



**MODUL ANATOMI FISILOGI
(RMK140)**

**MODUL SESI 6
ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM MUSKULOSKELETAL
ORGAN TULANG**

Universitas
Esa Unggul

**DISUSUN OLEH
dr.Noor Yulia .,M.M**

**UNIVERSITAS ESA UNGGUL
2020**

ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM MUSKULOSKELETAL

ORGAN TULANG

A. Kemampuan Akhir Yang Diharapkan

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan mahasiswa mampu :

1. Memahami dan dapat menguraikan anatomi dan fisiologi sistem muskulo skeletal (skeletal)
2. Memahami dan dapat menguraikan struktur tulang, tulang rawan dan mekanisme pembentukan tulang

B. Uraian dan Contoh

Muskuloskeletal terdiri dari kata : Muskulo : otot dan Skeletal : tulang. Muskulo/muskular adalah jaringan otot- otot tubuh, Ilmu yang mempelajari otot – otot tubuh disebut **Myologi**. Skeletal atau osteo adalah tulang kerangka, Ilmu yang mempelajari tulang kerangka tubuh disebut **Osteologi**. **Otot (muscle)** adalah jaringan tubuh yang berfungsi mengubah energi kimia menjadi kerja mekanik , sebagai respons tubuh terhadap perubahan lingkungan. **Rangka (skeletal)** terdiri dari tulang, tulang rawan (kartilago) dan sendi, tempat menempelnya otot dan memungkinkan tubuh untuk mempertahankan sikap dan posisi Otot rangka dan tulang secara bersama-sama menunjang dan menggerakkan tubuh Tulang melindungi organ internal dan digerakkan oleh otot, sedangkan Otot bertanggung jawab menimbulkan tonus vaskular, kontraksi usus ,fungsi genitourinaria, dan denyut jantung

Sistim Muskuloskeletal(Kerangka dan otot)

Rangka manusia dibentuk dari tulang tunggal atau gabungan (seperti tengkorak) yang ditunjang oleh struktur lain seperti ligamen, tendon, otot, dan organ lainnya.

Sistem kerangka: meliputi tulang, tulang rawan, membran dan sendi. sistem kerangka terbentuk dari kira-kira 206 buah tulang yang saling berhubungan, kerangka berfungsi sebagai :menyokong tubuh & melindungi organ tubuh yang halus seperti otak, jantung dan paru-paru. tempat melekat otot yang memungkinkan tulang untuk bergerak . membentuk Eritrosit dan Lekosit dalam sumsum tulang. menyimpan cadangan Ca dan P

Sistem otot : Sistem otot terdiri dari 3 macam tipe otot yaitu : **otot skeletal, otot polos & otot jantung.** meliputi *tendon, jaringan fibrous* yang menunjang otot untuk melekat pada tulang & *saraf motoris* yang merangsang kontraksi otot. Sistem ototlah yang memungkinkan terjadinya pergerakan, mempertahankan posisi, membantu pergerakan darah, makanan dan urin, dan memproduksi panas tubuh

SISTIM GERAK

Diperlukan untuk menggerakkan bagian tubuh .Baik gerakan tubuh tanpa perpindahan tubuh maupun untuk gerakan yang mengakibatkan perpindahan tubuh dari tempatnya

Didalam sistim gerak dibedakan :

- Alat gerak Aktif : terdiri atas susunan jaringan otot
- Alat gerak Pasif : Yaitu rangka tubuh

Tulang membentuk formasi endoskeleton yang kaku dan kuat dimana otot-otot skeletal menempel sehingga memungkinkan terjadinya pergerakan. Tulang juga berperan dalam penyimpanan dan homeostasis kalsium. Kebanyakan tulang memiliki lapisan luar tulang kompak yang kaku dan padat. Permukaan luar dan dalam tulang ditutupi oleh lapisan sel-sel pembentuk tulang dan jaringan ikat yang disebut periosteum dan endosteum.

1. **Periosteum** terdiri atas lapisan luar yaitu serat-serat kolagen dan fibroblas. Berkas serat-serat periosteum, disebut **serat Sharpey**, yang menerobos matriks tulang, melekatkan

periosteum pada tulang. Lapis dalam yang lebih seluler dari periosteum terdiri atas sel-sel gepeng dengan potensi membelah melalui mitosis dan berdeferensiasi menjadi osteoblas.

2. **Endosteum** melapisi semua permukaan rongga di dalam tulang dan terdiri atas selapis sel osteoprogenitor gepeng dan sedikit sekali jaringan ikat.

Fungsi utama periosteum dan endosteum adalah nutrisi jaringan tulang dan persediaan secara tetap osteoblas baru untuk keperluan perbaikan atau pertumbuhan tulang.

Tulang dapat dibentuk dalam dua cara: melalui mineralisasi langsung pada matriks yang disekresi oleh osteoblas (osifikasi intra membran osa) atau melalui penimbunan matriks tulang pada matriks tulang rawan sebelumnya (osifikasi endokondral).

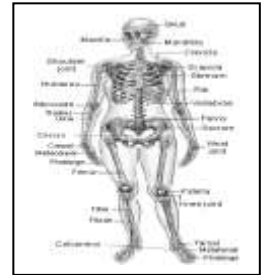
SISTIM RANGKA

Tersusun dari :

- Tulang Tengkorak
- Tulang badan
- Tulang – tulang anggota gerak

Berfungsi untuk:

- penegak dan pembentuk tubuh ,
- tempat melekatnya otot,
- pelindung alat- alat tubuh seperti Otak, paru-paru, jantung



Fungsi Tulang Secara Umum:

- **Sebagai formasi kerangka** (tulang memberi topangan dengan membentuk rangka tubuh, menentukan bentuk dan ukuran tubuh)
- **Pergerakan** (tempat melekatnya otot untuk berbagai aktivitas pergerakan tubuh)
- **Perlindungan** (melindungi organ-organ yang lunak dalam tubuh seperti otak, jantung dan paru)
- **Hematopoiesis** (tempat pembentukan sel darah khususnya sel darah merah yang terjadi pada sumsum tulang merah)
- **Tempat penyimpanan mineral** yaitu kalsium (Ca), mangan (Mn) dan fosfor(P)

JENIS TULANG

Tulang manusia tersusun dari : tulang rawan (kartilago) dan tulang sejati/tulang keras (osteon) Secara fisik kedua tulang ini berbeda Tulang rawan bersifat lentur dan berwarna lebih terang. Tulang sejati bersifat tidak lentur dan berwarna lebih gelap

Komposisi jaringan tulang

Tulang terdiri dari sel & matriks ekstraseluler. Sel-sel tulang : *osteosit*, *osteoblas*, *osteoklas*, matriks tulang: serat kolagen organik, garam-garam anorganik tulang (hidroksiapatit). Jenis tulang berdasarkan porositasnya.berupa tulang kompak dan tulang cancellus/tulang trabecular. Rangka manusia dibentuk dari tulang tunggal atau gabungan (seperti tengkorak) yang ditunjang oleh struktur lain seperti ligamen, tendon, otot, dan organ lainnya. Rata-rata manusia dewasa memiliki 206 tulang, jumlah ini dapat bervariasi antara individu. ada **206** tulang pada tubuh : tulang kepala/tengkorak ada **8** tulang, tulang wajah ada **14** tulang, tulang telinga dalam ada **6** tulang, tulang lidah ada **1** tulang, tulang dada ada **25** tulang, tulang belakang dan gelang panggul ada **26** tulang, tulang anggota gerak atas ada **64** tulang, tulang anggota gerak bawah ada **62** tulang

Jaringan tulang berdasarkan bahan pembentuk dan jenisnya dibedakan :

1. Jaringan tulang rawan (cartilago), terdiri dari Tulang rawan Hyalin, Tulang rawan Fibrosa dan Tulang rawan elastis

2. Tulang keras (Osteon) terdiri dari Tulang spons : Tulang pipih . Tulang pendek , Tulang kompak: Tulang pipa

TULANG RAWAN (KARTILAGO)

Terbuat dari bahan yang padat , bening dan putih kebiru-biruan , sangat kuat tetapi kurang kuat dibanding kan dengan tulang. bersifat lentur (**elastis**), tersusun atas sel-sel tulang rawan yang disebut **kondrosit** yang mensekresikan matriks (**kondrin**) berupa hialin atau kolagen. kondrosit yang matang dibentuk dari sel – sel tulang rawan muda yang disebut **Kondroblas**. Mula – mula tulang embrio adalah tulang rawan , Kemudian hanya pusat – pusat yang masih tumbuh saja yang dipertahankan sebagai tulang rawan , Pada dewasa tulang rawan hanya dijumpai sebagai penutup ujung – ujung tulang , pada sendi dan diantara 2 tulang pada ujung tulang rusuk, laring, trakea, bronkus, hidung, telinga, antara ruas-ruas tulang belakang permukaan persendian

Tulang rawan diselubungi oleh selaput yang disebut **perikondrium** Kondrosit merupakan sel –sel bulat besar dengan sebuah nukleus bening dan 2 atau lebih **nukleolus** (anak inti sel)

Kondrosit terdapat dalam ruang–ruang didalam tulang rawan yang disebut **lakuna**, Dinding lakuna menebal membentuk **kapsul rawan** , suatu ruang yang bening diantara kapsul dan dinding sel. Didalam suatu lakuna pada umumnya terdapat 2 buah sel tulang rawan,namun kadang 2, 3, 4 atau lebih .kumpulan sel–sel seperti ini disebut sarang–sarang sel atau **sel-sel isogenik**, merupakan sel – sel dari turunan 1 sel kondroblast tunggal.

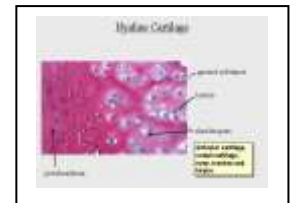
Proses perubahan tulang rawan menjadi tulang keras disebut proses osifikasi.

TULANG RAWAN/CARTILAGO

Ada 3 jenis utama tulang rawan yang memperlihatkan ciri–cirinya yang khas yaitu ulet , lentur dan kokoh : Tulang rawan Hialin, Tulang rawan Fibrosa/serat. Tulang rawan elastin / elastik

1. Tulang rawan Hialin

Terdiri atas serabut kolagen dan ulet, berwarna putih kebiru–biruan, Kuat dan elastis disusun dalam kelompok – kelompok kecil didalam matriks yang kuat. dijumpai menutupi ujung tulang pipa sebagai tulang rawan sendi, tulang rawan iga dan tulang–tulang rawan pada saluran pernafasan seperti tulang rawan hidung , laring , trakhea dan pada bronkus supaya tetap terbuka, Juga membentuk tulang rawan sementara akan menjadi tulang pada semua rangka janin. tulang rawan hialin bertugas sebagai penyangga sementara untuk mendukung jaringan lainnya sampai terbentuk tulang



2. Tulang rawan Fibrosa

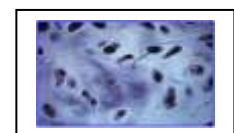
Terbentuk oleh berkas – **berkas serabut** dengan tulang rawan tersusun diantara berkas serabut itu. Berwarna buram keputihan dan bersifat keras. Jumlah selnya lebih sedikit dan berdiri sendiri atau mengelompok. Dijumpai di tempat yang memerlukan kekuatan besar.



Tulang rawan fibrosa terdapat dalam rongga dari cawan – cawan tulang seperti : asetabulum (cawan) dari tulang coxae (tulang panggul) dan rongga glenoid dari skapula. juga membentuk tulang rawan interartikuler seperti pada tulang rawan semilunar pada lutut , tulang penghubung pada diskus intervertebralis tulang belakang dan bantalan tulang rawan pada simfisis pubis

3. Tulang rawan Elastin/ elastik

Sering disebut tulang rawan elastik kuning. mengandung sejumlah besar serabut elastik berwarna buram kekuningan. Bersifat fleksibel dan elastik.



Sel-sel sama dengan sel-sel tulang rasan hyalin. dapat berdiri sendiri atau berkelompok. Terdapat pada daun telinga, epiglotis dan tabung eustakhius (faringotimpanik). Bila ditekan atau dibengkokkan terasa lentur dan cepat kembali ke bentuk semula

TULANG KERAS/ TULANG SEJATI (OSTEON)

Dibentuk oleh sel pembentuk tulang yang sangat kompak pada permukaannya (*osteoblas*) . banyak mengandung matriks yang terdiri dari zat kapur (senyawa kalsium dan fosfat) yang mengakibatkan tulang menjadi keras **kalsium karbonat (CaCO₃)** dan **kalsium fosfat (Ca(PO₄)₂)** yang dibawa oleh darah. Sel-sel tulang merupakan sel-sel penyusun jaringan ikat khusus yang berasal dari sel-sel mesenkhim banyak terdapat karena adanya peningkatan suplai darah dan membentuk calon sel-sel tulang (osteogenik atau osteoprogenitor)

Tulang keras/sejati (osteon) tersusun atas sel tulang sejati (osteosit) dan matriks. **Osteoblas** merupakan sel-sel tulang muda. **Osteosit** merupakan sel-sel tulang matang pembentuk tulang. Osteosit dibentuk oleh osteoblas. **Osteoklas** merupakan sel-sel besar berinti banyak dan berfungsi untuk memindahkan matriks dari tulang lama dan menyisakan ruang untuk pembentukan tulang baru. Tulang lama senantiasa mengalami proses daur ulang materi untuk pembentukan tulang (**resorpsi**). dalam tulang keras terdapat saluran *havers* yang didalamnya terdapat pembuluh darah yang berfungsi mengatur kehidupan sel tulang. Tulang rawan dan tulang sejati merupakan jaringan ikat khusus yang mengandung sel-sel yang berasal dari **mesoderm** atau mesenkhim (jaringan ikat embrional) dan dikelilingi oleh suatu matriks yang diekskresi oleh sel dari jaringan ikat itu sendiri

Komposisi jaringan tulang

tulang terdiri dari sel & matriks ekstraseluler.

- Sel-sel tulang : *osteosit, osteoblas, osteoklas*
- matriks tulang: serat kolagen organik, garam-garam anorganik tulang (hidroksiapatit)

jenis tulang berdasarkan porositasnya :

- tulang kompak,
- tulang cancellus/tulang trabekular

Matriks mempunyai 2 komponen utama :

- Substansi dasar yang tak berbentuk
- Substansi berbentuk serat – serat

Jenis-jenis matriks penyusun tulang yaitu :

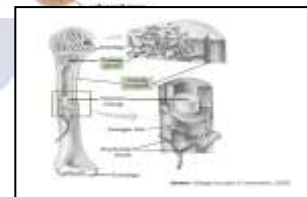
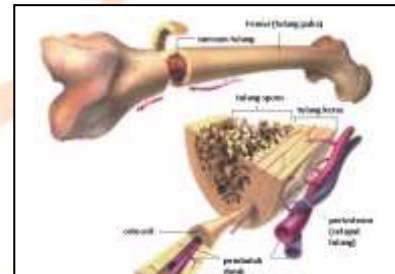
- Semen : tersusun oleh senyawa karbohidrat
- Kolagen : berbentuk serabut mengikat sel tulang
- Mineral : menentukan kelenturan tulang

Klasifikasi Tulang berdasarkan matriksnya

1. **Tulang Kompak** : Padat, halus dan homogen, pada bagian tengah, terdapat medullary cavity yang mengandung 'yellow bone marrow'. Tersusun atas unit Osteon → Haversian System, Pada pusat osteon mengandung saluran (Haversian Kanal) tempat pembuluh darah dan saraf yang dikelilingi oleh lapisan konsentrik (lamellae).
2. **Tulang Spongiosa** : Tersusun atas "honeycomb" network yang disebut trabekula , Rongga antara trabekula terisi "red bone marrow" yang mengandung pembuluh darah yang memberi nutrisi pada tulang. Struktur tersebut menyebabkan tulang dapat menahan tekanan ,

Struktur Kasar Tulang Pipa

Tulang terdiri atas 2 jenis jaringan :Jaringan kompak (padat) dan Jaringan

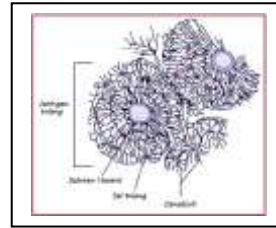


seperti spons. Jaringan kompak tulang jaringan keras & padat. dijumpai dalam tulang pipih dan tulang pipa sebagai lapisan tipis penutup semua tulang. Jaringan tulang berbentuk jala mempunyai struktur seperti spons dijumpai terutama pada ujung tulang pipa,

Struktur halus tulang

Satu sistim Havers yang lengkap terdiri dari:

- **Saluran Havers** (berisi serat saraf ,
- pembuluh darah dan saluran limfe),
- **Lamela** : tersusun konsentris,
- **Lakuna** : mengandung sel tulang dan



• **Kanalikuli** : memancar diantara lakuna dan menggandengkannya dengan saluran Havers Daerah diantara sistim – sistim Havers terdiri atas lamela interstitial. Lamela dalam jaringan bentuk jala tersusun kurang teratur dan tidak mempunyai saluran Havers. Pembuluh darah bercabang – cabang dalam ruang interstitial yang berisi sumsum untuk memberi persediaan darah kepada pembuluh darah yang lebih halus

Bentuk tulang

Secara histologis merupakan jaringan ikat yang khusus dimana matriks tulang disusun oleh garam organik yang dimineralisasi terutama kalsium fosfat. Jaringan tulang mempunyai suatu sistim kanal (saluran) suplai darah melalui saluran ini untuk masing-masing sel tulang dapat tercukupi. Tulang mempunyai corak pertumbuhan yang khusus dan mempunyai daya regenerasi yang besar, karena itu jika cedera atau infeksi tulang akan terjadi penyembuhan

Klasifikasi Tulang berdasarkan Bentuknya

1. **Tulang panjang/ tulang pipa**, contoh: humerus, femur, radius, ulna
2. **Tulang pendek**, contoh: tulang pergelangan tangan dan tulang pergelangan kaki
3. **Tulang pipih**, contoh: tulang tengkorak kepala, tulang rusuk dan sternum
4. **Tulang tidak beraturan**, ireguler contoh: vertebra, tulang muka, pelvis
5. **Tulang sesamoid** contoh : patela

Tulang Pipa / tulang panjang

Tulang pipa merupakan tulang berbentuk silindris (diafise) dengan rongga ditengahnya dengan bagian sebagai berikut :

1. **Epifise**: bagian ujung tulang yang terdiri atas tulang rawan.
2. **Diafise**: bagian tengah yang memanjang dan di pusatnya terdapat rongga berisi sumsum tulang. Rongga ini terbentuk karena aktivitas osteoblas atau perombak sel-sel tulang.
3. **Metafise : Cakraepifise**: bagian sempit di antara epifise dan diafise. Bagian ini terdiri atas tulang rawan yang kaya osteoblas dan mempunyai kemampuan untuk tumbuh memanjang. Pada orang dewasa yang tidak tumbuh meninggi lagi, bagian ini sudah menulang semua. misal : tulang paha, tulang betis, tulang hasta



- Sumsum tulang merupakan kumpulan pembuluh darah dan pembuluh saraf.
- Sumsum tulang pipa berupa sumsum tulang merah berfungsi sebagai tempat pembentukan sel darah merah,
- Sumsum tulang kuning yang merupakan tempat pembentukan sel-sel lemak ,

Tulang pendek

Contoh pada tulang –tulang karpalia ditangan dan tarsalia dikaki . Tulang–tulang itu sebagian besar terbuat dari jaringan tulang jarang karena memerlukan sifat yang ringan dan kuat.

Tulang–tulang ini diselubungi oleh jaringan padat tipis. Karena kuatnya tulang pendek mampu mendukung .seperti tampak pada pergelangan tangan

Tulang pipih

Terdiri atas dua lapisan jaringan tulang keras dengan ditengahnya lapisan tulang seperti spons. dijumpai ditempat yang memerlukan perlindungan, seperti pada tulang tengkorak, tulang inominata, tulang panggul atau coksae, iga–iga dan skapula (tulang belikat)



Tulang pipih menyediakan permukaan luas untuk kaitan otot – otot , misal nya skapula

Tulang tak beraturan

Tulang tak beraturan tidak dapat termasuk dalam salah satu dari ke 3 kelas sebelumnya

Contoh tulang tak beraturan : Vertebra. Tulang wajah



Tulang sesamoid

Tulang ini berkembang dalam tendon otot – otot dan dijumpai dekat sendi Contoh : patela



Perkembangan dan pertumbuhan tulang

Tulang merupakan struktur tubuh yang mengalami proses penyerapan dan pembentukan secara terus menerus dan seimbang. Proses pembentukan tulang pada masa anak-anak dan remaja lebih banyak terjadi dibandingkan proses penyerapan tulang sehingga massa atau kepadatan tulang semakin lama semakin meningkat. Sebaliknya jika penyerapan tulang lebih banyak dibanding proses pembentukannya maka akan terjadi **osteoporosis**. Puncak pertumbuhan tercapai pada usia 30 tahun dan mulai berkurang 0,4% pertahun .

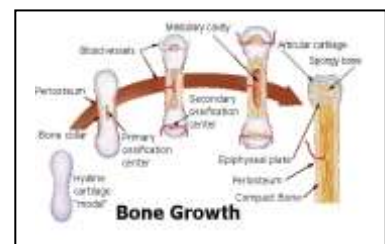
Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tulang

1. **Hereditas (genetic)** , secara umum bergantung pada orang tua
2. **Factor nutrisi** : makanan mengandung kalsium, fosfat, protein, vitamin A, C, D.
3. **Factor endokrin** :
 - a. **sekresi dari Hormone paratiroid (PTH)** : Merangsang osteoklas, reapsobsi tulang dan melepas kalsium ke dalam darah, Merangsang absorpsi kalsium dan fosfat dari usus , Meresorbsi kalsium dari tubulus renalis.
 - b. **Tiokalsitonin**, : hormone yang dihasilkan dari sel-sel parafolikuler dari kelenjar tiroid, cara kerjanya menghambat resorpsi tulang
 - c. **Tioksin** : bertanggung jawab untuk pertumbuhan tulang yang layak, remodeling tulang dan kematangan tulang
 - d. **Hormone pertumbuhan (growth hormon)** di hasilkan oleh hipofise anterior, penting untuk berproliferasi (bertambah banyak) secara normal dari rawan epifisealis untuk memelihara tinggi badan normal .
4. **Factor perdarahan** : Gangguan suplai darah mengakibatkan penipisan tulang seperti yang terlihat pada kelainan poliomyelitis
5. **Factor mekanis** : Kekuatan dan arah dari tuberkula tulang ditentukan oleh gaya-gaya mekanis yang bekerja padanya.
6. **Penyakit** mempunyai pengaruh yang kurang baik

OSSIFIKASI TULANG

Perkembangan tulang = osteogenesis = ossifikasi.

Proses perubahan tulang rawan menjadi tulang keras, terdiri dari ossifikasi intramembranosa dan ossifikasi endokondral



Perkembangan dan pertumbuhan tulang :

Tulang berkembang dari tulang rawan maupun dari membran yang tersusun dari serabut jaringan ikat. Tulang pipih berkembang menjadi tulang dari membran dinamakan **tulang membran**. Tulang pipa berkembang dari tulang rawan disebut **tulang kartilago**

Tulang dapat dibentuk dalam dua cara:

- **osifikasi intra membranosa : osteogenesis desmialis** melalui mineralisasi langsung pada matriks yang disekresi oleh osteoblas, menyebabkan jaringan pendukung kolagen primitive diganti oleh tulang
- **osifikasi endokondral** : melalui penimbunan matriks tulang pada matriks tulang rawan sebelumnya. jaringan kartilago akan diganti menjadi jaringan tulang

Hasil kedua proses osteogenesis tersebut adalah anyaman tulang yang akan mengalami remodeling oleh proses resorpsi dan aposisi untuk membentuk tulang dewasa yang tersusun dari lamella tulang. resorpsi dan deposisi tulang terjadi pada rasio yang jauh lebih kecil untuk mengakomodasi perubahan yang terjadi karena fungsi dan mempengaruhi homeostasis kalsium. Perkembangan tulang ini diatur oleh hormone pertumbuhan (growth hormon = GH) , hormone tyroid, dan hormone sex.

Jaringan tulang juga terdiri atas unsur-unsur : sel, (osteoblas, osteosit, osteoklas dan osteo genitor), substansi dasar (matrix tulang) dan komponen fibriler

a. Bone cell:

Tulang adalah jaringan ikat khusus yang terdiri atas materi intersel yang mengapur, yaitu **matriks tulang** dan 3 jenis sel:

- **Osteosit**, (Osteon=tulang,+ kytos = sel) terdapat dalam rongga (**lakuna**) di dalam matriks.
- **Osteoblas**,(Osteon=tulang,+ blastos = benih) membentuk komponen organik dari matriks.
- **Osteoklas**, (Osteon,+ klastos = pecah) merupakan sel raksasa berinti banyak yang berperan pada resorpsi dan pembentukan kembali jaringan tulang.
- **Sel Osteoprogenitor** merupakan sel mesenchimal primitive yang menghasilkan :
 - a. **osteoblast** selama pertumbuhan tulang : sel ini membelah diri dan menghasilkan sel osteoblas yang akan membentuk tulang selama pertumbuhan tulang
 - b. **osteosit** pada permukaan dalam jaringan tulang. pada permukaan dalam dari jaringan tulang tempat terjadinya pengikisan jaringan tulang, sel-sel osteogenik menghasilkan osteoklas
 - c. berdiferensiasi menjadi **khondroblas** selanjutnya menjadi sel cartilago

b. Substansi Dasar (Matriks Tulang)

Tersusun dari : serat-serat kolagen organik yang tertanam pada substansi dasar.:terdiri dari kodroitin sulfat dan asam hialuronat yang bersenyawa dengan protein Garam-garam tulang anorganik seperti forfor dan kalsium: Garam-garam tulang berada dalam bentuk kristal kalsium fosfat yang disebut hidroksiapatit.Tersusun dari : Materi garam anorganik 50%-60% berat kering matriks tulang. Kalsium fosfat sangat banyak, [85%], namun kalsium karbonat, [10%], sitrat, magnesium, klorida, kalsium Fluorida magnesium fluorida dan natrium juga ada namun lebih sedikit Materi organik 95% serat serat kolagen tipe I dan substansi dasar amorf, yang mengandung proteoglikan.Rangka mengandung 99% kalsium tubuh. Kalsium dan fosfor disimpan dalam tulang agar bisa ditarik kembali saat diperlukan dan dipakai untuk menjalankan fungsi – fungsi tubuh

Struktur tulang dan pertumbuhannya

Tulang adalah jaringan yang paling keras di antara jaringan ikat lainnya pada tubuh.Terdiri atas: 40-50% air, Selebihnya merupakan bagian padat terdiri atas berbagai bahan mineral dimana 67%-70% terutama garam an organik (calsium), 30-33% bahan seluler Kolagen

diproduksi oleh sel-sel osteoblas, mineral dimasukkan dalam kolagen untuk memproduksi tulang dan Struktur kolagen tulang berbeda dengan pada bagian lain pada tubuh, Kolagen yang dimiliki oleh tulang adalah kurang lebih setengah dari total kolagen tubuh

c. **Komponen fibriler**

Kolagen yang dimiliki tulang adalah sekitar setengah dari total kolagen tubuh. Hampir seluruhnya adalah fiber tipe I. Ruang pada struktur disebut hole zones, merupakan tempat deposit mineral. Kontribusi substansi dasar proteoglycan pada tulang memiliki proporsi yang jauh lebih kecil dibandingkan pada kartilago, terutama terdiri atas chondroitin sulphate dan asam hyaluronic. Substansi dasar mengontrol kandungan air dalam tulang, dan kemungkinan terlibat dalam pengaturan pembentukan fiber kolagen. Materi organik non kolagen terdiri dari osteocalcin (Osla protein) yang terlibat dalam pengikatan kalsium selama proses mineralisasi, Osteonectin berfungsi sebagai jembatan antara kolagen dan komponen mineral, sialoprotein (kaya akan asam salisilat) dan beberapa protein.

Matriks anorganik merupakan bahan mineral yang sebagian besar terdiri dari kalsium dan fosfat dalam bentuk kristal-kristal hydroxyapatite. Kristal-kristal tersebut tersusun sepanjang serabut kolagen. Bahan mineral lain : ion sitrat, karbonat, magnesium, natrium, dan potassium. Kekerasan tulang tergantung dari kadar bahan anorganik dalam matriks, kekuatannya tergantung dari bahan-bahan organik khususnya serabut kolagen

MEKANISME KALSIFIKASI DAN RESORPSI TULANG

Kalsifikasi dalam tulang tidak terlepas dari proses metabolisme kalsium dan fosfat (Bahan-bahan mineral yang akan diendapkan) dalam aliran darah. Kenaikan kadar ion kalsium dan fosfat setempat sekitar osteoblast dan khondrosit hipertrofi disebabkan sekresi alkali fosfatase yang akan melepaskan fosfat dari senyawa organik yang ada di sekitarnya. Serabut kolagen yang ada di sekitar osteoblast merupakan inti pengendapan, sehingga kristal-kristal kalsium akan tersusun sepanjang serabut. Osteoblas berperan dalam mensekresikan enzim alkali fosfatase. Resorpsi tulang sama pentingnya dengan proses kalsifikasinya, karena tulang akan dapat tumbuh membesar dengan cara menambah jaringan tulang baru dari permukaan luarnya yang dibarengi dengan pengikisan tulang dari permukaan dalamnya. Resorpsi tulang sangat erat hubungannya dengan sel-sel osteoklas, mencakup pembersihan garam mineral dan matriks organik yang kebanyakan merupakan kolagen.

Terdapat 3 kemungkinan resorpsi tersebut : osteoklas bertindak primer dengan cara melepaskan mineral yang disusul dengan depolimerisasi molekul-molekul organik, osteoklas menyebabkan depolimerisasi mukopolisakarida dan glikoprotein sehingga garam mineral yang melekat menjadi bebas, sel osteoklas berpengaruh kepada serabut kolagen menyediakan suasana setempat yang cukup asam pada permukaan kasarnya.

Penuaan pada sistim tulang

Menua = menjadi tua atau suatu proses menghilangnya secara perlahan-lahan kemampuan jaringan untuk memperbaiki diri atau mengganti diri dan mempertahankan struktur dan fungsi normalnya sehingga tidak dapat bertahan terhadap Jejas (termasuk infeksi) dan memperbaiki kerusakan yang diderita pada dasarnya pada proses penuaan akan terjadi perubahan-perubahan anatomis pada organ-organ tubuh. Perubahan pada sistem muskuloskeletal terjadi pada jaringan penghubung (kolagen dan elastin), kartilago, tulang dan otot yang menimbulkan dampak berupa penurunan kemampuan untuk melakukan aktivitas sehari-hari

SISTEM KERANGKA

Kerangka tubuh manusia terdiri dari susunan berbagai macam tulang yang satu sama lainnya saling berhubungan, menyusun poros tubuh dan memberikan dukungan dan perlindungan pada organ di kepala, leher dan badan

terdiri dari:

1. **Axial / rangka aksial= sumbu tubuh** , terdiri dari :
 - tengkorak kepala / cranium dan tulang-tulang muka
 - columna vertebralis / batang tulang belakang
 - costae / tulang-tulang rusuk
 - sternum / tulang dada
2. **Appendicular / rangka tambahan = anggota tubuh**,terdiri dari :
 - tulang extremitas superior , korset pectoralis, terdiri dari scapula (tulang berbentuk segitiga) dan clavícula (tulang berbentuk lengkung).
 - lengan atas, mulai dari bahu sampai ke siku , lengan bawah, mulai dari siku sampai pergelangan tangan, tangan
 - tulang extremitas inferior: korset pelvis, paha, tungkai bawah , kaki.

Tulang paling tidak memiliki 9 fungsi vital dalam tubuh

1. Formasi bentuk tubuh : tulang menyusun rangka tubuh menentu kan bentuk dan ukuran tubuh.
2. Formasi sendi-sendi : tulang berdekatan membentuk persendian yang bergerak, tidak bergerak, sedikit gerakan tergantung fungsional tubuh.
3. Perlekatan otot-otot : tempat melekat otot
4. Bekerja sebagai pengungkit : untuk bermacam aktifitas selama pergerakan
5. Penyokong dan penyebaran berat badan serta daya tahan untuk menghadapi pengaruh tekanan dan mekanis : memelihara sikap tubuh tertentu , misal tegak,
6. Proteksi : tulang membentuk rongga untuk melindungi organ halus
7. Hemopoesis : sum-sum tulang tempat pembentukan sel darah
8. Fungsi imunologis: sel imunitas dibentuk didalam sumsum tulang, misal pembentukan limfosit B yang akan membentuk antibodi untuk sistim kekebalan tubuh.
9. Penyimpanan kalsium : tulang mengandung kalsium yang akan dilepas kearah bila tubuh membutuhkannya

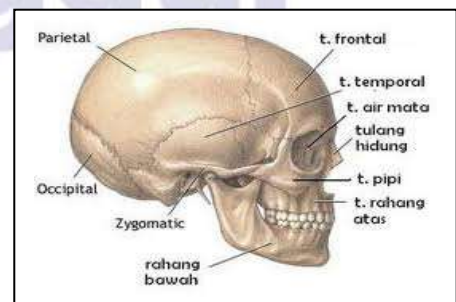
TULANG TENGGORAK

Tengkorak dibentuk oleh beberapa tulang yang bentuknya melengkung dimana tulang-tulang saling berhubungan satu sama lain. Terdiri atas dua bagian yaitu

- tengkorak otak = Tulang tempurung kepala (kranium)
- tengkorak wajah = Tulang wajah

Berfungsi antara lain : melindungi otak, Melindungi organ pendengaran Melindungi organ penglihatan. Terdiri dari :

- Tulang tempurung kepala (kranium)
 - Tulang dahi (frontalis)
 - Tulang ubun-ubun (parietalis)
 - Tulang pelipis (temporalis)
 - Tulang kepala belakang (osipitalis)
 - Tulang baji (stenoid)
 - Tulang tapis (ethmoid)
- Tulang wajah :
 - Tulang rahang atas (maksilaris)
 - Tulang hidung (nasalis)
 - Tulang pipi (zigomatikus)
 - Tulang air mata (lakrimalis)
 - Tulang langit – langit (palatinus)
 - Tulang konka nasalis inferior
 - Tulang rahang bawah (mandibula)



- Tulang vomer
- Tengkorak adalah tulang kerangka kepala yang disusun menjadi 2 bagian :
 - Kranium = kalvaria -> terdiri atas 8 tulang
 - Kerangka wajah -> terdiri atas 14 tulang

Rongga tengkorak mempunyai permukaan atas yang dikenal kubah tengkorak, permukaan luar licin dan permukaan dalam berlekuk–lekuk sesuai dengan bentuk otak dan letak pembuluh darah . Permukaan bawah rongga tengkorak = dasar tengkorak / basis kranii , ditembusi banyak lubang supaya dapat dilalui serabut saraf dan pembuluh darah

Tulang oksipital terletak dibelakang dan bawah rongga kranium ditembusi foramen magnum / lubang kepala belakang dilalui medula oblongata untuk bertemu dengan medula spinalis. Sisi foramen tengkorak berupa massa tulang yang membentuk kondilus tengkorak

Tulang parietal, Keduanya membentuk atap dan sisi tengkorak. Permukaan luarnya halus . Permukaan dalam ditandai kerutan – kerutan dalam yang memuat arteri cranium. Kerutan yang sangat besar dan berada ditengah memuat arteri meningealis medialis -> bila arteri ini robek darah yang keluar akan menekan jaringan otot yang lunak dan mengakibatkan. kerusakan yang akan menjalar kesisi sebelahnya dan mengakibatkan perubahan pada pupil mata.

Tulang frontal, Membentuk dahi dan bagian atas rongga mata. Tepi supraorbital ditandai dengan takik ditengah sebelah dalam dimana melalui takik ini pembuluh supra orbital dan saraf supra orbital lewat. Permukaan sebelah dalam tulang frontal ditandai dengan lekukan–lekukan yang ditimbulkan lekukan permukaan otak

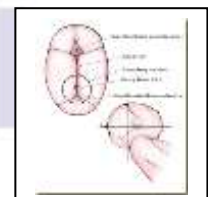
Tulang temporal. Membentuk bagian bawah sisi kanan dan kiri tengkorak. Setiap tulang terdiri atas 2 bagian Bagian skuama: bagian pipih menjulang keatas dan memungkinkan otot – otot temporal berkait padanya, dari prosesus zigomatikus bagian skuama menjulang kedepan bertemu dengan os zigomatikus .dibelakang prosesus terletak meatus auditorius eksternus. Bagian mastoid terletak dibelakang berjalan kebawah membentuk prosesus mastoideus, yang mempunyai ruang rongga udara mastoid dan ruang khusus yang disebut antrum timpani, dilapisi epitel yang bersambung dengan epitel dari rongga telinga tengah .

Sutura/sela cranium

Tulang – tulang tengkorak disambung satu sama lain oleh sambungan yang tak dapat bergerak disebut **Sutura**, kecuali sebuah tulang wajah yaitu mandibula (rahang bawah). Mandibula membentuk sendi dengan tulang temporal disebut **sendi mandibula**

Sutura – sutura yang utama adalah :

- Sutura koronalis
- Sutura sagitalis
- Sutura lamboidalis



Fontanel/ubun–ubun

Tulang tengkorak bayi yang baru lahir belum mengeras secara sempurna, Ruang antar tulang diisi dengan membran dan membran yang berada pada sudut-sudu tulang itu disebut **fontanel** Fontanel yang terlebar terletak pada pertemuan tulang frontal dan 2 tulang parietal, tempat sutura coronalis dan sutura sagitalis bertemu disebut **fontanel anterior**, berukuran ± 4 cm, merupakan tempat lunak pada kepala seorang bayi -> melalui tempat ini dapat diraba denyutan otaknya .Secara **normal fontanel menutup pada usia 18 bulan** . **Fontanel posterior** terletak dibelakang pada pertemuan ke 2 tulang parietal dengan tulang oksipital , yang menutup segera sesudah lahir

Sinus – sinus udara pada tengkorak

Sinus paranasalis : merupakan ruang- ruang udara dalam tulang tengkorak yang berhubungan dengan rongga nasal (hidung).

4 rongga paranasal yang berhubungan dengan rongga hidung yaitu :

- **Sinus maksilaris** : antrum Highmore terletak dikiri kanan hidung dalam tulang maksilaris
- **Sinus frontalis** terletak dalam tulang dahi ,dikiri kanan pangkal hidung diatas sudut mata
- **Sinus Ethmoidalis** : antrum mastoid -> terletak didalam tulang temporalis dalam prosesus mastoideus ,berhubungan dengan rongga tympani ,
- **Sinus sfenoidalis**

Fungsi Sinus / ruang udara ini adalah : meringankan berat tulang tengkorak . Memberikan resonansi pada suara. membantu memperkeras suara dalam proses berbicara. Memproduksi mukus yang mengalir kerongga nasal dan menghangatkan serta melembabkan udara yang masuk

TULANG WAJAH

Tulang–tulang wajah terdiri dari : 2 tulang hidung,2 tulang palatum,2 tulang lacrimalis,2 tulang zigomatikus,1 vomer, 2 tulang turbinatum inferior, 2 maksila. 1 Mandibula. Ke 14 tulang wajah tsb dihubungkan oleh sutura dan tak dapat bergerak kecuali tulang mandibula (rahang bawah)

Susunan tulang hidung

Rangka tulang hidung atau fosa nasalis terdiri atas : 2 lubang ditengah wajah dimana satu dengan lain dipisahkan oleh ekat tipis melebar dari palatum keatas sampai tulang frontalis Ruang hidung berhubungan dengan sinus-sinus dimana bila rongga hidung mengalami infeksi dapat menyebar kedalam sinus

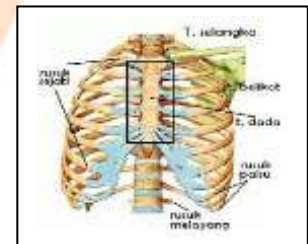


RANGKA DADA : = thoraks

Tersusun atas tulang dan tulang rawan Berupa rongga berbentuk kerucut dengan bagian bawah lebih lebar dibanding atas .

Susunan tulang thoraks: Sebelah belakang dibentuk oleh 12 tulang vertebra thorakalis. Didepan oleh tulang sternum.

Disamping oleh 12 pasang iga



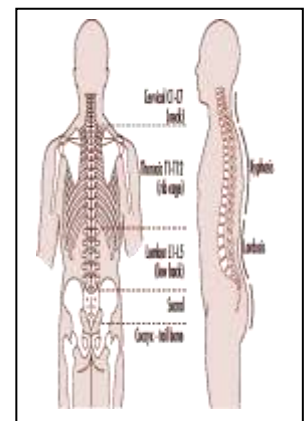
Tulang dada (sternum) dan Tulang rusuk (costa)

- Tulang dada (sternum) dan tulang rusuk (costa) bersama-sama mem bentuk perisai pelindung bagi organ-organ penting yang terdapat di dada, yaitu paru-paru dan jantung.
- Tulang rusuk (costa) jg berhubungan dengan tulang belakang (vertebrae).
- Tulang dada (sternum) terdiri dari: tulang manubrium, gladiolus/corpus dan tulang xifoid prosesus , yang setelah dewasa akan berfusi menjadi 1 Kepala sternum tempat melekatnya tulang selangka dan tulang rusuk pertama Badan sternum melekat 9 costae lainnya
- Tulang rusuk (costae) terdiri dari : 12 pasang dengan 3 kelompok :
 - tulang rusuk sejati 7 pasang,
 - tulang rusuk palsu 3 pasang dan
 - tulang rusuk melayang 2 pasang

TULANG BELAKANG (VERTEBRAE)

Struktur ruas tulang punggung /Columna vertebralis dikelompokkan menjadi:

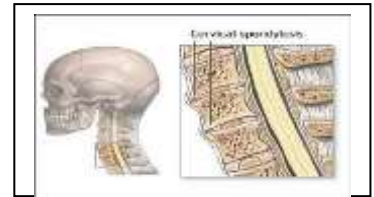
- Tulang Cervical/leher 7 ruas
- Tulang Thoracalis/punggung 12 ruas
- Tulang Lumbalis/pinggang 5 ruas
- Tulang Sakralis/kelanggang 5 ruas
- Tulang Koksigeus/ekor



Tulang belakang berfungsi untuk: menyangga berat tubuh. menegakkan/menopang postur struktur tulang belakang dan meningkatkan gaya mekanik struktur tulang belakang. Antar tulang belakang diikat oleh inter vertebra, ligamen dan otot . memungkinkan manusia melakukan berbagai macam posisi dan gerakan, misalnya berdiri, duduk atau berlari , menegakkan badan/menopang postur struktur tulang belakang dan melindungi sumsum tulang belakang .

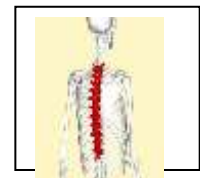
1. Vertebra Cervikalis

Terdapat 7 tulang vertebrae Cervikalis atau ruas tulang leher yang membentuk daerah tengkuk. Vertebra cervikalis mempunyai taju yang disebut procesus spinosus dimana pada vertebrae cervikalis ke tujuh procesus spinosusnya tidak terbelah dan mempunyai tuberkel atau tonjolan yang membentuk gambaran jelas pada tengkuk dan disebut vertebrae prominens



2. Vertebra Torakalis

Terdapat 12 tulang vertebra Torakalis atau ruas tulang punggung yang membentuk bagian belakang thoraks atau dada dengan ukuran lebih besar dari pada vertebrae cervikal



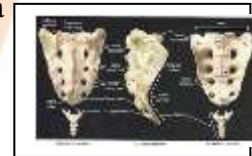
3. Vertebra Lumbalis

Terdapat 5 vertebrae lumbalis atau ruas tulang pinggang yang membentuk daerah lumbal atau pinggang. Vertebrae terbesar dan berbentuk seperti ginjal. Ruas kelima membentuk sendi dengan sakrum disebut sendi lumbo sakral



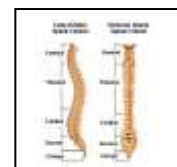
4. Sacrum

Terdapat 5 vertebrae sakralis atau ruas tulang kelangkang dimana pada masa dewasa bersatu membentuk sakrum atau tulang kelangkang, merupakan ruas-ruas tak bergerak



5. Koksigeus

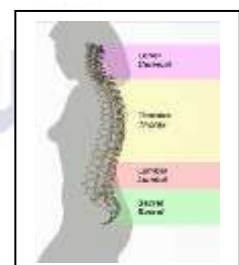
Terdapat 4 tulang vertebrae koksigeus atau tulang tungging/tulang ekor dimana pada masa dewasa bersatu dan membentuk tulang koksigeus. Disebut juga ruas tulang tak bergerak



6. Lengkung columna vertebralis

Kalau dilihat dari samping Columna vertebralis memperlihatkan 4 kurva/ lengkung antero posterior :

- **Lengkung cervikal** pada daerah leher melengkung kedepan, daerah torakal melengkung kebelakang, daerah lumbal melengkung kedepan, daerah pelvis melengkung kebelakang, **Lengkung cervikal** berkembang ketika bayi mulai mengangkat kepala ,
- **Lengkung torakal** dan pelvis disebut **lengkung primer** karena keduanya mempertahankan lengkung asli kebelakang membentuk C sewaktu janin
- **lengkung lumbal** dibentuk ketika bayi mulai merangkak, berdiri, berjalan dan mempertahankan tubuh tegak , disebut **lengkung sekunder**

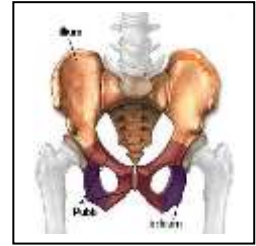


Fungsi kolumna vertebralis :

- Bekerja sebagai pendukung badan . Sebagai penyangga tubuh
- dengan perantaraan tulang rawan diskus intervertebralis yang lengkungannya memberi fleksibilitas dan memungkinkan membungkuk tanpa patah
- Diskus juga menyerap goncangan pada saat menggerakkan badan (misal waktu berlari atau meloncat)
- Melindungi otak dan sumsum tulang belakang

7. Gelang panggul

Gelang panggul atau tulang–tulang pelvis adalah penghubung antara badan dan anggota bawah. Sebagian kerangka aksial yaitu tulang sacrum dan tulang koksigeus yang letaknya terjepit antara 2 tulang kocsia turut membentuk gelang ini. Ke 2 tulang cocsia tsb bersendi satu sama lainnya ditempat symfisis pubis



Perbedaan pelvis pria dan wanita

- Gelang panggul pria : pelvis pria lebih panjang dan lebih sempit, tulang lebih kuat, tempat menempel otot lebih tegas, gelang masuk lebih kecil dan berbentuk seperti jantung
- Gelang panggul pada wanita: pelvis wanita disesuaikan untuk melahirkan sehingga berbentuk lebar dan pendek, bergawang masuk besar dan bundar, arcus pubis lebih besar , jarak tubeositas iski lebih jauh daripada pria dan tulang koksigeus dapat bergerak sedikit

RANGKA APENDIKULER

Merupakan rangka pelengkap yang menyusun alat gerak. berupa tulang- tulang anggota gerak atas dan bawah . Rangka apendikuler terdiri atas : Tulang bahu, tulang-tulang tangan, Tulang telapak tangan, Tulang panggul, Tulang tungkai, dan Tulang telapak kaki.

Secara umum rangka apendikuler menyusun alat gerak, tangan dan kaki

Tulang apendikular bagian atas : Merupakan tulang anggota gerak atas yang terdiri dari :

- **Tulang bahu**
 - Klavikula (Tulang selangka)
 - Skapula (Tulang belikat)
- **Tulang lengan**
 - Tulang lengan atas
 - Humerus (Tulang pangkal lengan)
 - Tulang lengan bawah
 - Radius (tulang pengumpil)
 - Ulna(tulang hasta)
- **Tulang tangan**
 - Tulang pergelangan tangan (karpus/karpal)
 - Skafoid , Lunate, Triquetrum, Fisiform,
 - Trapesium ,Trapezoid, Kapitatum, Hamate
 - Tulang telapak tangan (metakarpal)
 - Tulang jari tangan (falanges)



Kerangka Anggota Atas terdiri dari :

- **Klavikula** : fungsi : memberi kaitan pada beberapa otot leher , bahu dan lengan yang bekerja sebagai penopang lengan
- **Skapula** : tulang belikat , membentuk bagian belakang gelang bahu dan disebelah belakang thoraks
- **Humerus** : tulang lengan atas , merupakan tulang terpanjang pada anggota gerak atas
- **Ulna** : tulang hasta : sebuah tulang pipa yang mempunyai sebuah batang dan 2 ujung
- **Radius** : tulang pipa lebih pendek dari ulna dan berada di sisi lateral tulang lengan bawah

Tulang apendikular bagian bawah

Tulang anggota gerak bawah terdiri dari :

- **Tulang Coxae** (inomiate/ tulang pinggul)
 - Ileum (ulang usus)
 - Ischium (tulang duduk)

- Pubis (tulang kemaluan)
- **Tulang ekstremitas bawah**
 - Tulang paha (femur)
 - Tulang tempurung lutut (Patela)
 - Tulang betis (fibula)
 - Tulang kering (tibia)
- **Tulang kaki (tarsus)**
 - Tulang pergelangan kaki (tarsal)
 - Kalkaneus, Talus , Kuboid ,
 - Navikular, Kuneiformis
 - Tulang telapak kaki (metatarsal)
 - Tulang jari kaki (falanges)

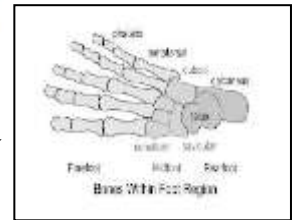


Kerangka anggota gerak bawah

- **Tulang panggul** : os coxae membentuk sebagian besar pelvis . Tulang coxae dibentuk oleh 3 tulang yang bertemu di asetabulum yaitu ; tulang ileum : tulang usus, tulang pubis : tulang kemaluan dan tulang iskium paling posterior merupakan tulang duduk dan paling tebal
- **Femur** : tulang paha : merupakan tulang terpanjang ditubuh
- **Patela** : tempurung lutut berkembang didalam tendon otot quadricep ekstensor
- **Tibia** : tulang kering , merupakan kerangka utama tungkai bawah dan terletak medial dari fibula (tulang betis).
- **Fibula** : tulang betis , terletak dilateral tungkai bawah
- **Tulang kaki**

Tulang – tulang kaki

Tulang tarsal : tulang pangkal kaki: Ada 7 tulang yang secara kolektif disebut tarsus. Merupakan tulang pendek . Mendukung berat badan pada saat berdiri. Tulang metatarsal : terdapat 5, merupakan tulang pipa, falang–falangnya sama seperti jari–jari tangan tetapi lebih pendek



PERUBAHAN ANATOMIK PADA SISTEM MUSKULOSKELETAL

Massa tulang kontinu sampai mencapai puncak pada usia 30-35 tahun setelah itu akan menurun disebabkan berkurangnya aktivitas osteoblas sedangkan aktivitas osteoklas tetap normal. Secara teratur tulang mengalami turn over melalui 2 proses yaitu; **modeling dan remodeling**, secara normal jumlah tulang yang dibentuk remodeling sebanding dengan tulang yang dirusak. Ini disebut **positively coupled** : masa tulang yang hilang = nol.

Bila tulang yang dirusak lebih banyak ,terjadi kehilangan masa tulang ini disebut **negatively coupled** yang terjadi pada usia lanjut Dengan bertambahnya usia terdapat penurunan masa tulang secara linier yang disebabkan kenaikan turn over pada tulang sehingga tulang lebih porous. Pengurangan ini lebih nyata pada wanita, tulang yang hilang kurang lebih 0,5 sampai 1% per tahun dari berat tulang pada wanita pasca menopause dan pada pria diatas 80 tahun, pengurangan tulang lebih mengenai bagian trabekula dibanding dengan kortek. Pada sinofial sendi terjadi perubahan penurunan fungsi sendi, elastisitas dan mobilitas hilang sehingga sendi kaku, kesulitan dalam gerak yang rumit. Perubahan yang jelas pada sistem otot adalah berkurangnya masa otot disebabkan karena atropi dan kehilangan serabut otot. Perubahan ini menyebabkan laju metabolik basal dan laju komsumsi oksigen maksimal berkurang Otot menjadi mudah lelah dan kecepatan laju kontraksi melambat.Selain penurunan masa otot juga dijumpai berkurangnya rasio otot dan jaringan lemak.

Proses remodeling

Pembentukan dan perombakan tulang yang terjadi secara kontinu, disebut dengan proses remodeling. Remodeling bertujuan untuk menjaga tulang agar dapat digunakan untuk keperluan mekanis dengan keefektifan maksimum. Tulang akan menyesuaikan kekuatannya agar sebanding dengan derajat tekanan yang diterimanya, sehingga tulang akan menebal jika menerima beban berat, membantu mempertahankan kadar kalsium plasma, dan melakukan proses degenerasi dimana tulang yang tua (sudah lemah dan rapuh) akan digantikan dengan tulang yang baru yang lebih kuat

Proses remodeling ini melalui 2 tahap, yaitu ; **Tahap pembentukan tulang dan tahap pengerusakan tulang.**

Tahap pembentukan tulang

Proses dilakukan oleh osteoblas sebagai sel utama penghasil matriks.

Osteoblas dijumpai pada permukaan luar tulang dan dirongga rongga tulang. Sebagai sel, osteoblas dapat memproduksi substansi organik intraseluler atau yang disebut matriks tulang. Apabila kalsifikasi terjadi pada matriks maka

jaringan disebut tulang, tetapi apabila jaringan tidak mengandung kalsium (tidak terjadi kalsifikasi) maka disebut osteoid. Osteoblas berperan dalam sintesis kolagen untuk membentuk matriks tulang dan mengatur konsentrasi ion kalsium pada matriks tulang melalui pelepasan kalsium dari intraseluler

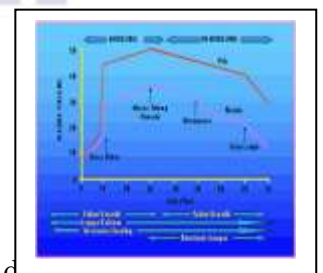
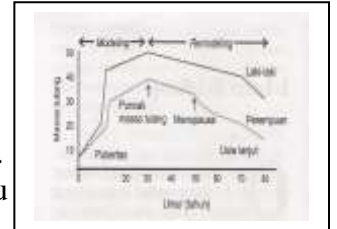
Hormon sangat berpengaruh dalam proses pembentukan tulang, diantaranya adalah **hormon estrogen, testosteron, dan hormon pertumbuhan** yang akan meningkatkan aktifitas osteoblas dan pertumbuhan tulang. Pertumbuhan tulang dipercepat selama masa pubertas (masa pertumbuhan) dimana kadar hormon pada masa tersebut melonjak. Oleh karena itu diharapkan pertumbuhan tulang dapat terjadi dengan baik selama masa pertumbuhan. Apabila usia telah lanjut dan telah terjadi menopause maka kadar hormon estrogen turun, hormon pertumbuhan juga berkurang sehingga aktifitas osteoblas menjadi berkurang, yang mengakibatkan pembentukan tulang berkurang

Tahap pengerusakan tulang

Osteoklas merupakan sel fagositik besar yang berinti banyak (50 inti) yang melakukan proses resorpsi atau penyerapan tulang secara kontinu. Osteoklas pada keadaan normal bekerja aktif di daerah permukaan tulang. Osteoklas mengeluarkan tonjolannya yang menyerupai vili kearah tulang, membentuk permukaan bergelombang yang berdekatan dengan tulang. Vili mengsekresikan zat enzim proteolitik, yang dilepaskan dari lisosom dan akan memecahkan matriks dan beberapa asam yang melarutkan mineral tulang, sehingga mineral tulang kalsium dan fosfat terlepas ke dalam aliran darah . asam laktat dan asam sitrat yang dilepaskan dari mitokondria dan vesikel sekretoris. Puncak massa tulang merupakan tingkat tertinggi dari densitas mineral tulang, kandungan mineral tulang (Bone Mineral Content) atau massa tulang (Bone Mass).Puncak massa tulang yang rendah akan memudahkan terjadinya osteoporosis dan fraktur tulang pada saat usia lanjut.

Puncak massa tulang dicapai pada usia 20-30 tahun, setelah itu akan menurun, dimana terjadi proses penuaan, absorpsi kalsium menurun dan hormon paratiroid meningkat sehingga kalsium tulang mulai berkurang.Puncak pembentukan massa tulang hanya akan terjadi sampai usia 20 tahun,dan sebagian besar kalsium yang terdapat didalam tulang sepanjang hidup seseorang akan disimpan sebelum berusia 20 tahun juga.

Pada saat kanak-kanak hingga usia 20 tahun, harus dijaga agar kandungan kalsium dalam tulang tinggi. Karena, pada saat tersebut tulang sedang pada masa pertumbuhan dan perkembangan. Setelah itu, massa tulang akan menurun secara alamiah. Kecepatan perusakan tulang tidak lagi dibarengi dengan kecepatan untuk memperbaiki diri. Sehingga apabila pada



usia muda kandungan kalsium dalam tulang tidak dipertahankan, maka pada masa tua kemungkinan dapat terjadi pengeroposan tulang. Kalsium banyak terdapat dalam beberapa jenis makanan seperti susu, yoghurt, dan keju, sayur-sayuran seperti brokoli, buncis, dan sayur hijau seperti kangkung, bayam, dll, Suplemen kalsium yang biasa dikonsumsi adalah dalam bentuk kalsium karbonat, kalsium sitrat, dan kalsium sitrat malate

Pengaruh Latihan Fisik terhadap Massa Tulang

Latihan fisik akan menstimulasi osteoblas dengan adanya arus listrik yang dihasilkan ketika stress mengenai tulang, terutama bagian permukaan periosteal tulang. Latihan fisik juga meningkatkan struktur tulang selama masa pertumbuhan dan mengurangi kehilangan massa tulang pada individu usia lanjut. Latihan fisik yang berkelanjutan dapat menyebabkan peningkatan massa tulang regional. Semakin tinggi nilai massa tulang ini dicapai akan semakin baik. Latihan fisik dapat meningkatkan konsentrasi ion kalsium dalam plasma, sehingga tulang tidak perlu melepas ion kalsium dan konsentrasi ion kalsium dalam tulang dapat tetap dipertahankan tinggi dan massa tulang tetap terjaga. latihan fisik secara fisiologis mengakibatkan keseimbangan kalsium yang positif dengan meningkatkan laju pembentukan tulang, densitas mineral tulang (BMD), dan kekuatan tulang, Stress mekanis yang dihasilkan oleh aktifitas fisik akan meningkatkan massa tulang seperti berenang diketahui memberikan keuntungan pada metabolisme kalsium

Efek nutrisi dan hormon pada tulang :

Proses mineralisasi dimulai dari terbentuknya osteosit oleh osteoblas. (Osteoblas mempunyai kemampuan mengikat mineral tulang). Osteosit mengalami **kalsifikasi** yaitu, **proses deposisi mineral** seperti ; kalsium, fosfat, dan ion hidroksi. Pemberian tambahan kalsium kepada individu yang kurang asupan kalsium akan dapat meningkatkan konsentrasi kalsium ekstra seluler. Peningkatan tersebut akan memicu mobilisasi dan proliferasi osteoblas sehingga akan dapat meningkatkan sintesa matriks tulang dan terjadinya keseimbangan kalsium. Ketidakesesuaian asupan kalsium sejak dini dapat menyebabkan massa tulang yang rendah.

Peran Kalsium dalam Tulang : Pada Tubuh orang dewasa mengandung 1000-1200 gram kalsium. Sekitar 99% kalsium ini berada didalam tulang dalam bentuk hidroksi apatit (CaHPO_4). dan 1% lagi berada didalam cairan ekstraselular dan jaringan lunak. Kalsium dalam tulang terdapat dalam dua bentuk: sebagian kecil dalam bentuk cadangan yang labil dan mudah diganti, sebagian besar merupakan cadangan yang stabil

Kalsium memegang 2 peranan fisiologik yang penting didalam tubuh: didalam tulang garam-garam kalsium berperan dalam menjaga integritas struktur kerangka, didalam cairan ekstraselular dan sitosol, Ca^{2+} sangat berperan dalam berbagai proses biokimia tubuh. Kedua kompartemen tersebut selalu berada dalam keadaan yang seimbang. Berfungsi Memelihara mineralisasi tulang. Pada otot rangka, mikrosom berkembang sangat baik menjadi retikulum sarkoplasmik dan merupakan gudang kalsium yang sangat penting didalam sel yang bersangkutan. Kebutuhan kalsium maksimal terjadi selama puncak masa pertumbuhan cepat, yaitu pada masa remaja-> mencapai 1300 mg/hari diperoleh mineralisasi tulang yang cukup. Kalsium merupakan elemen kunci untuk mencegah terjadinya osteoporosis. Ion kalsium dan fosfor merupakan molekul organik yang membentuk tulang dan gigi. Tulang menyimpan kalsium untuk membantu memelihara konsentrasi ion kalsium dalam plasma. Apabila kandungan kalsium berkurang, maka kekuatan tulang akan menurun karena tulang akan kehilangan struktur pembentuk utamanya. Konsumsi kalsium oleh anak perempuan usia pertumbuhan dan wanita dewasa harus mendekati atau melebihi asupan yang dianjurkan, sehingga puncak massa tulang dapat dicapai dan terpelihara sampai masa menopause

Vitamin D : 1,25 dihidroksikolekalsiferol vitamin D berperan dalam resorpsi tulang. Vit. D yang dibentuk dikulit yaitu vit D3. di tulang vit D mempunyai reseptor pada sel osteoklas,

oleh karena itu vitaminD mempunyai efek langsung pada tulang yang kerjanya mirip dengan hormone paratiroid yaitu mengaktifkan sel osteoklas.

Hormon Thyroid : Hormon thyroid yang memiliki hubungan dalam keseimbangan / homeostasis kalsium adalah kalsitonin. Kalsitonin adalah suatu peptide yang terdiri dari 32 asam amino bekerja menghambat osteoklas sehingga resorpsi tulang tidak terjadi. Osteoklas dibawah pengaruh kalsitonin akan mengalami perubahan morfologi.

Hormon Paratyroid : Pada tulang, hormone paratiroid meningkatkan resorpsi kalsium dan fosfat dengan mengaktifkan sel osteoklas.

C. Latihan

1. Ilmu yang mempelajari tulang kerangka tubuh disebut
 - a. Myologi
 - b. Osteology
 - c. Histologi
 - d. Patologi
 - e. Patofisiologi
2. jaringan tubuh yang berfungsi mengubah energi kimia menjadi kerja mekanik , sebagai respons tubuh terhadap perubahan lingkungan, adalah
 - a. tulang
 - b. tulang rawan
 - c. otot
 - d. tendon
 - e. sendi
3. yang termasuk dalam alat gerak aktif adalah
 - a. rangka tubuh
 - b. jaringan tulang sejati
 - c. jaringan tulang rawan
 - d. jaringan otot
 - e. jaringan ikat darah
4. nama lain tulang rawan adalah
 - a. muscle
 - b. osteon
 - c. cartilago
 - d. osteoblast
 - e. osteoclast
5. yang termasuk sel tulang adalah
 - a. serat kolagen organic
 - b. garam-garam an organic
 - c. osteosit
 - d. chondrosit
 - e. kondroblas
6. Proses perubahan tulang rawan menjadi tulang keras disebut
 - a. Ossifikasi
 - b. chondroblast
 - c. osteoblast
 - d. chondrosit

- e. osteosit
7. Jaringan tulang rawan yang bila ditekan atau dibengkokkan terasa lentur dan cepat kembali ke bentuk semula adalah
 - a. Tulang rawan fibrosa
 - b. Tulang rawan elastin/ elastic
 - c. Tulang rawan serat
 - d. Tulang rawan hialin
 - e. Tulang sejati
 8. Yang termasuk dalam rangka aksial adalah
 - a. Columna vertebrata
 - b. Tulang extremitas superior
 - c. Tulang extremitas inferior
 - d. Clavicula – scapula
 - e. Radius – ulna

D. Daftar Pustaka

1. Ganong William F 2003 , *REVIEW of MEDICAL PHYSIOLOGY 21st Ed.* McGraw – Hill Companies , San Francisco
2. Guyton Arthur C 2007, *Buku ajar Fisiologi Kedokteran EGC Jakarta*
3. Syaifuddin 2006 , *ANATOMI FISIOLOGI untuk mahasiswa keperawatan EGC Jakarta*
4. Evelyn C.Pearce 2012, *Anatomi & Fisiologi untuk Paramedis*, cetakan ke 38. Gramedia Jakarta
5. Dorland's Illustrated, "Medical Dictionary" Igaku-Shoin/Saunders International Edition
6. Kemenkes 2017, *Bahan ajar RMIK ‘ Klasifikasi ,Kodefikasi Penyakit dan Permasalahan terkait I,’* edisi tahun 2017
7. Kemenkes 2018, *Bahan ajar RMIK ‘ Klasifikasi ,Kodefikasi Penyakit dan Permasalahan terkait II,’* edisi tahun 2018
8. Sobotta Atlas of Human Anatomy Volume 1 , volume 2, volume 3
 - i. <https://archive.org/details/SobottaAtlasOfHumanAnatomyVolume1201611>
 - ii. <https://www.elsevier.com/books/sobotta-atlas-of-human-anatomy-vol-2-15th-ed-english/paulsen/978-0-7020-5252-1>
 - iii. <https://www.elsevier.com/books/sobotta-atlas-of-anatomy-vol-3-16th-ed-english-latin/paulsen/978-0-7020-5271-2>
9. Kemenkes RI, *Bahan ajar Rekam Medis dan Informasi Kesehatan ,Klasifikasi Kodefikasi Penyakit dan Masalah terkait ,* buku 1,2,3,
 - i. http://bppsdmk.kemkes.go.id/pusdiksdmk/wp-content/uploads/2018/09/Klasifikasi-dan-Kodefikasi-Penyakit-Masalah-Terkait-Kesehatan_SC.pdf
 - ii. http://bppsdmk.kemkes.go.id/pusdiksdmk/wp-content/uploads/2018/09/Klasifikasi-Kodefikasi-Penyakit-Masalah-Terkait-III_SC.pdf