

BIOMEKANIKA OLAHRAGA



Dr. Umar, MS., AIFO
Jaka P. Utama, S.Pd., M.Pd

 SUKABINA PRESS

BIOMEKANIKA OLAHRAGA

**Umar
Jaka P. Utama**

**Penerbit
SUKABINA Press**

BIOMEKANIKA OLAHRAGA

Penulis :

Dr. Umar, MS., AIFO

Jaka P. Utama, S.Pd., M.Pd

ISBN : 978-623-7018-02-5

Tata Letak :

Arief Ferniko

Desain Sampul :

Liansyahmora Nst

Penerbit :

SUKABINA Press

Jl. Prof. Dr. Hamka No. 29 Tabing - Padang

Telp. / Fax : (0751) 7055660

Email : penerbit.sukabinapress@gmail.com

Anggota IKAPI Pusat

No. Anggota : 007/SBA/09 Tahun 2009

Cetakan pertama, Desember 2018

**Hak Cipta dilindungi Undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit**

KATA PENGANTAR

Ketatnya persaingan untuk menjadi yang terbaik dalam ajang olahraga prestasi, menuntut berbagai elemen untuk memaksimalkan performanya agar tercapai tujuan yang dimaksud. Diantara elemen-elemen tersebut seperti atlet, pelatih, sarana dan prasarana. Upaya peningkatan elemen-elemen tersebut mesti didukung oleh Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK). Salah satu yang terkait dengan IPTEK tersebut adalah buku-buku yang merupakan referensi bagi pelatih, atlet, guru olahraga, maupun mahasiswa olahraga, karena buku merupakan sarana dalam rangka menambah wawasan seseorang tentang bagaimana cara meningkatkan performa tersebut, sehingga seorang atlet mampu tampil maksimal disetiap event olahraga prestasi.

Buku biomekanika olahraga merupakan salah satu referensi yang membicarakan tentang bagaimana memaksimalkan performa tubuh manusia, agar bisa melakukan gerak dengan efektif dan efisien, karena buku biomekanika olahraga berbicara tentang mekanika, sistem gerak pasif, sistem gerak aktif, hukum-hukum Newton, Gaya, Gerak, Impuls dan Momentum, Sistem pengungkit, serta Analisa gerak. Lebih jauh dari itu, dampak positif yang terjadi apabila mampu melakukan gerak dengan efektif dan efisien yaitu terhindar dari resiko cedera.

Buku biomekanika olahraga ini ditulis untuk membantu berbagai pihak yang berkepentingan, seperti

praktisi olahraga yang terdiri dari pelatih olahraga, pembina olahraga, atlet, mahasiswa olahraga, guru olahraga, agar bisa lebih efektif di dalam menjalankan tugasnya masing-masing. Tentu buku ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan buku ini. Akhir kata, selamat membaca buku ini semoga bermanfaat dalam menunjang profesi kita.

Penulis,

Dr. Umar, MS., AIFO
Jaka P. Utama, S.Pd., M.Pd

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
BAB 1. PENGANTAR BIOMEKANIKA	1
A. Pendahuluan	1
B. Arti Penting Biomekanika	2
C. Dasar-dasar Biomekanika	5
D. Tujuan Biomekanika Olahraga	5
E. Fungsi Biomekanika Olahraga bagi Pelatih ..	7
F. Besaran Dalam Biomekanika	9
G. Kinesiologi	10
Referensi	19
BAB 2. SISTEM GERAK PASIF	20
A. Pendahuluan	20
B. Bagian Sistem Alat Gerak Pasif	20
C. Anatomi Rangka Aksial Sebagai Alat Gerak Pasif	24
D. Anatomi Rangka Apendikuler Sebagai Alat Gerak Pasif	33
E. Persendian Penunjang Terjadinya Gerak ..	40
Referensi	52
BAB 3. SISTEM GERAK AKTIF	54
A. Pendahuluan	54
B. Bagian Sistem Alat Gerak Aktif	56
C. Struktur Otot Rangka	62
D. Kontraksi Otot	73
E. Elastisitas Otot dan Kontraktilitas untuk Mekanik	87
Referensi	94
BAB 4. HUKUM NEWTON	96
A. Pengertian Hukum Newton	96

	B. Macam-macam Hukum Newton	99
	Referensi	115
BAB 5.	GAYA	117
	A. Pengertian Gaya	117
	B. Macam-macam Gaya	125
	Referensi	144
BAB 6.	GERAK	147
	A. Pengertian Gerak	147
	B. Macam-macam Gerak	151
	Referensi	171
BAB 7.	IMPULS DAN MOMENTUM	173
	A. Pengertian Impuls dan Momentum	173
	B. Hubungan Impuls dan Momentum	180
	C. Kekekalan Momentum dan Hukum Kekekalan	181
	D. Tumbukan	184
	Referensi	188
BAB 8.	SISTEM PENGUNGKIT	190
	A. Pengertian Sistem Pengungkit	190
	B. Jenis-jenis Sistem Pengungkit	192
	C. Aplikasi Sistem Pengungkit Tipe I, II dan III	197
	Referensi	201
BAB 9.	ANALISA GERAK DALAM BIOMEKANIKA Olahraga	202
	A. Analisa Gerak Dalam Renang	202
	B. Analisa Gerak Dalam Lari	219
	C. Analisa Gerak Dalam Lompat Tinggi	222
	Referensi	225

Bab 1

PENGANTAR BIOMEKANIK OLAHRAGA

A. Pendahuluan

Setiap makhluk hidup membutuhkan gerak untuk mempertahankan kualitas hidupnya terutama manusia. Gerak yang dilakukan berupa proses dari siklus biologis manusia itu sendiri. Seperti yang pernah kita alami sebelumnya atau kita lihat dalam kehidupan sehari-hari, bahwa seorang balita berusaha mengembangkan kemampuan geraknya, dari keadaan tidur berbaring mencoba untuk telungkup, untuk merubah keadaan tidur seperti itu membutuhkan usaha yang besar, itupun seringkali mengalami kegagalan. Tetapi seorang balita tidak pernah menyerah dan berhenti untuk mencoba walaupun sering melewati kegagalan. Hal ini menunjukan kita untuk berfikir kembali bahwa setiap kegagalan yang dilewati adalah sebuah proses dari kehidupan, apalagi itu yang menyangkut tentang gerak dalam olahraga.

Belajar adalah proses yang sebenarnya memungkinkan kita untuk lebih peka terhadap kesalahan-kesalahan yang dilewati seperti, ketika dalam berolahraga. Setiap berolahraga seringkali mengalami cedera pada bagian tertentu dari tubuh kita. Misalnya dalam olahraga prestasi seorang atlet harus mengembangkan kemampuannya demi menghasilkan sebuah

gerak yang baik untuk cabang olahraga yang digelutinya, dengan tujuan memperoleh prestasi yang maksimal. Untuk memperoleh prestasi maksimal, hal ini selalu berhadapan dengan kegagalan-kegagalan. Kegagalan yang diperoleh adalah hasil dari usaha yang dilakukan. Dengan demikian diharapkan untuk lebih banyak belajar lagi.

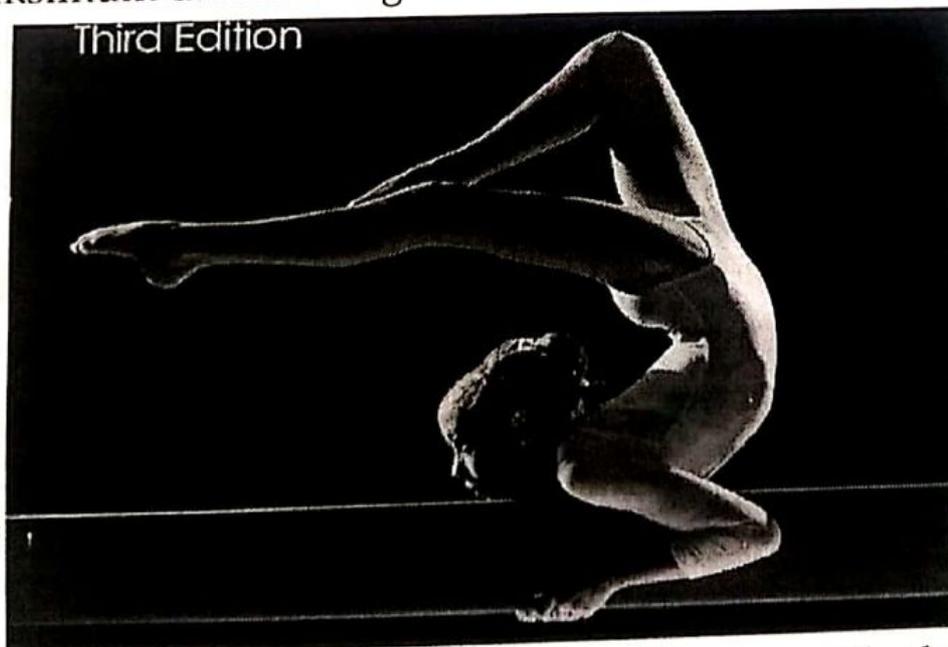
Beranjak dari belajar lagi, kita dapat memperbaiki kesalahan-kesalahan dalam gerak yang dilakukan. Untuk memperbaiki kesalahan gerak yang dilakukan agar dapat memperoleh prestasi dalam olahraga ada ilmu yang mempelajarinya yaitu; "Biomekanika Olahraga", yang berfungsi untuk menganalisis sebuah gerak yang dilakukan. Menganalisis gerak yang dilakukan dimulai dari faktor yang menyebabkan kegagalan gerak itu terjadi sampai ke arah keberhasilan suatu gerak yang dilakukan, dengan alasan agar memaksimalkan gerak untuk cabang olahraga yang digeluti. "Biomekanika Olahraga" bertujuan untuk mengefisienkan dan mengefektifkan gerak agar terhindar dari cedera dan memperoleh prestasi maksimal dalam olahraga ataupun gerak yang dilakukan. Untuk lebih jelasnya tentang biomekanika olahraga dapat di pelajari pada bab berikut.

B. Arti Penting Biomekanika

Biomekanika adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang hukum-hukum *mekanika* terhadap makhluk hidup. Biomekanika didefinisikan sebagai bidang ilmu aplikasi mekanika pada sistem biologi. Jadi biomekanika merupakan kombinasi antara disiplin ilmu mekanika terapan dan ilmu-ilmu biologi dan fisiologi. Biomekanika menyangkut tubuh manusia dan hampir semua tubuh makhluk hidup.

Dalam biomekanika prinsip-prinsip mekanika dipakai untuk penyusunan konsep, analisis, disain dan pengembangan peralatan dan sistem dalam biologi dan kedokteran. Selain itu biomekanika disebut juga sebagai ilmu pengetahuan yang menerapkan hukum-hukum mekanika terhadap struktur hidup terutama sistem lokomotor dari tubuh. Locomotor adalah kegiatan di mana seluruh tubuh bergerak karena tenaganya sendiri dan umunya dibantu oleh gaya beratnya.

Biomekanika dan cara kerjanya adalah pengaturan sikap tubuh dalam bekerja seperti yang terlihat pada (Gambar 1). Sikap kerja yang berbeda akan menghasilkan kekuatan yang berbeda pula dalam melakukan tugas. Dalam hal ini , penelitian biomekanika mengukur kekuatan dan ketahanan fisik manusia dalam melakukan pekerjaan tertentu dengan sikap kerja tertentu. Tujuannya adalah untuk mendapatkan cara kerja yang lebih baik, dimana kekuatan/ketahanan fisik maksimum dan kemungkinan cidera lebih minimum



Gambar 1. Seorang pesenam atristik memperlihatkan keindahan dari sebuah gerak yang dilakukan.

Mekanika adalah cabang ilmu fisika yang berhubungan dengan gaya dan gerakan. Mekanika juga disebut sebagai salah satu cabang ilmu dari bidang ilmu fisika yang mempelajari gerakan dan perubahan bentuk suatu materi yang diakibatkan oleh gangguan mekanik yang disebut gaya. Sedangkan gaya sendiri merupakan bagian dari *kinematika* yang merupakan ilmu yang mempelajari tentang deskripsi dari semua jenis gerakan dan tidak menyangkut tentang gaya yang menyebabkan gerak. Kinematika merupakan gerakan badan yang menyangkut waktu, jarak, ruang, kecepatan dan percepatan. Sedangkan gaya sendiri merupakan cabang ilmu dari *Kinetika* dimana cabang mekanika yang memperhitungkan gaya yang menghasilkan atau mengubah gerakan.

Sementara itu Ilmu olahraga adalah ilmu terapan (Applied Science). Merupakan ilmu interdisipliner, ialah pengetahuan yang disuplai ilmu lain, seperti anatomi, fisiologi, psikologi, sosiologi, dan lain sebagainya. Melalui pendekatan antar disiplin, bahwa pembelajaran olahraga difokuskan pada beberapa aspek disiplin ilmu, diantaranya adalah biomekanika olahraga. Biomekanika merupakan salah satu faktor penting keberhasilan dalam suatu pembinaan olahraga.

Biomekanika olahraga adalah suatu studi yang berhubungan dengan gerak manusia yang dihasilkan oleh kekuatan internal maupun eksternal yang menentukan badan atau bagian-bagian dari badan itu bergerak pada saat kinerja dalam keterampilan gerak (performance of motor skill) atau kinerja dalam teknik-teknik olahraga, Selain itu biomekanika

olahraga juga bertujuan untuk membantu berkem-bangnya prestasi olahraga.

C. Dasar-dasar Biomekanika

Seperti yang sudah dijelaskan pada bagian terdahulu bahwa dasar-dasar ilmu biomekanika ini adalah; ditunjang oleh ilmu - ilmu anatomi, fisiologi, dan fisika, maka dengan sendirinya dasar-dasar atau prinsip dari ketiga bidang ilmu itu menjadi dasar biomekanik seperti;

- 1) **Anatomi**, Ilmu yang mempelajari struktur tubuh manusia dengan bagian-bagiannya, seperti tulang otot, persendian dan lain sebagainya.
- 2) **Fisiologi**, Ilmu yang mempelajari proses, fungsi maupun gejala-gejala dari organ tubuh manusia.
- 3) **Fisika**, Dasar-dasar fisika seperti keseimbangan, gerak, gaya, energi dan sebagainya.

Ketiga cabang ilmu di atas memberikan hubungan yang begitu erat satu sama lainnya dalam mempelajari gerak ataupun gaya yang menyangkut kerja tubuh manusia itu sendiri dalam melakukan sebuah aktivitas olahraga.

D. Tujuan Biomekanika Olahraga

Adapun tujuan mempelajari biomekanika olahraga ini adalah untuk:

- a) Bertujuan untuk pengetahuan dan kemampuan menganalisa teknik-teknik olahraga yang aman, efisien, dan efektif. Analisa biomekanika olahraga perlu mengusahakan kinerja tersebut:
 - **Aman**. Dalam latihan hendaknya tidak over training. Juga dalam latihan maupun pertandingan

jangan sampai mengeluarkan tenaga melampaui kemampuannya, karena hal itu memungkinkan timbulnya cedera.

- **Efisien.** Perlu adanya pengaturan tenaga secara otomatis. Misalnya dalam pertandingan nomor lari jarak jauh. Sangat diperlukan cara pengaturan pengeluaran tenaga yang tepat dalam lari, dengan maksud agar dapat mencapai finish dengan sukses. Apabila pengaturan tersebut tidak tepat memungkinkan terjadinya kegagalan.
 - **Efektif.** Efektif adalah berhubungan dengan waktu yang singkat berhasil dengan tepat. Contoh; dalam lari 100 m, agar dapat mencapai waktu singkat perlu penggunaan tenaga yang besar.
- b) Mengerti tentang teknik-teknik yang benar maupun salah.
 - c) Menganalisis teknik secara tepat dan cermat.
 - d) Memperbaiki *performa*.
 - e) Memilih peralatan yang sesuai.
 - f) Mengembangkan teknik-teknik baru;
 - g) Kemampuan mengidentifikasi kesalahan-kesalahan serta kemampuan meremidinya (membetulkannya).
 - h) Potensi untuk menciptakan cara-cara atau metode baru yang lebih baik.
 - i) Menambah pengetahuan dasar tentang gerakan tubuh.
 - j) Mengetahui manfaat mekanisme dari gerakan tubuh.
 - k) Mengetahui persyaratan teknik dari setiap tugas gerakan tubuh.

- l) Mampu menerapkan suatu bentuk yang sesuai dengan karakteristik fisik seseorang dalam berolahraga dengan baik dan benar.

Biomekanika olahraga ini ditujukan kepada seorang pelati olahraga maupun guru Pendidikan Jasmani dan Olahraga Kesehatan, dimana hal ini dapat digunakan diantaranya untuk mendeteksi kesalahan-kesalahan dalam melakukan aktivitas jasmani dan khususnya kesalahan dalam melakukan teknik-teknik olahraga serta mengusahakan bagaimana cara melakukan tekniktadi dengan benar. Ditinjau dari aktivitas fisiknya antara pendidikan jasmani dan olahraga tidak berbeda. Adapun perbedaaan dari keduanya adalah bahwa alokasi waktu yang tersedia bagi pendidikan jasmani dan olahraga khususnya olahraga prestasi sangat jauh berbeda. Disamping itu kurikulum PJOK aktivitasnya terdiri dari macam-macam cabang olahraga, sedangkan untuk pelatihan memilih satu cabang olahraga saja. Berdasarkan dengan kenyataan hal-hal tersebut di atas, maka penggunaan biomekanika bagi PJOK hanya sebatas dasar-dasarnya saja. Atau dapat dikatakan guru PJOK menangani 'pemula awal (khususnya pendidikan dasar). Sedangkan pelatih (coach) disamping menangani dasar-dasar juga harus mampu meningkatkannya sampai tingkat atas atau sampai teknik tinggi dengan tepat dan terperinci.

E. Fungsi Biomekanika Olahraga bagi Pelatih Olahraga dan Guru PJOK

Biomekanika erat kaitanya dengan ilmu keolahragaan sehingga, biomekanika memiliki fungsi penting bagi Pelatih

Olahraga dan Guru PJOK, dalam hal ini fungsi dan kegunaan biomekanika bagi pelatih olahraga dan guru PJOK adalah;

- 1) Memberikan dasar ilmu pengetahuan untuk mengambil keputusan berkenaan dengan keterampilan dan gerak dasar pada olahraga.
- 2) Sebagai dasar untuk memperoleh jawaban tentang masalah dalam unjuk kerja (praktek) olahraga.
- 3) Pirinsip serta asasnya dipakai dalam memberikan *assasment* dan koreksi terhadap unjuk kerja yang dilakukan oleh peserta didik/atlet
- 4) Mampu dalam mengembangkan gerak dasar olahraga yang lebih efisien dan manfaat guna.

Jadi dengan mempelajari biomekanika olahraga pelatih olahraga dan guru PJOK dibekali dasar-dasar ilmu yang mempelajari gerak itu sendiri dalam menganalisis sebuah gerak itu sendiri serta dapat mengambil sebuah keputusan dalam rangka melakukan sebuah pemodelan untuk merubah kesalahan-kesalahan yang terjadi dalam gerak yang dilakukan oleh atlet ataupun peserta didik tersebut. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan prestasi olahraga itu sendiri. Setelah mempelajari biomekanika kita dapat melakukan gerakan dengan efisien, jika:

- 1) Kelompok otot yang besar yang bekerja lebih dahulu dilatih.
- 2) Melakukannya dengan penuh gairah
- 3) Mengeluarkan tenaga secara intelijen, artinya ada koordinasi yang baik dan taiming yang tepat, dari setiap anggota tubuh.
- 4) Bergerak secara proporsional, maksudnya ekonomis dan adanya otomatisasi.

F. Besaran Dalam Biomekanika

Adapun besaran dalam biomekanika ini adalah yang berkaitan dengan panjang, Luas dan volume, Massa dan gaya (berat), serta waktu;

1) Panjang

- Menurut sistem metrik, unit dasar dari ukuran panjang adalah milimeter, *centimeter*, meter dan kilometer.
- Menurut sistem Inggris, unit dasar dari ukuran panjang adalah kaki (*feet*), inci (*inch*), yar (*yard*) dan mil (*mile*).

2) Luas dan volume

- Menurut sistem metrik, unit dasar dari luas adalah *centimeter* persegi atau meter persegi. Sedangkan untuk volume adalah *centimeter* kubik, liter atau meter kubik.
- Menurut sistem Inggris, unit dasar dari luas adalah inci persegi atau kaki persegi. Sedangkan untuk volume adalah inci kubik, *quart* atau *gallon*.

3) Massa dan gaya (berat)

- Massa adalah kuantitas bahan yang terkandung di dalam suatu benda atau makhluk hidup. $1 \text{ kg} = \pm 9.80 \text{ Newton}$. Menurut sistem metrik, unit dasar dari massa adalah kilogram. Sedangkan sistem Inggris adalah slug. $1 \text{ slug} = \pm 32 \text{ pounds}$.
- Gaya (berat) adalah kuantitas bahan dan besarnya gravitasi bumi yang bekerja padanya. Menurut sistem metrik, unit dasar dari gaya adalah newton (N). Sedangkan sistem Inggris adalah pound.

- 4) **Waktu**, Menurut sistem metrik dan Inggris adalah detik (*second*).

Beberapa besaran di atas dapat digunakan dalam menganalisis gerak dalam olahraga dengan cara melihat satuan dari besaran yang digunakan dalam pengukuran dari gerak itu sendiri.

G. Kinesiologi

Kinesiologi berasal dari kata Kinesis – logos. Kinesis adalah gerak, logos adalah ilmu. Kinesiologi merupakan suatu ilmu yang mempelajari gerakan manusia yang efisien, efektif dan aman. Gerakan manusia yang efisien, efektif dan aman merupakan gerak yang baik (teknik yang baik). Karena setiap pola gerakan menggunakan energi (tenaga) yang efisien dalam mencapai hasil atau sasaran yang dituju (efektif) serta terhindar dari cedera dalam melakukan gerakan (aman). Misalnya seorang pemain bolabasket dalam memasukkan bola ke ring basket dengan pola-pola gerak (teknik) yang menggunakan energi seminim mungkin (efisien) dengan hasil bola masuk ke ring basket (efektif), serta selama melakukan pola-pola gerak tidak terjadi cedera (aman).

Untuk menganalisis gerak yang efisien, efektif dan aman berkaitan dengan analisis tulang dan sendi (anatomi), sistem otot saraf (fisiologi) dari gerakan manusia, dan asas-asas hukum mekanika yang dihubungkan dengan gerakan manusia (mekanika). Pendekatan ketiga bidang ilmu (anatomi, fisiologi dan mekanika) dapat memberi jawaban yang tepat bagaimana gerak yang efisien, efektif dan aman (teknik yang baik), mengapa teknik ini terjadi, dan seberapa tingkat kejadiannya.

Seperti halnya ilmu-ilmu lain, yang tak pernah berdiri sendiri. Kinesiologi ini untuk mempelajarinya dibutuhkan bantuan ilmu-ilmu lain. Dengan perkataan lain, kinesiologi adalah gabungan antara ilmu anatomi, fisiologi dan mekanika. Berdasarkan hal tersebut gerak dapat ditinjau dari beberapa bidang yaitu:

- 1) **Gerakan (motion)**, Suatu obyek yang bergerak pasti dikarenakan adanya kekuatan yang menyebabkannya dan benda itu akan tetap diam kecuali apabila ada kekuatan yang mampu mengendalikannya. Gerakan merupakan unsur utama di dalam olahraga. Oleh karena itu setiap melakukan gerakan olahraga tersebut perlu diusahakan agar efektif, efisien, dan aman.
- 2) **Bentuk gerakan**, Pada umumnya gerakan dapat digambarkan sebagai gerakan linier (translasi) anguler atau kombinasi dari keduanya.



Gambar 2. Bentuk gerak linier yang terlihat pada saat pelari sepatu roda meluncur dan bergerak sepanjang garis lurus.

Sumber: <https://www.google.co.id/search?q=gambar+perlombaan+sepatu+roda>

- Gerak linier (translasi), Gerak linier adalah gerak dalam garis lurus, dari titik yang pertama ke titik yang lain. Contoh dapat dilihat pada (Gambar 2) gerakan persendian bahu dan panggul saat atlet sepatu roda meluncur, karena pada selang waktu tertentu jarak dan arah yang ditempuh oleh persendian tersebut adalah sama.
- Gerak anguler benda mengalami gerak anguler bila dalam waktu yang sama bergerak pada lintasan melingkar disekitar sumbu gerak sehingga semua bagian benda bergerak menempuh sudut dan arah yang sama. Contoh dapat dilihat pada (Gambar 2); 1) Pesenam yang sedang mengangkat tungkai (sumbu internal) 3) Pesenam saat melakukan gerakan pada palang tunggal (sumbu eksternal).

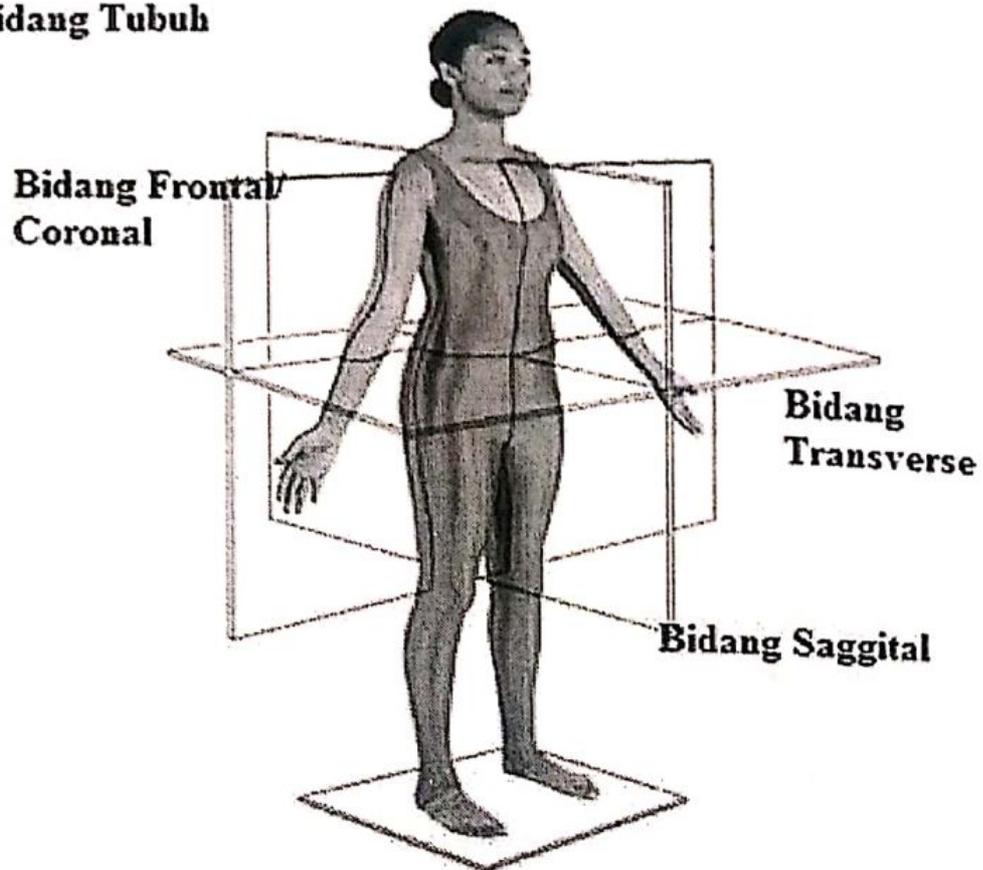


Gambar 3. Bentuk gerak anguler yang dilakukan oleh pesenam pada palang tunggal

3) **Bidang gerak**, Bidang gerak dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu planar dan non planar. Gerak planar yaitu gerak yang melalui satu bidang, sedangkan apabila gerak tersebut melalui dua bidang atau lebih disebut non planar atau tiga dimensional *Adrian dan Cooper* (1989). Tentang bidang tiga dimensional *Barham dan Wooten* (1973) menjelaskan sebagai berikut;

- Bidang sagital atau antero-posterior, yaitu bidang vertikal yang melalui titik berat badan dari depan ke belakang, sehingga membagi badan menjadi bagian kiri dan kanan.
- Bidang frontal atau lateral, yaitu bidang vertikal melalui titik berat badan dari samping ke samping, sehingga membagi badan menjadi bagian muka dan belakang.
- Bidang transversal atau horisontal, yaitu bidang horisontal melalui titik berat badan dan membagi badan menjadi bagian atas dan bawah.

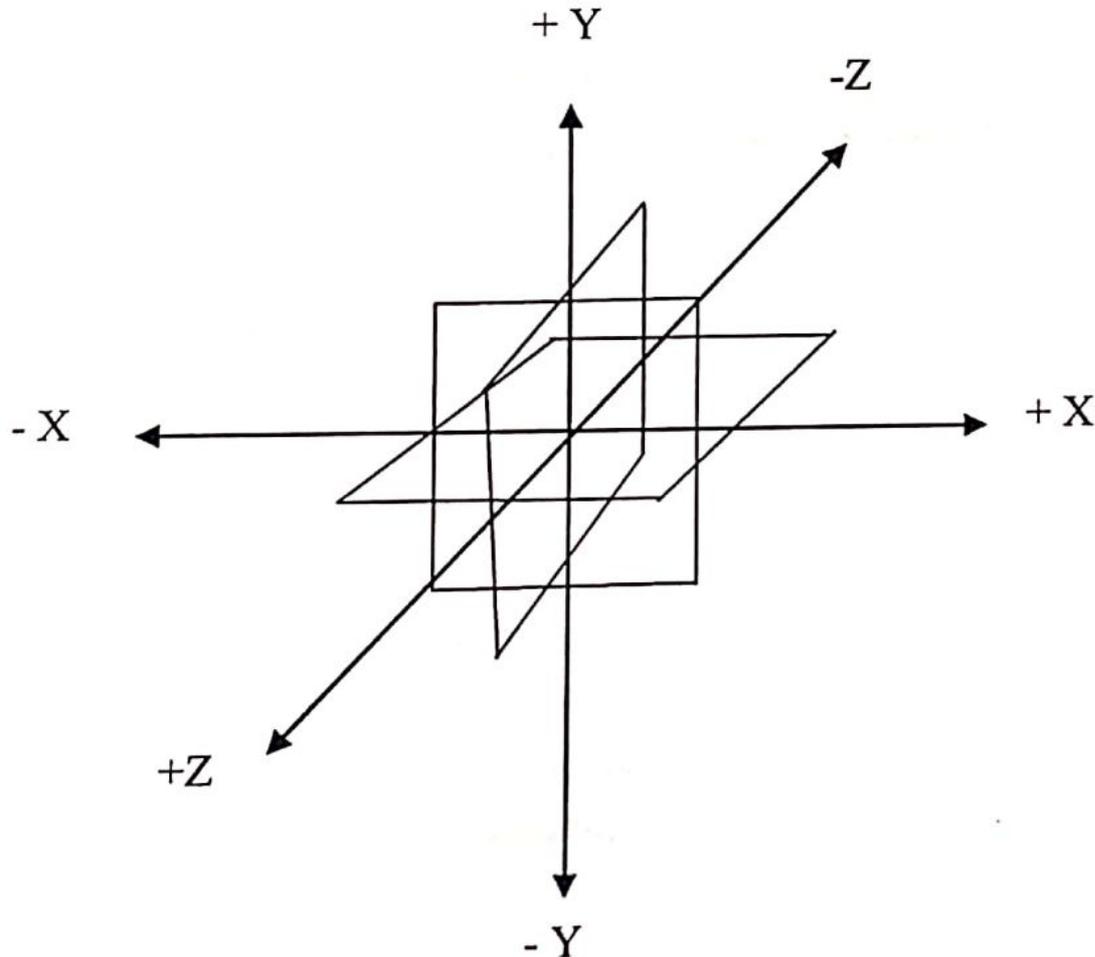
Bidang Tubuh



Gambar 4. Bidang tubuh terdiri dari bidang transversal (T), sagital (S), dan frontal (F).

Sumber : <https://slideplayer.info/slide/12009563/>

Sumbu dari ketiga bidang tersebut dapat dilihat pada (Gambar 5) sebagai berikut:



Gambar 5. Ketiga sumbu dari bidang cardinal saling berpotongan tegak lurus di titik berat badan.

- Sumbu frontal atau sumbu X. sumbu ini horisontal dan tegak lurus pada bidang sagital dari samping ke samping serta melalui titik berat badan.
- Sumbu vertikal atau sumbu Y. sumbu ini tegak lurus pada tanah dan bidang transversal serta melalui titik berat badan.

- Sumbu sagital atau sumbu Z. sumbu ini horisontal dan tegak lurus pada bidang serta melalui titik berat badan.

Biomekanika olahraga memperhatikan tentang gerak beserta bidang gerak yang bekerja pada makhluk hidup itu sendiri. Hal ini menunjukkan bahwa, kajian biomekanika berlandaskan pada hukum-hukum gerak sebagai prinsip dalam melakukan sebuah analisis gerak, yang dilakukan dalam cabang olahraga yang akan dilatih. Sesungguhnya ilmu biomekanika olahraga ini bertujuan untuk menambah wawasan ataupun ilmu pengetahuan seorang pelatih olahraga, guru PJOK, atlet atau para praktisi lain yang membutuhkannya. Untuk itu buku biomekanika olahraga ini disusun sesuai dengan kebutuhan praktisi olahraga untuk menunjang profesinya dalam mencapai prestasi olahraga ataupun prestasi dalam memperoleh gerak yang aman dan terhindar dari cedera.

Untuk melengkapi tujuan tersebut buku biomekanika olahraga ini disusun atas tujuh (9) bab yaitu; pengantar biomekanika olahraga, sistem gerak pasif, sistem gerak aktif, Hukum Newton, Gaya, Gerak, Impuls dan Momentum, Sistem Pengungkit, dan Analisis Gerak dalam Olahraga.

- 1) **Pengantar Biomekanika Olahraga**, seperti yang sudah dijelaskan di atas, pada bagian ini akan menjelaskan tentang arti penting dari biomekanika olahraga serta manfaat dan kegunaan dari biomekanika olahraga itu sendiri.
- 2) **Hukum Newton**. Berkaitan dengan ilmu yang mempelajari tentang gerak dari sebuah benda, dan apa yang menyebabkan benda itu bergerak, begitu juga

sebaliknya bagaimana benda itu bisa diam. Ini berarti hukum Newton yang mempelajari tentang gerak adalah menghubungkan beberapa besaran yaitu gaya, massa, dan percepatan. Ketiga besaran ini sangat berpengaruh terhadap kejadian terjadinya sebuah gerak. Hukum Newton menjelaskan kejadian-kejadian itu berdasarkan hukum-hukum dari gerak itu sendiri yang terdiri dari tiga bagian hukum Newton I, II, dan III.

- 3) **Gaya.** Pada bagian ini akan dijelaskan apa itu gaya ? dan macam-macam dari gaya tersebut. Seperti yang dapat dijelaskan bahwa, gaya merupakan salah satu faktor pendukung terjadinya gerak dari sebuah benda, baik yang berada di udara maupun di bumi. Bergeraknya sebuah benda, tergantung dari besarnya gaya yang mempengaruhi sebuah benda itu sendiri. Massa dan berat sebuah benda adalah faktor utama dalam menentukan gaya yang diberikan kepada sebuah benda untuk menjadikan benda itu bergerak atau berpindah tempat dari titik yang satu ke titik yang lain. Tetapi gaya tidak selalu menyebabkan benda bergerak, contoh bisa saja seseorang mendorong sebuah meja dengan sekuat tenaga tetapi meja tersebut tidak bisa bergerak, artinya walaupun ada gaya yang diberikan kepada sebuah benda tetapi gaya itu lebih kecil dari massa sebuah benda, maka benda tersebut tidak akan bisa bergerak. Agar benda tersebut bisa bergerak, maka harus memiliki gaya yang lebih besar dari massa benda itu sendiri.

- 4) **Gerak.** Pada bagian ini akan membahas apa itu gerak ? dan bagaimana hubungan gerak dengan gaya, serta macam-macam dari gerak itu sendiri seperti dapat dijelaskan bahwa, gerak adalah suatu perubahan tempat kedudukan pada suatu benda dari titik keseimbangan awal. Sebuah benda dikatakan bergerak jika benda itu berpindah kedudukan terhadap benda lainnya baik perubahan kedudukan yang menjauhi, maupun yang mendekati. Gerak yang dilakukan oleh manusia ataupun benda semuanya dipengaruhi oleh sebuah gaya seperti yang sudah dijelaskan pada bagian terdahulu bahwa, setiap benda yang bergerak dipengaruhi oleh gaya yang bekerja pada benda tersebut, baik itu berupa gaya sentuh atau pun tidak.
- 5) **Impuls dan Momentum.** Istilah impuls dan momentum merupakan hal yang sudah sering dipakai dalam bahasa sehari-hari. Impuls diartikan sebagai sebuah dorongan, misalkan seseorang memberikan impuls terhadap lemari. Berarti orang tersebut memberikan dorongan terhadap meja. Sedangkan momentum diartikan sebagai saat yang tepat, misalnya pada saat seseorang akan melakukan tendangan pinalti dalam permainan sepak bola, dia harus melihat mometum yang tepat atau arah dari sasaran bola yang akan ditendang.
- 6) **Sistem Pengungkit.** Dalam kegiatan sehari-hari, tanpa sadar sebenarnya kita telah menerapkan sistem pengungkit untuk memudahkan setiap upaya yang kita lakukan. Pada bagian ini akan dijelaskan apa itu sistem pengungkit dan macam-macam sistem

pengungkit. Pengungkit merupakan suatu batang yang kaku yang dapat berputar pada titik yang tetap bila gaya digunakan untuk membatasi beban. Bila bergerak, pengungkit melakukan dua fungsi penting. Pengungkit digunakan untuk mengatasi beban yang lebih besar dari pada gaya, atau untuk memperbesar jarak Bergeraknya beban dengan gaya lebih besar dari pada beban itu sendiri. Sistem pengungkit dibagi atas tiga tipe 1) pengungkit tipe I, 2) pengungkit tipe II, dan, 3) pengungkit tipe III.

7) Analisis Gerak dalam Biomekanika Olahraga.

Dalam analisis gerak olahraga pada bagian ini dapat di jelaskan beberapa cabang pada olahraga yaitu; 1) renang, 2) lari, dan 3) lompat tinggi gaya flop. Untuk lebih jelasnya tentang penjelasan di atas, buku biomekanika olahraga ini menyediakan materi-materi yang dapat dipelajari sesuai dengan kebutuhan kita pada saat menganalisis gerak dalam berbagai cabang olahraga.

Referensi;

Andrian, Marlene, J., & Cooper, John, M. (1989). *The Biomechanics of Human Movement*. Indiana: Benchmark Press, Inc.

Barham, Jerry, N (1973). *Structural Kinesiology*. New York: Macmillan Publishing Co. Inc.

<https://slideplayer.info/slide/12009563/>

Bab 2

SISTEM GERAK PASIF

A. Pendahuluan

Rangka (*skeleton*) manusia merupakan alat gerak pasif, karena rangka tidak dapat bergerak kalau tidak digerakan oleh otot. Oleh karena itu otot disebut juga dengan alat gerak aktif, dimana otot memiliki peran aktif sebagai proses terjadinya gerak yang disebut dengan kontraksi (otot memendek) dan relaksasi (otot memanjang). Untuk lebih jelasnya yang berkaitan dengan otot sebagai alat gerak aktif dapat dilihat pada bab tiga.

B. Bagian Sistem Alat Gerak Pasif

Rangka manusia dewasa sebagai alat gerak pasif tersusun dari gabungan beberapa tulang (sekitar 206 tulang) yang membentuk suatu rangka tubuh yang kokoh. Tulang-tulang tersebut saling berhubungan yang terdiri dari tulang kepala yang membentuk tengkorak (8 buah) ; tulang wajah (14 buah); tulang telinga dalam (6 buah); tulang lidah (1 buah); tulang yang membentuk kerangka dada (25 buah); tulang yang membentuk tulang belakang dan gelang panggul (26 buah); tulang anggota yang membentuk lengan (anggota gerak atas 64 buah); tulang yang membentuk kaki (anggota gerak bawah 62 buah).^[9]

Walaupun rangka terutama tersusun dari tulang, rangka di sebagian tempat dilengkapi dengan sistem gerak. Untuk kepentingan ilmu pengetahuan rangka digolongkan menjadi **rangka aksial**, **rangka apendikuler**, dan **persendian antar tulang**.

1. Rangka Aksial

Rangka aksial terdiri atas 89 tulang yang membentuk aksis panjang tubuh dan melindungi organ-organ pada kepala, leher, dan torso.

- a. **Collumna vertebra** (tulang belakang) terdiri dari 26 vertebra yang dipisahkan oleh diskus intervertebralis.
- b. **Cranium** (tulang tengkorak) diseimbangkan pada collumna vertebra.
 - (1) Tulang cranial menutupi dan melindungi otak dan organ-organ pancaindra.
 - (2) Tulang wajah memberikan bentuk pada muka dan berisi gigi.
 - (3) Enam tulang auditori (telinga) terlibat dalam transmisi suara.
 - (4) Tulang **21yste** yang menyangga lidah dan laring, serta membantu dalam poses menelan, merupakan bagian terpisah dari tulang tengkorak.
- c. **Kerangka Toraks** (tulang dada) meliputi tulang-tulang iga dan **sternum**, yang membungkus dan melindungi organ-organ toraks.

2. Rangka apendikuler

Rangka apendikuler terdiri dari 126 tulang yang membentuk lengan, tungkai dan tulang pectoral serta

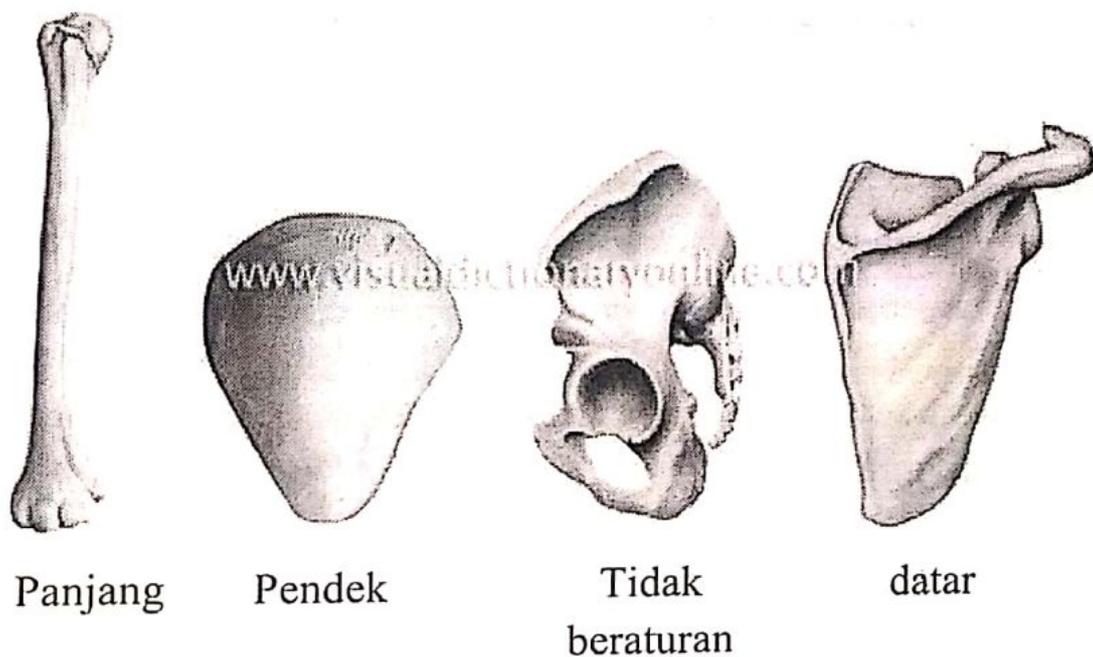
tonjolan pelvis yang menjadi tempat melekatnya lengan dan tungkai pada rangka aksial.

3. Persendian

Persendian merupakan merupakan **artikulasi** dari dua tulang atau lebih.^[9] Sendi tulang merupakan pergerakan satu tulang tanpa mengganggu yang lainnya. Sendi-sendi ini, atau artikulasi sangat penting untuk berjalan sebagaimana pergerakan-pergerakan tubuh lainnya. Kita dapat menyesuaikan dengan pengurangan kelenturan sendi-sendi, namun kerusakan sendi akibat **arthritis** dapat sangat membatasi gerak.

Fungsi pendukung tulang sangat jelas pada kaki. Dimana otot-otot tubuh terhubung dengan tulang melalui **tendon** dan **ligament** serta sistem penulangan ditambah otot-otot pendukung tubuh. Pada usia lanjut dan pada penyakit-penyakit tertentu, kondisi dari beberapa struktur pendukung ini memburuk. Bila kita hidup dilaut dimana kita kan menjadi "tampa berat" terhadap sifat mengambang dalam air, kebutuahan kita pada tulang tengkorak akan sangat berkurang. Seperti ikan hiu tidak memiliki tulang apapun, tulang-tulangnya terdiri dari tulang rawan.^[5]

Jadi bagian sistem rangka sebagai alat gerak pasif merupakan gabungan dari beberapa tulang yang membentuk struktur tubuh manusia berdasarkan fungsinya. Bagian tulang tersebut terdiri dari tulang panjang, tulang pendek, tulang datar, tulang tidak teratur hal ini dapat dilihat pada (gambar 6) dimana gabungan beberapa tulang ini akan membentuk rangka aksial dan rangka apendikuler serta membentuk sebuah persendian.



Gambar 6. Tulang Panjang, pendek, tidak beraturan, dan tulang datar

Sumber: <https://www.google.com/search>

Berdasarkan gambar 6 di atas dapat dijelaskan bahwa *pertama* tulang panjang memiliki bentuk sesuai namanya, berbentuk pipa. Tulang ini memiliki bentuk memanjang dan tengahnya berlubang. Contohnya adalah tulang paha, tulang betis, dan tulang lengan. *Kedua* tulang Pendek bentuk sesuai dengan namanya berbentuk pendek. Tulang ini bersifat ringan dan kuat. Meskipun tulang ini pendek, tulang ini mampu menahan beban yang cukup berat. Contohnya adalah tulang pergelangan tangan, telapak tangan, dan telapak kaki.

Ketiga tulang datar memiliki bentuk pipih seperti pelat. Contoh dari tulang pipih adalah tulang penyusun tengkorak, tulang rusuk, dan tulang dada. *Keempat* tulang tidak beraturan tulang jenis ini merupakan gabungan dari

berbagai bentuk tulang. Contohnya adalah tulang wajah dan tulang yang terdapat pada ruas-ruas tulang belakang.

C. Anatomi Rangka Aksial Sebagai Alat Gerak Pasif

Rangka aksial terdiri dari tulang-tulang dan bagian cartilago yang melindungi dan menyangga organ-organ kepala, leher dan dada. Bagian rangka aksial meliputi tengkorak, tulang hyoid, osikel, auditori, collumna vertebra, sternum dan tulang iga.

1. Tengkorak

a. Cranium (Tulang tengkorak)

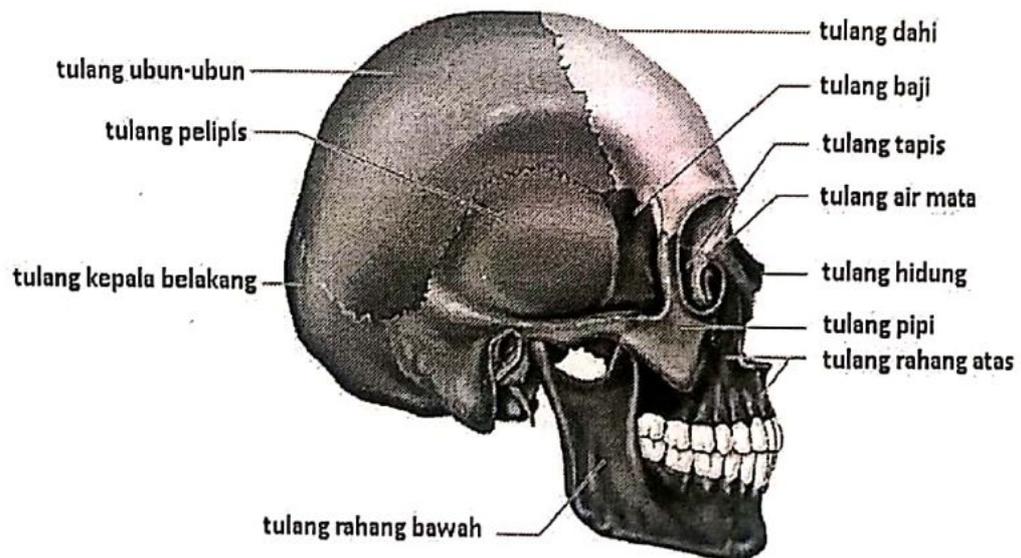
Pada cranium (tulang tengkorak) terbagi ke dalam dua bagian yaitu tulang tengkorak yang melindungi otak dan tulang yang membentuk wajah. Secara spesifiknya dapat dilihat pada (gambar 7) hal ini dapat diuraikan sebagai berikut;

- 1) Tulang Tengkorak (cranium) membungkus dan melindungi otak terdiri dari;
 - (a) Tulang frontal (tulang dahi) membentuk dahi, langit-langit, rongga nasal langit-langit orbita (kantong nata)
 - (b) Tuangpariatalis (tulang ubun-ubun) membentuk sisi dan langit-langit cranium.
 - (c) Tulangoccipitalis (tulang tengkorak belakang) membuat bagian dasar dan bagian belakang cranium.
 - (d) Tulang temporalis (tulang pelipis) membentuk dasar dan bagian sisi dari cranium.

- (e) Tulang etmoid (tulang tapis) adalah struktur penyangga penting dari rongga nasal dan berperan dalam pembentukan orbita mata.
- 2) Tulang sphenoid (tulang baji) bentuk seperti kelelawar dengan sayap terbentang. Arah lateral dengan tulang temporal dan kearah anterior dengan tulang etmoid dan tulang frontal. Tulang tengkorak yang membentuk wajah tidak bersentuhan dengan otak. Tulang tersebut disatukan oleh sutura yang tidak dapat bergerak, kecuali pada mandibula atau tulang rahang bawah, terdiri dari;
- (a) Tulang nasal (tulang hidung) membentuk penyangga hidung dan berartikulasi dengan septum nasal.
 - (b) Tulang platinium (tulang langit-langit) membentuk bagian posterior langit-langit mulut (langit-langit keras), bagian tulang orbital, dan bagian rongga nasal.
 - (c) Tulang zigomati (tulang pipi) membentuk tonjolan pada tulang pipi, setiap prosesus temporal berartikulasi dengan prosesus zigomatikus pada tulang temporal.
 - (d) Tulang maksilar (membentuk rahang atas)
 - (e) Tulang lakrimalis (tulang mata) berukuran kecil dan tipis, serta terletak diantara tulang etmoid dan maksila pada orbita.^[9]

Berdasarkan pada (gambar 7), dapat dilihat bahwa beberapa bagian tulang tengkorak seperti, frontalis, parietalis, nasalis, maksilaris, temporalis, occipitalis dan mandibularis, akan disatukan dalam

suatu pertemuan antar tulang yang disebut dengan sutura, dengan perantara jaringan ikat yang tipis, Sutura itu sendiri merupakan pertemuan antar tulang yang satu bergerigi dengan tulang yang lain dengan bentuk gerigi yang sama, sehingga pertemuan antar tulang tersebut begitu rapat.



Gambar 7. Tulang tengkorak membungkus otak dan membentuk wajah

Sumber: <https://www.perpusku.com>

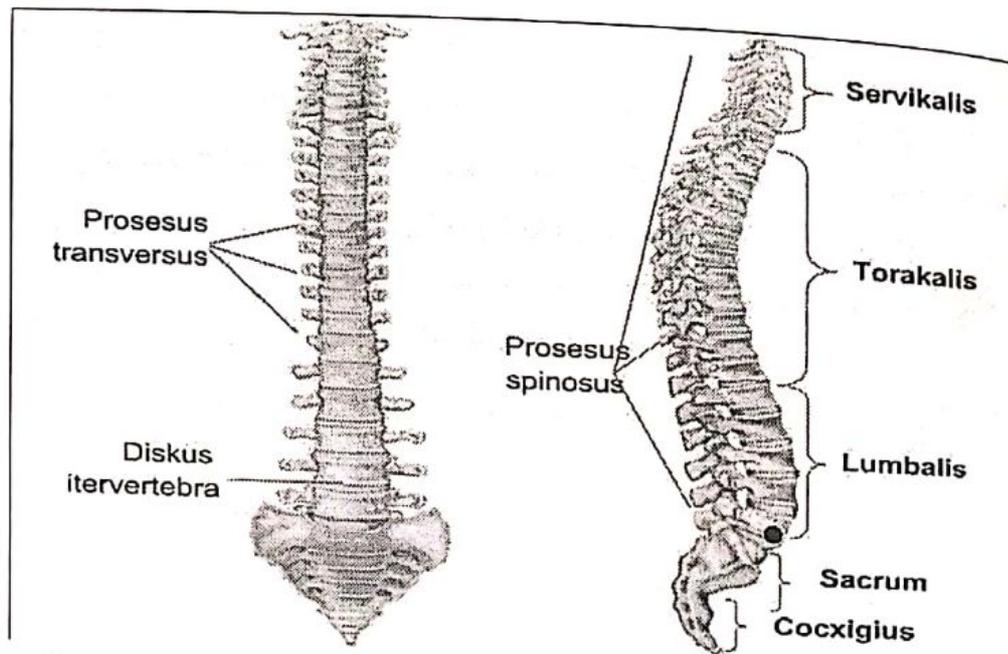
2. Collumna Vertebra

Tulang-tulang belakang merupakan tulang penyangga tubuh untuk berdiri tegak. Tulang-tulang tersebut dapat dilihat pada gambar 8 dimana tulang ini terdiri dari 33 buah tulang yang satu sama lainnya saling bertemu (bersendi) dengan perantara tulang rawan (cartilago). Bantalan sendi yang terletak diantara ruas-ruas tulang belakang tersebut dinamakan dengan *discus intervertebralis*. Discus inilah yang menahan stress yang

datang dari tubuh bagian atas, dan dengan perantara diskus inilah menyebabkan terjadinya gerakan diantara ruas-ruas tulang tersebut, sehingga badang kita bisa bergerak ke depan, ke belakang, ke kiri dan ke kanan serta berputar.

Secara spesifik beberapa diantara tulang-tulang belakang tersebut dapat diuraikan sebagai berikut;

- (a) Tulang cervicalis (tulang leher) memiliki foramina transversal untuk lintasan arteri vertebra.
- (b) Tulang torachalis memiliki prosesus spinisus panjang yang mengarah ke bawah, yang memiliki faset artikular pada prosesus transverses, yang digunakan untuk artikulasi tulang iga.
- (c) Tulang lumbalis merupakan vertebra terpanjang dan terkuat. Prosesus spinosanya pendek dan tebal, serta menonjol hampir searah dengan garis horizontal.
- (d) Tulang sacrum merupakan tulang triangular. Bagian dasar tulang ini berartikulasi dengan vertebra lumbal kelima.
- (e) Tulang coccygeus (tulang ekor) menyatu dan berartikulasi dengan tulang sacrum, yang kemudian membentuk sendi dengan sedikit pergerakan



Gambar 7. Collumna vertebralis tampak depan dan tampak samping

Sumber: Editores (2009:36)

Ruas-ruas tulang belakang apabila dilihat dari belakang seperti garis lurus, namun dalam pertumbuhan dan perkembangan tulang yang tidak normal bisa saja ruas-ruas tulang belakang miring ke kiri atau ke kanan dan ini disebut dengan *scoliosis*. Sedangkan apabila dilihat dari samping, maka ruas-ruas tulang belakang melengkung seperti huruf S. Lengkungan di daerah leher dan pinggang disebut dengan *lordosis*, sedangkan cembung di daerah punggung disebut dengan *kiposis*. Apabila cekungannya berlebihan maka disebut dengan hiper lordosis, sedangkan apabila cembungannya yang berlebihan maka disebut dengan *hiper kiposis*.

Ruas-ruas tulang belakang merupakan salah satu bagian tubuh yang cukup sensitif dan berbahaya apabila terjadi cedera pada bagian-bagian tulang belakang

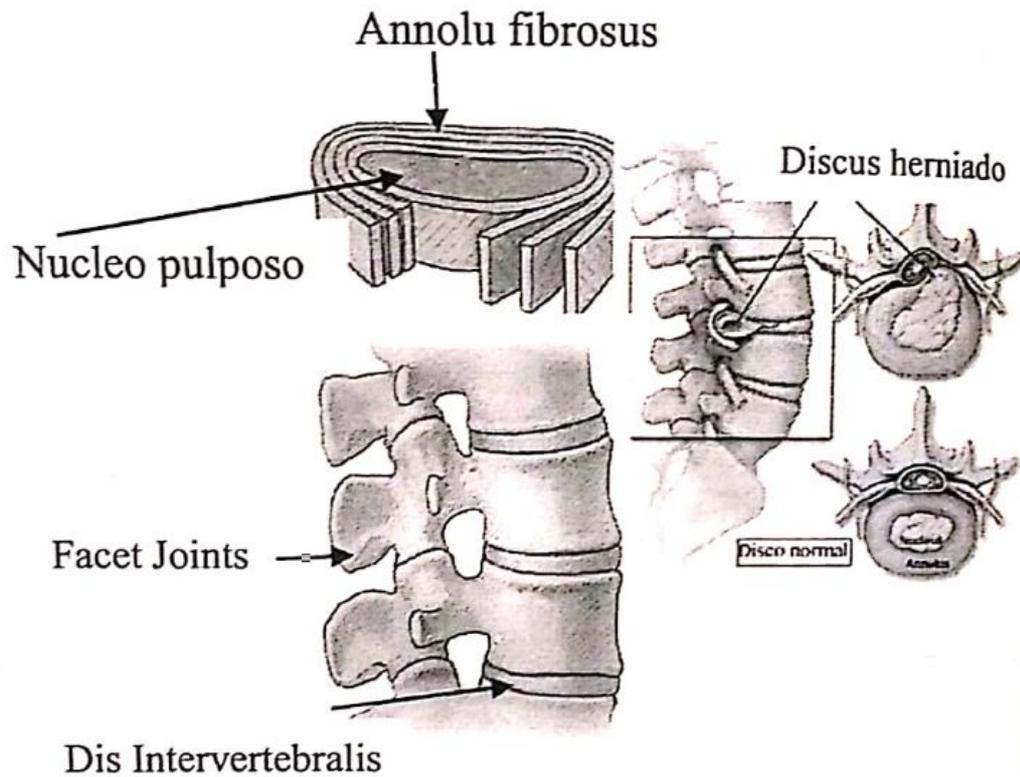
tersebut, karena di antara ruas-ruas tulang belakang keluar serabut syaraf yang sangat banyak. Kondisi ini sangat rentan yang bisa menyebabkan orang mengalami kelumpuhan apabila terjadi cedera pada daerah tulang belakang ini seperti *fractur* (patah tulang) maupun dislokasi. Karena itu apabila melakukan operasi di bagian-bagian tulang belakang ini, harus dilakukan oleh seorang dokter ahli bedah syaraf dan bedah tulang. Kesalahan dalam melakukan operasi (bedah) pada daerah tersebut dapat menyebabkan kelumpuhan yang permanen.

(Gambar 8) memperlihatkan collumna vertebralis beserta discus yang normal dengan discus yang herniada;^[10]

Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa pada gambar (a dan b) merupakan bagian discus intervertebralis yang normal, sedangkan pada bagian (c) memperlihatkan bagian yang cedera yaitu robeknya bagian discus menyebabkan hernia pada nucleus pulposus (keluarnya bagian inti dari vertebrae) dan menekan serabut syaraf. Apabila kondisi ini berlangsung dalam waktu yang lama maka terjadi gangguan pada sistem syaraf pusat dalam hal proses pengiriman impuls, sehingga dapat menyebabkan kelumpuhan yang permanen.

Panggul yang membentuk pinggul, sebenarnya adalah tiga tulang yang menyatu di setiap sisi (gambar 9). Ketiga tulang itu adalah ilium, ishium, dan pubis. Konfigurasi ketiga tulang bisa membingungkan. Tulang yang dirasakan di bawah kulit di sisi luar pada panggul adalah lambang berbentuk kipas disebut ilium, atau

tulang iliaka. Sedangkan bagian bawah pada pantat yang bersentuhan dengan kursi apabila kita duduk disebut tulang duduk atau ischium. Sedangkan tulang kemaluan terdiri dari dua buah kiri dan kanan yang saling berhubungan di bagian depan.

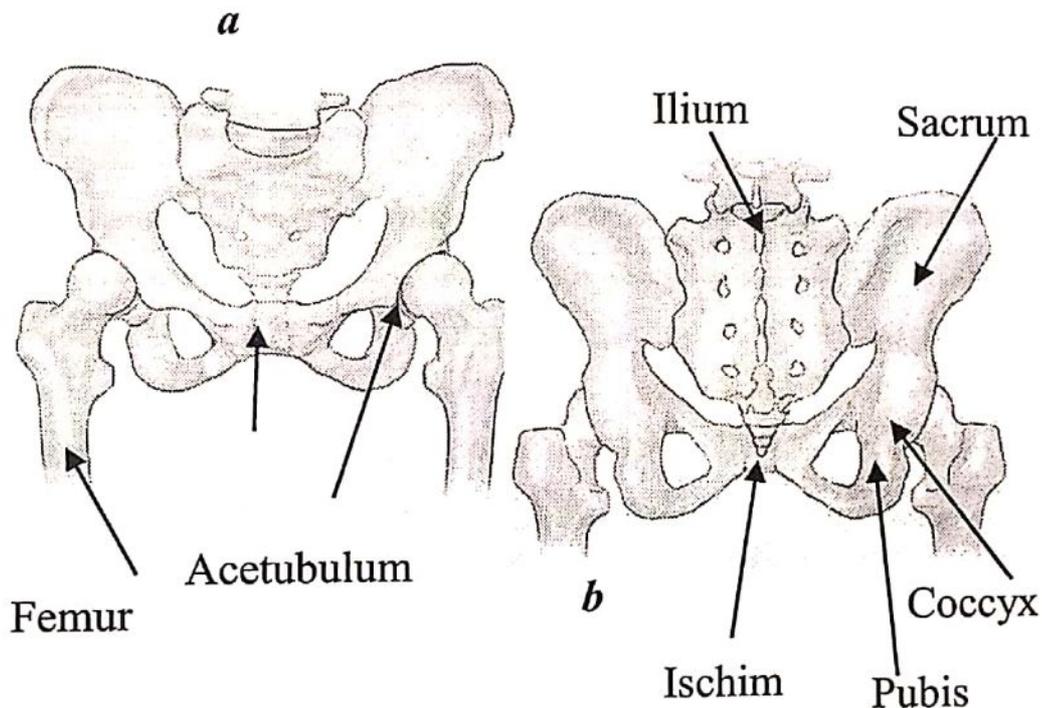


Gambar 8. Ruas-ruas tulang belakang beserta bantalan Normal dan herniado

Sumber: Isacowitz & Klippiger, (2011:8)

Ketiga tulang ini yaitu os ileum, os pubis dan os ischium menyatu bersama-sama, dan masing-masing saling terhubung antara satu dengan yang lainnya membentuk panggul (coxae). Pada bagia posterior, dua tulang iliaka mengartikulasikan dengan masing-masing sisi sacrum untuk membentuk sendi sacroiliac, sebuah

gabungan beberapa tulang dengan gerakan yang sangat kecil.

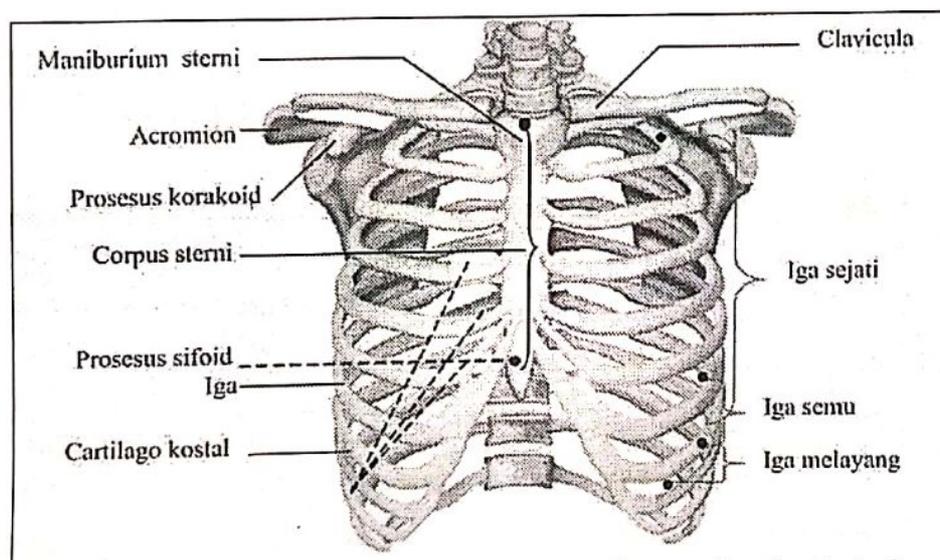


Gambar 9. Tulang panggul: (a) depan; (b) belakang.
Sumber: Kirkendall (2011:104)

3. Tulang Sternum dan Iga

Pada setiap vertebra dorsal tulang rusuk diartikulasikan, seperti yang terlihat pada (gambar 10) karena ada 12 pasang rusuk, langsung bergabung ke depan menuju sternum. Vertebra dorsal, tulang rusuk dan sternum mereka merupakan sebuah rongga thorax, yang melindungi hati, jantung, paru-paru, esofagus dan trakea. Rongga dada meluas dari leher naik ke sternum di antaranya pertama 7 rusuk, disebut rusuk sejati (costae vera) tulang yang datar, dari 15 hingga 20 cm panjang dan lebar 5 hingga 6 cm.

Sisanya adalah permukaan yang mengartikulasikan dengan iga (reses) rusuk adalah tulang yang datar dan panjang, yang membungkuk ke depan. 7 pertama iga sejati. Meregang dari tulang belakang naik ke sternum, dimana iga tersebut bergabung dengan cara dihubungkan dengan tulang rawan kosta atau tulang rawan tulang rawan. 3 berikut disebut iga tidak sejati (*costae spurie avikse*) tidak mengartikulasikan secara langsung dengan sternum, tapi bergabung dengan atasan langsung (terakhir rusuk sejati) dengan menggunakan tulang rawan. 2 yang terakhir lebih pendek dari yang lain dan tidak tiba ke tulang dada: mereka disebut iga mengambang (iga melayang).^[1]



Gambar 10. Rangka dada yang terbentuk dari tulang iga, torakalis, sternum antara iga dengan sternum dihubungkan dengan cartilago yang memiliki gerak yang sedikit

Sumber: Editores (2009:38)

Berdasarkan gambar di atas bahwa terlihat tulang sternum dan iga membentuk rangka dada (toraks) rangka

dada melindungi organ di atas abdomen seperti jantung dan paru, dengan demikian maka ketika terjadi inspirasi tulang iga ini akan digerakan oleh otot interkostalis sehingga tulang iga terangkat dan membuka ruang untuk paru mengembang dan membuka ruang untuk memasukan udara dari luar tubuh. Gerak yang dilakukan oleh tulang iga hanya sedikit.

D. Anatomi Rangka Apendikuler Sebagai Alat Gerak Pasif

Rangka apendikuler terdiri dari girder pectoral (bahu), girder pelvis, dan tulang lengan serta tungkai, yang terdiri dari anggota gerak atas (ekstermitas superior) dan anggota gerak bawah (ekstermitas inferior).

1. Anggota Gerak Atas (Ekstermitas Superior)

a. **Girdel Pektoral** memiliki dua tulang **clavicula** dan **scapula** dan berfungsi untuk melekatkan tulang lengan kerangka aksial.

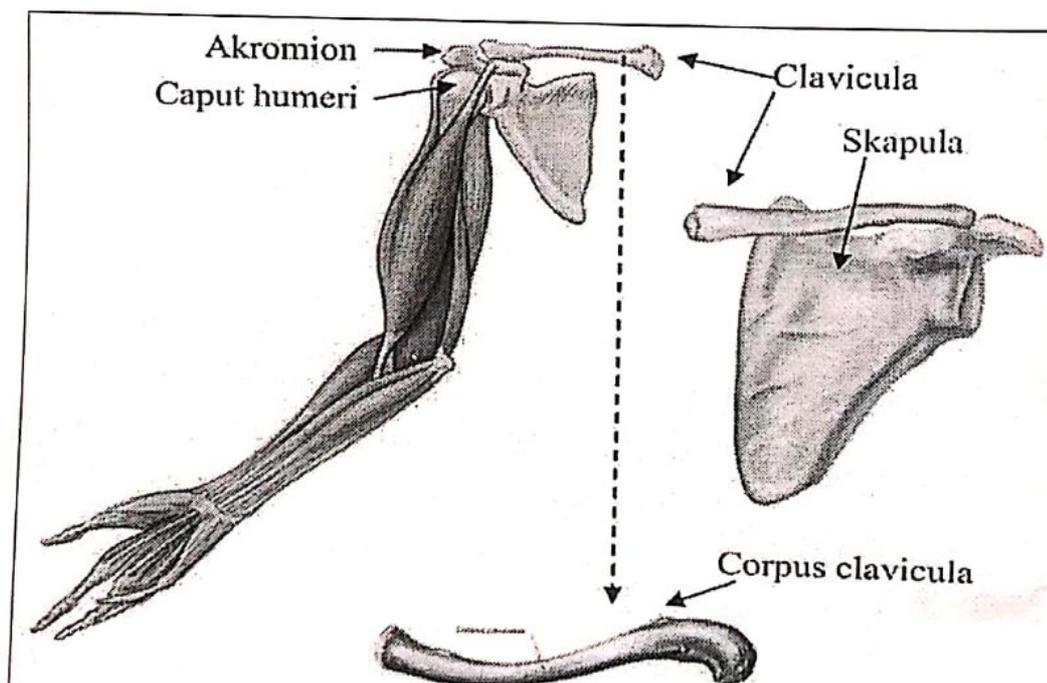
1) **Skalpula** (tulang belikat) adalah tulang pipih triangular dengan tiga tepi; **tepi vertebra** (medial) yang panjang terletak paralel dengan collumna vertebra; **tepi superior** yang pendek melandai kearah ujung bahu; dan **tepi lateral** merupakan tepi ketiga pelengkapa segutiga, mengarah kelengan.

2) **Clavicula** (tulang kolar) ada tulang berbentuk S, yang secara lateral, berartikulasi dengan prosesus akromion pada scapula dan secara medial dengan manubrium pada takik clavicular untuk membentuk sendi **sternoclavicular**. Lihat (gambar 11).^[3]

Jadi scapula dan clavicula merupakan tulang yang tidak banyak digunakan untuk aktivitas sehari-hari, akan tetapi mempunyai peran yang sangat penting. Kalau

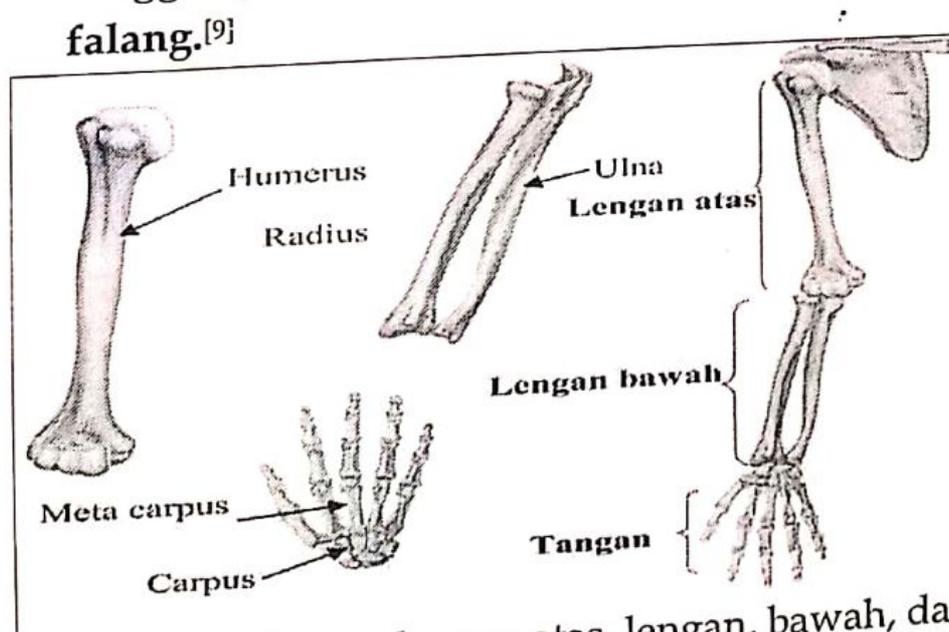
ditinjau fungsi scapula yaitu untuk membatasi gerakan pada persendian humeri atau articulatio humeri sehingga tidak dapat berputar kebelakang secara 360 derajat. Jika hal ini terjadi, maka persendian humeri semakin lama semakin cepat lepas, selain itu clavikula berfungsi sebagai menjaga tulang rawan (cartilago) dan sternum. Sebagai contoh pada olahraga angkat besi, jika tidak ada tulang clavikula maka tulang cartilago dan sternum akan cepat rusak bahkan bisa patah.

- b. **Lengan Atas** tersusun dari tulang lengan, tulang lengan bawah (brachium) dan tulang lengan bawah (antebrachium) seperti yang terlihat pada (gambar 12)



Gambar 11.Articulatio skalpula, clavicula, dan humeri
 Sumber: Kirkendall (2011:43)

- 1) **Humerus** adalah tulang tunggal pada lengan. Humerus terdiri dari bagian kepala membulat yang masuk kedalam rongga glenoid, bagian leher bagian anatomis, dan bagian batang yang memanjang kearah distal.
- 2) Tulang-tulang dari lengan bawah adalah **ulna** pada sisi medial dan **tulang radius** di sisi lateral (sisi ibu jari) yang dihubungkan dengan suatu jaringan ikat fleksibel, **membrane interoseus**.
- 3) **Tulang pergelangan tangan (karpus)**. Pergelangan tangan terdiri dari delapan tulang karpal iriguler yang tersusun dalam dua baris, setiap baris berisi empat tulang.
- 4) **Tangan (meta karpus)** tersusun dari lima tulang **metacarpal**.
- 5) Tulang-tulang jari disebut **phalanges** tulang tunggalnya lebih sering disebut dengan tulang **falang**.^[9]



Gambar 12. Tulang lengan atas, lengan, bawah, dan tangan

Sumber: Editores (2009:40)

Berdasarkan gambar di atas dimana antara tulang-tulang humerus (lengan atas), radius dan ulna (lengan bawah) yang berartikulasi dengan sendi ahui dan siku yang dapat melakukan gerakan rotasi untuk lengan atas fleksi dan ekstensi untuk lengan bawah. Selain itu pergelangan tangan terdapat sendi kaku yang memungkinkan pergerakan terjadi secara terbatas.

Sedangkan sendi yang menghubungkan pergelangan tangan dengan telapak tangan adalah sendi pelana. Pergerakan yang dapat dilakukan pergelangan tangan adalah pergerakan marginal seperti pergerakan menuju tulang jempol dan jari-jari tangan. Pergerakan yang juga dapat dilakukan yaitu gerakan pada bidang tangan seperti fleksi palmar yaitu gerakan miring ke arah telapak tangan dan ekstensi yaitu gerakan miring ke bagian belakang tangan. Gerakan fleksi palmar lebih kuat dari pada gerakan ekstensi.

2. Anggota Gerak Bawah (Ekstermitas Inferior)

a. Girdel pelvis mentransmisikan berat trunkus ke bagian tungkai bawah dan melindungi organ-organ abdominalis dan pelvis.

1) Tulang panggul menyerupai bentuk kipas angin listrik dengan sebuah poros pemegang serta dua baling-baling.

2) Persendian pelvis menurut jenis kelamin berdasarkan pengukuran dimensi rata-rata pelvis laki-laki dan perempuan, maka sekitar 50% perempuan memiliki ginekoid, atau pelvis sejati perempuan, bila dimeterkan lebih lebar dan lebih

lapang dibandingkan pelvis laki-laki, yang memiliki android, pelvis sejati laki-laki.

b. Tungkai bawah secara anatomis, bagian proksimal dari tulang bawah antara girdle pelvis dan lutut adalah paha bagian antara lutut dan pergelangan kaki adalah tungkai.

1) **Femur** ditinjau dari bahasa latin adalah paha, tulang paha merupakan tulang panjang, terkuat, dan tulang terberat dari semua tulang dari rangka tubuh dapat dilihat pada. Dimana ujung proksimal femur memiliki kepala yang membulat untuk berartikulasi fossa asetabulum.

2) **Tibia** merupakan tulang medial yang besar tulang ini membagi berat tubuh dari femur ke bagian kaki.

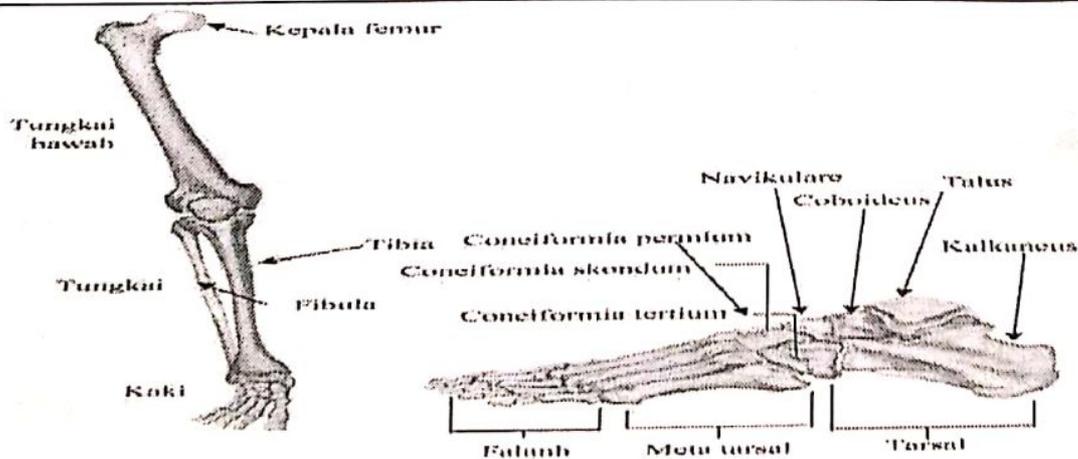
3) **Fibula** merupakan tulang yang paling ramping dalam tubuh, panjangnya proposional, dan tidak turut dalam menopang tubuh. Kalau ditinjau dari segi kegunaan tulang fibula ini adalah untuk menambah area yang tersedia sebagai tempat pelekatan otot tungkai (betis).

c. Pergelangan kaki dan kaki tersusun dari 26 tulang yang diatur dalam tiga rangkaian.^[9] Untuk lebih jelasnya bagaimana bentuk anggota gerak bawah dapat dilihat pada (gambar 13).

Jadi anggota gerak bawah terdiri atas femur (tulang paha), tibia (tulang kering), fibula (tulang betis), patela (tulang tempurung lutut), tarsal (tulang pergelangan kaki), metatarsal (tulang telapak kaki), dan falangus (tulang jari kaki). Alat gerak bawah ini akan membentuk rangka tungkai bawah, tungkai dan kaki, sehingga memungkinkan

untuk manusia berdiri dengan dua kaki (bipedal). Sekitar 62 buah tulang yang akan membentuk alat gerak bawah yang saling berartikulasi satu sama lain sehingga memungkinkan untuk terjadinya gerak yang luas dan menopang tubuh bagian atas dapat dilihat pada (gambar 14).

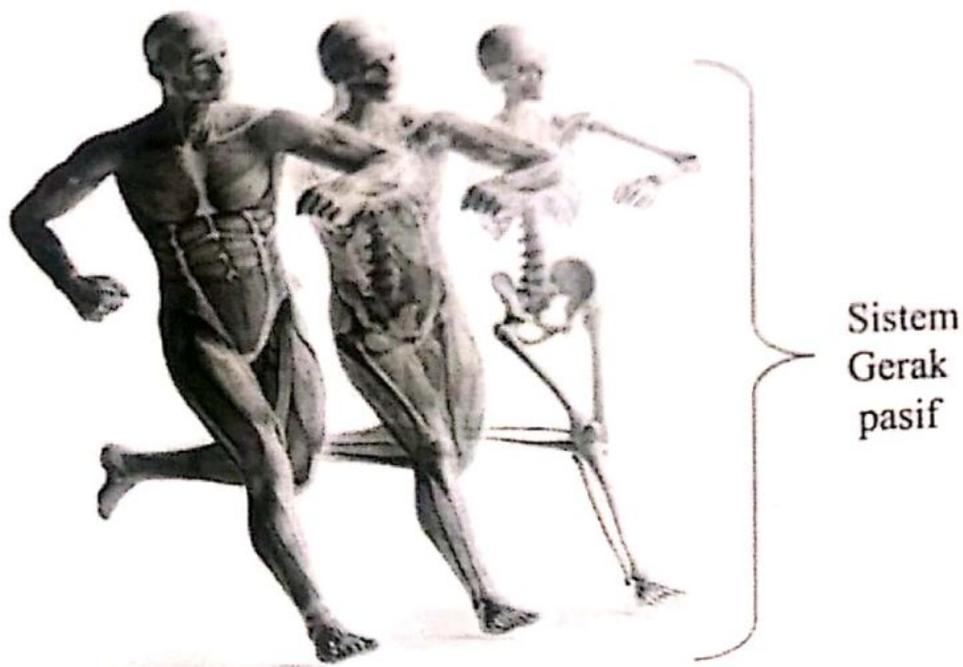
Beratnya anggota tubuh bagian atas yang terdiri dari tulang cranium, collumna vertebralis, thorakalis, dan alat gerak bagian atas akan ditopang oleh alat gerak bagian bawah seperti tulang femur, tulang tibia, tulang fibula, tulang kaki. Kekuatan tulang terdapat pada tulang femur dan tulang tibia, serta luasnya tulang telapak kaki yang terdiri dari tulang tarsal dan meta tarsal akan menentukan kokohnya penopang tubuh bagian atas. Untuk melakukan gerakan biasanya diukur dengan tingkat labil atau stabilnya gerak yang dilakukan, hal ini biasanya tergantung kekuatan tulang tungkai bawah dan kerja otot tungkai bawah dalam menyeimbangkan tubuh baik dalam melakukan gerakan statis maupun dinamik. Dengan demikian maka alat gerak bagian bawah sangat berperan penting untuk membuat manusia bergerak stabil.



Gambar 13. Tulang tungkai atas, tungkai, dan kaki

Gabungan dari 206 tulang berdasarkan fungsinya seperti yang dijelaskan pada awal bab akan membentuk sistem rangka manusia yang utuh, dan memberi bentuk tubuh serta penopang tubuh untuk membantu berdirinya tubuh, dengan demikian maka rangka dapat dijadikan sistem gerak pasif. Rangka sebagai sistem gerak pasif memberikan peluang untuk melakukan gerakan pada manusia lebih luas, dibandingkan makhluk yang tidak tersusun dengan rangka yang utuh.

Kekompakan rangka sebagai sistem gerak pasif membuat manusia dapat melakukan gerak seperti berdiri dengan dua kaki, berjalan, berlari, melompat, meloncat, menolak, melempar, memukul, menendang, roling, mengangkat beban, dll. Jadi dapat disimpulkan dengan sistem gerak pasif ini (sistem rangka) membuat manusia tidak memiliki batasan gerak yang ingin dilakukan.



Gambar 14. Sistem gerak pasif terdiri dari rangka aksial dan rangka apendikuler yang melakukan gerakan berputar

Sesungguhnya kejadian gerak tersebut memang tergantung dari sistem gerak yang normal sehingga dapat melakukan gerakan yang normal pula. Untuk meningkatkan lebih aktual maka sistem gerak pasif ini memang menjadi suatu pertimbangan dalam mencapai sebuah prsetasi gerak yang dilakukann. Artinya orang yang memiliki kemampuan gerak yang lebih maka secara tidak langsung mereka didukung dengan anggota gerak pasif yang baik sesuai dengan bentuk gerak yang dilakukan.

E. Persendian Penunjang Terjadinya Gerak

Susunan atau struktur rangka manusia seperti yang dijelaskan terdahulu terdiri dari empat macam tulang, yaitu ada yang berbentuk panjang (Logum), pendek (Breve), pipih (Planum), dan tidak beraturan (Irreguler), dan empat bagian tulang ini akan saling berhubungan satu sama lain, yang dihubungkan langsung oleh sendi. Bagian sendi yang menghubungkan antar tulang adalah berdasarkan bentuk dan struktur dari tulang tersebut sehinga menyebabkan adanya kemungkinan terjadi gerakan atau tidak.

Dengan demikian Sendi dibagi menjadi dua ada sendi beruang dan ada yang tidak beruang. Sendi beruang seperti atara tulang humerus dengan ulna yang memungkinkan adanya gerakan sedang sendi tak beruang adalah sedi dibagian tengkorak atau wajah yang memungkinkan tidak terjadi pergerakan.

1. Sistem Persendian

Alat gerak dibagian atas merupakan alat gerak pasif (Gerakan yang dilakukan oleh tulang rangka dan

badan). Dan anggota gerak aktif gerakan yang dilakukan oleh otot-otot badan. [11] Artrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang sendi. **Sendi** adalah pertemuan antara satu tulang dengan tulang yang lainnya, baik terjadi pergerakan atau tidak. Dalam perkembangan, jaringan ikat diganti dengan jaringan rawan. Untuk memungkinkan terjadinya pergerakan, maka ditempat tertentu ada jaringan ikat dan jaringan rawan. Dilihat dari bentuk pertemuan antar tulang tersebut, sendi dibagi ke dalam dua bagian yaitu;

1) **Sinartrosis** adalah sendi yang tersifat oleh karena adanya kesinambungan, sebab diantara ujung-ujung tulang yang bersendi terdapatnya suatu jaringan. Sinartrosis dapat dibedakan menjadi tiga yaitu;

(1) **Sindesmosis**, adalah bentuk persendian dengan jaringan penghubungnya terdiri dari jaringan ikat.

(2) **Sinchondrosis**, adalah bentuk persendian dengan jaringan penghubungnya terdiri dari jaringan tulang rawan.

(3) **Sinostosis**, adalah bentuk persendian dengan jaringan penghubungnya terdiri dari jaringan tulang.

2) **Diartrosis** adalah sendi yang tersifat karena tidak adanya kesinambungan, sebab diantara ujung-ujung tulang yang bersendi terdapatnya suatu rongga. Diartrosis dibagi atas dua yaitu;

(1) **Amphiartrrosis**, adalah sendi yang memiliki gerakan yang sedikit, sedangkan.

- (2) **Articulatio**, adalah sendi yang memiliki gerak yang lebih luas.

2. Klasifikasi Sendi

Sendi Fibrosa, adalah bagian yang memiliki garis tipis jaringan fibrosa yang memisahkan dua tulang yang saling terkunci, hanya ditemukan pada tengkorak, dan mengalami osifikasi dikemudian hari. Pada beberapa sendi misalnya pada articulation fibiofibularis bawah tulang disatukan oleh ligamentum fibrosa. **Sendi kartilaginosa**, tulang dipisahkan oleh tulang rawan, misalnya pada taut epifisis dan diafisis (korpus) pada tulang yang sedang berkembang, diantara korpus vertebra, pada articulation manubriosternalis, pada simfisis pubis. **Sendi synovial**, sebagian besar sendi adalah synovial (gambar 15) sendi ini tersusun dari:

- 1) *Cartilago*, yang mana permukaan tulang didalam sendi dilapisi cartilage hyaline yang licin, lembab, dan berwarna biru keperakan tanpa saraf dan suplai darah.
- 2) *Kapsula*, dibentuk dari jaringan fibrosa, menutupi sendi seperti dalam kantong, dan melekat pada periostium disekitar daerah persendiaan.
- 3) *Membran synovial*, melapisi permukaan dalam kapsula sendi.
- 4) *Cairan synovial*, sedikit cairan yang disekresikan oleh membrane synovial untuk pelumas sendi.
- 5) *Ligamentu*, penebalan fibrosa yang memperkuat kapsula sendi pada bagian luar dan melekat pada tulang didekatnya. [4]

3. Organ yang Membentuk Sendi

Adapun organ-organ yang membentuk sendi adalah sebagai berikut;

- 1) Ujung-ujung tulang yang bersendi yang terdiri dari kepala sendi (*caput articulae*), dan lekuk sendi (*cavitas glenoidalis*)
- 2) Simpai Sendi (*capsula articularis*) terdiri dari dua lapisan yaitu; lapisan sebelah luar (*stratum fibrosum*) dan lapisan sebelah dalam (*stratum sinovial*) yang menghasilkan minyak sinovial,
- 3) Rongga Sendi (*cavum articularis*) yaitu rongga potensial yang terdapat diantara ujung-ujung tulang dan berisi sinovial

4. Persarafan Sendi

Kapsula dan ligament mendapatkan saraf sensoris, pembuluh darah mendapat serabut saraf otonom simpatis rawan yang meliputi permukaan sendi mendapat sedikit ujung saraf dekat pinggirnya. Menurut hukum Hilton, saraf yang mempersaraf sendi juga mempersarafi otot yang menggerakkan sendi dan kulit sekitar insersio otot tersebut. jenis sendi dapat diklasifikasikan dimulai dari susunan dan permukaan sendi dan jenis pergerakannya.

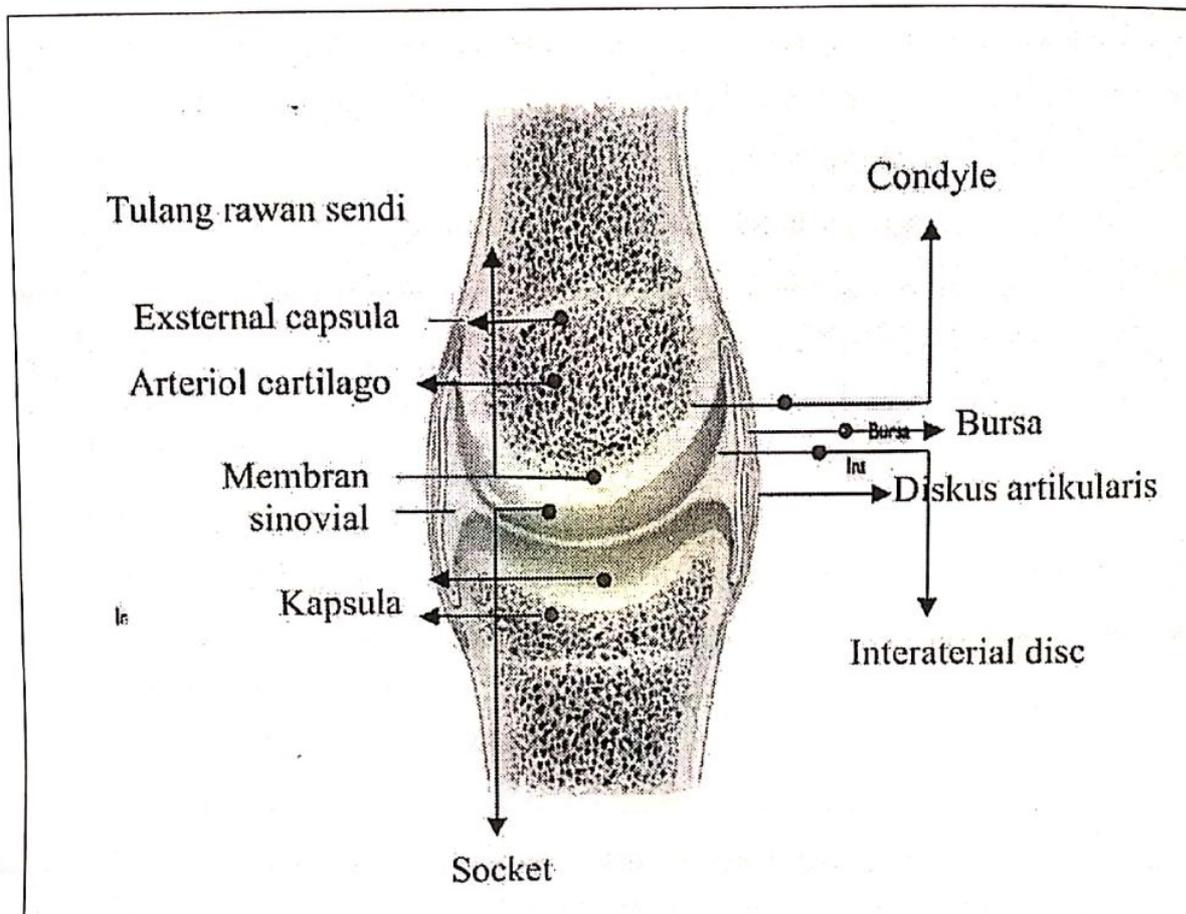
[8]

5. Struktur Sendi

Sendi memiliki struktur dan pergerakan yang dihasilkannya berdasarkan bentuk dan fungsinya. Amphiartrosis adalah sendi yang memiliki gerakan yang sedikit, sedangkan Articulatio adalah sendi yang memiliki

gerak yang lebih luas. Dibagian ini akan dijelaskan bentuk dan pergerakan kedua sendi tersebut;

- a) **Sendi pelana**, permukaan sendi ini hampir datar. Hal ini memungkinkan tulang saling bergeser satu sama lainnya. Sendi pelana ini terdapat pada hubungan antara ruas-ruas jari dengan telapak kaki. [10]

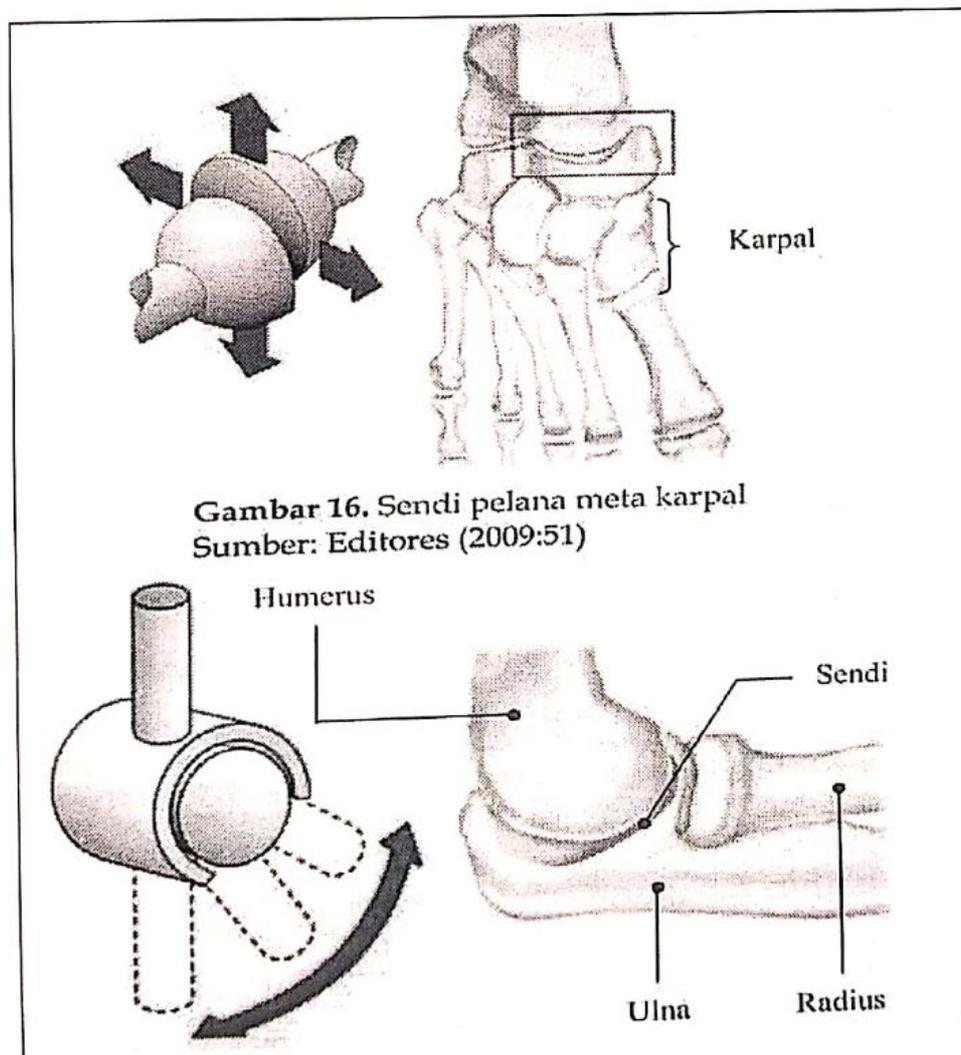


Gambar 15. Struktur dasar sendi yang mengandung discus artikularis

Sumber: Editores (2009:51)

- b) **Sendi engsel**, sendi ini mirip engsel pintu sehingga memungkinkan gerakan fleksi dan ekstensi, engsel ini terdapat pada hubungan antara ruas-ruas jari, siku dan lutut.

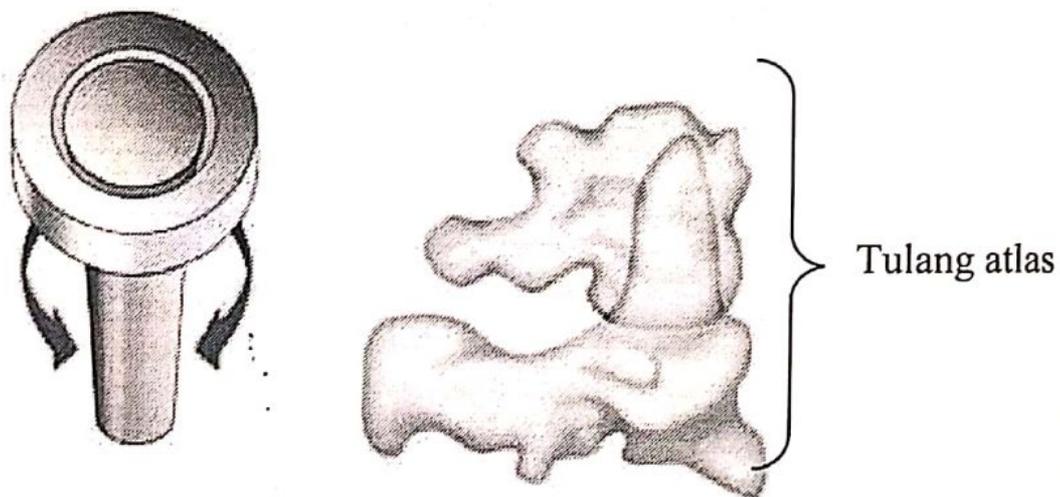
c) Sendi peluru (ball and socket), kepala sendi berbentuk bola pada salah satu tulang cocok dengan lekuk sendi yang berbentuk seperti soket, bongkol sendi tampak memasuki sendi. Gerakan pada sendi ini cukup bebas (fleksi, ekstensi, abduksi, rotasi, dan sirkumduksi). [4] Sendi ini terdapat pada hubungan antara tulang lengan dengan gelang bahu, dan tulang paha dengan gelang panggul.



Gambar 16. Sendi pelana meta karpal
Sumber: Editores (2009:51)

Gambar 19. Sendi peluru seperti artikulasi pelvis dengan femur
Sumber: Editores (2009:51)

d) **Sendi putar**, merupakan persendiaan yang memungkinkan gerak berputar atau rotasi. Sendi ini terdapat hubungan antara, tulang hasta dengan pengupil, tulang kepala dengan tulang atlas. Bagian proksimal tulang hasta dan pengupil berartikulasi dengan tulang humerus dan bagian distalnya berartikulasi dengan tulang karpal



Gambar 19. Sendi putar seperti artikulasi tulang kepala dengan tulang atlas

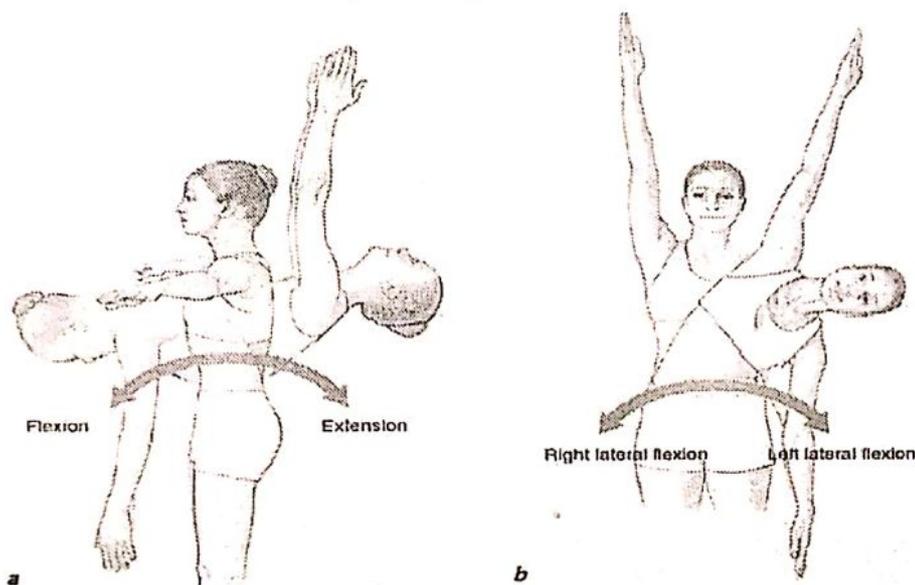
Sumber: Editores (2009:51)

e) **Sendi kaku**, merupakan sendi yang tidak dapat bergerak dengan bebas. Sendi ini terdapat pada hubungan antara tulang dada dan tulang ruas-ruas tulang belakang yang langsung berartikulasi dengan costae dan costae ke tulang sternum mengarah posterior dan anterior.

6. Macam-Macam Gerak pada Sendi

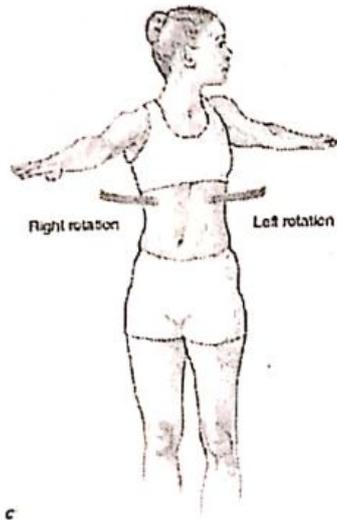
Dari bermacam-macam persendian yang telah dibicarakan di atas, maka terdapat kemungkinan-kemungkinan gerakan sebagai berikut;

- 1) Flexio (pengetulan) adalah suatu gerakan pada persendian yang memperkecil sudut,
- 2) Ekstensi (pengedangan) yaitu suatu gerakan pada persendian yang memperbesar sudut,

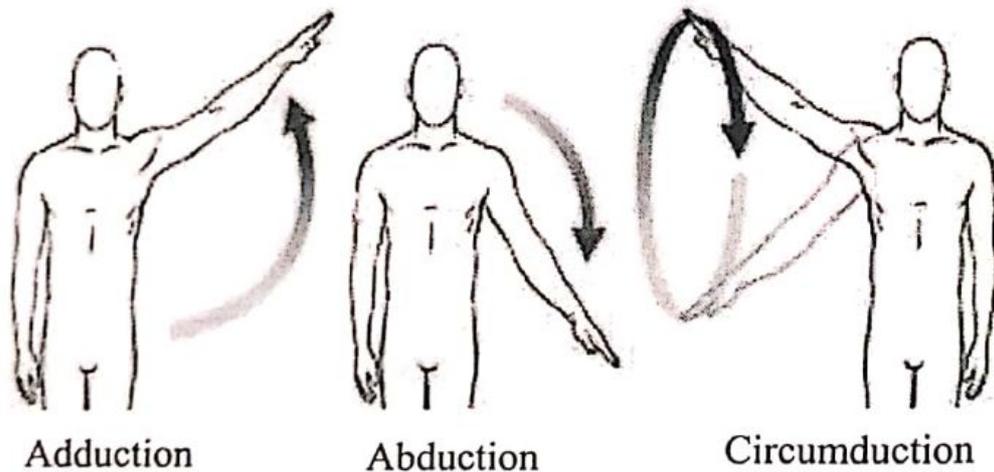


Gambar 20. Gerakan fleksi dan ekstensi
Sumber: Isacoeitz & Clippinger (2011:13)

- 3) Adductio yaitu (gerak ketengah) misalnya gerakan paha ke arah dalam (mendekati median),
- 4) Abductio (gerak keluar) misalnya gerakan paha ke arah luar atau kangkang (menjauhi median)
- 5) Circumductio (gerak melingkar) yaitu perputaran pada bagian tubuh yang membentuk garis kerucut. Untuk gerakan rotasi ke dalam disebut dengan endorotasi atau pronasi, sedangkan gerakan rotasi keluar disebut dengan eksorotasi atau supinasi.

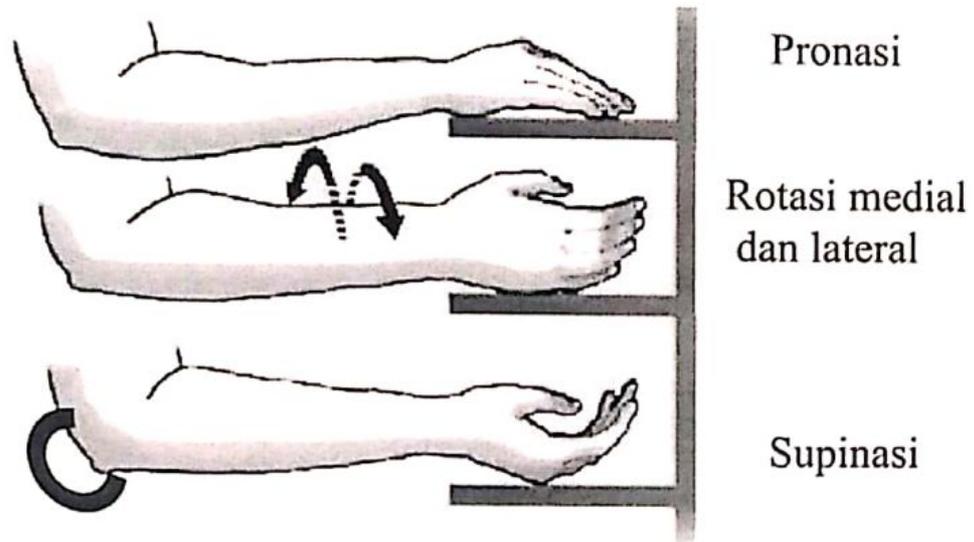


Gambar 21. Gerakan right rotasi dan left rotasi
 Sumber: Isacoeitz & Clippinger (2011:13)



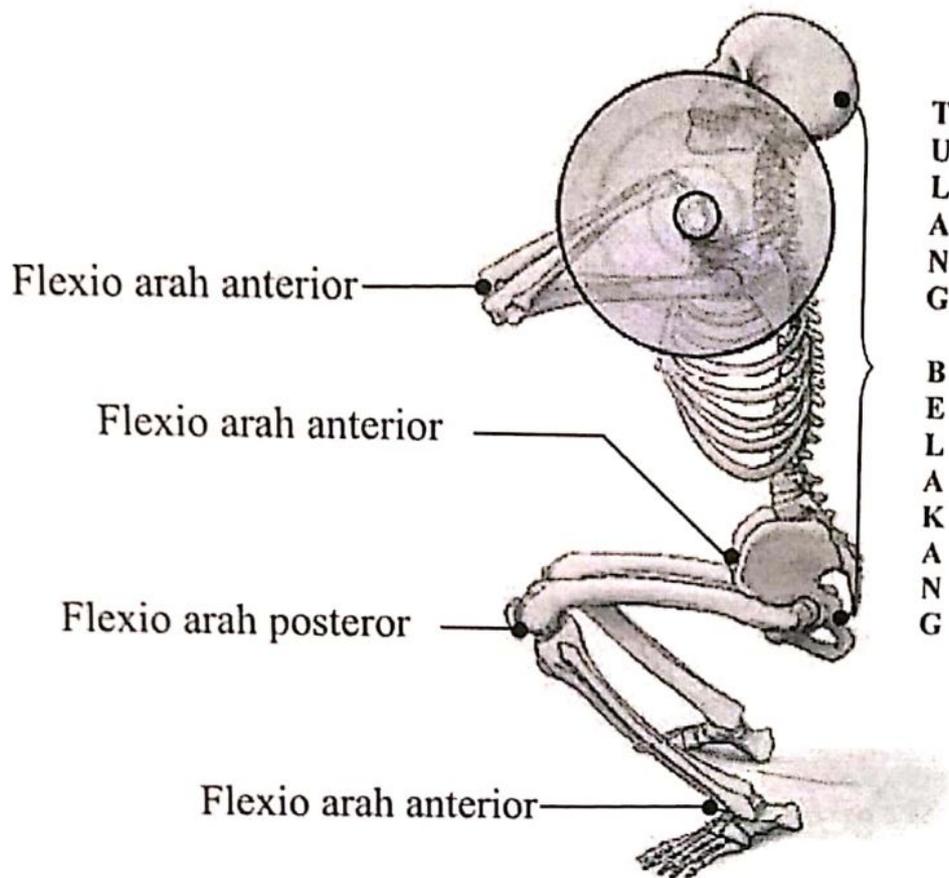
Gambar 22. Gerakan flexiod, ekstexio, hyperekstenxion, adduction, abduction, dan circumduction

- 6) Rotasi (perputaran) yaitu gerakan sekeliling sumbu panjang suatu bagian dari tubuh dan **supinasi** memutar lengan bagian bawah dan tangan menjadikan menghadap ke atas serta pronasime mutar lengan pada bawah sehingga pada telapak tangan menghadap ke bawah.



Gambar 23. Gerakan rotasi, pronasi, dan supinasi

Seperti yang terlihat pada (gambar 24) bahwa Gerakan mengangkat beban yang dilakukan oleh atlet merupakan bentuk gerakan flexio, dan ekstenxio ekstermitas superior dan imferior. Postur tubuh netral pendukung beban tubuh netral saat mengangkat beban berdasarkan anatomi individu, teknik, dll



Gambar 24. Bentuk gerakan flexio yang dilakukan pada saat mengangkat beban

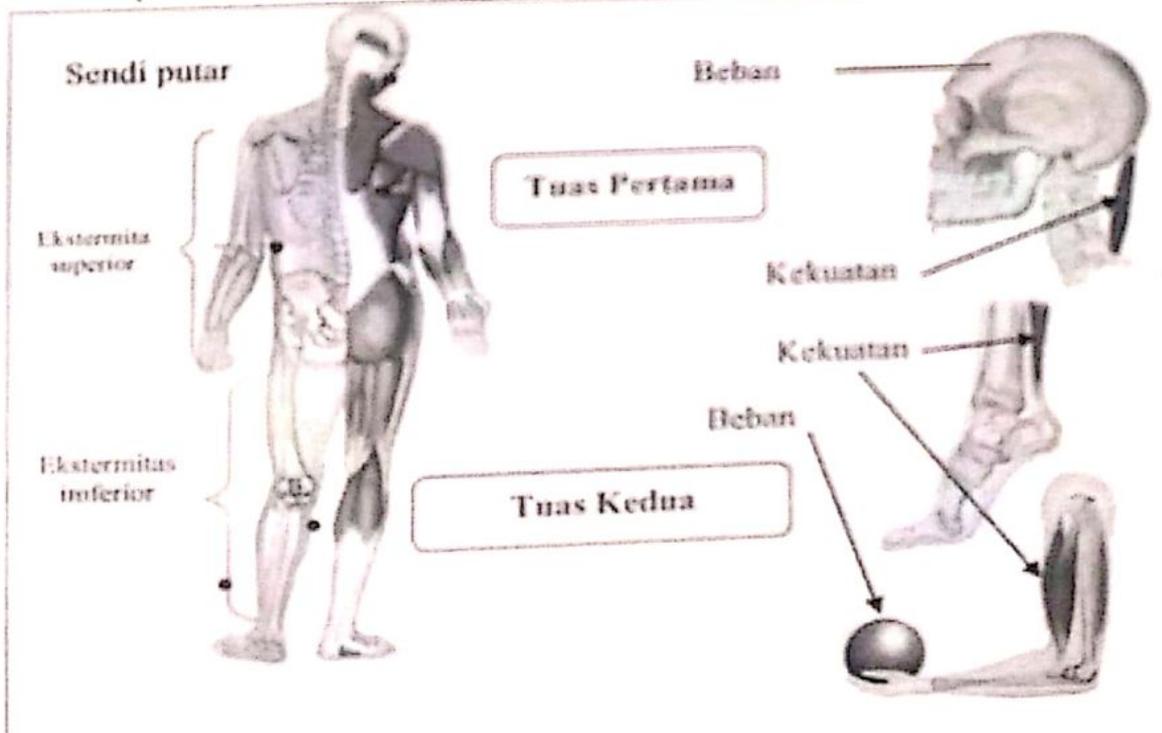
Pemikiran umum adalah seorang atlet akan meningkatkan ekstensi tulang belakang ketika dibawah beban untuk mempertahankan lordosis lumbalis dan postur tegak. Kenyataannya adalah bahwa tulang belakang yang netral di bawah beban adalah kisaran yang dapat berayun dari jumlah relative fleksi tulang belakang dan ekstensi.^[7]

Secara umum, kami berusaha untuk menahan gaya fleksi melalui tulang belakang, yang dapat dianggap oleh atlet sebagai peningkatan jumlah ekstensi tulang belakang. Ituvertebra toraks atas dapat menunjukkan sedikit peningkatan jumlah ekstensi(relatif lordosis) ketika

overhead, menarik dari lantai, dan mendukung beban masuk rak depan meskipun, sekali lagi, menahan fleksi mungkin lebih akurat.

7. Tuas Pada Tubuh Manusia

Dalam pengungkit kita menemukan unsur-unsur berikut: titik dukungan (A), dimana tuasnya diteguhkan; titik resistensi (R), yang berhubungan dengan tubuh dan mengalami pengaruh tuas, dan titik kekuatan (P), di mana diterapkan kekuatan. Di dalam tubuh kita, memiliki banyak tuas yang bekerja, yang memimpin otot untuk menggerakkan tulang dan menentukan fungsi sendi untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada bab 8. (Gambar 25) memperlihatkan tuas yang bekerja pada tubuh manusia.



Gambar 25. Tuas pertama, kedua, dan ketiga
Oomen, (2007).

Tuas pertama, kedua, dan ketiga merupakan sebuah sistem untuk mempermudah gerak yang dilakukan oleh tubuh. Tuas yang berada dalam tubuh sesungguhnya adalah rangka sebagai lengan tuasnya (lengan kuasa) sementara persendian menjadi titik tumpunya dan berat tubuh serta benda dari luar menjadi bebannya, serta otot-otot disetiap yang melewati persendian menjadi tenaganya. Dengan demikian artikulasi dari ketiga tuas ini memungkinkan manusia dapat bergerak dengan luas.

Referensi;

- Editores Los, (2009). *Anatomia y Fisiologia Del Cuerpo Humano*. Colombia: Ultural Libreria Americana S. A. Mmiv Grupo Clas.
- Isacowitz Rael & Klippiger Karen, (2011). *Pilates Anatomy*. Australia: Human Kinetics.
- Isacowitz Rael, & Clippinger Karen , (2011). *Pilates Anatomy*. Canada: Human Kinetics
- John Gibso, MD. (2002). *Fisiologi dan Anatomi Modern untuk Perawat*. Alih Bahasa dr Bertha Sugito. Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Koes Irianto, (2012). *Anatomi dan Fisiologi*. Bandung: Alfabeta.
- Kirkendall T. Donald, (2011). *Soccer Anatomy*. Canada: Human Kinetics.
- Oomen Glen, (2007). *Weightlifting Movement Assessment & Optimization (mobility and Stability for The Snatch and*

Clean & Jerk. Catalyst. Athletics, Inc. and Quinn Henoch.

Saifuddin, (2006). *Anatomi dan Fisiologi Untuk Mahasiswa Keperawatan*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.

Soloane Ethel, (2004). *Anatomy and Physiology: An Easy Learner*. (Ahli Bahasa: James Veldman. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.

Salomon, E. P., Schmidt, R. R., and Adragana, P. J, (1990). *Human Anatomy and Physiology*, Philadelphia, Harcourt Brace Javanovich College Publisher.

Syaifudin, (2002). *Struktur dan Komponen Tubuh Manusia*. Jakarta: Widia Medika.

Sutiadi Budiyo. (2011). *Anatomi Tubuh Manusia* (Akademis kesehatan dan orang awam). Jawa Barat: Laskar Aksara.

BIOMEKANIKA OLAHRAGA



Umar, lahir di Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi pada tanggal 15 Juni 1961 dari pasangan Nawawi (almarhum) dan Habibah (almarhumah). Pendidikan; SD tamat tahun 1975, MTsN selesai tahun 1979, MAN selesai tahun 1982, kemudian melanjutkan studi ke S1 Fakultas Pendidikan Olahraga dan Kesehatan IKIP Padang selesai tahun 1986. Mengikuti program S2 Program studi Ilmu Kesehatan Olahraga PPs. UNAIR Surabaya tahun 1988 dan selesai tahun 1991, Kemudian melanjutkan

S3 Program studi Pendidikan Olahraga PPs. Universitas Negeri Jakarta Tahun 2009, selesai tahun 2013. Pada tahun 1987 diangkat sebagai staf pengajar pada jurusan Kepeleatihan FPOK IKIP Padang yang sekarang bernama Universitas Negeri Padang (UNP).

Pengalaman dalam bidang penelitian adalah; sebagai peneliti utama; Pengaruh Latihan *Continuous Fast Running* dan *Slow Running* terhadap Maksimal Aerobik Power tahun 2000. Peneliti utama; Pengaruh Pemberian Glukosa terhadap Kapasitas Maksimal Aerobik tahun 2003. Peneliti utama; Pengaruh Istirahat Aktif dan Istirahat Pasif terhadap Penurunan Kadar Asam Laktat Darah tahun 2005, Peneliti utama; Profil VO_2 max pada Fase Siklus Menstruasi tahun 2008, Peneliti Utama; Pengaruh Latihan Senam Aerobik pada Fase Siklus Menstruasi dan Persepsi terhadap Kapasitas aerobik Maksimal tahun 2012. Peneliti Utama; Pengaruh Latihan Senam Aerobik Low dan Mixed Impact Terhadap Persentase Lemak Tubuh tahun 2013. Peneliti Utama; Pengaruh Metode Latihan Bermain dan Sirkuit terhadap Kapasitas Aerobik Maksimal tahun 2015. Peneliti Utama; Pengaruh Latihan Anaerobik dan Aerobik terhadap Premenstrual Syndrome tahun 2016. Peneliti Utama; Pengaruh Pemberian Zat Besi dan Tanpa Zat Besi terhadap Kapasitas Aerobik Maksimal tahun 2017. Peneliti Utama; Pengaruh Intensitas Latihan terhadap Titik Defleksi Denyut Jantung tahun 2018. Menulis buku Anatomi Tubuh Manusia pada tahun 2007. Menulis Buku Fisiologi Olahraga tahun 2014. Menulis Buku Biomekanika Olahraga tahun 2018.

ISBN : 978-623-7018-02-5

Penerbit

 **SUKABINA PRESS**

Jl. Prof. Dr. Hamka No. 29 Padang
Telp. 0751-7055660, Hp. 08126027271
Email : penerbit.sukabinapress@gmail.com

