

BIOMEKANIK

Penulis:

Riri Segita
Sherly Nova Trianda
Irhas Syah
Diyah Proboyekti
Reza Olyverdi
Siti Munawarah
AL Um Aniswatun Khasanah
Syurrahmi
Fitratun Najizah



BIOMEKANIK

**Riri Segita
Sherly Nova Trianda
Irhas Syah
Diyah Proboyekti
Reza Olyverdi
Siti Munawarah
AL Um Aniswatun Khasanah
Syurrahmi
Fitratun Najizah**



GETPRESS INDONESIA

BIOMEKANIK

Penulis :

Riri Segita
Sherly Nova Trianda
Irhas Syah
Diyah Proboyekti
Reza Olyverdi
Siti Munawarah
AL Um Aniswatun Khasanah
Syurrahmi
Fitratun Najizah

ISBN :

Editor : Diana Purnama Sari, M.E.
Mila Sari, M.Si.

Penyunting: Yuliatr Novita, M.Hum.

Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

Penerbit: CVGETPRESS INDONESIA
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi:

Jl. Palarik RT 01 RW 06, Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tengah, Padang, Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Juli 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka Penulisan Buku dengan judul Biomekanik dapat diselesaikan dengan kerjasama tim penulis. Biomekanik merupakan buku yang memberikan pemahaman mengenai gaya-gaya internal dan eksternal yang berinteraksi dengan tubuh manusia, serta dampak yang dihasilkan oleh gaya-gaya tersebut. Buku ini berisikan bahasan mengenai konsep dan hukum biomekanik, teori bidang gerak tubuh, dinamika anggota gerak atas dan bawah, teori persendian osteologi dan arthrology, biomekanik temporomandibularis dan cervical joint, biomekanika shoulder kompleks, biomekanika pelvis dan hip, biomekanika knee, dan biomekanika ankle.

Buku ini masih banyak kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan buku ini selanjutnya. Kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Buku ini. Semoga Buku ini dapat menjadi sumber referensi dan literatur yang mudah dipahami.

Padang, Agustus 2023
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 DINAMIKA ANGGOTA GERAK ATAS DAN BAWAH.....	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Pengertian Biomekanik.....	1
1.3 Tujuan Biomekanik.....	3
1.4 Hukum-Hukum Dasar dalam Biomekanik.....	5
1.5 Gaya-Gaya Pada Tubuh Manusia.....	7
DAFTAR PUSTAKA.....	8
BAB 2 TEORI BIDANG GERAK TUBUH	11
2.1 Pendahuluan	11
2.2 Definisi Biomekanik.....	11
2.3 Dasar-dasar Biomekanika.....	12
2.4 Sistem Gerak	13
2.4.1 Sikap Berdiri	13
2.5 Gerakan-gerakan Dasar	16
DAFTAR PUSTAKA.....	20
BAB 3 DINAMIKA ANGGOTA GERAK ATAS DAN BAWAH.....	21
3.1 Tulang Anggota Gerak Atas dan Bawah.....	22
3.2 Fisiologi Kontraksi Otot	23
3.2.1Macam-macam Kontraksi Otot Rangka :	24
3.2.2 Mekanisme Kontraksi Otot:.....	24
3.2.3 Langkah-langkah Relaksasi Otot.....	25
3.3 Koordinasi dan Kontrol Gerakan	25
3.4 Gerak dan Kerja Otot.....	26
3.5 Keseimbangan Postur	28

DAFTAR PUSTAKA	32
BAB 4 TEORI PERSENDIAN OSTEOLOGI DAN ARTHROLOGY	35
4.1 Osteologi	35
4.1.1 Susunan Tulang	37
4.1.2 Struktur Tulang	38
4.1.3 Jenis Tulang	39
4.2 Arthrology	42
4.2.1 Jenis Persendian	42
4.2.2 Struktur Persendian	51
DAFTAR PUSTAKA	54
BAB 5 BIOMEKANIK TEMPOROMANDIBULARIS	
DAN CERVICAL JOINT	57
5.1 Pendahuan.	57
5.2 Anatomi temporomandibularis joint (TMJ)	58
5.2.1 Tulang pembentuk TMJ.....	58
5.3 Biomekanik Gerakan Temporomandibularis Joint.....	63
5.3.1 Pembukaan Rahang.	64
5.3.2 Menutup Rahang	64
5.3.3 Protraction.....	65
5.3.4 Retraction.....	65
5.3.5 Lateral Movement	66
5.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Biomekanik Sendi Temporomandibular	66
5.5 Penerapan Klinis Biomekanik Sendi Temporomandibular	67
5.6 Biomekanik Cervikal	69
5.7 Anatom Cervikal.....	69
5.7.1 Struktur Anatomi Tulang Cervikal	69
5.7.2 Ligamen dan Struktur Pendukung Cervikal Lainnya.....	71
5.7.3 Otot-otot Pendukung cervical.....	73
5.8 Fungsi dan Peran Cervical Vertebrae.....	75

5.9 Analisis gerak Biomekanik cervical.	76
5.10 Beban Mekanik pada Tulang Belakang Cervikal	77
5.11 Analisis Biomekanik Cedera Cervikal dan Dampaknya	78
DAFTAR PUSTAKA.....	81
BAB 6 BIOMEKANIKA SHOULDER KOMPLEKS	83
6.1 Pendahuluan	83
6.2 Anatomi Dan Struktur Shoulder Kompleks.....	83
6.2.1 Tulang Pembentuk Shoulder	83
6.2.2 Sendi Pada Shoulder.....	84
6.2.3 Otot dan Jaringan Lunak Pendukung.....	84
6.2.4 Fungsi Utama dari Tulang Pembentuk Bahu.....	85
6.2.5 Peran Tendon Rotator Cuff dalam Stabilitas dan Gerakan Bahu	86
6.3 Biomekanika Bahu	86
6.3.1 Prinsip-prinsip Biomekanika dalam Gerakan Bahu.....	86
6.3.2 Analisis Kinematik dan Kinetik Gerakan Bahu	87
6.4 Kinesiologi Pada Bahu	89
6.4.1 Otot yang Terlibat dalam Pergerakan Bahu	89
6.4.2 Koordinasi Otot-otot Scapular dalam Pergerakan Bahu.....	94
6.5 Gerakan Dan Fungsi Utama Bahu	95
6.5.1 Gerakan Utama pada Bahu:.....	95
6.5.2 Hubungan Gerakan Shoulder Dengan Aktivitas Fungsional Tubuh.	96
DAFTAR PUSTAKA.....	99
BAB 7 BIOMEKANIKA PELVIS DAN HIP	101
7.1 Pendahulua.....	101
7.2 Anatomi Hip dan Pelvic.....	101
7.2.1 Anatomi Hip	101
7.2.2 Anatomi Pelvic	102
7.3 Biomekanik HIP dan Pelvic	103

7.3.1 Analisis Gaya Gerak Hip dan Pelvic	103
7.3.2 Analisis Bidang Gerak Hip dan Pelvic	105
DAFTAR PUSTAKA	109
BAB 8 BIOMEKANIKA KNEE	111
8.1 Pendahuluan	111
8.2 Struktur Tulang	113
8.2.1 Tulang Femur	114
8.2.2 Tulang Patella.....	114
8.2.3 Tulang Tibia.....	115
8.2.4 Tulang Fibula.....	115
8.3 Sendi lutut.....	115
8.3.1 Gerakan Knee.....	117
8.3.2 Otot Knee	117
8.3.3 Stabilitas sendi lutut.....	118
8.3.4 Ligamen	118
8.3.5 Cartilago.....	120
8.3.6 Kapsul Sendi.....	120
8.4 Articulatio	121
8.4.1 Tibiofemoral joint.....	121
8.4.2 Patellofemoral joint.....	122
8.4.3 Proksimal Tibiofibular Joint	123
8.5 Osteokinematik dan arthrokinematik	123
8.6 Penerapan biomekanika	127
DAFTAR PUSTAKA	129
BAB 9 BIOMEKANIKA ANKLE	131
9.1 Pendahuluan	131
9.2 Struktur Anatomi	131
9.2 Kinematika.....	132
9.2.1 Talocrural Joint.....	132

9.2.2 Subtalar Joint.....	133
9.2.3 Midtarsal Joint.....	133
9.3 Arthrokinematika	134
9.3 Analisa Gait.....	136
9.4 Fungsional Kaki	137
DAFTAR PUSTAKA.....	139
BIODATA PENULIS.....	142

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Berdiri Tegak (A) dan Berdiri Anatomis (B)	14
Gambar 2.2 A Bidang Sagital, B Bidang Frontal, dan C Bidang Transversal.....	14
Gambar 4.1 Kerangka Aksial.....	36
Gambar 4.2 Kerangka Apendikular	36
Gambar 4.3 Susunan Tulang	37
Gambar 4.4 Struktur Tulang	39
Gambar 4.5 Jenis Epifisis	40
Gambar 4.6 Jenis Tulang (a) Tulang Panjang, (b) Tulang Pendek, (c) Tulang Pipih, (d) Tulang Tidak Beraturan	42
Gambar 4.7 Sendi Sinartrosis	43
Gambar 4.8 Sendi Sindesmosis	44
Gambar 4.9 Sendi Gomposis	44
Gambar 4.10 Sendi Kartilaginosa	45
Gambar 4.11 Sendi Sinovial	46
Gambar 4.12 Sendi Plane	46
Gambar 4.13 Sendi Engsel	47
Gambar 4.14 Sendi Putar	48
Gambar 4.15 Sendi Condiloid	49
Gambar 4.16 Sendi Pelana	49
Gambar 4.17 Sendi Bola dan Soket	50
Gambar 5.1 Temporomandibularis Joint	58
Gambar 5.2 Temporomandibularis Joint	60
Gambar 5.3 Ligament pada TMJ	62
Gambar 5.4 Otot penggerak TMJ	63
Gambar 5.5 Anatomi Tulang Cervikal.....	71
Gambar 5.6 Ligamnet Pada Cervikal	73
Gambar 5.7 Anatomi Otot Cervikal	75
Gambar 6.1 Otot Deltoid	90
Gambar 6.2 Otot Supraspinatus	91
Gambar 6.3 Otot Infraspinatus	91
Gambar 6.4 Otot Subscapularis	92
Gambar 6.5 Otot Biceps Brachii.....	92
Gambar 6.6 Otot Triceps Brachii.....	93
Gambar 6.7 Otot Pectoralis Major	93
Gambar 6.8 Otot Trapezius	94
Gambar 6.9 Otot Seratus Anterior.....	94
Gambar 6.10 Gerakan Pada Shoulder.....	97
Gambar 7.1 Tampilan Penampang Sendi Hip.....	102
Gambar 7.2 Tampilan Penampang Pelvic Posterior.....	103
Gambar 7.3 Pusat Gravitasi Sendi Hip	104
Gambar 8.1 Sinovial Sendi Lutut	111

Gambar 8.2 Tulang Pembentuk Sendi Lutut	113
Gambar 8.3 Fleksi Otot Knee	116
Gambar 8.4 Otot-otot Penyusun Knee Joint	117
Gambar 8.5 Susunan Ligamen Knee	119
Gambar 8.6 Tibiofemoral Jointi	122
Gambar 8.7 Patellofemoral Joint	123
Gambar 8.8 Proksimal Tibiofibular Joint	124
Gambar 8.9 Biomekanika Knee Jointr	127
Gambar 8.10 Penerapan Biomekanika Knee	128
Gambar 9.1 Struktur Anatomi Sendi Ankle	132
Gambar 9.2 (A) Longitudinal Axis, (B) Oblique Axis	133
Gambar 9.3 Analisa Gait dan Fase-fase Saat Berjalan	137

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Klasifikasi Sendi	50
Tabel 4.2 Klasifikasi Sendi Diarthrodial	51
Tabel 9.1 Artrokinematika Sendi Ankle.....	135

BAB 1

KONSEP DAN HUKUM BIOMEKANIK

Oleh Riri Segita

1.1 Pendahuluan

Gerak makhluk hidup dapat dipelajari dengan pendekatan ilmu mekanika yang disebut dengan biomekanik. Biomekanik ialah cabang ilmu yang mengkaji gaya-gaya internal dan eksternal yang berinteraksi dengan tubuh manusia, serta dampak yang dihasilkan oleh gaya-gaya tersebut. Gaya-gaya yang bekerja pada sistem organ gerak manusia dalam ilmu biomekanik antara lain gaya gravitasi, gaya reaksi, dan gaya otot. Aplikasi biomekanik dalam mempelajari gerak manusia umumnya menggunakan bantuan ilmu anatomi yang mempelajari struktur tubuh manusia (Ilham and Yusuf, 2012).

1.2 Pengertian Biomekanik

Secara terminologi, Biomekanik terdiri atas 2 kata yaitu kata "Bio" = makhluk hidup dan kata "Mekanikal"= gerakan. Biomekanik adalah disiplin ilmu yang berfokus pada pengkajian gerakan pada makhluk hidup, dengan penekanan khusus pada manusia. Secara umum, konsep Biomekanik mencakup studi tentang gerakan manusia yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti sistem anatomi, fisiologi, psikologis, mekanis, dan sosiokultural. Secara lebih spesifik, Biomekanik mengacu pada analisis gerakan manusia (Latash and Zatsiorsky, 2015). Istilah "Biomekanik" memiliki akar kata "bio" yang berhubungan dengan aspek kehidupan dan sistem biologi, serta "mekanika" yang berfokus pada analisis gaya dan efeknya. Dengan demikian,

Biomekanik berkaitan dengan studi tentang bagaimana tubuh manusia bergerak, berdasarkan pengaruh dari berbagai faktor yang terkait dengan kehidupan dan mekanika.

Biomekanik dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari gaya dan efeknya pada sistem hidup atau ilmu tentang struktur dan fungsi sistem biologi dalam sudut pandang metode mekanika (Peter M McGinnis, 2013). Biomekanik adalah cabang ilmu yang menggabungkan prinsip-prinsip mekanika (ilmu gerak benda) dengan ilmu kedokteran dan biologi untuk memahami bagaimana tubuh manusia atau makhluk hidup lain bergerak, berinteraksi dengan lingkungannya, dan menanggapi gaya eksternal. Tujuan utama biomekanik adalah untuk menganalisis, memahami, dan meningkatkan kinerja gerakan tubuh manusia, serta untuk mengembangkan pengetahuan tentang bagaimana jaringan dan struktur tubuh bekerja bersama-sama. Biomekanik mempelajari bagaimana struktur tubuh, seperti tulang, otot, sendi, dan jaringan lainnya, berperan dalam menghasilkan gerakan, bagaimana gaya dan energi diterapkan pada tubuh, serta bagaimana tubuh merespon lingkungan fisik.

Biomekanik memiliki banyak aplikasi di berbagai bidang, termasuk kedokteran, olahraga, rekayasa, ergonomi, dan ilmu gerak. Contohnya, dalam bidang olahraga, biomekanik dapat digunakan untuk menganalisis gerakan atlet, meningkatkan kinerja olahraga, mencegah cedera, dan merancang peralatan yang ergonomis. Di bidang medis, biomekanik membantu dalam merancang prostesis, mengembangkan teknik rehabilitasi, dan memahami bagaimana kekuatan dan stres memengaruhi penyembuhan tulang atau jaringan. Secara keseluruhan, biomekanik membantu kita memahami aspek mekanik dari tubuh manusia dan organisme lainnya, serta bagaimana prinsip-prinsip mekanika dapat diterapkan untuk mengoptimalkan kesehatan, kinerja, dan desain peralatan. Dengan demikian, ilmu biomekanik merupakan disiplin yang menggabungkan berbagai faktor yang memengaruhi gerakan manusia. Ini melibatkan aspek-aspek dari pengetahuan dasar dalam fisika, matematika, kimia, fisiologi, anatomi, dan konsep rekayasa untuk menganalisis gaya yang mempengaruhi tubuh.

Analisis biomekanika yang berfokus pada prinsip-prinsip mekanika sering melibatkan istilah-istilah seperti kinematik dan kinetik. Bagian kinematik berkaitan dengan parameter perpindahan (*displacement*), kecepatan dengan arah (*velocity*), dan percepatan (*acceleration*) dalam gerakan. Sedangkan bagian kinetik berkaitan dengan gaya-gaya yang menyebabkan gerakan. Dalam konteks gerakan yang melibatkan perpindahan, terdapat dua jenis gerakan yang umumnya dibahas, yaitu gerakan linear dan gerakan angular. Gerakan linear terjadi pada lintasan yang bisa berupa garis lurus atau melengkung, tanpa adanya rotasi pada tubuh. Pada gerakan linear, semua bagian tubuh bergerak dalam arah dan kecepatan yang sama. Di sisi lain, gerakan angular melibatkan rotasi pada salah satu sumbu imajiner (seperti sumbu sagital, frontal, atau horizontal) atau sumbu nyata (Grimshaw, Lees, Fowler, & Burden, 2007).

1.3 Tujuan Biomekanik

Tujuan utama biomekanik adalah memahami interaksi antara mekanika (ilmu gerakan benda-benda) dan biologi (ilmu kehidupan) dalam konteks sistem biologis. Dalam hal ini, biomekanik berfokus pada penggunaan prinsip-prinsip mekanika untuk menganalisis dan memahami bagaimana tubuh manusia dan organisme lain bergerak, berinteraksi dengan lingkungan, dan berfungsi secara fisik (Winter, 2009). Bidang ini mengkombinasikan ilmu biologi dengan ilmu mekanika untuk menganalisis bagaimana tubuh bergerak, berinteraksi dengan lingkungannya, dan beradaptasi terhadap berbagai situasi. Beberapa tujuan utama biomekanik meliputi:

1. Analisis Gerakan Tubuh: Menganalisis gerakan tubuh manusia dan hewan, baik dalam aktivitas sehari-hari maupun dalam olahraga. Ini membantu dalam pemahaman tentang bagaimana otot, tulang, sendi, dan sistem lainnya bekerja bersama untuk menghasilkan gerakan yang kompleks. Ini membantu dalam pemahaman tentang bagaimana kita berjalan, berlari, melompat, dan melakukan berbagai aktivitas fisik.

2. Perbaikan Kinerja Olahraga: Dalam dunia olahraga, biomekanik digunakan untuk memahami gerakan yang optimal dalam berbagai kegiatan olahraga. Dengan menganalisis biomekanika atlet, pelatih dapat memberikan panduan untuk memperbaiki teknik dan kinerja, mengurangi risiko cedera, dan meningkatkan hasil kompetisi. Memahami bagaimana gerakan dan postur yang benar dapat meningkatkan kinerja fisik dan mencegah terjadinya cedera. Ini sangat relevan dalam bidang olahraga, latihan fisik, dan rehabilitasi.
3. Desain Alat Bantu Medis: Biomekanik membantu dalam merancang alat bantu medis, seperti prostesis (anggota tubuh tiruan), ortosis (penyangga tubuh), dan alat-alat bantu lainnya. Penelitian dalam bidang ini bertujuan untuk membuat alat-alat yang sesuai secara fungsional dengan tubuh manusia dan memungkinkan mobilitas yang lebih baik. Menerapkan prinsip-prinsip biomekanik untuk merancang alat bantu medis, seperti alat bantu jalan atau prostetik, serta alat olahraga yang dapat membantu atlet mencapai performa optimal.
4. Pencegahan Cedera: Dengan menganalisis bagaimana gaya, tekanan, dan gerakan mempengaruhi tubuh manusia, ilmuwan dan praktisi kesehatan dapat mengembangkan strategi untuk mencegah cedera yang terkait dengan aktivitas fisik tertentu, baik dalam kehidupan sehari-hari atau olahraga. Melalui pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana gerakan yang salah atau beban berlebihan dapat mempengaruhi tubuh, biomekanik dapat membantu dalam merancang program latihan yang lebih aman dan mencegah cedera olahraga.
5. Rehabilitasi Medis: Biomekanik digunakan dalam program rehabilitasi untuk melacak perkembangan pasien selama pemulihan setelah cedera atau operasi. Ini membantu dokter dan fisioterapis dalam mengukur progres dan menyesuaikan rencana rehabilitasi sesuai kebutuhan individu. Dalam dunia

medis, biomekanik dapat membantu dalam memahami bagaimana gangguan anatomi atau fisiologi dapat mempengaruhi gerakan dan fungsi tubuh, serta dalam merancang terapi rehabilitasi yang sesuai.

6. Pengembangan Teknologi Kesehatan: Dengan memadukan ilmu biomekanik dengan teknologi canggih seperti simulasi komputer dan pemantauan gerakan, kita dapat mengembangkan perangkat lunak dan perangkat keras yang membantu dalam analisis gerakan dan diagnosis kondisi medis.

Dengan demikian, tujuan biomekanik adalah memberikan wawasan mendalam tentang hubungan antara struktur biologis dan prinsip-prinsip mekanika, dengan tujuan akhir meningkatkan kesehatan, kinerja, dan kualitas hidup manusia dan makhluk hidup lainnya.

1.4 Hukum-Hukum Dasar dalam Biomekanik

Hukum-hukum dasar dalam biomekanika merupakan prinsip-prinsip fundamental yang digunakan untuk memahami gerakan manusia dan hewan, serta interaksi antara tubuh dengan lingkungan. Dasar dari prinsip biomekanik adalah hukum newton. Hukum newton ini terdiri dari 3 yaitu :

1. Hukum Newton Pertama (Hukum Inertia)

Objek akan tetap dalam keadaan diam atau bergerak lurus dengan kecepatan konstan kecuali ada gaya eksternal yang bekerja padanya. Dalam konteks biomekanik, ini berarti bahwa tubuh manusia cenderung mempertahankan keadaan istirahat/ gerakan konstan sampai ada gaya yang mempengaruhinya. Jika suatu benda dikatakan seimbang maka seluruh gaya yang bekerja pada benda tersebut harus sama dengan 0 dengan kata lain tidak ada pergerakan ataupun percepatan yang membuat benda tersebut menjadi bergerak. Hukum newton I disebut juga hukum kelembaman (Inertia). Sifat lemban benda adalah sifat mempertahankan keadaannya, yaitu keadaan tetap diam atau keadaan tetap bergerak beraturan. Intinya adalah tidak ada total gaya yang

bekerja pada benda (jika semua gaya saling berlawanan) sehingga kecepatannya akan konstan. Ketika kecepatan sama dengan nol, maka benda akan diam. Saat gaya eksternal diberikan pada benda tersebut, maka kecepatannya akan berubah oleh gaya itu.

2. Hukum Newton Kedua (Hukum Gerak)

Besarnya percepatan suatu objek sebanding dengan gaya yang dikenakan padanya dan berbanding terbalik dengan massa objek tersebut. Dalam biomekanika, hukum ini membantu menjelaskan bagaimana gaya yang dikenakan pada tubuh manusia mempengaruhi perubahan kecepatan atau gerakannya. Hukum newton II menjelaskan bagaimana kecepatan benda berubah ketika menerima gaya eksternal. Dan hukum ini mendefinisikan gaya sama dengan perubahan momentum (massa dikali kecepatan) tiap perubahan waktu. Semakin besar massa dan percepatan yang ada pada benda yang ditinjau maka akan semakin besar pula resultan gaya yang bekerja pada benda tersebut.

3. Hukum Newton Ketiga (Hukum Aksi-Reaksi)

Setiap tindakan memiliki reaksi yang sama besar namun berlawanan arah. Dalam konteks biomekanika, ini berarti bahwa saat tubuh manusia memberikan gaya pada objek lain, objek tersebut memberikan gaya reaksi yang sama besar namun berlawanan arah pada tubuh manusia. Ketika suatu benda memberikan gaya pada benda lain, benda kedua juga memberikan gaya yang sama besar tapi berlawanan arah pada benda pertama. Contohnya, jika Anda mendorong dinding, Anda merasakan tangan Anda tertolak ke belakang karena dinding memberikan reaksi yang sebanding. Hukum-hukum ini berlaku untuk berbagai skala dan jenis gerakan di dunia nyata, selama kecepatan benda yang relative tidak mendekati kecepatan cahaya dan efek relativistik tidak signifikan. Meskipun hukum-hukum ini sangat kuat dan berlaku dalam banyak situasi, mereka tidak dapat mengatasi semua fenomena fisika, terutama pada skala subatomik atau kecepatan relativistik tinggi. Oleh karena itu, hukum-hukum

fisika yang lebih umum seperti teori relativitas dan mekanika kuantum diperlukan untuk menjelaskan fenomena di tingkat yang lebih dalam dan luas.

1.5 Gaya-Gaya Pada Tubuh Manusia

Gaya dapat didefinisikan sebagai dorongan atau tarikan yang menyebabkan benda diam atau bergerak. Jadi gaya dapat menyebabkan benda tetap diam atau menyebabkan benda bergerak (Dr.Asim, 2018). Gaya merupakan suatu konsep dalam fisika yang menggambarkan interaksi antara objek-objek, yang dapat mempengaruhi perubahan gerak atau keseimbangan. Dalam konteks tubuh manusia, gaya merujuk pada interaksi di antara berbagai bagian tubuh atau objek dengan lingkungan sekitarnya, yang dapat menyebabkan perubahan gerak atau keseimbangan tubuh manusia. Terdapat beberapa jenis gaya yang memiliki peran penting dalam tubuh manusia:

1. Gaya Gravitasi

Gaya tarik menarik benda ke pusat bumi. Ini adalah gaya yang membuat kita tetap berada di permukaan bumi dan mengatur gerakan jatuh bebas.

2. Gaya Normal

Gaya yang diberikan oleh permukaan benda tempat kita berdiri atau duduk. Gaya ini selalu tegak lurus terhadap permukaan dan memiliki arah yang berlawanan dengan gaya gravitasi. Gaya normal memastikan keseimbangan tubuh kita saat kita berada di permukaan.

3. Gaya Gesekan

Gaya yang muncul ketika dua permukaan bersentuhan dan menghambat gerakan relatif antara keduanya. Gaya gesekan memiliki dua jenis utama: gesekan kinetik (saat ada gerakan relatif) dan gesekan statis (saat tidak ada gerakan).

4. Gaya Tegangan

Gaya yang terjadi dalam benda ketika terdapat tegangan atau tarikan pada benda tersebut. Dalam tubuh manusia, otot-otot sering mengalami tegangan ketika kita melakukan gerakan atau aktivitas.

5. Gaya Angkat

Gaya yang diterapkan ke atas untuk mengangkat atau menggerakkan suatu benda. Dalam tubuh manusia, otot-otot kita menghasilkan gaya angkat ketika kita mengangkat sesuatu.

6. Gaya Sentripetal

Gaya yang mengarah ke pusat lingkaran saat suatu objek bergerak dalam lintasan melingkar. Dalam tubuh manusia, gaya ini terlibat dalam gerakan melingkar seperti saat berputar atau berayun.

7. Gaya Dorong

Gaya yang diberikan ke arah tertentu untuk mendorong suatu benda. Ini bisa terjadi dalam berbagai aktivitas sehari-hari seperti mendorong pintu atau benda lainnya.

8. Gaya Tarik

Gaya yang bekerja ketika kita menarik sesuatu ke arah kita. Ini terjadi misalnya saat kita menarik tali atau benda lainnya.

Semua gaya ini bekerja bersama-sama dalam tubuh manusia untuk menghasilkan gerakan, menjaga keseimbangan, dan memungkinkan interaksi dengan lingkungan sekitar. Sistem saraf, otot, tulang, dan persendian semuanya berkontribusi dalam merespons dan menghasilkan gaya-gaya ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asim. 2018. Wineka Media Pengembangan Gaya Dalam Gerak Manusia (no date). *Penulis: Dr. Asim. M.Pd.*
- Hamill, J., & Knutzen, K. M. (2018). *Biomechanical basis of human movement*. Wolters Kluwer. (Buku yang mengeksplorasi prinsip-prinsip biomekanik yang mendasari gerakan manusia.)
- Ilham, D. and Yusuf, Y. (2012) 'Analisa Gaya dalam Keadaan Statis pada Sistem Muskuloskeletal Tangan-Lengan Manusia', *Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY*, (April), pp. 73–76. Available at: https://nanopdf.com/download/analisa-gaya-dalam-keadaan-statis-pada-sistem-hfi-diy_pdf.
- Latash, M. L. and Zatsiorsky, V. M. (2015) *Biomechanics and Motor Control: Defining Central Concepts*, *Biomechanics and Motor Control: Defining Central Concepts*. doi: 10.1016/C2013-0-18342-0.
- Peter M McGinnis (2013) *Check & Out & the & Web & Resource !&*. Available at: www.HumanKinetics.com/BiomechanicsOfSportAndExercise!and!follow!the!
- Watkins, J. (2007) 'An Introduction to Biomechanics of Sport and exercise', p. 286.
- Winter, D. A. (2009) 'Biomechanics and Motor Control of Human Movement: Fourth Edition', *Biomechanics and Motor Control of Human Movement: Fourth Edition*, pp. 1–370. doi: 10.1002/9780470549148.

BAB 2

TEORI BIDANG GERAK TUBUH

Oleh Sherly Nova Trianda

2.1 Pendahuluan

Biomekanika adalah penyelidikan perkembangan tubuh manusia yang dipengaruhi oleh kerangka fisik, mental dan fisiologis tubuh mengenai mekanika. Biomekanik mengatur bagaimana otot, tulang, jaringan halus dan ligamen bekerja, dan tendon untuk menghasilkan perkembangan yang terkendali. Saat ini, pelatih dan peneliti sama-sama menggunakan biomekanik sebagai alat untuk mengukur dan mengevaluasi atlet serta pelatih. Kemajuan inovasi dan ilmu pengetahuan seperti saat ini, sejalan dengan peningkatan informasi dan pemanfaatannya, kemajuan ditemukan dalam dunia olahraga, khususnya dalam studi pelatihan (*training*). Evaluasi hasil pelatihan dan kompetisi berbasis teknik merupakan salah satu keunggulan kemajuan teknologi. Tujuannya adalah untuk memberikan informasi kepada mentor atau kompetitor bahwa masih terdapat kekurangan atau kekurangan dalam suatu pengembangan yang sedang diselesaikan karena jika kesalahan tersebut tidak diperbaiki maka akan mempengaruhi produk akhir.

2.2 Definisi Biomekanik

Kata biomekanik terdiri dari 2 kata yang terdiri dari bio dan mekanik. Bio yang mengandung arti kehidupan, ilmu pengetahuan sedangkan mekanika mengandung arti gerak. Biomekanika adalah ilmu yang berkonsentrasi pada hukum mekanik makhluk hidup. Ilmu penerapan mekanika pada sistem biologis disebut sebagai biomekanik. Jadi biomekanika merupakan perpaduan antara disiplin

ilmu mekanika terapan dan ilmu ilmu pengetahuan dan fisiologi. Biomekanika juga disebut ilmu yang menerapkan hukum mekanika pada rancangan makhluk hidup, khususnya pengaturan alat gerak tubuh. Lokomotor adalah gerakan tubuh yang bergerak dengan kekuatannya sendiri dan umumnya dibantu oleh gravitasi. Ilmu olahraga, di sisi lain, adalah ilmu terapan. Informasi disediakan oleh ilmu-ilmu yang berbeda, seperti sistem kehidupan, fisiologi, penelitian otak, ilmu sosial, dll. Melalui pendekatan ini dapat disimpulkan bahwa pembelajaran olahraga berpusat di sekitar beberapa bagian disiplin logis, termasuk biomekanik olahraga. Biomekanika olahraga merupakan salah satu elemen penting untuk kemajuan dalam pelatihan olahraga. Biomekanika merupakan bidang kajian logika yang semakin penting untuk dikaji dalam mengatasi masalah yang berkaitan dengan kesehatan tubuh dan kinerja manusia. Penelitian biomekanik sering diterapkan oleh mentor instruktur pendidikan yang sebenarnya, penasihat yang sebenarnya, spesialis, pelatih kebugaran.

2.3 Dasar-dasar Biomekanika

Dasar-dasar Ilmu biomekanika ini adalah ilmu terapan yang didorong oleh ilmu-ilmu anatomi, fisiologi dan fisika, maka dengan ketiga dasar-dasar atau prinsip ilmu tersebut menjadi dasar biomekanika, seperti:

1. Anatomi yaitu ilmu yang membahas mengenai struktur tubuh, dengan bagiannya seperti otot, tulang, saraf, persendian dan lain sebagainya.
2. Fisiologi yaitu ilmu yang membahas mengenai keberlangsungan kehidupan. Seperti fungsi daripada tingkat molekuler, seluler, jaringan, organ, sistem, dan organisme.
3. Fisika yaitu ilmu yang membahas mengenai materi beserta gerak dan perilakunya dalam lingkup ruang dan waktu, bersamaan dengan konsep yang berkaitan seperti energi dan gaya.

2.4 Sistem Gerak

Memahami bentuk dan susunan tubuh manusia diperlukan untuk memahami gerakan manusia. Bentuk dan rencana permainan tubuh manusia disebut struktur kehidupan. Kata struktur kehidupan berasal dari kata Yunani yang penting untuk dipotong atau dibongkar. Penyelidikan fisik perkembangan manusia tidak hanya membutuhkan informasi yang luas tentang nama-nama potongan kerangka dan juga otot-otot yang dapat menggerakkan potongan-potongan kerangka, tetapi juga jenis-jenis perkembangan pada persendian. Dengan demikian, para pembimbing, ahli olahraga, dan pendidik PJOK harus mengetahui semua tentang istilah-istilah penting yang digunakan, terkait dengan berdiri, istilah arah untuk tubuh, bidang gerak dan tomahawk, dan istilah-istilah yang terkait dengan perkembangan sendi.

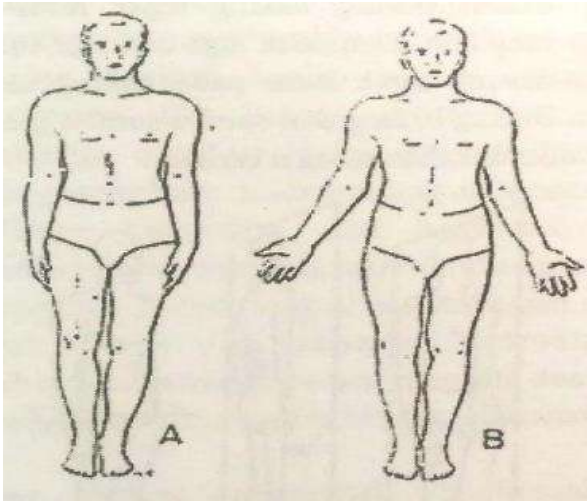
2.4.1 Sikap Berdiri

1. Sikap berdiri tegak

Sikap berdiri tegak dengan telapak kaki sedikit renggang dan sejajar, lengan bergantung lurus disamping badan dengan tangan posisi kedepan (Gambar A). Sikap ini biasanya digunakan sebagai titik tolak untuk menganalisis semua gerakan segmen badan kecuali gerakan lengan bawah.

2. Sikap berdiri anatomi

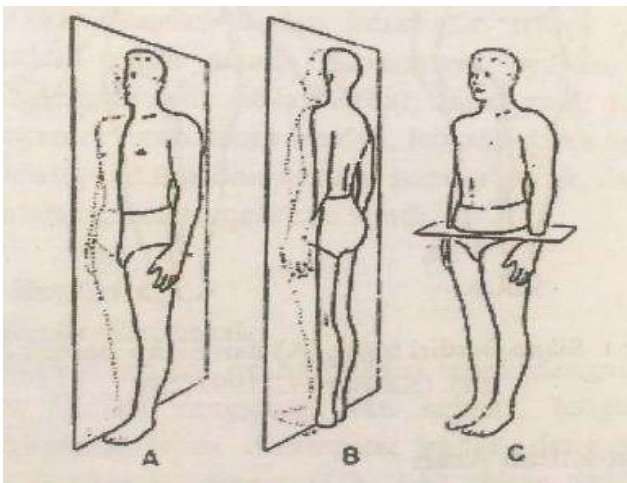
Sikap berdiri tegak dengan siku benar-benar lurus dan telapak tangan menghadap ke depan, serta tungkai dan kaki sama dengan sikap berdiri (Gambar B) Sikap ini biasa digunakan sebagai titik tolak untuk menganalisis gerakan lengan bawah telapak tangan dan jari-jari tangan.



Gambar 2.1 Berdiri Tegak (A) dan Berdiri Anatomis (B)

3. Bidang Gerak dan Sumbu Gerak

Ada tiga bidang gerak sesuai dengan tiga dimensi ruang. Masing-masing bidang tegak lurus pada dua bidang lain. Demikian juga ada tiga sumbu gerak, masing-masing tegak lurus pada bidang saat gerakan terjadi, seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.2 A Bidang Sagital, B Bidang Frontal,
dan C Bidang Transversal

- a. Bidang sagital atau anteroposterior adalah bidang vertikal yang melalui badan dari depan ke belakang sehingga membagi badan menjadi bagian kiri dan kanan.
- b. Bidang lateral atau trontal adalah bidang vertikal yang melewati badan sehingga membagi badan menjadi bagian anterior dan posterior.
- c. Bidang horizontal atau transversal adalah bidang horizontal yang melewati badan sehingga membagi badan menjadi bagian superior dan inferior.

Bidang-bidang gerak ini berguna dalam menjelaskan gerakan-gerakan dasar. Bidang-bidang ini akan selalu sama tanpa memperhatikan arah badan terhadap bumi.

4. Sumbu-sumbu gerak

Ada tiga sumbu gerak yang masing-masing berdiri tegak lurus pada bidangnya masing-masing.

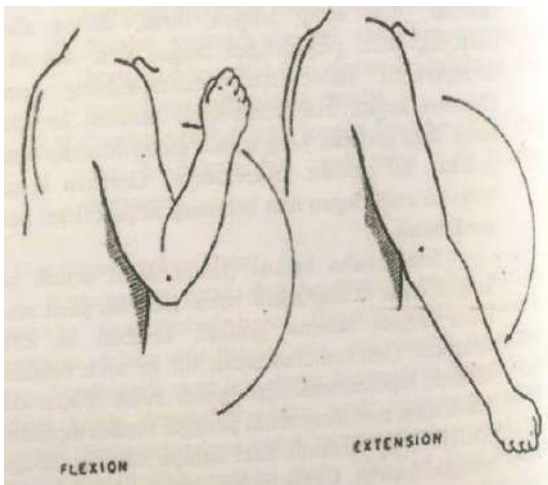
- a. Sumbu frontal-horisontal atau lateral atau transversal berjalan horisontal dari samping ke samping dan tegak lurus pada bidang sagital
- b. Sumbu sagital-horisontal atau anteroposterior berjalan horisontal dari depan ke belakang dan tegak lurus pada bidang frontal
- c. Sumbu vertikal atau longitudinal berjalan dari atas ke bawah dan tegak lurus pada bidang horizontal.

2.5 Gerakan-gerakan Dasar

Kemampuan gerak dari sendi-sendi adalah kompleks dan berbeda-beda, banyak sendi bergerak sederhana dalam satu bidang saja dan sumbu putarnya tetap. Ada juga sendi yang dapat bergerak dalam tiga bidang gerak dengan demikian letak sumbunya selalu berubah.

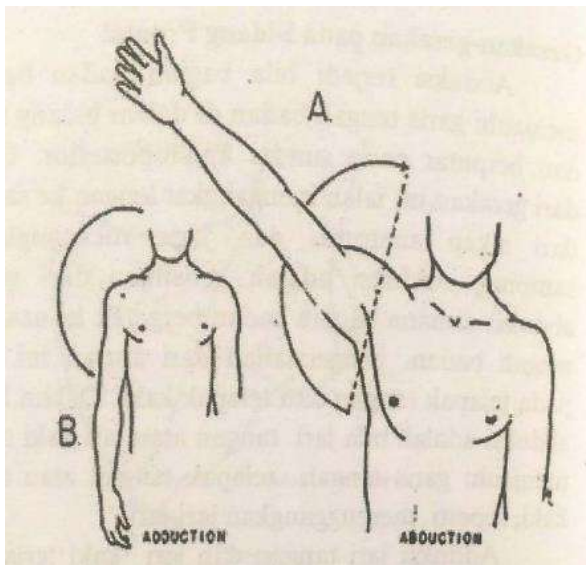
1. Gerakan pada bidang sagittal

Fleksi adalah gerakan dari bagian tubuh yang terjadi didalam bidang sagital dan berputar pada sumbu transversal. Fleksi pada sendi ialah mengecilkan sudut antara dua segmen yang bertemu pada sendi tersebut. Ekstensi merupakan kebalikan dari fleksi, yang terjadi di dalam bidang yang sama dan juga pada sumbu transversal tetapi memperbesar sudut sendi. Contohnya fleksi jari-jari tangan terjadi bila tangan yang terbuka bergerak ke posisi menggenggam. Bila bergerak dalam arah yang berlawanan, gerakan tersebut disebut ekstensi.



2. Gerakan pada bidang frontal

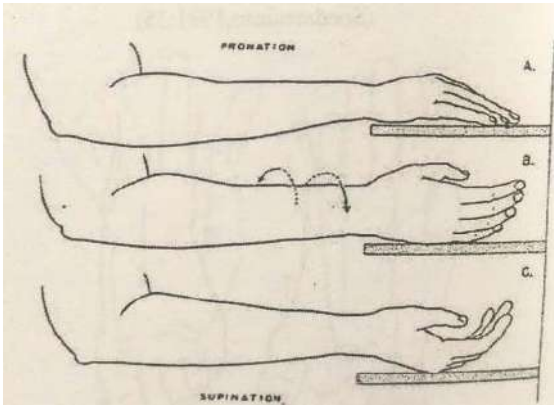
Abduksi terjadi bila bagian badan bergerak menjauhi garis tengah badan di dalam bidang frontal dan berputar pada sumbu anteroposterior. Contohnya mengangkat lengan kesamping dari sikap anatomis. Adduksi adalah kebalikan dari gerakan abduksi dimana bagian badan bergerak ke arah garis tengah badan. Pengecualian dari gerakan ini adalah pada bagian telapak tangan dan telapak kaki. Dalam hal ini, abduksi adalah bila jari tangan atau jari kaki terbuka menjauhi garis tengah telapak tangan atau telapak kaki, seperti merenggangkan kaki ataupun jari. Elevasi adalah gerakan geleng bahu didalam bidang frontal ke posisi superior. Sedangkan depresi adalah gerakan didalam arah yang berlawanan.



3. Gerakan pada bidang transversal

Rotasi kekiri dan kekanan adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan putaran kepala, leher dan togok. Untuk putaran anggota gerak digunakan istilah rotasi kedalam atau medial bila permukaan anterior, anggota gerak tersebut berputar ke arah garis tengah badan. Gerakan sebaliknya disebut rotasi keluar atau lateral.

Supinasi dan pronasi adalah gerakan lengan bawah pada sikap anatomi, lengan bawah dalam sikap supinasi. Putaran telapak tangan ke arah dalam atau medial dengan bahu tetap disenut pronasi. Sedangkan putaran ke arah berlawanan disebut supinasi.



4. Gerakan-gerakan kompleks

Sirkumduksi merupakan gabungan dari gerakan-gerakan didalam bidang-bidang sagital dan frontal dan bidang miring diantara keduanya, yang menghasilkan gerakan segmen seperti kerucut. Contohnya gerakan berputar pada sendi pergelangan tangan sementara lengan bawah tidak bergerak. Demikian juga dengan gerakan lengan lurus memutar pada sendi bahu dan gerakan tungkai lurus memutar pada sendi bahu. Titik segmen badan yang bergerak tersebut menggambarkan suatu bidang gerak yang berupa kerucut.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Bunn, John, W. (1959). *Scientific Principles of Coaching*. Englewood Cliffs, N.J. Prentice Hall, Inc.
- Carter, Lindsay, J.E. (1990). *Somatotyping Development and Applications*. New York: Cambridge University Press.
- Hay, James, G. (1985). *The Biomechanics of Sports Techniques*. New Jersey: Engle wood Cliffs.
- Umar , Jaka Utama. (2018). *Biomekanika Olahraga*. Sukabina Prees. <https://www.google.co.id/search?q=kerangka+anatomi+manusia&tbm>.

BAB 3

DINAMIKA ANGGOTA GERAK ATAS DAN BAWAH

Oleh Irhas Syah

Koordinasi antara anggota gerak atas dan bawah sangat penting dalam menjalankan banyak aktivitas sehari-hari, termasuk berjalan, berlari, mengangkat benda, dan melakukan aktivitas olahraga. Memahami dinamika ini penting bagi para atlet, fisioterapis, dan pelatih olahraga agar dapat mengembangkan program latihan yang efektif untuk meningkatkan kinerja dan mencegah cedera dalam olahraga. Beberapa konsep penting dalam dinamika anggota gerak atas dan bawah meliputi:

1. Sinkronisasi dan Koordinasi: Bagian atas dan bawah tubuh harus bekerja secara sinkron dan terkoordinasi untuk menghasilkan gerakan yang efisien. Koordinasi ini melibatkan interaksi antara otot-otot, sendi-sendi, dan sistem saraf untuk menghasilkan gerakan yang mulus.
2. Transfer Berat Badan: Ketika berjalan atau berlari, transfer berat badan dari satu kaki ke kaki lainnya melibatkan interaksi antara bagian atas dan bawah tubuh. Ini membantu menjaga keseimbangan dan kestabilan saat bergerak.
3. Pemindahan Energi: Ketika berolahraga atau melakukan aktivitas fisik yang lebih intens, energi dari bagian bawah tubuh dapat dialihkan dan dimanfaatkan oleh bagian atas tubuh (misalnya, dalam gerakan pukulan dalam tinju atau ayunan dalam olahraga golf).
4. Integrasi Gerakan: Aktivitas yang melibatkan anggota gerak atas dan bawah sering melibatkan integrasi gerakan yang kompleks. Contohnya adalah gerakan berenang, di mana

gerakan lengan dan kaki harus terkoordinasi dengan baik untuk menghasilkan gerakan renang yang efisien.

5. Keseimbangan dan Stabilitas: Bagian atas tubuh juga dapat berperan dalam menjaga keseimbangan dan stabilitas tubuh saat bagian bawah tubuh bergerak. Contohnya adalah saat Anda melompat atau berlari dengan cepat, lengan bisa membantu menjaga keseimbangan.
6. Kesejajaran Postur: Postur tubuh yang tepat memainkan peran penting dalam dinamika anggota gerak atas dan bawah. Postur yang baik membantu dalam mentransfer energi dan mengurangi tekanan yang tidak perlu pada persendian dan otot.
7. Koordinasi Otak: Sistem saraf memainkan peran sentral dalam mengoordinasikan gerakan anggota gerak atas dan bawah. Otak harus mengirimkan sinyal yang tepat ke otot-otot yang diperlukan untuk menghasilkan gerakan yang diinginkan.

Selain dari tujuh dinamika gerak yang telah dijelaskan sebelumnya, pemahaman tentang bagian-bagian dalam dinamika gerak juga penting dalam ilmu biomekanik. Ini meliputi pemahaman tentang anatomi anggota gerak atas dan bawah serta fisiologi kontraksi otot. Berikut adalah rincian lebih lanjut mengenai hal tersebut:

3.1 Tulang Anggota Gerak Atas dan Bawah

- a. Anggota Gerak Atas:
 - Tulang Klavikula: Tulang yang menghubungkan tulang dada dengan tulang bahu.
 - Tulang Scapula: Tulang bahu yang memiliki peran penting dalam gerakan lengan dan bahu.
 - Humerus: Tulang lengan atas yang menghubungkan bahu dengan siku.
 - Ulna dan Radius: Tulang hasta dan pengumpil yang membentuk lengan bawah dan memungkinkan gerakan pergelangan tangan.
 - 8 Tulang Karpal: Tulang-tulang pangkal tangan yang membentuk pergelangan tangan.

- 5 Tulang Metakarpal: Tulang-tulang di tapak tangan.
- 14 Falang: Ruas jari tangan yang membentuk jari.
- b. Anggota Gerak Bawah:
 - Tulang Femur: Tulang paha yang menghubungkan pinggul dengan lutut.
 - Tulang Patella: Tulang lutut yang melindungi sendi lutut dan membantu dalam pergerakan lutut.
 - Tibia: Tulang kering yang membentuk bagian depan dari kaki bawah.
 - Fibula: Tulang betis yang berjalan sejajar dengan tibia.
 - Tarsal: Tulang-tulang pergelangan kaki.
 - Metatarsal: Tulang-tulang tapak kaki.
 - Falang: Tulang-tulang jari kaki.

3.2 Fisiologi Kontraksi Otot

Otot-otot memiliki peran penting dalam menggerakkan anggota gerak. Otot-otot berdasarkan gerakan dasar tertentu dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Otot Fleksor: Otot yang menyebabkan gerakan fleksi atau membengkokkan tulang. Contohnya adalah otot biceps brachii yang membengkokkan lengan bawah.
- b. Otot Ekstensor: Otot yang menyebabkan gerakan ekstensi atau meluruskan tulang. Misalnya, otot triceps brachii meluruskan lengan bawah.
- c. Otot Abduktor: Otot yang menyebabkan gerakan abduksi atau menjauhkan tubuh. Contohnya adalah otot deltoideus yang menyebabkan abduksi lengan atas pada sendi bahu.
- d. Otot Adduktor: Otot yang menyebabkan gerakan adduksi atau mendekati tubuh. Misalnya, otot pectoralis mayor (otot dada besar) yang menyebabkan gerakan adduksi lengan atas pada sendi bahu, berlawanan dengan otot deltoideus.
- e. Otot Pronator: Otot yang menyebabkan gerakan pronasi atau memutar ke bawah. Sebagai contoh, otot pronator quadratus memutar telapak tangan hingga tertelungkup, bekerja bersama dengan otot pronator lainnya.

- f. Otot Supinator: Otot yang menyebabkan gerakan supinasi atau memutar ke luar. Contohnya adalah otot brachii yang memutar lengan bawah sehingga telapak tangan menengadah.
- g. Otot Rotator: Otot yang menyebabkan gerakan rotasi atau memutar. Contoh otot ini adalah gluteus maximus yang menyebabkan gerakan rotasi ke dalam tungkai atas pada sendi pangkal paha.

Memahami anatomi dan fisiologi ini membantu kita dalam merancang latihan yang tepat dan mengoptimalkan gerakan serta performa tubuh dalam berbagai aktivitas sehari-hari dan olahraga.

3.2.1 Macam-macam Kontraksi Otot Rangka :

- a. Kontraksi Isotonis: Terjadi saat otot melawan beban tetap dengan mendekatkan kedua ujung otot. Ini menghasilkan perubahan panjang otot dan menghasilkan gerakan.
- b. Kontraksi Isometrik: Terjadi tanpa perubahan panjang otot yang nyata, namun terjadi peningkatan dalam tonus otot.

3.2.2 Mekanisme Kontraksi Otot:

- a. Aksi Potensial: Rangsang diterima oleh saraf dan berakhir di membran otot.
- b. Pelepasan Neurotransmitter: Neurotransmitter asetilkolin dilepaskan di ujung saraf dan mempengaruhi membran serabut otot.
- c. Penyebab Terjadinya Aksi Potensial: Asetilkolin membuka pintu natrium di membran serabut otot, menyebabkan masuknya ion natrium yang memicu aksi potensial di membran otot.
- d. Hantaran Aksi Potensial: Aksi potensial menyebar melalui membran otot.

- e. Pembebasan Kalsium: Aksi potensial sampai ke bagian tengah otot, merangsang retikulum sarkoplasma untuk melepaskan ion kalsium.
- f. Ikatan Aktin dan Miosin: Kalsium berikatan dengan troponin-C, memulai ikatan antara aktin dan miosin.
- g. Sliding Filament Mechanism: Ikatan antara aktin dan miosin menyebabkan filamen ini saling menarik ke tengah, menghasilkan kontraksi otot.
- h. Relaksasi: Setelah beberapa waktu, ion kalsium dipompa kembali ke dalam retikulum sarkoplasma, mengakhiri ikatan aktin dan miosin, dan menyebabkan relaksasi otot.

3.2.3 Langkah-langkah Relaksasi Otot

- a. Pemompaan Kalsium Kembali: Ion kalsium dipompa kembali ke dalam retikulum sarkoplasma.
- b. Pembebasan Kalsium dari Troponin: Kalsium dilepaskan dari troponin.
- c. Penghentian Interaksi Aktin dan Miosin: Interaksi antara aktin dan miosin dihentikan, menghentikan kontraksi.

3..3 Koordinasi dan Kontrol Gerakan

Koordinasi dan kontrol gerakan adalah proses yang kompleks dalam sistem saraf yang memungkinkan tubuh untuk menghasilkan gerakan yang terstruktur dan terorganisir. Hal ini melibatkan berbagai komponen seperti saraf, otot, dan sinyal-sinyal dalam tubuh. Koordinasi gerakan terjadi melalui sistem saraf pusat dan perifer, di mana otot-otot yang berbeda bekerja bersama untuk menghasilkan gerakan halus dan terarah.

- a. Area otak seperti korteks motorik dan cerebellum berperan dalam mengoordinasikan gerakan ini. Sementara itu, kontrol gerakan melibatkan mekanisme yang mengatur kapan, bagaimana, dan seberapa besar gerakan itu dilakukan.

- b. Sistem saraf pusat mengintegrasikan informasi sensorik dan mengambil keputusan untuk tindakan yang sesuai. Sinyal-sinyal saraf dalam bentuk impuls listrik, atau potensial aksi, digunakan untuk mengirimkan informasi. Sinyal ini melewati neuron dan menghubungkan bagian-bagian otak dan sistem saraf perifer untuk mengkoordinasikan gerakan.
- c. Korteks motorik bertanggung jawab untuk merencanakan, memulai, dan mengontrol gerakan sadar, sementara cerebellum membantu mengoreksi dan menyempurnakan gerakan. Kedua area ini berkolaborasi untuk mencapai koordinasi dan kontrol gerakan yang tepat.
- d. Ganglia basal, yang terletak di otak, juga berperan dalam mengendalikan gerakan dan mengoreksi gerakan jika diperlukan.

3.4 Gerak dan Kerja Otot

Otot manusia berkontraksi saat diberi rangsangan, yang menyebabkan otot memendek, mengeras, dan membesar pada bagian tengahnya. Akibat kontraksi ini, otot dapat menarik tulang yang terhubung dengannya, menghasilkan gerakan. Satu jenis otot hanya mampu menggerakkan tulang dalam satu arah tertentu. Untuk mengembalikan tulang ke posisi semula, otot tersebut harus melepaskan kontraksinya, dan otot lain dengan kerja berlawanan harus berkontraksi. Oleh karena itu, setidaknya dua jenis otot diperlukan untuk menggerakkan tulang dari satu posisi ke posisi lainnya dan kemudian kembali ke posisi semula.

Berdasarkan cara kerjanya, otot dibedakan menjadi otot antagonis dan otot sinergis. Otot antagonis menyebabkan gerakan yang berlawanan arah, di mana satu otot berkontraksi sementara otot yang lain relaksasi. Otot sinergis, di sisi lain, berkontraksi bersamaan dan berelaksasi bersamaan, menghasilkan gerakan yang searah. Contohnya adalah kerja otot bisep dan trisep pada lengan atas dan bawah. Otot bisep berkontraksi untuk mengangkat lengan bawah, sementara otot trisep berkontraksi untuk menurunkannya.

Kita telah memahami mengenai arah gerakan otot antagonis, gerak sinergis, serta beberapa contoh gangguan gerakan. Untuk memberikan informasi yang lebih lengkap, berikut ini merupakan rincian lebih lanjut mengenai contoh-contoh gangguan gerak pada tubuh :

- a. Parkinson's Disease: Ini adalah gangguan neurodegeneratif yang mempengaruhi gerakan tubuh. Gejalanya termasuk tremor (getaran), kekakuan otot, pergerakan lambat, dan kesulitan memulai gerakan. Penyebab pasti Parkinson belum sepenuhnya dipahami, tetapi berhubungan dengan hilangnya sel saraf dopamin di otak.
- b. Cerebral Palsy: Kondisi ini disebabkan oleh kerusakan pada otak sebelum atau saat kelahiran. Ini mengganggu kontrol gerakan dan postur tubuh. Gejalanya bervariasi, termasuk gangguan gerakan, kekakuan otot, dan kesulitan berkoordinasi.
- c. Muscular Dystrophy: Merupakan sekelompok gangguan genetik yang menyebabkan kerusakan dan melemahnya otot secara progresif. Tipe-tipe muscular dystrophy dapat memiliki gejala yang berbeda, tetapi semuanya menyebabkan kelemahan otot yang serius.
- d. Stroke: Stroke terjadi ketika aliran darah ke otak terganggu, menyebabkan kerusakan pada area otak tertentu. Ini dapat mengakibatkan gangguan gerakan, kelemahan, dan kehilangan koordinasi di sisi tubuh tertentu.
- e. Huntington's Disease: Ini adalah gangguan genetik yang mempengaruhi otak dan sistem saraf. Gejalanya termasuk perubahan psikologis, perubahan kepribadian, dan gangguan gerakan yang serius seperti gerakan yang tidak terkontrol (korea) dan kekakuan otot.
- f. Multiple Sclerosis: Penyakit autoimun ini mengganggu lapisan mielin yang melapisi serat saraf di sistem saraf pusat. Gejalanya sangat bervariasi, termasuk gangguan gerakan, kelemahan, kesulitan berjalan, dan masalah koordinasi.
- g. Dystonia: Dystonia adalah gangguan gerakan yang menyebabkan kontraksi otot yang tidak terkontrol. Ini dapat

menghasilkan posisi tubuh yang tidak normal dan gerakan berulang yang tidak diinginkan.

- b. Semua gangguan gerak ini dapat memiliki dampak yang signifikan pada kehidupan sehari-hari individu yang terkena dampak, mempengaruhi mobilitas, kemandirian, dan kualitas hidup mereka. Diagnosis dan penanganan yang tepat dapat membantu dalam mengelola gejala dan mengoptimalkan fungsi gerak.

3.5 Keseimbangan Postur

Keseimbangan postur merujuk pada kemampuan tubuh manusia untuk menjaga stabilitas dan posisi yang benar ketika berdiri, berjalan, atau terlibat dalam aktivitas fisik lainnya. Sistem keseimbangan postur melibatkan sejumlah faktor, termasuk sistem saraf, otot-otot, dan sistem sensorik, yang bekerja bersama untuk mempertahankan posisi tubuh yang optimal. Sejumlah elemen utama dalam sistem keseimbangan postur adalah sebagai berikut:

- a. Sistem Vestibular: Terletak dalam telinga bagian dalam, sistem ini mengontrol keseimbangan dan orientasi tubuh dengan mendeteksi perubahan gerakan dan posisi kepala. Informasi ini kemudian diteruskan ke otak untuk diolah.
- b. Sistem Visual: Mata memberikan informasi visual tentang lingkungan sekitar dan posisi tubuh terhadap objek dan permukaan di sekitarnya. Hal ini membantu dalam menjaga keseimbangan dan melakukan koreksi posisi tubuh.
- c. Sistem Somatosensori: Receptor sensorik dalam kulit, otot, dan sendi memberikan umpan balik tentang posisi dan pergerakan tubuh. Informasi ini membantu dalam mengenali perubahan posisi tubuh dan mengontrol otot-otot untuk menjaga keseimbangan.

Keseimbangan postur yang baik memiliki peranan penting dalam memelihara mobilitas, mencegah cedera, dan menjalankan aktivitas sehari-hari dengan efisien. Latihan fisik yang melibatkan

koordinasi, fleksibilitas, dan penguatan otot inti juga dapat berkontribusi dalam meningkatkan keseimbangan postur.

Jaringan postural berkembang seiring dengan perkembangan individu. Sebagai contoh, saat seorang anak mulai duduk, otot-otot postural menjadi aktif. Seiring waktu, banyak kombinasi otot yang tersedia pada awalnya kemudian disempitkan menjadi kombinasi yang paling fungsional. Assaiante dan Amblard mempersempit sebuah model ontogenetik yang berkaitan dengan pengaturan sensorimotor dalam menjaga keseimbangan. Model Assaiante dan Amblard dibangun berdasarkan dua prinsip fungsional.

1. Prinsip pertama mengasumsikan bahwa keseimbangan bergantung pada kerangka acuan yang digunakan oleh tubuh. Dua kerangka acuan yang mungkin adalah bidang permukaan dan gravitasi. Jika bidang permukaan dijadikan kerangka acuan, pengendalian keseimbangan diarahkan dari bawah (kaki) ke atas (kepala) seperti yang terlihat dalam posisi berdiri, atau dari bagian pinggul ke atas (kepala) seperti yang terlihat dalam gerakan. Namun, jika garis vertikal diambil sebagai kerangka acuan, pengendalian keseimbangan diarahkan dari atas (kepala) ke bawah (kaki).
2. Prinsip fungsional kedua adalah bahwa anak-anak belajar untuk mengendalikan peningkatan dalam tingkat kebebasan selama gerakan. Dalam perkembangannya, anak-anak menjadi lebih mahir dalam mengatur gerakan yang semakin rumit dan mengendalikan sejauh mana mereka dapat menjaga keseimbangan selama gerakan tersebut.

Dalam keseluruhan, model ontogenetik yang diajukan oleh Assaiante dan Amblard ini membantu menjelaskan bagaimana sistem sensorimotor berkembang seiring dengan perkembangan anak, khususnya dalam hal menjaga keseimbangan. Model ini menyoroti peran penting kerangka acuan dan adaptasi terhadap peningkatan kompleksitas gerakan dalam pengaturan keseimbangan. Model Assaiante dan Amblard didasarkan pada gerakan anak-anak ketika keseimbangan tidak terganggu.

Terdapat empat jenis kontrol postur yang umumnya dikenal: statis, reaktif, antisipatif, dan adaptif. Kontrol postur statis bertujuan untuk menjaga stabilitas dengan memastikan bahwa pusat massa tubuh (*center of mass/COM*) tetap berada dalam dasar tumpuan (*base of support/BOS*). Semua gaya yang mempengaruhi tubuh akan berada dalam keseimbangan saat COM berada di dalam batas-batas stabilitas, yaitu di dalam batas BOS. Ketika kontrol postur dalam kondisi statis berhasil dilakukan, maka kita akan mencapai keseimbangan statis yang baik dalam posisi tertentu. Meskipun keseimbangan dalam posisi berdiri sering dianggap sebagai kondisi statis, tetapi sebenarnya terdapat gerakan yang terjadi bahkan ketika kita berdiri dalam posisi diam. Hal ini disebabkan oleh aktivitas otot-otot yang bekerja untuk menjaga keseimbangan dan mengoreksi perubahan kecil dalam posisi tubuh. Meskipun gerakannya mungkin halus dan tidak terlihat, tetapi tubuh kita secara konstan melakukan penyesuaian kecil untuk menjaga keseimbangan.

Kontrol postur reaktif terjadi sebagai respons terhadap gangguan eksternal, seperti gesekan yang tak terduga atau perubahan mendadak dalam posisi tubuh. Kontrol postur antisipatif melibatkan perencanaan dan persiapan sebelum melakukan gerakan yang mungkin memengaruhi keseimbangan. Sedangkan kontrol postur adaptif terjadi dalam jangka waktu yang lebih panjang, melibatkan penyesuaian atas perubahan-perubahan dalam lingkungan atau kondisi tubuh yang memengaruhi keseimbangan.

Dalam keseluruhan, sistem kontrol postur yang kompleks dan bervariasi ini memungkinkan kita untuk menjaga keseimbangan dalam berbagai situasi, dari posisi diam hingga gerakan dinamis, serta dalam menghadapi perubahan-perubahan tak terduga di lingkungan sekitar kita. Penyesuaian postur yang terjadi sebelum melakukan gerakan tertentu digolongkan sebagai antisipatif. Biasanya, kita melakukan penyesuaian posisi ini sebelum mulai mencapai sesuatu, mengangkat benda, atau melangkah. Penyesuaian posisi secara antisipatif mengharuskan sistem saraf mengirim informasi kepada otot-otot postural agar

mereka siap untuk menjalankan gerakan yang akan datang. Kontrol postur adaptif, di sisi lain, muncul saat kita mengubah respons motorik karena perubahan dalam lingkungan sekitar. Contohnya, kebanyakan orang mengubah kecepatan dan lebar langkah saat berjalan di permukaan yang licin. Aspek-aspek kognitif seperti perhatian, motivasi, dan niat juga memiliki dampak pada kemampuan kita dalam melakukan antisipasi dan kontrol postur yang adaptif.

Kontrol postur adalah proses di mana sistem saraf pusat, sistem sensorik, dan sistem muskuloskeletal bekerja bersama untuk menghasilkan strategi otot yang mengatur hubungan antara pusat massa tubuh (COM) dan dasar tumpuan (BOS). Untuk menjaga stabilitas, terdapat dua mekanisme yang digunakan. Mekanisme pertama melibatkan pengembangan torsi pada kaki atau pada kaki dan bagian tengah tubuh (*trunk*) untuk mengendalikan pergerakan COM tanpa mengubah BOS. Mekanisme kedua melibatkan gerakan langkah atau perubahan dalam posisi kaki untuk mengubah BOS ketika keseimbangan seseorang terganggu.

Kontrol postur yang efektif menggabungkan respons motorik yang cepat dan adaptif dari sistem saraf dengan umpan balik dari sistem sensorik, sehingga memungkinkan kita untuk menjaga keseimbangan dalam berbagai situasi dan mengatasi tantangan lingkungan yang berbeda. Postur dan keseimbangan merupakan aspek yang saling terhubung dalam sub-sistem motorik saraf pusat dan muskuloskeletal. Selain itu, sistem somatosensori, visual, dan vestibular juga memainkan peran penting dalam mengatur keseimbangan. Penting untuk diingat bahwa ada berbagai jenis keseimbangan, termasuk keseimbangan statis, dinamis, dan reaktif, serta kontrol postural dalam bentuk antisipatif dan adaptif. Jaringan postural berkembang selama tahap awal perkembangan dan mengontrol postur melibatkan banyak elemen, lebih dari sekadar sistem saraf.

Efek dari sistem muskuloskeletal terhadap postur tubuh berkaitan dengan pertumbuhan fisik. Perubahan dalam sistem ini berkontribusi pada kemampuan tubuh kita untuk menghasilkan kekuatan, fleksibilitas, dan lainnya. Perubahan dalam kurva tulang belakang adalah contoh nyata dari perubahan yang terjadi seiring bertambahnya usia. Kemampuan tubuh dalam mengendalikan derajat kebebasan segmen tubuh juga berubah seiring waktu, seperti yang tercermin dalam perkembangan kontrol postural saat duduk dan berdiri.

Selama masa dewasa, tingkat aktivitas dan pengalaman dalam berbagai gerakan memiliki pengaruh terhadap postur dan keseimbangan. Faktor-faktor seperti dimensi tubuh dan bentuk tubuh juga memengaruhi kontrol postural. Dimensi fisik tubuh bervariasi seiring usia, bukan hanya karena proses pertumbuhan internal, tetapi juga karena faktor-faktor psikologis, gaya hidup, status mental, dan tingkat aktivitas. Selama usia dewasa, tingkat aktivitas fisik dan pengalaman dalam berbagai gerakan juga akan mempengaruhi perkembangan kontrol postural dan kemampuan tubuh untuk menjaga keseimbangan dengan baik.

Aktivitas fisik, kognitif dan IMT sangat berpengaruh terhadap keseimbangan terutama pada lansia. Kelainan dalam sistem keseimbangan postur bisa mengakibatkan gejala seperti pusing, pingsan, dan risiko cedera akibat jatuh, terutama pada kelompok lanjut usia atau individu dengan kondisi medis tertentu. Dalam beberapa situasi, terapi fisik atau intervensi fisioterapi diperlukan untuk membantu mengatasi masalah keseimbangan postur.

DAFTAR PUSTAKA

Benjamin, E. J., Blaha, M. J., Chiuve, S. E., Cushman, M., Das, S. R., Deo, R., ... & American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. (2017). Heart disease and stroke statistics. 2017 update: a report

- from the American Heart Association. *Circulation*, 135(10), e146-e603.
- Compston, A., & Coles, A. (2008). Multiple sclerosis. *The Lancet*, 372(9648), 1502-1517.
- Hall, S. J. (2015). *Basic biomechanics*. McGraw-Hill Education.
- Hanke TA, Kay BA, Maresh C, et al. 2007. Age-related changes in posture-leg movement coordination during rhythmic unipedal stepping, *Motor Control* 11(Suppl):104.
- Hilliard MJ, Martinez KM, Janssen I, et al. 2008. Lateral balance factors predict future falls in community-living older adults, *Arch Phys Med Rehabil* 89(9):1708–1713.
- Jankovic, J. (2008). Parkinson's disease: clinical features and diagnosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 79(4), 368-376.
- Krakauer, J. W., Ghazanfar, A. A., Gomez-Marin, A., MacIver, M. A., & Poeppel, D. (2017). *Neuroscience needs behavior: correcting a reductionist bias*. *Neuron*, 93(3), 480-490.
- Kyvelidou A, Harbourne RT, Stuberger WA, et al: Reliability of center of pressure measures for assessing the development of sitting postural control, *Arch Phys Med Rehabil* 90:1176–1184, 2009.
- Scovil CY, Zettel JL, Maki BE: Stepping to recover balance in complex environments: is online visual control of the foot motion necessary or sufficient? *Neurosci Lett* 445:108–112, 2008.
- Shadmehr, R., & Krakauer, J. W. (2008). A computational neuroanatomy for motor control. *Experimental brain research*, 185(3), 359-381.
- Sturnieks DL, St George R, Lord SR: Balance disorders in the elderly, *Clin Neurophysiol* 38:467–478, 2008.

- Syah, I., & Utami, R. F. (2021). Aktivitas fisik dan kognitif berpengaruh terhadap keseimbangan lansia. 6(3), 748–753.
- Utami, R. F., & Syah, I. (2022). Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Keseimbangan Lansia. Jurnal Endurance, 7(1), 23–30. <https://doi.org/10.22216/jen.v7i1.712>
- Wichmann, T., & DeLong, M. R. (2016). Functional and pathophysiological models of the basal ganglia. Current opinion in neurobiology, 37, 117-126.

BAB 4

TEORI PERSENDIAN OSTEOLOGI DAN ARTHROLOGY

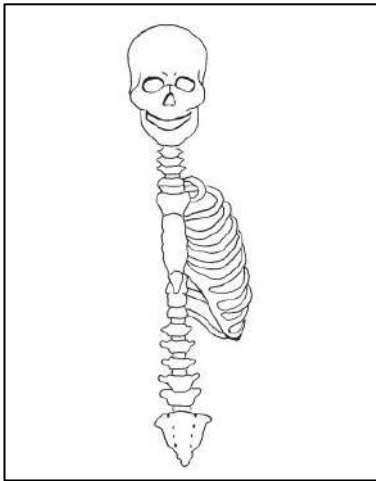
Oleh Diyah Proboyekti

4.1 Osteologi

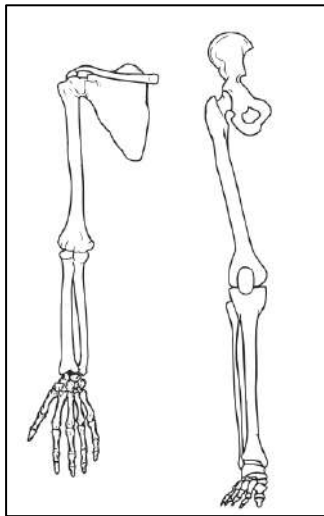
Sistem kerangka terdiri dari banyak tulang, merupakan kerangka kaku tubuh manusia. Kerangka memberi dukungan dan bentuk pada tubuh. Fungsi kerangka yaitu melindungi organ vital seperti otak, sumsum tulang belakang (*spinal cord*), dan jantung. Hal ini membantu pergerakan dengan menyediakan struktur kaku untuk perlekatan dan leverage otot. Sistem kerangka juga memproduksi sel darah di berbagai lokasi. Tempat utama pembentukan darah adalah ilium, vertebra, sternum, dan *costae*. Formasi ini kebanyakan terjadi pada tulang pipih. Kalsium dan garam mineral lainnya disimpan pada seluruh jaringan tulang sistem kerangka (Lippert, 2006).

Tulang merupakan bagian tubuh manusia yang paling tahan terhadap deformasi. Tulang tidak mengalami perubahan bentuk yang signifikan dalam waktu singkat, kecuali terjadi patah atau retak. Tulang dapat dianggap sebagai benda rigid dalam analisis pergerakan dan gerakan. Di dalam benda rigid, baik jarak antara dua titik maupun sudut antara tiga titik tidak berubah selama gerakan (Tözeren, 2000). Jenis tulang pada tubuh dikelompokkan menjadi dua kategori utama, yaitu aksial dan apendikular. Kerangka aksial membentuk bagian tubuh yang tegak, yang terdiri dari sekitar 80 tulang kepala, thorax, dan trunk. Kerangka apendikular menempel pada kerangka aksial dan berisi 126 tulang ekstremitas. Tubuh manusia terdapat 206 tulang. Masing-masing individu mungkin memiliki tulang sesamoid

tambahan, seperti pada tendon fleksor jempol kaki dan ibu jari. Tulang sakrum, tulang ekor, dan pinggul masing-masing terdiri dari beberapa tulang yang menyatu. Tulang-tulang yang menyatu tersebut dikenal sebagai ilium, iskiurn, dan pubis, yang terletak pada tulang pinggul (Lippert, 2006).



Gambar 4.1 Kerangka Aksial

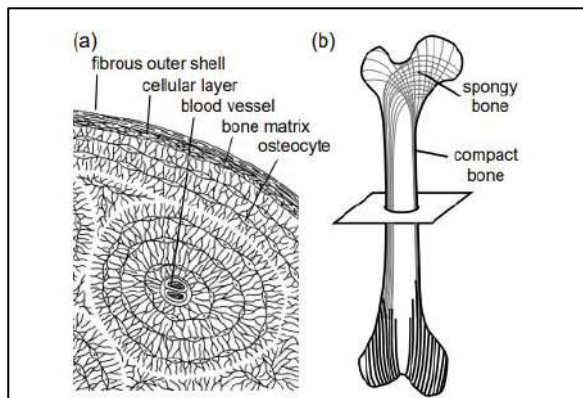


Gambar 4.2 Kerangka Apendikular

4.1.1 Susunan Tulang

Susunan tulang adalah sebagai berikut (Lippert, 2006):

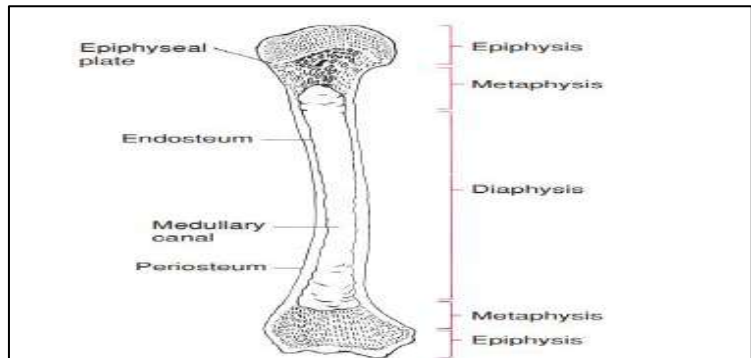
- a) Tulang dapat dianggap organ karena tersusun dari beberapa jenis jaringan (berserat, tulang rawan, tulang, saraf, dan pembuluh darah), dan berfungsi sebagai bagian integral dari sistem kerangka. Tulang terdiri dari sepertiga bahan organik (hidup) dan dua pertiga bahan anorganik (tidak hidup). Bahan organik memberikan elastisitas tulang, sedangkan bahan anorganik memberikan kekerasan dan kekuatan, yang membuat tulang buram pada sinar-x.
- b) Tulang kompak membentuk cangkang luar yang keras dan padat. Tulang tersebut selalu menutupi tulang sepenuhnya dan cenderung tebal di sepanjang batang (*shaft*) dan tipis di ujung tulang panjang, serta tebal di lempengan tulang pipih tengkorak.
- c) Tulang *Cancellous* adalah bagian dalam yang keropos dan kenyal yang disebut trabekula, yang berarti "balok kecil" dalam bahasa Latin. Tulang tersebut diatur dalam pola yang menahan tekanan dan regangan lokal. Trabekula ini cenderung untuk diisi dengan sumsum dan membuat tulang lebih ringan. Tulang *cancellous* membentuk sebagian besar ujung artikular tulang.



Gambar 4.3 Susunan Tulang

4.1.2 Struktur Tulang

Struktur tulang terdiri dari epifisis, diafisis, dan metafisis. **Epifisis** adalah area di setiap ujung diafisis, dan area ini cenderung lebih lebar dibandingkan batangnya. Epifisis pada tulang dewasa berupa tulang, tetapi pada tulang yang sedang tumbuh, epifisisnya berupa bahan tulang rawan dan disebut lempeng epifisis. Pertumbuhan memanjang terjadi melalui pembuatan tulang baru. **Diafisis** merupakan batang utama tulang. Diafisis sebagian besar terdiri dari tulang kompak, yang memberikan kekuatan besar. Pusat diafisis yaitu kanal medula, bentuknya berlubang, berfungsi untuk mengurangi berat tulang. Saluran ini berisi sumsum dan menyediakan jalan bagi arteri nutrisi. Endosteum adalah membran yang melapisi saluran meduler. Ini mengandung osteoklas, yang terutama bertanggung jawab untuk resorpsi tulang. Pada tulang panjang, bagian yang melebar pada setiap ujung diafisis disebut **metafisis**. Metafisis sebagian besar terdiri dari tulang kanelus dan berfungsi untuk mendukung epifisis. **Periosteum** adalah membran fibrosa tipis yang menutupi seluruh tulang kecuali permukaan artikular yang ditutupi tulang rawan hialin. Periosteum mengandung saraf dan pembuluh darah yang penting dalam memberikan nutrisi, mendorong pertumbuhan diameter tulang yang belum matang, dan memperbaiki tulang. Periosteum juga berfungsi sebagai titik perlekatan tendon dan ligamen (Lippert, 2006).



Gambar 4.4 Struktur Tulang

4.1.3 Jenis Tulang

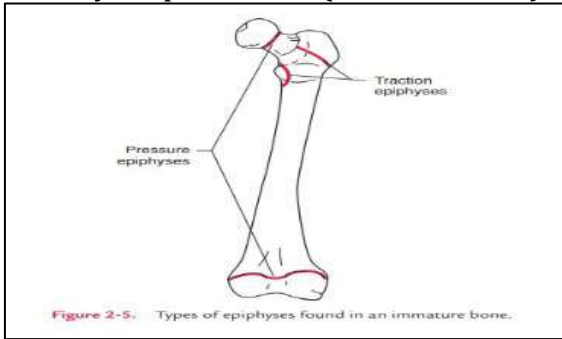
Jenis tulang terdiri dari tulang panjang dan tulang pendek. Penjelasanannya adalah sebagai berikut:

a) Tulang panjang

Tulang panjang dinamakan demikian karena panjangnya lebih besar daripada lebarnya. Tulang panjang merupakan tulang terbesar di tubuh dan membentuk sebagian besar kerangka usus buntu. Tulang panjang pada dasarnya berbentuk tabung dengan satu batang (diafisis) dan dua ujung bulat (epifisis). Bagian terluas dari batang yang paling dekat dengan epifisis disebut metafisis. Diafisis terdiri dari tulang kompak yang mengelilingi rongga sumsum. Metafisis dan epifisis terdiri dari tulang kanelus yang ditutupi lapisan tipis tulang kompak. Di atas permukaan artikular epifisis terdapat lapisan tipis tulang rawan hialin. Pertumbuhan tulang terjadi di epifisis (Lippert, 2006).

Tulang panjang terdapat pada lengan atas dan lengan bawah, paha dan tungkai bawah, telapak tangan, telapak kaki, jari tangan dan kaki. Tulang panjang berperan penting dalam pergerakan. Fungsi tulang panjang sebagai sistem tuas yang ditemukan di

pergelangan tangan dan pergelangan kaki yang bentuknya seperti kotak (Tözeren, 2000).



Gambar 4.5 Jenis Epifisis

b) Tulang pendek

Tulang pendek cenderung memiliki dimensi tinggi, panjang, dan lebar yang lebih sama, sehingga berbentuk. Tulang pendek mempunyai banyak permukaan artikular dan biasanya berartikulasi dengan tulang tersebut lebih dari satu tulang. Komposisinya mirip dengan tulang panjang, yaitu memiliki lapisan tipis tulang padat yang menutupi tulang kanelus, yang memiliki rongga sumsum di tengahnya. Contoh tulang pendek antara lain tulang pergelangan tangan (karpal) dan tulang pergelangan kaki (tarsal) (Lippert, 2006).

c) Tulang pipih

Tulang pipih memiliki permukaan yang sangat luas namun tidak terlalu tebal. Permukaannya cenderung melengkung dibandingkan datar. Tulang pipih terdiri dari dua lapisan tulang kompak dengan tulang kanelus dan sumsum di antaranya. Contoh tulang pipih yang bagus adalah Ilium dan skapula (Lippert, 2006). Tulang pipih membentuk atap tengkorak, sternum, costae, dan scapula. Tulang pipih melindungi jaringan lunak di bawahnya dari kekuatan benturan. Tulang pipih

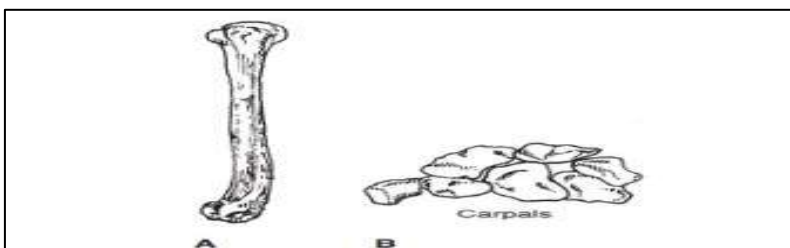
merupakan area permukaan yang luas untuk perlekatan otot rangka (Tözeren, 2000).

d) Tulang tidak beraturan

Tulang tidak beraturan memiliki bentuk campuran yang beragam, sesuai dengan namanya. Contohnya adalah tulang seperti vertebra dan sakrum yang tidak termasuk dalam kategori lainnya. Tulang tidak beraturan juga terdiri dari tulang dan sumsum kanselus yang terbungkus lapisan tipis tulang kompak (Lippert, 2006).

e) Tulang sesamoid

Tulang sesamoid yang bentuknya menyerupai biji wijen merupakan tulang kecil yang terletak pada tempat tendon menyilang ujung tulang panjang pada ekstremitas. Tulang sesamoid berkembang di dalam tendon dan melindunginya dari keausan berlebihan. Misalnya, tendon fleksor hallucis longus membentang di bagian bawah (permukaan plantar) kaki dan menempel pada jempol kaki. Jika tendon ini tidak dilindungi dengan cara apa pun pada bagian ujung kaki, maka tendon tersebut akan terus-menerus terinjak. Tulang sesamoid terletak di kedua sisi tendon dekat kepala metatarsal pertama, memberikan “alur” pelindung bagi tendon untuk melewati bantalan beban tersebut. Tulang sesamoid seperti patela biasanya berukuran kecil, bulat, dan rata. Tulang sesamoid berkembang di dalam tendon (Tözeren, 2000).



Gambar 4.6 Jenis Tulang (a) Tulang Panjang, (b) Tulang Pendek, (c) Tulang Pipih, (d) Tulang Tidak Beraturan

4.2 Arthrology

Sendi merupakan hubungan antara dua tulang. Fungsi sendi yaitu memungkinkan terjadinya gerakan, serta membantu menahan beban tubuh dan memberikan stabilitas. Sendi yang memungkinkan banyak gerakan akan memberikan sedikit stabilitas, misalnya sendi bahu. Persendian yang cukup stabil, cenderung sedikit bergerak, misalnya sendi sternoklavikula. Sendi mengandung cairan sinovial, yang berfungsi melumasi sendi dan memelihara tulang rawan. Sendi ini misalnya pada sendi *hip* dan sendi *knee*. Seringkali ada lebih dari satu istilah yang dapat digunakan untuk menggambarkan sambungan yang sama. Istilah-istilah ini cenderung menggambarkan struktur atau jumlah gerakan sendi yang diperbolehkan (Lippert, 2006).

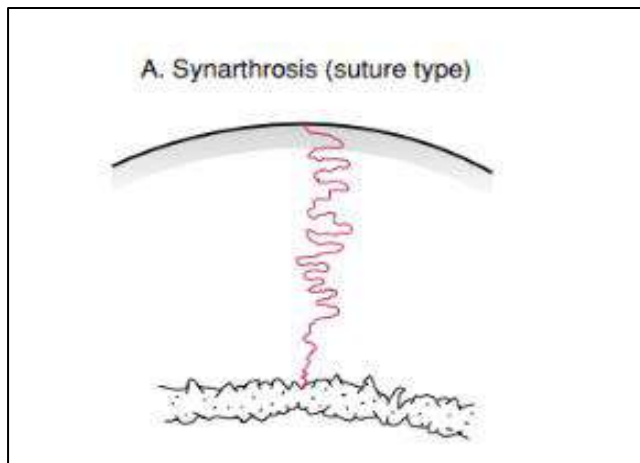
4.2.1 Jenis Persendian

Persendian dibagi menjadi tiga jenis, yaitu : sendi berserat (*fibrous joint*), sendi kartilaginosa (*Cartilaginous Joint*), dan sendi sinovial (*Synovial Joint*) (Lippert, 2006).

1. Sendi berserat (*Fibrous Joint*)

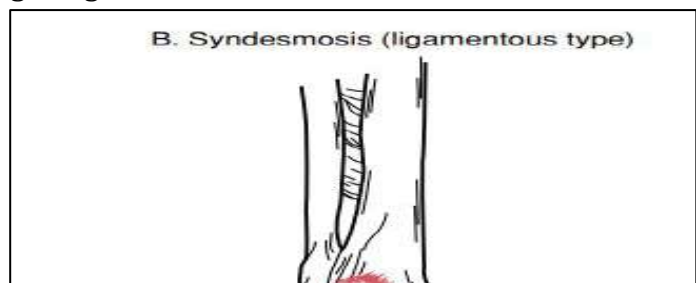
Sendi berserat memiliki lapisan tipis periosteum berserat di antara dua tulang, seperti pada sutura tengkorak. Tiga jenis sendi berserat yaitu *sinartrosis*, *sindesmosis*, dan *gomphosis*.

- a) *Sinartrosis* atau sendi sutura memiliki lapisan tipis periosteum berserat di antara kedua tulang, seperti pada sutura tengkorak. Ujung-ujung tulang dibentuk agar bisa saling mengunci. Jenis sendi ini pada dasarnya tidak ada gerakan antar tulang. Tujuan dari sendi jenis ini adalah untuk memberikan bentuk dan kekuatan.



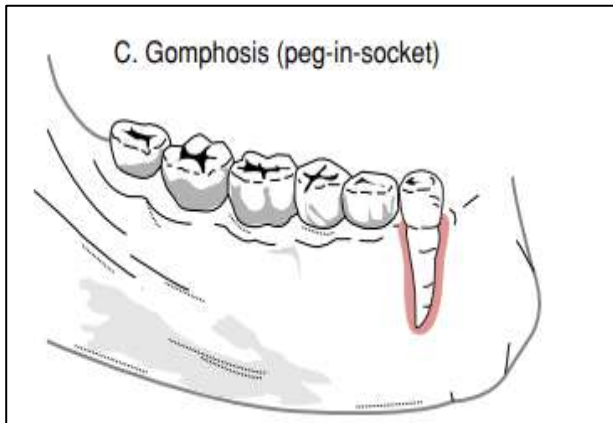
Gambar 4.7 Sendi Sinartrosis

- b) *Sindesmosis* atau sendi ligamen. Sendi ini terdapat banyak jaringan fibrosa, seperti ligamen dan membran interoseus, yang menyatukan sendi. Sedikit gerakan memutar atau meregangkan dapat terjadi pada jenis sendi ini. Contoh sendi *syndesmosis* adalah sendi *radioulnar distal* dan sendi *tibiofibular distal* pada pergelangan kaki.



Gambar 4.8 Sendi Sindesmosis

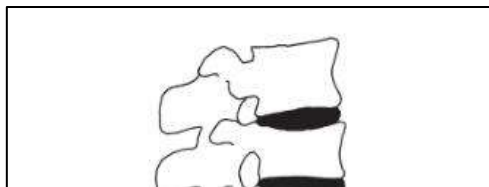
- c) *Gomphosis* dalam bahasa Yunani berarti "berbaur bersama". Sendi ini terjadi antara gigi dan dinding soket giginya di rahang bawah dan rahang atas.



Gambar 4.9 Sendi Gomposis

2. Sendi kartilaginosa (*Cartilaginous Joint*)

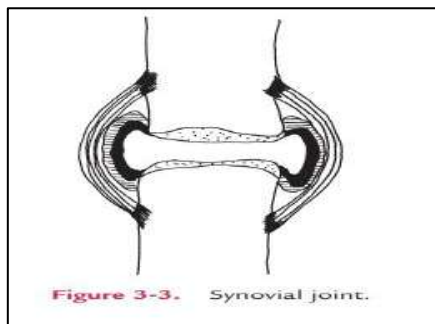
Sendi kartilago (tulang rawan) merupakan sendi yang memiliki tulang rawan hialin atau tulang rawan fibrosa di antara kedua tulang. Sendi vertebral adalah contoh sendi di mana tulang rawan fibro (*disk*) langsung menghubungkan tulang. Sendi sternokostal pertama adalah contoh hubungan langsung yang dibuat oleh tulang rawan hialin. Sendi kartilaginosa juga disebut sendi *amphiarthrodial* karena memungkinkan sedikit gerakan, seperti menekuk atau memutar, dan beberapa kompresi. Pada saat yang sama, sambungan ini memberikan banyak stabilitas.



Gambar 4.10 Sendi Kartilaginosa

3. Sendi sinovial (*Synovial Joint*)

Sendi sinovial tidak memiliki penyatuan langsung antara ujung-ujung tulang. Sendi ini terdapat rongga berisi cairan sinovial yang terkandung di dalam penutup seperti kapsul. Lapisan luar kapsul terdiri dari jaringan fibrosa kuat yang menyatukan sendi. Lapisan bagian dalam dilapisi dengan membran sinovial yang mengeluarkan cairan sinovial. Permukaan artikular sangat halus dan ditutupi dengan tulang rawan yang disebut tulang rawan hialin atau *artikular cartilage*. Sendi sinovial juga disebut sendi *diarthrodial* karena memungkinkan gerakan bebas. Sendi ini tidak stabil seperti jenis sendi lainnya tetapi memungkinkan lebih banyak gerakan.

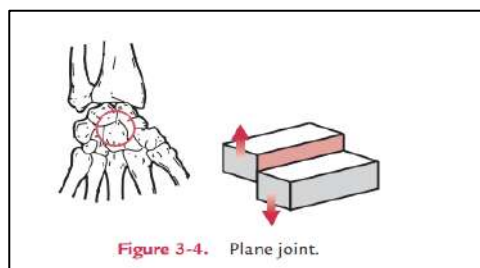


Gambar 4.11 Sendi Sinovial

Klasifikasi sendi *diarthrodial* sebagai berikut (Lippert, 2006):

a. Sendi *nonaxial* (*Nonaxial Joint*)

Sendi *nonaksial* memiliki gerakan yang cenderung linier, bukan sudut. Permukaan sendi relatif datar dan meluncur di atas satu sama lain, bukan satu bergerak di sekitar yang lain. Contoh gerakan pada sendi ini yaitu gerak yang terjadi di antara tulang karpal. Gerakan nonaksial terjadi secara sekunder dari gerakan lainnya, tidak seperti kebanyakan jenis gerakan sendi diarthrodial lainnya. Jenis sendi ini misalnya saat melakukan gerakan fleksi dan ekstensi siku tanpa menggerakkan sendi lain; namun, tidak dapat menggerakkan tulang karpal sendiri. Gerakan karpal terjadi ketika sendi pergelangan tangan bergerak baik dalam fleksi dan ekstensi atau abduksi dan adduksi.



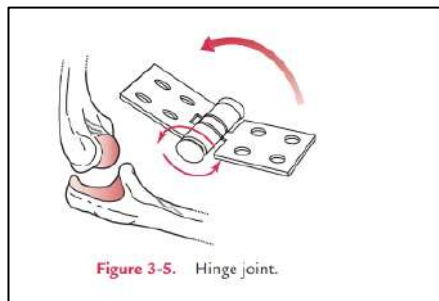
Gambar 4.12 Sendi Plane

b. Sendi uniaksial (*Uniaxial joint*)

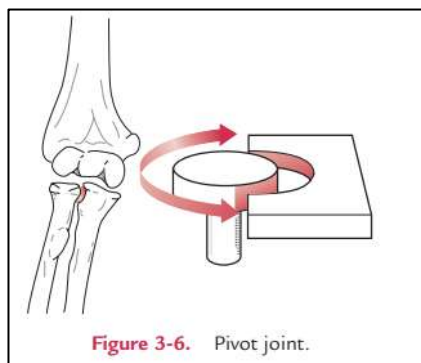
Sendi uniaksial memiliki gerakan sudut yang terjadi pada satu bidang di sekitar satu sumbu, seperti engsel. Siku, atau sendi humeroulnar, merupakan contoh yang baik dari bentuk cembung humerus yang pas dengan ulna berbentuk cekung. Satu-satunya

gerakan yang mungkin adalah fleksi dan ekstensi, yang terjadi pada bidang sagital di sekitar sumbu frontal. Sendi ini tidak memungkinkan terjadinya gerakan lain. Sendi interphalangeal tangan dan kaki juga memiliki gerakan engsel ini. Sendi radioulnar menunjukkan jenis gerakan uniaksial lainnya. Kepala radius berputar di sekitar ulna stasioner selama pronasi dan supinasi lengan bawah. Gerak tumpu ini pada bidang melintang mengelilingi sumbu longitudinal.

Gerakan sendi atlantoaksial C1 dan C2 juga merupakan gerakan pivot. Vertebra servikal pertama (atlas), tempat kepala bersandar, berputar di sekitar prosesus odontoid dari vertebra servikal kedua (sumbu). Ini memungkinkan kepala berputar. Lutut adalah sendi engsel, tetapi contoh ini harus diperjelas. Selama beberapa derajat ekstensi terakhir, femur berotasi secara medial pada tibia. Rotasi ini bukanlah gerakan aktif tetapi hasil dari fitur mekanis tertentu yang ada. Hal ini menyebabkan lutut diklasifikasikan sebagai sendi uniaksial karena hanya memiliki gerakan aktif di sekitar satu sumbu.



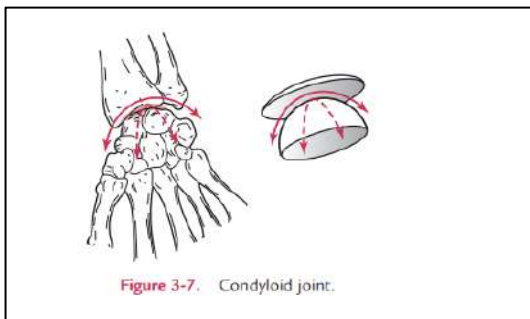
Gambar 4.13 Sendi Engsel



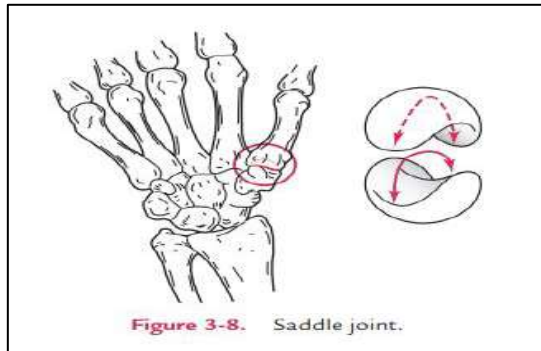
Gambar 4.14 Sendi Putar

c. Sendi biaksial (*Biaxial Joint*)

Sendi biaksial seperti yang ditemukan di pergelangan tangan, terjadi dalam dua arah yang berbeda. Fleksi dan ekstensi terjadi di sekitar sumbu frontal, dan deviasi radial dan ulnaris terjadi di sekitar sumbu sagital. Gerakan dua arah ini juga terjadi pada sendi metaphalangeal (MP), di mana mereka disebut sebagai sendi *condyloid* atau *ellipsoidal* karena bentuknya. Sendi carpometacarpal (CMC) ibu jari adalah *biaksial* tetapi sedikit berbeda dari sendi *condyloid*. Persendian ini dengan permukaan artikular setiap tulang berbentuk cekungan pada satu arah dan cembung pada arah lainnya. Tulang-tulang tersebut menyatu seperti penunggang kuda di atas pelana, sehingga sendi ini secara deskriptif disebut sendi pelana. Sendi CMC tidak seperti sambungan *condyloid* karena memungkinkan sedikit rotasi. Gerak rotasi ini tidak dapat terjadi dengan sendirinya seperti halnya gerak pada tulang karpal.



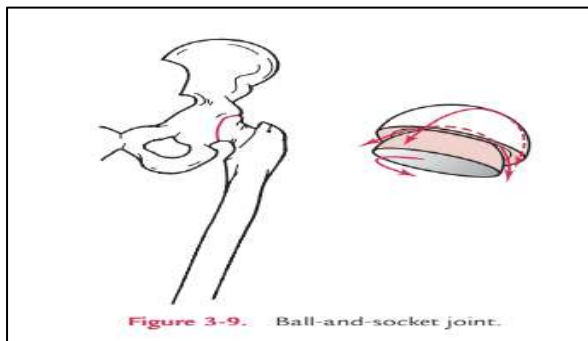
Gambar 4.15 Sendi Condiloid



Gambar 4.16 Sendi Pelana

d. Sendi triaksial (*Triaxial Joint*)

Sendi triaksial kadang disebut sendi multiaksial, yaitu gerakan terjadi secara aktif di ketiga sumbu. Hip dan bahu memungkinkan gerakan di sumbu frontal (fleksi dan ekstensi), di sumbu sagital (abduksi dan adduksi), dan pada sumbu vertikal (rotasi). Sendi triaksial memungkinkan lebih banyak gerakan daripada jenis sendi lainnya. Sendi triaksial juga disebut sebagai sendi bola-dan-soket (*ball and socket joint*). Hal ini karena dalam hip misalnya, kepala femoral berbentuk bola cocok dengan soket cekung *acetabulum*.



Gambar 4.17 Sendi Bola dan Soket

Tabel 4.1 Klasifikasi Sendi

Tipe	Gerakan	Struktur	Contoh
Sinartrosis	Tidak ada	Fibrosa-suture	Tulang di tengkorak
Sindesmosis	Sedikit	Fibrosa ligamentosa	Distal tibiofibular
Gomphosis	Tidak ada	Fibrous peginsocket	Gigi di rahang bawah dan rahang atas
Amphiarthrosis	Kecil	Cartilaginosa	Symphysis pubis, discus intervertebralis
Diarthrosis	Bebas	Sinovial	Hip, elbow, knee

(Lippert, 2006)

Tabel 4.2 Klasifikasi Sendi Diarthrodial

Jumlah Sumbu (axes)	Bentuk Sendi	Gerakan Sendi	Contoh
Nonaxial	Irregular (plane)	Gliding	Intercarpal

Uniaxial	Hinge	Fleksi/ekstensi	Elbow dan knee
	Pivot	Rotasi	Atlas/axis, radius, ulna
Biaxial	Condylod	Fleksi/ekstensi, Abduksi/adduksi	Wrist, Metaphalangeal
	Saddle	Fleksi/ekstensi, Abduksi/adduksi, Rotasi	Tumb, Carpometacarpal
Triaxial (multiaxial)	Ball and socket	Fleksi/ekstensi, Abduksi/adduksi, Rotasi	Shoulder, hip

(Lippert, 2006)

4.2.2 Struktur Persendian

Struktur persendian terdiri dari tulang, ligamen, membran sinovial, kartilago, dan tendon (Lippert, 2006).

1. Tulang

Persendian terdiri dari beberapa tulang, biasanya terdiri dari dua tulang yang saling mengartikulasikan. Jumlah gerakan yang diperbolehkan pada setiap sendi dan arah gerakan ditentukan oleh bentuk ujung tulang dan oleh permukaan artikular setiap tulang. Sendi bahu memiliki permukaan artikular yang halus di sebagian besar kepala humerus serta di atas glenoid fossa (soket bahu). Hal ini mengakibatkan ada banyak sekali gerakan bahu, dan gerakan tersebut terjadi ke segala arah (Lippert, 2006).

Sendi lutut memiliki banyak gerakan tetapi dalam arah tertentu. Dalam memeriksa ujung distal tulang femur, Anda akan melihat seperti ada dua punggung

bukit seperti permukaan kursi goyang. Ujung proksimal tibia memiliki dua permukaan artikular dengan area tinggi (intercondylar eminence) di antara keduanya. Permukaan artikular ini memungkinkan banyak gerakan tetapi, seperti kursi goyang, hanya dalam satu arah (Lippert, 2006).

2. Ligamen

Kedua tulang sendi disatukan dan didukung oleh ligamen. Ligamen yaitu pita jaringan ikat fibrosa. Ligamen juga menyediakan perlekatan pada kartilago, fasia, atau, dalam beberapa kasus, melekat pada otot. Ligamen bersifat fleksibel tetapi tidak elastis. Fleksibilitas ini diperlukan untuk memungkinkan pergerakan sendi, namun nonelastisitas diperlukan untuk menjaga tulang-tulang tetap berdekatan satu sama lain dan untuk memberikan perlindungan pada sendi. Fungsi ligamen untuk mencegah pergerakan sendi yang berlebihan. Ligamen yang mengelilingi sendi disebut ligamen kapsular.

3. Kapsul

Setiap sendi sinovial terdapat kapsul sendi yang mengelilingi dan membungkus sendi serta melindungi permukaan artikular tulang. Kapsul pada sendi bahu membungkus seluruh sendi, membentuk ruang hampa parsial yang membantu menahan kepala humerus pada fosa glenoidalis. Kapsul pada sendi lain, mungkin tidak selengkap kapsul pada sendi bahu. Kapsul sendi memiliki dua lapisan. Lapisan luar kapsul sendi terdiri dari jaringan fibrosa dan memberikan dukungan dan perlindungan pada sendi. Lapisan berserat ini biasanya diperkuat oleh ligamen. Lapisan dalam dilapisi dengan membran sinovial, yaitu jaringan ikat vaskular tebal yang mengeluarkan cairan sinovial. Cairan sinovial adalah cairan kental dan bening, mirip dengan putih

telur yang melumasi tulang rawan artikular. Zat ini mengurangi gesekan dan membantu menjaga sendi tetap bergerak bebas. Ini memberikan beberapa penyerapan kejutan dan merupakan sumber utama nutrisi untuk tulang rawan artikular (Lippert, 2006).

4. Kartilago

Kartilago adalah jaringan ikat fibrosa padat yang mampu menahan tekanan dan ketegangan dalam jumlah besar. Pada dasarnya terdapat tiga jenis kartilago dalam tubuh: hialin, fibrokartilago, dan elastis. Kartilago hialin, juga kartilago artikular, berfungsi menutupi ujung tulang yang berlawanan. Kartilago hialin dibantu dengan cairan sinovial yang memberikan permukaan artikulasi yang halus di semua sendi sinovial. Kartilago hialin tidak memiliki suplai darah atau saraf sendiri dan harus mendapatkan nutrisi dari cairan sinovial, sehingga jika rusak tidak dapat diperbaiki sendiri (Lippert, 2006).

Fibrokartilago bertindak sebagai peredam kejut. Hal ini sangat penting pada sendi yang menahan beban seperti lutut dan tulang belakang. Kartilago pada lutut berbentuk semilunar yang disebut meniskus membentuk sisi permukaan artikular tibia yang relatif datar. Kartilago di antara tulang-tulang vertebra terdapat diskus intervertebralis. Struktur fibrokartilago sangat padat, sehingga mampu menyerap sejumlah besar guncangan yang disalurkan ke atas dari gaya yang menahan beban. Kartilago elastis dirancang untuk membantu mempertahankan bentuk suatu struktur. Hal ini ditemukan di telinga luar dan saluran eustachius (pendengaran). Hal ini juga ditemukan di laring, di mana gerakannya penting untuk berbicara (Lippert, 2006).

5. Tendon

Otot memberikan kekuatan kontraktile yang menyebabkan sendi bergerak. Otot harus merentangkan sendi agar dapat memberikan efek pada sendi tersebut. Otot bersifat lunak dan tidak dapat menempel langsung pada tulang, sehingga ada penghubung antara otot dan tulang yang disebut tendon. Tendon bisa berupa tali silindris, seperti kepala panjang tendon bisep, atau pita pipih, seperti rotator cuff. Tendon terbungkus dalam selubung tendon di lokasi tertentu. Selongsong berserat ini mengelilingi tendon ketika terkena tekanan atau gesekan, seperti ketika melewati antara otot dan tulang atau melalui terowongan antar tulang. Tendon yang melewati pergelangan tangan semuanya memiliki selubung tendon. Selubung ini dilumasi oleh cairan yang dikeluarkan dari lapisannya. Aponeurosis adalah lembaran tendon yang lebar dan rata (Lippert, 2006).

6. Bursae

Bursae merupakan kantung kecil seperti bantalan yang ditemukan di sekitar sebagian besar sendi. Bursae terletak di area yang mengalami gesekan berlebihan, seperti di bawah tendon dan di atas penonjolan tulang. Kantung ini dilapisi dengan membran sinovial dan berisi cairan bening. Tujuannya adalah untuk mengurangi gesekan antar bagian yang bergerak (Lippert, 2006).

DAFTAR PUSTAKA

Tözeren, Aydın. (2000) *Human Body Dynamics: Classical Mechanics and Human Movement*. USA: Springer.

Lippert, L.S. (2006) *Clinical Kinesiology and Anatomy*. Philadelphia: F. A. Davis Company.

BAB 5

BIOMEKANIK

TEMPOROMANDIBULARIS DAN CERVICAL JOINT

Oleh Reza Olyverdi

5.1 Pendahuluan

Sendi temporomandibularis joint (TMJ) adalah salah satu sendi paling kompleks dalam tubuh manusia, menghubungkan tengkorak dengan rahang bawah. Sendi ini tepat di depan telinga yang memiliki peran penting dalam sistem kerangka wajah manusia serta fungsi dari mulut dan rahang. Sendi temporomandibular (TMJ) dapat diklasifikasikan berdasarkan fungsi dan anatominya. Secara fungsional adalah ginglymoarthrodial, istilah yang berasal dari ginglymus, yang berarti sendi engsel, karena mempunyai gerakan rotasi pada bidang sagital dan gerakan translasi pada porosnya sendiri – gerakan translasi ini menghasilkan lebih banyak gerakan, dan arthrodial, berarti sendi yang memungkinkan gerakan meluncur pada permukaan. (Alomar X et al.2007) Secara anatomi, sendi ini adalah sendi diarthrodial, didefinisikan sebagai sambungan terputus dari dua tulang yang memungkinkan pergerakan yang luas. Studi mengenai pergerakan pada temporomandibular joint tidak terlepas dari dalamnya pemahaman terhadap struktur anatomi meliputi komponen tulang pembentuk sendi, otot penggerak, ligament, tendon, kapsul dan lainnya.

5.2 Anatomi temporomandibularis joint (TMJ)

Sendi temporomandibular adalah sendi tipe sinovial, kondilar, dan engsel. Sendi ini melibatkan permukaan fibrokartilaginosa dan discus artikular yang membagi sendi menjadi dua rongga. (Magee.2014) Rongga artikular superior dan inferior ini dilapisi oleh membran sinovial superior dan inferior yang terpisah (Moore et al.2017). Berikut adalah beberapa komponen struktur anatomi dari sendi TMJ:

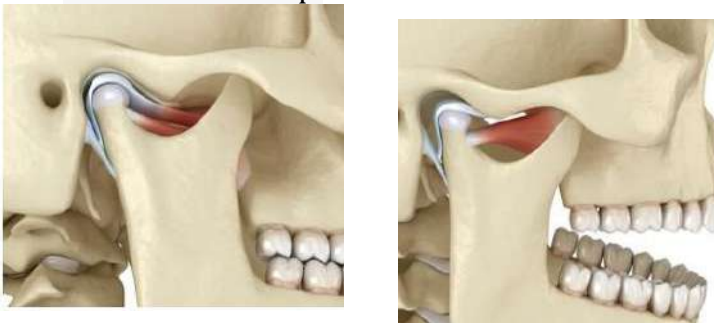
1.2.1 Tulang pembentuk TMJ

a. Mandibula (Rahang Bawah)

Mandibula adalah tulang yang bergerak dalam sendi TMJ. Bagian dari mandibula yang terlibat dalam sendi ini adalah kondilus mandibula, yaitu tonjolan yang menonjol di atas permukaan mandibula. Kondilus ini terhubung dengan tulang tengkorak melalui cekungan di fossa mandibularis.

b. Fossa Mandibularis

Fossa mandibularis adalah cekungan pada tulang cranium bagian temporal yang terletak di depan telinga. Ini adalah tempat di mana kondilus mandibula duduk saat mulut ditutup.

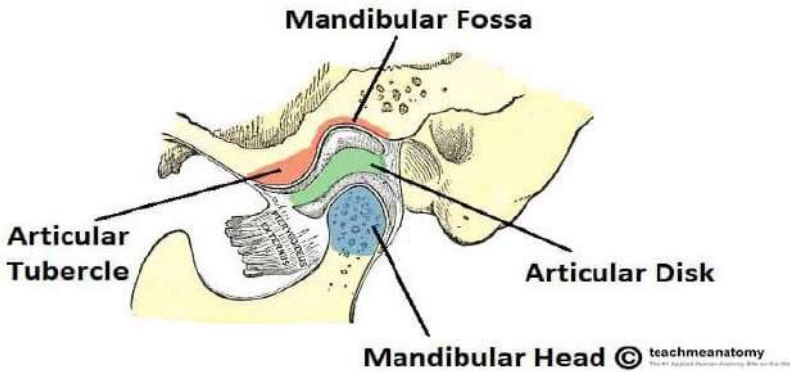


Gambar 5.1 Temporomandibularis Joint
(Sumber: Physio-pedia.com)

c. Kapsula artikularis

Kapsula artikularis merupakan jaringan ikat fibrosa tipis melingkari sendi temporomandibularis. Dari segi anatomi dan fungsi, jaringan ini memiliki peran penting dalam membatasi pergerakan sendi temporomandibularis. Kapsula sendi ini melekat di bagian posterior tulang temporal dan di bagian inferior leher kondilus. Selain itu, membran sinovial juga hadir di dalam kapsula ini. Membran sinovial bertanggung jawab untuk menghasilkan cairan sinovial yang kemudian memasuki celah di dalam sendi melalui permukaan dalam kapsula.

Salah satu fungsi utama kapsula artikularis adalah membatasi pergerakan sendi temporomandibularis. Kapsula ini berperan dalam mengontrol rentang gerakan sendi agar tetap dalam batasan yang aman dan fungsional. Selain itu, kapsula artikularis juga memiliki fungsi dalam mempertahankan cairan sinovial di dalam sendi. Cairan sinovial yang dihasilkan oleh membran sinovial memiliki sifat pelumas dan nutrisi bagi komponen sendi. Kapsula membantu menjaga cairan sinovial tetap di dalam permukaan artikular dan mencegah kebocoran yang tidak diinginkan. Ketika sendi temporomandibularis bergerak ke arah lateral, kapsula ini juga diperkuat oleh ligamen temporomandibularis. Ligamen ini memberikan dukungan tambahan saat sendi mengalami pergerakan lateral, menjaga stabilitas dan mencegah gerakan yang berlebihan yang dapat menyebabkan cedera. Secara keseluruhan, kapsula artikularis, bersama dengan membran sinovial dan ligamen pendukung, memiliki peran penting dalam membatasi, melindungi, dan menjaga kesehatan sendi temporomandibularis. (Moore et al. 2017)



Gambar 5.2 Temporomandibularis Joint

Sumber :<https://teachmeanatomy.info>

d. Diskus artikular

Discus articularis, dikenal juga sebagai diskus sendi, adalah perpanjangan serat-serat fibrosa pada kapsul sendi yang terbentang di antara dua permukaan artikular pada sendi temporomandibular. Struktur ini berfungsi untuk memfasilitasi pergerakan yang lancar antara tulang temporal dan tulang mandibula. Diskus articularis memiliki dua bagian yang berbeda, masing-masing dilapisi oleh membran sinovialnya sendiri.

Pada bagian atasnya, diskus ini bersendi dengan fossa mandibula pada tulang temporal, sementara bagian bawahnya bersendi dengan kondilus mandibula. Secara anatomi, diskus articularis membagi sendi temporomandibular menjadi dua kompartemen, masing-masing dengan ruang sinovial yang terpisah. Diskus articularis juga terikat pada kondilus mandibula di sisi medial dan lateralnya melalui ligamen kolateral. Bagian anterior dari diskus menempel pada kapsul sendi dan ke kepala superior pterigoid lateral, sedangkan bagian posteriornya terikat pada fossa mandibula dan dikenal sebagai jaringan retrodisca.

Dalam fungsinya, diskus articularis memungkinkan gerakan halus antara tulang temporal dan mandibula, memastikan perlengkapan yang baik antara permukaan artikular dan mengamortisasi tekanan yang timbul selama gerakan rahang. (Milorio,M et al.2004)

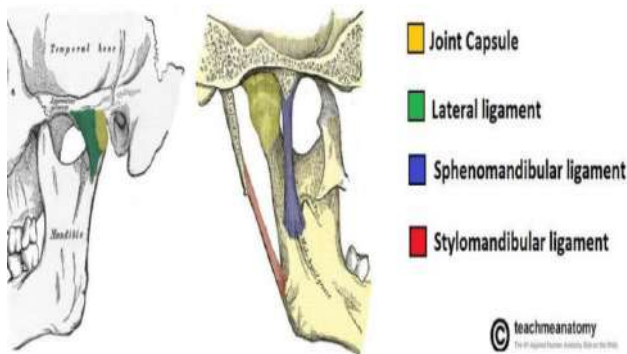
e. Jaringan retrodiscal

Berbeda dengan diskus, Jaringan retrodiscal memiliki sifat vaskular dan disuplai oleh saraf-saraf. Oleh karena itu, ketika terjadi peradangan atau tekanan pada sendi temporomandibular, jaringan retrodiscal seringkali menjadi penyebab utama rasa nyeri pada Gangguan Temporomandibular (TMD).(Langendoen, J et al.1997)

f. Ligamen

Memberikan stabilitas pasif pada sendi. Berikut beberapa ligamen yang memberikan stabilisasi pada TMJ:

- Ligamentum Temporomandibulare (Ligamen Sphenomandibulare): Ligamen ini menghubungkan prosesus sfenoid dari tulang temporal dengan kondilus mandibula. Ini adalah ligamen yang kuat dan berfungsi untuk mencegah pergeseran berlebihan dari kondilus mandibula.
- Ligamentum Stylomandibulare: Ligamen ini terletak di bawah ligamen temporomandibulare. Ini membantu menjaga kondilus mandibula tetap berada dalam posisi yang benar saat mulut terbuka.



Gambar 5.3: Ligament pada TMJ

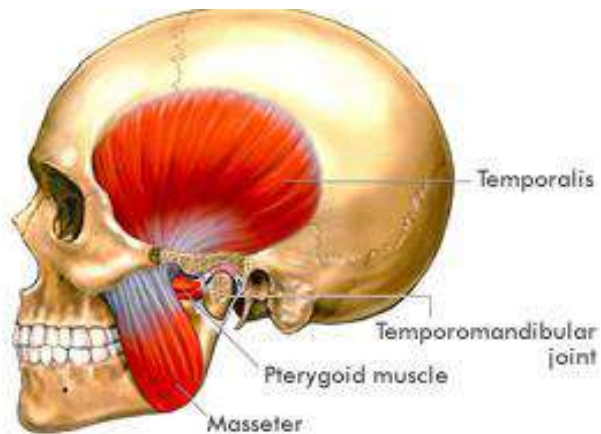
Sumber : <https://teachmeanatomy.info>

- Ligamentum Sphenomandibulare: Ligamen ini menghubungkan foramen spina sphenoid dan daerah lingula mandibula.

g. Otot/Muscle

Otot-otot yang melakukan kontak langsung dengan TMJ ada empat: maseter, temporal, dan dua pterigoid. sistem otot rahang ini berperan dalam proses mengunyah (mastication) dan berbicara. Temporal muscle terletak di daerah pelipis kepala dan melekat pada tulang temporal. Fungsi utamanya adalah untuk mengangkat dan menarik rahang bawah ke atas. Otot ini bekerja bersama dengan otot masseter dalam mengunyah makanan. Ketika otot temporal berkontraksi, ia membantu dalam menutup rahang bawah dan menempatkan makanan di antara gigi.

Pterigoid lateral muscle adalah salah satu dari dua otot pterigoid, yang terletak di rongga mulut. Fungsi utamanya adalah untuk membantu dalam membuka rahang bawah. Ketika kontraksi terjadi, otot ini membantu dalam menggerakkan rahang bawah ke bawah, membantu dalam membuka mulut, dan dalam beberapa kasus, berkontribusi dalam mengunyah makanan.



Gambar 5.4 Otot penggerak TMJ

Sumber: <https://decungkringo.wordpress.com/>

Otot pterigoid medial muscle adalah otot kedua yang terletak di rongga mulut, berdekatan dengan otot pterigoid lateral. Otot ini juga berperan dalam mengunyah dan berkontraksi saat mengunyah makanan. Fungsinya termasuk membantu menggerakkan rahang bawah dan menghasilkan gerakan lateral (samping) pada rahang bawah. (Reboredo V.2021)

5.3 Biomekanik Gerakan Temporomandibularis Joint

TMJ melalui pergerakannya yang kompleks, pada bidang ortogonal yang berbeda dan beberapa sumbu rotasi, bekerja secara sinergi dengan semua struktur pembentuk sendi. TMJ juga harus bekerja sama dengan TMJ kontralateral untuk mengoordinasikan fungsi gerak dinamis. Gerakan-gerakan tersebut adalah depresi mandibula, elevasi, deviasi lateral (yang terjadi pada sisi kanan dan kiri), retrusi dan protrusi. Masing-masing gerakan tersebut dilakukan oleh sejumlah otot yang bekerja sama untuk melakukan gerakan tersebut sekaligus

mengontrol posisi kondilus di dalam fossa mandibula.(Reboredo V.2021)

5.3.1 Pembukaan Rahang

Pembukaan rahang dibagi menjadi beberapa fase berikut

a. Rotasi kondilus pada axial

Sebagian besar pergerakan ini terjadi di axial infra-meniscal kompleks condylo-discal. Hal ini difasilitasi oleh otot pterigoid lateral (bagian inferior), otot mylohyoid, geniohyoid dan digastrik

b. Translasi kompleks kondilus-disc complex ke depan

Pergerakan ini terjadi terutama di kompartemen superior disk-temporal kompleks. Rahang terbuka sekitar 40 hingga 50 mm. Ligamentum temporomandibular membantu menjaga stabilitas untuk mencegah dislokasi rahang ke depan. Otot pterigoid lateral terlibat dalam tindakan ini

NB: Pterigoid lateral memiliki fungsi yang berlawanan- sementara fasikula superiornya berelaksasi selama pembukaan, menstabilkan perpindahan diskus ke anterior, fasikula inferior berkontraksi dan memungkinkan pergerakan kondilus

c. Ligamen membentuk stabilitas di akhir gerakan

Diskus dan kondilus bergerak ke arah medial dan ligamen kolateral lateral di setiap sisi TMJ menegang

5.3.2 Menutup Rahang

Penutupan rahang dikaitkan dengan ekstensi servikal. Otot elevator rahang bekerja melawan gravitasi. Penutupan rahang dibagi menjadi tiga fase: (Reboredo V.2021)

- a. Rotasi kondilus di area meniskus posterior inferior - ini mirip dengan pembukaan rahang, tetapi berlawanan arah. Fase ini dimulai tanpa tindakan otot tertentu - melainkan terjadi karena relaksasi otot-otot yang terlibat dalam pembukaan dan pelepasan ketegangan di dalam ligamen

- b. translasi dari area meniscus condylo-disc superior.gerakan Kompleks yang dibentuk oleh kondilus dan diskus bergerak ke bagian paling posterior dan superior dari fossa mandibula
- c. Ketika kondilus telah mencapai titik ini, terjadi rotasi ke arah posterior kondilus di ruang intrameniskus - ini diakhiri dengan kontak oklusal (oklusi NB mengacu pada hubungan antara gigi atas dan bawah saat rahang menutup).

Dalam kondisi normal, sedikit perpindahan kondilus ke samping dapat diamati pada tampilan sagital.

5.3.3 Protraction

Protraksi terjadi ketika rahang bergerak ke depan

- a. Rahang sedikit terbuka untuk menghindari gangguan dari gigi (yaitu oklusi) pembukaan ini menyebabkan rotasi anterior pada bidang sagital.
- b. Kondilus bergerak ke depan dan ke bawah, hal ini disebabkan oleh disposisi fossa kondilus, yang menyebabkan kondilus bergerak ke bawah.

Gerakan ini terjadi karena kerja terkoordinasi dari kedua fasikula otot pterigoid. Karena pembukaan rahang tidak mengalami dorongan ke arah depan dalam protraksi, rahang distabilkan oleh kontraksi otot temporalis (Reboredo V.2021).

5.3.4 Retraction

Retraksi adalah kebalikan dari protraksi. Kondilus bergerak ke belakang dan ke atas di dalam fosa artikular, gerakan ini diaktifkan oleh otot temporalis dan posterior belly otot digastrik. Akhirnya terjadi rotasi posterior kondilus pada level intra-meniskus. (Reboredo V.2021)

5.3.5 Lateral Movement

Kondilus bekerja sama untuk mencapai gerakan lateral rahang. Saat menilai gerakan lateral, perlu dibedakan satu sisi kondilus dari kondilus sisi yang lainnya:

- "Sisi yang bekerja" adalah sisi yang bergerak kesamping, dapat mengambil dagu sebagai acuan
- "Sisi yang tidak bekerja" adalah sisi yang bergerak menuju midline

Di sisi yang bekerja, terjadi rotasi kondilus pada sumbu vertikalnya sendiri, dan perpindahan transversal sekitar 0,9 mm. Gerakan ini disebabkan oleh otot masseter dalam dan fasikula medial dan posterior otot temporalis. (Reboredo V.2021) Pada sisi yang tidak bekerja, kondilus bergerak ke garis tengah, maju dan mendekati garis tengah. Ia juga bergerak secara transversal sekitar 0,4 mm. Dalam hal ini, otot yang diaktifkan adalah pterigoid lateral (fasikula inferior) dan pterigoid medial (Reboredo V.2021).

5.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Biomekanik Sendi Temporomandibular

Biomekanik sendi temporomandibular (TMJ) adalah studi tentang pergerakan dan fungsi sendi yang menghubungkan rahang bawah (mandibula) dengan tengkorak. Beberapa faktor yang memengaruhi biomekanik sendi temporomandibular meliputi:

- Struktur Anatomi: Struktur anatomi dari sendi temporomandibular, termasuk tulang, ligamen, dan otot yang terlibat, memainkan peran penting dalam biomekanik. Gangguan atau deformitas pada struktur ini dapat memengaruhi fungsi sendi TMJ. (Manfredini et al.2009)
- Otot Mastikator: Otot mastikator terdiri dari otot temporalis, otot masseter, dan otot pterygoideus. Ketidak seimbangan dalam kekuatan atau aktivitas otot-otot ini dapat mempengaruhi gerakan TMJ. Contohnya, hipertrofi atau

spasme otot mastikator dapat menyebabkan masalah seperti disfungsi temporomandibular.

- **Postur Rahang:** Postur rahang dan posisi kepala dapat berdampak pada fungsi TMJ. Postur yang tidak tepat dapat mengakibatkan tekanan berlebih pada sendi dan otot-otot sekitarnya, yang pada gilirannya dapat menyebabkan ketidaknyamanan atau gangguan fungsi.
- **Oklusial:** Hubungan antara gigi-gigi atas dan bawah, yang disebut oklusi, juga memengaruhi gerakan TMJ. Oklusi yang tidak tepat atau tidak seimbang dapat menghasilkan gaya yang tidak merata pada sendi TMJ selama gerakan rahang, berpotensi menyebabkan stres dan masalah lainnya. (Sayoc-Bucay et al.2020)
- **Faktor Sistemik:** Beberapa faktor sistemik seperti arthritis, stres, dan trauma dapat memengaruhi biomekanik sendi TMJ. Penyakit atau kondisi medis tertentu dapat menyebabkan peradangan atau disfungsi sendi.
- **Kebiasaan Buruk:** Kebiasaan buruk seperti menggigit pensil, mengunyah es, atau menggeretak gigi (bruxism) dapat merusak sendi TMJ dan memengaruhi biomekaniknya. (Manfredini, D et al.2009)

5.5 Penerapan Klinis Biomekanik Sendi Temporomandibular

Biomekanika adalah studi tentang mekanika yang diterapkan pada makhluk hidup, menganalisis beban, upaya, ketegangan, gerakan, ukuran, bentuk, dan struktur tubuh. Sendi temporomandibular memberikan pengaruh terhadap kekuatan yang dihasilkan oleh otot pengunyahan dan tekanan oklusi yang didukung oleh gigi (Roberts WE.2020). Pentingnya studi biomekanika untuk memahami gerakan dan fungsi sendi TMJ meliputi beberapa hal berikut:

- **Diagnosis dan Pengobatan Masalah TMJ:** Dengan memahami biomekanika sendi TMJ, para profesional kesehatan seperti dokter gigi, ahli bedah rahang, dan fisioterapis dapat mendiagnosis dan merencanakan pengobatan untuk masalah

yang terkait dengan sendi TMJ, seperti disfungsi temporomandibular (TMD). Pengetahuan tentang bagaimana sendi ini bergerak dan berfungsi membantu dalam mengidentifikasi penyebab potensial dari masalah dan merancang pendekatan terapeutik yang sesuai.

- Pengembangan Perangkat Kedokteran : Studi biomekanika juga berperan dalam pengembangan perangkat kedokteran yang digunakan untuk mengatasi masalah TMJ. Misalnya, pemahaman tentang beban mekanis yang diterapkan pada sendi TMJ saat berbagai aktivitas seperti mengunyah atau berbicara, dapat membantu dalam merancang pelindung mulut yang sesuai atau perangkat ortodontik untuk meredakan tekanan pada sendi.
- Prosedur Bedah yang Lebih Baik: Bagi mereka yang memerlukan operasi pada sendi TMJ, pengetahuan tentang biomekanika sangat penting. Ahli bedah memerlukan pemahaman mendalam tentang bagaimana sendi ini bergerak dan bekerja untuk merencanakan dan melaksanakan prosedur bedah yang optimal, meminimalkan risiko komplikasi, dan memastikan pemulihan yang baik.
- Pencegahan Cedera: Dalam konteks olahraga atau aktivitas fisik, pemahaman tentang biomekanika sendi TMJ dapat membantu dalam merancang latihan dan pelatihan yang aman, mengurangi risiko cedera pada sendi ini. Ini khususnya berlaku untuk atlet atau individu yang terlibat dalam aktivitas yang memerlukan gerakan rahang yang intens, seperti seni bela diri atau olahraga kontak.
- Perbaikan Protesis dan Implan: Bagi mereka yang memerlukan implan atau prostesis untuk menggantikan sendi TMJ yang rusak, pengetahuan tentang biomekanika sendi ini penting dalam merancang perangkat yang fungsional dan nyaman. Protosis atau implan yang tidak sesuai dengan mekanika alami sendi dapat menyebabkan masalah jangka panjang. (Roberts WE.2020)

Secara keseluruhan, studi biomekanika membantu dalam memahami bagaimana sendi TMJ bergerak, menopang beban, dan berfungsi dalam konteks aktivitas sehari-hari serta situasi klinis. Pengetahuan ini memiliki dampak signifikan pada pengobatan, pencegahan cedera, dan pengembangan perangkat medis terkait sendi TMJ.

5.6 Biomekanik Cervikal

Topik pembahas berikutnya yaitu: biomekanik servikal, merupakan studi tentang gerakan, gaya, dan interaksi struktural daerah leher. Fokus utamanya adalah pada tulang belakang servikal (leher), sendi-sendi, otot-otot, dan struktur terkait lainnya. Buku ini juga mengulas bagaimana pemahaman tentang biomekanik servikal berkontribusi pada praktik medis dan rehabilitasi. Biomekanik servikal mengacu pada studi tentang gerakan, kekuatan, dan mekanika struktural dari daerah leher atau serviks (cervical) pada tubuh manusia. Ruang lingkup biomekanik servikal melibatkan analisis tentang bagaimana tulang, sendi, otot, dan jaringan lainnya berinteraksi dalam menjalankan berbagai gerakan dan aktivitas di daerah leher.

5.7 Anatom Cervikal

Cervikal merupakan bagian dari sistem rangka manusia yang terdiri dari serangkaian tulang yang membentuk kolom tulang belakang di daerah leher. Tulang belakang servikal terdiri dari 7 vertebra servikal yang dinomori C1 hingga C7. Vertebra-vertebra ini memiliki karakteristik khusus yang membedakannya dari bagian lain tulang belakang.

5.7.1 Struktur Anatomi Tulang Cervikal

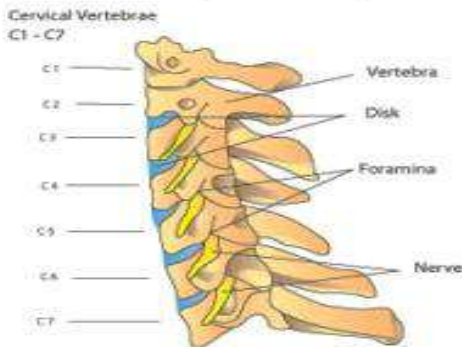
Berikut adalah beberapa ciri-ciri dan penjelasan tentang struktur tulang belakang servikal:

- Vertebra C1 (Atlas)

Vertebra pertama dalam tulang belakang servikal disebut Atlas. Ini adalah satu-satunya vertebra tanpa corpus vertebralis (badan tulang). Atlas memiliki cincin tulang yang melingkupi foramen magnum (bukaan di dasar tengkorak), yang memungkinkan tengkorak untuk bergoyang ke atas dan ke bawah. Atlas juga memiliki dua cekungan berbentuk mangkuk yang menahan kondilus tulang belakang (tulang leher bawah tengkorak) dan memungkinkan gerakan kepala mengangguk.

➤ **Vertebra C2 (Axis)**

Vertebra kedua dalam tulang belakang servikal disebut Axis. Axis memiliki fitur yang paling khas, yaitu protuberansi tulang yang disebut odontoid process atau "peg tulang", yang menyediakan poros untuk gerakan rotasi kepala.



Gambar 5.5 Anatomi Tulang Cervikal

Sumber : <http://www.orthoanswer.org>

- Vertebra C3 hingga C6: Vertebra-vertebra ini memiliki struktur yang umum dalam tulang belakang servikal, tetapi ciri khas pada C7 adalah adanya prominens pada tulang belakang yang lebih besar dan terlihat sebagai tonjolan di leher, yang disebut vertebra prominens.

- Vertebra C7: Juga dikenal sebagai vertebra prominens, ini adalah vertebra terbawah dalam tulang belakang cervical. C7 dapat diidentifikasi dengan mudah karena tonjolan tulang belakang yang lebih besar di bagian belakang leher.
- Tulang belakang cervical memiliki beberapa fungsi penting, termasuk mendukung kepala, melindungi sumsum tulang belakang dan saraf yang keluar dari tulang belakang, serta memungkinkan berbagai gerakan kepala dan leher, seperti membungkuk, mengangguk, dan berputar.
- Dalam kesehatan tulang belakang cervical, perhatian khusus diberikan terutama pada perlindungan sumsum tulang belakang dan kelancaran pergerakan leher. Cedera atau masalah struktural pada tulang belakang cervical dapat memiliki dampak serius pada fungsi saraf dan mobilitas tubuh secara keseluruhan. Jika Anda mengalami masalah pada tulang belakang cervical, sebaiknya berkonsultasi dengan profesional medis untuk penanganan yang tepat.(Frank.H. Netter.2011)

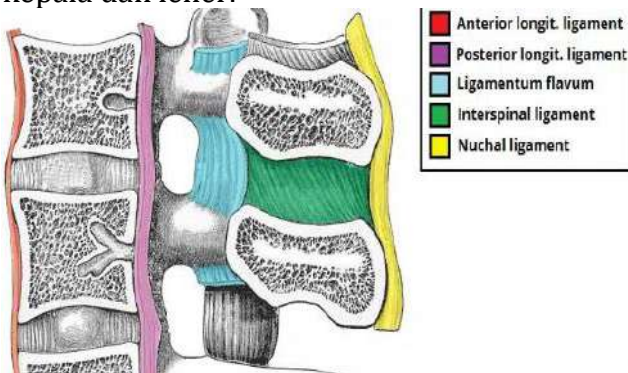
5.7.2 Ligamen dan Struktur Pendukung Cervikal Lainnya

Struktur pendukung cervical, yang terletak di leher, sangat penting untuk menjaga stabilitas, pergerakan, dan perlindungan tulang belakang dan struktur lainnya di daerah tersebut. Salah satu elemen kunci dalam menjaga stabilitas leher adalah ligamen. Berikut adalah beberapa ligamen dan struktur pendukung cervical lainnya:

- Ligamentum Longitudinal Anterior (LLA): Ligamen ini berjalan sepanjang permukaan ventral (depan) tulang belakang, menghubungkan tubuh-tubuh vertebra cervical dan membantu mencegah gerakan hiper-ekstensi yang berlebihan.
- Ligamentum Longitudinal Posterior (LLP): Ligamen ini berjalan sepanjang permukaan dorsal (belakang) tulang

belakang dan membantu mencegah gerakan hiper-fleksi berlebihan.

- **Ligamentum Flavum:** Ligamen ini menghubungkan lengkungan vertebral di sisi posterior dan membantu menjaga susunan vertebra serta berperan dalam membatasi gerakan ekstensi berlebihan.
- **Ligamentum Interspinale:** Ligamen ini menghubungkan prosesus spinosus (tuberculum tengkorak) dari vertebra yang berdekatan dan membantu menjaga stabilitas antara prosesus spinosus.
- **Ligamentum Supraspinale:** Ligamen ini berjalan di atas prosesus spinosus dan menghubungkan ujung-ujungnya. Ini adalah bagian dari ligamentum interspinale dan berkontribusi pada stabilitas antara prosesus spinosus.
- **Ligamentum Nuchae:** Juga dikenal sebagai ligamentum nucae atau ligamentum berbentuk leher, ligamen ini adalah ekstensi dari ligamentum supraspinale. Ini melekat di bagian belakang tulang belakang cervical dan tulang kepala, memberikan dukungan tambahan untuk kepala dan leher.



Gambar 5.6 Ligamnet Pada Cervikal

Sumber : <https://teachmeanatomy.info/>

- **Ligamentum Transversum Atlantae:** Ligamen ini terletak di dasar tengkorak dan melekat pada

lengkungan lateral pertama (atlas) serta berjalan melintasi dasar tengkorak. Ini membantu membatasi gerakan lateral berlebihan antara atlas dan tengkorak.

- **Ligamentum Alaria:** Ligamen ini menghubungkan tulang belakang leher dengan tulang belakang dada (thorax), membantu mencegah rotasi berlebihan antara vertebra cervical dan thoracic.
- **Ligamentum Apicis Dentis (Ligamentum Odontoid):** Ligamen ini menghubungkan gigi (odontoid atau dens) di atas atlas dengan foramen magnum di tengkorak. Ini membantu menjaga stabilitas sendi atlantoaxial dan mencegah pergerakan berlebihan.
- **Diskus Intervertebralis:** Struktur ini terletak di antara tubuh-tubuh vertebra dan bertindak sebagai bantalan serta mengizinkan gerakan tertentu antara vertebra.
- **Sendi Facet (Sendi Tropism):** Ini adalah sendi antara prosesus artikularis pada vertebra yang berdekatan dan memungkinkan gerakan fleksi, ekstensi, dan rotasi yang terkontrol. (Standring, S. (Ed.).2016)

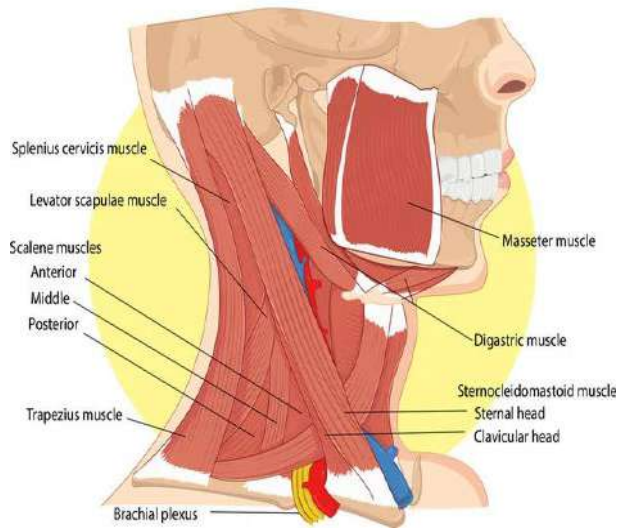
Semua ligamen dan struktur ini bekerja sama Untuk menjaga stabilitas, pergerakan yang terkoordinasi, dan perlindungan tulang belakang dan struktur lainnya di daerah serviks atau leher. Penting untuk menjaga kesehatan dan integritas struktur ini untuk menghindari cedera dan masalah kesehatan yang terkait.

5.73 Otot-otot Pendukung cervical

Otot-otot di sekitar cervical joint (sendi leher) memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas, pergerakan, dan dukungan untuk kepala dan leher. Cervikal joint terdiri dari serangkaian vertebra serviks (leher) yang dihubungkan oleh sendi-sendi dan dikelilingi oleh jaringan lunak, termasuk otot-otot. Otot-otot ini berperan dalam berbagai fungsi, seperti menjaga postur tubuh, menggerakkan kepala dan leher, serta melindungi struktur internal di daerah tersebut.

Beberapa otot yang berperan dalam fungsi cervical joint antara lain:

- Otot Sternocleidomastoid (SCM): Otot ini terletak di sisi leher dan berjalan dari tulang dada (sternum) dan tulang klavikula (klavikula) ke tulang belakang kepala (temporal). Otot SCM berperan dalam menggerakkan kepala ke berbagai arah, seperti memiringkan kepala ke samping dan memutar kepala.
- Otot Trapezius: Otot trapezius meliputi area leher, bahu, dan punggung atas. Otot ini memiliki tiga bagian (trapezius atas, tengah, dan bawah) yang bekerja bersama untuk mengangkat, menarik, dan memiringkan bahu, serta membantu mengendalikan gerakan kepala.
- Otot Splenius: Otot splenius terdiri dari dua bagian utama, yaitu splenius kapitis dan splenius servikis. Otot ini berperan dalam memiringkan kepala dan leher ke samping, serta memutar kepala.
- Otot Levator Scapulae: Otot ini berjalan dari tulang leher atas ke tulang skapula (tulang belikat) dan berperan dalam mengangkat tulang belikat serta membantu memiringkan kepala ke samping.
- Otot Scalene: Otot scalene terdiri dari tiga kelompok otot kecil yang berjalan di antara tulang belakang dan tulang rusuk atas. Otot ini membantu dalam mengangkat tulang rusuk saat pernapasan dan juga membantu dalam fleksi dan rotasi leher.
- Otot Longus Colli dan Longus Capitis: Otot-otot ini terletak lebih dalam di leher dan berperan dalam fleksi (melipat) leher serta membantu mempertahankan postur yang baik.
- Intertransversarii dan Multifidus: Ini adalah otot-otot kecil yang berperan dalam stabilisasi tulang belakang dan membantu dalam gerakan fleksi dan ekstensi leher.



Gambar 5.7 Anatomi Otot Cervikal

Sumber : <https://depositphotos.com>

- Rectus Capitis Anterior dan Rectus Capitis Lateralis: Otot-otot ini membantu dalam fleksi kepala dan mengangkat tulang belakang atlas (C1) dan axis (C2).
- Semispinalis Capitis dan Semispinalis Cervicis: Otot-otot ini membantu dalam ekstensi dan rotasi kontralateral (ke sisi yang berlawanan) dari leher. (Standring, S. (Ed.).2016)

5.8 Fungsi dan Peran Cervical Vertebrae

Fungsi dan peran cervical vertebrae sangat penting dalam menjaga struktur dan fungsi sistem saraf pusat serta mendukung gerakan dan stabilitas leher. Berikut adalah beberapa fungsi dan peran cervical vertebrae

- Perlindungan Sistem Saraf: Cervical vertebrae melindungi struktur penting seperti sumsum tulang belakang yang

membawa sinyal saraf dari otak ke bagian tubuh lainnya. (Standring, S. (Ed.).2016)

- Dukungan untuk Kepala: Vertebrae leher mendukung kepala, yang beratnya sekitar 4,5 hingga 5,5 kilogram pada orang dewasa. Mereka memungkinkan gerakan kepala, termasuk kemampuan untuk mengangkat, menundukkan, memutar, dan melengkungkan leher. (Moore et al.2014).
- Saraf Spinal: Cervical vertebrae memiliki saluran vertebral di mana saraf spinal melewati tulang belakang, menghubungkan sistem saraf pusat dengan tubuh. (Moore KL et al.2017)
- Stabilitas dan Mobilitas: Cervical vertebrae memungkinkan gerakan yang luas di leher untuk melihat ke segala arah. Kombinasi dari berbagai jenis persendian, termasuk persendian peluru dan persendian engsel, memungkinkan mobilitas ini. (Moore KL et al.2017)
- Pengaturan Aliran Darah: Cervical vertebrae juga berperan dalam mengatur aliran darah ke otak melalui arteri vertebralis yang melewati foramen transversarium di beberapa vertebra leher. (Moore KL et al.2017)

5.9 Analisis gerak Biomekanik cervical

Gerakan cervical merujuk pada gerakan yang terjadi di daerah leher pada tubuh manusia. Rentang gerak cervical mengacu pada sejauh mana leher dapat bergerak dalam berbagai arah. Gerakan cervical memiliki peran penting dalam mobilitas dan fleksibilitas leher serta fungsi umum tubuh manusia. Rentang gerak cervical dapat dibagi menjadi beberapa jenis gerakan utama:

- Fleksi: Gerakan fleksi cervical terjadi ketika kepala condong ke depan, mengarah ke arah dada. Rentang gerak fleksi cervical umumnya berkisar antara 45 hingga 90 derajat.
- Ekstensi: Gerakan ekstensi cervical terjadi ketika kepala condong ke belakang, menjauh dari dada. Rentang gerak ekstensi cervical juga berkisar antara 45 hingga 90 derajat.

- Rotasi: Gerakan rotasi cervical terjadi ketika kepala berputar mengelilingi sumbu vertikal, mengarah ke kanan atau kiri. Rentang gerak rotasi cervical biasanya sekitar 70 hingga 90 derajat.
- Inversi: Gerakan inversi cervical melibatkan miringnya leher ke sisi yang berlawanan dari tubuh, sehingga telinga mendekati bahu. Rentang gerak inversi cervical bervariasi antara individu.
- Eversi: Gerakan eversi cervical terjadi ketika leher miring ke sisi yang sama dengan tubuh, menjauhi telinga dari bahu. Rentang gerak eversi cervical juga bervariasi tergantung pada individu.
- Sirkumduksi: Gerakan sirkumduksi cervical merupakan kombinasi dari gerakan fleksi, ekstensi, rotasi, inversi, dan eversi dalam satu gerakan berputar. Gerakan ini menciptakan pola gerakan melingkar di leher. (Fonseca, r. J.2019)

5.10 Beban Mekanik pada Tulang Belakang Cervikal

Beban mekanik pada tulang belakang servikal atau tulang leher bervariasi tergantung pada posisi tubuh, gerakan, aktivitas, dan gaya yang diterapkan pada tulang belakang ini. Studi biomekanik telah melihat bagaimana gaya dan beban mekanik berubah dengan perubahan postur dan gerakan. Beberapa faktor yang mempengaruhi beban mekanik pada tulang belakang cervical meliputi sudut kepala, beban yang diangkat atau diterapkan pada kepala, gaya gravitasi, dan posisi tubuh. Berikut ini beberapa faktor yang memengaruhi beban mekanik pada tulang belakang cervical:

- Postur Tubuh: Postur tubuh yang buruk dapat meningkatkan beban mekanik pada tulang belakang cervical. Misalnya, membungkuk atau membungkukkan kepala ke depan untuk waktu yang lama dapat menambah beban pada leher.
- Aktivitas Fisik: Aktivitas fisik yang melibatkan gerakan kepala dan leher, seperti angkat beban, olahraga tertentu,

atau pekerjaan yang memerlukan penggunaan berulang dari otot leher, dapat meningkatkan beban mekanik.

- Kepala dan Bobotnya: Berat kepala manusia adalah sekitar 5-6 kilogram. Kepala yang berat ini memberikan tekanan konstan pada tulang belakang cervical. Ketika kepala dimiringkan atau diputar, beban mekanik pada tulang belakang cervical dapat meningkat.
- Posisi Tidur: Posisi tidur juga dapat memengaruhi beban mekanik pada leher. Misalnya, tidur dengan bantal yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat mengakibatkan stres pada leher.
- Trauma dan Cedera: Cedera, seperti kecelakaan mobil atau olahraga, dapat menyebabkan beban mekanik yang signifikan pada tulang belakang cervical.
- Aging: Proses penuaan alami dapat menyebabkan perubahan degeneratif pada tulang belakang cervical, seperti osteoarthritis, yang dapat meningkatkan beban mekanik.
- Penyakit dan Kelainan Tulang Belakang: Beberapa kondisi medis, seperti herniasi disk, stenosis spinal, atau penyakit tulang, dapat menyebabkan peningkatan beban mekanik pada tulang belakang cervical.
- Keseimbangan Otot: Ketidak seimbangan otot leher dapat memengaruhi beban mekanik. Otot yang lemah atau otot yang terlalu tegang dapat mengubah cara beban didistribusikan pada tulang belakang cervical. (Sayson, J. V et al.2018)

Beban mekanik pada tulang belakang cervical dapat diukur dengan berbagai metode, termasuk pengukuran tekanan intra-diskal dan analisis biomekanik yang lebih mendalam.

5.11 Analisis Biomekanik Cedera Cervikal dan Dampaknya

Cedera servikal sering kali mengacu pada cedera tulang belakang leher, yang dapat berdampak serius pada fungsi saraf, motorik, dan sensorik tubuh bagian bawah. Analisis biomekanik

cedera servikal melibatkan pemahaman tentang bagaimana gaya dan tekanan yang diterapkan pada leher dapat mempengaruhi struktur tulang belakang, sendi, ligamen, dan saraf di area tersebut. Ini memiliki dampak penting terutama pada cedera serius seperti cedera medulla spinalis atau fraktur tulang belakang leher. Beberapa poin penting dalam analisis biomekanik cedera servikal dan dampaknya meliputi:

- Gaya Trauma: Cedera servikal dapat disebabkan oleh berbagai gaya trauma, seperti tumbukan, benturan, jatuh dari ketinggian, kecelakaan mobil, atau cedera olahraga. Gaya-gaya ini dapat menyebabkan deformasi tulang belakang, pergeseran sendi, dan kerusakan jaringan lunak di sekitar leher.
- Fraktur dan Dislokasi: Analisis biomekanik membantu memahami jenis fraktur tulang belakang leher yang mungkin terjadi, seperti fraktur transversa, fraktur dens (odontoid), atau fraktur kompresi. Dislokasi atau pergeseran abnormal dari tulang belakang juga dapat terjadi akibat trauma yang kuat.
- Cedera Ligamen dan Diskus Intervertebralis: Ligamen dan cakram antar-vertebra (diskus intervertebralis) penting untuk stabilitas leher. Gaya trauma yang kuat dapat merobek ligamen atau menyebabkan cakram herniasi, yang dapat mengganggu fungsi normal tulang belakang dan saraf.
- Cedera Medulla Spinalis: Tulang belakang melindungi sumsum tulang belakang, yang merupakan jalur saraf utama antara otak dan tubuh. Cedera servikal yang serius bisa merusak sumsum tulang belakang, mengganggu transmisi sinyal saraf, dan menyebabkan kelumpuhan atau gangguan fungsi tubuh bagian bawah.
- Komplikasi Neurologis: Cedera servikal serius dapat mengakibatkan berbagai masalah neurologis, termasuk hilangnya kontrol motorik atau sensorik, gangguan fungsi usus dan kandung kemih, serta perubahan tekanan darah dan suhu tubuh.

Dampak cedera servikal sangat bervariasi tergantung pada tingkat keparahan dan jenis cedera. Beberapa orang mungkin mengalami gangguan sementara, sedangkan yang lain mungkin mengalami kecacatan permanen. Oleh karena itu, analisis biomekanik sangat penting dalam membantu para profesional medis untuk memahami dan merencanakan penanganan yang sesuai untuk pasien dengan cedera serviks.

DAFTAR PUSTAKA

- Alomar X, Medrano J, Cabratosa J, Clavero J, Lorente M, Serra I, et al. 2007. Anatomy of the temporomandibular joint. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*;28(3):170-183. DOI: 10.1053/j.sult.2007.02.002
- Fonseca, R. J., & Walker, R. V. (2019). *Oral and Maxillofacial Trauma*. Elsevier.
- Frank.H. Netter. (2011). *Atlas of Human Anatomy by Netter*. (Electronic Thesis or Dissertation). Retrieved from Standring, S. (Ed.). (2016). *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice*. Elsevier. <https://localhost/setiadi>.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, et al. (2005). *Muscles: Testing and Function with Posture and Pain*, 5th Edition
- Langendoen, J; Müller, J; Jull, GA. 1997. Retrodiscal Tissue of the Temporomandibular Joint: Clinical Anatomy and its Role in Diagnosis and Treatment of Arthropathies, *Manual Therapy*, 2(4), 191-198,
- Magee DJ. 2014. *Orthopedic physical assessment*. 6th ed. Elsevier;]
- Moore KL, Dalley AF, Agur AM. 2017. *Clinically Oriented anatomy*. Lippincott Williams & Wilkins; Sept 13.
- Moore, K. L., Dalley, A. F., & Agur, A. M. R. 2014. *Clinically Oriented Anatomy* (7th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Miloro, M; Ghali, GE; Larsen, P; Waite, P; Peterson's. 2004. *principles of oral and maxillofacial surgery*, Volume 2, Chapter 47,.
- Manfredini, D., & Lobbezoo, F. 2009. Role of psychosocial factors in the etiology of bruxism. *Journal of Orofacial Pain*, 23(2), 153-166.

- Magee DJ. (2013). Orthopedic Physical Assessment. 6th Edition.
- Netter FH. (2014). Atlas of Human Anatomy, 6th Edition.
- Okeson, J. P. 2013. Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion. Mosby.
- Palastanga, N., & Soames, R. (2012). Anatomy and Human Movement: Structure and Function (6th ed.). Elsevier.
- Reboredo V.2021. Physiology of the Temporomandibular Joint Course. Plus ,
- Roberts WE, Goodacre CJ. 2020. The temporomandibular joint: A critical review of life-support functions, development, articular surfaces. Biomechanics and Degeneration. J Prosthodont.;29(9):772-779. DOI: 10.1111/jopr.13203
- Sayoc-Bucay, J. V., Nazarian, S. M., & Sadda, R. R. (2020). Temporomandibular Joint Anatomy. In: StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441878>
- Saladin, KS.2005. Human Anatomy. New York, NY: McGraw-Hill,.
- Standring, S, Editor.2008. Gray's Anatomy, 40th edition, Elsevier, Churchill Livingstone,
- Standring, S. (Ed.). (2016). Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice. Elsevier.
- Sayson, J. V., Job, J. S., Tantoco, M. L. S., & Lansang, J. M G. (2018). Mechanical load on the cervical spine during simulated airway management tasks. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 24(3), 409-414.

BAB 6

BIOMEKANIKA SHOULDER KOMPLEKS

Oleh Siti Munawarah

6.1 Pendahuluan

Bidang pengetahuan yang menfokuskan pada analisis gerakan tubuh manusia serta interaksinya dengan lingkungannya dikenal sebagai biomekanik. Fokus utama tulisan ini akan diarahkan pada kajian biomekanik yang terkait dengan sendi bahu. Sendi ini merupakan sendi dengan tingkat mobilitas tertinggi dan kompleksitas yang signifikan dalam struktur anatomi manusia. Studi mengenai pergerakan pada sendi bahu melibatkan pemahaman mendalam mengenai beragam struktur anatomi seperti tulang, otot, ligamen, dan tendon. Untuk memahami bagaimana gerakan, stabilitas, dan potensi cedera dapat terjadi pada wilayah ini, pemahaman yang kokoh mengenai prinsip-prinsip biomekanik khususnya pada sendi bahu sangatlah penting.

6.2 Anatomi Dan Struktur Shoulder Kompleks

6.2.1 Tulang Pembentuk Shoulder

1. Klavikula, yang lebih dikenal sebagai tulang selangka, merupakan elemen tulang yang menghubungkan sternum (tulang dada) dengan scapula (tulang bahu). Klavikula memiliki peran penting dalam memberikan

dukungan struktural dan menjaga jarak yang tepat antara bahu kiri dan kanan.

2. Scapula, yang juga dikenal sebagai tulang bahu, memiliki bentuk datar dan segitiga, serta berlokasi di daerah bawah dan sisi belakang bagian bawah tulang punggung serta bagian belakang tulang dada. Beberapa elemen signifikan pada scapula meliputi humerus (tulang lengan atas), glenoid (ruang sendi), dan akromion (ujung tulang bahu atas).

6.2.2 Sendi Pada Shoulder

1. Glenohumeral joint: Merupakan sendi yang menghubungkan scapula (tulang bahu) dengan humerus (tulang lengan atas).
2. Acromioclavicular joint: Merupakan sendi yang menghubungkan klavikula (tulang selangka) dengan akromion (ujung tulang bahu atas). Sendi ini berada di atas sendi glenohumeral dan memiliki peran penting dalam memelihara stabilitas serta memungkinkan berbagai variasi gerakan bahu.
3. Sternoclavicular joint: Sendi ini berlokasi di bagian tengah depan dada dan menghubungkan klavikula (tulang selangka) dengan sternum (tulang dada). Sendi ini memiliki kontribusi yang signifikan dalam menjaga stabilitas dan memungkinkan gerakan lengan serta bahu.

6.2.3 Otot dan Jaringan Lunak Pendukung

1. Rotator cuff merupakan sekumpulan empat otot dan tendon, yaitu supraspinatus, infraspinatus, teres minor, dan subscapularis, yang memiliki fungsi untuk memberikan stabilitas dan mengatur pergerakan sendi bahu.
2. Tendon biceps brachii: Tendon ini terletak pada tulang scapula di kompleks bahu dan tulang radius di lengan

bawah. Tendon biceps brachii: Tendon ini berlokasi pada tulang scapula dalam kompleks bahu dan tulang radius pada lengan bawah.

3. Ligamen: Beberapa ligamen, seperti ligamentum coracohumerale, ligamentum coracoacromiale, dan ligamentum coracoclavicular, berperan dalam menjaga stabilitas sendi bahu dengan menghubungkan berbagai tulang dan mencegah gerakan yang berlebihan.
4. Bursa Subacromial: Kantong kecil berisi cairan ini berfungsi melindungi tendon rotator cuff dari gesekan dengan tulang dan jaringan lain saat bahu bergerak. Ini mengurangi gesekan dan mendorong kelancaran gerakan.

6.2.4 Fungsi Utama dari Tulang Pembentuk Bahu

Sistem tulang anggota atas manusia terdiri dari tiga tulang utama, yaitu scapula, klavikula, dan humerus. Setiap tulang memiliki peran spesifik dalam mendukung gerakan dan fungsi anggota atas.

1. Scapula berkontribusi pada pembentukan sendi bahu (artikulasi glenohumeral), yang penting dalam gerakan lengan dan bahu.
2. Klavikula, atau tulang selangka, menghubungkan sternum (tulang dada) dengan scapula dan menjadi bagian dari sendi bahu. Fungsinya mencakup mendukung gerakan lengan dan bahu serta menjaga posisi optimal untuk gerakan lengan yang efisien.
3. Humerus, tulang lengan atas, memiliki fungsi utama dalam membentuk sendi-sendi seperti siku (artikulasi humeroulnar dan humeroradial) dan bahu (artikulasi glenohumeral). Humerus juga merupakan tempat melekatnya berbagai otot penting yang memungkinkan beragam gerakan lengan, termasuk fleksi, ekstensi, abduksi, adduksi, serta rotasi luar dan dalam.

6.2.5 Peran Tendon Rotator Cuff dalam Stabilitas dan Gerakan Bahu

Kelompok otot dan tendon yang melingkupi serta melindungi sendi bahu (glenohumeral joint) dikenal sebagai rotator cuff. Tendon-tendon ini memainkan peran vital dalam menjaga stabilitas dan gerakan bahu, yaitu:

1. **Stabilitas:** Tendon rotator cuff membantu menjaga stabilitas sendi bahu dengan mempertahankan kepala humerus di dalam cekungan scapula selama gerakan bahu. Ini juga membantu mencegah pergeseran atau dislokasi sendi.
2. **Gerakan:** Tendon rotator cuff berperan penting dalam mengontrol gerakan bahu. Tendon ini mencegah cedera dan memastikan kelancaran gerakan saat anggota atas bergerak.

6.3 Biomekanika Bahu

6.3.1 Prinsip-prinsip Biomekanika dalam Gerakan Bahu

Prinsip-prinsip dasar dalam biomekanika gerakan bahu melibatkan korelasi antara struktur anatomi, gaya, dan pergerakan sendi. Beberapa prinsip utama dalam biomekanika gerakan bahu adalah sebagai berikut:

1. **Stabilitas dan Mobilitas:** Bahu memiliki kemampuan untuk mencapai keseimbangan antara stabilitas dan mobilitas. Meskipun mobilitas diperlukan untuk jangkauan gerakan yang luas, stabilitas penting untuk mempertahankan integritas sendi serta mencegah cedera. Konsep "stabilisator dinamis" menjelaskan bagaimana jaringan lunak dan otot membantu mempertahankan stabilitas sendi selama gerakan.
2. **Gerakan pada Sendi Bahu:** Tiga sendi utama berkontribusi pada gerakan sendi bahu: sendi glenohumeral (sendi bahu sejati), sendi

acromioclavicular, dan sendi sternoclavicular. Rentang gerakan ini mencakup fleksi, ekstensi, abduksi, adduksi, serta rotasi internal dan eksternal.

3. Otot-otot Utama: Otot-otot utama yang berperan dalam gerakan bahu termasuk deltoid, rotator cuff (terdiri dari supraspinatus, infraspinatus, teres minor, dan subscapularis), trapezius, dan serratus anterior.
4. Koordinasi Otot: Koordinasi yang efisien antara berbagai otot dan kelompok otot diperlukan untuk gerakan bahu yang sehat. Koordinasi yang buruk dapat menyebabkan risiko cedera dan ketidakstabilan.
5. Prinsip Tuas: Prinsip tuas berperan dalam biomekanika bahu. Struktur tulang bahu membentuk tuas yang memungkinkan gerakan kompleks. Efektivitas gerakan dipengaruhi oleh perbandingan panjang lengan kuasa dan beban, serta lokasi titik tumpu.
6. Peran Ligamen dan Kapsul: Berbagai ligamen, seperti ligamentum coracoclaviculare dan ligamentum acromioclaviculare, membantu menjaga stabilitas struktural sendi bahu.
7. Momen dan Gaya: Gerakan bahu melibatkan interaksi kompleks antara momen dan gaya. Gaya dapat berasal dari kontraksi otot, beban eksternal, dan interaksi dengan lingkungan sekitar.

6.3.2 Analisis Kinematik dan Kinetik Gerakan Bahu

Analisis kinematik dan kinetik gerakan bahu melibatkan pemahaman tentang bagaimana bahu bergerak (kinematik) serta gaya yang mempengaruhi gerakan tersebut (kinetik). Gerakan kompleks bahu melibatkan berbagai sendi dalam bahu, termasuk sendi glenohumeral dan sendi scapulothoracic (antara tulang bahu dan tulang belikat).

1. Kinematik Bahu

Beberapa komponen kinematik penting dari gerakan bahu adalah sebagai berikut:

- 1) Gerakan Sendi Glenohumeral: Pergerakan di sendi glenohumeral melibatkan kombinasi gerakan seperti fleksi (angkat), ekstensi (regangkan), abduksi (angkang), adduksi (himpit), rotasi internal, dan rotasi eksternal. Rentang gerakan ini memungkinkan bahu melakukan berbagai aktivitas.
- 2) Gerakan Sendi Kerangka Bahu-Tulang Belikat (Scapulothoracic Joint): Gerakan ini melibatkan pergerakan tulang belikat (scapula) di atas tulang rusuk (thorax). Beberapa gerakan dalam sendi ini termasuk elevasi (mengangkat), depresi (menurunkan), protraksi (mendorong keluar), retraksi (menarik masuk), elevasi bawah sudut, dan rotasi scapula.

2. Kinetik Bahu

Analisis kinetik melibatkan studi tentang gaya yang memengaruhi gerakan. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam analisis kinetik gerakan shoulder kompleks adalah:

- 1) Gaya Muskuloskeletal: Gerakan bahu melibatkan berbagai otot seperti deltoid, pectoralis major, dan rotator cuff. Gaya-gaya ini dihasilkan oleh kontraksi otot dan berkontribusi pada pergerakan bahu.
- 2) Gaya Eksternal: Gaya-gaya eksternal, seperti beban yang diangkat atau ditahan, memengaruhi kinetik gerakan bahu. Interaksi ini mempengaruhi cara otot bekerja dan merespons tuntutan gerakan.
- 3) Gaya Inersia: Gaya inersia timbul karena resistensi terhadap perubahan gerakan bahu. Faktor-faktor seperti massa bahu dan kecepatan pergerakan

memengaruhi respons terhadap perubahan gerakan.

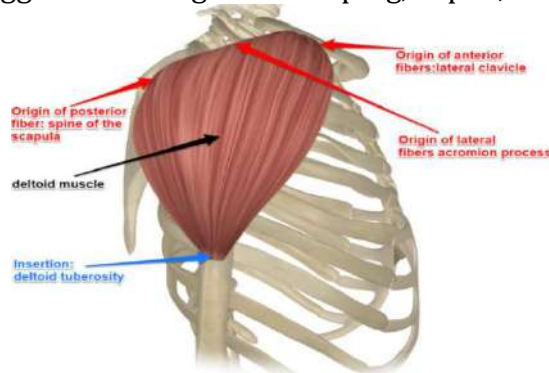
- 4) Gaya Intersegmental: Gaya yang terjadi di sendi lain, seperti tulang belikat, lengan bawah, dan tulang rusuk, juga mempengaruhi kinetik gerakan bahu.

6.4 Kinesiologi Pada Bahu

Kinesiologi pada kompleks bahu merujuk pada studi tentang gerakan, koordinasi, dan biomekanika otot yang berkontribusi pada fungsionalitas dan mobilitas bahu serta area sekitarnya. Ini melibatkan pemahaman tentang otot yang terlibat, sendi yang terlibat, dan struktur lain yang berperan dalam gerakan yang kompleks.

6.4.1 Otot yang Terlibat dalam Pergerakan Bahu

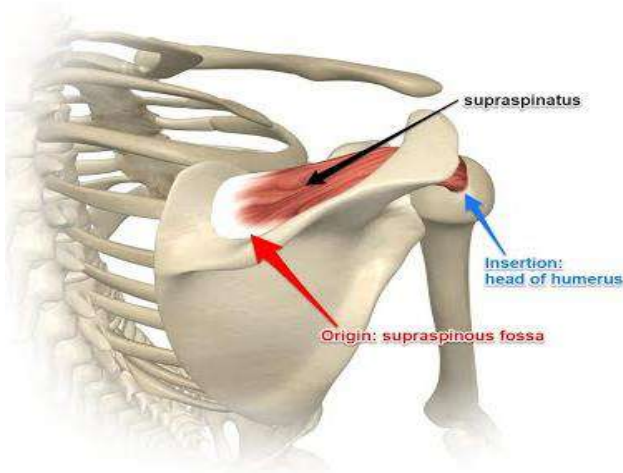
1. Deltoid: Otot besar yang meliputi bagian atas bahu disebut deltoid. Otot ini terdiri dari tiga bagian utama: anterior (bagian depan), lateral (samping), dan posterior (bagian belakang). Ketiga bagian ini bertanggung jawab untuk mengangkat dan menggerakkan lengan ke samping, depan, dan belakang.



Gambar 6.1 Otot Deltoid

2. Otot Supraspinatus: Terletak di atas tulang belikat, otot ini memainkan peran dalam memulai gerakan

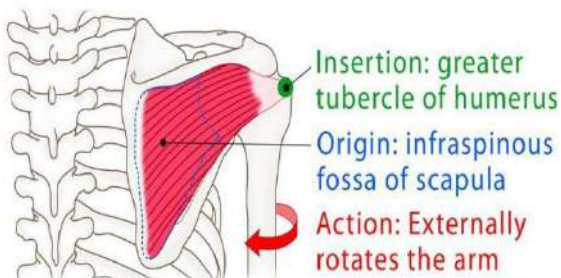
mengangkat lengan ke samping, yang disebut abduksi bahu.



Gambar 6.2 Otot Supraspinatus

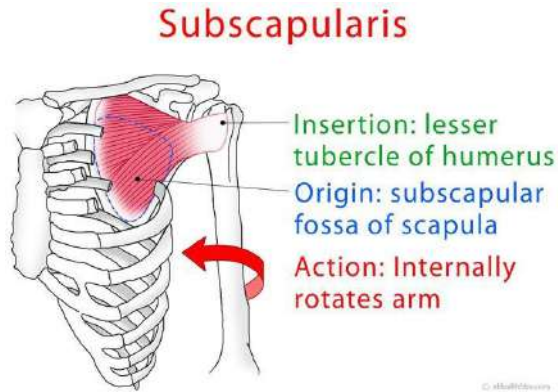
3. Infraspinatus dan Teres Minor: Keduanya adalah bagian dari rotator cuff dan membantu menjaga stabilitas sendi bahu serta berperan dalam rotasi luar bahu.

Infraspinatus



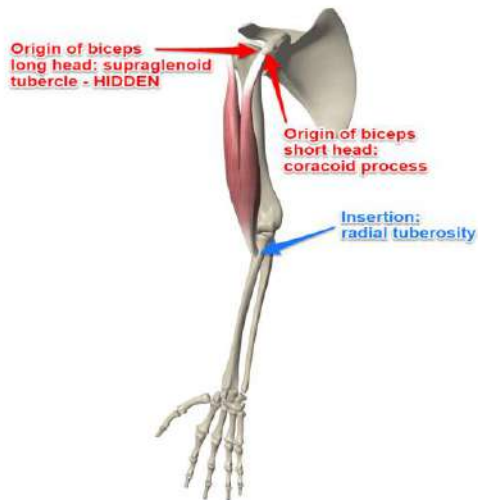
Gambar 6.3 Otot Infraspinatus

4. Subscapularis: Otot ini juga termasuk dalam rotator cuff dan berada di bagian depan tulang belikat. Otot ini bertanggung jawab atas rotasi lengan atas.



Gambar 6.4 Otot Subscapularis

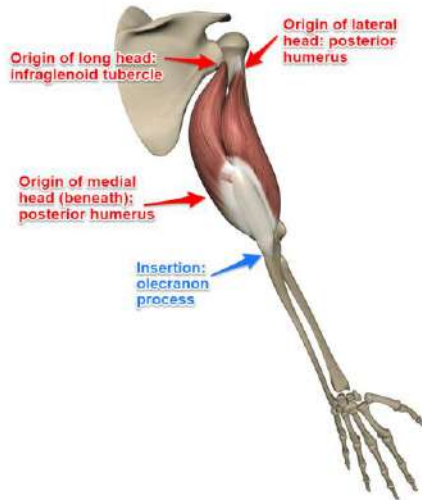
5. Biceps Brachii: Terletak di bagian depan lengan atas, otot ini membantu mengangkat bahu ke depan dan terlibat dalam fleksi (meluruskan) lengan.



Gambar 6.5 Otot Biceps Brachii

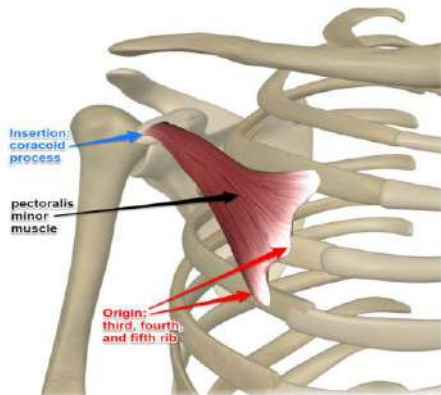
6. Triceps Brachii: Berada di bagian belakang lengan atas, otot ini berfungsi untuk mengekstensi (melipat) lengan.

Bagian panjangnya juga membantu mengangkat lengan ke belakang.



Gambar 6.6 Otot Triceps Brachii

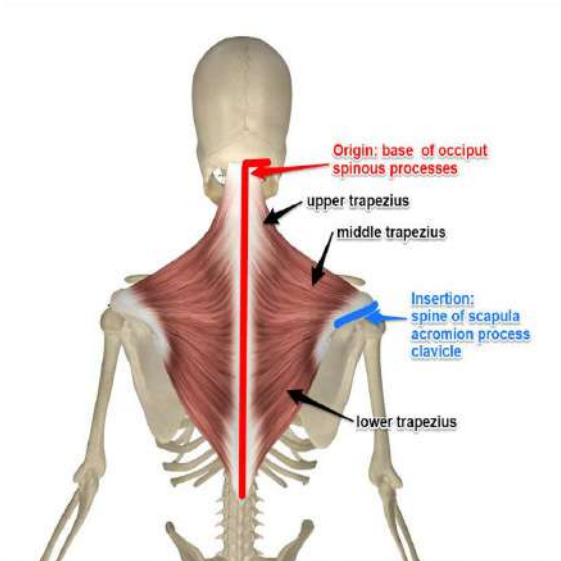
7. Pectoralis Major: Otot dada besar ini bertanggung jawab atas gerakan lengan ke depan dan ke tengah serta memberikan dukungan dalam beberapa gerakan bahu.



Gambar 6.7 Otot Pectoralis Major

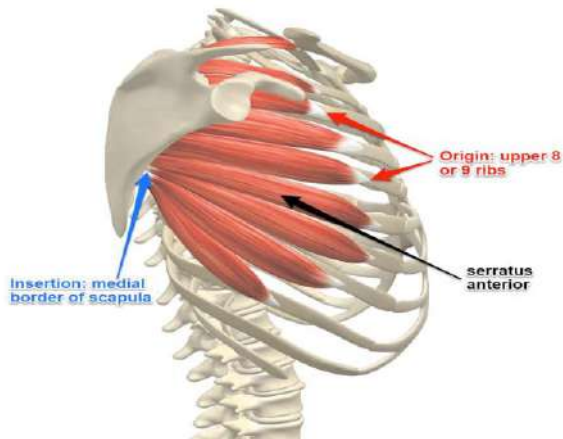
8. Trapezius: Melakukan berbagai gerakan bahu seperti mengangkat, menarik, dan rotasi. Selain itu, otot ini

membantu menggerakkan dan menstabilkan tulang belikat.



Gambar 6.8 Otot Trapezius

9. Serratus Anterior: Otot ini membantu menjaga tulang belikat dalam posisi yang stabil dan berperan dalam gerakan mengangkat lengan ke atas.



Gambar 6.9 Otot Seratus Anterior

6.4.2 Koordinasi Otot-otot Scapular dalam Pergerakan Bahu

Koordinasi otot-otot scapular memiliki peranan krusial dalam mengontrol gerakan bahu secara keseluruhan. Sebagai panggung gerakan bagi lengan atas, tulang belikat (scapula) memiliki peran sentral dalam gerakan bahu. Otot-otot scapular berfungsi untuk mengatur posisi dan gerakan tulang belikat guna menjaga stabilitas dan koordinasi gerakan bahu. Beberapa otot scapular yang terlibat dalam koordinasi ini termasuk trapezius, serratus anterior, levator scapulae, dan otot rhomboid

1. **Trapezius:** Otot trapezius terdiri dari tiga bagian utama: pars descendens (bagian atas), pars transversa (bagian tengah), dan pars ascendens (bagian bawah). Pars descendens membantu mengangkat tulang belikat, pars transversa membantu dalam retraksi (penarikan ke belakang) tulang belikat, dan pars ascendens membantu dalam depresi (penurunan) tulang belikat. Selain itu, trapezius juga berperan dalam rotasi tulang belikat.
2. **Serratus Anterior:** Otot ini menghubungkan tulang rusuk dengan tulang belikat dan berfungsi menjaga jarak yang tepat antara tulang belikat dan dinding dada. Selain itu, otot ini membantu menstabilkan tulang belikat serta memproyeksikan tulang belikat ke depan ketika lengan diangkat ke atas.
3. **Levator Scapulae:** Otot ini terletak di bagian belakang leher dan berfungsi mengangkat tulang belikat ke arah telinga. Ketika lengan diangkat ke atas, levator scapulae membantu menjaga posisi yang optimal bagi tulang belikat.
4. **Otot Rhomboid (Major dan Minor):** Kedua otot rhomboid membantu menarik tulang belikat ke arah belakang dan bawah. Fungsi ini memastikan stabilisasi dan pemeliharaan posisi yang tepat bagi tulang belikat selama gerakan bahu.

Gerakan bahu yang lancar dan terkontrol dipengaruhi oleh koordinasi yang baik antara otot-otot scapular dan otot-otot di lengan dan dada.

6.5 Gerakan Dan Fungsi Utama Bahu

6.5.1 Gerakan Utama pada Bahu:

1. Fleksi Bahu

Deskripsi: Lengan bergerak ke depan tubuh, seperti ketika mengangkat lengan dari posisi juntai ke posisi lebih tinggi di depan tubuh.

2. Ekstensi Bahu

Deskripsi: Lengan bergerak dari posisi fleksi (angkat) ke posisi yang lebih rendah atau menjuntai ke samping atau belakang tubuh.

3. Abduksi Bahu

Deskripsi: Lengan dibuka dari sisi tubuh, menjauh dari garis tengah tubuh. Lengan dapat diangkat ke atas atau ke samping.

4. Adduksi Bahu

Deskripsi: Lengan dibawa kembali ke sisi tubuh setelah berada dalam posisi abduksi. Lengan yang diangkat ke samping tubuh dikembalikan ke posisi awal di sisi tubuh.

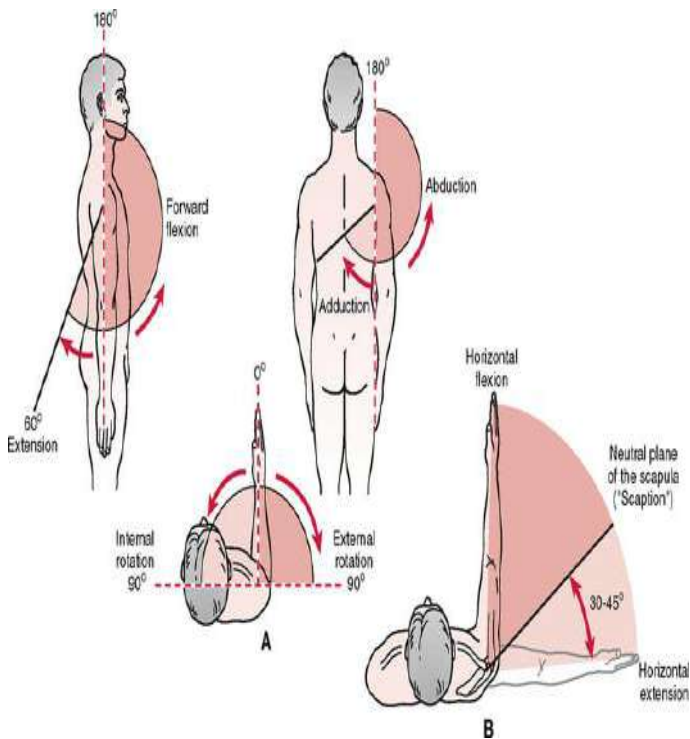
5. Rotasi Internal Bahu

Deskripsi: Lengan berputar dari posisi netral (siku lurus, telapak tangan menghadap tubuh) ke dalam atau mendekati tengah tubuh.

6. Rotasi Eksternal Bahu

Deskripsi: Lengan berputar dari posisi netral ke luar atau menjauhi tengah tubuh.

Semua gerakan ini melibatkan koordinasi otot-otot yang berperan dalam pergerakan bahu, termasuk otot-otot yang terhubung dengan tulang belikat dan lengan.



Gambar 6.10 Gerakan Pada Shoulder

6.5.2 Hubungan Gerakan Shoulder Dengan Aktivitas Fungsional Tubuh.

Peran bahu memiliki signifikansi yang sangat penting dalam menjalankan berbagai aktivitas dalam rutinitas harian. Gerakan bahu melibatkan koordinasi antara tulang, otot, dan ligamen yang memungkinkan kita untuk menyelesaikan tugas-tugas beragam, baik yang simpel maupun kompleks. Berikut adalah beberapa contoh aktivitas sehari-hari yang menegaskan kepentingan peran gerakan bahu:

1. Mengangkat Barang

Gerakan bahu memiliki peranan vital saat kita mengangkat barang. Dalam situasi ini, otot-otot di sekitar bahu seperti deltoid, trapezius, dan rotator cuff bekerja bersama-sama. Stabilitas bahu harus dijaga untuk mencegah cedera, sambil juga berperan sebagai titik awal gerakan lengan.

2. Meraih atau Menjangkau

Ketika kita meraih atau menjangkau sesuatu, bahu memainkan peranan penting dalam berbagai arah gerakan. Termasuk di dalamnya mengambil objek di atas kepala, meraih benda di depan tubuh, atau mengulurkan tangan untuk mencapai tujuan tertentu. Otot-otot bahu harus berkolaborasi guna mencapai gerakan yang diinginkan.

3. Aktivitas di Dapur

Aktivitas di dapur seperti memasak, mencuci piring, atau mengambil barang dari tempat penyimpanan juga memerlukan peran gerakan bahu. Saat kita menggunakan lengan untuk meraih atau mengangkat benda-benda di sekitar dapur, bahu membantu memberikan stabilitas dan mobilitas.

4. Berpakaian dan Merapikan

Kegiatan seperti berpakaian, menyisir rambut, atau merapikan pakaian juga membutuhkan keterlibatan gerakan bahu. Proses ini melibatkan otot-otot kecil di sekitar sendi bahu yang harus bekerja secara lembut dan presisi untuk menyelesaikan tugas-tugas tersebut.

5. Berolahraga

Olahraga seperti melempar, bermain bola, berenang, atau tenis membutuhkan peran bahu yang terkoordinasi dan kuat. Beberapa jenis olahraga bahkan sangat mengandalkan gerakan bahu guna mencapai performa yang baik.

6. Berinteraksi dengan Lingkungan

Tindakan sehari-hari seperti membuka pintu, menarik tali untuk menghidupkan lampu, atau mengangkat barang belanja juga melibatkan gerakan bahu. Bahu bekerja bersama-sama dengan bagian tubuh lainnya untuk memungkinkan interaksi yang lancar dengan lingkungan sekitar.

Pada semua aktivitas ini, pemahaman tentang biomekanika bahu sangatlah penting. Sendi bola dan soket pada bahu memberikan jangkauan gerakan yang luas, tetapi juga membuatnya rentan terhadap cedera apabila gerakan dilakukan dengan tidak benar atau beban yang diangkat terlalu berat. Maka dari itu, pemahaman terhadap prinsip-prinsip biomekanika sangat penting untuk menjalankan gerakan bahu dengan aman dan efisien dalam aktivitas sehari-hari.

DAFTAR PUSTAKA

- DeLisa, J. A., & Gans, B. M. (2014). *Physical Medicine and Rehabilitation: Principles and Practice*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Drake, R. L., Vogl, A. W., & Mitchell, A. W. (2014). *Gray's Anatomy for Students*. Churchill Livingstone.
- Enoka, R. M. (2008). *Neuromechanics of Human Movement*. Human Kinetics.
- Hall, S. J. (2015). *Basic Biomechanics*. McGraw-Hill Education.
- Magee, D. J. (2014). *Orthopedic Physical Assessment*. Elsevier Health Sciences.
- Moore, K. L., Dalley, A. F., & Agur, A. M. (2013). *Clinically Oriented Anatomy*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Neumann, D. A. (2016). *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Rehabilitation*. Elsevier Health Sciences.
- Norkin, C. C., & Levangie, P. K. (2016). *Joint Structure and Function: A Comprehensive Analysis*. F.A. Davis Company.
- Prentice, W. E. (2016). *Essentials of Athletic Injury Management*. McGraw-Hill Education.

BAB 7

BIOMEKANIKA PELVIS DAN HIP

Oleh AL Um Aniswatun Khasanah

7.1 Pendahulua

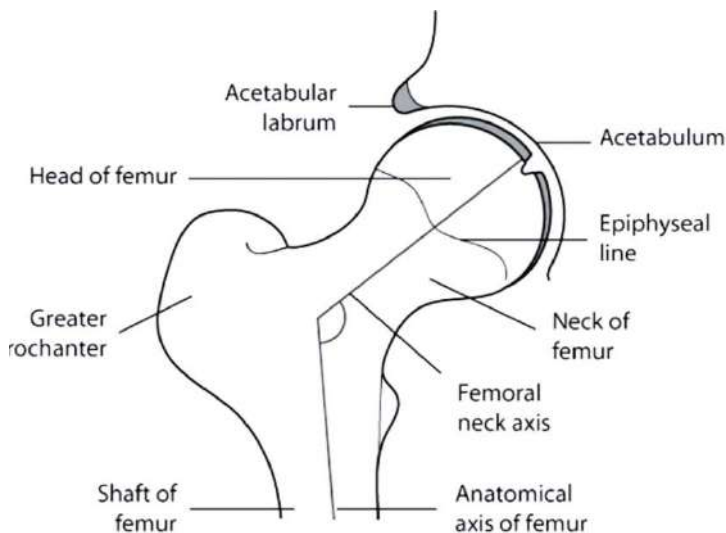
Ekstremitas bawah salah satunya hip dan pelvic yang merupakan pembentuk dari sendi hip, yang juga sangat penting dalam proses gerak yang memungkinkan seseorang dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain yang merupakan aktivitas yang paling sering dilakukan seseorang dalam kehidupan sehari-hari. Chapter ini memberikan deskripsi dari karakteristik biomekanik yang fundamental pada Hip dan Pelvic.

7.2 Anatomi Hip dan Pelvic

Hip joint atau Sendi panggul adalah sendi yang berbentuk bola dan soket yang merupakan titik artikulasi antara kepala tulang paha dan asetabulum panggul. Fungsi utama dari sendi pinggul adalah untuk memberikan bentuk dinamis pada tubuh, menopang berat badan dan menghubungkan dari kerangka tubuh bagian atas dengan ekstremitas bawah (Zilkens et al., 2013).

7.2.1 Anatomi Hip

Hip dianggap sebagai sendi bola dan soket, sendi tersebut memenuhi empat prinsip sendi sinovial atau diarthrodial yaitu rongga sendi, permukaan sendi ditutupi dengan tulang rawan artikular, sinovial membran memproduksi cairan sinovial, kapsul ligamen (Gold,2020)

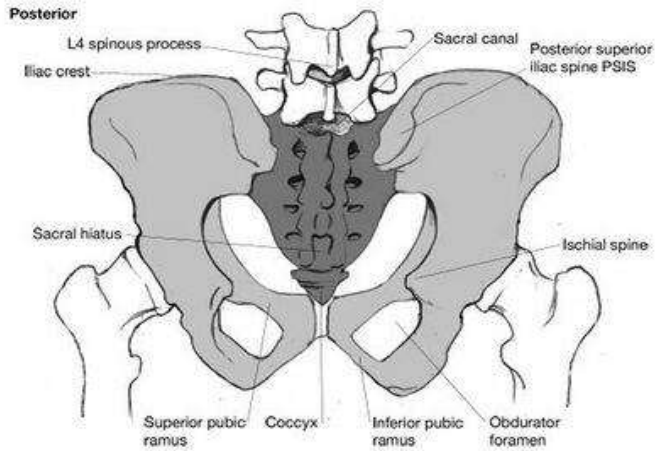


Gambar 7.1 Tampilan Penampang Sendi Hip

Sumber: Zaghloul, 2018

7.2.2 Anatomi Pelvic

Pelvic dapat dibagi dan dilihat menjadi dua bagian yaitu, anterior dan posterior. Bagian anterior disebut korset panggul (*pelvic girdle*) yang terdiri dari pubis, ischium, dan ilium. Bagian ini terhubung ke bagian belakang ke tulang belakang panggul. Tulang belakang panggul terdiri dari coccyx dan sakrum. Tulang pubis, tulang ischial, dan tulang iliac bergabung bersama di setiap sisi dan disebut tulang innominate. Dengan demikian ada 2 tulang innominate, satu di sisi kanan dan satu lagi di sisi kiri. Pelvic membentuk 4 sendi panggul. Satu sacrococcygeal joint di bagian belakang, 2 sacroiliac joint dengan sakrum, dan 1 symphysis pubis di bagian depan (Chaudry, 2021).



Gambar 7.2 Tampilan Penampang Pelvic Posterior

Sumber: Physiophedia,2023

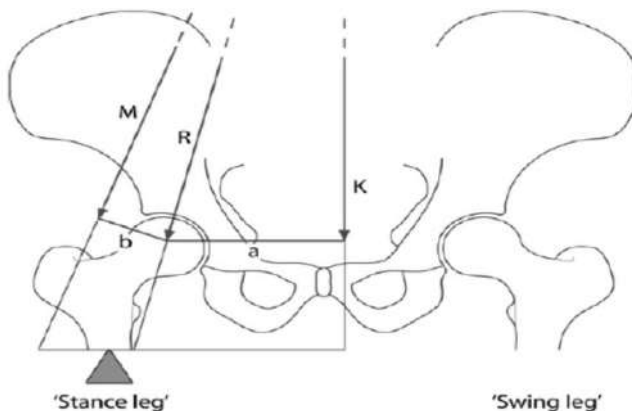
7.3 Biomekanik HIP dan Pelvic

Mekanika gerak yang dihasilkan oleh sistem gerak pada manusia yaitu biomekanika yang secara integritas memeriksa gaya-gaya yang bekerja dan menghasilkan suatu gerakan pada dan dalam sebuah tubuh (McLaster,2019).

7.3.1 Analisis Gaya Gerak Hip dan Pelvic

Gerakan sendi digambarkan sebagai rotasi dan translasi yang terjadi Pada bidang x, y, dan z, membutuhkan 6 parameter atau derajat gerak. Penting untuk dicatat bahwa tidak semua sendi menunjukkan 6 derajat kebebasan (abduksi, adduksi, fleksi, ekstensi, rotasi internal, dan rotasi eksternal) karena kendala anatomi gerak. Hip adalah sendi yang menunjukkan 6 derajat kebebasan dan disebut sambungan bola dan soket. Stabilitas sendi pinggul terutama tergantung pada desain bola dan soket , pada tulang pelvic juga dirancang untuk menahan semua tekanan yang ditempatkan di atasnya selama kegiatan sehari-hari (Ismail, 2022).

Pendekatan analitis dasar untuk keseimbangan kekuatan dan Momen tentang sendi pinggul dapat berguna dalam memperkirakan efeknya perubahan anatomi sendi atau modalitas pengobatan yang berbeda pada gaya reaksi sendi pinggul. Analisis dua dimensi dapat membantu dalam memahami pemuatan statis sendi pinggul. Dalam kaki ganda Kuda-kuda, pusat gravitasi terletak di antara kedua pinggul dan kekuatannya diberikan secara merata di kedua sisi. Di bawah beban ini, berat tubuh dikurangi berat kedua kaki didukung sama pada kepala femoralis, dan vektor yang dihasilkan vertikal. Dalam posisi satu kaki, pusat gravitasi bergerak menjauh dari Kaki pendukung karena kaki non-pendukung sekarang dipertimbangkan bagian dari massa tubuh yang bekerja pada pinggul yang menahan beban (Gambar 7.3). Gaya ke bawah ini menghasilkan gerakan berputar di sekitar kepala femoralis - momen diciptakan oleh berat badan, K , dan lengan momennya, (jarak dari tulang paha ke pusat gravitasi). Otot-otot yang menahan gerakan ini diimbangi oleh gabungan otot abduktor, M (Layton, 2022).



Gambar 7.3 Pusat Gravitasi Sendi Hip

Sumber: Zaghloul, 2018

7.3.2 Analisis Bidang Gerak Hip dan Pelvic

Sendi Hip merupakan sendi yang pergerakannya relative mudah dan juga sendi tersebut pergerakannya stabil dikarenakan arsitektur tulang, sendi dan struktur jaringan lunak disekitarnya sangat luas. Aktivitas gerak pada sendi tersebut berdasarkan pada permukann sendinya yang cenderung konkaf dan konvek yang mengacu pada satu sumbu rotasi dalam setiap bidang geraknya (Galbusera, 2022).

Bidang gerak sagital pada sendi hip joint gerakannya yaitu fleksi dan ekstensi axis rotasinya mediolateral, otot yang bekerja saat gerak fleksi yaitu grup otot fleksor (iliopsoas, rectus femoris, sartorius, adductor longus) dan saat gerak ekstensi yaitu grup otot ekstensor (gluteus maximus, adductor magnus; hamstrings), saat gerak posisi fleksi maka yang terjadi pada femur akan bergerak ke depan da-lam bidang sagital. Jika knee lurus, maka gerakan fleksi hip diba-tasi oleh ketegangan otot hamstring. Pada gerak fleksi yang luas, pelvis akan back-ward tilt untuk melengkapi/menyempurnakan gerakan pada hip joint. Saat posis hip bergerak ekstensi yang terjadi, gerakan kebalikan dari fleksi. Hiperekstensi adalah gerakan femur ke belakang dalam bidang sagital. Gerakan ini sangat terbatas, kecuali para dan-cer dan akrobat yang memungkinkan terjadi rotasi femur keluar sehingga gerakannya cukup luas. Faktor penghambat hiperekstensi hip adalah ketegangan ligamen iliofemoral pada bagian depan sendi (Fetto, 2019).

Gerak pada bidang frontal sendi hip joint gerakannya yaitu abduksi dan aduksi axis rotasinya anterior-posterior, otot yang bekerja saat gerak adduksi yaitu grup Adductors (adductor longus, brevis, and magnus, obturator externus, pectineus) dan saat gerak abduksi yaitu grup otot Abductors (tensor fascia lata, gluteus medius and minimus, sartorius). Abduksi adalah gerakan femur ke samping dalam bidang frontal sehingga paha bergerak jauh dari midline tubuh. ROM Abduksi yang lebih besar dapat terjadi jika femur berotasi keluar. Abduksi dibatasi oleh otot-otot adduktor dan ligamen pubofemoral. Hiperadduksi

hanya dapat terjadi jika tungkai sisi kontralateral digerakkan keluar. Pada hiperadduksi yang luas, ligamen capitis femoris menjadi tegang (Malloy,2014) .

Saat dibidang gerak transversal pada sendi hip joint geraknya yaitu internal dan eksternal rotasi axis rotasinya Longitudinal axis, otot yang bekerja External rotators (piriformis, gluteus maximus, gemelli superior and inferior, obturator internus, quadratus femoris). External rotasi adalah suatu rotasi femur disekitar axis longitudinal sehingga knee terputar keluar. External rotasi juga merupakan suatu rotasi femur disekitar axis sagital sehingga knee terputar kedalam.ROM external rotasi biasanya lebih besar dari pada internal rotasi. Internal rotasi adalah gerak rotasi femur disekitar axis longitudinal sehingga knee terputar kedalam. Internal rotasi juga merupakan gerak rotasi femur disekitar axis sagital sehingga knee terputar keluar. ROM internal dan external rotasi dipengaruhi oleh derajat torsi femoral (terputarnya femur pada axis longitudinal sehingga salah satu ujungnya berotasi kedalam terhadap ujung lainnya). (Kardasheh,2022)

Ritme pada lumbo pelvis yaitu gerakan dari panggul melalui caput femoris secara khusus dapat merubah konfigurasi dari vertebra lumbalis karena ujung kaudal dari vertebrae melekat kuat pada sendi sacroiliaca. Hubungan kinematik ini dinamakan ritme lumbopelvis. Konsep dari kinematika ritme lumbopelvis tidak hanya dapat digunakan untuk gerakan rotasi panggul pada bidang sagital saja, namun juga dapat diaplikasikan pada gerakan bidang frontal dan horisontal. Terdapat dua tipe yang kontras dari ritme lumbopelvis yang digunakan pada gerakan fleksipanggul terhadap femur yang diam Ritme lumbopelvis ipsidireksional, di mana panggul dan vertebra lumbalis berotasi dengan arah yang sama. Ritme lumbopelvis kontradireksional, di mana panggul berotasi pada suatu arah sedangkan vertebra lumbalis berotasi pada arah yang berlawanan(Riczo,2021).

Ritme anterior and posterior pelvic tilt pada lumbo pelvic fleksi panggul artinya memiringkan panggul ke anterior (*anterior pelvic tilt*), sedangkan ekstensi panggul artinya memiringkan panggul ke posterior (*posterior pelvic tilt*). Kemiringan panggul tersebut berupa busur yang pendek, merupakan gerakan panggul pada bidang sagital relatif terhadap femur yang diam. Arah kemiringan panggul didasarkan pada arah rotasi satu titik pada crista iliaca (Cho HJ,2020).

Panggul ke depan/anterior berposisi miring diimbangi dengan peningkatan lordosis vertebra lumbalis. Ketika seseorang duduk dengan fleksipanggul 90° , seorang dewasa normal dapat melakukan fleksi panggul *pelvic-on-femoral* tambahan sebesar 30° sebelum dibatasi oleh ekstensi penuh dari vertebrae lumbalis. Miringnya panggul ke anterior secara penuh mengendurkan sebagian besar ligamenta pada panggul, terutama iliofemorale. Karena lutut difleksikan, otot hamstring yang mengendur secara parsial tidak memberikan tahanan berarti bagi miringnya panggul ke anterior. Ketika berdiri dengan lutut ekstensi penuh, otot hamstring yang lebih memanjang tampaknya lebih memberikan tahanan terhadap miringnya panggul ke anterior, namun ternyata tahanan tersebut tidak begitu berarti. Pada gambar 2.4, panggul dapat melakukan ekstensi sekitar $10-20^\circ$ dari posisi 90° ketika duduk melalui gerakan miringnya panggul ke posterior. Gerakan tersebut meningkatkan panjang dan tegangan ligamentum iliofemorale dan otot rectus femoris. Ketika panggul miring ke posterior, vertebra lumbalis menjadi fleksi atau lurus, sehingga mengurangi lordosis lumbalis (Kiapour A,2020).

Anterior pelvic tilt dilakukan oleh kelompok otot-otot fleksor panggul (misalnya iliopsoas dan sartorius) dan otot-otot ekstensor punggung bagian bawah (seperti erector spinae). Dengan femur yang diam, kontraksi dari otot-otot fleksor panggul merotasikan panggul terhadap sumbu medial-lateral yang melalui kedua panggul. Sebaliknya, otot-otot ekstensor panggul berperan dalam gerakan *posterior pelvis tilt*. Selain

peran otot-otot ekstensor panggul, dalam gerakan ini juga berperan otot-otot abdomen seperti rectus abdominis dan obliquus externus abdominis (Riczo,2021).

DAFTAR PUSTAKA

- Zilkens C, Miese F, Herten M, Kurzidem S, Jäger M, König D, Antoch G, Krauspe R, Bittersohl B. 2013. Validity of gradientecho three-dimensional delayed gadolinium enhanced magnetic resonance imaging of hip joint cartilage: *a histologically controlled study*. Eur J Radiol. 2013 Feb;82(2):e81-6.
- Gold M, Varacallo M. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Hip Joint. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470555/> (last accessed 15.6.2020)
- Zaghloul Ahmed and Elalfy M Mohamed. 2018. Hip Joint: Embryology, Anatomy and Biomechanics. Volume 12 - Issue 3 Received: December 11, 2018; Published: December 20, 2018
- Chaudhry SR, Hulaibi FA, Nahian A, Chaudhry K. 2020. Anatomy, Abdomen and Pelvis, Pelvis. StatPearls [Internet]. 2020 May 24. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482258/> (accessed 6.11.2021)
- Physiophedia. 2023. Pelvis. StatPearls [Internet]. 2023 August 18 . Available: Available : https://www.physio-pedia.com/Pelvis#cite_note-4 (accessed 16.08.2023)
- McLester J, Pierre PS. 2019. Applied Biomechanics. Jones & Bartlett Learning; 2019 Mar 8.
- Ismail K, Cara L, Lewis. 2022 Effect of simulated changes in pelvic tilt on hip joint forces Journal of Biomechanics Volume 135, April 2022, 111048
- Layton Robin, Neil Messenger^b, Todd Stewart . 2022. Characteristics of hip joint reaction forces during a range of activities . Medical Engineering & Physics. Volume 108, October 2022, 103894.
- Galbusera Fabio, Bernardo Innocenti, 2022, Biomechanics of the hip joint Fundamentals, Devices and Applications 2022, Pages 221-237

- Kardasheh Mark.2022.Hip Biomechanic.Availableform.
<https://www.orthobullets.com/recon/9064/hipbiomechanics>.(last access17.08.2023)
- Fetto JF..2019. A dynamic model of hip joint biomechanics: The contribution of soft tissues. Advances in Orthopedics. 2019 Jun 4;2019.
- Malloy Philip J. and Shane J. Nho.2014Clinical Biomechanics of the Hip Joint. Hip Arthroscopy and Hip Joint Preservation Surgery Book.
- Riczo, D. Biomechanics and Dynamics of the Pelvic Girdle. Plus Course. 2021
- Cho HJ, Kwak DS.2020.Movement of the sacroiliac joint: Anatomy, systematic review, and biomechanical considerations. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine. 2020 Nov 30:0954411920978021.
- Kiapour A, Joukar A, Elgafy H, Erbulut DU, Agarwal AK, Goel VK. Biomechanics of the sacroiliac joint: anatomy, function, biomechanics, sexual dimorphism, and causes of pain. International journal of spine surgery. 2020 Feb 1;14(s1):S3-13.

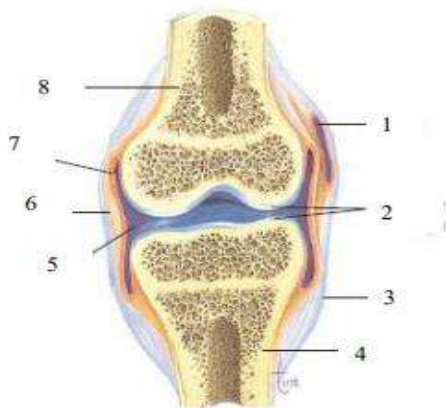
BAB 8

BIOMEKANIKA KNEE

Oleh Syurrahmi

8.1 Pendahuluan

Sendi lutut merupakan sendi terbesar dan terfokus pada tubuh manusia karena menopang beban tubuh (Dian, 2013). Sendi perantara yang berfungsi sebagai penstabil, penggerak, dan peredam tekanan ini merupakan sendi yang berada di antara sendi pergelangan kaki dan pinggul. Postur tubuh dikendalikan oleh sendi lutut yang mampu menopang beban berat. Ia menggerakkan berat badannya dengan berbagai cara, termasuk berjalan kaki, jogging, dan berlari. Sendi lutut memiliki konfigurasi anatomi yang beragam karena struktur dan fungsinya yang kompleks, dan pengoperasiannya bergantung pada jaringan yang menyusun bagian-bagian komponennya (Land, 2010).



Gambar 8.1 Sinovial Sendi Lutut
(Scanlon, 2007)

Keterangan gambar 8.1 Sendi lutut:

1. Bursa
2. Articular cartilago
3. Tendon
4. Tulang tibia
5. Cairan pada rongga sendi atau synovial fluid
6. Kapsul sendi
7. Sinovium
8. Tulang femur

Sendi lutut di ekstremitas bawah memiliki rentang gerak paling besar. Lutut melakukan stabilisasi dan mobilisasi. Fungsi ganda lutut dapat digunakan untuk menjelaskan tekanan signifikan yang dialaminya. Lutut seimbang dan stabil secara dinamis. Penyeimbang dinamis adalah unit muskulotendinous yang melintasi lutut. Meniskus dan ligamen bertindak sebagai keseimbangan statis. Karena tingginya tingkat pergerakan, lutut rentan terhadap berbagai proses degeneratif, termasuk trauma dan pelecehan. Pinggul dan pergelangan kaki juga berdampak pada kebutuhan biomekanik sendi lutut berdasarkan struktur dan kejadian traumatis pada ekstremitas bawah (Pudjianto, 2012).

Sendi knee mudah berubah dan intens dan merupakan variasi dari cairan sinovial. Sendi tibiofemoral, sendi patellofemoral, dan sendi tibiofibular proksimal, tiga komponen berbeda yang membentuk sendi lutut, juga dibagi berdasarkan tulang rawan hialin pada berbagai tahap perkembangan. Fungsi biomekanik penting dari sendi lutut terutama diamati selama gerakan dan istirahat. Pada fase pertama mengayun (fase mengayun) dan menapak (fase berdiri), diperlukan interaksi antara gerakan lutut dan pinggul. Untuk kelancaran perubahan arah yang terjadi selama mengangkat dan memindahkan, diperlukan juga rotasi baik secara internal maupun eksternal yang jauh di bawah pinggang. Karena bentuk tibia yang relatif datar, stabilitas pada tahap awal sebagian besar disebabkan oleh (Wahyuni, 2017).

Biomekanik lutut ditentukan oleh sumbu fleksi dan ekstensi yang melewati kondilus femoris dan terletak di atas permukaan sendi. rotasi terhadap sumbu longitudinal kondilus medial. Sisi medial sendi lutut dan otot paha lateral bertindak sebagai penyeimbang beban yang biasanya ditopang oleh sendi lutut, sehingga beban jatuh pada bagian tengah sendi lutut.

Pada sendi lutut, osteokinematika terjadi pada saat fleksi dan ekstensi dengan rentang gerak (ROM) antara 120 dan 130 derajat (140 derajat jika fleksi pinggul diikuti dengan ekstensi pinggul) dan 0 hingga 10 derajat (jika ekstensi pinggul diikuti dengan fleksi pinggul). Eksrotasi 40 hingga 45 derajat dan endorotasi 30 hingga 35 derajat dari posisi tengah awal untuk melenturkan lutut hingga 90 derajat. Gerakan menggelinding dan menggeser terjadi pada kedua permukaan tulang. Tulang paha menggelinding ke belakang dan meluncur ke depan pada saat gerakan lutut fleksi, namun pada saat gerakan lutut ekstensi, tulang menggelinding ke depan dan meluncur ke belakang. Saat ini terjadi, tibia bergerak dan berputar (Abduracham, 2017).

8.2 Struktur Tulang

Empat tulang penyusun knee yang utama yaitu tulang paha, tibia, patela, dan fibula yang membentuk sendi lutut.



Gambar 8.2 Tulang Pembentuk Sendi Lutut

(Lynn S Lippert, 2011).

Keterangan Gambar 8.2:

1. Osteologi Femur
2. Osteologi Patella
3. Osteologi Tibia
4. Osteologi Fibura

8.2.1 Tulang Femur

Merupakan tulang tubular terpanjang dan terbesar di tubuh, terhubung ke acetabulum di dasarnya membentuk kepala sendi yang dikenal sebagai kepala femoris. Trokanter mayor dan minor merupakan taji di bagian atas dan bawah kolom femoris. Kondilus medialis dan kondilus lateralis merupakan dua cetakan di ujung kolom femoris yang membentuk sendi lutut. Fossa kondilar adalah lekukan antara dua kondilus yang melindungi tulang patela.

8.2.2 Tulang Patella

Tulang ini adalah tulang sesamoid terbesar di tubuh manusia. Tulang berbentuk segitiga ini mempunyai bagian atas atau puncak menghadap ke distal dan pangkal menghadap ke proksimal. Fasias artikularis, yang menghadap sendi tulang paha, dan fasias anterior, yang menghadap ke depan, adalah dua permukaan tulang ini. Ketiga bagian fasies anterior dihubungkan oleh tendon paha depan. Tendon paha depan melekat pada ujung atas, yang juga berisi saluran vaskular, tempat ligamen patela dimulai dari ujung bawah, termasuk puncak. Patella akan bergerak sehubungan dengan tulang femur, melenturkan dan memanjang. Jarak tetap antara patela dan tibia hanya dapat diubah oleh satu faktor saat bergerak.

Patella bertindak sebagai pelindung sendi dan mengurangi gesekan antara tulang dan otot sendi lutut. Dukungan mekanis yang diberikan oleh otot paha depan juga dapat diperkuat oleh patela. Meniskus menyerap guncangan dan melindungi sendi lutut. Antara 40% dan 70% tekanan yang diberikan pada sendi lutut dapat ditopang oleh meniskus. Meniskus juga

berkontribusi pada struktur dataran tinggi tibialis yang lebih tebal dan tahan lama, yang membantu stabilitas sendi. Cairan sendi sinovial, selain meniskus, bertindak sebagai peredam kejutan dan mengurangi gesekan. Bursa sendi juga berfungsi sebagai mekanisme untuk mengurangi gesekan saat sendi lutut bergerak.

8.2.3 Tulang Tibia

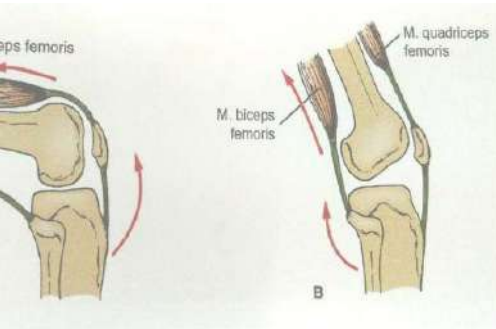
Bentuknya lebih bulat, menyambung ke fibula di pangkal, lengkung kaki membentuk persambungan di ujung distal, dan kondilus femoralis membentuk persambungan di ujung proksimal. Bagian distal mempunyai kepala yang disebut os. Malleolus medial, yang berartikulasi dengan talus.

8.2.4 Tulang Fibula

Sendi lutut terdiri dari tulang ini, tulang pipa terbesar kedua setelah tulang paha, dan tulang paha di ujungnya. Ada cetakan yang disebut maleolus lateral.

8.3 Sendi lutut

Beberapa otot yang bekerja sama menghasilkan setiap gerakan. Otot dapat bersifat agonis dan antagonis. Agonis, sering disebut sebagai penggerak utama, adalah otot atau sekelompok otot yang melakukan gerakan tertentu. Misalnya, otot paha depan femoris mendorong gerakan ekstensi sendi lutut. Antagonis adalah otot apa pun yang bekerja melawan agonis. Misalnya, otot bisep femoris bersaing dengan otot paha depan femoris selama latihan ekstensi sendi lutut. Sebelum otot penggerak utama berkontraksi, otot antagonis harus berada dalam keadaan relaksasi yang seimbang, yang dilakukan dengan menekan refleks saraf.



Gambar 8.3 Fleksi Otot Knee

(Sumber: Abdurrrayid, 2015)

Sendi lutut, yang memungkinkan mobilitas saat berjalan dan mampu menahan beban berat dalam jumlah besar, merupakan sendi yang sangat kompleks. Sendi lutut kadang-kadang disebut sebagai sendi engsel karena desain dan rentang geraknya. Fungsi dasar sendi lutut antara lain:

1. Memberikan bantuan meskipun tertumpu berat badan
2. Adanya atau gerakan setelah pendinginan
3. Memindahkan beban ke lingkaran bawah atau melanjutkan dari batang tubuh bagian atas dan paha.

Sendi lutut dapat bergerak ke segala arah, termasuk fleksi, ekstensi, dan rotasi eksternal dan internal. Ketika sendi lutut hanya sedikit tertekuk dan bisa berputar. Pergerakan ini sebagian besar terjadi antara tibia dan meniskus ketika tungkai bawah ditekuk pada sudut tertentu terhadap paha. Dengan fleksi 10°, sendi lutut berada pada posisi istirahat atau netral. Saat lutut terentang penuh atau saat orang tersebut berdiri, kondilus medial tibia, yang lebih besar dari kondilus lateral, berada di depan kondilus femoralis medial, yang membuat sendi lutut menjadi kaku. Pembukaan sendi mengacu pada rotasi internal sendi, yang awalnya terjadi selama gerakan fleksi sendi lutut yang terentang penuh. Kondilus femoralis lateral, kapsul sendi posterior, dan pintu masuk di belakang tibia proksimal merupakan asal mula otot popliteus, yang menyebabkan gerakan ini. Rentang gerak sendi lutut adalah

0° hingga 140°. Pada saat badan tegak, berat badan bertumpu pada garis vertikal yang condong ke bawah.

8.3.1 Gerakan Knee

Jika dibandingkan dengan sendi engsel lainnya, gerak fleksi dan ekstensi sendi lutut berbeda karena pada sendi lutut :

1. Sumbu suatu sambungan tidak tetap diam baik memanjang maupun berkontraksi.
2. Setelah dimulainya gerakan fleksi dan berakhirnya gerakan ekstensi, dilakukan gerakan rotasi yang melibatkan pengaturan koordinat pada posisi yang memberikan kestabilan terbaik.

8.3.2 Otot Knee

Sendi lutut terutama dipengaruhi oleh otot-otot yang tercantum di bawah ini:

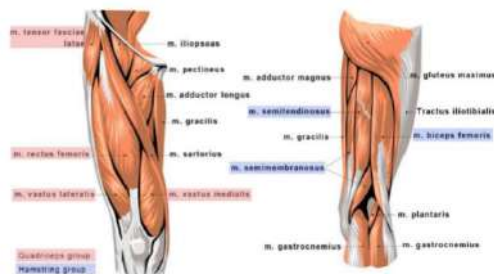
1. Otot fleksor

Otot hamstring ditopang oleh otot gracilis, gastrocnemius, dan sartorius.

2. Otot ekstensor

Paha depan femoris rectus femoris, broadus medialis, broadus lateralis, dan broadus intermedialis

3. Rotator medial, yaitu otot popliteus.



Gambar 8.4 Otot-otot Penyusun Knee Joint
(Sumber: Abdurachman, 2017).

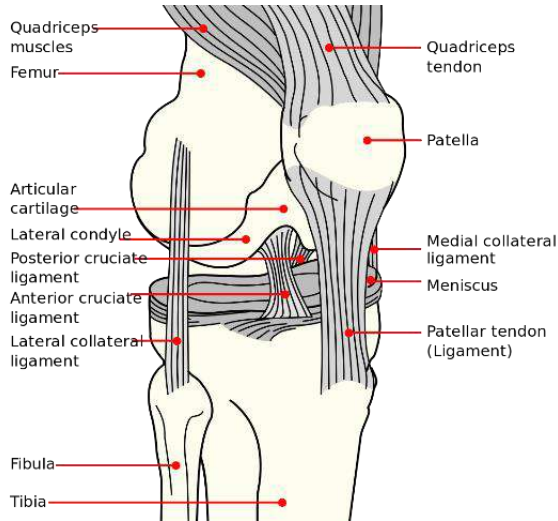
Gerakan rotasi sendi lutut dapat terjadi akibat rotasi tibia proksimal dan kondilus femoralis, serta perubahan meniskus setelah kondilus femoralis bergerak. Sendi lutut hanya dapat berputar ketika dalam keadaan fleksi. Dibandingkan dengan rotasi ke luar, rotasi internal memiliki jangkauan yang lebih sempit. Ketegangan pasif otot popliteus membatasi gerakan yang melibatkan rotasi eksternal. Ketika ada gerakan, meniskus juga bergerak, meluncur ke anterior saat ekstensi dan ke posterior saat fleksi. Saat kondilus femoralis berputar, meniskus akan mengikuti jalurnya. Pergeseran meniskus akan meningkat ketika sendi dibebani.

8.3.3 Stabilitas sendi lutut

Stabilitas sendi lutut diatur oleh kekuatan otot dan ligamen yang membentuk sendi tersebut. Dari kedua organ tersebut, ototlah yang lebih penting. Jika otot paha depan femoris kuat, sendi lutut akan tetap berfungsi meski terjadi lesi ligamen. Sendi lutut kuat dan stabil karena ligamennya. Stabilitas sendi lutut dijaga oleh ligamen kolateral medial pertama. Ligamentum kolateral lateral, yang memanjang melewati sendi lutut, memberikan stabilitas nomor dua. Sendi lutut anteromedial distabilkan dalam ekstensi berkat ligamen anterior, yang mencegah tibia berputar dan bergerak maju. Ketika lutut ditekuk ke samping, ligamen cruciatum posterior menstabilkan sendi dan membatasi gerakan posterior tibia (Iridiastadi, 2017).

8.3.4 Ligamen

Knee terdiri dari persimpangan ligamen. Tulang dan sendi disatukan oleh ligamen. Ligamen adalah jaringan berserat berbasis kolagen yang sangat kuat, fleksibel dan tahan terhadap tekanan eksternal dan internal (Splinder, 2008).



Gambar 8.5 Susunan Ligamen Knee

(Sumber: Abdurachman, 2017).

Ligamen kolateral medial Bersama dengan kolagen tipe III, VI, V, XI, dan XIV, kolagen tipe 1 merupakan 85% dari bagian penyusun ligamen. Lutut mengandung sejumlah ligamen, termasuk:

1. Ligamentum cruciatum anterior, mencegah hiperekstensi tibialis dan perpindahan tibialis ke depan.
2. Ligamentum cruciatum posterior, mencegah tibia bergerak, memanjang dari kondilus medial tulang paha ke fossa interkondiloid.
3. Ligamentum fibular kolateral, yang berjalan dari kapitulum fibula ke epikondilus lateral, mencegah gerakan varus.
4. Ligamentum kolateral tibialis, menghubungkan epikondilus medial ke permukaan medial tibia, mencegah pergerakan valgus. Ketika lutut ditekuk 90 derajat, pergerakan ligamen kolateral mencegah tibia meluncur ke depan.

5. Insertio otot semimembranosus, yang melekat pada fasia sendi poplitea, muncul dari kondilus lateral tulang paha.
6. Ligamentum poplitea berada di sisi pingir atau miring, yang menghubungkan ke fasia otot popliteum, dan otot insertio semimembranosus muncul dari kondilus femoralis lateral.
7. Sisi medial anterior dan lateral meniskus ditutupi oleh ligamen genu transversum (Anwar, 2012).

8.3.5 Cartilago

Istilah "tulang rawan" atau cartilago mengacu pada jaringan yang menutupi dan melindungi ujung tulang. Tulang rawan diperlukan untuk menyalurkan beban dan pergerakan dari satu area tubuh ke area tubuh lainnya. Oleh karena itu, tulang rawan merupakan penstabil sendi yang hebat dan bahan yang mudah beradaptasi (Nwamaka, 2009). Karena tulang rawan mengandung kolagen, maka semakin banyak serat kolagen maka tulang rawan tersebut akan semakin kuat. Makanan harus diperoleh dari jaringan sekitar tulang rawan karena tidak mempunyai pembuluh darah (Marsuki, 2009). Matriks tulang rawan terdiri dari kondrosit, kondroblas, perikondrium, dan zat antar sel. Serat kolagen, kombinasi 75% air dan 10% aggrekan merupakan komponennya. (Nwamaka, 2009).

9.3.6 Kapsul Sendi

Terdapat dua lapisan pada kapsul sendi lutut yaitu:

1. Tratum fibrosum, lapisan luar kapsul sendi yang melindungi dari bahaya.
2. Stratum sinovium bergabung dengan bursa suprapatellar. Lapisan dalam, yang disebut stratum sinovium, bertugas menghasilkan cairan sinovium, yang membantu melumasi permukaan sendi lutut. Kapsul

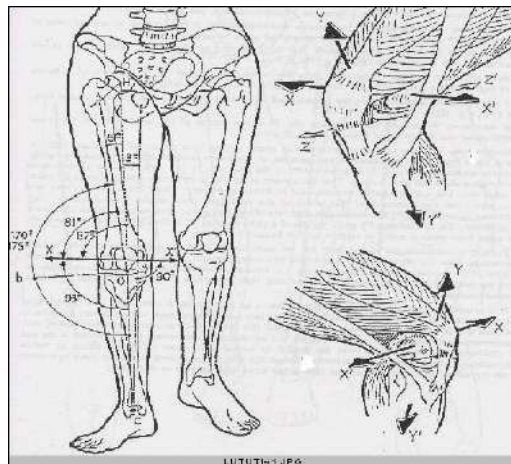
sendi lutut terbuat dari jaringan fibrosa dan avaskular, sehingga menyulitkan penyembuhan.

8.4 Articulatio

Sendi lutut terdiri dari sendi tibiofibular proksimal, sendi patellofemoral, dan sendi tibiofemoral, yang semuanya terbungkus dalam kapsul sendi. Daftar di bawah ini mencakup tiga sendi lutut:

8.4.1 Tibiofemoral joint

Sendi dengan engsel sinovial dan dua derajat kebebasan gerak. Sambungan engsel dapat berputar dalam dua arah, yaitu pada posisi menekuk dan pada bidang dalam serta putaran melintang luar. Gerakan akhir melibatkan rotasi eksternal, yang sering dikenal sebagai rotasi tertutup. Sendi tibiofemoral dihasilkan oleh kondilus femoris. Sendi ini memiliki permukaan tidak beraturan yang ditutupi tulang rawan. Fleksi bervariasi antara 130° dan 140° selama ROM pasif. Hiperekstensi 5 hingga 10° masih dianggap normal.



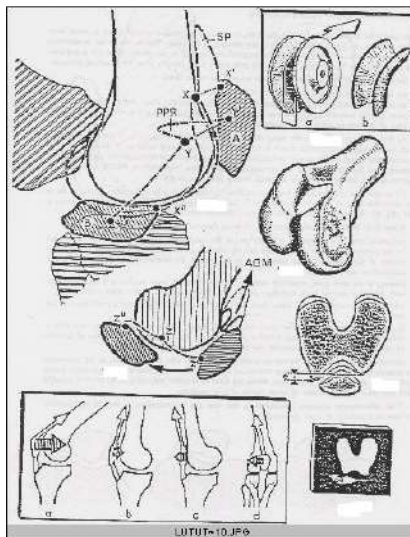
Gambar 8.6 Tibiofemoral Joint

(Sumber: Abdurachman, 2017)

Tibia diperpanjang sepanjang sumbu kranial melalui traksi ekor dan gerakan kompresi sendi tibiofemoral arthrokinematic. Jika diperluas, ini diterjemahkan secara ventral; ketika ditekuk, itu diterjemahkan ke arah punggung. Selain itu, selama fleksi dan ekstensi, translasi medial dan lateral (Mcginnis, 2013)

8.4.2 Patellofemoral joint

Bagian luar patela ditutupi lapisan tulang rawan yang tebal. Sambungan bidang antara patela dan tulang paha sendi ini mengurangi gesekan pada paha depan dan membantu mekanisme kerja. Patela didorong menjauh dari dan menuju tulang paha dengan pola gerakan lurus medial. Perluas dan tekuk patela ke arah proksimal dan distal. Ketika patela bergeser ke medial selama ekstensi dan kembali ke posisi lurus.

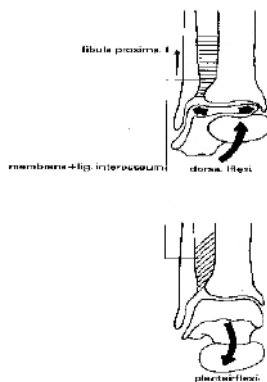


Gambar 8.7 Patellofemoral Joint

(Sumber: Karduna, 2007)

8.4.2 Proksimal Tibiofibular Joint

Jenis persimpangan sinovial planar tertentu yang terbentuk antara tibia dan kepala fibula. Peran lain dari sendi ini adalah menerima beban. Dari segi fungsional, sendi ini lebih cenderung dianggap sebagai sendi pergelangan kaki karena pergerakan lutut dipengaruhi oleh pergerakan pergelangan kaki dalam arah kranial-dorsal. Sendi artrokinematika ini meluncur ke arah dorsal dan kranial ketika sendi pergelangan kaki dalam posisi dorsofleksi. Fungsi utama sendi tibiofibular proksimal adalah untuk menopang beban yang ditimpakan oleh beban tubuh pada lutut dan kemudian diteruskan ke pergelangan kaki dan kaki.



Gambar 8.8 Proksimal Tibiofibular Joint

(Sumber: Karduna, 2007)

8.5 Osteokinematik dan arthrokinematik

Gerakan rotasi yang terjadi pada osteokinematika adalah putaran mengayun, putaran putar, dan putaran putar. Lutut merupakan bagian dari sendi engsel yang mempunyai jangkauan gerak yang luas. Kisaran fleksi osteokinematik lutut adalah 130° hingga 140° dengan ujung yang lembut terasa. Ada juga gerakan ekstensi yang tersedia. Posisi ekstensi berkisar antara 5° hingga 10° dalam batasan yang dapat diterima. Gerakan rotasi terbesar terjadi

pada rotasi lateral 45° dan rotasi medial 15° pada posisi fleksi lutut 90°. Ketika pinggul difleksikan setelah lutut difleksikan antara 120 dan 130 derajat pada bidang sagital, rentang gerak lutut (ROM) meningkat menjadi 140 derajat dan sebaliknya menjadi 0 hingga 10 derajat jika penggantian pinggul dilakukan setelahnya. ROM pada gerakan endorotasi adalah 30 hingga 35 derajat ketika ditekuk 90 derajat pada posisi tengah, sedangkan ROM pada gerakan eksorotasi adalah 40 hingga 45 derajat. Gerakan menggelinding dan menggeser mencakup dua permukaan tulang.

Menurut arthrokinematika sendi lutut, tulang paha meluncur dan berguling ke arah yang berlawanan selama fleksi, bergerak ke anterior dan berguling ke belakang. Selama ekstensi, tulang paha berguling ke anterior dan meluncur ke superior. Ketika tibia menekuk atau meregang ke arah sisi ventral, khususnya, gerakan berguling dan meluncur terjadi dalam arah yang sama (Fitria, 2015). Sendi lutut merupakan sendi engsel karena mempunyai sifat berputar dan meluncur secara arthodial. Ada beberapa jenis rotasi sendi lutut, antara lain:

1. Flexi-Hiperekstensi 50 dan ekstensi flexi 160.
 2. Varus-valgus, dengan sudut berkisar antara 6 sampai 8.
 3. Radian rotasi internal-eksternal 250–300.
- Saat gerakan translasi berlangsung:
1. Dari anterior ke posterior, 5 hingga 10 mm
 2. Kompresi 2 sampai 5 mm
 3. Medial lateran 1 hingga 2 mm (Masourus et al, 2010)

Pola kapsuler sendi lutut sering kali mencakup fleksi dan ekstensi. Gerakan lutut fleksi lebih terbatas dibandingkan gerakan ekstensi lutut karena sifat sendi lutut yang berbentuk kapsul. Pola kapsuler menentukan rentang gerak atau rentang pergerakan sendi, sehingga kemungkinan besar tidak akan terjadi pembatasan pergerakan ROM jika terjadi masalah pada pola kapsuler (Sukadiyanto, 2011). Selama ekstensi terakhir, tibia mengalami rotasi tertutup, juga dikenal sebagai rotasi eksternal. Selain itu, terdapat gerakan valgus. Gerakan yang terjadi pada permukaan sendi disebut dengan arthrokinematika. Gerakan berguling dan meluncur

merupakan contoh gerak artrokinematika yang relevan dengan hukum cekung-cembung. Hukum ini menyatakan bahwa bila permukaan sambungan cekung, maka terjadi gerakan menggelinding dan menggeser dalam arah yang sama, dan bila permukaan sambungan cembung bergerak pada permukaan sambungan cekung, yang berlaku adalah sebaliknya. Gerakan putaran, translasi, dan traksi-kompresi adalah kategori lebih lanjut untuk kedua gerakan ini (Eddy, 2019).

Gerakan yang terjadi adalah meluncur dan berguling ke arah yang berlawanan karena artrokinematika sendi lutut berada pada tulang paha yang cembung. Ketika tulang paha tertekuk, berguling ke belakang dan meluncur ke depan. Untuk memanjangkan, putar ke depan dan geser ke belakang. Selain itu, gerakan berguling dan meluncur akan terjadi dalam arah yang sama terlepas dari apakah tibia menekuk atau memanjang. Ia meluncur ke depan saat mengembang; ketika membungkuk, ia bergerak ke punggung (Jati, 2013). Ekstensi, fleksi, dan rotasi adalah tiga arah pergerakan sendi pada lutut:

1. Ekstensi genu

Perpanjangan paha bagian femoris diikat oleh ligamen anterior, yang berkontraksi dan mengencang. Saat sendi lutut meluas lebih jauh, ketegangan terjadi pada ligamen kolateral medial dan lateral serta ligamen poplitea miring. Selain itu, serat ligamen posterior dikencangkan. Karena semua ligamen sendi terpelintir dan terkunci akibat rotasi medial tulang paha ketika sendi lutut terentang penuh atau sedikit hiperekstensi, lutut menjadi struktur yang kaku secara mekanis. Selama rotasi femur, yang sebenarnya menarik tulang paha kembali ke arah tibia, meniskus terbentuk seperti bantalan karet antara kondilus femoralis dan kondilus tibialis. Dalam keadaan hiperekstensi lutut akan terkunci.

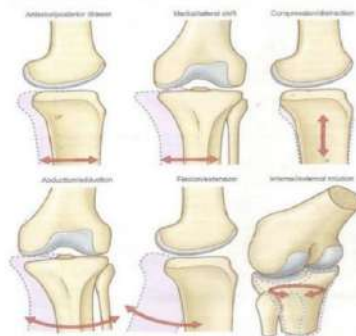
2. Fleksi genu

Ligamen primer perlu dilonggarkan agar memungkinkan pergerakan di antara permukaan sendi sebelum sendi lutut dapat melentur. Acara diurai dan dirilis, dan m. popliteus melakukan kondisi terkunci ini dengan memutar tulang paha

ke samping pada tibia. Sambungan otot popliteus ke meniskus lateral juga terseret ke belakang seiring dengan Bergeraknya kondilus lateralis femoris ke belakang. Meniskus harus mengubah bentuknya sebagai respons terhadap perubahan kontur kondilus. Rentang putarannya terbilang besar pada posisi genu 90. Rotasi medial dilakukan oleh m. sartorius, m. gracilis, dan m. semitendinosus; rotasi lateral dilakukan oleh m. biceps femoris. Tibia dapat secara pasif meluncur maju dan mundur melawan tulang paha dalam posisi tertekuk hingga titik tertentu karena ligamen intrakapsular kendur.

Osteokinematika sendi lutut menggambarkan gerakan yang terjadi antara dua tulang. Kategorisasi osteokinematik membagi mekanika sendi menjadi dua kelompok: ayunan dan putaran. Untuk mengubah sudut antara sumbu panjang tulang-tulang penyusun ayunan, ayunan adalah suatu gerakan yang melibatkan pengayunan. Sebaliknya, dengan gerakan memutar, tulang-tulang sendi tidak bergerak tetapi sumbu mekanisnya bergerak. Berikut gerakan-gerakan yang dilakukan oleh sendi genu:

1. Gerakan fleksi 10° - 40°
2. Gerakan hyperekstensi 5°-10°
3. Gerakan eksorotasi dengan posisi genu fleksi 90°
4. Gerakan endorotasi dengan posisi genu fleksi 90°



Gambar 9.9 Biomekanika Knee Joint

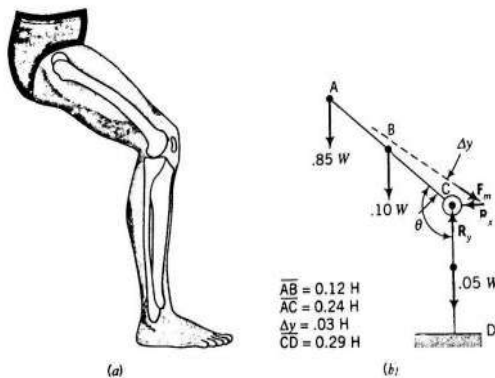
(Sumber: McGinnis, 2013)

Keterangan gambar 2.5 yaitu:

1. *Anterior/Posterior drawer*
2. *Medial/Lateral shift*
3. *Compresion/distracstion*
4. *Abduction/adduction*
5. *Flexxion/Exxtension*
6. *Internal/External rotation*

8.6 Penerapan biomekanika

Tindakan ini meliputi rotasi lutut, fleksi-ekstensi, dan ex-rotasi-akhir-rotasi pada saat lutut dalam keadaan fleksi (Anwar, 2012). Pemodelan biomekanik kaki menurut Umar (2009) dapat digambarkan seperti dibawah ini:



Gambar 9.10 Penerapan Biomekanika Knee

(Sumber: Maliki, 2016)

Keterangan gambar 9.10:

Berat badan pekerja, $W = N$. H mewakili tinggi badan pekerja dalam meter. $0,85 W$ adalah berat pinggang bagian atas dalam pon. $WB = 0,10 W$ Berat porsi paha adalah WB . WE didefinisikan sebagai $0,05 W$ per segmen betis. R_x adalah reaksi gaya horizontal dalam satuan Newton pada sendi lutut. Sudut antara paha dan kaki sama dengan R_y , yaitu reaksi gaya vertikal pada sendi lutut (dalam N). N sama dengan F_m untuk kekuatan otot paha depan. Ketika gaya ekstensi otot paha depan sama dengan $0,03 H$, y adalah jarak antara

tulang paha. BC sama dengan jarak antara sendi lutut dengan pusat gravitasi ruas paha ($0,12 H$), dan AC sama dengan jarak antara sendi lutut dengan pinggang bagian atas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, dkk. 2017. *Anatomi dan Kinematik Gerak Pada Manusia*. Malang: Intelegensia Media.
- Abdurrasyid. 2015. *Protokol Fisioterapi Pemeriksaan Sendi Lutut*. Ara Physiotherapy.
- Akbar Maliki. 2016. *Analisis Biomekanika Tendangan Sabit Antara Skill dan Unskill Dalam Olahraga Pencak Silat (Skripsi)*. Bandung. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Andriana, Dian. 2013. *Tumbuh Kembang dan Terapi Bermain pada Anak*. Jakarta : Salemba Medika (Land, 2010).
- Anwar. 2012. *Efek Penambahan Roll-Slide Fleksi Ektensi terhadap Penurunan Nyeri Pada Osteoarthritis Sendi Lutut*. Journal Fisiterapi Volume 12 Nomer 1. (Quinn, 2016).
- Pudjianto, M. 2012. *Pada Kasus Osteo Artritis Sendi Lutut (Study Kasus Di Rsud Dr Muwardi Surakarta)*.
- Purnomo, Eddy. 2019. *Anatomi Fungsional*. Yogyakarta: Lintang Putaka Utama Yogyakarta.
- Iridiastadi, H & Yassierli (2017). *Ergonomi Suatu Pengantar (4th Ed.)*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Jati, B. & Priyambodo, T. 2013. *Fisika Dasar Untuk Mahasiswa Ilmu-Ilmu Eksakta, Teknik Dan Kedokteran (2nd Ed.)*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- Karduna, A. (2007). *Introduction To Biomechanical Analysis*. USA: Jhon Wiley, Inc .
- Land, Crazelu. 2010. *Regio Knee Joint*. Available at [Http://www.regio-knee-jointsendi-lutut.html](http://www.regio-knee-jointsendi-lutut.html). diakses tanggal 04 eptember 2023.
- Lippert, Lynn S. 2011. *Clinical Kinesiology and Anatomy*. 5 th Edition. Philadelphia: F.A.Davis Company.

- Nwamaka. 2009. Manfaat Cartilage Untuk Stabilitas Sendi Lutut. Diakses Pada September 2023.
- Marzuki, Chalid. 2009. *Azaz Azas Mekanika Dalam Pendidikan Jasmani dan Olahraga*. Malang: Wineka Media.
- Mcginis & Peter, M. 2013. *Biomechanics Of Sport And Exercise (3 Ed.)*. United States Of America: Thomson-Shore, Inc. Philips, C. (2000). *Human Factors Engineering*. New York: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Mcginis & Peter, M. 2013. *Biomechanics Of Sport And Exercise (3 Ed.)*. United States Of America: Thomson-Shore, Inc.
- Scanlon VC, Sanders T. 2007. *Buku ajar anatomi dan fisiologi (essentials of anatomy and physiology); Edisi III*, cetakan pertama. Jakarta: EGC.
- Splinder, dkk. 2008. *Clinical Practice Anterior Cruciate Ligament Tear*. The Ne England Journal of Medicine
- Sukadiyanto dan Dangsina Muluk. 2011. *Pengantar Teori dan Metodologi Melatih Fisik*. Bandung: CV. Lubuk Agung.
- Umar dan Jaka P. 2009. *Biomekanika Olahraga*. Padang: ukabina Press.
- Wahyuni dan Herawati. 2017. *Pemeriksaan Fisioterapi*. Surakarta: Muhammadiyah University Press. Masourus et al, 2010.
- Wahyuni, Nila dkk. 2017. *Biomekanik. Program Studi Fisioterapi. Fakultas Kedokteran: Universitas Udayana*.

BAB 9

BIOMEKANIKA ANKLE

Oleh Fitratun Najizah

9.1 Pendahuluan

Ankle and foot merupakan sistem yang sangat kompleks dimana terdiri dari tulang, sendi, ligamen serta otot ekstrinsik maupun otot intrinsik. *Ankle* merupakan sendi yang berfungsi sebagai penopang beban tubuh paling besar, beban terbesar yaitu saat aktivitas berjalan yaitu 120% dan saat aktivitas berlari hingga 275% beban tubuh. Sendi serta ligamen yang ada di sekitar pergelangan kaki juga memiliki peran sebagai stabilitor saat aktivitas (Dutton, 2012). Chapter ini memberikan deskripsi dari karakteristik biomekanik yang fundamental pada sendi *Ankle*.

9.2 Struktur Anatomi

Ankle atau *tibiotalar joint* merupakan penghubung tungkai bawah dan kaki. Komponen tulang yang ada pada sendi pergelangan kaki meliputi tibia bagian distal, fibula bagian distal dan talus. Menurut Ficke tahun 2023, Struktur anatomi di bagian distal sendi pergelangan kaki terdiri dari kaki, yang meliputi:

- a. *Hindfoot: hindfoot*, aspek paling posterior kaki, terdiri dari talus dan calcaneus, 2 dari 7 tulang pada tarsal. Hubungan Os. Talus dan Os. calcaneus disebut sebagai *subtalar joint*, yang memiliki 3 sisi pada masing-masing talus dan calcaneus.
- b. *Midfoot: Midfoot* terdiri dari 5 dari 7 tulang tarsal: Os. navicular, Os. cuboid, dan Os. cuneiforms medial, middle, dan lateral. Penghubung antara hindfoot dan midfoot disebut

juga *Chopart Joint*, yang terdiri dari talonavicular joint dan calcaneocuboid joint.

- c. *Forefoot*: *Forefoot* adalah aspek paling anterior dari kaki. Terdiri dari metatarsal, phalanges (jari kaki), dan tulang sesamoid. Terdapat metatarsal dan 3 phalanges untuk setiap jari selain ibu jari, yang hanya memiliki dua phalanges. Artikulasi bagian midfoot dan forefoot membentuk sendi Lisfranc.



Gambar 9.1 Struktur Anatomi Sendi *Ankle*
(Sumber : Fickey, 2023)

9.2 Kinematika

9.2.1 Talocrural Joint

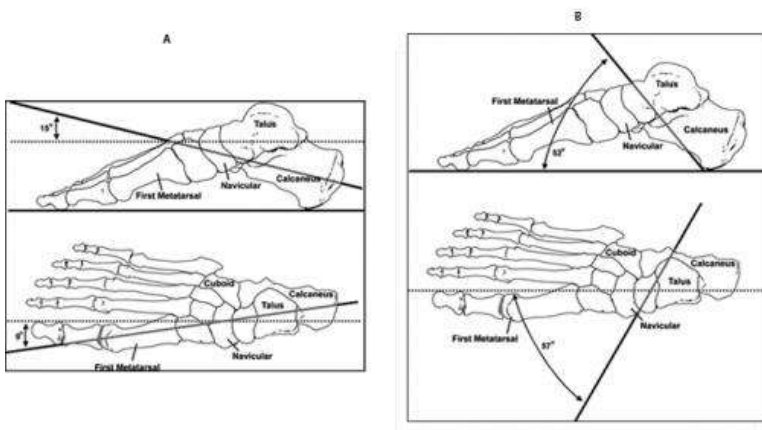
Ujung malleoli medial berada di anterior dan superior malleoli lateral, yang membuat sumbunya miring terhadap bidang sagital dan frontal. Sumbu rotasinya kira-kira 13° - 18° lateral dari bidang frontal dan pada sudut 8° - 10° dari bidang transversal. Diperlukan gerakan pada bidang lain (seperti bidang horizontal dan frontal) untuk mencapai gerakan lengkap untuk plantarfleksi dan dorsofleksi. Kisaran normal yang dilaporkan untuk dorsofleksi bervariasi dalam literatur antara 0° - $16,5^{\circ}$ dan 0° - 25° , dan ini berubah seiring dengan beban. Kisaran normal plantarfleksi telah dilaporkan sekitar 0° - 50° (Houghlum, 2012).

9.2.2 Subtalar Joint

Sumbu sendi subtalar terletak sekitar 42° superior terhadap bidang sagital dan sekitar 16° hingga 23° medial terhadap bidang transversal. Literatur menyajikan rentang gerak subtalar yang luas mulai dari 5° hingga 65° . ROM rata-rata untuk pronasi adalah 5° dan 20° untuk supinasi. ROM inversi dan eversi telah diidentifikasi masing-masing sebesar 30° dan 18° . Total gerakan inversi-eversi adalah sekitar 2:1 dan rasio gerakan inversi-ke-eversi 3:2 (Stagni, 2003).

9.2.3 Midtarsal Joint

Sendi midtarsal berputar pada dua sumbu karena anatominya, membuat gerakannya menjadi rumit. Sumbu longitudinal (gambar 'A' di bawah) terletak sekitar 15° superior terhadap bidang horizontal dan sekitar 10° medial terhadap bidang longitudinal. Sumbu oblique (gambar 'B' di bawah) terletak sekitar 52° di atas bidang horizontal dan 57° dari garis tengah. Sumbu memanjang dekat dengan sumbu sendi subtalar dan sumbu mirip dengan sumbu sendi talocrural.



Gambar 9.2 (A) Longitudinal Axis, (B) Oblique Axis
(Sumber : Stagni, 2003)

9.3 Arthrokinematika

Arthrokinematika mengacu pada pergerakan permukaan sendi.

- a. Talocrural Joint-Talus akan rolling selama dorsofleksi dan plantarfleksi. Selama dorsofleksi, talus rolling ke anterior dan gliding ke posterior. Sedangkan pada plantarfleksi, talus rolling ke posterior dan gliding ke anterior.
- b. Subtalar Joint-Anatomi sekunder subtalar joint, gerakan dorsofleksi, abduksi, dan eversi yang digabungkan menghasilkan pronasi, sedangkan gerakan plantarfleksi, adduksi, dan inversi yang digabungkan menghasilkan supinasi. Selama open kinetic chain gerakan inversi, calcaneus rolling ke inversi dan gliding/sliding ke lateral. Dan pada gerakan eversi, calcaneus rolling ke eversi dan gliding/sliding ke medial.
- c. Midtarsal Joint-Untuk sendi Talonavicular, navicular konkaf bergerak pada talus konvek sehingga gerakan rolling dan gliding berada pada arah gerakan yang sama. Sendi calcaneocuboid merupakan sendi pelana sehingga arahnya berubah-ubah tergantung gerakannya. Selama fleksi-ekstensi, Os. Cuboid berbentuk konkaf dan Os. Calcaneus konvek. Oleh karena itu, gerakan rolling dan gliding terjadi dalam arah yang sama dengan sendi talonavicular. Namun, selama abduksi-adduksi, Os. Cuboid berbentuk konvek dan Os. Calcaneus konkaf sehingga gerakan rolling dan gliding terjadi dalam arah yang berlawanan.
- d. Lisfranc joint-Sekunder dari anatomi tulang dan ligamen kompleks, peran utamanya adalah stabilitas bagian midfoot karena gerakannya sangat sedikit. Ia memiliki tiga lengkungan yang berbeda dan struktur stabilisator utama sendi TMT adalah ligamen berbentuk Y yang dikenal sebagai ligamen Lisfranc.
- e. MTP dan IP Joint-Gliding dan rolling searah dengan gerakan sendi MTP, karena dasarnya phalanx yang konkaf bergerak pada kepala metatarsal yang konvek. Hal yang sama berlaku untuk sendi IP, di mana gliding dan rolling berada pada arah

yang sama, karena phalanx distal yang konkaf bergerak pada phalanx proksimal yang konvek.

Tabel 9.1 Artrokinematika Sendi Ankle

Persendian	CPP	OPP	Pola Kapsuler	Konkaf	Konveks	Roll & glide
Sendi talocrural	Dorsi fleksi penuh	10° Gerakan plantar fleksi diantara pronasi dan supinasi	Keterbatasan Gerakan plantar fleksi meskipun secara klinis dorsi fleksi. Keterbatasan adalah paling umum	Proximal Tibia, ligament tibiofibular dan fibula	Troclear bagian distal	Berlawanan arah
Sendi Sub talar	Inversi penuh	Inversi / palntar fleksi	Keterbatasan kea rah inversi pada kondisi arthritis. Keterbatasan Gerakan eversi pada kodisi cidera	Permukaan talus Proximal - Anterior, middle dan posterior	Permukaan sendi talar bagian distal – Calcaneus bagian Anterior, middle and posterior	Berlawanan arah
Sendi Talonavicular	Supinasi penuh	Pertengahan sampai akhir ROM	Keterbatasan pada gerakan dorsi flexi, plantar flexi, adduksi dan internal rotasi.	Head of Talus bagian Proximal	Distal konkaf pada Os. Navicular ke talus	Gerakan searah
Sendi Calcaneocuboid	Supinasi penuh	Pertengahan sampai akhir ROM	Keterbatasan pada gerakan dorsi flexi, plantar flexi, adduksi dan internal rotasi.	Cuboid bagian distal konkaf selama fleksi-ekstensi. Calcaneus konkaf selama adduksi-abduksi.	Calcaneus bagian proximal konveks selama fleksi-ekstensi. Cuboid konveks selama adduksi-abduksi.	fleksi- ekstensi = Gerakan searah adduksi- abduksi = Berlawanan arah

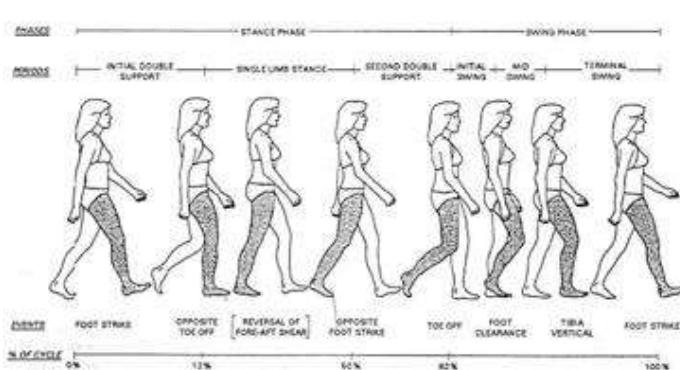
Sumber: [https://en.wikipedia.org/ iki/Subtalar_joint](https://en.wikipedia.org/wiki/Subtalar_joint)

9.4 Analisa Gait

Gaya berjalan terdiri dari siklus berulang fase berdiri saat kaki berada di tanah (foot strike, mid stance, dan terminal stance) dan fase mengayun saat kaki berada di udara. Saat berlari, ada fase tambahan: fase melayang saat kedua kaki terangkat dari tanah.

- Saat berjalan, saat foot strike, kaki ke arah supinasi, dan sendi Chopart terkunci, membuat kaki menjadi kaku saat tumit pertama kali mendarat.
- Kaki ke arah pronasi dan mendarat selama mid stance saat bersentuhan penuh dengan permukaan.
- Terminal stance kemudian ditandai dengan penggerak melalui heel off dan toe-off.
- Sendi Lisfranc memungkinkan sedikit dorsi fleksi dan plantar fleksi.
- Kekuatan kemudian ditransfer ke arcus forefoot selama fase melangkah toe-off, dan kaki depan supinasi.
- Sisi lateral selama fase terakhir push-off sambil melangkah, terutama memberikan sensori input.
- Bagian distal metatarsal kelima menyerap kekuatan dan berat secara signifikan.

Kombinasi dari bagian midfoot, sendi Lisfranc yang sedikit fleksibel, dan sendi metatarsophalangeal yang fleksibel menciptakan tuas untuk penggerak selama berjalan (Ficke, 2023).



Gambar 9.3 Analisa Gait dan Fase-fase Saat Berjalan
(Sumber : Ficke, 2023)

9.5 Fungsional Kaki

Kaki membutuhkan mobilitas dan stabilitas yang cukup untuk menjalankan semua fungsinya. Mobilitas diperlukan untuk menyerap gaya reaksi dasar tubuh. Pronasi subtalar memiliki efek absorber selama *heel contact*. Pronasi juga diperlukan untuk memungkinkan rotasi kaki dan menyerap dampak rotasi tersebut. Pronasi subtalar berperan dalam absorber guncangan melalui kontrol eksentrik dari supinator. Di sisi lain, sendi Chopart menjadi tidak terkunci sehingga *forefoot* tetap longgar dan fleksibel. Pada kondisi *midstance*, kaki membutuhkan mobilitas untuk beradaptasi dengan variasi permukaan.

Stabilitas kaki diperlukan untuk memberikan dasar yang stabil bagi tubuh. Kaki memerlukan kapasitas untuk menahan beban tubuh dan bertindak sebagai tuas yang stabil untuk mendorong tubuh ke depan. Fungsi ini memerlukan kontrol pronasi sendi subtalar. Kaki memerlukan mobilitas yang cukup untuk berpindah ke semua posisi siklus berjalan dengan tetap menjaga mobilitas dan stabilitas. Mobilitas fisiologis sangat penting; jika mobilitas terlalu besar, kaki tidak akan mampu stabil. Jika kondisi ini terpenuhi, sendi dapat menopang berdiri dalam posisi stabil dan rapat rapat. Ketika transisi normal dari kedua fungsi tersebut tidak normal, banyak cedera beban berlebih yang dapat terjadi pada kaki, tungkai, dan punggung bawah. Oleh karena itu, ketiga fase *ground contact* harus berada dalam interval waktu normal, jika tidak, beberapa mekanisme kompensasi (contoh: *genu recurvatum* dalam kasus penurunan dorsi fleksi) akan digunakan, yang menyebabkan sindrom penggunaan berlebihan. (Contoh: *chondromalacia*, *shin-splints*).

Dalam peralihan dari fase *mid stance* ke fase *propulsion*, mekanismenya sering kali gagal. Peralihan dari eversi ke inversi difasilitasi oleh otot tibialis posterior. Otot diregangkan seperti pegas dan energi potensial disimpan. Pada akhir pertengahan, otot berpindah dari kerja eksentrik ke konsentrik dan energi dilepaskan. Otot tibialis posterior kemudian menyebabkan gerakan abduksi dan dorsi fleksi caput di mana bagian belakangnya diputarbalikkan. Pada saat yang sama, otot peroneus longus, pada fase *mid stance*, akan

menarik *fore foot* dengan fleksi plantar pada jari kaki pertama. Ini adalah proses dimana bagian *fore foot* menjadi stabil.

Ketika *forefoot* bergerak dalam fase propulsi, "windlass phenomena" dimulai. Ketika dorsi fleksi sendi metatarsophalangeal dimulai, fascia plantar mengalami tekanan. Os. Calcaneus menjadi vertikal dan robek saat inversi. Seperti ini, bagian belakang bertumpu pada posisi terbalik pada posisi *forefoot*. Jika terdapat kelainan pada siklus berjalan normal fungsi tubuh, beberapa ortosis fungsional dapat digunakan. Orthosis ini memiliki kapasitas untuk memperbaiki fungsi biomekanik kaki. Sebaliknya, *insole* hanya menopang arcus kaki. Berkurangnya atau terbatasnya mobilitas pada ekstremitas bawah dapat disebabkan oleh keterbatasan artikular. Dalam kasus ini, beberapa mobilisasi klasik atau mobilisasi menurut terapi manual dapat diterapkan. Jika penyebabnya adalah pemendekan otot, beberapa peregangan dapat dilakukan (Shepard, 1987).

DAFTAR PUSTAKA

- Cote KP, Brunet II ME, Gansneder BM, Shultz SJ. 2005. *Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability*. Journal of athletic training. Jan 1;40(1):41.
- Ficke J, Byerly DW. 2023. *Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Foot*. InStatPearls [Internet] 2023 Agustus 7. StatPearls Publishing.Available from:https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK546698/#_article-21883_s2_ (last accessed 05.09.2023)
- Houglum PA, Bertoti DB. 2012. *Brunnstrom's clinical kinesiology*. FA Davis.
- Shephard R.J. and Taunton J.E., 1987. *Foot and Ankle in Sport and exercise*, Basel. (p.30-38).
- Stagni R, Leardini A, O'Connor JJ, Giannini S. 2003. *Role of passive structures in the mobility and stability of the human subtalar joint: a literature review*. Foot andankle international. May 1;24(5):402-9. https://en.wikipedia.org/wiki/Subtalar_joint.

BIODATA PENULIS



Fitratun Najizah, SST., Ftr., M. Fis

Dosen Program Studi S1 Fisioterapi
STIKES Kesdam IV/Diponegoro Semarang

Penulis lahir di Metro, tanggal 04 Februari 1992. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi S1 Fisioterapi STIKES Kesdam IV/Diponegoro Semarang. Menyelesaikan pendidikan D IV Fisioterapi di Poltekkes Kemenkes Surakarta dan melanjutkan pendidikan S2 Fisiologi Olahraga Konsentrasi Fisioterapi di Universitas Udayana Bali. Penulis juga telah menyelesaikan Pendidikan Profesi Fisioterapi di Poltekkes Kemenkes Surakarta.

BIODATA PENULIS



Riri Segita, S.Ft, MKM

Dosen Tetap Pada Program Studi DIII Fisioterapi
Fakultas Kesehatan, Universitas Fort De Kock Bukittinggi

Riri Segita, S.Ft, MKM lahir pada tanggal 15 September 1992 di Batusangkar-Sumatera Barat, merupakan dosen tetap pada Program Studi DIII Fisioterapi Fakultas Kesehatan, Universitas Fort De Kock Bukittinggi. Menyelesaikan pendidikan DIII Fisioterapi tahun 2013, Sarjana Fisioterapi tahun 2015 dan S2 Kesehatan Masyarakat tahun 2018.

BIODATA PENULIS



Sherly Nova Trianda, S.Pd., Gr

Guru PJOK SD Negeri 07 Tebat Karai
Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu

Sherly Nova Trianda, lahir di Pagar Alam pada tanggal 3 November 1994. Pada tahun 2006 menyelesaikan pendidikan di SD Negeri 72 Pagar Alam, tahun 2009 menyelesaikan pendidikan di SMP Negeri 2 Pagar Alam dan pada tahun 2012 menyelesaikan pendidikan di SMA Negeri 1 Pagar Alam. Pada tahun 2012, Sherly melanjutkan pendidikan S1 di Universitas PGRI Palembang dengan jurusan Pendidikan Olahraga dan menyelesaikan program profesi guru pada tahun 2018 di Universitas Sriwijaya. Saat ini Sherly bekerja sebagai guru PJOK di SD Negeri 07 Tebat Karai Kabupaten Kepahiang Provinsi Bengkulu.

BIODATA PENULIS



Irhas Syah, SKM, M.Fis

Dosen Program Studi Fisioterapi
Fak. Kesehatan Universitas Fort De kock Bukittinggi

Penulis lahir di Padang tanggal 24 Oktober 1986. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Studi Fisioterapi Fakultas Kesehatan, Universitas Fort De Kock Bukittinggi. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Prodi Kesehatan Masyarakat dan melanjutkan S2 pada Jurusan Fisiologi Olahraga Konsentrasi fisioterapi. Penulis menekuni bidang Fisiologi Olahraga dan Fisioterapi.

BIODATA PENULIS



Diyah Probeykti, SSt.FT., M.Or

Dosen Program Studi D3 Fisioterapi
Fakultas Kesehatan
Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri

Penulis lahir di Surakarta tanggal 19 Juli 1987. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D3 Fisioterapi, Fakultas Kesehatan, Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri. Penulis menyelesaikan pendidikan D4 Fisioterapi di Universitas Muhammadiyah Surakarta (2006-2011), dan melanjutkan program magister (S2) pada program studi Ilmu Keolahragaan di Universitas Sebelas Maret Surakarta (2015-2017).

BIODATA PENULIS



Reza Olyverdi S.Ft,M.Kes

Dosen Program Studi DIII Fisioterapi
Fakultas Kesehatan Universitas Fort De Kock

Penulis lahir di Bukittinggi tanggal 09 Februari 1990. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi DIII Fisioterapi Fakultas Kesehatan Universitas Fort De Kock. Menyelesaikan pendidikan DIII Fisioterapi di POLTEKKes dr Rusdi Medan Pada Tahun 2010 pada Jurusan Fisioterapi dan melanjutkan S1 di Universitas Esa Unggul jakarata dan menyelesaikan perkuliahan Program studi Fisoterapi pada tahun 2014. penulis melanjutkan kembali pendidikan S2 di Fakultas Kesehatan prodi Kesehatan masyarakat Universitas For de Kock dan lulus pada tahun 2017. karir dosen penulis diawali di tahun 2015 saat penulis sedang menjalani kuliah untuk mengambil gelar S2, mengajar di program studi DIII Fisioterapi universitas Fort de Kock sampai saat ini.

BIODATA PENULIS



Siti Munawarah, SST.FT, M.KM

**Dosen Tetap Program Studi DIII Fisioterapi Fakultas Kesehatan
Universitas Fort De Kock Bukittinggi**

Penulis dilahirkan pada tanggal 3 September 1991, di Bukittinggi, Sumatera Barat. Saat ini ia bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi DIII Fisioterapi di Universitas Fort De Kock Bukittinggi. Penulis aktif mengajar di Program Studi Fisioterapi Universitas Fort De Kock Bukittinggi dengan mengampu mata kuliah seperti: Biomekanik dan Kinesiologi, Fisioterapi Kardiovaskular, Fisioterapi Neuromuscular, Terapi Manipulasi. Selain itu, penulis juga pernah berkontribusi dalam penulisan sebuah bab dalam sebuah buku yang berjudul "Pemeriksaan Dasar Fisioterapi, Pencegahan LBP Pada Penenun dan Patologi Fisioterapi"

BIODATA PENULIS



Al Um Aniswatun Khasanah, Sst.Ft,Ftr, M.Fis.

Dosen Program Studi D3 Fisioterapi
Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Metro

Penulis lahir di Kotagajah 26 Juni 1990. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D3 Fisioterapi Fakultas Ilmu Kesehatan di Universitas Muhammadiyah Metro, Provinsi Lampung. Menyelesaikan pendidikan D4 di Poltekkes Surakarta, pendidikan S2 Fisiologi Olahraga Konsentrasi Fisioterapi di Universitas Udayana Denpasar Bali, Menyelesaikan Progam Profesi Fisioterapi di Institusi Kesehatan Medistra, Lubuk Pakam, Medan. Banyak menulis tentang artikel yang berkaitan tentang fisioterapi di web Jurnal Profesional Fisioterapi, Universitas Muhammadiyah Metro.

BIODATA PENULIS



Syurrahmi, S.Fis., M.Or.

Dosen Program Studi S1 Fisioterapi
Stikes Kesdam IV/Diponegoro Semarang

Penulis lahir di Sumbawa Besar, Nusa Tenggara Barat (NTB) pada tanggal 31 Juli 1990. Saat ini Penulis menetap di Kota Semarang, Jawa Tengah. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Fisioterapi di Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS) dan melanjutkan Pendidikan S2 pada Jurusan Ilmu Keolahragaan di Universitas Sebelas Maret (UNS). Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi S1 Fisioterapi Stikes Kesdam IV/Diponegoro Semarang dan saat ini menduduki jabatan sebagai Ketua Program Studi.

Penulis menekuni ilmu biomekanik, karena dalam proses pembelajaran mampu mata Fisika kesehatan, Ilmu Perkembangan Gerak, Kinesiologi dan Biomekanika. Sebagai dosen yang dituntut tidak hanya memberikan pengajaran dan bimbingan, penulis juga aktif sebagai penelitian dan menulis artikel dibidang kepakaran. Selain sebagai dosen, penulis juga berperan aktif dalam kegiatan dilingkungan masyarakat dan sebagai pengurus profesi yaitu Ikatan Fisioterapi Indonesia Cabang Kota Semarang dan sebagai

anggota profesi Ikatan Fisioterapi Indonesia. Menulis buku merupakan harapan penulis untuk bisa berkontribusi bagi Bangsa dan Negara. Email Penuli: syurrahmi@gmail.com.