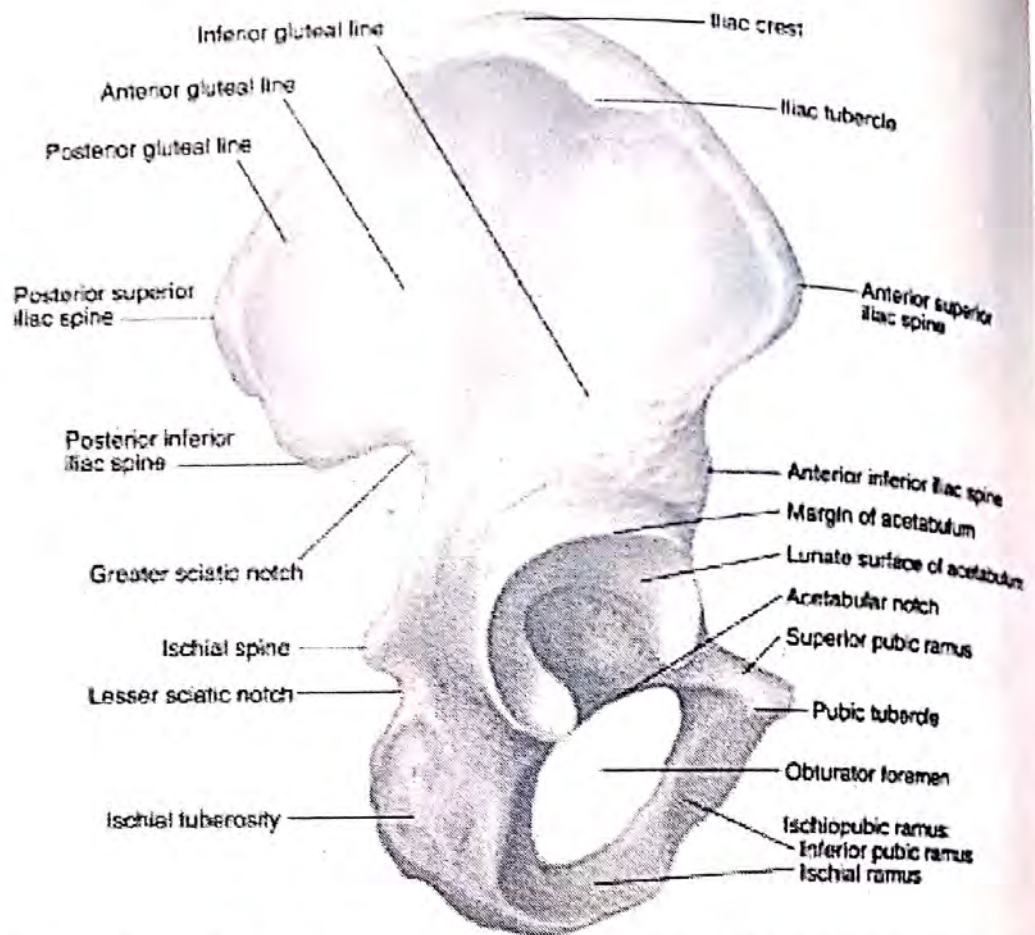
>>Hands Half Left



Gambar 1.11. Tulang telapak tangan

7. Os Pelvis (Gelang Panggul)

Merupakan penghubung antar anggota bagian badan atas dan badan bagian bawah dibentuk oleh os illium (tulang usus), os ichi (tulang duduk), os pubis (tulang kemaluan).



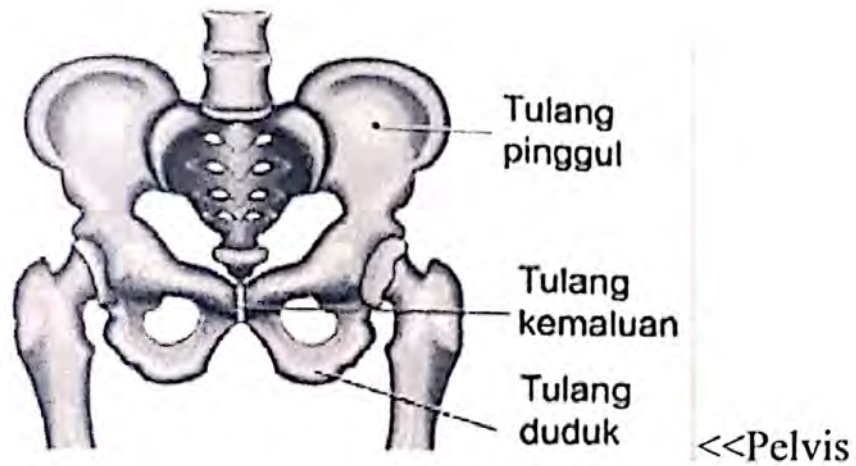
Copyright © 2009 Wolters Kluwer Health | Lippincott Williams & Wilkins

3-L4 Skeleton of the Hip (Os Coxae), Lateral View, A Body Feature

Gambar 1.12. Gelang panggul

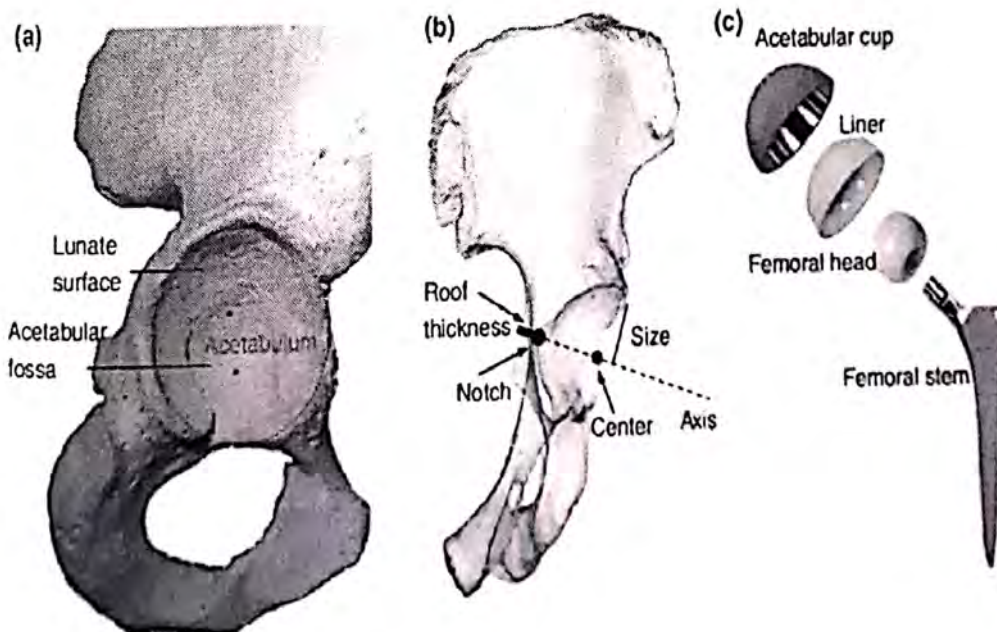
8. Os Pubis (Tulang Kemaluan),

Berjumlah dua buah (kanan dan kiri), tulang bercabang dua kesamping atas dan kesamping bawah, penghubung kanan dan kiri disebut simpisis pubis, terdapat rongga panggul yang besar yang berfungsi sebagai tempat rahim, terdapat rongga panggul kecil yang berfungsi sebagai tempat organ vesika urinaria.



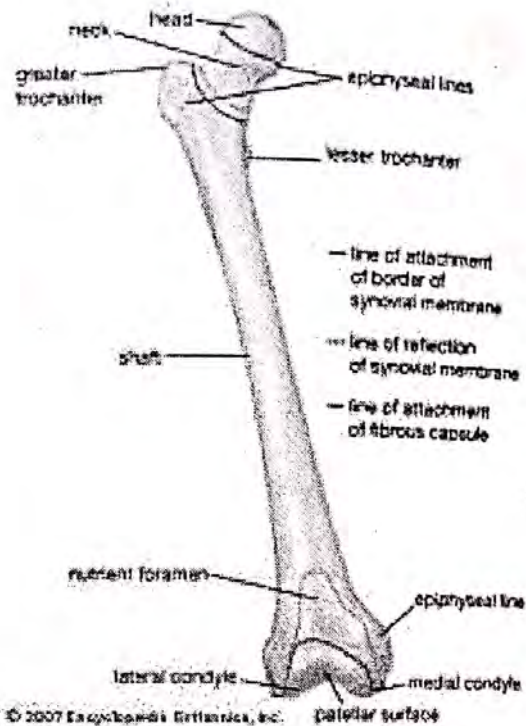
Gambar 1.13. Tulang kemaluan

Acetabulum dibentuk oleh pertemuan os illium, os ichi dan os pubis, bersendi dengan femur dalam formasi gelang panggul, permukaan sendi seperti telapak kuda dengan bagian terbawah disebut incisura acetabulum berfungsi sebagai tempat yang dilalui oleh pembuluh darah.



Gambar 1.14. Acetabulum

Femur, Tulang pipa terpanjang dan terbesar, caput femur berhubungan dengan acetabulum, pada bagian bawah ada dua tonjolan condylus medialis dan lateralis dan ditengahnya ada fossa condylus berfungsi sebagai letak os patella.

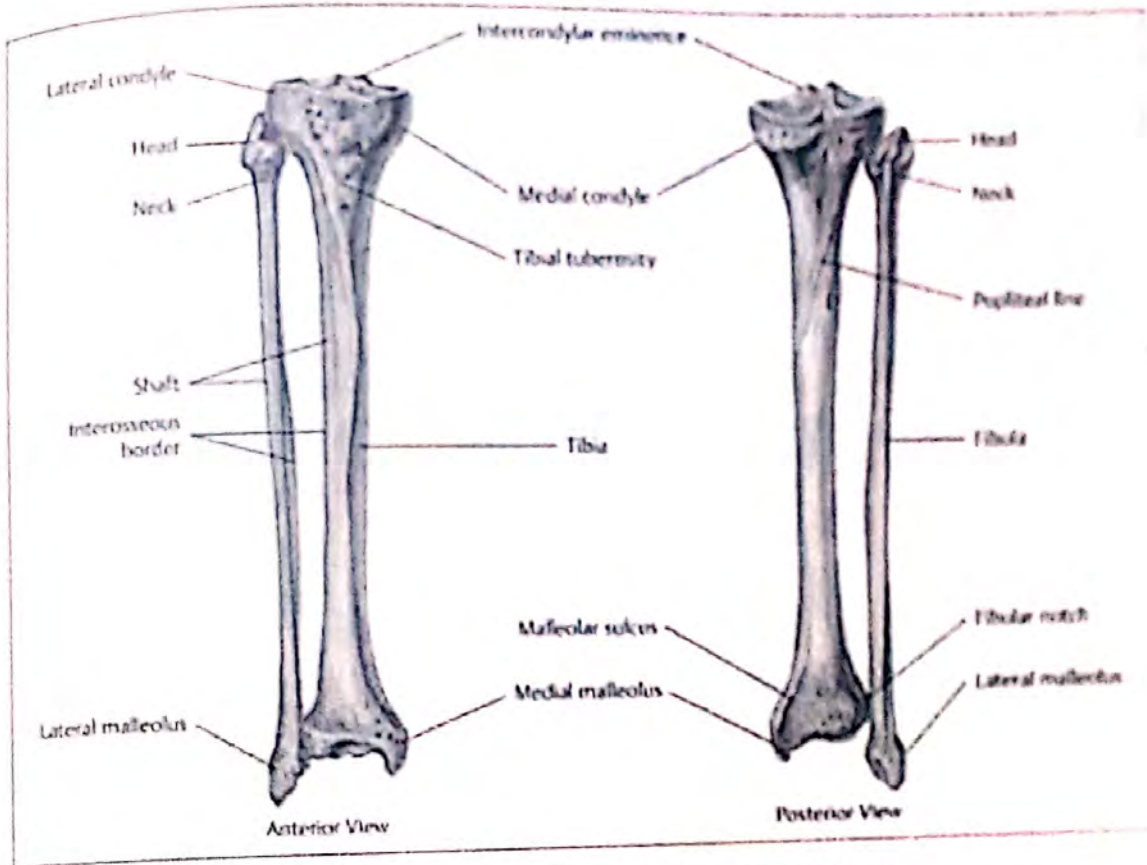


>>Femur Left

Gambar 1.15. Tulang femur

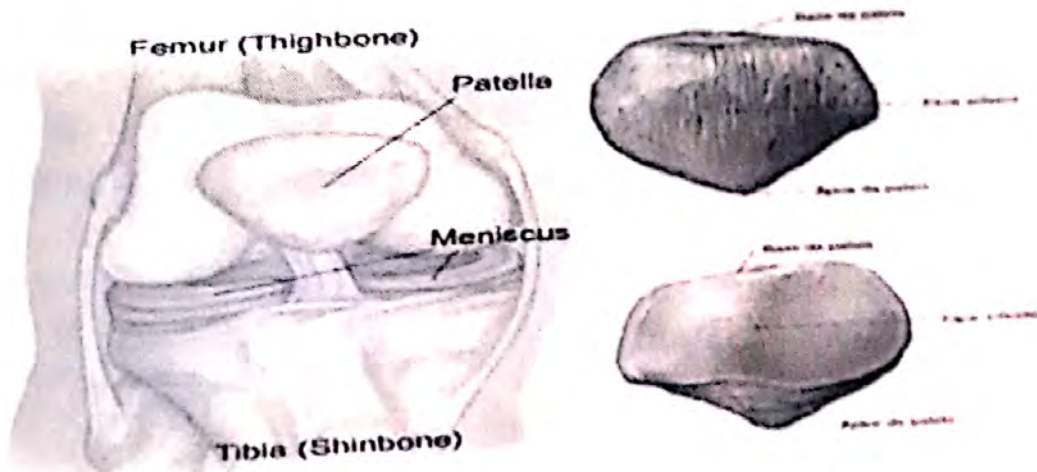
Tibia Dan Fibula, Pembentuk sendi lutut pada bagian ujung mendapat tonjolan malleolus lateralis (mata kaki luar dan malleolus medialis atau mata kaki dalam).

>>tibia dan fibula



Gambar 1.16. Tulang tibia dan fibula

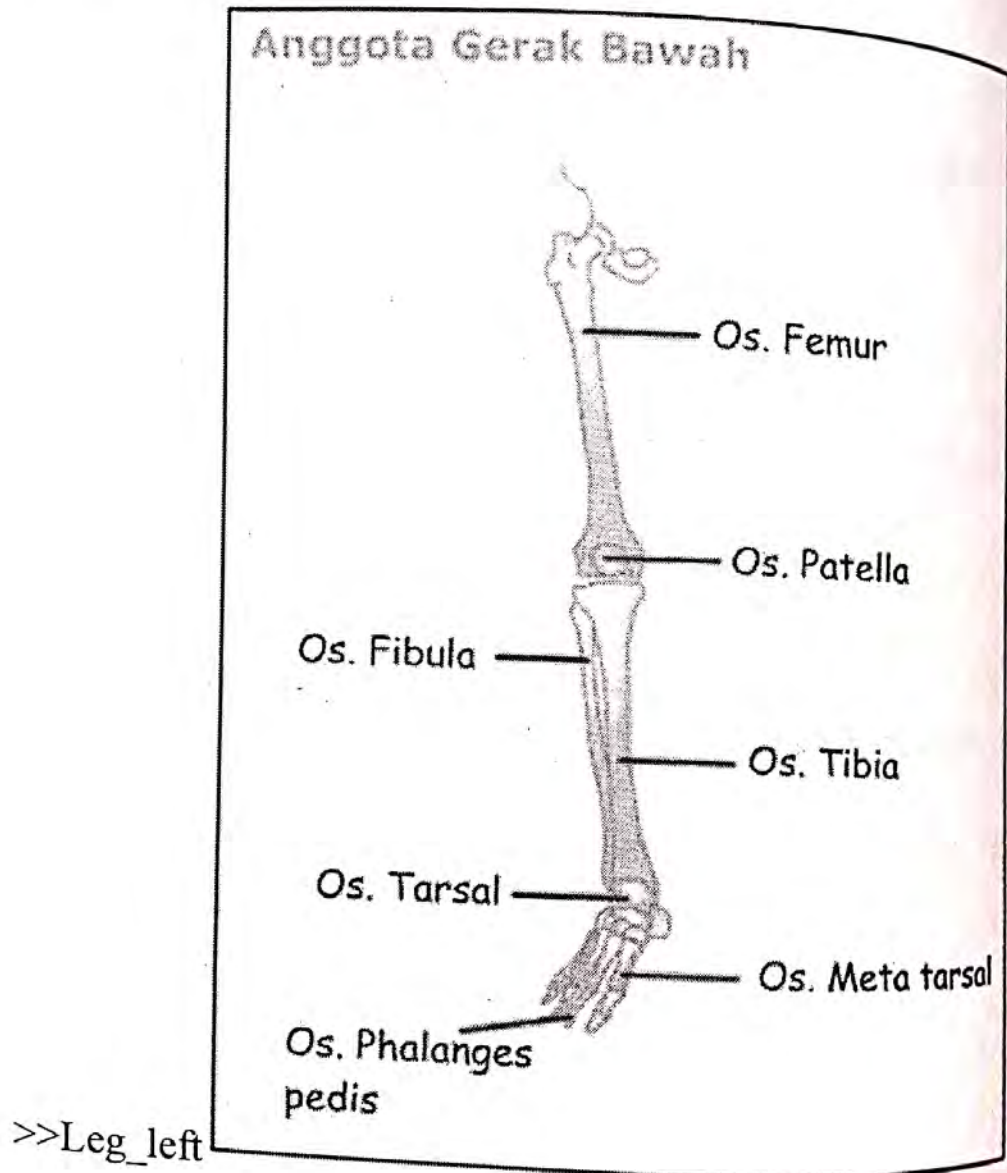
9. Os Patella, bentuk segitiga



Gambar 1.17. Tulang patella

10. Os Tarsalia (Pangkal Kaki)

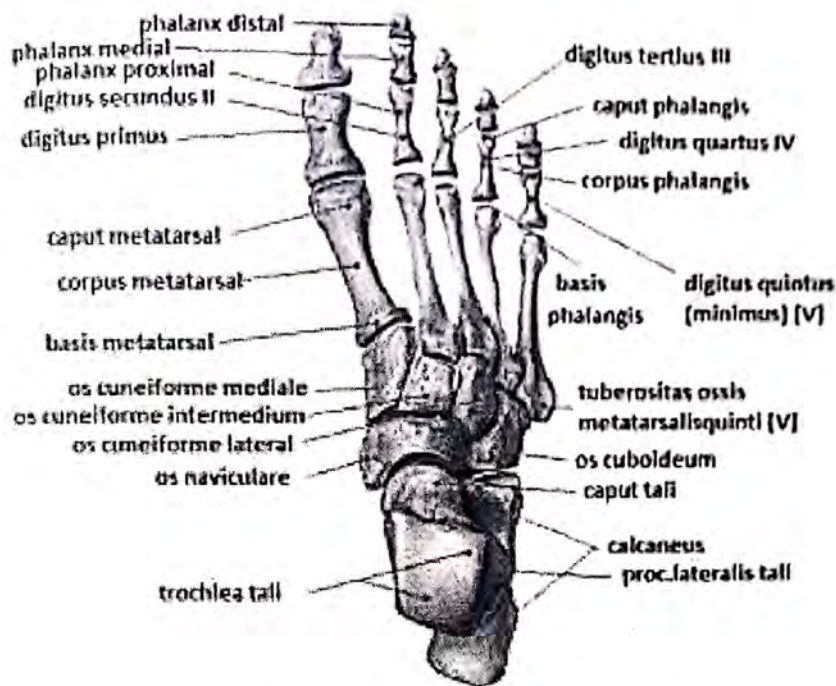
Terdiri dari talus (tulang loncat), calcaneus (tulang tumit), naviculare (tulang bentuk kapal), cuboideum (tulang bentuk dadu), cunai form (lateralis, inter medialis, medialis).



Gambar 1.18. Tulang pangkal kaki

11. Os Metatarsalia,

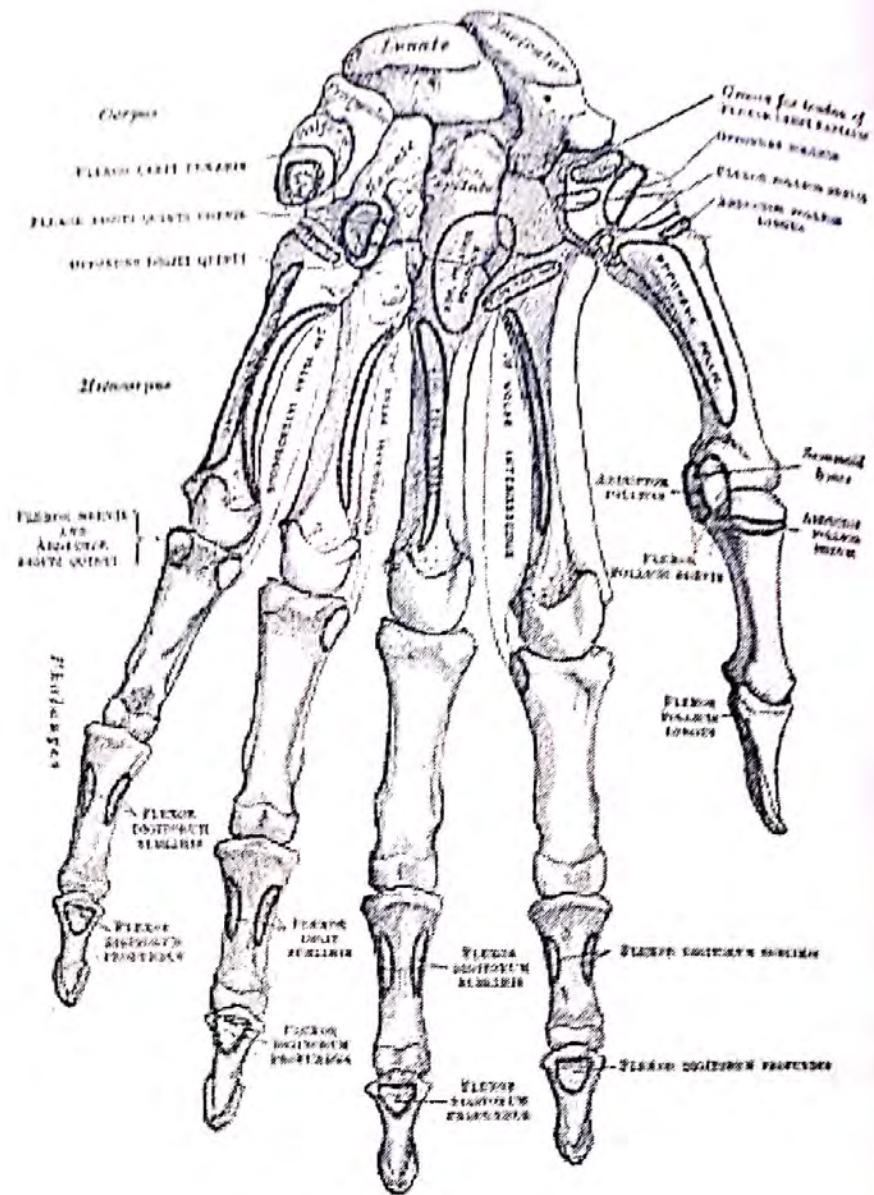
Tulang Telapak Kaki, berjumlah 5 buah merupakan penghubung tarsalia dengan phalanges.



Gambar 1.19. Tulang telapak kaki

Phalanges Digitorum, pedis = 14 buah merupakan tulang pipa pendek masing masing tiga ruas kecuali ibu jari dua ruas.

Lengkung kaki terdiri dari lengkung medial dari belakang kedepan (calcaneus), lengkung lateralis terdiri dari calcaneus, cuboideum dan meta tarsalia, lengkung melintang meta tarsalia, oleh tarsalia, lengkung transversal oleh kepala tarsalia V.

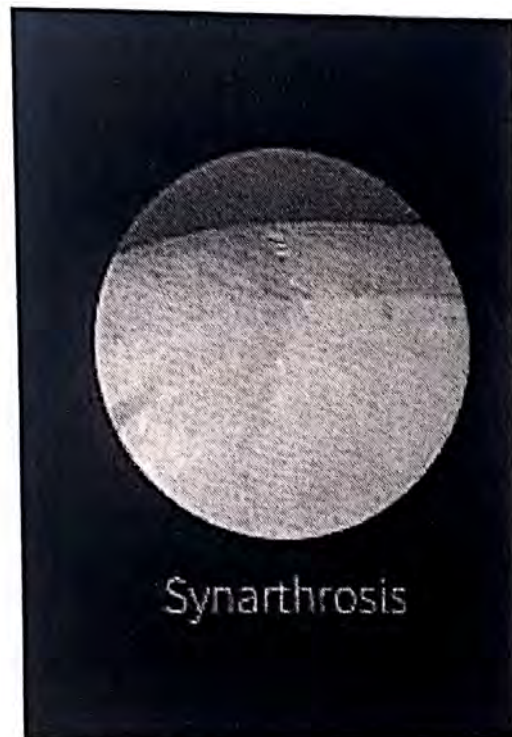


Gambar 1.20. Tulang phalanges digitorum

BAB II

ARTHROLOGI

1. Synarthrosis



Gambar 2.1. Sendi synarthrosis

Synarthrosis merupakan sendi yang menghubungkan 2 TI atau lebih dengan diperantarai oleh suatu jaringan.

Berdasarkan jaringan, synarthrosis dibagi atas:

- A. Syndesmosis : jaringan penghubungnya yi. Jaringan ikat, tdd :

1. Sutura : Pinggiran ti. Yang bertemu dihubungkan jaringan ikat, tulang tipis, ex : tulang tengkorak.
 2. Schindylesis: lempeng tulang yang satu terjepit oleh tulang yang lain. Ex : Sphenoidale dengan Vomer.
 3. Gomphosis: Tulang yang berbentuk krucut masuk dalam tulang lain sesuai dengan bentuk tulang tersebut. Ex: Gigi dengan rahang.
 4. Syndesmosis Elastica: Jaringan ikat merupakan serat kenyal (elastis). Ex: Arcus Vertebrae oleh lig. Flavum.
 5. Syndesmosis Fibrosa: Jaringan ikat merupakan serat Kollagen. Ex: Radius dengan ulna oleh membran interossea antebrachil.
- B. Synchondrosis: Jaringan penghubung merupakan jaringan rawan misalnya diantara epiphysis & diaphysis sebelum penulangan selesai pada os pubis ka & ki, sternum & costae.
- C. Synostosis: Jaringan penghubung yi. Jaringan tulang biasa. Ex : antara os. Pubis, illium, dan ischi pada orang dewasa.

2. Diarthrosis (Sendi Gerak Atas)



Gambar 2.2. Sendi diarthrosis

Merupakan hubungan tulang yang tidak bersatu, sebab diantara tulang yang bersendi tersebut terdapat suatu rongga (*cavum articulare*).

Biasanya dijumpai:

- a. Ujung tulang yang bersendi : kepala sendi (*caput articulare* & lekuk sendi (*cavitas glenoidales*).
- b. Capsula articularis (simpai sendi), tdd 2 lapis : *stratum fibrosum* (luar) & *stratum synoviale* (dalam).
- c. *Cavum articulare* (rongga sendi), berisi *synovia* = urat sendi.
- d. Alat-alat Khusus, a.i :

- Labium articulare (bibira)
- Disci & minischi articulare (sebagai penyangga atau tumbukan / benturan).
- Bursae mucose (kandungan lender), memudahkan gerakan sendi.
- Ligament.

Berdasarkan kemungkinan Gerak, Dyarthrosis dibagi:

- a. Amphiarthrosis : gerak sedikit sekali.

Ex : Art. Sacro Iliaca.

Articulationes (sendi): gerakan sangat luas, & berpusat pada sumbu.

Dasar Letak Arah Sumbu

- a. Sumbu Transversal, arah sumbu: kanan & kiri. Gerakannya adalah:
 - Flexi & Extensi
 - Retroflexi & Anteflexi
- b. Sumbu sagittal, arah sumbu: muka & belakang. Gerakannya adalah:
 - Abductio & Adduction
 - Latroflexi
- c. Sumbu longitudinal, arah sumbu : atas & bawah. Gerakannya adalah :
 - Rotasi

- Circumductio
- Pronasi & Supinasi

Sendi Sumbu I:

- a. Ginglymus (sendi engesel): sb. Gerak-gerak lurus pada panjang tulang.
Ex: Atr. Interpalanges & Humero – ulnaris.
- b. Art. Trochoidea (Sendi Kisar). sb. gerak sesuai arah panjang tulang.
Ex: Art. Radiocarpalis & Atlanto – Deltalis.

Sendi Sumbu II (Sumbu Gerak Saling Potong)

- a. Art. Elipsoidea (Sendi Telur).
Ex: Art. Radio – Carpea.
- b. Art. Sellaris (Sendi Pelana).
Ex: Art. Carpo Metacarpea I.

Sendi Sumbu III (Arthrodia) = Gerak sangat bebas.

Kepala sendi berbentuk bola.

- a. Art. Gluboidea (Sendi Peluru). Lekuk sendi menancap kurang dari setengah kepala sendi.
Ex : Art. Humeri.
- b. Enarthrosis Spheroidea (Sendi Buah Pelana). Lekuk sendi menancap lebih setengah kepala sendi : Gerak lebih terbatas.
Ex : Art. Caxae

3. Persambungan dan Persendian

Jumlah tulang 206 buah dihubungkan satu dengan yang lain sehingga membentuk system kerangka. Hubungan dua buah atau lebih tulang tersebut ada yang secara langsung, tidak terjadi gerakan pada perhubungan tulang tersebut., struktur semacam ini dapat **Persambungan (synarthrosis)**, sedangkan perhubungan dua buah tulang atau lebih secara tidak langsung dan kemungkinan terjadi gerak pada perhubungan tulang tersebut, struktur perhubungan semacam ini disebut **Persendian (diarthrosis)**.

I. Persambungan (Synarthrosis)

Ciri-ciri persambungan:

1. Hubungan dua buah tulang atau lebih yang disatukan oleh jaringan tulang rawan (cartilaginous) dan jaringan fibrosa (fibrous).
2. Dihubungkan secara permanent oleh tali pengikat (ligamentous) yang kuat.
3. Hubungan dua tulang atau lebih tersebut secara langsung dan tidak ada rongga sendi (articular cavity).

Klasifikasi Persambungan:

1. Cartilaginous (synchondrosis). Jenis persambungan ini dihubungkan dengan tulang rawan.
2. Fibrous (suture). Jenis persambungan ini menyerupai jahitan oleh jaringan fiber-rawan, dan tidak ada gerakan.

Contohnya suture pada kepala.

3. Ligamentous (syndesmosis). Jenis persambungan ini dihubungkan oleh jaringan tali pengikat sendi yang kuat dan gerakannya hanya sedikit sekali.

Contohnya persambungan coracoacromion, dan persambungan tulang radius dan ulna.

II. Persendian (Diarthrosis)

A. Ciri-ciri persendian

1. Memiliki rongga sendi (articular cavity).
2. Sendinya dibungkus oleh tali-tali pengikat sendi (ligamentous capsule)
3. Di dalam capsula articular terdapat cairan sendi yang berfungsi sebagai pelumas dan penahan getaran pada sendi.
4. Permukaan sendi sangat halus dan licin.
5. Permukaan sendi dilapisi oleh tulang rawan (fibrocartilage).

B. Klasifikasi persendian

1. Persendian Irreguler (arthrodial/Plane)/ Jenis persendian ini permukaan sendinya tidak beraturan, seperti piring atau sedikit cekung, gerakan terbatas hanya menggeser saja, dan tidak mempunyai poros sandi.

Contohnya persendian pada carpals, dan susunan tulang belakang.

2. Persendian Hinge (gynglimus). Jenis persendian ini salah satu permukaannya sendinya berbentuk cembung dan permukaannya lainnya berbentuk cekung, mempunyai satu poros sendi.

Contohnya pada sendi siku (elbow joint) yang dapat bergerak flexion dan extension.

3. Persendian Pivot (trochoid/screw). Jenis persendian ini permukaannya sendi menyerupai proses/as.

Contohnya sendi atlantoaxial, dan sendi radioulnar joint.

4. Persendian Condylloid (ovoid/ellipsoidal). Jenis persendian ini salah satu permukaannya sendinya berbentuk lonjong telanjang dan yang lainnya berbentuk cekung seperti mangkuk. Gerakan yang dapat dilakukannya adalah dua garis, yaitu gerakan ke arah depan dan belakang, dan arah sisi kiri dan kanan, karena sendi ini memiliki dua poros.

Contohnya sendi pergelangan tangan (wrist joint), dan metacarpophalangeal joint.

5. Persendian Saddle (sellar/reciprocal reception). Jenis persendian ini hampir sama dengan persendian condylloid, memiliki dua poros namun kemungkinan gerakannya lebih luas, seperti gerakan flexion, extension, adduction, dan circumduction.

Contohnya sendi carpometacarpals pada ibu jari tangan.

4. Anatomi Dan Faal Sendi

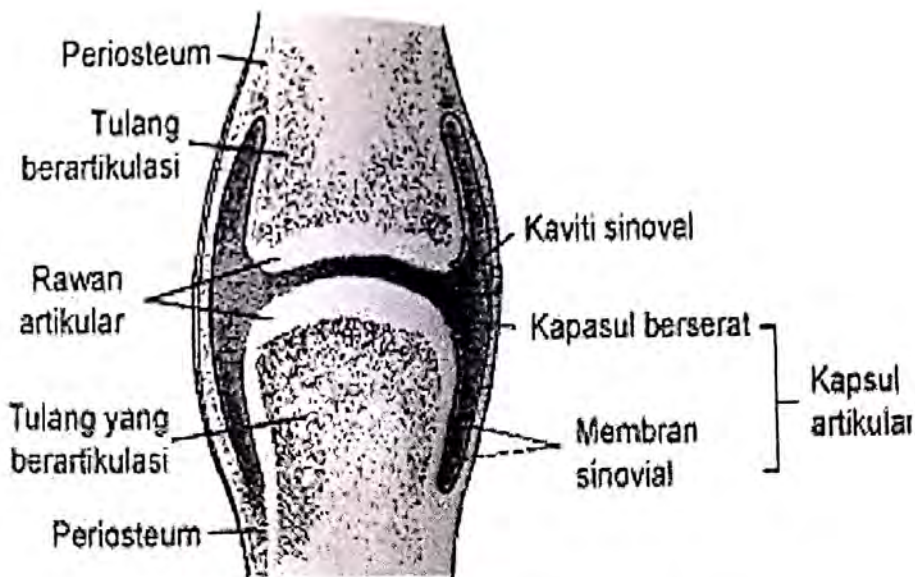
Struktur sendi menunjang fungsinya yaitu:

- Menahan tekanan atau memikul berat badan
- Mampu bergerak atau berpindah tempat.

Stabilitas pergerakan sendi disebabkan oleh peran dari kapsula sendi, ligament dan tendo otot, sedangkan daya tahan terhadap perubahan tekanan / beban karena adanya elastisitas kartilago sendi.

Sendi synovia mempunyai struktur yang memungkinkan tulang-tulang/ kartilago bergerak lebih bebas karena adanya ruang sendi yang berisi cairan sendi yang kental (pelumas), ujung tulang yang dilapisi kartilago dan sendi dibungkus atau diperkuat oleh kapsula sendi.

Kapsula Sendi



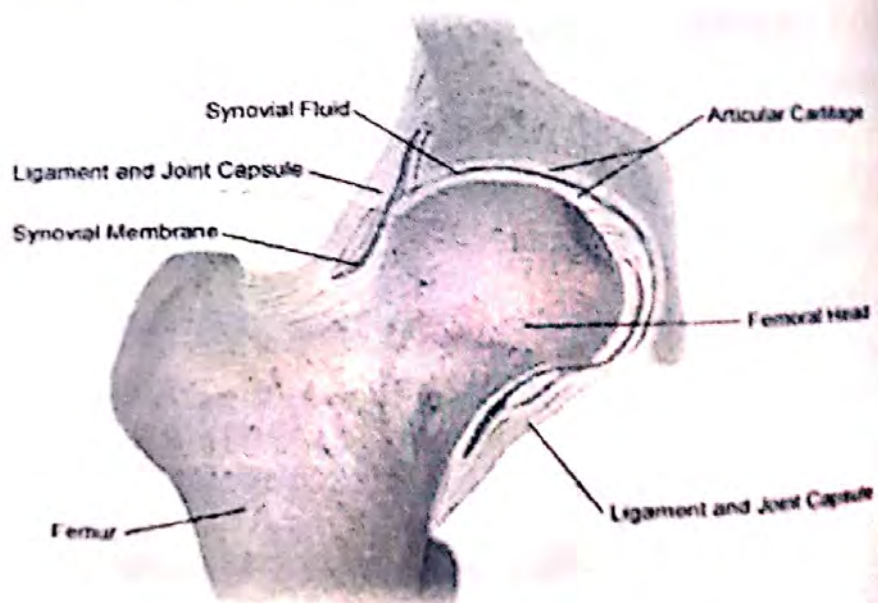
Gambar 2.3. Kapsula sendi

Merupakan lapisan yang membatasi ruang sendi terdiri dari jaringan fibrosa yang kuat, bersifat fleksibel sehingga memudahkan pergerakan. Kapsula sendi menempel pada korteks tulang dan disebelah luar dilapisi oleh jaringan fibrosa.

Membran Sinovia

Bukanlah membrane yang sebenarnya dan merupakan lapisan dalam kapsula sendi yang terdiri dari lapisan sel dan lapisan fibrosa mengandung banyak pembuluh darah, pembuluh limfe dan serabut saraf. Difusi berjalan antara pembuluh darah dan cairan di dalam sendi (joint cavity), partikel besar kembali ke pembuluh darah melalui pembuluh limfe. Sinovia mudah beregenerasi karena strukturnya yang selular dan banyak pembuluh darah.

Cairan Sendi (cairan synovia)



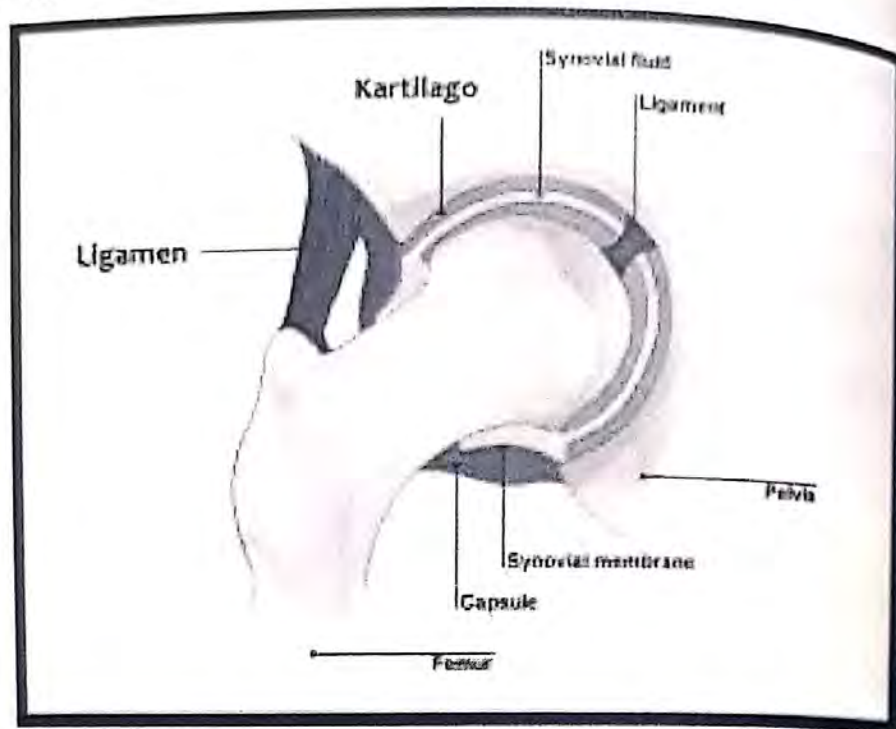
Gambar 2.4. Cairan sendi

Dihasilkan oleh sel tipe B synovia dan difusi dari kapiler synovia bersifat kental karena konsentrasi asam hialuronad dan mukoprotein yang tinggi, menempel pada kartilago dan berfungsi sebagai pelumas yang cukup efisien untuk mencegah kerusakan akibat gesekan. Cairan ini secara fisik memperlihatkan karakter yang elastis, plastis, viscous dan new-Newtonian (mempunyai tahanan yang tinggi pada tekanan yang statis dan tahanan yang rendah pada pergerakan). Fungsi lainnya sebagai nutrient untuk sendi yang evaskuler terutama kartilago, juga untuk memudahkan gerakan synovia dan sel radang.

Ligament Sendi

Bagian kapsula sendi yang menebal yang menghubungkan antar tulang, bervariasi dalam bentuk dan kekuatan. Pada umumnya walau tidak elastatis tetapi bersifat fleksibel, cukup kuat untuk menahan gerakan tubuh dan terdapat banyak serabut sensoris yang memantau atau mencegah regangan yang berlebih.

Kartilago Sendi



Gambar 2.5. Kartilago sendi

Terdiri dari kartilago hialin yang tahan terhadap gesekan lemah, penyebar beban dan transmisi serta dapat menyerap getaran mempunyai struktur yang tidak homogen karena sel kondrosit serabut kolagen bervariasi dalam bentuk, ukuran dan orientasi letak yang terlihat sebagai daerah tangensial, radial dan klasifikasi. Kondrosit memproduksi proteoglikan yang terdiri dari rantai kondrotin sulfat yang panjang dan rantai keratin sulfat yang pendek dan dapat menyerap air.

Daya tahan terhadap gesekan (tensile and shear strength) ditentukan oleh serabut kolagen dan terhadap tekanan (compressibility/resilience) ditentukan oleh proteoglikan. Kartilago dewasa adalah jaringan yang tidak mempunyai pembuluh

darah, pembuluh limfe, dan serabut saraf dan sel kondrosit dewasa adalah sel yang kurang mampu bermitosis.

Persarafan Sendi

Sendi dipersarafi oleh saraf spinal yang terdiri dari saraf sensoris dan saraf otonom. Percabangan saraf spinal tersebar luas dikapsula sendi, ligament dan membrane synovia. Cabang saraf sensoris yang besar membentuk akhiran saraf proioseptif dikapsula sendi dan ligament yang memantau perubahan posisi dan gerak tubuh, jadi penting untuk mengontrol reflex posisi atau *posture*, pergerakan atau *locomotion*, dan sensasi kinesthesia. Cabang saraf sensoris yang kecil, tidak berielin (serabut saraf tipe C), membentuk akhiran saraf nyeri di kapsula sendi, ligament, dan dinding pembuluh darah.

Sensasi nyeri di daerah sendi sering dirasakan sebagai sensasi yang difus dan sulit ditentukan lokasinya. Nyeri sendi dapat disertai kontraksi reflex otot-otot di sekitar sendi dan bila kerusakan lebih besar akan disensasikan lebih distal bahkan diseluruh ekstremitas.

Perubahan Patologis Sendi

Seperti hanya pada system mekanis yang bergerak maka sendi menghadapi risiko dengan pertambahan waktu atau usia karena jadi

perubahan struktur dan adanya pergeseran yang bergantung da
pada gesekan dan besarnya tekanan.

Proses Penuaan

Dengan bertambahnya usia, kondrosit memproduksi proteoglikan dengan rantai kondrotin sifat yang lebih pendek dan rantai keratna sulfat yang lebih panjang, kemampuan menyerap air yang berkurang sehingga kartilago sendi menjadi lebih kaku.

Degenerasi

Perubahan kartilago mengakibatkan prediksi daerah yang mudah rusak oleh tekanan berat badan atau tekanan lainnya sehingga bergesekan menimbulkan celah, erosi dan selanjutnya kerusakan yang progresif dari korteks tulang subkartilago. Hal ini terjadi karena kemampuan regenerasi kartilago yang rendah.

Peradangan

Manifestasi klasik dari peradangan yaitu rubor, dolor, tumor, color serta gangguan fungsi terutama disebabkan oleh perubahan pada mikrosirkulasi yang banyak terdapat di membran synovia. Peradangan akut ditandai oleh proses eksudasi yang menonjol dan tipe arthritis tertentu (Serum sickness dan acute sheumatic fever).

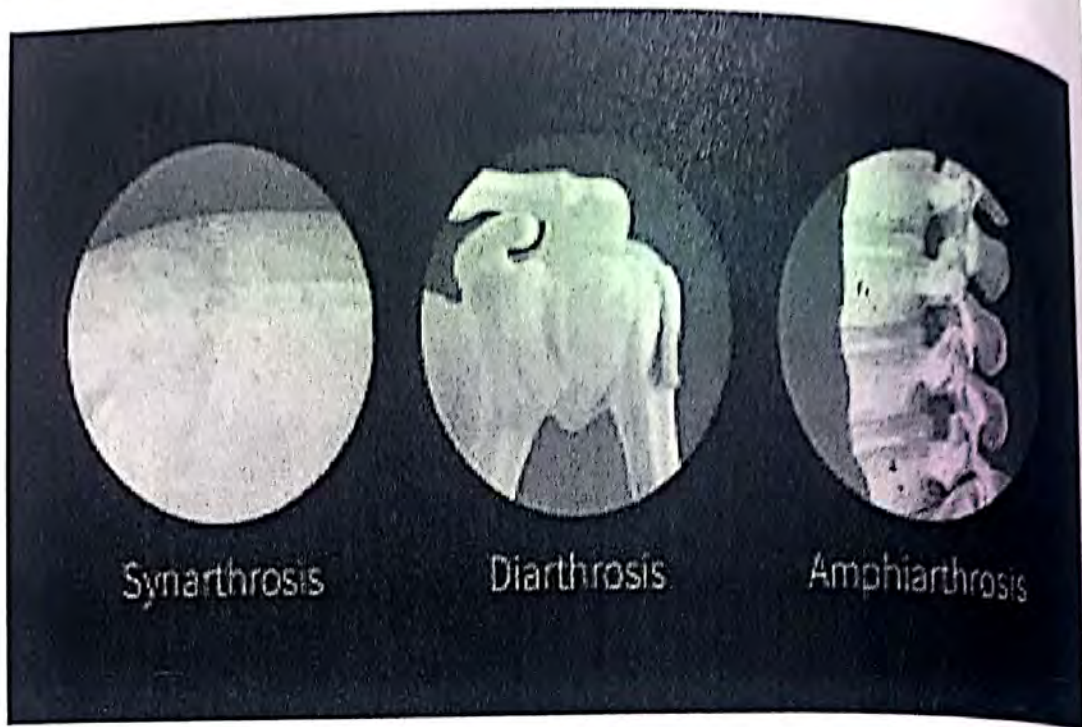
Peradangan kronis ditandai juga oleh proses proliferasi berupa pertumbuhan jaringan granulasi untuk menggantikan

membrane synovia dan kartilago ang rusak (pannus formation). Jaringan granulasi akan diinvasi oleh sel fibrosit dan kemudian berubah menjadi sikatriks sehingga terjadi deformitas dan gerakan sendi (ankylosis). Sikatriks akan mengalami klasifikasi yang kemudian menjadi jaringan tulang sehingga sendi menjadi kaku (bony ankylosis).

Manusia Berdiri Dua Kaki (Bipedal)

- Jarak terpanjang cranium: Globella – Opisthokranion
- Jarak terbesar: Antara 2 titik pada tempat lateral kepala
- Jarak tertinggi: Basion – brema
- Sutura segital ossifikasi awal: scaphocefal
- Sutura coronal ossifikasi awal: tinggi, oxycephaly, acrocefal, turricefal.
- Otak berhenti tumbuh : mikrocefal
- Sutura segital antara ke dua os pariental
- Sutura squamosal antara os temporale dan os pariental
- Sutura lambdosa antara squamosal temporale dan pariental
- Sutura frontopariental : s. coron
- Synarthosis/synarthrodia : tulang dipisahkan oleh jaringan ikat immovable atau minimal.
- Symphysis bentuk synchondrosis dipisahkan oleh discus fibrous cartilage : discus intervertebratalis
- Cartilago costa 1 dan manubrium sterni : synchondrosis
- Cartilago costa 2 s/d 7 : diarthosis.

Axis Sendi



Gambar 2.6. Sendi synarthrosis, diarthrosis, dan amphiarthrosis

Articulation = arthrosis = joint: tempat sambungan dua tulang, biasanya terbentuk oleh jaringan ikat dan kartilago terdiri dari:

1. Synthrosis/synarthrodia: dua tulang disatukan membrane/jaringan ikat, misal: suture cranialis, synchondrosi (symp cartilagenosa), diskus intervertebralis, syndesmosi (symp ligamentosa), articulare tibiofibular, gomfoses (gigi). Pergerakannya immovable atau sedikit sekali.
2. Amphiarthrosis: tulang disatukan oleh discus fibrokartilagenus. misalnya: smphisis pubis (pseudoarthrosis).

karena terdapat rongga diantara, syndesmosis, manuvriumstreni, diskus intervertebralis. Pergerakan yang ditimbulkannya sedikit. Sendi temporer: epifisis-diafisis.

3. Diarthrosis: synovial joint (cartilage hyaline, ligament, synovial) terdiri dari:
 - a. Ball and socket: enarthrosis/multiaxial/polyaxial, articulation spherioidea, misal: hip joint (articulation coxae, articulation humeri, pergerakan segital (abduksi, adduksi) transversal (anteflexi, retroflexi, longitudinal (endrotasi, exorotasi) dan terluas anteflexi, sirkumduksi;
 - b. Hinge: ginglymus/engsel, misal: articulation cubiti, pergerakannya fleksi, ekstensi, pronasi dan supinasi.
 - c. Condylod/ovoid. Juncture: gerak angular kerotasi, pergerakannya flexi, extensi, abduksi, adduksi, sirkumduksi, misalnya articulation radiokarpal (articulatio ellipsoid).
 - d. Pivot (trochoid/rotary J.) misalnya: articulation radio ulnary proximal (gerakan longitudinal: pronasi, supinasi) (gerak rotasi atlanto occipital).
 - e. Gliding (arthrodia) misalnya: tarsus dan karpus.
 - f. Saddle joint (receptive J./s pelana) ibu jari metacarpal-karpal picis MA. Opposisi. articulation karpal/ articulation ellipsoid-tranversal (flexi, extensi), dorsovoler (adduksi).

Pergerakan

1. Gliding (meluncur) tanpa angular dan rotasi.
2. Angular (bersudut) antara dua tulang panjang membesarkan atau mengecilkan sudut sendi (flexi, e adduksi dan adduksi).
3. Sirkumdyksi terdiri dari kepala dari tulang panjang dan r sendi dan kombinasi rotasi dan angular, fleksi, e abduksi, adduksi, rotasi, Hip joint: tipe-tipe socket an yang stabil (kepala femur masuk acetabulum c articulation humeri, multiaxial. Joint plane (datar) permukaan datar saling meluncur: articulation tarsus karpus.

Persendian Pada Manusia

Pergerakan sendi pada manusia terbagi dalam 3 bidang

1. Fleksi dan ekstensi
2. Abduksi dan adduksi
3. Lateral dan inlateral rotasi

Uniaxial : gerakan dari tulang hanya dalam satu axis, da kebebasannya satu. Contoh gerakan siku, fleksi dan ekstensi.

Biaxial : gerakan dari tulang hanya dalam dua axis, da kebebasannya dua. Contoh gerakan pergelaa

tangan, gerakannya berupa abduksi-adduksi dan fleksi-ekstensi.

Multiaxial : gerakan tulang dalam tiga axis, derajat kebebasannya tiga. Contohnya gerakan bahu, gerakannya berupa fleksi-ekstensi, abduksi-adduksi dan lateral rotasi serta modal rotasi.

Persendian pada manusia dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

No. sendi	klasifikasi	type sendi
A. Caput et Collie		
1. TMJ (Tempore Man- (bag. atas) dibular joint) Gliding (bawah)	Diarthrosis	Hinge
2. Alanto-occ. Joint	Diarthrosis	Hinge
B. Columna Vetebrata		
3. Alanto-axial Joint		
- Medial	Diarthrosis	Pivot
- Lateral	Diarthrosis	Hinge
4. Interverbral Joint Gliding	Diarthrosis	
5. Costovertebral Joint Gliding	Diarthrosis	

C. Thorax

6. Sternokostal Joint
 - Antara Cartilago
Costa 1 – Sternum
Sindesmosis
Diarthrosis
 - Antara Cartilago
Costa 2 – 7 – Sternum
Gliding
Diarthrosis
7. Interchondral Join
 - Antara Cartilago
Costa 5 – 9
Gliding
Diarthrosis
8. Manubriosternal Joint
 - Symphysis
Amphiarthrosis
9. Xiphisternal Joint
 - Symphysis
Amphiarthrosis

D. Soulder

10. Sternoclavicular
 - Double Gliding
Diarthrosis
11. Acroclavicular
 - Gliding
Diarthrosis
12. Coracoclavicular
 - Sindesmosis
Sinarthrosis

E. Membrum Superior

13. Glenohumeral Joint	Diarthrosis	Ball & Socket
14. Elbow	Diarthrosis	Gliding
15. Radioulnare Art.		
- Proximal	Diarthrosis	Pivot
- Distal	Diarthrosis	Pivot
16. Radiocarpal Joint	Diarthrosis	Ellipsoidal
17. Midcarpal Joint	Diarthrosis	Hinge
18. Carpometacarpal Joint	Diarthrosis	Saddie
19. Metacarpophalangea J.	Diarthrosis	Condylloid
20. Interphalangeal Joint	Diarthrosis	Hinge

F. Pelvis

21. Sacroiliac Joint		
- Anterior	Diarthrosis	
		Gliding
- Posterior	Sinarthrosis	
		Symphysis
22. Hip (coxal) Joint	Diarthrosis	Ball & Socket

G. Membrum Interior

23. Tibi Ofomeral Joint	Diarthrosis	Mudifikasi Hinge
24. Talocrural Joint	Diarthrosis	Hinge

25. Subtalar	Diarthrosis	Subtalar
26. Talooaloanoolavio	Diarthrosis	Subtalar
27. transverse tarsal	Diarthrosis	Subtalar
28. Tarsometatarsal	Diarthrosis	Gliding
29. Metatarsophalangeal	Diarthrosis	Condyloid
30. Interphalangeal	Diarthrosis	Hinge

Jenis Gerak Pada Tiap Sendi Tubuh

1. Kepala dan Leher : Fleksi, Ekstensi, Rotasi, Lateral Fleksi
2. Badan : Fleksi, Ekstensi, Rotasi, Lateral Fleksi
3. Sendi Bahu : Fleksi, Ekstensi, Abduksi, Adduksi, Rotasi, Sirkumduksi
4. Sendi Siku : Fleksi, Ekstensi
5. Pergelangan Tangan : Fleksi, Ekstensi ke Samping, Rotasi ke Samping.
6. Sendi Jari Tangan: Fleksi, Ekstensi
7. Sendi Paha: Sama dengan Sendi Bahu
8. Sendi Lutut: Sama dengan Sendi Siku
9. Pergelangan dan Telapak Kaki: Fleksi, Ekstensi, Eversi, Inversi.

Pola Umum (Generasi Pattern-Movement)

- Merupakan Gabungan Gerak Tubuh dan Anggota Gerak Atas dan bawah.

- Jenis Gerak Fungsional
 - ❖ Melempar
 - ❖ Menarik
 - ❖ Memukul
 - ❖ Mendorong
- Jenis Pola Gerak Umum (General Pattern)
 - ❖ Under – ARM
 - ❖ Over – ARM
 - ❖ Sade – ARM
 - ❖ Pushing
 - ❖ Pulling

Pola Gerak Spesifik

- ❖ Memperhatikan urutan gerak spesifik untuk tiap sendi yang terlibat dalam pola gerak tersebut
- ❖ Mencapai gerak ergonomic

A. UNDER ARM

1. Pengalihan pusat beban badan (BB) pada satu sisi (body weight shifting to one sid/leg).
2. Paha berputar kedalam
3. Tulang belakang (badan) berputar sama dengan butir 2
4. Tulang belikat berputar keluar (abduksi).
5. Sendi gelang bahu abduksi dan fleksi.

6. Sendi siku sedikit fleksi.
7. Lengan bawah berputar kedalam.
8. Pergelangan tangan fleksi.

B. SIDE ARM PATTERN

1. Pengalihan BB pada sisi tubuh (kaki).
2. Paha berputar kedalam.
3. Badan berputar pada arah sama (2).
4. Tulang belikat berputar abduksi.
5. Gelang bahu datar pada posisi fleksi dan sedikit rotasi kedalam.
6. Pergelangan tangan fleksi.

C. OVER ARM

1. Pengalihan pusat BB kesatu sisi tubuh/kaki.
2. Panggul bergerak kedepan, rotasi kedalam.
3. Rotasi lateral (luar) samping kiri untuk left handed dan lateral untuk right handed dan sedikit fleksi badan.
4. Rotasi gelang kelar bahu pada posisi horizontal dan fleksi.
5. Siku pada posisi eksternal dan lengan bawah pada posisi ekstensi dan sedikit rotasi.
6. Pergelangan tangan pada posisi gerak fleksi kuat.

D. PUSHING SAMA-DENGAN OVER ARM KONTRAKSI OTOT KUAT

Perlu diperhatikan urutan gerak dan jenis sendi

Kinetik.

- Adalah cabang dinamik- berhubungan dengan gaya penyebab kondisi tertahan atau modifikasi arah gerak.
- Bila ada gerak keseimbangan terganggu (equilibrium)
- Bila gaya menahan tubuh → dalam keadaan posisi keseimbangan/ equilibrium.
- Analisis kinetic.
 - a. Hukum Newton I, II, III.
 - b. System tuas (lverage system).
 - c. Vector berasal dari kata kontraksi otot bekerja pada sendi.
 - d. Sendi membentuk system tuas khusus tubuh.
 - e. Akibatnya; timbul gerak efisien, konsevasi energy dan ergonomic.

Sistem Tuas (Lverage System)

- Fulkrum (f) effort am € dan resistant (R) atau weight (W).
- Jenis system tuas (lverage system) (gambar 2)

Kelas I.	E,F,R/W
Kelas II	F,R/W, R
Kelas III	FER/W

YANG TERBANYAK PADA TUBUH

- Kelas III → mengendalikan kecepatan.
- Objek yang dipegang akan bergerak cepat kontraksi berlebihan, efisien.
- Otot tubuh banyak menghasilkan tenaga → bertambah kecepatan gerak bertambah tanpa otot menjadi lekas lelah.
- Ratio effort ARM (EA) dan resistant ARM/WEIGHT ARM (WA) disebut mechanical advantage (MA) kurang dari 1. EA bergerak jarak pendek dan WA bergerak cepat.
- $MA < 1$ → efisiensi → kontraksi otot → kontraksi tidak cepat → kecepatan gerak → efisiensi kontraksi otot → tidak lelah.

MA (Mechanical Advantage)

$$MA = \frac{WEIGHT\ ARM}{EFFORT\ ARM}$$

$$MA = \frac{EFFORT\ ARM}{WEIGHT\ ARM}$$

MA < 1

- Lebih panjang daripada EA
- $E > W$
- E menempuk jarak pendek
- Bergerak perlahan → keseimbangan tercapai.

MA > 1

- EA WA/RA
- E < W/R
- E bergerak cepat
- E Menempuh Jarak jauh

MA < 1 dan kelas III (LV) banyak pada tubuh. MA perlu diperhatikan pada rancang bangun alat yang ergonomis, terpadu, memperhatikan jenis sendi dan general dan specific pattern.

3. Titik-Titik Anthropometri

a) Bagian Kepala

Asterion	: Titik antara suatu sutura lambda occipito Mastoidea Paraeto Mastoide.
Auriculare	: Titik pada pusat Meatus Acusticus Externus.
Basio	: Titik antara sutura coronal dan sagital
Coronale	: Titik mahkota dahi
Euryon	: Titik terlebar dari bagian kepala

Frankfurt	: Garis yang menghubungkan sudut Mealus Acusticus Extern
Gination	: Titik terbawah pada rahang di mediana.
Gonion	: Titik sudut mandibular
Glabella (metapion)	: Titik antara arcus superciliar tulang frontal.
Hormion	: Titik pada garis posterior dengan tulang sphenoid
Infra Dentale	: Titik antara mandibular dan incisivus tengah
Inion	: Titik pada bagian exte protuberaantia occipital.
Jugele	: Titik pada tepi process zygomaticus.
Lambda	: Titik antara sutura lambdoid dengan segital.
Mastoidea	: Titik pada bagian bawah process mastoidea.
Mentale	: Dagu
Nasion	: Titik pada nasofrontal sutura
Opisthion	: Titik tengah tepi bawah FM
Orale	: Titik palatum midsagital
Orbitale	: Titik terbawah pinggir interior

Porion	: Titik pada tepi atas MEA
Pogonion	: Palin anterior tengah dagu
Prosthion	: Titik terendah proc. Alveolar maxila
Pterion	: Tutuj oada sutura frontal di LM
Rhinion	: Puncak nasale interior
Sphenobasion	: Tulang sphenoid-bagian basilar acc.
Zygion	: Titik terlateral articulare

b) Bagian Badan Membrum

Akromiale	: Titik paling lateral pada pinggir acromion
Akropodion	: Titik paling depan jari I atau II
Cervicate	: Puncak Processus spinalis Ver. Cervic VII
Lumbale	: Puncak processus spinalis pada vertebra lumbalis
Mesotemale	: Titik pertemuan garis tengah dengan garis penghubung
Metacarpale radiate	: Titik paling medal capitulum oss. Meta carpalae II
Mecarpale ulnare	: Titik paling lateral capitul. Oss. Mecarpale V.

Metatarsale tibiale	: Titik paling medium capitulum Metatarsal I.
Metatarsale fibulare	: Titik paling lateral capitulum Metatarsal V.
Daktylion (III)	: Titik terendah (caudal) pada jari III.
Liocritale	: Titik paling lateral pada Cauda Iliaca.
Iliosspinale	: Titik paling menonjol pada SIA.
Omphalion	: Titik tengah umbilicus; tepat di tengah.
Plantare	: Titik paling lateral pada telapak kaki.
Pternion	: Titik paling ventral pada telapak kaki.
Phalangion (III)	: Titik paling proximal pada phalanx I Jari III.
Radiale	: Titik paling lateral ujung jari I.
Suprstemale	: Titik paling tinggi /cranial proximal capitulum radii
Symphysion	: Titik pertemuan antara garis tengah dengan pinggir cranial Incisivi stemi.

Stylian

: Titik pertemuan garis tengah dengan pinggir atas Symphysis pubis.

Sphyrion

: Titik terendah processus atyloideus radii.

Sphryion Fibulare

: Titik paling kaudal pada ujung malleolus fibularis

Tibiale

: Titik paling tinggi / cranial pada Marge glenoidalis tibialis pada carpitulum tibiale.

BAB III

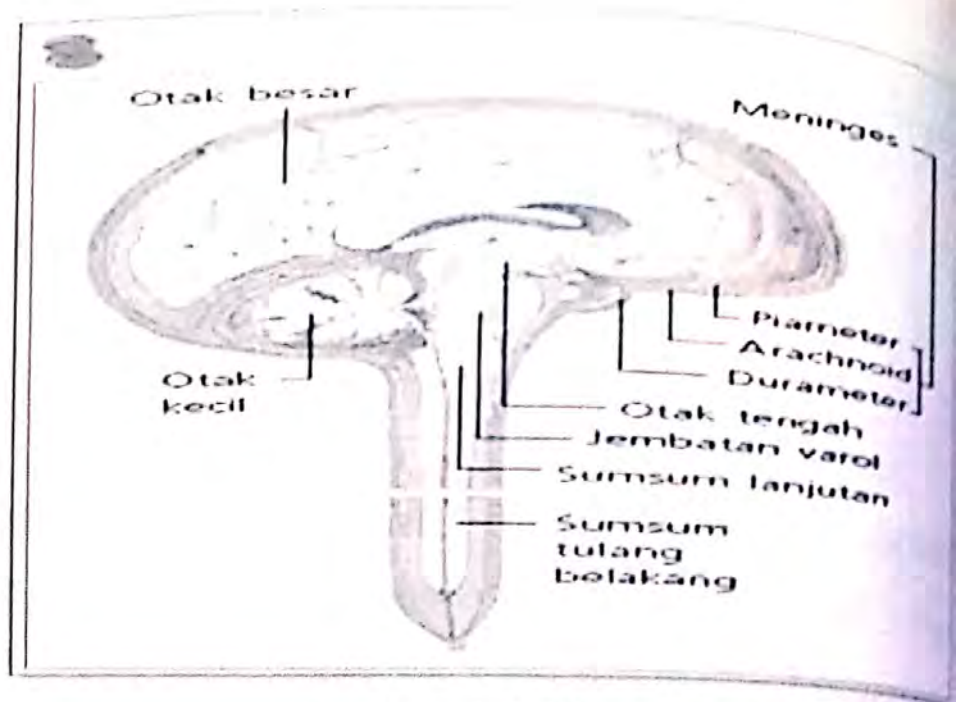
SISTEM PERSARAFAN (NEUROLOGI)

Dalam bagian ini akan dijelaskan tentang: sistem persarafan, struktur sel saraf, klasifikasi saraf, motor unit, receptors, klasifikasi receptors, proprioceptors (muscle spindels dan golgi tendon organ), dan gerak refleks.

1. Sistem Persarafan

Secara garis besarnya maka organisasi sistem persarafan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Sistem saraf pusat (central nervous system), yang terdiri dari:
 1. Otak (brain), dan
 2. Saraf sumsum tulang belakang (spinal cord)



Gambar 3.1. Sistem saraf pusat

- b. Sistem saraf perifer (Peripheral nervous system), terdiri dari :
1. Saraf otak (cranial nerves 12 pasang), dan
 2. Saraf sumsum tulang belakang (spinal nerves 31 pasang)
- c. Sistem saraf otonom (autonomic nervous system) terdiri dari :
1. Saraf simpatetis (sympathetic)
 2. Saraf parasimpatetis (parasympathetic)

2. Fungsi Sistem Persarafan

Pemantauan atau pemantauan dan pengontrolan kegiatan dalam tubuh, baik dalam keadaan bangun atau tidur dilakukan oleh jaringan saraf yang kompleks. Jaringan saraf

membentuk suatu sistem yang disebut sistem persarafan (nervous system). Sistem persarafan inilah yang menerima, menstransmisi, menyimpan, dan merespon rangsangan atau informasi (stimulus/stimuli) yang datang dari dalam atau dari luar.

3. Struktur Sel Saraf

Satuan struktur sistem saraf disebut sel saraf (neuron. nerve cell). Pada setiap neuron terdiri dari badan sel (cell body/perykaryon/soma), dendrit (cabang-cabang sel saraf yang pendek), dan axon/neurit (cabang-cabang sel yang panjang atau cabang sel saraf yang menghantar rangsangan/informasi dari atau ke badan sel saraf). Di dalam badan sel saraf terdapat inti sel saraf. Badan sel saraf ada yang berlokasi di dalam dan di luar sistem saraf pusat. Kelompok badan sel saraf yang berlokasi di luar sistem saraf pusat disebut simpul saraf (ganglion).

Axon dibungkus oleh sarung saraf yang disebut sarung myelin (myelin sheat), neruolemma, dan endoneurium. Pada saraf perifer saraf-saraf ini disebut sarung Schwan (sheat of Schwan). Batas antara dua sarung Schwan disebut ruas Ranvier. Sejumlah Axon bergabung menjadi suatu ikatan yang dibungkus oleh jaringan ikat yang disebut dengan epineurium.

4. Klasifikasi Saraf

Saraf dapat diklasifikasikan berdasarkan struktur dan fungsinya:

Menurut strukturnya, khususnya berdasarkan jumlah proses (process) yang memanjang dari badan sel saraf, dapat dikelompokkan menjadi:

- a. Saraf berkutub satu (unipolar neuron)
- b. Saraf berkutub dua (bipolar neuron)
- c. Saraf berkutub banyak (multipolar neuron)

Menurut fungsinya saraf dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Saraf sensoris (sensory/afferent neuron). Saraf ini yang membawa informasi/impuls dari alat-alat indera/d reseptor (receptor) ke saraf pusat. Saraf ini termasuk saraf berkutub satu, kecuali saraf retina mata, alat-alat dalam telinga, alat pengecap dan pembau (olfactory) termasuk saraf sensoris berkutub dua.
- b. Saraf motoric (motoric/efferent neuron). Saraf yang membawa informasi/perintah/impuls dari otak atau saraf pusat ke alat-alat gerak atau organ-organ tubuh atau kelenjar. Saraf ini termasuk saraf yang berkutub banyak.
- c. Saraf asosiasi (association/intermuncial neuron). Saraf yang membawa informasi/perintah/impuls dari sel-sel saraf yang satu ke sel yang lainnya yang terjadi dalam sistem saraf pusat. Saraf ini termasuk saraf yang berkutub banyak.

5. Motor Unit

Motor unit adalah struktur satuan sel saraf dengan sistem motoric atau gabungan fungsi antara neuron dengan muscle fiber, sering juga disebut dengan neuromuscular sistem.

6. Receptors

Semua kegiatan sistem persarafan dimulai dengan timbulnya rangsangan (stimuli), apabila rangsangan ini melewati ambang rangsang maka akan diterima oleh receptors, di dalam receptors terdapat banyak saraf sensoris yang akan menyampaikan impuls tersebut ke saraf pusat (mula-mula ke saraf sum-sum tulang belakang (spinal cord) kemudian ke otak (brain). Setelah impuls tersebut diterima oleh saraf pusat, maka selanjutnya diproses oleh saraf pusat, apakah impuls tersebut hasilnya disimpan dalam memori atau perlu direspon. Apabila perlu direspon, maka susunan saraf pusat (mula-mula dari saraf otak kemudian ke saraf sumsum tulang belakang) memberikan perintah melalui saraf motoric untuk disampaikan ke organ-organ efektor (effector organs) seperti ke otot kerangka untuk mengadakan kontraksi otot, sehingga terjadi gerakan, ke jantung, paru-paru, atau ke kelenjar untuk mengeluarkan hormone.

7. Klasifikasi Receptors

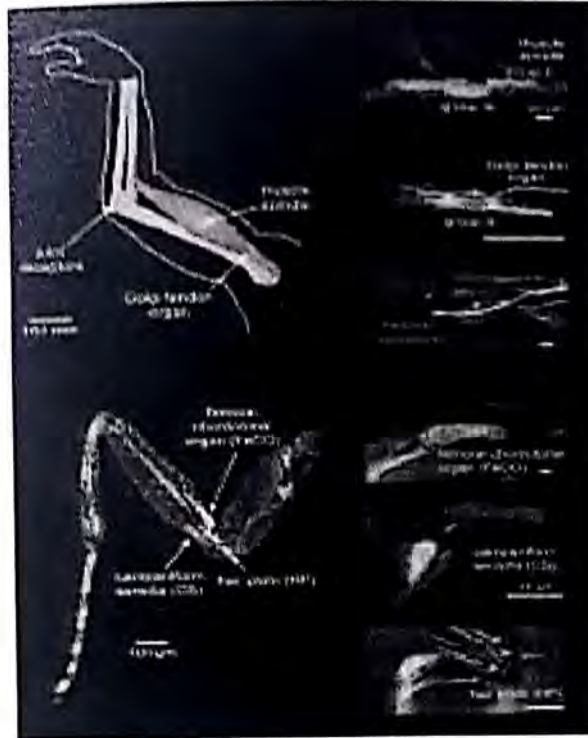
Receptors dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu receptor yang menerima rangsangan dari luar disebut **exteroceptors**, dan receptor yang menerima rangsangan dari dalam tubuh yang disebut **interoceptors**.

Exteroceptors berlokasi disekitar permukaan tubuh, yaitu menerima dan menransmisi rangsangan yang datang dari luar tubuh kita, seperti panca indera kita (fives sense) : penglihatan, pendengaran, rasa bau, rasa makanan, dan sentuhan. Interoceptors adalah receptor yang menerima rangsangan tentang sensasi, seperti rasa panas, dingin, rasa sakit, dan tekanan/tegangan. Interoceptors dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu receptor yang menerima rangsangan dari otot-otot polos (viscera) tidak disadari, receptor ini disebut **visceroceptors**, dan receptor yang menerima rangsangan dari otot kerangka/lurik dalam gerak (kontraksi otot) dan menentukan keadaan posisi tubuh kita, receptor ini disebut **proprioceptors**.

8. Proprioceptors

Proprioceptors adalah receptor yang menerima rangsangan/ impuls yang terjadi disebabkan gerakan tubuh dan posisi tubuh. Proprioceptors ini berlokasi di serabut otot, tendon

serta di dalam capsula articular, ligament, jaringan dalam telinga.



Gambar 3.2. Proprioceptors

Proprioceptors akan memberikan laporan secara terus menerus ke susunan saraf pusat tentang gerak tubuh dan posisi tubuh. Respon dari susunan saraf pusat akan mengadakan penyesuaian berdasarkan laporan tersebut tentang sudut gerakan, arah gerakan, dan kecepatan perubahan gerakan tubuh. Proprioceptors dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu :

- a. **Muscle proprioceptors** yang terdiri dari : muscle spindles dan Golgi tendon organs.
- b. **Joint and Skin proprioceptors** (Ruffini endings dan Pacinian corpuscle), dan
- c. **Labyrinthine and neck proprioceptors.**

9. Muscle Proprioceptors

Muscle proprioceptors dibagi menjadi dua bagian, yang berlokasi di dalam serabut otot dan berlokasi di tendon. Keduanya bertanggung jawab terhadap daya regang otot. *Muscle spindles* mendeteksi panjang relative otot, sedangkan *Golgi tendon organs* mendeteksi tegangan otot dan kontraksi aktif otot.

10. Joint and skin Proprioceptors

Receptor ini berlokasi di sendi (joint) dan berlokasi di kulit (skin) melalui ujung saraf *Pacinian corpuscle*, dan ujung saraf *Ruffini*. *Pacinian corpuscle* berlokasi disekitar kapsula artikular, ligament, dan sarung tendon (tendon sheath). Ujung saraf *Pacinian corpuscle* ini diaktifkan oleh kecepatan perubahan sudut sendi, dan tekanan yang menekan kapsula artikular, tetapi hanya beberapa detik saja. *Ruffini endings* berlokasi di bagian dalam kulit, dan dibagian serabut rawan (collagenous fibers) di kapsula artikular. *Ruffini endings* ini melaporkan tentang ruang gerak sendi (ROM) dan mengatur ruang gerak sendi, posisi sendi, dan kecepatan perubahan sudut sendi, posisi sendi, dan kecepatan perubahan sudut sendi sampai dengan 2 derajat.

11. Labyrinthine and neck Proprioceptors

Receptor ini mendeteksi tentang sensasi yang menentukan posisi tubuh dan perubahan posisi yang berhubungan dengan keseimbangan tubuh (equilibrium). Labyrinth proprioceptor mendeteksi orientasi dan gerakan kepala, sedangkan neck proprioceptor yang berhubungan dengan posisi kepala terhadap posisi tubuh.

12. Gerak Refleks (Reflex Movement)

Reflek diintegrasikan oleh sistem persarafan dari berbagai tingkatan. Sebuah gerak refleks adalah suatu respon dengan pola khusus dengan tanpa disadari dan tanpa membutuhkan perintah dari cerebrum. Secara anatomis gerak refleks diatur dengan **mekanisme reflex arc (reflex arc mechanism)**. Mekanisme refleks arc adalah dimulai dengan adanya rangsangan, kemudian rangsang tersebut diterima oleh receptor, impuls dibawa melalui saraf sensoris, kemudian masuk ke spinal cord, terus mengadakan hubungan synaptic secara langsung diantara dendrits dengan axon di spinal cord (hubungan antara neuron di spinal cord), kemudian saraf motoric akan membawa perintah ke serabut otot, maka selanjutnya terjadi kontraksi otot. Hubungan ujung saraf motoric dengan beberapa serabut otot disebut **myoneural junction** atau **motor – end plate**.

BAB IV

MIOLOGI (MIOLOGY)

Pada semua otot rangka kita bedakan origo dan insersio. Origo selalu pada tulang yang kurang bergerak dan insersio pada tulang yang lebih bergerak. Pada anggota badan, origo selalu proksimal dan insersio distal. Pada tempat insersio sering kali terdapat kepala otot yang bergabung menjadi venter (1) dan berakhir pada tendo (2). Kekuatan otot tergantung pada potongan melintang fisiologis, yang merupakan jumlah potongan melintang semua serabut-serabut. Dari sini kekuatan absolut otot dihitung.

Susunan penter otot tergantung pada adanya ruangan. Karena pengaruhnya posisi aktif terakhir adalah penting. Tendo otot, misalnya, dapat dibengkokkan sekitar bagian rangka sebagai fulcrum (hipomokhlion). Tendo yang panjang mungkin menguntungkan bila ada kekurangan ruangan. Contoh terbaik dari hal ini adalah otot-otot panjang jari-jari, yang venter ototnya terletak pada lengan bawah tetapi dimana efeknya hanya terlihat pada jari-jari.

Menurut hubungan antara serabut-serabut otot dan tendo kita membedakan berbagai jenis otot. Otot fusiform mempunyai serabut-serabut panjang dan menghasilkan pergerakan yang luas tetapi tidak kuat. Otot fusiform mempunyai tendo yang relatif pendek. Jenis lain adalah otot unipennatus (B) mempunyai tendo yang panjang walaupun serabut-serabut yang melekat padanya pendek. Hal ini menjamin bahwa potensial melintang fisiologisnya relatif besar dan akibatnya otot lebih kuat. Otot bipennatus (C), mempunyai struktur yang sama seperti unipennatus, tetapi serabut-serabut melekat pada kedua sisi tendo.

Selanjutnya, terdapat beberapa bentuk origo otot, misalnya otot dengan kepala dua, tiga dan empat, dimana masing-masing kepala bersatu menjadi satu venter otot dan berakhir pada tendo yang sama. Contoh otot jenis adalah biceps (D) dan triceps brachii (E).

Bila otot hanya mempunyai satu kepala tetapi mempunyai satu tendo perantara (3) atau lebih kita nyatakan otot dua atau tiga venter (E), salah satu otot seperti ini dengan dua venter (digastric) mempunyai segmen otot berurutan yang hampir identik besar. Juga dibedakan otot planus (F) dengan tendo yang terdapat di atas aponeurosis (4).

Otot-otot dapat terbetang melalui satu sendi atau lebih dan dinamakan otot uniaartikuler, biartikuler atau multiaartikuler. Otot dapat menghasilkan pergerakan yang berbeda dan pada beberapa kasus malahan menimbulkan gerakan yang berlawanan.

berbagai sendi. Contohnya adalah otot-otot interossei pada tangan, yang melakukan fleksio sendi prosimal tetapi ekstensio sendi tengah dan terminal jari-jari.

Otot-otot yang bekerja bersama-sama untuk menimbulkan satu pergerakan dinamakan synergist dan otot-otot yang menimbulkan pergerakan yang berlawanan dinamakan antagonist dapat merubah berbagai pergerakan. Pada fleksio pergelangan tangan misalnya beberapa otot adalah synergist, tetapi pada abduksio radialis menjadi antagonis.

Agar dapat berfungsi otot memerlukan tonus, walaupun pada waktu istirahat. Pada otot, kita temukan insufisiensi aktif atau pasif. Pada insufisiensi aktif, otot menjadi lelah bila ia telah melakukan pemendekan maksimal. Pada insufisiensi pasif, dari posisi lain titik akhir dicapat premature, misalnya, ketidakmampuan mengepal bila tangan difleksiokan.

Pada kerja otot kita bedakan gerak aktif dan fungsi penghentian pasif. Jadi, otot dapat berfungsi secara pasif untuk menghentikan dan secara aktif menghasilkan pergerakan.

1. Miologi Umum

Alat-Alat Pembantu Otot

Sejumlah struktur pembantu diperlukan untuk fungsi otot mereka adalah:

a) jaringan penyambung penutup, *fascia*, yang melingkupi masing-masing otot atau kelompok-kelompok otot memungkinkan mereka untuk bergerak satu terhadap lainnya.

b) selubung synovial tendo (A), yang menampung kemampuan menggelincir tendo-tendo. Selubung ini terdiri dari lapisan visceral (1) yang terletak di dalam, yang terhubung ke tendo, dan (2) yang terhubung ke mesotenon (3) ke lapisan parietal (2). Cairan synovial yang terkandung antara lapisan visceral dan parietal bekerja sebagai pelumas untuk menambah pergerakan tendo. Di luar selubung vagina dilapisi oleh jaringan fibrosa (4).

c) *Bursae synovial* (B, (5) melindungi otot bila otot terletak langsung pada tulang. D) Rawan atau tulang *sesamoid* ditemukan di mana tendo-tendo merupakan subyek tekanan. Jaringan lemak, *corpora adiposa*, terletak antara masing-masing tendo dan dapat mengurangi gesekan. Badan-badan lemak seperti (misalnya badan lemak axilia) ditemukan diseluruh tubuh dalam jumlah yang berbeda.

Pemeriksaan Fungsi Otot

Fungsi otot dapat ditentukan dengan berbagai jalan. Yang paling sederhana adalah *palpasi* dan *inspeksi*. Bentuk otot dapat diperlihatkan dengan pergerakan tertentu.

Metode anatomi memungkinkan diperlihatkannya sediaan masing-masing otot. Origo, perjalanan, dan insersio otot dapat ditentukan, tetapi penilaian sebenarnya fungsi otot tidak dapat diperoleh dari mayat. Jadi, pembedahan adalah metoda tidak langsung yang hanya memungkinkan memberikan kesimpulan dan tidak berperan menilai kerja sama tiap-tiap otot.

Perangsangan listrik dapat digunakan untuk menyelidiki fungsi otot, rangsang diberikan dimana saraf masuk ke otot ("titik mototrik"). Cara ini tidak menguntungkan pertama karena cara ini hanya berguna bagi otot superfisial dan kedua, karena cara ini menimbulkan kontraksi maksimal tanpa memperhitungkan bahwa sebenarnya otot-otot lain dapat dipengaruhi oleh kontraksi maksimal tersebut.

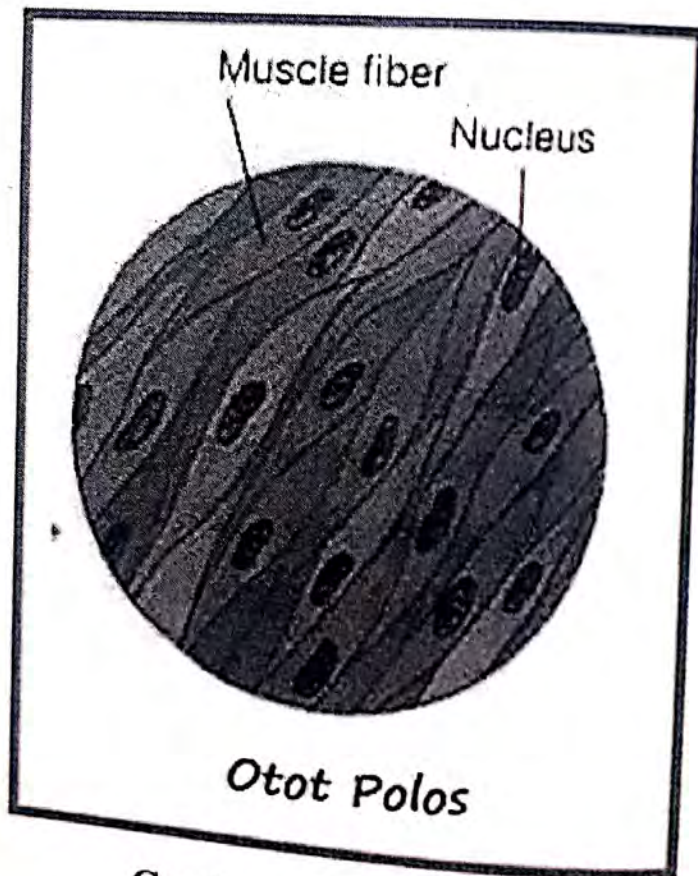
Elektromiografi adalah metode yang paling modern untuk menyediakan fungsi otot, dimana potensial aksi serabut-serabut dicatat oleh elektroda yang diletakkan langsung pada otot. Dengan bantuan cara ini telah diperlihatkan bahwa dengan bertambahnya usaha, makin banyak motor unit (serabut otot dengan motor end plate dan saraf-sarafnya) menjadi efektif. Elektromiograf menunjukkan bahwa semua serabut tidak pernah diaktifkan pada saat yang sama. Sementara beberapa serabut istirahat, serabut-serabut lainnya berkontraksi sehingga meningkatkan atau mengurangi tegangan.

Faktor penghambat sukar ditentukan luasnya dimana tiap otot berperan terhadap setiap pergerakan.

1. Otot

Jaringan otot ditandai oleh adanya myofibril-miofibril sel-selnya yang memanjang. Mofibril-mofibril ini bertanggung jawab akan kontraktibilitas sel-sel otot. Dapat dibedakan tiga jenis jaringan otot berdasarkan struktur dan sifat fisiologis: otot polos (A), otot bercorak (B,D) dan otot jantung.

Otot Polos



Gambar 4.1. Otot polos

Otot polos terdiri atas sel-sel berbentuk spindle dengan panjang 40 – 200 m dan tebal 4 – 20 m dengan inti di tengah. Miofibril-miofibril sukar diperlihatkan dan tidak mempunyai corakan transversal. Serabut-serabut retukuler transversal menghubungkan sel-sel otot yang berdekatan dan membentuk suatu kelompok sehingga menjadi unit-unit fungsional. Otot polos tidak di bawah pengawasan kesadaran. Hubungan sinaptik dengan akson-akson terjadi melalui pelasmalema.

Pengaruh hormonal dapat menyebabkan otot polos bertambah panjang dan berproliferasi, yaitu, mungkin tidak hanya bertambah ukuran selnya, tetapi sel-sel juga membentuk yang baru. Suatu contoh adalah uterus, serabut-serabut ototnya dapat mencapai 800 m panjangnya.

Otot Bercorak



Gambar 4.2.otot bercorak

Otot bercorak terdiri atas sel-sel otot (serabut-serabut otot) yang tebalnya dapat 10 – 199 m dan panjangnya sampai 15cm. Inti-inti terletak tepat di bawah permukaan sel dengan arah aksis panjang serabut-serabut otot. Miofibril-miofibril mudah dilihat dan bertanggung jawab akan corakan longitudinal. Corakan transversal disebabkan perubahan periodic pita refraktif tunggal "I" (isotrop) yang lebih kecil, terang dan pita birefringet anisotropy "A(Q)" yang lebih besar, gelap. Pita-pita A mengandung lempeng tengah (M) dan pita-pita I menunjukkan corakan intermediate anisotropic (z) yang halus. Potongan miofibrilar yang terletak antara dua pita z dinamakan sarkomer.

Tiap-tiap sel otot rangka mengandung beberapa inti. Kekuatan tiap-tiap serabut otot dihubungkan dengan fungsinya. Sarkoplasma mengandung sejumlah mitokondria (sarkosom).

Warna otot disebabkan karena suplai darahnya dan myoglobin dalam larutan sarkoplasma. Selain itu, warna ditentukan juga oleh kadar air dan banyaknya fibril-fibril. Hal ini menerangkan mengapa berbagai otot mempunyai warna yang berlainan. Serabut-serabut yang lebih tipis dengan fibril-fibril dan kadar air yang lebih sedikit berwarna muda, sedangkan serabut-serabut yang lebih tebal tampak lebih gelap.

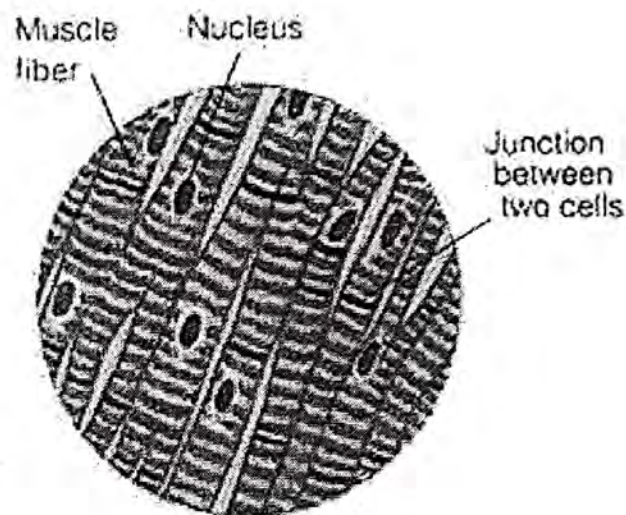
Sarkolema meliputi masing-masing serabut otot sebagai selubung jaringan penyambung. Terdapat lapisan jaringan penyambung yang halus, *endomysium*, antara serabut-

serabut. Beberapa serabut-serabut otot diliputi oleh *perimesium interna* dan bersama-sama mereka membentuk berkas primer.

Perimesium externa adalah lapisan jaringan penyambung yang menghubungkan beberapa berkas-berkas primer untuk membentuk fasikulus otot.

Otot rangka bercorak adalah otot volunteer dan dipersarafi melalui motor-end-plate atau myoneural junctions.

Otot Jantung Bercorak



Otot Jantung

Gambar 4.3. Otot jantung

Serabut-serabut otot, yang mengandung sarcoplasma dalam jumlah besar membentuk jala-jala. Corakan transversal ada, tetapi sarkomer-sarkomer pendek. Pita "i" lebih sempit daripada otot rangka.

Pada serabut-serabut otot jantung inti terletak ditengah-tengah Sarkosom jauh lebih banyak daripada otot rangka. Selain itu, jaringan otot jantung mengandung banyak *diskus inerkalaris* transversal yang sangat refraktif, yang terletak pada posisi pita Z.

2. Sistem Otot Kerangka / Lurik

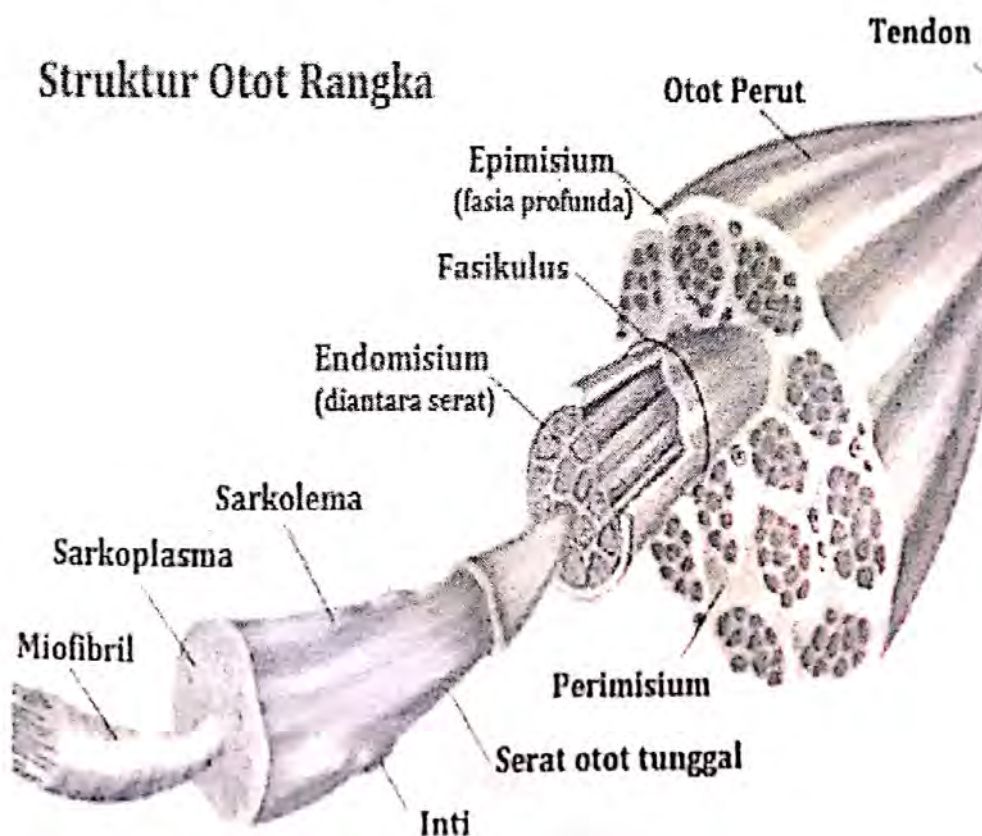
a. Struktur Otot Kerangka

Tubuh atau bagian tubuh kita digerakkan oleh gaya, baik gaya eksternal maupun internal. Gaya internal bertanggung jawab dalam gerakan tubuh atau mempertahankan posisi tubuh kita, Perhubungan dua buah tulang atau lebih secara langsung maupun tidak langsung membentuk persambungan atau persendian, dimana pada persambungan tidak terjadi gerakan, sedangkan pada persendian dimungkinkan terjadi pergerakan, persendian merupakan titik atau tempat terjadinya gerakan. Persendian tersebut selalu dilalui oleh otot kerangka, otot kerangka sebagai sumber penggerak dalam suatu persendian.

Struktur serabut otot kerangka dimulai dari bagian terkecil disebut sel otot (*myofibril/muscle fibre/muscle cell*), kemudian Sel Otot dibungkus oleh jaringan ikat disebut **sarcolemma**. Serabut-serabut otot yang dibungkus **sarcolemma** bergabung dan dibungkus oleh jaringan ikat yang disebut **endomysium**. Berkas-berkas tersebut bergabung dan dibungkus oleh jaringan ikat yang disebut **perimysium**. Berkas-berkas tersebut bergabung dan

dibungkus oleh jaringan ikat yang disebut dengan epimysium. Maka terbentuklah sebuah otot (**muscle/musculus**), kemudian ada beberapa otot yang bergabung dan dibungkus oleh semacam jaringan pembungkus otot yang disebut dengan **sarung otot (external perimysium/deep fascia)**.

Panjang sebuah serabut otot antara 1 sampai 40 mm, dan diameternya antara 0.01 sampai 0.15 mm. Setiap otot mempunyai badan otot (**venter/belly**) dibagian tengahnya dan setiap ujungnya terdapat otot untuk melekat pada tulang disebut tenda/tendon yang terdiri dari origo dan insertio.



Gambar 4.4. Struktur otot rangka

b. Karakteristik Otot Kerangka

Otot kerangka (skeletal muscle/striated muscle/voluntary muscle) memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Ekstensibility dimana otot kerangka dapat memanjang atau memendek.
2. Elasticity dimana otot kerangka dapat kembali ke panjang semula setelah diregangkan atau pemendekan.
3. Contractibility dimana otot kerangka memiliki kemampuan untuk memendek atau memanjang dan kemampuan menghasilkan tegangan. Menurut hasil penelitian Steindler (1970) bahwa pemendekan otot kerangka ini dapat dilakukan sebesar setengah dari panjang serabut ototnya dari panjangnya pada saat istirahat.

c. Jenis Serabut Otot (Muscle Fibers)

Sebuah serabut otot panjang serabut ototnya dapat mencapai 1 sampai 3 inci, sedangkan sebuah otot berisi : inti sel (cell nucleus), mitochondria yang sangat penting dalam proses metabolisme, myoglobine (hemoglobin), dan glikogen (bentuk zat gula). Pada umumnya para ahli mengategorikan serabut otot menjadi dua bagian, yaitu (1) serabut otot lambat (2) serabut otot cepat.

- 1) Serabut otot lambat (slow twitch), serabut ototnya lebih kecil dan berwarna merah dan kaya dengan suplai darah, banyak berisi

myoglobin dibandingkan serabut cepat. Serabut otot lambat relatif panjang dan memiliki tegangan isometric yang lebih tinggi dibandingkan dengan serabut cepat (80 - 100 ms), efisiensi kerja tinggi, tidak mudah lelah. Serabut otot lambat lebih cocok untuk kegiatan olahraga yang memerlukan waktu yang panjang/lama, dan cabang olahraga daya tahan.

) Serabut otot cepat (fas twitch) memiliki serabut yang besar dan polos, tetapi kurang dalam suplai darahnya, ketegangan isometrisnya sebesar 40 – 60 ms. Serabut ini bertanggung jawab dalam kegiatan olahraga yang cepat dan memerlukan power, namun serabut ini mudah lelah, sehingga serabut ini cocok untuk kegiatan olahraga yang memerlukan waktu pendek, seperti olahraga sprint dan weig training.

Penelitian menunjukkan bahwa latihan tidak mengakibatkan penambahan jumlah serabut otot, akan tetapi serabut ototnya semakin menebal dan kuat atau disebut dengan istilah **hypertrophy** dan terjadi penambahan jumlah pembuluh darah yang olahraga daya tahan. Apabila olahraga tidak dilanjutkan atau berhenti, maka akan terjadi penurunan atau pengecilan serabut otot yang disebut dengan istilah **atrophy**, dan atropy terjadi pada orang yang mengalami cedera/sakit yang lama dan tidak melakukan latihan.

d. Perletakan Otot (Muscular Attachments)

Otot kerangka melekat pada tulang yang diikat dengan jaringan ikat yang disebut urat otot (tendo/tendon). Kedua ujung tersebut disebut **origo** dan **Insertio**. Dimana origo melekat pada tulang yang tidak bergerak atau berbeda pada bagian proximal tulang, sedangkan insesio melekat pada tulang yang bergerak atau berada pada bagian distal. tulang.

Tabel 1. Karakteristik Struktural dan Fungsional Serabut Otot Lambat dan Cepat

Karakteristik Serabut Otot		Tipe Serabut Otot		
		ST	FTa	FTb
Aspek Saraf	Ukuran Motoneuron	Kecil	Besar	Besar
	Ambang Rekrutmen Motoneuron	Rendah	Tinggi	Tinggi
Aspek Struktural	Lingkaran serabut otot	Kecil	Besar	Besar
	Pengembangan retikulum endplasmik	Kurang	Banyak	Banyak
	Kepadatan mitochondria	Tinggi	Tinggi	Rendah
	Kepadatan pembuluh darah	Tinggi	Sedang	Rendah

	Isi Myoglobin	Tinggi	Sedang	Rendah
Bahan zat kimia untuk energy	Persediaan PC	Rendah	Tinggi	Tinggi
	Persediaan Glykogen	Rendah	Tinggi	Tinggi
	Persediaan Triglyserida	Tinggi	Sedang	Rendah
Aspek Enzimatik	Aktivitas Myosin-ATPase	Rendah	Tinggi	Tinggi
	Aktivitas Enzim Glikolitik	Rendah	Tinggi	Tinggi
	Aktivitas Enzim Oksidatif	Tinggi	Tinggi	Rendah
Aspek Fungsional	Waktu kontraksi/kedut	Lambat	Cepat	Cepat
	Waktu relaksasi	Lambat	Cepat	Cepat
	Efisiensi energy/ekonomis	Tinggi	Rendah	Rendah
	Daya tahan kelelahan	Tinggi	Rendah	Rendah
	Elastisitas	Rendah	Tinggi	Tinggi

e.

e. Beberapa Istilah Perlengkapan Otot

- 1) Perlekatan otot pada anggota badan atas atau anggota badan bawah disebut (1) perlekatan proximal, dan (2) perlekatan distal
- 2) Perlekatan otot pada bagian kepala, leher dan badan disebut (1) Perlekatan atas, (2) perlekatan bawah, (3) perlekatan medial, dan (4) perletakan lateral.
- 3) Perlekatan otot diaphragma disebut (1) perlekatan peripheral, dan (2) perlekatan central.

3. Klasifikasi Otot Kerangka

Klasifikasi otot kerangka dapat dibedakan menurut bentuk serabut otot, fungsi otot, posisi otot.

a. Berdasarkan bentuk otot dapat dibedakan menjadi 6 bentuk, yaitu:

1. Bentuk bulat panjang (fusiform/spindle)
2. Bentuk setengah kipas (penniform)
3. Bentuk kipas dua sisi (bipenniform)
4. Bentuk segi tiga (triangular/fanshape)
5. Bentuk rhomboidal
6. Bentuk jajaran genjang (rectangular)

b. Berdasarkan Fungsi/Kerja otot dapat dibedakan menjadi:

1. Flexor, otot yang berfungsi mengadakan gerakan flexion.
2. Extensor, otot yang berfungsi mengadakan gerakan extension.
3. Abductor, otot yang berfungsi mengadakan gerakan abduction.
4. Adductor, otot yang berfungsi mengadakan gerakan adduction.
5. Supinator, otot yang berfungsi mengadakan gerakan supination.
6. Pronator, otot yang berfungsi mengadakan gerakan supination.
7. Rotator, otot yang berfungsi mengadakan gerakan rotation.

c. Berdasarkan posisi/kerja otot dapat dibedakan menjadi:

1. Sinergis adalah sekelompok otot yang berfungsi mengadakan kontraksi secara bersama-sama.
2. Mover atau agonist adalah otot utama atau sekelompok otot utama yang berfungsi pada gerakan.
3. Antagonist adalah otot atau sekelompok otot yang berlawanan dengan otot movers/agonis.
4. Fixator adalah otot atau sekelompok otot yang berfungsi untuk mengfiksasi gerak.
5. Stabilizing otot yang berfungsi untuk stabilitas gerak.

6. Support muscles adalah otot – otot atau sekelompok otot yang membantu otot utama (movers.agonist).
7. Neutralizer adalah otot atau sekelompok otot yang berfungsi untuk netralisasi gerak.

4. Metode Mempelajari Otot yang Bekerja

Ada beberapa metode yang sering digunakan untuk mengetahui otot mana yang berkerja dalam suatu gerakan. Pada umumnya ada empat metode, yaitu:

- a. Metode conjecture and reasoning, suatu metode dengan memperhatikan tempat perletakan otot dan garis lurus otot yang bekerja.
- b. Metode dissection, suatu metode yang digunakan dengan cara mendari lokasi otot, tempat perlengkapan otot, dan dihubungkan dengan suatu persendian dengan jalan dibedakan.
- c. Metode inspection dan palpation, suatu metode dengan jalan melihat dan meraba bagian otot yang bekerja.
- d. Metode muscle simulation, suatu metode dengan bantuan alat elektrik yang memberikan stimulus kepada otot tertentu dan melihat bagaimana reaksinya. Biasanya metode modern ini digunakan dalam kinesiologi untuk mengetahui dan menganalisis gerakan yang lebih kompleks, seperti pada gerakan jalan, lari, melompat.

3. Metode electromyography (EMG), suatu metode yang digunakan untuk melihat otot yang bekerja dengan bantuan alat elektriks. Electromyography bekerja berdasarkan fakta bahwa suatu kontaksi otot akan memberikan impuls elektriks yang kemudian dapat digambarkan dalam bentuk grafik yang dibuatnya berdasarkan impuls elektriks yang terjadi pada otot yang dipasang alat.

5. Kontraksi Otot (Muscle Contraction)

Kontraksi otot dapat dikelompokkan ke dalam :

- a. Kontraksi isometric (isometrik contraction). Iso = sama, metric = ukuran. Kontraksi isometrik disebut juga kontraksi statis (static contraction). Kontraksi isometrik adalah suatu kontraksi otot dimana panjang otot tidak berubah, sedangkan ketegangan (tension) otot berubah.
- b. Kontraksi isotonik (isotonic contraction). Iso = sama, tonic = ketegangan.

Kontraksi isotonik disebut juga kontraksi dinamis (dynamic contraction).

Kontraksi isotonik adalah suatu kontraksi otot dimana panjang otot berubah, sedangkan ketegangan otot (tension) tidak berubah. Pada kontraksi jenis ini gerakan tampak jelas terlihat. Panjang otot saat otot berkontraksi dapat berubah menjadi panjang atau menjadi pendek. Apabila perubahan otot pada saat kontraksi

menjadi lebih pendek, maka kontraksi ini disebut **konsentrik (concentric contraction)**. Apabila perubahan otot pada saat otot berkontraksi menjadi panjang, maka kontraksi ini disebut **kontraksi eksentrik (eccentric contraction)**.

6. Teori Kontraksi Otot

Salah satu teori kontraksi otot adalah **Teori Geseran Filamen (the sliding filament theory of muscular contraction)**. Menurut teori geseran filament bahwa pada suatu kontraksi otot, panjang filament actin dan myosin tidak berubah. Jadi pada saat suatu otot berkontraksi atau mengerut, yang terjadi adalah saling bergesernya atau saling mendekat dan merapatnya filament actin dan myosin.

7. Sistem Pembentukan Energi Untuk Kontraksi Otot

Energi untuk suatu kontraksi otot diperoleh dari proses penguraian senyawa kimia, yang disebut adenosine trifosfat (adenosine triphosphate atau disingkat ATP). Proses ini terjadi di mitochondria (mitochondrium) serabut otot. Jumlah ATP dalam serabut otot terbatas. Pada awal aktivitas fisik atau olahraga, energy untuk kontraksi otot adalah berasal dari ATP yang tersedia pada serabut-serabut otot. Pada proses selanjutnya, apabila kegiatan fisik atau olahraga itu dilanjutkan, maka energy untuk kontraksi otot dari

ATP dibentuk melalui proses glikolisis glikogen (glycolysis glycogen), protein, dan lemak serta resistensi dari asam laktat (lactic acid) dan asam piruvat (pyruvic acid).

ATP ini diperoleh dari makanan yang kita makan sehari-hari melalui proses sistem pencernaan. Jadi sumbernya adalah karbohidrat, protein dan lemak yang sudah dicerna menjadi nutrisi.

Penguraian ATP dimulai sejak sampainya rangsangan listrik (electric impulse) yang sampai ke sarcolemma, yang datang melalui saraf penggerak (motor nerve/efferent nerve). Dalam garis besarnya proses penguraian ATP adalah sebagai berikut:



Keterangan:

ATP = Adenosine Triphosphate

ADP = Adenosine Diphosphate

PI = Phosphat Inorganic

Energi = Energi untuk kontraksi otot

8. Sistem Pembentukan Energi

Sistem pembentukan energy secara garis besar hanya melalui dua sistem yaitu:

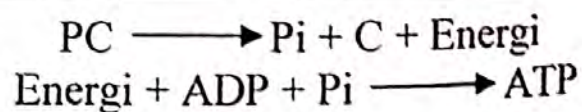
1. Sistem an aerobic (an aerobic system). Sistem an aerobic terdiri dari: (a) ATP-PC sistem (ATP = PC

system/Phosphagen system), dan (b) Sistem an aerobik glikolisis (lactic acid system).

2. Sistem Aerobik (aerobic system). Sistem ini terdiri dari : (a) Aerobik glikolisis, (b) Siklus Krebs, dan (c) Sistem Transportasi Elektron.

A. Sistem An Aerobik:

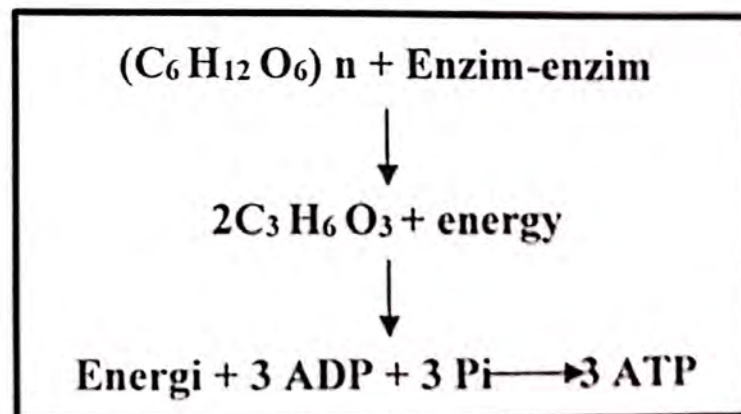
1. Sistem ATP-PC. Phosphocreatine (PC) dan ATP terdapat pada serabut-serabut otot, jumlahnya terbatas. ATP dan PC berisi sejumlah phosphate. Oleh Karena itu disebut phosphagen. Proses pembentukan energinya secara garis besarnya adalah sebagai berikut : PC terdiri dari P = phosphate dan C = creatine. PC setelah mengalami proses penguraian kimiawi menjadi inorganic phosphate (Pi), creatine (C) dan energy. Kemudian membentuk energi, ADP, Pi dan terbentuklah ATP baru. Untuk lebih jelasnya lihat skema berikut ini :



Pada kegiatan fisik atau olahraga yang maksimal, misalnya pada lari cepat (sprint) 100 meter, penyediaan energi kontraksi ototnya dari sistem ini, namun hanya bertahan kurang lebih 10 detik. Setelah melakukan istirahat selama 2-3 menit, PC dan ATP terbentuk kembali.

2. Sistem an Aerobik Glikolisis

An aerobic glikolisis adalah suatu proses gabungan glikogin menjadi asam asam piruvik (privic acid) oleh sejumlah enzim tanpa O_2 . Dari proses ini dihasilkan ATP. Glikogin adalah zat gula (glukosa) dalam otot. Sedangkan enzim yang terlibat dalam proses ini antara lain adalah : phosphofruktokinase (PFK), hexokinase (HK), pyruvatekinase (PK), dan lacticdehydrogenase (LH). Rumus kimia glikogin adalah: $(C_6 H_{12} O_6)_n$. Sedangkan rumus kimia asam piruvik adalah : $2C_3 H_6 O_3$. Penyediaan energi untuk kontraksi sistem ini hanya mampu bertahan antara 30 detik sampai 2 menit, terutama pada kerja fisik atau olahraga dengan intensitas submaksimal. Untuk lebih jelasnya lihat skema berikut ini :

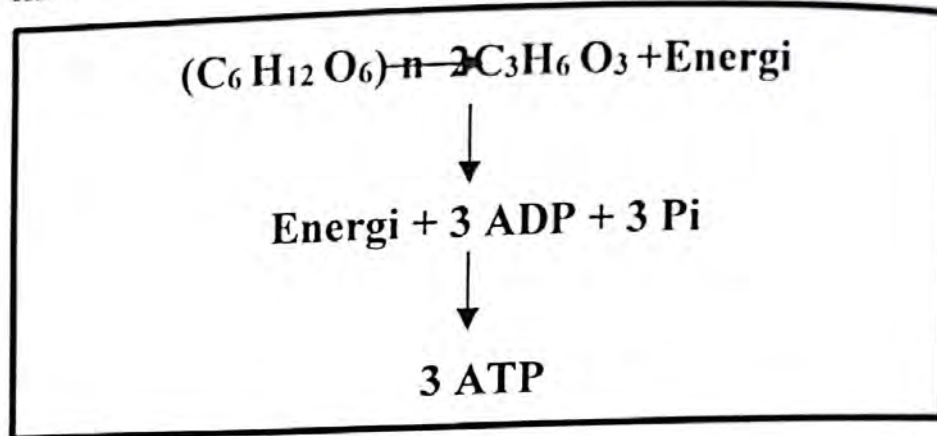


B. Sistem Aerobik

Pada sistem ini, proses pembentukan energinya menentukan atau menggunakan oksigen (O_2). Berdasarkan reaksi-reaksi kimianya, sistem ini dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu :

1. Aerobik Glikolisis (Aerobik Glycolisis)

Pada sistem ini pengubahan glikogen menjadi CO_2 H_2O dan ATP memerlukan O_2 . Dalam garis besarnya proses pembentukan ATP-nya sebagai berikut, lihat skema berikut ini :



2. Siklus Krebs

Siklus atau rangkaian ini ditemukan oleh Sir Hans Krebs. Oleh karena itu disebut siklus Krebs. Ia memperoleh hadiah Nobel dalam bidang Fisiologi/Kesehatan tahun 1953. Siklus ini juga disebut Asam Trikarboksilik (Tricarboxylic Acid/TCA). Pada siklus krebs, asam pyruvic (pyruvic acid) terbentuk, ketika proses aerobic glikolisis berlangsung di mitochondria dan terus terjadi penguraian melalui proses reaksi-reaksi kimia. Pada proses ini didapati terjadinya :

- Produksi karbondioksida (carbon dioxide/ CO_2)
- Oksidasi (oxidation), dan
- Produksi ATP.

3. Sistem Transportasi Elektron

Sistem ini merupakan kelanjutan dari proses penguraian glikogen, dan H_2O yang dibentuk dari ion-ion hydrogen (hydrogen ions) dan electron-elektron yang dilepaskan/dihasilkan pada sistem Krebs, dan digabungkan dengan O_2 yang dihirup. Rangkaian reaksi spesifik ini dan membentuk H_2O disebut sistem transportasi electron atau rantai respiratori (respiratory chains). Pembentukan energy sistem ini disebut juga oksidatif fosforilasi (oxidative phosphorylation). Pada proses ini ada hal yang penting yang terjadi, yaitu ion-ion hydrogen dan electron-elektron masuk kedalam sistem transportasi elektron melalui $FADH_2$ dan $NADH$. $FADH_2$ berasal dari FAD^+ (flavin adenine dinucleotide). FAD^+ merupakan penerima (acceptor) hydrogen. Sedangkan $NADH$ berasal dari NAD^+ (nicotinamide adenine dinucleotide). NAD^+ merupakan penerima hydrogen. H^+ ini merupakan pemecahan dari karbohidrat yang diproses melalui glikolisis dan siklus Krebs.

9. Fisiologi Otot

a. Macam Jaringan Otot

1. Jaringan otot skelet secara primer menempel pada tulang.
Bercorak, volunteer

2. Jaringan otot jantung membentuk dinding jantung. Bercorak, involunter.
3. Jaringan otot polos terletak di visera. Tidak bercorak (polos), involunter.

b. Fungsi Jaringan Otot

1. Dengan cara berkontraksi, jaringan otot memperlihatkan empat fungsi penting.
2. Fungsi ini adalah: gerakan, menggerakkan / memindahkan zat di dalam tubuh, menyetabilkan posisi tubuh dan mengatur volume organ, dan thermogenesis (memproduksi panas).

c. Sifat-sifat Jaringan Otot

1. Peka rangsang, merupakan sifat memberikan jawaban terhadap rangsang dengan menimbulkan potensial aksi.
2. Konduktivitas, kemampuan mengalirkan potensial aksi sepanjang membrane plasma.
3. Kontraksitilitas, kemampuan berkontraksi
4. Ekstensibilitas (bisa memanjang), kemampuan memanjang bila ditarik.
5. Elastisitas, kemampuan kembali ke bentuk semula sesudah kontraksi atau memanjang.

d. Anatomi dan Inervasi Jaringan Otot Skelet

1. Komponen jaringan ikat

- a. Fascia adalah suatu lapisan atau bungkus lebur jaringan ikat di bawah kulit (fascia superficialis) atau sekeliling otot dan organ tubuh ("deep fascia")
- b. Komponen jaringan ikat lainnya adalah epimysium yang menutupi seluruh otot, perimysium, menutupi "fascicle", dan endomysium, menutupi serabut otot (semua pelebaran deep fascia).
- c. Tendo dan aponeurosis sebagai pelebaran jaringan ikat di bawah jaringan otot yang melekatkan otot pada tulang atau pada otot lain.

2. Suplai darah dan saraf

- a. Saraf menyebarkan impuls untuk kontraksi otot.
- b. Darah menyiapkan nutrient dan oksigen untuk kontraksi muscular.

3. Unit motor

- a. Suatu neuron motor dan serabut otot membentuk satuan unit motor.
- b. Suatu unit motor berisi sedikitnya 2 sampai 2000 serabut otot.

4. Tautan otot-saraf

- a. Suatu neuron motor menyebarkan suatu impuls saraf (potensial aksi saraf) ke tautan otot-saraf

- b. Suatu tautan otot-saraf merupakan bagian terminal akson suatu neuron motor yang berdempetan dengan bagian sarkolema serabut otot (“piringan” ujung motor”).
 - c. Asetikolin yang dilepaskan oleh suatu neuron motor berdifusi melewati celah sinaps dan memicu suatu potensial aksi otot.
5. Anatomi mikroskopik otot skelet
- a. Otot skelet berisi serabut-serabut (sel-sel) yang ditutupi oleh sarkolema (membrane plasma). Serabut berisi sarkoplasma, inti sel, retikulum sarkoplasma, dan tubulus transversus (pembuluh – T).
 - b. Tiap serabut berisi mifibril yang terdiri dari filament tebal dan filament tipis. Filamen tersusun menjadi sarkomer.
 - c. Filamen tipis terdiri dari aktin, tropomiosin, dan troponin; filament tebal berupa myosin.
 - d. Kepala myosin yang menonjol disebut jembatan lintas myosin (JLM) yang mengandung tempat ikatan aktin dan ATP.
- e. **Kontraksi Otot**
- 1. Ketika suatu impuls saraf mencapai terminal akson, vesikel sinaptik terminal melepaskan asetikolin (Ach), yang segera memulai suatu potensial aksi otot di dalam sarkolema

serabut otot. Potensial aksi otot kemudian menjalar ke dalam pembuluh-T dan menyebabkan retikulum sarkoplasma (RS) melepaskan ion Ca^{2+} ke dalam sarkoplasma.

2. Ion Ca^{2+} yang dilepaskan berikatan dengan troponin, mengubah bentuk tropomiosin sehingga tempat ikatan myosin pada aktin terbuka.
3. Sumber energi langsung untuk kontraksi (ATP) dipecah oleh ATP ase menjadi $\text{ADP} + \text{P}_i$ dan memberi energi (kekuatan) dan mengaktifkan JLM.
4. JLM yang aktif menempel pada aktin, selanjutnya kepala JLM menekuk, menarik, dan meluncurkan filamen tipis.
5. Relaksasi berlangsung ketika Ach dipecah dan Ca^{2+} dipompa kembali ke dalam RS.
6. Selama kontraksi otot skelet, hamper semua energi yang dihasilkan dibuang sebagai panas.
7. Bila suhu tubuh turun, badan akan menggigil dan dapat membantu menaikkan suhu kembali.

f. Penyelesaian Tegangan Dalam Seluruh Otot

1. Sesuai dengan prinsip ALL-or-none (**Ya-atau-Tidak**), tiap serabut otot akan berkontraksi maksimal; tidak ada istilah berkontraksi sebagian atau sedikit.

2. Suatu kontraksi kedut adalah suatu kontraksi sejenak semua serabut otot dalam satu uni motor dalam menjawab suatu potensial aksi yang tunggal,
3. Pencatatan suatu kontraksi disebut miogram. Periode refrakter yang sangat pendek, sedangkan periode refrakter otot jantung sangat panjang.
4. Kontraksi sumasi adalah bertambahnya kekuatan suatu kontraksi yang terjadi ketika suatu rangsang berikutnya sampai sebelum otot berelaksasi sempurna.
5. Perangsangan berulang-kali dapat menimbulkan tetani tidak sempurna, serangkaian kontraksi otot yang terus menerus tanpa terjadinya relaksasi sempurna. Perangsangan berulang-kali yang sangat cepat dapat menimbulkan kontraksi tetani sempurna yang gambaran kontraksinya tampak luas tanpa ada relaksasi.
6. Pada efek “naik-tangga”, setiap kontraksi berikutnya makin kuat.
7. Suatu serabut otot akan menimbulkan tegangan berikutnya ketika filamen tebal dan filament tipis saling overlapping optimal.
8. Proses bertambahnya jumlah unit motor yang aktif disebut “*recruitment*” (pengerahan) yang dapat mencegah kelelahan dan membantu menimbulkan kontraksi yang lembut.

9. Suatu kontraksi partial yang terus menerus sebagian suatu otot skelet menghasilkan tonus otot.
10. Tonus penting untuk mempertahankan sikap tubuh (postur).
11. Tegangan yang ditimbulkan oleh elemen kontraktile disebut tegangan aktif; sedangkan tegangan yang ditimbulkan oleh elemen elastik disebut tegangan pasif.
12. Kontraksi isotonik terjadi ketika suatu beban yang konstan digerakkan sepanjang gerakan suatu persendian; pada kontraksi isometrik otot tidak memendek tetapi tegangan bertambah.

g. Metabolisme Otot

1. Sesuai keperluan, serabut otot dapat memproduksi ATP.
2. Creatin-fosfat dan ATP merupakan sistem fosfagen.
3. Katabolisme partikel glukosa untuk membentuk ATP terjadi dalam sistem glikogen asam laktat. Sistem ini anaerobic.
4. Produksi ATP sistem aerobic melibatkan oksidasi penuh (sempurna) glukosa via respirasi selular.
5. Kenaikan penggunaan oksigen setelah latihan disebut konsumsi oksigen pemulihan.
6. Ketidakmampuan otot untuk mempertahankan kekuatan kontraksinya disebut kelelahan otot.

h. Macam-macam Serabut Otot Skelet

1. Berdasarkan struktur dan fungsinya, serabut otot skelet dibagi menjadi serabut oksidatif lambat (tipe-I); serabut oksidatif cepat (tipe-IIA), dan serabut glikolitik cepat (tipe-IIB).
2. Hampir semua otot skelet berisi suatu campuran ketiga macam serabut diatas. Perbandingannya bervariasi sesuai dengan kebiasaan aksi otot bersangkutan.
3. Berbagai latihan dapat sedikit merubah tipe serabut otot.

i. Jaringan Otot Jantung

1. Otot ini hanya ditemukan pada jantung, bercorak, dan involunter.
2. Pada irisan melintang serabut-serabutnya persegi dan biasanya berisi suatu inti yang letaknya sentral.
3. Dibandingkan dengan serabut otot skelet, serabut otot jantung mempunyai sarkoplasma lebih banyak; mitokondria juga lebih banyak; akan tetapi mempunyai RS yang kurang berkembang; pembuluh-T yang lebih lebar yang terletak di discus-Z, bukan di tautan ban A-I, Cabang-cabang serabut disambungkan via *intercalated discs*.
4. *Intercalated discs* menyiapkan kekuatan dan konduksi potensial aksi otot melalui tautan celah yang terdapat di disc.

5. Tidak seperti jaringan otot skelet, jaringan otot jantung berkontraksi dan berelaksasi terus-menerus dan ritmis. ATP dibuat secara aerobik dalam mitokondria besar dan banyak.
6. Jaringan otot jantung dapat berkontraksi tanpa rangsangan ekstrinsik dan dapat tetap berkontraksi lebih lama daripada jaringan otot skelet.
7. Jaringan otot jantung mempunyai periode refakter yang panjang, sehingga terbebas dari kontraksi tetani.

j. Jaringan Otot Polos

1. Otot polos tidak bercorak dan involunter.
2. Serabut otot polos berisi filamen intermedia dan badan dapat (fungsinya sama dengan Z-disc).
3. Otot polos visceral (unit tunggal) ditemukan dalam dinding alat visera dan pembuluh darah kecil. Sejumlah serabut membentuk suatu anyaman yang berkontraksi bersamasama.
4. Multiunit otot polos ditemukan di dalam pembuluh darah besar, pembuluh besar di paru-paru, mm. Arrector pili, mata (untuk menyesuaikan diameter pupil dan memfokuskan lensa). Unit serabut itu beraksi masing-masing.
5. Lamanya kontraksi dan lamanya relaksasi otot polos lebih panjang daripada otot skelet.

6. Serabut otot polos berkontraksi menjawab impuls saraf, hormone, dan faktor lokal.
7. Serabut otot polos dapat diregangkan tanpa terjadinya kenaikan tegangan.

k. Regenerasi Jaringan Otot

1. Serabut otot skelet tidak dapat membelahkan tetapi mempunyai kemampuan regenerasi yang sangat terbatas.
2. Serabut otot jantung tidak dapat membelah dan beregenerasi.
3. Serabut otot polos mempunyai kapasitas membagi dan regenerasi yang terbatas.

l. Ketuaan dan Jaringan Otot

1. Mulai sekitar umur 30 tahunan terjadi kehilangan otot skelet, yang progresif yang diganti oleh lemak.
2. Juga terjadi suatu pengurangan kekuatan dan refleks otot.

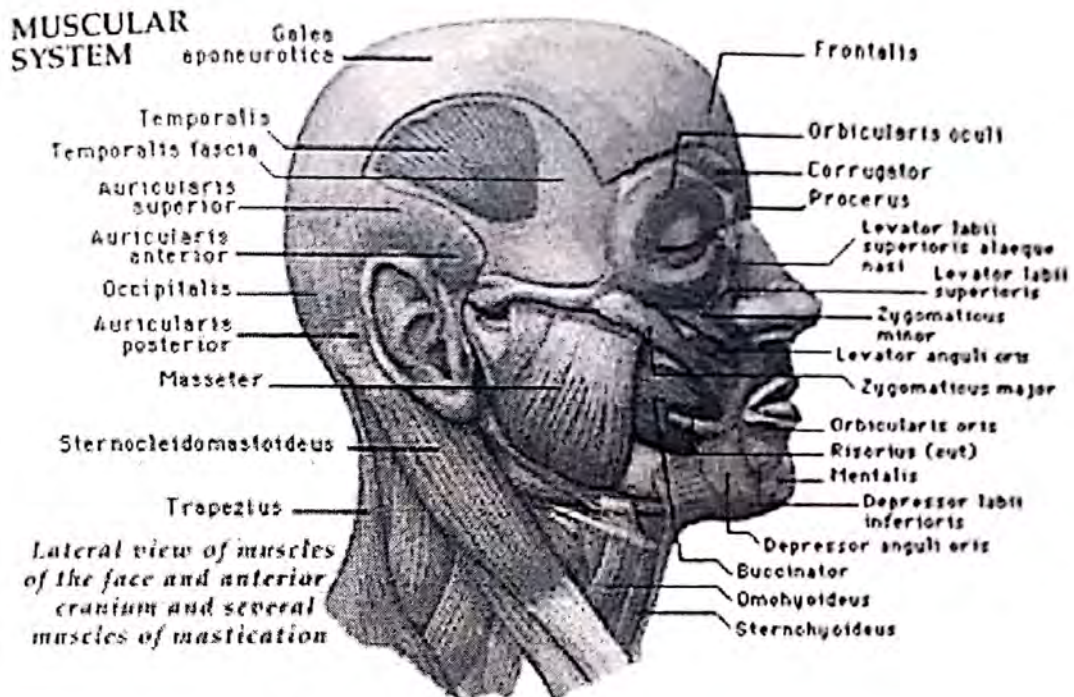
m. Perkembangan Anatomi Sistem Otot

1. Dengan beberapa kekecualian, otot berkembang dari mesoderm.
2. Otot skelet kepala dan tungkai berkembang dari mesoderm umum; sisanya berkembang dari mesoderm somit.

OTOT-OTOT KERANGKA MANUSIA

MENURUT LETAKNYA

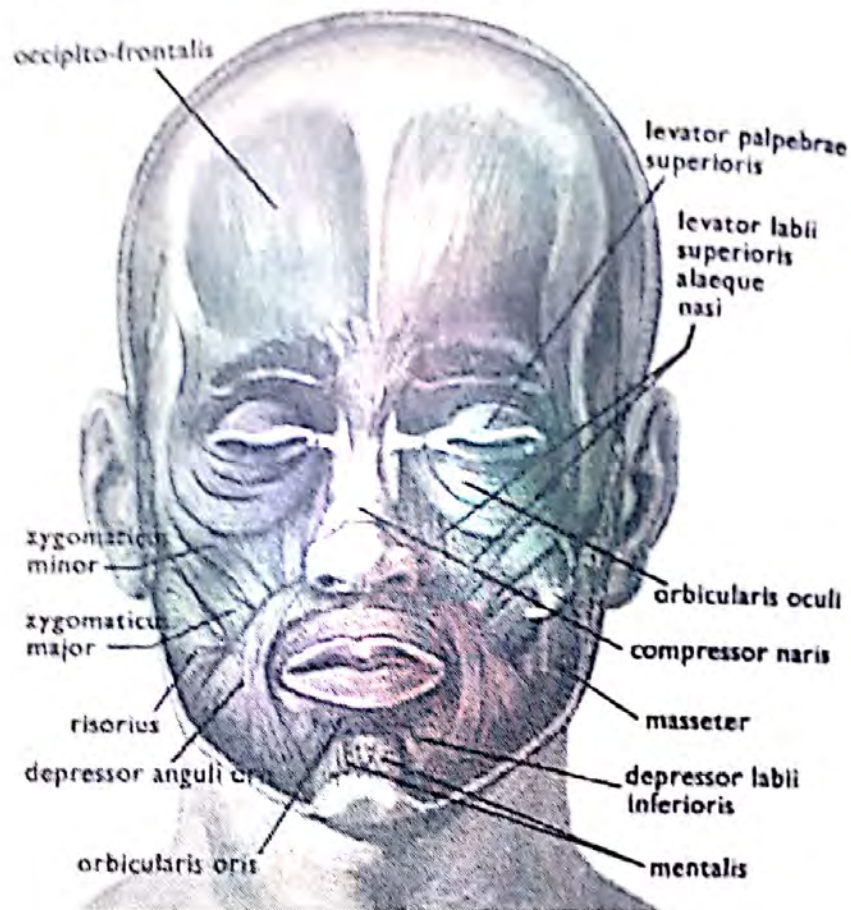
1) Otot Kepala:



Gambar 4.5. Otot kepala

- M. Frontalis: “untuk mengerutkan dahi & Menarik dahi mata.
- M. Oksipitalis: “untuk menarik kulit ke belakang.

2) Otot Wajah:



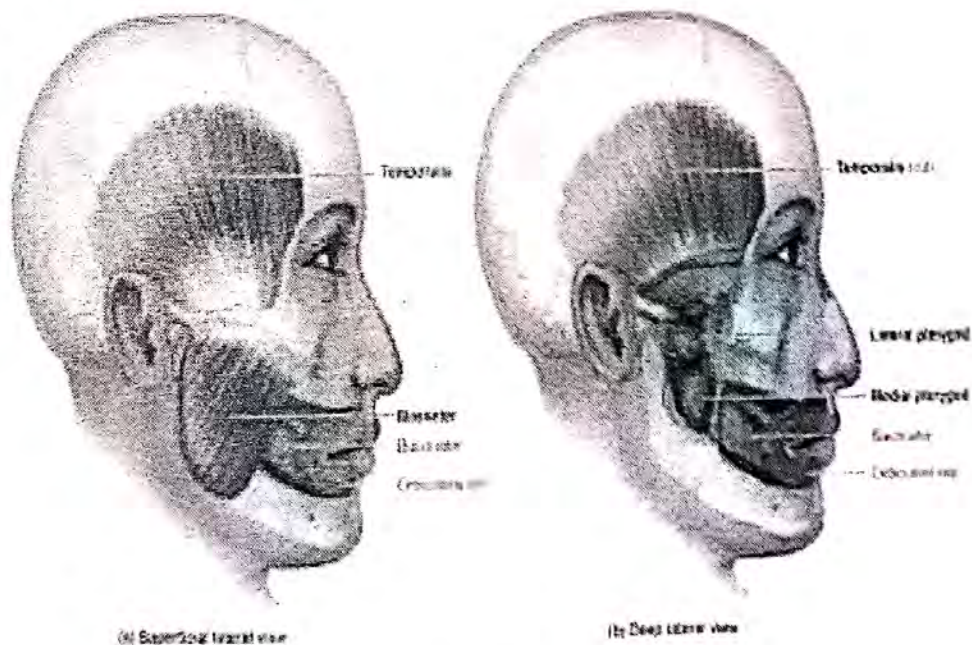
Gambar 4.6. Otot wajah

- M. Rectus Okuli : menggerakkan bola mata
- M. Obliku Okuli : memutar mata.
- M. Orbitkularis Okuli : menutup kelopak mata
- M. Levaor Pelpebra Superior : membuka kelopak mata

3) Otot Mulut Bibir / Pipi :

- M. Triangularis & M. Orbikularis Oris: menarik sudut mulut ke bawah
- M. Quadratus Labii Sup : menarik bibir ke atas
- M. Quadratus Labii Inf : menarik bibir ke bawah
- M. Buksinator : mengunyah makanan
- M. Zigomatikus : mengangkat pipi (tersenyum)

4) Otot Pengunyah:



Gambar 4.7. Otot pengunyah

➤ M. Masetter

: mengangkat
rahang bawah

➤ M. Temporalis

: mengangkat
rahang bawah
ke atas & ke
belakang

5) Otot Lidah :

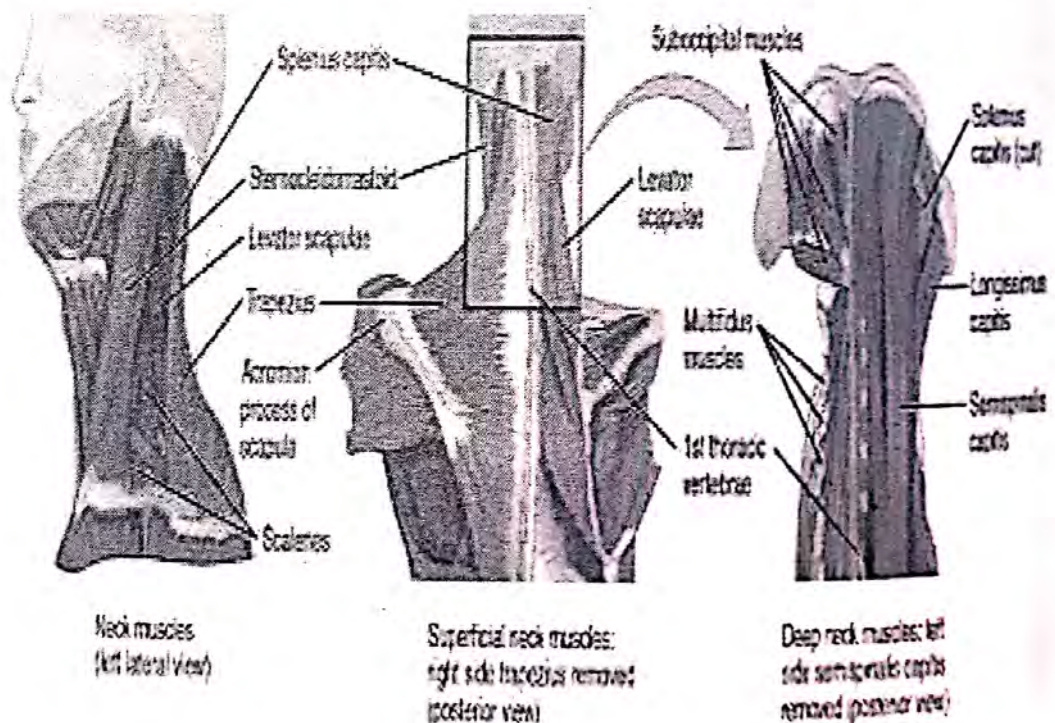
➤ M. Genioglossus

: mendorong
lidah kedepan

➤ M. Stiloglossus

: menarik lidah
ke atas & ke
belakang

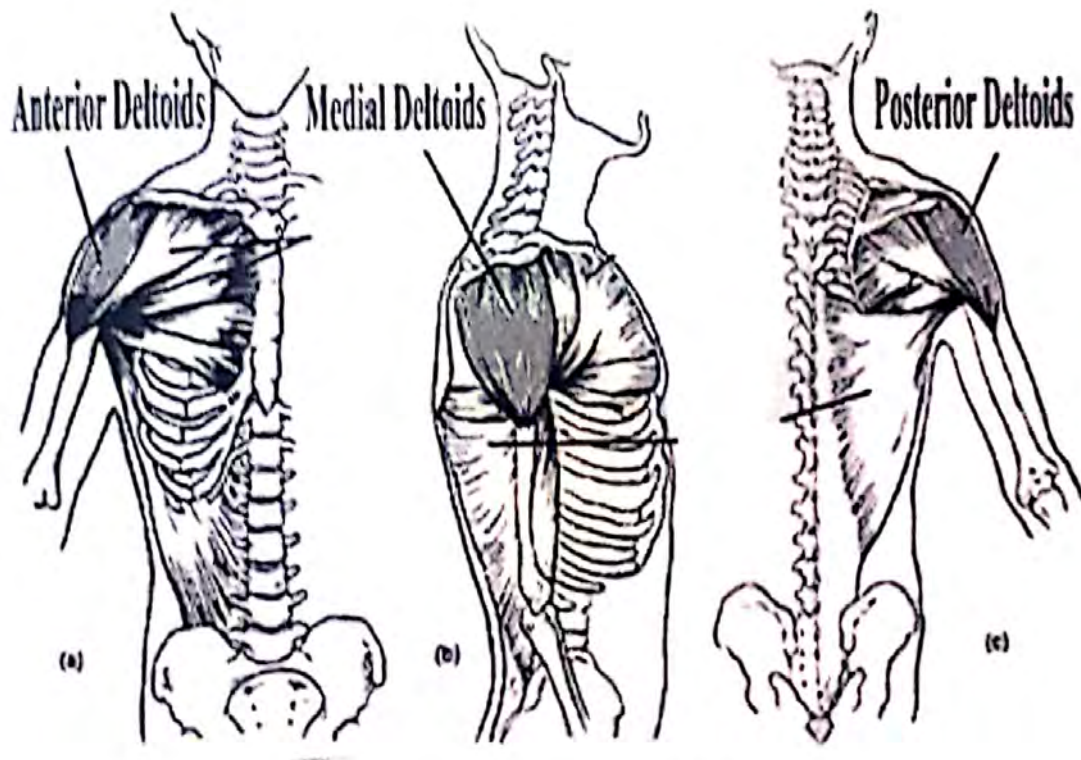
6) Otot Leher :



Gambar 4.8. Otot leher

- M. Platisma : menekan mandibula ke bawah
- M. Stemokleido Mastoid (samping) : pergerakan kepala
- M. Longisumus Kapitis (di blk. Leher) : menarik & menggerakkan kepala.

7) Otot Bahu :

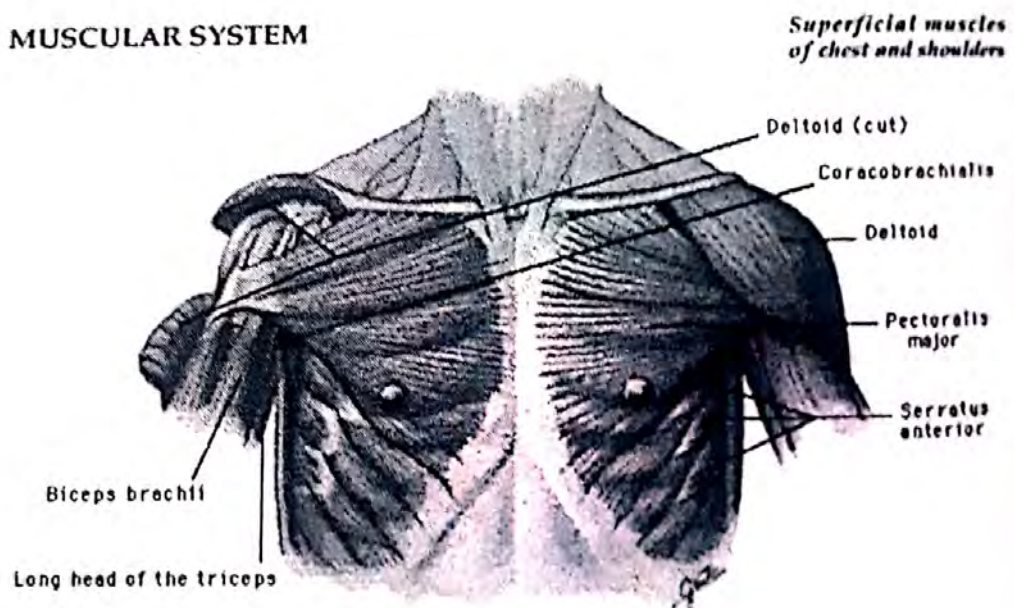


Gambar 4.9. Otot bahu

- M. Deltoid (bentuk segi tiga) : mengangkat lengan sampai mendatar
- M. Subscapularis (depan os. Scapula): memutar humerus ke dalam
- M. Supraspinatus : mengangkat lengan
- M. Infraspinatus : memutar lengan ke luar
- M. Teres Mayor : memutar lengan ke dalam
- M. Teres Minor : memutar lengan ke luar

8) Otot Dada :

MUSCULAR SYSTEM



Gambar 4.10. Otot dada

- M. Pectoralis Mayor : membantu pergerakan lengan ke segala arah.
- M. Pectoralis Minor : menaikkan Os. Scapula & menekan bahu
- M. Subciapicula : menekan sendi bahu ke depan & ke belakang.
- M. Seratus Ant. (dari Costae I – IX):
- M. Intercostalis : pernafasan (besar & kecilkan thorax.
- M. Diafrgmatikus (balas antara rongga dada & rongga perut) : membesarkan & mengecilkan thorax.

Daftar Pustaka

CHUSID (1983) *Neuro Anatomi Korelatif dan Neuroid Fungsional*, Gajah Mada Press Diterjemahkan dr. ANDRI HARTONO

GARDNER, et al (1975) *Anatomy, Anatomi, Regional Study of Human Structure, Fourth Edition*. W.B Saunders Compene Philadelphia.

GARTNER AND HIATI, (1997) *Color Text Book of Histologi*, W.B Saunders Compene Phila Del Phia.

HERMANUDDIN (2005) ANATOMI, FIK UNIMED.

KIMBER et al (1977) (*Anatomi and Physiology*) 17 th Edition, Macmillan Publishinbco. Inc New York.

NOBACK AND DEMAREST (1982) *Anatomi Susunan Saeuf Manusia*. EBC Penerbit Buku Kedokteran, Jakarta. Diterjemahkan DRA. Munandar.

SIDHARTA (1983) *Sakit Neuromuskulo Skeletal*, Penerbit Dian Rakyat, Jakarta.

SPALTE HOLZ (1983) *Atlas Anatomi Manusia*, Cetak Ulang Ke Dua, EGC Penerbit Buku Kedokteran, Jakarta Penerjemah, DRS. MED. ADJI DHARMA.

WERNER (1983) *Atlas dan Buku Text Anatomi Manusia*, Egc Penerbit Buku Kedokteran, Jakarta, Diterjemahkan ADJI DHARMA.

Anatomi adalah ilmu yang mempelajari tentang struktur tulang di tubuh manusia. Pembagian Anatomi terdiri dari delapan cabang ilmu yaitu Osteologi, Artrologi, Myologi, Neurologi, Angiologi, Dermatologi, Splanchnologi, Endocrinology. Di dalam buku ini materi dibagi menjadi lima bab yaitu pengantar Anatomi, Artrologi, Neurologi, Miologi, dan Fisiologi Otot. Buku Anatomi ini dilengkapi dengan banyak gambar-gambar penampang struktur-struktur tubuh manusia secara detail yang diubah dalam bentuk animasi berbantuan *Augmented Reality (AR)*. Dengan bantuan AR menjadikan gambar-gambar tersebut menjadi lebih nyata. Tujuannya adalah agar mahasiswa lebih mudah memahami materi yang disampaikan oleh dosen serta mempermudah mahasiswa mengetahui bagian-bagian struktur tubuh manusia.



Dr. Sanusi Hasibuan, M.Kes Lahir di Pangkalan Berandan, 11 Agustus 1964. Menyelesaikan pendidikan S1 pada tahun 1989 pada Jurusan Pendidikan Kesehatan dan rekreasi di IKIP Medan, menyelesaikan pendidikan S2 pada tahun 1996 pada bidang ilmu Ilmu Faal dan Kesehatan Olahraga di Universitas Padjajaran Bandung dan menyelesaikan pendidikan S3 pada tahun 2011 pada bidang ilmu Pendidikan Olahraga di Universitas Negeri Jakarta. Bertugas sebagai dosen di Universitas Negeri Medan sejak tahun 1992.

Selain itu, aktif melakukan penelitian dan pengabdian pada bidang Olahraga.



Dr. Tarsyad Nugraha, M.Kes Lahir di Cianjur, 14 April 1965. Menyelesaikan pendidikan S1 pada tahun 1989 pada Jurusan Pendidikan Kesehatan dan rekreasi di IKIP Bandung, menyelesaikan pendidikan S2 pada tahun 1995 pada bidang Ilmu Faal dan Kesehatan Olahraga di Universitas Airlangga Surabaya dan menyelesaikan pendidikan S3 pada tahun 2011 pada bidang ilmu Pendidikan Olahraga di Universitas Negeri Jakarta. Bertugas sebagai dosen di Universitas Negeri Medan sejak tahun 1990. Selain itu, aktif

melakukan penelitian dan pengabdian pada bidang Olahraga.



Zulpikar Ilham, S.Pd., M.Pd. Lahir di Prabumulih pada tanggal 12 Desember 1988. Menyelesaikan pendidikan S1 pada tahun 2011 pada Bidang Ilmu Pendidikan Olahraga Universitas PGRI dan menyelesaikan studi S2 pada Bidang Ilmu Pendidikan Olahraga di Universitas Negeri Semarang tahun 2013. Bertugas sebagai dosen di Universitas Negeri Medan sejak tahun 2015. Selain itu, aktif melakukan penelitian dan pengabdian pada bidang Olahraga.



Muhammad Chairad, S.Pd., M.Pd. Lahir di Medan pada tanggal 21 Februari 1987. Menyelesaikan pendidikan S1 pada tahun 2010 pada Jurusan Pendidikan Jasmani, Kesehatan dan Rekreasi di Universitas Negeri Medan dan menyelesaikan pendidikan S2 pada tahun 2012 pada Program Studi Pendidikan Olahraga Universitas Negeri Jakarta. Bertugas sebagai dosen di Universitas Negeri Medan sejak tahun 2014. Selain itu, aktif

melakukan penelitian dan pengabdian pada bidang Olahraga.



+6281295422174



muliavisitama@gmail.com



<http://desantapublisher.com>

ISBN 978-623-7908-08-8



9 786237 908586