

Sistem Gerak

A. PENDAHULUAN

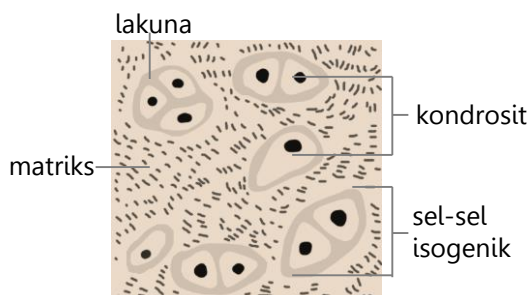
- **Sistem gerak** adalah sistem organ pada manusia yang berperan dalam pergerakan tubuh.
- **Organ** yang mendukung kerja sistem gerak:
 - 1) **Rangka**, alat gerak pasif, terdiri atas jaringan tulang rawan dan tulang sejati.
 - 2) **Otot**, alat gerak aktif, terdiri atas jaringan otot.

B. RANGKA

- **Rangka** merupakan alat gerak pasif yang tersusun atas tulang yang saling berhubungan.
- **Fungsi rangka:**
 - 1) Alat gerak pasif
 - 2) Pemberi bentuk tubuh
 - 3) Menopang/menyokong berat tubuh
 - 4) Tempat melekatnya otot
 - 5) Melindungi organ vital
 - 6) Tempat pembentukan sel darah pada sumsum tulang (hemopoiesis)
 - 7) Tempat penyimpanan kalsium dan fosfor
- Berdasarkan letaknya pada tubuh, rangka manusia dikelompokkan menjadi:
 - 1) **Rangka aksial** (sumbu tubuh), yaitu tengkorak, tulang rusuk, tulang dada dan tulang belakang.
 - 2) **Rangka apendikular** (sekitar sumbu tubuh), terletak di kanan dan kiri sumbu tubuh, dan jumlah tulangnya sepasang.
- **Tulang** berdasarkan jaringannya terdiri dari atas tulang rawan dan tulang sejati.

C. TULANG RAWAN

- **Tulang rawan** tersusun atas **sel kondrosit** yang berasal dari **kondroblas** dan mensekresikan matriks yang disebut **kondrin**.
- **Struktur tulang rawan:**



- Tulang rawan dilindungi oleh lapisan luar yang disebut **perikondrium** yang berfungsi mensuplai makanan bagi tulang rawan dan melakukan perawatan dan perbaikan materi penyusun tulang.

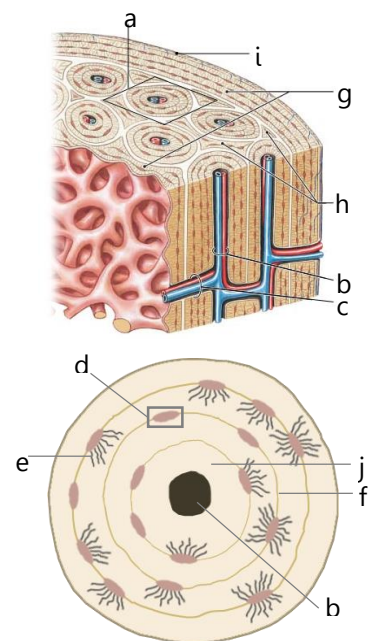
- Pada anak-anak, kondrosit lebih banyak dari matriks, sedangkan pada orang dewasa, matriks lebih banyak dari kondrosit.

- **Jenis-jenis tulang rawan:**

Beda	Hialin	Elastis	Fibrosa
warna	putih-biru transparan	kuning	gelap keruh
serat dominan	elastik	elastik	kolagen
elastisitas	tinggi	tinggi	rendah
letak	sendi, saluran pernapasan, ujung tulang rusuk	telinga, laring, epiglottis	antar tulang belakang

D. TULANG SEJATI

- **Tulang sejati** tersusun atas **sel osteosit** yang berasal dari **osteoblas** dan mensekresikan matriks yang disebut **osteon**.
- **Struktur tulang sejati:**



- a. **Sistem Havers**, unit dasar jaringan tulang.
- b. **Saluran Havers** (saluran pusat), berisi pembuluh darah dan saraf.
- c. **Saluran Volkmann** (saluran perforat), saluran penghubung dua saluran Havers.
- d. **Lakuna**, ruang tempat osteosit terletak.
- e. **Kanalikuli**, struktur penghubung osteosit yang satu dengan osteosit lain.
- f. **Lamella**, lapisan kosentris matriks yang keras dan kuat.
- g. **Lamella sirkumferensial**
- h. **Lamella interstitial**

- i. **Periosteum**, selaput pembungkus tulang. Periosteum mengandung **osteoklas** yang berfungsi melakukan perawatan dan perbaikan materi penyusun tulang.
- j. **Matriks**, tersusun atas serabut kolagen dan mineral kalsium dan fosfor.

🔪 **Osifikasi/kalsifikasi** adalah proses pembentukan tulang melalui pengerasan tulang rawan menjadi tulang sejati.

🔪 **Urutan proses osifikasi:**

- 1) Tulang rawan yang telah dihasilkan memiliki rongga yang akan terisi **osteoblas**.
- 2) Kemudian **osteosit** dibentuk ke arah luar, atau berbentuk konsentris (**saluran Havers**).
- 3) Di sekitar osteosit, dibentuk **matriks tulang** dari senyawa protein yang mengandung kalsium dan fosfor.

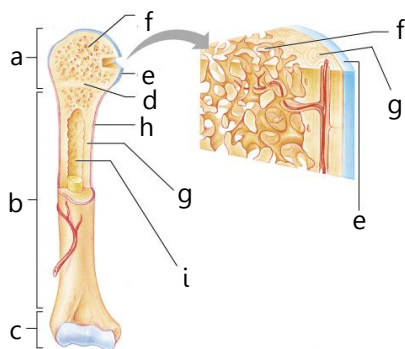
🔪 **Berdasarkan matriksnya**, tulang terdiri dari:

- 1) **Tulang kompak**, tulang dengan matriks padat dan rapat, misalnya tulang pipa.
- 2) **Tulang spons**, tulang dengan matriks berongga, misalnya tulang pipih dan pendek.

🔪 **Berdasarkan bentuknya**, tulang terdiri dari:

- 1) **Tulang pipa (panjang)**, yaitu tulang yang berbentuk tabung dan pada umumnya berongga.

Bagian-bagian tulang pipa:



- a. **Epifisis proksimal**, bagian ujung membulat.
- b. **Diafisis**, bagian tengah.
- c. **Epifisis distal**, bagian ujung pipih.
- d. **Metafisis/cakra epifisis**, bagian yang berkemampuan bertambah panjang.
- e. **Tulang rawan hialin**
- f. **Tulang spons**
- g. **Tulang kompak**
- h. **Periosteum**
- i. **Rongga tulang**, berisi sumsum tulang kuning/merah, pembuluh darah, saraf dan osteoblas.

Contoh: tulang betis, tulang paha, tulang kering, tulang hasta, tulang pengumpil.

- 2) **Tulang pipih**, yaitu tulang yang tersusun atas dua lempeng tulang kompak dan tulang spons, di dalamnya terdapat sumsum tulang. Tulang pipih berfungsi sebagai penyusun dinding rongga, pelindung, dan penguat. Contoh: tulang rusuk, tulang belikat, tulang tengkorak.
- 3) **Tulang pendek**, yaitu tulang yang berbentuk kubus, bulat kecil, atau paku. Contoh: tulang pergelangan dan telapak tangan dan kaki.
- 4) **Tulang tak berbentuk**, yaitu tulang yang bentuknya tidak termasuk tiga kategori di atas. Contoh: tulang wajah, tulang rahang, tulang belakang, tulang pinggul.

E. SENDI

🔪 **Sendi** atau **artikulasi** adalah hubungan antar-tulang yang memungkinkan terjadinya gerakan.

🔪 **Komponen penyusun sendi:**

- 1) **Kapsul sendi**, yaitu lapisan serabut yang melapisi sendi dan membentuk persendian.
- 2) **Ligamen**, yaitu jaringan ikat yang mengikat ujung tulang dengan persendian.
- 3) **Minyak sinovial**, yaitu pelumas sendi yang terdapat pada sendi.
- 4) **Tulang rawan hialin**, yaitu jaringan tulang rawan yang membentuk sendi.

🔪 **Sendi** terbagi menjadi tiga, yaitu sinartrosis, amfiartrosis, dan diartrosis.

🔪 **Sinartrosis** atau sendi mati adalah persendian yang tidak memungkinkan terjadinya gerakan.

🔪 **Macam-macam sinartrosis:**

- 1) **Sinartrosis simfibrosis**, sinartrosis yang dihubungkan oleh jaringan ikat fibrosa. Contoh: antar tulang tengkorak (sutura).
- 2) **Sinartrosis sinkondrosis**, sinartrosis yang dihubungkan oleh jaringan ikat tulang rawan. Contoh: antar ruas tulang belakang, tulang dada dengan tulang rusuk.

🔪 **Amfiartrosis** adalah persendian yang hanya memungkinkan terjadinya sedikit gerakan.

🔪 **Macam-macam amfiartrosis:**

- 1) **Amfiartrosis simfisis**, dihubungkan oleh jaringan ikat fibrosa yang pipih. Contoh: pubis simfisis pada gelang panggul, antar ruas tulang belakang.
- 2) **Amfiartrosis sindemosis**, dihubungkan oleh jaringan ikat fibrosa dan ligamen. Contoh: tulang betis - tulang kering.

Diartrosis adalah persendian yang memungkinkan terjadinya gerakan yang lebih leluasa.

Macam-macam diartrosis:

Peluru	Pelana/sela
	
gerak ke seluruh arah (banyak arah)	gerak pelana kuda (2 arah)
3 poros	2 poros
Contoh: gelang bahu - lengan atas, gelang panggul - paha	Contoh: telapak tangan - ruas ibu jari
Engsel	Putar
	
gerak engsel (2 arah)	gerak rotasi
1 poros	1 poros
Contoh: siku, lutut, antar ruas jari	Contoh: tengkorak - atlas, hasta - pengumpil
Geser/luncur	Elipsoid/ kondiloid
	
gerak rotasi pada bidang datar	gerak depan-belakang-samping (3 arah)
tidak berporos	2 poros
Contoh: antar tulang pergelangan tangan, belikat - selangka	Contoh: pergelangan tangan - ruas jari, pengumpil - pergelangan tangan

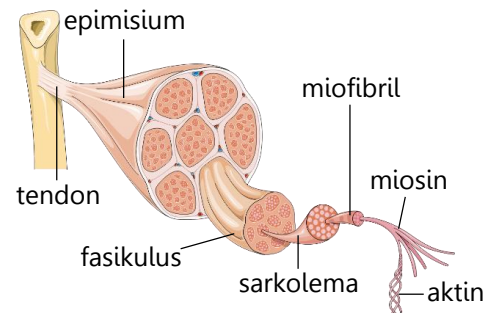
Gerak yang dilakukan oleh sendi antara lain:

- 1) **Fleksi** (membengkokkan)
- 2) **Ekstensi** (meluruskan)
- 3) **Adduksi** (mendekati tubuh)
- 4) **Abduksi** (menjauhi tubuh)
- 5) **Elevasi** (mengangkat)
- 6) **Depresi** (menurunkan)
- 7) **Supinasi** (menengadahkan tangan)
- 8) **Pronasi** (menelungkupkan tangan)
- 9) **Inversi** (membuka telapak kaki ke dalam)
- 10) **Eversi** (membuka telapak kaki ke luar)

F. OTOT

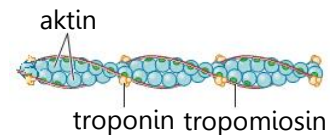
Otot merupakan alat gerak aktif yang melekat pada rangka dan tersusun atas jaringan otot, terutama otot lurik.

Struktur otot:



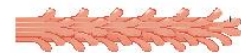
Komponen penyusun otot antara lain:

- 1) **Protein aktin**, yaitu protein pembentuk filamen halus yang terdiri dari dua untai.



Pada protein aktin terdapat *binding site* yang merupakan tempat miosin menarik aktin. Pada saat otot tidak berkontraksi, *binding site* ditutupi oleh **protein troponin-tropomiosin**, yang dapat dihilangkan dengan ion Ca^{2+} .

- 2) **Protein miosin**, yaitu protein pembentuk filamen kasar yang terdiri dari serabut.



- 3) **Jaringan otot**, dapat berupa otot polos, otot lurik dan otot jantung. Pada sistem gerak, otot yang bekerja adalah otot lurik.
- 4) **Ion Ca^{2+} dan ATP**, keduanya digunakan dalam gerak kontraksi dan relaksasi otot.

Kumparan otot terdiri atas:

- 1) **Ventrikel** (empal), merupakan bagian tengah otot yang menggembung.
- 2) **Tendon** (urat), merupakan bagian ujung otot yang menempel pada tulang. Tendon terdiri dari **origo** (tidak dapat bergerak) dan **insersio** (dapat bergerak).

Agar menghasilkan gerak, otot bekerja dengan otot lain secara aktif dengan cara **kontraksi** (memendek) dan **relaksasi** (memanjang).

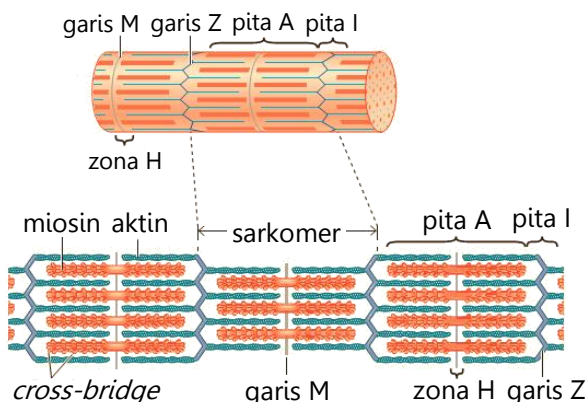
Gerak antar-otot terbagi menjadi:

- 1) **Gerak sinergis**, gerak dua buah otot yang sama arahnya (saling menunjang). Contoh: otot-otot pada tulang rusuk, otot *pronator teres* dan *pronator quadratus*.

- 2) **Gerak antagonis**, gerak dua buah otot yang saling berlawanan arah.

Contoh: otot trisep dan bicep.

- 🔪 **Serat otot/miofibril** tersusun atas sarkomer-sarkomer.



- 1) **Pita I** menghasilkan daerah terang pada otot,
- 2) **Pita A** menghasilkan daerah gelap pada otot,
- 3) **Zona H** adalah daerah terang sempit di antara daerah gelap pita A.
- 4) Gabungan protein aktin dan miosin disebut **aktomiosin**.

🔪 **Cara kerja otot:**

- 1) Miosin aktif menggerakkan aktin dengan *cross-bridge* sebagai 'tangan' dengan bantuan Ca^{2+} dan ATP pada *binding site*.
- 2) Saat kontraksi, miosin menarik aktin sehingga pita I memendek, zona H hilang.
- 3) Saat relaksasi, miosin melepas aktin sehingga pita I kembali memanjang, zona H kembali muncul. Sesaat setelah relaksasi, *binding site* tertutup oleh protein troponin-tropomiosin.

- 🔪 **Penggunaan energi** pada gerak otot terdiri dari dua, yaitu fase anaerob dan fase aerob.

- 🔪 **Fase anaerob** tidak membutuhkan oksigen digunakan ketika otot berkontraksi.

- 1) Kerja aktin dan miosin membutuhkan ATP.
- 2) ATP dibentuk kembali melalui fosforilasi, dan digunakan untuk kerja aktin dan miosin.

Otot yang terlalu lama berkontraksi akan lelah karena penurunan ATP dan peningkatan asam laktat (asam lelah), sehingga fase berubah menjadi **fase aerob**.

- 🔪 **Fase aerob** membutuhkan oksigen dan digunakan ketika otot berelaksasi.

- 1) Glikogen (gula otot) diubah menjadi glukosa dan asam laktat.
- 2) Glukosa akan dioksidasi sehingga menghasilkan CO_2 , H_2O dan ATP.

- 🔪 **Asam laktat** menumpuk pada otot yang terlalu sering berkontraksi menyebabkan kelelahan.

- 🔪 Agar asam laktat dapat dioksidasi, maka tubuh harus memasuki fase aerob dengan melakukan reaksi dengan membuat nafas tersengal-sengal untuk mendapat lebih banyak oksigen.

G. GANGGUAN PADA SISTEM GERAK

- 🔪 **Gangguan pada rangka** antara lain:

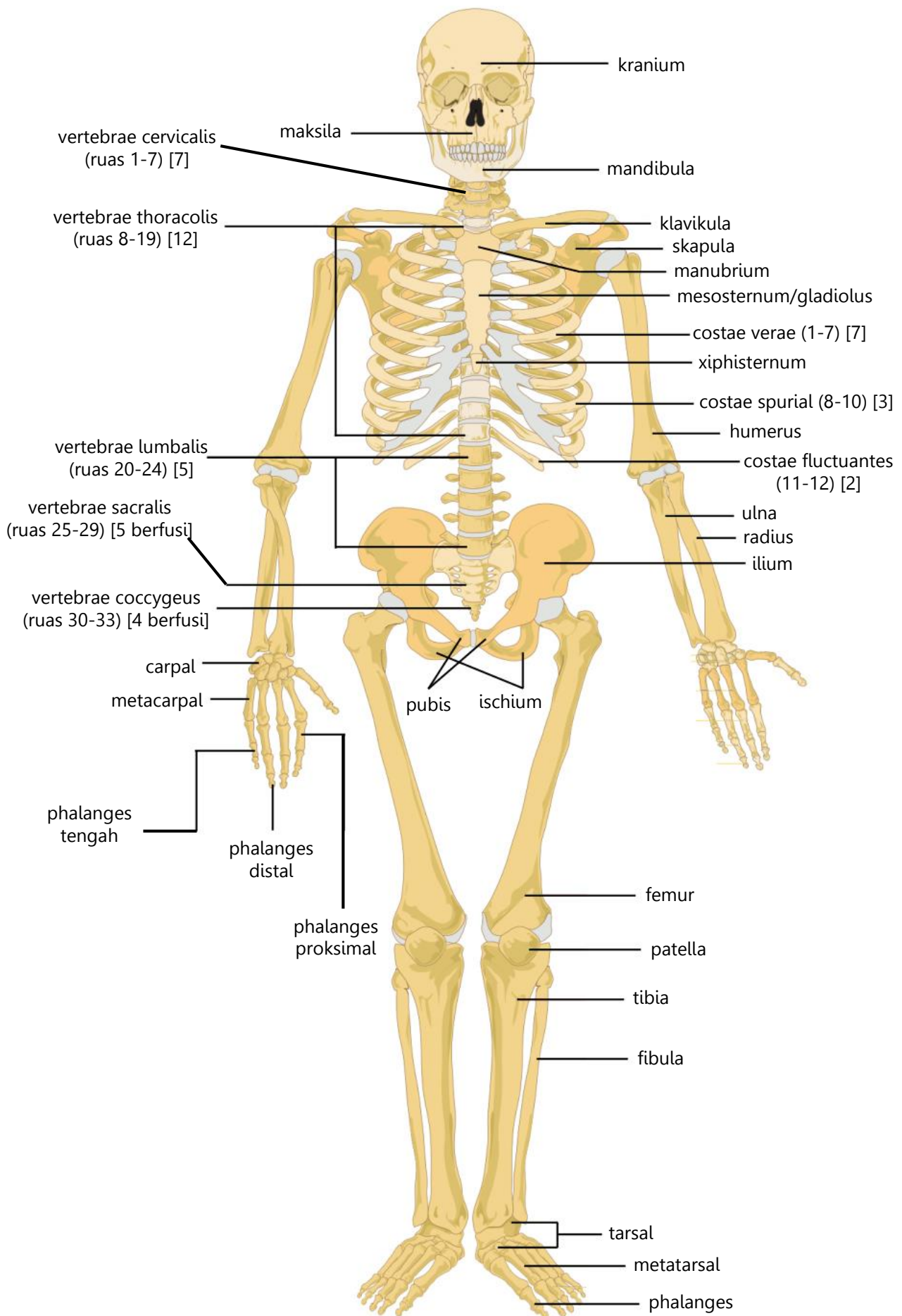
- 1) **Fraktura sederhana/tertutup**, patah tulang yang tidak merobek otot.
- 2) **Fraktura kompleks/terbuka**, patah tulang yang merobek otot bahkan kulit.
- 3) **Fraktura sebagian/greenstick**, patah tulang yang tidak membagi tulang menjadi dua.
- 4) **Fisura**, retak tulang.
- 5) **Lordosis**, jika ruas tulang belakang terlalu membengkok ke depan.
- 6) **Kifosis**, jika ruas tulang belakang terlalu membengkok ke belakang.
- 7) **Skoliosis**, jika ruas tulang belakang terlalu membengkok ke samping (huruf S).
- 8) **Rakhitis**, kurangnya vitamin D, sehingga osifikasi terhambat. Penderita biasanya memiliki kaki menyerupai huruf X atau O.
- 9) **Osteoporosis**, penurunan massa tulang pada usia lanjut karena lambatnya osifikasi dan reabsorpsi materi penyusun tulang.
- 10) **Nekrosa**, kerusakan periosteum tulang yang menyebabkan kematian tulang.
- 11) **TBC tulang**, disebabkan oleh bakteri TBC yang menyerang tulang.

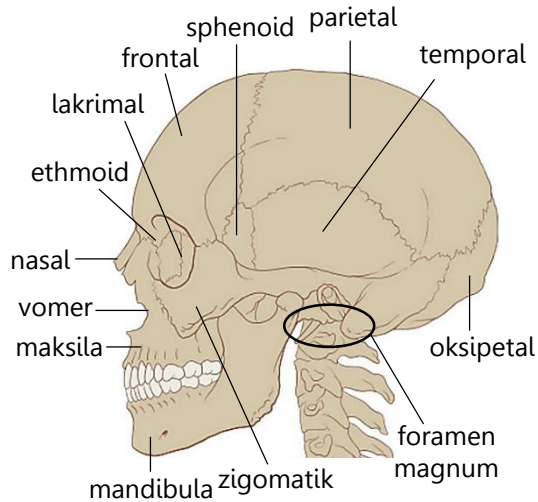
- 🔪 **Gangguan pada sendi** antara lain:

- 1) **Dislokasi**, pergeseran sendi akibat sobeknya ligamen.
- 2) **Ankilosis**, persendian tidak dapat digerakkan karena seperti menyatu dengan tulang.
- 3) **Arthritis**, peradangan pada sendi akibat:
 - a. **Osteoarthritis** (penipisan tulang rawan)
 - b. **Arthritis eksudatif** (kuman)
 - c. **Arthritis sika** (kekurangan minyak sinovial)
 - d. **Arthritis rheumatoid** (penumpukan asam amino purin/asam urat)

- 🔪 **Gangguan pada otot** antara lain:

- 1) **Atrofi**, penurunan fungsi otot karena mengecil, sehingga tidak dapat berkontraksi.
- 2) **Hipertrofi**, pertumbuhan dan perkembangan otot yang berlebihan sehingga diameter serabut-serabut otot membesar.
- 3) **Tetanus**, terjadi akibat serangan bakteri *Clostridium tetanii*, yang menyebabkan otot terus-menerus berkontraksi.
- 4) **Miastenia gravis**, melemah dan lumpuhnya otot akibat gangguan sistem imun.



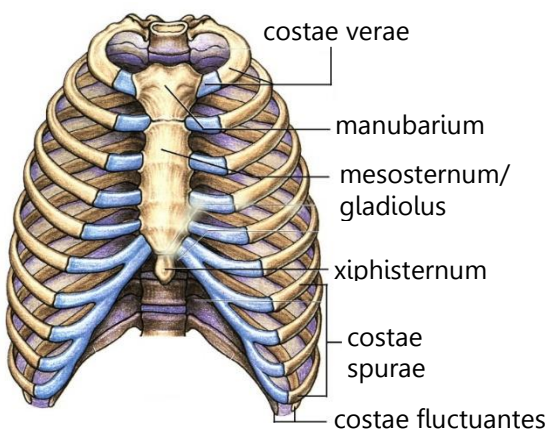
TENGKORAK (22 TULANG)**Tempurung kepala (kranium) [8]**

Nama Latin	Nama trivial	Jumlah
Frontal	dahi	1
Parietal	ubun-ubun	2
Oksipetal	kepala belakang	1
Temporal	pelipis	2
Sphenoid	baji	1
Ethmoid	tapis	1

Terdapat **foramen magnum** yang merupakan tempat masuk keluarnya pembuluh darah dan saraf dari sumsum tulang belakang.

Wajah [14]

Nama Latin	Nama trivial	Jumlah
Maksila	rahang atas	2
Mandibula	rahang bawah	1
Zigomatik	pipi	2
Lakrimal	air mata	2
Nasal	hidung	2
Vomer	rongga hidung	1
Palatina	langit-langit mulut	2
Nasal konka inferior	-	2

SANGKAR DADA (25 TULANG)**Tulang dada (sternum) [1]**

Nama Latin	Nama trivial	Jumlah
Manubrium	hulu	1 (satu kesatuan)
Mesosternum /gladiolus	dada tengah	
Xiphisternum /processus xifoid	taju pedang	

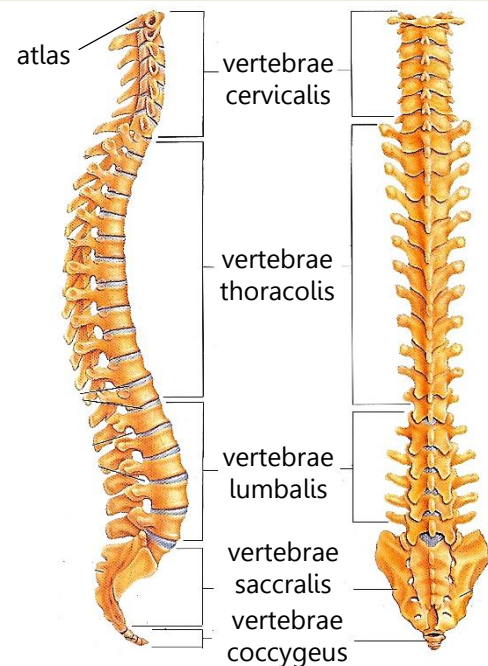
Tulang rusuk/iga (costae) [24]

Nama Latin	Nama trivial	Jumlah
Costae verae	rusuk sejati	7 x 2
Costae spurae	rusuk palsu	3 x 2
Costae fluctuantes	rusuk melayang	2 x 2

Tulang rusuk sejati masing-masing menempel pada satu ruas tulang belakang 1-7 dan tulang dada.

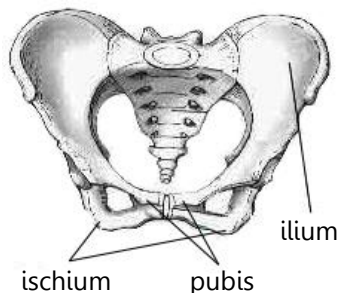
Tulang rusuk palsu masing-masing menempel pada satu ruas tulang belakang 8-10 dan menumpang pada tulang rusuk sejati 7.

Tulang rusuk melayang masing-masing menempel pada satu ruas tulang belakang 11-12 dan tidak menempel pada tulang dada.

RUAS TULANG BELAKANG (26 TULANG)

Nama Latin	Nama trivial	Ruas	Jumlah
Vertebrae cervicalis	leher	7	7
Vertebrae thoracalis	punggung	12	12
Vertebrae lumbalis	pinggang	5	5
Vertebrae sacralis	kelangkang	5	1
Vertebrae coccygeus	ekor	4	1

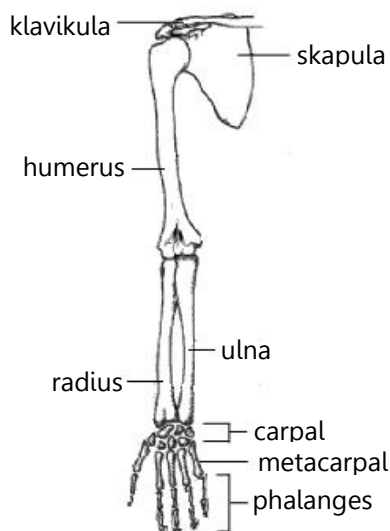
Tulang atlas adalah tulang pertama yang berhubungan dengan **tengkorak**.

GELANG PANGGUL (1 TULANG)

Nama Latin	Nama trivial	Jumlah	
Ilium	tulang usus	2	1 (satu kesatuan)
Pubis	tulang kemaluan	2	
Ischium	tulang duduk	2	

Gelang panggul berhubungan dengan **tulang kelangkang** dan **tulang ekor**. Oleh karena itu, tulang kelangkang dan tulang ekor juga termasuk gelang panggul.

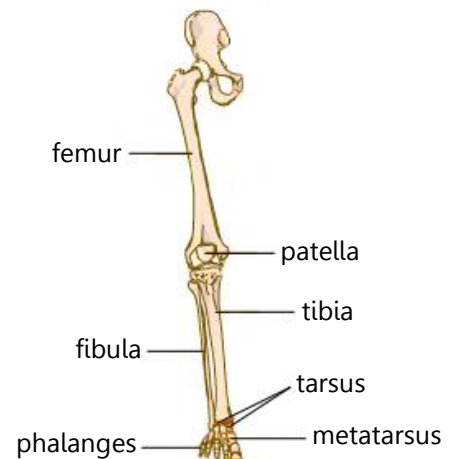
Di antara dua tulang pubis, terdapat *pubic simfisis* yang dapat meregang pada wanita ketika melahirkan.

ANGGOTA GERAK ATAS (64 TULANG)

Nama Latin	Nama trivial	Jumlah
Skapula	belikat	2 x 1
Klavikula	selangka	2 x 1
Humerus	lengan atas	2 x 1
Radius	pengumpil	2 x 1
Ulna	hasta	2 x 1
Carpal	pergelangan tangan	2 x 8
Metacarpal	telapak tangan	2 x 5
Phalanges	ruas jari	2 x 14

Tulang selangka berhubungan dengan tulang dada.

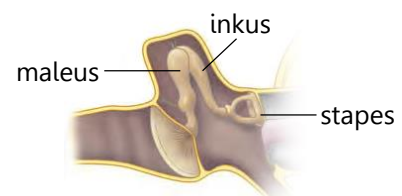
Tulang pengumpil adalah tulang yang posisinya segaris dengan ibu jari, dan **tulang hasta** adalah tulang yang posisinya segaris dengan jari kelingking.

ANGGOTA GERAK BAWAH (62 TULANG)

Nama Latin	Nama trivial	Jumlah
Femur	paha	2 x 1
Patella	tempurung lutut	2 x 1
Tibia	tulang kering	2 x 1
Fibula	tulang betis	2 x 1
Tarsus	pergelangan kaki	2 x 7
Metatarsus	telapak kaki	2 x 5
Phalanges	ruas jari	2 x 14

Tulang paha berhubungan dengan **asetabulum**, yaitu bagian dari gelang panggul.

Tulang kering berukuran lebih besar dari **tulang betis**, dan letak tulang kering lebih depan daripada tulang betis.

TULANG PENDENGARAN (6 TULANG)

Nama Latin	Nama trivial	Jumlah
Maleus	martil	2 x 1
Inkus	landasan	2 x 1
Stapes	sanggurdi	2 x 1

Tulang pendengaran berfungsi menyampaikan getaran suara dari gendang telinga menuju koklea.