

Olivia Andiana, S.Or., M.Kes.
Dr. Anditri Weningtyas, M.Biomed.



BIOMEKANIKA OLAHRAGA

Dasar-dasar
Biomekanika Olahraga Sistem Gerak
dan Prinsip Fisika

**BIOMEKANIKA OLAHRAGA: DASAR-
DASAR BIOMEKANIKA OLAHRAGA
SISTEM GERAK DAN PRINSIP FISIKA**

BIOMEKANIKA OLAHRAGA: DASAR- DASAR BIOMEKANIKA OLAHRAGA SISTEM GERAK DAN PRINSIP FISIKA

**Olivia Andiana, S.Or., M.Kes
dr. Anditri Weningtyas, M.Biomed**



BIOMEKANIKA OLAHRAGA: DASAR- DASAR BIOMEKANIKA OLAHRAGA SISTEM GERAK DAN PRINSIP FISIKA

Penulis:

Olivia Andiana, S.Or., M.Kes
dr. Anditri Weningtyas, M.Biomed

Editor:

Syifa Ismayanti

Layouter :

Tim Kreatif PRCI

Cover:

Rusli

Cetakan Pertama : Juli 2024

Hak Cipta 2024, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

**Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT**

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

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

Copyright © 2024 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I – : Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2024
; 14,8 x 21 cm
ISBN : 978-623-448-946-0

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

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

KATA PENGANTAR

Selamat datang di buku "Dasar-Dasar Biomekanika Olahraga: Sistem Gerak dan Prinsip Fisika". Buku ini disusun dengan tujuan memberikan pemahaman mendasar mengenai biomekanika olahraga, khususnya tentang sistem gerak pasif, sistem gerak aktif, serta penerapan hukum Newton dan konsep pengungkit dalam konteks olahraga. Sebagai seorang mahasiswa kedokteran, saya menyadari pentingnya pemahaman yang kuat tentang biomekanika dalam mendukung performa atletik dan mencegah cedera.

Dalam buku ini, penulis berusaha menyajikan materi dengan cara yang mudah dipahami, disertai dengan ilustrasi dan contoh yang relevan agar pembaca dapat dengan mudah mengaplikasikan konsep-konsep biomekanika dalam praktik olahraga sehari-hari. Setiap bab dirancang untuk memberikan gambaran yang komprehensif tentang bagaimana tubuh bergerak dan bagaimana prinsip fisika dasar dapat mempengaruhi kinerja dan efisiensi gerakan.

Penulis berharap buku ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi mahasiswa, pelatih, dan praktisi olahraga yang ingin memperdalam pengetahuan mereka tentang biomekanika. Terima kasih atas minat dan dukungan Anda terhadap karya ini. Semoga buku ini dapat memberikan wawasan baru dan inspirasi dalam memahami dan mengaplikasikan biomekanika dalam dunia olahraga.

Juli 2024, Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
BAB I SISTEM GERAK PASIF	1
A. Pendahuluan	1
B. Pembahasan	3
1. Sistem Rangka Manusia	3
2. Bagian Sistem Alat Gerak Pasif	6
3. Anatomi Rangka Aksial dan Apendikular Sebagai Alat Gerak Pasif	7
4. Persendian Penunjang Terjadinya Gerak Referensi	16
5. Optimalisasi Sistem Gerak Pasif Untuk Menunjang Olahraga	24
 BAB II SISTEM GERAK AKTIF	 26
A. Pendahuluan	26
B. Bagian Sistem Alat Gerak	26
C. Struktur Otot Rangka	31
D. Kontraksi Otot	35
E. Elastisitas Otot dan Kontraktilitas Untuk Mekanik	42
 BAB III HUKUM NEWTON DAN GAYA	 48
A. Pengertian Hukum Newton	48
B. Pengertian Gaya	49
C. Hukum – hukum Newton	50
D. Aspek-aspek Gaya Hukum Newton	55
E. Analisis Gaya dan Memadukan Gaya	58
F. Macam-macam Gaya	62

BAB IV TUAS, PENGUNGKIT DAN MOMEN	70
A. Pengertian Tuas atau Pengungkit	70
B. Kategori Tuas	71
C. Keuntungan Mekanis	74
D. Ratio Kecepatan	79
E. Tuas Pada Tubuh Manusia	82
F. Asas dan Efek Bernouille	84
G. Efek Spin	87
H. Pengertian Momen, Momen dan Putaran Badan	93
 DAFTAR PUSTAKA	 100

BAB I

SISTEM GERAK PASIF

A. Pendahuluan

Prinsip prinsip mekanika dipakai dalam ilmu biomekanika untuk menyusun konsep, analisi, desain serta pengembangan sistem dalam dunia biologi dan kedokteran. Pengaturan sikap tubuh dalam bekerja merupakan cara kerja dari ilmu biomekanika. Kekuatan yang berbeda dalam melakukan tugas dihasilkan apabila sikap kerja dilakukan dalam hal yang berbeda. Biomekanika disebut sebagai ilmu pengetahuan yang menerapkan sistem hukum mekanika terhadap struktur lokomotor dari tubuh.

Mekanika adalah cabang ilmu dari bidang ilmu fisika yang berhubungan dengan gaya dan gerakan. Ilmu ini mempelajari gerakan dan perubahan bentuk suatu materi yang disebabkan oleh gangguan mekanik yang biasa disebut gaya. Sedangkan gaya adalah bagian dari ilmu ***kinematika*** yang mempelajari terkait deskripsi dari semua jenis gerakan dan tidak menyangkut tentang gaya yang menyebabkan gerak. Ilmu ***kinematika*** membahas terkait gerakan badan yang mengacu pada waktu, jarak, ruang, kecepatan dan percepatan. Sedangkan gaya yang merupakan cabang ilmu dari ***kinetika*** membahas terkait perhitungan gaya yang dibutuhkan guna menghasilkan ataupun mengubah suatu gerakan.

Biomekanika yang berhubungan dengan olahraga dijelaskan melalui ilmu ***biomekanika olahraga***. Ilmu ini merupakan studi yang menghubungkan antara gerak manusia berasal dari kekuatan internal maupun eksternal, kekuatan ini menentukan gerakan dari bagian-bagian serta

secara keseluruhan bagian badan pada saat kinerja dalam keterampilan gerak atau kinerja dalam suatu teknik olahraga. Ilmu biomekanika olahraga memiliki dasar yang sama dengan ilmu biomekanika yaitu ilmu-ilmu yang menunjang dari segi *anatomi*, *fisiologi* dan *fisika*. Dalam ilmu *anatomi*, menunjang terkait struktur tubuh manusia beserta bagian-bagiannya, seperti persendian, tulang, otot dan lainnya. Ilmu *fisiologi* menunjang melalui ilmu yang mempelajari terkait fungsi, proses maupun gejala-gejala yang terjadi pada organ tubuh manusia. Ilmu *fisika*, mempelajari terkait hubungan dasar-dasar fisika seperti keseimbangan, gerak, energi, gaya dan sebagainya dengan kondisi tubuh manusia.

Ilmu biomekanika patut dipelajari dikarenakan ilmu ini bertujuan untuk menganalisa teknik-teknik olahraga yang efisien, efektif dan aman untuk diterapkan pada dunia olahraga. Fungsi lainnya yaitu mampu menerapkan bentuk yang sesuai dengan karakteristik fisik seseorang dalam berolahraga yang baik dan benar, kemampuan untuk memperbaiki performa, kemampuan untuk mengembangkan teknik-teknik baru, kemampuan untuk menganalisis manfaat dan mekanisme dari gerakan tubuh, kemampuan untuk mengidentifikasi serta mengevaluasi suatu gerakan, menciptakan sebuah potensi serta inovasi terkait metode yang lebih efisien, kemampuan memilah suatu peralatan yang sesuai dan menambah pengetahuan dasar tentang gerakan tubuh. Efisien dalam ilmu biomekanika olahraga dimaksudkan sebagai kemampuan untuk mengatur keperluan tenaga yang tepat secara otomatis dalam berolahraga, hal ini berguna untuk meminimalisir terjadinya kegagalan dalam suatu teknik ataupun strategi. Efektif didefinisikan sebagai hubungan gerak olahraga dengan waktu yang singkat namun dapat memaksimalkan suatu

keberhasilan dengan tepat. Aman dapat diartikan sebagai kemampuan diri untuk meminimalisasikan suatu timbulnya cedera, sehingga latihan yang dilaksanakan dapat tuntas sesuai dengan yang diperkirakan.

Adanya tanggapan terhadap rangsangan dapat disebut sebagai gerak. Gerak dapat terjadi dari dalam maupun dari luar tubuh. Sistem gerak manusia merupakan perwujudan dari kerjasama antara tulang dan otot serta bagian persendian. Sistem gerak manusia dapat bekerja akibat adanya kontraksi otot terhadap tulang sehingga timbulnya suatu gerakan. Pada sistem gerak manusia terbagi menjadi sistem gerak aktif dan sistem gerak pasif (Wijaya et al., 2021). Sistem gerak pasif terdiri dari kerangka yang tersusun atas tulang- tulang. Sistem gerak aktif terdiri dari otot-otot yang berkontraksi sehingga mampu menggerakkan tulang manusia (Putri et al., 2016). Dalam ilmu fisika, gerak pasif dapat didefinisikan sebagai mekanisme yang memanfaatkan prinsip-prinsip fisika untuk menghasilkan gerakan atau respon tanpa memerlukan sumber energi eksternal.

B. Pembahasan

1. Sistem Rangka Manusia

Manusia memiliki rangka dalam yang disusun oleh tulang keras (disebut juga tulang rangka atau tulang) dan tulang rawan. Rangka manusia dibentuk dari tulang tunggal atau gabungan tulang (seperti tengkorak) yang ditunjang oleh struktur lain, seperti ligamen (jaringan ikat yang menghubungkan antara tulang yang satu dengan tulang lainnya), tendon (jaringan ikat yang menghubungkan otot dengan tulang), dan otot.

a. Fungsi dan Kegunaan Sistem Rangka

1) Penopang/Penegak Tubuh

Sistem rangka menyediakan struktur yang mampu menopang seluruh tubuh. Tulang-tulang penyusun rangka secara sendiri atau dalam kelompok menyediakan tempat sangkutan bagi berbagai jaringan lunak dan organ.

2) Tempat Penyimpanan Kalsium dan Lemak

Di dalam tulang terdapat berbagai mineral seperti kalsium, kalium, dan natrium. Kalsium (zat kapur) merupakan mineral utama pembentuk tulang. Apabila tubuh kekurangan kalsium, tubuh akan mengambilnya dari tulang dan jika terjadi terus menerus, tulang dapat menjadi tipis, rapuh, dan mudah patah. Selain sebagai cadangan mineral, tulang rangka menyimpan cadangan energi dalam bentuk lemak yang disimpan pada sumsum tulang kuning.

3) Penghasil Sel-Sel Darah

Sel darah merah, sel darah putih, dan komponen darah lainnya dihasilkan pada sumsum tulang merah yang mengisi ruangan dalam kebanyakan tulang, terutama pada tulang pendek, tulang pipih, tulang tak beraturan, jaringan kanselus (tulang berbentuk spons) pada ujung tulang pipa, tulang rusuk, dan tulang dada.

4) Pelindung Alat-Alat Tubuh Penting

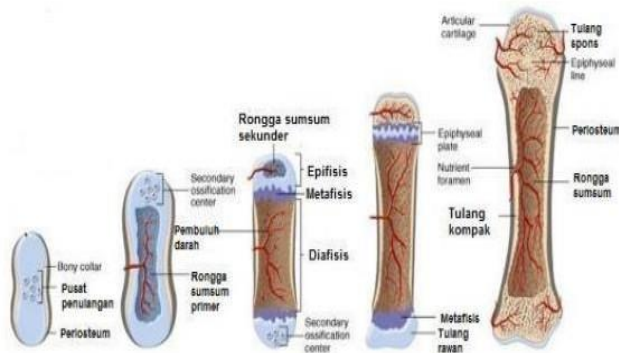
Jaringan dan organ lunak dikelilingi dan dilindungi rangka. Sebagai contoh, tulang rusuk melindungi jantung dan paru-paru; tengkorak melindungi otak; ruasruas tulang belakang melindungi sumsum tulang belakang; gelang panggul melindungi sistem reproduksi dan sistem pencernaan.

5) Alat Pergerakan

Tulang-tulang bertindak sebagai pengungkit apabila otot-otot yang melekat pada tulang itu berkontraksi menghasilkan gerakan yang bertumpu pada sendi.

b. Perkembangan dan Pertumbuhan Tulang

Tulang pada bayi sebagian besar disusun oleh tulang rawan. Tulang rawan, sebagian besar terdiri atas kolagen, bersifat pejal dan lentur. Dengan tumbuhnya bayi, sel-sel tulang rawan digantikan dengan tulang keras yang memiliki struktur lingkaran konsentris dari kalsium dan fosfat di antara sel-sel tulang. Proses perubahan dari tulang rawan ke sel tulang keras dinamakan penulangan (osifikasi). Proses penulangan berlanjut hingga remaja dan dewasa. Epifisis adalah area bagi pertumbuhan secara memanjang bagi tulang-tulang panjang sewaktu kanak-kanak. Pada masa pertumbuhan ini sel-sel pada epifisis membelah dan memanjangkan tulang. Ketika kita tumbuh, tulang bertambah keras dan bertambah berat, tetapi kelenturannya berkurang. Hal itu berarti tulang bertambah kuat tetapi mudah patah.



Gambar 1 Pembentukan Tulang, Sumber :

<http://www.slideshare.net/satyakiverma/stages-of-bone-formation>

Di atas menunjukkan pembentukan tulang dari tulang rawan. Sewaktu embrio, semua tulang pipa pada mulanya berupa batang tulang rawan yang diselubungi oleh suatu membran (perikondrium). Sebuah pusat penulangan pertama disebut diafisis tampak di tengah jaringan yang kemudian menjadi tulang pipa. Kalsium ditimbun dalam matriks dan sel-sel tulang berkembang. Perikondrium menjadi periosteum, selanjutnya tulang tumbuh baik secara melingkar maupun memanjang. Selanjutnya tulang yang sedang tumbuh terdiri atas batang (diafisis) dan ujung (epifisis).

c. Struktur Tulang

Tulang (osteon), terdiri atas sel-sel tulang yang banyak mengandung senyawa kapur dan fosfat. Senyawa kapur dan fosfat yang terkandung dalam tulang mengakibatkan tulang menjadi keras.

2. Bagian Sistem Alat Gerak Pasif

Sistem muskuloskeletal diklasifikasikan menjadi bagian yang bertanggung jawab untuk gerakan pasif dan aktif. Yang pertama yaitu bagian gerak pasif termasuk komponen kerangka yang membentuk kerangka tubuh, yaitu tulang, tulang rawan, dan berbagai struktur kompleks yang mengikatnya bersama (ligamen, sendi, pada cakram vertebral). Bagian aktif dari sistem terdiri dari lurik, otot-otot sadar yang karena kemampuannya untuk berkontraksi menghasilkan gerakan. (Kucharz, 1992).

Otot dan ligamen tidak menyertai pertumbuhan tulang yang dipercepat pada awal masa remaja karena pertumbuhan tinggi badan yang cepat dan penurunan kekuatan mekanik berada pada alat gerak pasif. (Dantas et al., 2011)

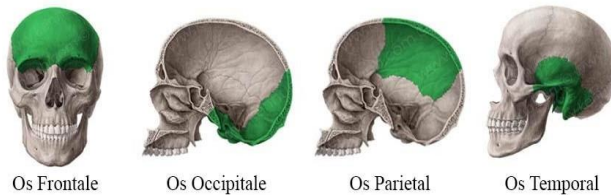
3. Anatomi Rangka Aksial dan Apendikular Sebagai Alat Gerak Pasif

a. Aksial

(Pusat inti rangka) kerangka aksial dibentuk oleh columna vertebralis (26 rangkaian tulang), tulang rusuk (25 tulang), tengkorak (28 tulang) dan tulang terkait lainnya (1 tulang). Kerangka manusia melakukan enam fungsi utama, yaitu dukungan, gerakan, perlindungan, produksi sel darah, penyimpanan mineral, dan regulasi endokrin. Dengan demikian kerangka sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia. (Abul Hossain, 2018)

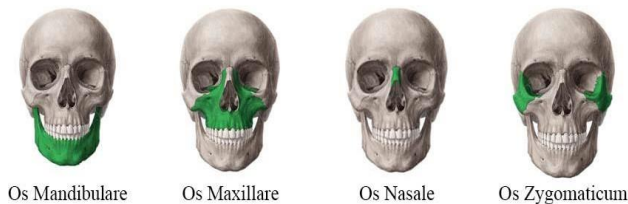
Kerangka aksial terdiri atas :

- 1) Skull (Tulang tengkorak) terdapat kelompok tulang yang dibedakan menjadi dua yaitu tempurung otak (neurocranium) dan tulang yang membentuk kerangka atau struktur wajah (viscerocranium).



Gambar 2 Tulang pembentuk struktur Neurocranium.

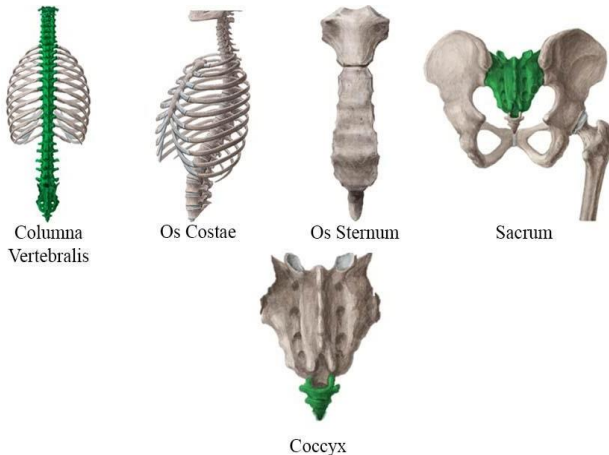
Sumber : www.kenhub.com



Gambar 3 Tulang pembentuk struktur Viscerocranium.

Sumber : www.kenhub.com

- 2) Trunk / Trunkus (Batang tubuh) terdiri dari tulang rusuk termasuk tulang dada, dan tulang belakang termasuk sacrum dan coccyx.



Gambar 4 Tulang pembentuk struktur Trunkus (batang tubuh). Sumber : www.kenhub.com

b. Tulang Vertebra

Tulang – tulang belakang ialah tulang penyangga tubuh yang berfungsi untuk berdiri tegak. Tulang – tulang tersebut terdiri dari 33 tulang yang satu sama lainnya saling bertemu (bersendi) dengan perantara tulang rawan (cartilago). Bantalan sendi yang terletak di ruas tulang belakang dinamakan discus intervertebralis. Discus intervertebralis ini berfungsi untuk menahan stress yang datang dari tubuh bagian atas , sehingga menyebabkan terjadinya gerakan ruas tulang tersebut, sehingga tubuh kita dapat bergerak ke depan, belakang, ke kanan, ke kiri, hingga dapat berputar.

Tulang – tulang belakang dapat diuraikan sebagai berikut :

- 1) Tulang cervicalis (Tulang leher) memiliki foramina transversal yang berfungsi sebagai lintasan ateri vertebra.
- 2) Tulang torachalis mempunyai prosesus spinous panjang yang mengarah ke bawah yang memiliki fase articular pada prosesus transverses yang digunakan sebagai artikulasi tulang iga.
- 3) Tulang lumbalis ialah vertebra terpanjang dan terkuat. Prosesus spinosanya pendek dan tebal serta menonjol.
- 4) Tulang sacrum ialah tulang triangular. Bagian dasar tulang ini berartikulasi dengan vertebra lumbal kelima.
- 5) Tulang coccygeus (Tulang ekor) menyatu dan berartikulasi dengan tulang sacrum, membentuk sendi dengan sedikit pergerakan.

c. Tulang Rusuk (Costae)

Tulang rusuk merupakan tulang yang bersambungan dengan tulang dada dan tulang punggung/ tulang belakang. Tulang rusuk mempunyai bentuk panjang dan pipih. Tulang rusuk terdiri dari 24 buah tulang yang setiap sisinya memiliki 12 pasang yang terdiri dari : 7 pasang rusuk sejati, 3 pasang rusuk palsu, dan 2 pasang rusuk melayang.

Jenis tulang rusuk dibagi atas pelekatannya di tulang dada yaitu:

- 1) Tulang rusuk sejati (vertebro-sternalis)

Tulang rusuk sejati memiliki 7 pasang, bagian ujung depan yang melekat pada tulang dada, sedangkan bagian belakang melekat pada ruas tulang belakang di bagian punggung.

2) Tulang rusuk palsu (vertebro-kondral)

Tulang rusuk palsu berjumlah 3 pasang. Tulang rusuk ini memiliki ukuran lebih pendek dibandingkan tulang rusuk sejati. Pada bagian belakang berhubungan dengan ruas-ruas tulang belakang sedangkan ketiga ujung tulang bagian depan disatukan oleh tulang rawan yang melekatkannya pada satu titik di tulang dada. Tulang rusuk palsu ialah tulang yang tidak menempel secara langsung dengan tulang dada.

3) Tulang rusuk melayang (vertebral)

Tulang rusuk melayang berjumlah 2 pasang. Tulang rusuk melayang merupakan tulang yang tidak menyambung sama sekali dengan tulang dada, hal itu disebabkan karena tulang rusuk melayang hanya mengelilingi dada dan tidak memiliki titik peletakan.

4) Tulang dada (Sternum)

Tulang dada (Sternum) merupakan tulang pipih panjang yang berbentuk seperti dasi yang terletak di tengah dada. Tulang dada terhubung ke tulang rusuk melalui tulang rawan, membentuk bagian depan tulang rusuk, dan berfungsi untuk melindungi jantung, paru – paru, dan pembuluh darah utama dari cedera. Sternum terdiri tiga bagian antara lain :

- Manubrium sterni (Kepala tulang dada) membentuk persendian dengan tulang selangka, klavikula, dan tulang rusuk pertama.
- Korpus sterni (Tubuh tulang dada) membentuk persendian dengan Sembilan tulang rusuk berikutnya.
- Prosesus xifoides (Tulang taju pedang) tulang yang masih berbentuk tulang rawan pada bayi.

Dalam posisi alaminya, sternum posisinya miring, ke bawah dan ke depan. Hal ini sedikit cembung di depan dan belakang cekung, luas atas, berbentuk seperti “T”, menjadi menyempit pada titik di mana manubrium bergabung tubuh,

setelah itu kembali melebar sedikit ke bawah tengah tubuh, dan kemudian menyempit ke ekstremitas yang lebih rendah. Pada tulang dada orang dewasa itu biasanya rata-rata sekitar 17 cm, lebih panjang pada pria dibandingkan pada wanita. Tulang dada dan rusuk berfungsi untuk melindungi paru-paru dan jantung. Tulang dada berbentuk pipih dan melebar serta berhubungan dengan tulang rusuk yang melalui sambungan tulang rawan. Tulang rusuk bagian belakang berhubungan dengan ruas-ruas tulang belakang yang melalui persendian. Perhubungan tersebut memungkinkan tulang rusuk dapat kembang-kempis sesuai dengan irama pernapasan.

d. Pelvis

Pelvis adalah lingkaran tulang yang dibentuk oleh tulang panggul dan tertutup oleh otot dasar panggul pada bagian bawah. Organ-organ yang terdapat di dalam lingkaran tersebut, yaitu usus besar, rektum, kandung kemih, uterus, tuba fallopi, dan ovarium.

e. Tulang Sacrum

Sakrum adalah bagian tulang belakang yang terletak di antara segmen kelima tulang belakang lumbar (L5) dan tulang ekor. Sakrum terdiri dari lima vertebra lebur S1-S5 dan berbentuk segitiga. Ini adalah bagian dari korset panggul dan membentuk dinding posterior panggul dan berartikulasi dengan tulang iliaka pada sendi sakroiliaka. Vertebra sakral berkembang pada akhir bulan pertama perkembangan embrionik. Kelima vertebra yang merupakan vertebra sakrum terpisah terlebih dahulu dan mulai menyatu selama remaja akhir dan dewasa awal. Tulang tunggal terbentuk sekitar usia tiga puluh dengan penyelesaian fusi. Dalam beberapa kasus sakrum akan terdiri dari enam vertebra ketika satu vertebra lumbar berpartisipasi sebagai bagian

dari sakrum, suatu proses yang disebut sebagai sakralisasi vertebra lumbar; atau dikurangi jumlahnya menjadi empat ketika satu vertebra sakral menjadi bagian dari tulang belakang lumbar, suatu proses yang disebut lumbarisasi vertebra sakral.

1) Anatomi tulang sacrum

Anatomi sakrum agak rumit, karena tulang ini merupakan perpaduan dari lima vertebra. Penyusun memberikan informasi terkait dengan anatomi dan detail tentang struktur tulang ini. Pada vertebrata, sakrum adalah tulang penting yang ada di antara dua tulang pinggul. Ini adalah tulang besar berbentuk segitiga yang hadir di wilayah pangkal tulang belakang, membentuk bagian dari sistem kerangka pusat. Sisi panggul tulang ini memiliki empat punggung yang terpisah yang membantu dalam membatasi fusi vertebra yang berbeda. Anatominya dijelaskan di sini dengan membagi tulang ini menjadi beberapa bagian berikut:

- Sakral Ala

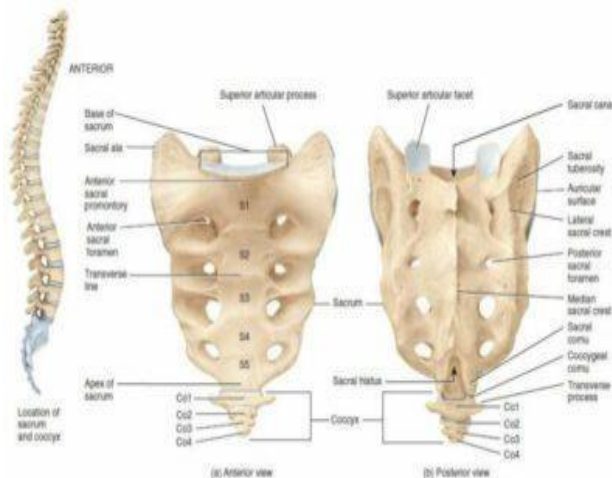
Mereka adalah proyeksi luar dan lateral seperti sayap yang hadir di bagian superior sakrum. Ini memiliki kepentingan anatomi dan bedah, karena ini membantu membentuk sendi antara sakrum dan panggul. Ketika operasi tulang belakang sedang berlangsung, proyeksi ini digunakan sebagai titik perlekatan untuk instrumen, yang membantu menstabilkan sendi lumbosakral.

- Tubuh

Ini adalah bagian sentral utama dari sakrum yang secara langsung mengarah ke tulang tulang ekor. Area sentral ditandai oleh lambang sakral medial, yang sedikit menyimpang ke arah sisi dekat ujungnya, yang dikenal sebagai hiatus sakral. Pada bagian punggung, ada empat lekukan konvergen yang berbeda untuk saraf sakral, yang

secara lateral hadir ke puncak edianTengah dengan satu inci. Di belakang tubuh utama adalah foramen vertebra besar, yang mengarah langsung ke kanal sakral yang beratap oleh lamina vertebral yang menyatu. Bagian superior memiliki dua struktur, yang dikenal sebagai tanduk sakral atau proses artikular superior, yang didukung oleh struktur pendek dan berat yang dikenal sebagai pedikel.

2) Struktur sakrum



f. Tulang Ekor

Tulang ekor disebut juga tulang sulbi, merupakan bagian paling ujung dari tulang belakang. Tulang ekor terdiri dari 3-5 vertebra terpisah atau menyatu di bawah sacrum. Tulang ini tersambung dengan sacrum oleh sendifibrocartilaginous, simfisis, sakroksigeal, yang memungkinkan gerakan terbatas antara sacrum dan coccyx. Tulang ekor tepatnya berada di bagian terbawah dari tulang belakang (coccyx). Rasa sakit di bagian tulang yang satu ini biasanya disebabkan oleh kondisi berikut.

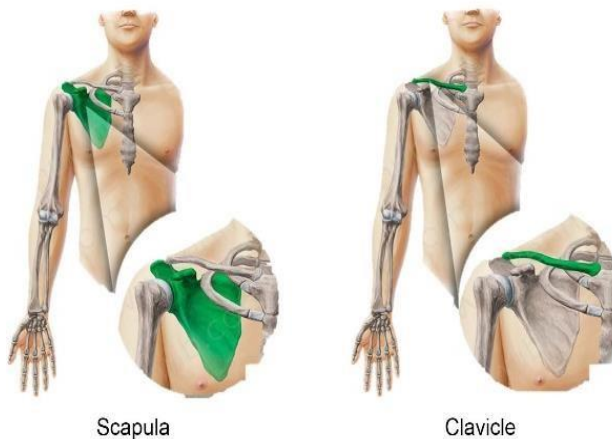
- Trauma pada tulang ekor saat jatuh

- Persalinan normal.
- Akibat duduk terlalu lama di permukaan yang keras atau sempit.
- Adanya perubahan pada sendi karena faktor usia.

g. Apendikular

Apendikular adalah salah satu dari dua kelompok tulang utama dalam tubuh, kelompok tulang yang lainnya disebut kerangka aksial. Kerangka apendikular terdiri dari ekstremitas atas dan bawah, yang meliputi kelompok tulang bahu dan panggul. Pada kelompok tulang bahu dan panggul terdapat tempat titik koneksi antara kerangka apendikular dan kerangka aksial ke tempat transfer beban mekanis. Dari 206 tulang pada tubuh manusia dewasa, sebanyak 126 tulang membentuk rangka apendikular. Tulang yang berkontribusi pada kerangka apendikular meliputi ekstremitas atas, ekstremitas bawah, korset bahu, dan tulang panggul. (Anderson et al., 2023)

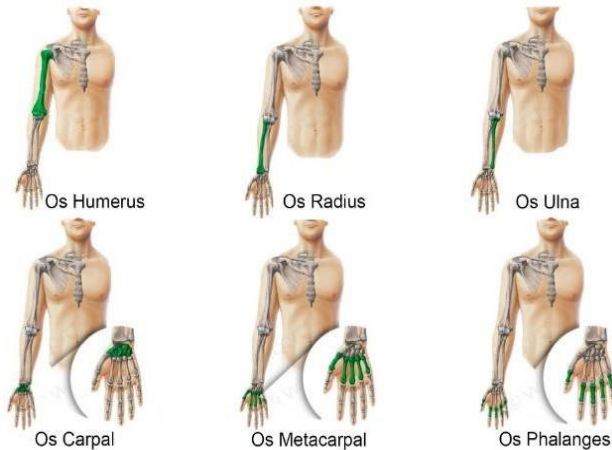
1) Kelompok tulang bahu terdiri atas :



Gambar 6 Tulang pembentuk kelompok bahu.

Sumber : www.kenhub.com

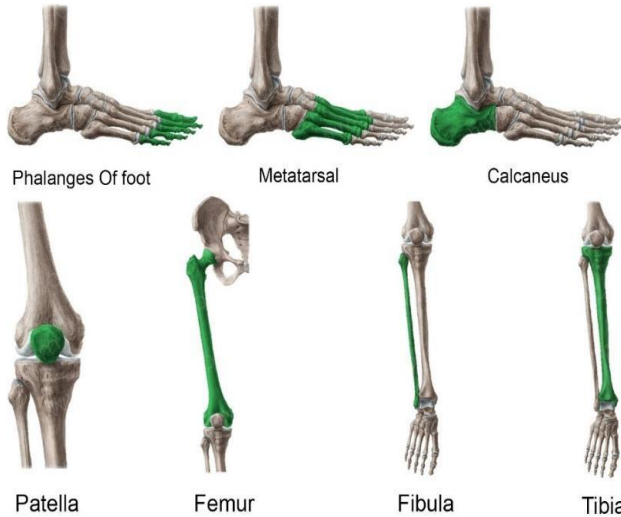
2) Ekstremitas Superior (kerangka tungkai atas)



Gambar 7 Tulang pembentuk kerangka Ekstremitas Superior.

Sumber : www.kenhub.com

3) Ekstremitas Inferior (kerangka tungkai bawah)



Gambar 8 Tulang pembentuk struktur Ekstremitas Inferior.

Sumber : www.kenhub.com

4. Persendian Penunjang Terjadinya Gerak Referensi

Sendi adalah Penghubung antar tulang sehingga tulang dapat bergerak. Sendi merupakan perantara antara satu tulang dengan tulang lainnya sehingga tulang-tulang tersebut menyatu menjadi satu. Hubungan antar tulang disebut sendi. Agar terjadi artikulasi (hubungan antar tulang dalam tubuh yang memungkinkan tulang berfungsi sebagai sistem kerangka), maka diperlukan sendi. Di kedua sisi sendi terdapat tulang rawan, yang merupakan bantalan sendi. Sendi diikat oleh ligament (Octavianingrum, 2020).

a. Persendian Penunjang Terjadinya Gerak

Susunan atau struktur rangka manusia seperti yang dijelaskan terdahulu terdiri dari empat macam tulang, yaitu ada yang berbentuk panjang, pendek, pipih, dan tak beraturan, bagian tulang ini akan saling berhubungan satu sama lain, yang dihubungkan eksklusif oleh sendi. bagian sendi yang menghubungkan antar tulang ialah sesuai bentuk dan struktur berasal tulang tersebut artinya berdasarkan bentuk dan struktur dari tulang tadi sebagai akibatnya menyebabkan adanya kemungkinan terjadi Gerakan atau tidak.

Sendi dibagi menjadi dua yaitu sendi beruang dan ada yang tidak beruang. Sendi beruang seperti antara tulang humerus dengan ulna yang memungkinkan adanya Gerakan. sedangkan sendi tak beruang adalah sendi dibagian tengkorak atau wajah yg memungkinkan tidak terjadi Gerakan.

1) Sistem Persendian

Sendi merupakan pertemuan antara satu tulang dengan tulang yang lainnya, jaringan ikat diganti dengan jaringan rawan. ditinjau dari bentuk pertemuan antar tulang tersebut, sendi dibagi ke dalam 2 bagian yaitu: