

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

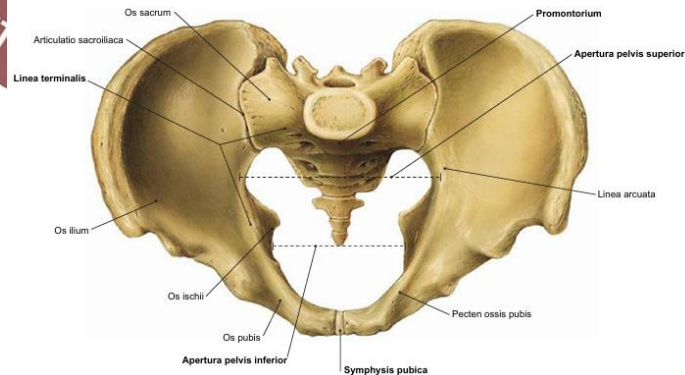
2.1.1 Anatomi Ekstremitas Bawah

Ekstremitas bawah berperan penting dalam proses bergerak termasuk berlari. Ekstremitas bawah disusun oleh sendi yang fleksibel untuk mempermudah mobilisasi serta struktur otot yang kuat untuk menghasilkan kekuatan dan mempertahankan stabilitas tubuh (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015; Enderle et al., 2023).

2.1.1.1 Rangka Ekstremitas Bawah

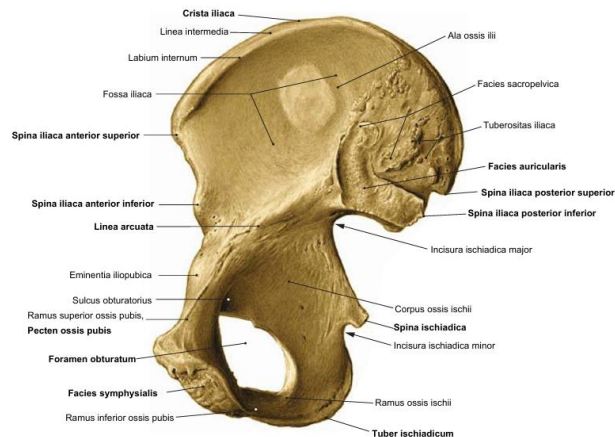
a. *Pelvis*

Pelvis atau Os. coxae manusia dibentuk oleh tiga ossa, yaitu os. ilium, Os. ischium, dan Os. pubis. Struktur *linea terminalis* mengelilingi *apertura pelvis superior* yang memisahkan antara *pelvis major* dan *pelvis minor*. Struktur tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).



Gambar 2.1 Pelvis; Dilihat dari Ventral Kranial

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

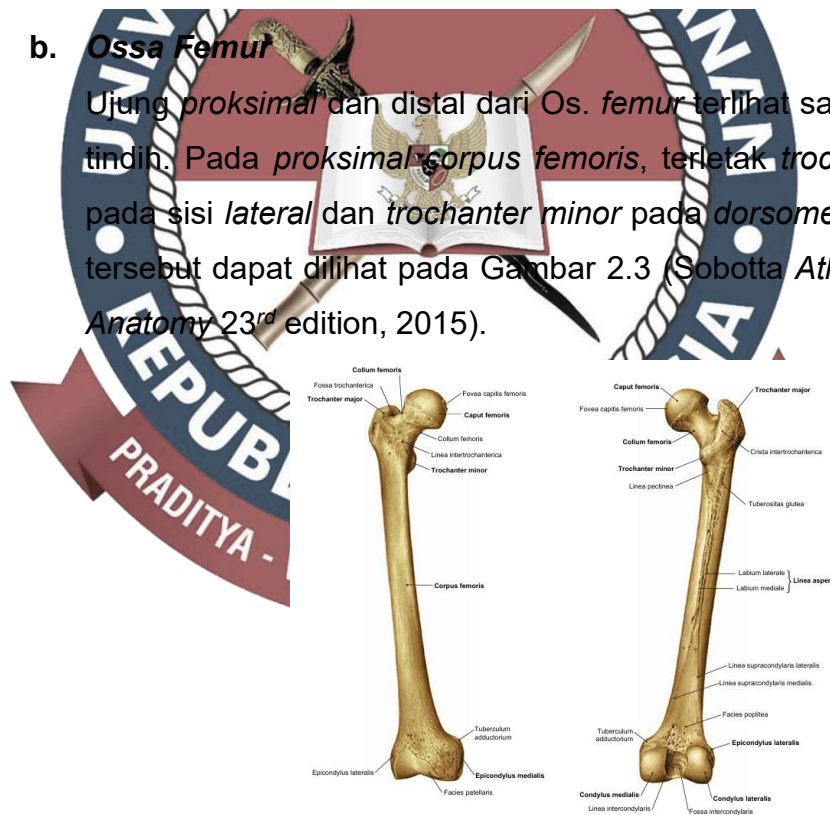


Gambar 2.2 Pelvis; Dilihat dari Ventral Kranial

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

b. Ossa Femur

Ujung *proksimal* dan distal dari Os. femur terlihat saling tumpang tindih. Pada *proksimal corpus femoris*, terletak *trochanter major* pada sisi *lateral* dan *trochanter minor* pada *dorsomedial*. Struktur tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3 (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).

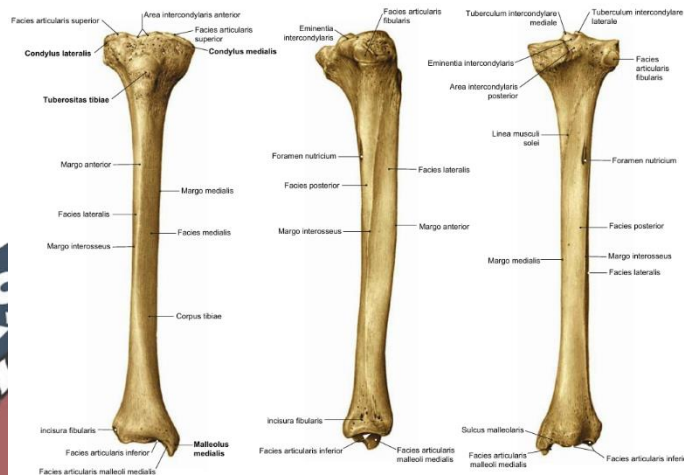


Gambar 2.3 Os. Femur Dextra; Dilihat dari Ventral (Kiri) dan Dilihat Dorsal (Kanan)

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

c. Ossa Tibia

Struktur Os. *tibia* dapat dilihat dalam Gambar 2.4 (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).

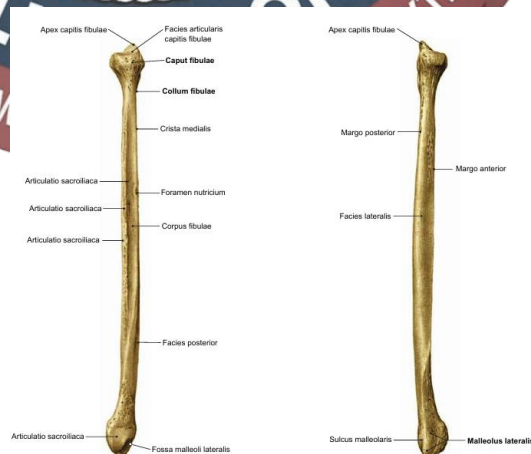


Gambar 2.4 Os. Tibia Dextra; Dilihat dari Ventral (kiri), Dilihat dari Lateral (Tengah), dan Dilihat dari Dorsal (Kanan)

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

d. Ossa Fibula

Struktur Os. *fibula* dapat dilihat dalam Gambar 2.5 (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).

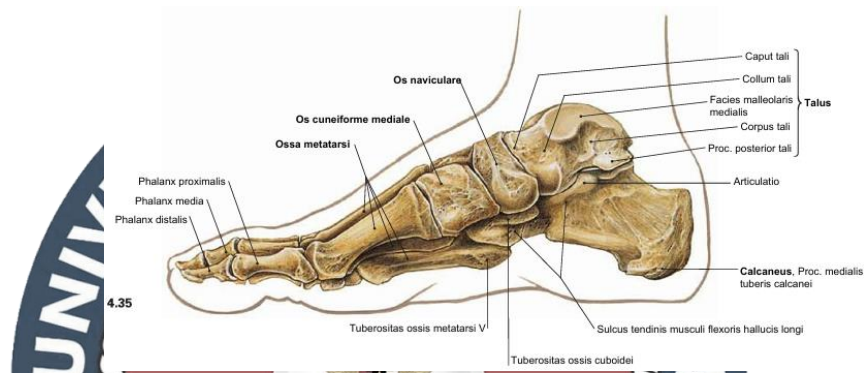


Gambar 2.5 Os. Fibula Dextra; Dilihat dari Medial (Kiri) dan Dilihat dari Lateral (Kanan)

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

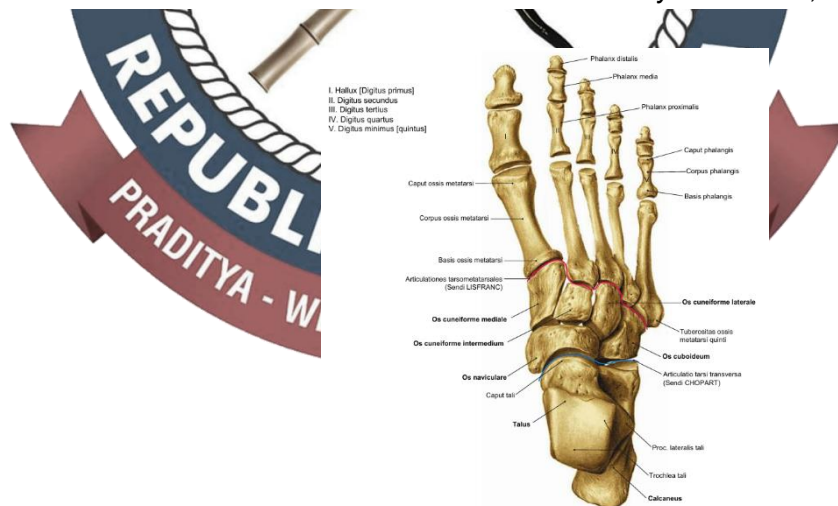
e. **Ossa Pedis**

Pes (kaki) tersusun atas *tarsus* dengan *Os. tarsi*, *metatarsus* dengan *Os. metatarsi*, dan *digiti* yang terdiri atas beberapa *phalanges*. Struktur *Os. pedis* dapat dilihat dengan jelas pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7 (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).



Gambar 2.6 Os. Pedis Dextra; Dilihat dari Medial

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015



Gambar 2.7 Os. Pedis Dextra; Dilihat dari Dorsal

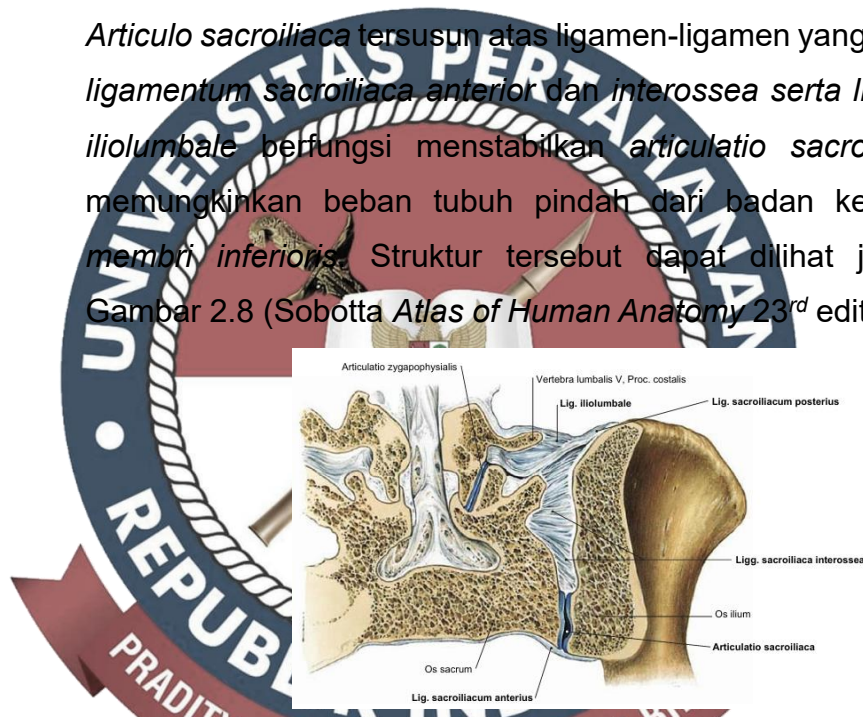
Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

2.1.1.2 *Articulatio* Ekstremitas Bawah

Articulatio atau sendi adalah struktur anatomi yang berperan untuk menghubungkan dua atau lebih tulang. Berikut adalah *articulatio* pada ekstremitas bawah: (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).

a. *Articulatio Sacroiliaca*

Articulo sacroiliaca tersusun atas ligamen-ligamen yang kuat, yaitu *ligamentum sacroiliaca anterior* dan *interossea* serta *ligamentum iliolumbale* berfungsi menstabilkan *articulatio sacroiliaca* dan memungkinkan beban tubuh pindah dari badan ke *cingulum membri inferioris*. Struktur tersebut dapat dilihat jelas pada Gambar 2.8 (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).

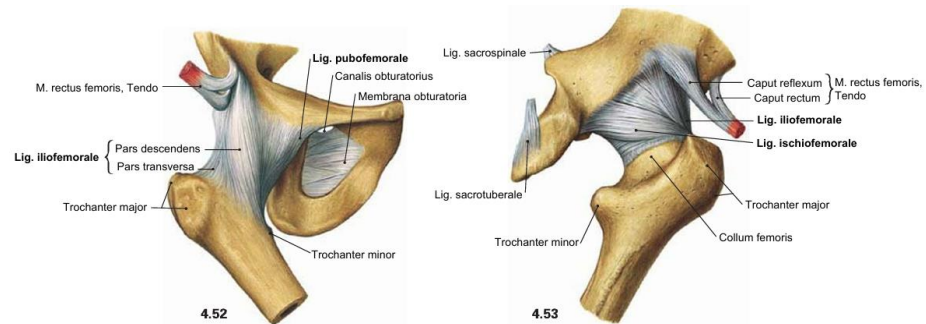


Gambar 2.8 *Articulo Sacroiliaca*; potongan *frontal*

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

b. *Articulatio Coxae*

Dalam *articulatio coxae*, *acetabulum* yang merupakan bagian Os. *coxae* membentuk *socket*. Bersama dengan *labrum acetabuli*, *acetabulum* menutupi lebih dari setengah *caput femoris*. Struktur tersebut dapat dilihat jelas pada Gambar 2.9 (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).

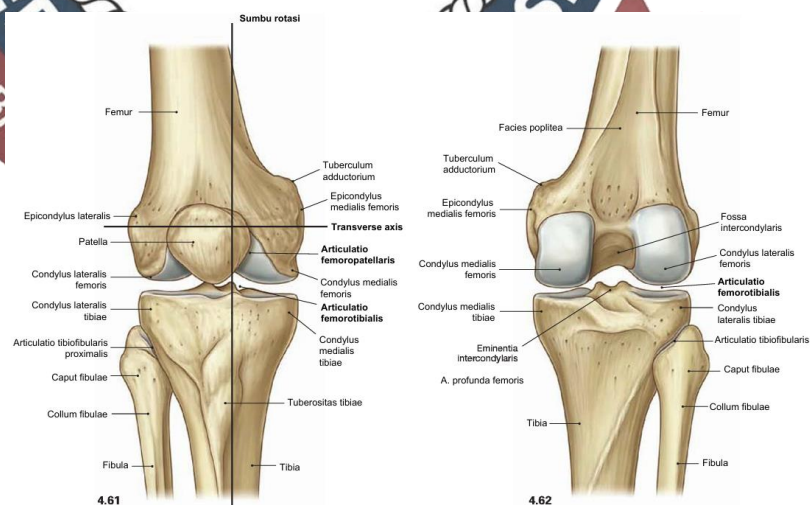


Gambar 2.9 *Articulus Coxae Dextra*; Dilihat dari *Ventral* (Kiri) dan Dilihat dari *Dorsal* (Kanan)

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

c. *Articulatio Genus*

Articulatio genus merupakan sendi yang menghubungkan *femur* yang berartikulasi dengan *Os. tibia* (*articulatio femorotibialis*) dan *patella* (*articulatio femoropatellaris*). Semua tulang terbungkus dalam *capsula articularis* yang sama. Struktur tersebut dapat dilihat jelas pada Gambar 2.10 (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).

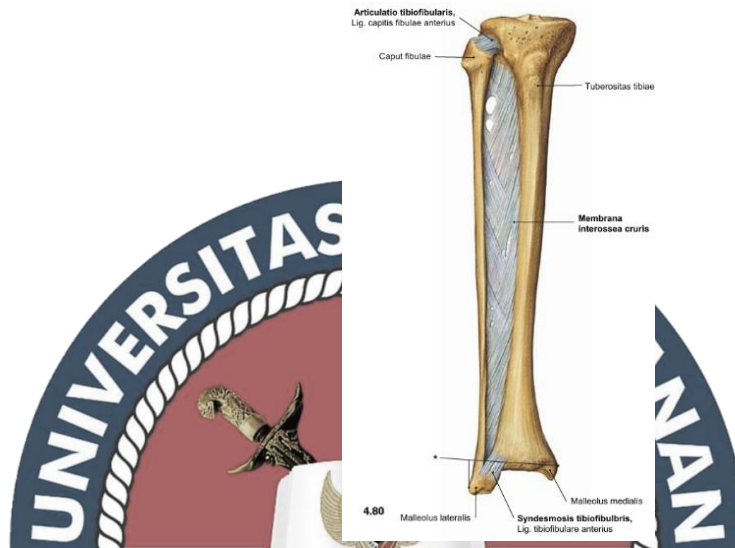


Gambar 2.10 *Articulatio Genus Dextra*; Dilihat dari *Ventral* (Kiri) dan Dilihat dari *Dorsal* (Kanan)

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

d. *Articulatio Tibiofibularis*

Struktur *articulatio tibiofibularis* dapat dilihat dalam Gambar 2.11 (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).

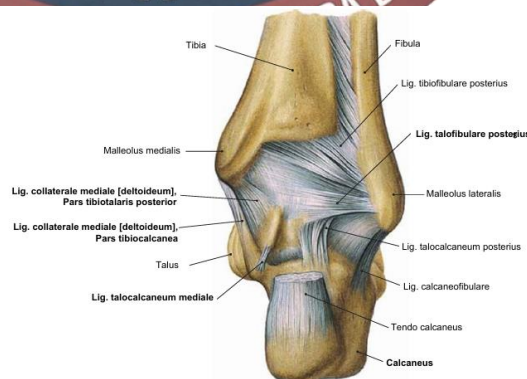


Gambar 2.11 Ligamen-Ligamen Os. *Tibia* dan Os. *Fibula* *Dextra*; Dilihat dari *Ventral*

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

e. *Articulatio Talocruralis*

Struktur *articulatio talocruralis* dapat dilihat dalam Gambar 2.12 (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).

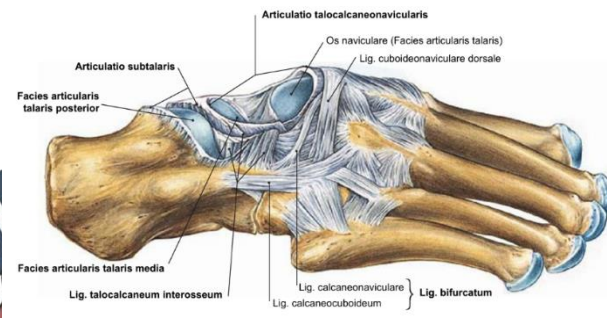


Gambar 2.12 *Articulatio Talocruralis Dextra*; Dilihat dari *Dorsal*

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

f. *Articulatio Talocalcaneonavicularis*

Struktur *articulatio talocalcaneonavicularis* dapat dilihat dalam Gambar 2.13 (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).

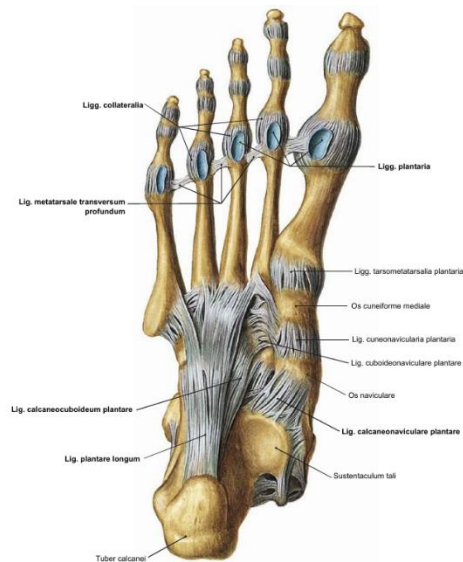


**Gambar 2.13 *Articulatio Talocalcaneonavicularis Dextra*;
Dilihat dari *Proksimal***

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

g. *Articulationes Pedis*

Sendi-sendi *tarsus* dan *metatarsus* merupakan *amphiarthrosis* yang hanya sedikit berperan dalam gerakan kaki. Struktur *articulationes pedis* dapat dilihat dalam Gambar 2.14 (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).



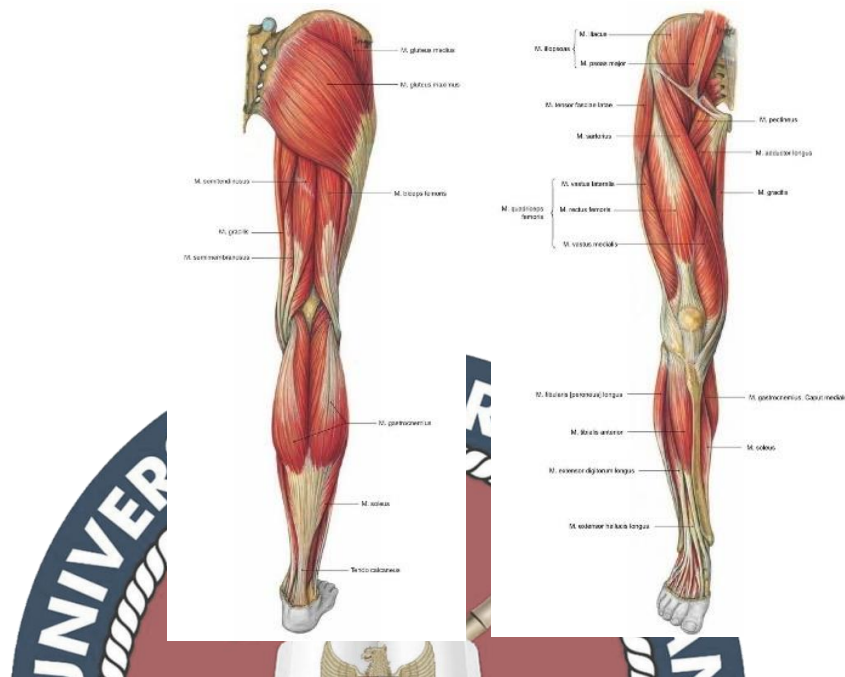
**Gambar 2.14 Articulatio Pedis Dextra dengan Ligamen;
Dilihat dari Plantar**

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

2.1.1.3 Otot Ekstremitas Bawah

Otot primer adalah otot yang berperan paling besar. Adapun gambar otot penyusun ekstremitas bawah dapat dilihat dalam Gambar 2.15. Kelompok otot primer terdiri atas (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015):

- a. *Musculus quadriceps femoris*
- b. *Musculus gracilis*
- c. *Musculus semitendinosus*
- d. *Musculus semimembranosus*
- e. *Musculus gluteus maximus*
- f. *Musculus Iliopsoas*
- g. *Musculus gastrocnemius*



Gambar 2.15 Otot-Otot *Dorsal* Pangkal Paha, Paha, dan Tungkai *Dextra*; Dilihat dari *Ventral*

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

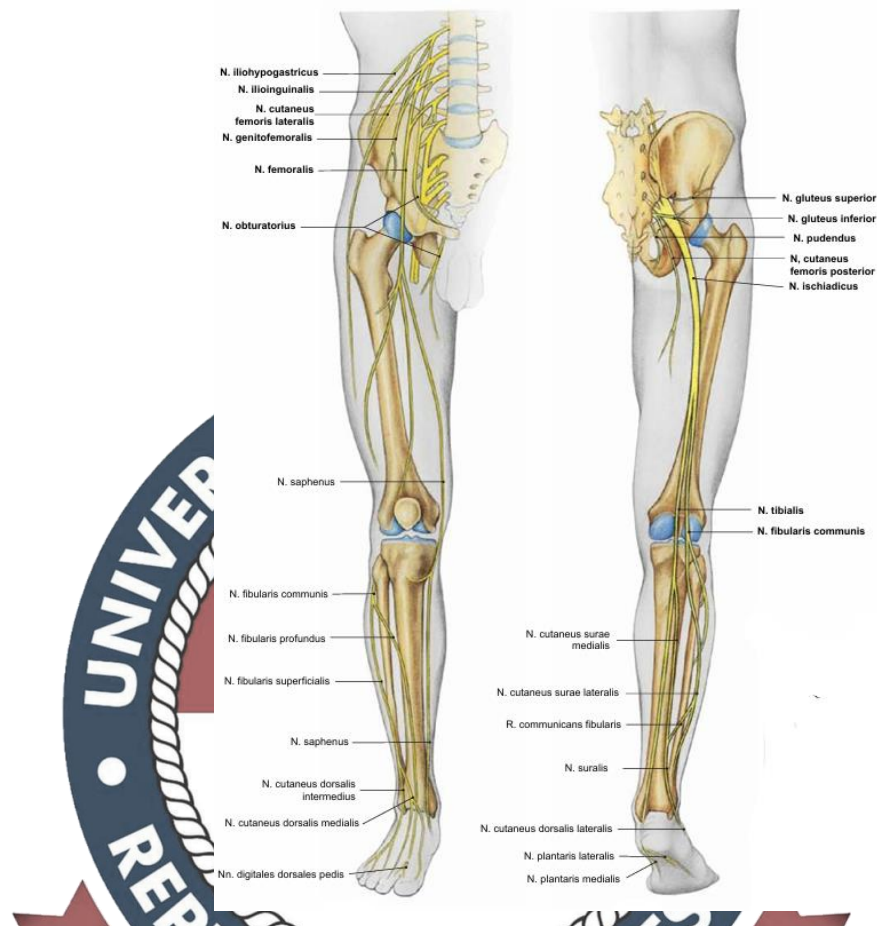
2.1.1.4 Inervasi Ekstremitas Bawah

Ekstremitas bawah dipersarafi oleh *plexus lumbosacralis*. Berikut adalah persarafan pada ekstremitas bawah yang dijelaskan dalam Tabel 2.1 dan Gambar 2.16 (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).

Tabel 2.1 Inervasi Ekstremitas Bawah

<i>Plexus Lumbalis (T12-L4)</i>	<i>Plexus Sacralis (L4-S5, Co1)</i>
• Cabang-cabang motorik yang menuju <i>M. iliopsoas</i> dan <i>M. quadratus lumborum</i>, • <i>N. iliohypogastricus</i> (T12, L1), • <i>N. ilioinguinal</i> (T12, L1), • <i>N. genitofemoralis</i> (L1, L2), • <i>N. cutaneus femoralis lateralis</i> (L2, L3), • <i>N. femoralis</i> (L2, L4), dan • <i>N. obturatorius</i> (L2-L4).	• Cabang-Cabang motorik yang menuju otot-otot <i>pelvitrokanterik</i> pinggul (<i>M. Obturatorius internus</i>, <i>Mm. gemelli superior et inferior</i>, <i>M. quadratus femoris</i>, <i>M. Piriformis</i> (L4-S2)), • <i>N. gluteus superior</i> (L4-S1), • <i>N. gluteus inferior</i> (L5-S2), • <i>N. ischiadicus</i> (L4-S3), • <i>N. cutaneus femoris posterior</i> (S1-S3), • Cabang-cabang <i>cutaneus</i> yang menuju kulit <i>tuber ischiadicum</i> dan <i>os. coccygis</i> • <i>N. pudendus</i> (S2-S4), • <i>Nn. splanchnici pelvici</i> (serabut parasimpatis <i>paraganglionic</i>; S2-S4), dan • Cabang-cabang motorik yang menuju lantai panggul (<i>M. levator ani</i> dan <i>M. ischicoccygeus</i>; S3, S4).

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015



Gambar 2.16 Plexus Lumbosacralis (T12-S5, Co1) Saraf Ekstremitas Bawah Dextra; Dilihat dari Ventral (Kiri) dan Dorsal (Kanan)

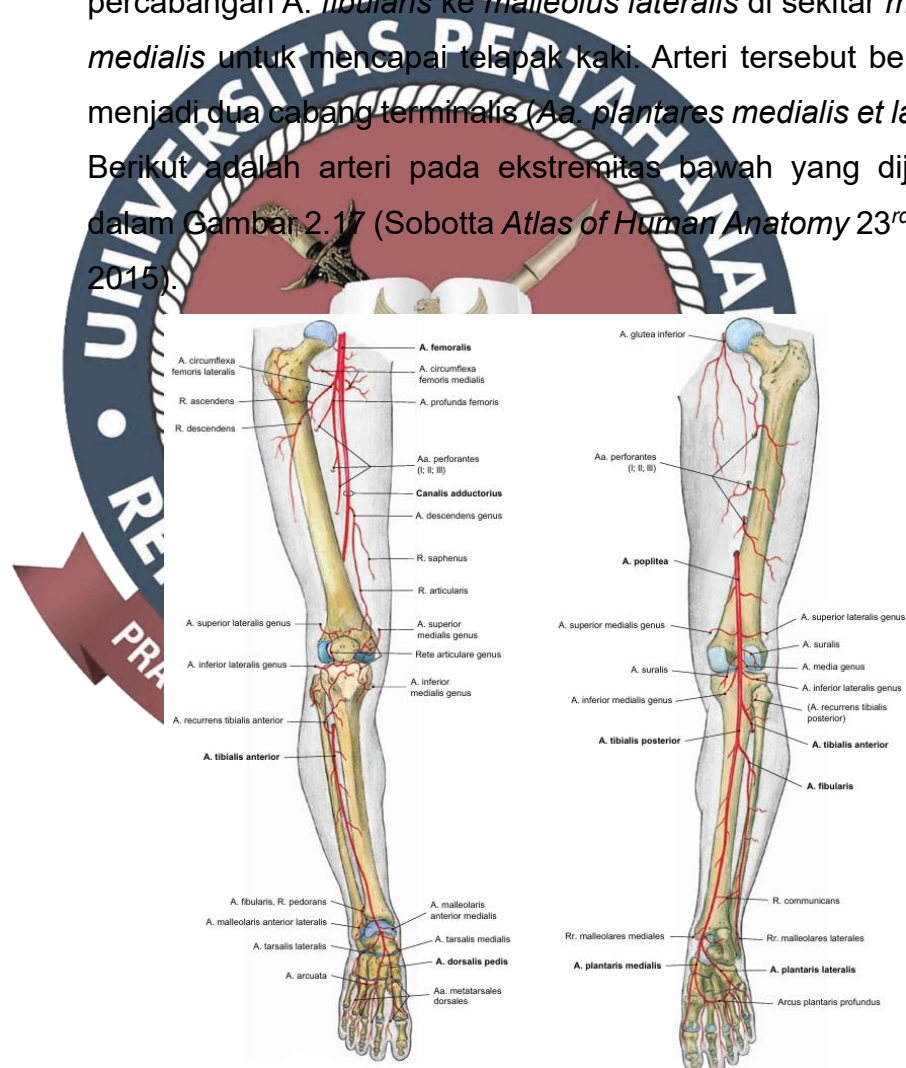
Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

2.1.1.5 Vaskularisasi Ekstremitas Bawah

a. Pembuluh Darah Arteri Ekstremitas Bawah

Arteri iliaca externa (*A. iliaca eksterna*) bercabang di *A. iliaca communis* ke anterior *articulatio sacroiliaca* dan terus berlanjut di bawah *ligamentum inguinale* (*Lig. inguinale*) di dalam *lacuna vasorum* sebagai *A. femoralis*. Setelah melintasi *canalis adductorius*, arteri ini dinamakan *A. poplitea* (memperdarahi *articulatio genus*). *A. poplitea* berjalan turun di bawah *arcus*

tendineus musculi solei di antara otot-otot fleksor *superficial* dan *profundus* tungkai lalu dibagi menjadi *A. tibialis posterior* yang melanjutkan perjalanannya dan *A. tibialis anterior* yang menembus *membrane interossea cruris* untuk mencapai kompartemen ekstensor anterior. Arteri yang terakhir ini berlanjut sebagai *A. dorsalis pedis di dorsum pedis*. *A. tibialis anterior* memberi percabangan *A. fibularis* ke *malleolus lateralis* di sekitar *malleolus medialis* untuk mencapai telapak kaki. Arteri tersebut bercabang menjadi dua cabang terminalis (*Aa. plantares medialis et lateralis*). Berikut adalah arteri pada ekstremitas bawah yang dijelaskan dalam Gambar 2.17 (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).



Gambar 2.17 Arteri-Arteri Ekstremitas Bawah *Dextra*; Dilihat dari *Ventral* (Kiri) dan *Dorsal* (Kanan)

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

b. Pembuluh Darah Vena Ekstremitas Bawah

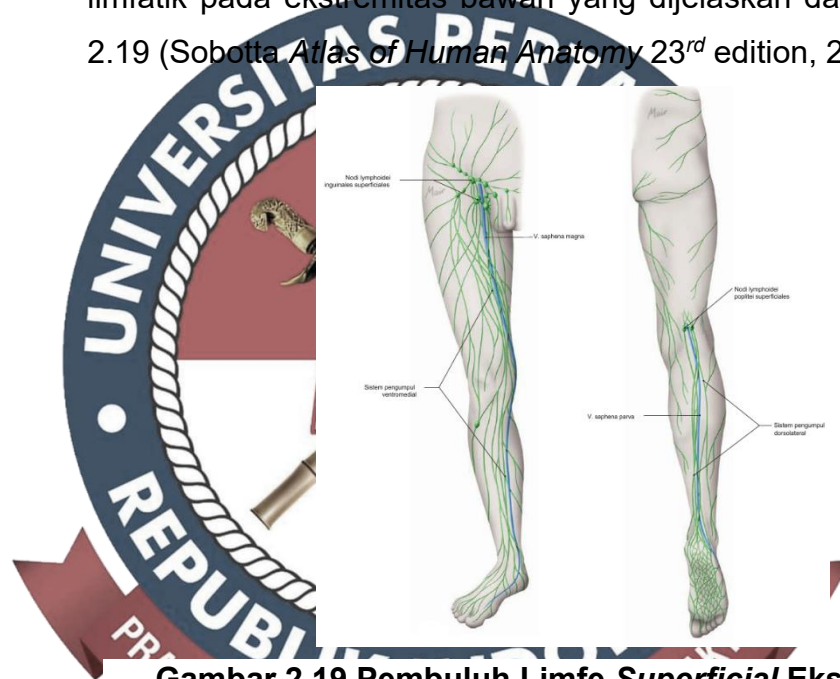
Pada ekstremitas bawah, dua vena berjalan bersama masing-masing arteri yang melewatinya, sementara di *femur* dan *fossa poplitea*, hanya ditemukan satu vena yang mengiringi. Sistem *vena superficial* terdiri atas dua vena utama yang memperoleh darah dari *dorsum* dan telapak kaki *V. saphena magna* berasal dari *anterior malleolus medialis* dan berjalan naik di sisi medial tungkai dan *femur* ke *hiatus saphenous* dan memasuki *V. femoralis* di *trigonum femorale*. Berikut adalah vena pada ekstremitas bawah yang dijelaskan dalam Gambar 2.18 (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).



Gambar 2.18 Vena-Vena Ekstremitas Bawah *Dextra*; Dilihat dari *Ventral*

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

Selain pembuluh darah vena, terdapat sistem pembuluh limfe di *superficial* dan *profunda*, beserta kelenjar limfe yang terhubung. Sistem *Ventromedial superficial*, beserta *V. saphena magna* menjadi drainase limfatik utama bagi ekstremitas bawah dan mengalir ke dalam kelenjar limfe inguinal superfisial (*Nodi lymphoidei inguinalis superficiales*). Berikut adalah pembuluh limfatik pada ekstremitas bawah yang dijelaskan dalam Gambar 2.19 (Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015).



Gambar 2.19 Pembuluh Limfe Superficial Ekstremitas Bawah *Dextra*; Dilihat dari Ventral (Kiri) dan Dorsal (Kanan)

Sumber: Sobotta *Atlas of Human Anatomy* 23rd edition, 2015

2.1.2 Fisiologi Otot dalam Kerja Fisik

Kekuatan, daya, dan ketahanan otot menjadi parameter dalam kerja fisik. Kekuatan otot ditentukan oleh ukurannya dengan daya kontraktilitas maksimal pada suatu daerah potongan melintang otot. Hal tersebut menunjukkan kemampuan lonjakan daya yang sangat besar dalam waktu singkat, sedangkan dalam penilaian ketahanan, daya yang dikeluarkan oleh otot hanya seperempat dari lonjakan awal

(Hall & Guyton, 2019). Berikut adalah sistem metabolik otot dalam kerja fisik:

a. Sistem Fosfo-Kreatinin

Fosfokreatin atau kreatin fosfat ($\text{Kreatinin} + \text{PO}_3^-$) adalah senyawa kimia dengan ikatan fosfat dapat menghasilkan energi yang besar daripada adenosin tri fosfat (ATP), yaitu 10.300/Kal/mol. Ciri khusus penghantaran energi dari fosfokreatin ke ATP adalah proses penghantaran berlangsung cepat. Oleh karena itu, semua energi yang tersimpan dalam fosfokreatin otot segera tersedia untuk kontraksi otot. Gabungan antara ATP dan fosfokreatin sel disebut dengan sistem energi fosfagen. Jadi, sistem ini digunakan untuk aktivitas fisik yang singkat dengan tenaga otot maksimal (Hall & Guyton, 2019).

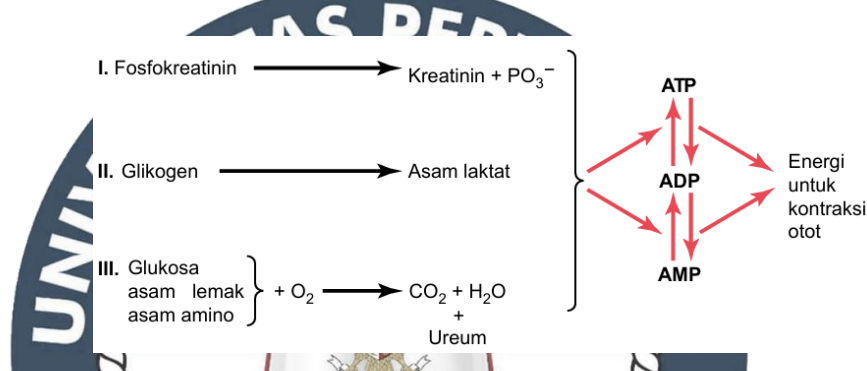
b. Sistem Glikogen-Asam Laktat

Sistem ini melibatkan metabolisme anaerobik karena terdapat proses glikolisis tanpa menggunakan oksigen dalam memecah glikogen tersimpan dalam otot menjadi glukosa. Proses ini terjadi ketika tidak terdapat cukup oksigen pada tahap kedua metabolisme glukosa (tahap oksidatif) sehingga sebagian besar asam piruvat diubah menjadi asam laktat yang berdifusi keluar dari sel otot dan masuk ke cairan interstisial dan darah. Karakteristik lainnya adalah sistem ini membentuk ATP 2,5 kali lebih cepat daripada mekanisme oksidatif mitokondria. Maka dari itu, aktifitas fisik yang membutuhkan kontraksi otot yang singkat sampai sedang menggunakan mekanisme glikolisis anaerob (Hall & Guyton, 2019).

c. Sistem Aerobik

Sistem aerobik adalah sistem yang mengoksidasi makanan dalam mitokondria untuk menghasilkan energi. Glukosa, asam lemak, dan

asam amino yang terkandung dalam makanan mengalami berbagai proses untuk bergabung dengan oksigen dan melepaskan sejumlah besar energi untuk mengubah adenosin monofosfat (AMP) dan adenosin difosfat (ADP) menjadi ATP. Oleh karena itu, sistem aerobik digunakan selama aktivitas fisik yang berkepanjangan (Hall & Guyton, 2019). Proses ketiga sistem tersebut dapat dirangkum dalam Gambar 2.20 dan Tabel 2.1.



Gambar 2.20 Sistem Metabolisme dalam Kontraksi Otot

Sumber: Guyton & Hall, 2019

Tabel 2.2 Kecepatan Maksimal Pembentukan Daya dan Ketahanan Relatif

	Mol ATP/menit	Waktu
Sistem fosfagen	4	8-10 detik
Sistem glikogen- asam laktat	2,5	1,3-1,6 menit
Sistem aerobik	1	Waktu tak terbatas (selama masih ada bahan makanan)

Sumber: Guyton & Hall, 2019

2.1.3 Antropometri

2.1.3.1 Definisi Antropometri

Antropometri adalah kata Yunani yang terdiri dari kata "anthropos" (manusia) dan "metron" (pengukuran). Antropometri

adalah pengumpulan dan korelasi sistematis pengukuran individu, yang terdiri dari pengukuran tubuh dan penilaian karakteristik fisik tubuh manusia. Komponen yang dinilai adalah berat badan, tinggi badan, dan bentuk badan. Antropometri dikenal sebagai teknik yang soliter, fleksibel, mudah diterapkan, non-invasif, dan terjangkau untuk menginterpretasikan kondisi kesehatan dan status gizi individu (Tur & Bibiloni, 2019). Setiap individu memiliki bentuk dan ukuran tubuh, maka dari itu pengukuran antropometri dibutuhkan untuk mengetahui karakteristik tubuh setiap individu (Chen, 2020).

Alat yang digunakan untuk melaksanakan pengukuran antropometri harus memenuhi beberapa persyaratan, yaitu mudah didapatkan, penguji telah mendapatkan pelatihan penggunaan alat dan prosedur pengukuran, alat mudah diaplikasikan, hasil ukuran objektif, dan hasilnya mudah untuk ditarik kesimpulan. (Citerawati, 2022 sebagaimana dikutip dalam Harjatmo et. al., 2017). Alat-alat antropometri yang digunakan antara lain (Citerawati, 2022 sebagaimana dikutip dalam Indriati, 2010):

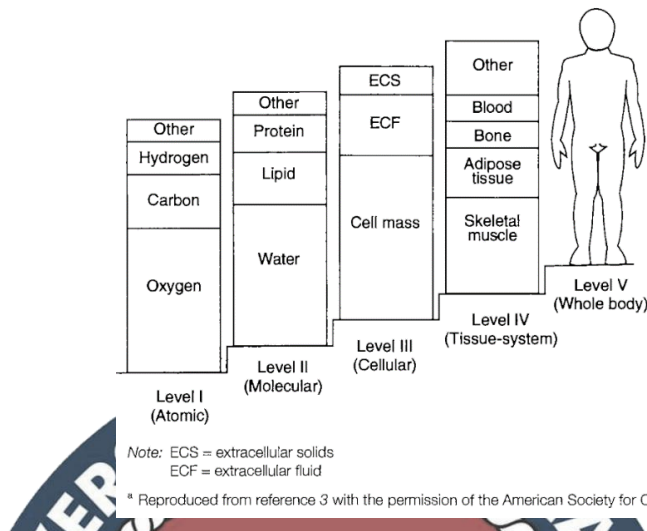
- a. *Spreading caliper* : Kaliper rentang
- b. *Skinfold caliper* : Kaliper tebal lipatan kulit
- c. *Sliding caliper* : Kaliper geser
- d. Pitameter : Mengukur lingkaran atau panjang
- e. Stadiometer : Pengukur tinggi badan
- f. *Scale* : Timbangan berat badan
- g. Anthropometer : Pengukur panjang dan tinggi
- h. Segmometer : Pengukuran segmen badan (lebar dan panjang)

2.1.3.2 Komposisi Tubuh

World Health Organization (1995) menjelaskan bahwa komposisi tubuh menjadi hal yang penting untuk menilai kondisi fisik individu. Komponen penyusun komposisi tubuh dibagi menjadi lima tingkat organisasi penyusun tubuh, yaitu:

- a. Atom
- b. Molekul
- c. Sel
- d. Jaringan dan sistem organ
- e. Individu

Pada Tingkat pertama adalah atom yang terdiri atas oksigen, karbon, dan hidrogen. Kemudian pada tingkat kedua adalah molekul yang terdiri atas komponen air, lemak, dan protein. Tingkat ketiga dari organisasi penyusun tubuh adalah sel yang tersusun atas massa sel, *extracellular fluid* (ECF), *extracellular solids* (ECS). Tingkat keempat adalah jaringan dan sistem organ tubuh terdiri atas sistem muskuloskeletal, jaringan lemak, tulang, darah, dan lainnya. Tingkat tertinggi dari organisasi penyusun tubuh merupakan satu individu yang utuh tersusun atas berbagai sistem organ. Adapun penjelasan tersebut dirangkum dalam Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Lima Tingkat Organisasi Komposisi Tubuh

Sumber: WHO, 1995

Penilaian komposisi tubuh pada tingkat seluler terdiri atas *extracellular fluid* (ECF) dan *extracellular solids* (ECS). Jaringan lemak terbagi menjadi massa lemak atau *fat mass* yang disingkat dengan FM dan massa bebas lemak atau *free fat mass* yang disingkat dengan FFM. FM digunakan untuk menghitung persentase lemak tubuh yang tersusun atas simpanan lemak dalam bentuk trigliserida dan berperan sebagai cadangan energi tubuh (Woolcott & Bergman, 2019). FFM yang terdiri dari atas komponen penyusun tubuh selain sel lemak, seperti sistem muskuloskeletal, jaringan saraf, hingga *extracellular fluid* (ECF) dan *extracellular solids* (ECS). FFM memiliki peran penting dalam proses metabolisme tubuh (WHO, 1995).

Setiap komponen dari setiap tingkat komposisi tubuh saling bekerja sama untuk menciptakan homeostasis, sehingga terjadi stabilitas pada tubuh setiap individu. Salah satu contoh keterkaitan antara setiap komponen komposisi tubuh di tingkat yang berbeda terdapat pada keseimbangan nitrogen sebagai indikator dari

penggantian protein. Selain itu, jumlah total kalsium di dalam tubuh berfungsi sebagai indikator dari total mineral dalam tulang.

2.1.3.3 Metode Pengukuran Antropometri Panjang Ekstremitas Bawah

Berikut adalah metode pengukuran panjang ekstremitas bawah (Prabowo et al., 2022):

a. *True Leg Length* (TLL)

Pengukuran ini dilakukan dengan posisi supinasi menggunakan pita ukur dari *spina iliaca anterior superior* (SIAS) hingga *malleolus medial*. Metode pengukuran ini memiliki spesifitas dan sensitivitas yang lebih tinggi untuk menilai panjang ekstremitas bawah serta disarankan secara klinis. Adapun Gambaran pengukuran TLL dapat diamati pada Gambar 2.22 (Prabowo et al., 2022).



Gambar 2.22 *True Leg Length* (TLL)

Sumber: Prabowo et al., 2022

b. *Appearance Leg Length* (ALL)

Pengukuran ini dilakukan dengan posisi supinasi menggunakan pita ukur dari *umbilicus* hingga *malleolus medial*. Adapun

Gambaran pengukuran ALL dapat diamati pada Gambar 2.23 (Prabowo et al., 2022).



Gambar 2.23 Appearance Leg Length (ALL)

Sumber: Prabowo et al., 2022

2.1.3.4 Metode Pengukuran Massa Otot Ekstremitas Bawah

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), massa adalah 1) gabungan banyak benda (misalnya zat) menjadi satu kesatuan yang utuh. 2) Ada dalam jumlah banyak. Sedangkan dalam Sherwood (2013), otot adalah sel yang memiliki spesialisasi untuk melakukan kontraksi pada tubuh. Otot rangka merupakan struktur otot yang berada pada tulang ekstremitas serta mempunyai peran yang penting dalam mengatur gerakan tubuh. Dapat disimpulkan bahwa massa otot adalah jumlah atau kumpulan sel otot rangka dalam tubuh yang dapat mempengaruhi kekuatan otot. (Maulana, 2019).

Salah satu instrumen yang digunakan untuk menilai massa otot ekstremitas bawah adalah menggunakan *bioelectric impedance analysis* (BIA). Penggunaan metode ini memiliki nilai efisiensi analisis vektor impedansi bioelektrik yang digunakan sebagai indikator pada

status nutrisi dan hidrasi yang dapat diterapkan pada berbagai komponen yang dapat diukur menggunakan BIA, yaitu *fat mass* (FM), *body cell mass* (BCM), dan *free fat mass* (FFM) serta massa otot tubuh. Prinsip pemeriksaan ini adalah setiap komponen tubuh memiliki ketahanan yang berbeda pada arus listrik, sehingga hasilnya akan tergambarkan (Cimmino et al., 2023; Zachariah & Priyamvada, 2023).

Pada BIA, komposisi massa otot dapat digambarkan berdasarkan segmen tubuh yang disebut dengan analisis segmental. Terdapat lima segmen tubuh, yaitu dua lengan, dua kaki, dan badan. Dalam analisis segmental digambarkan komposisi tubuh tanpa massa lemak secara proporsional berdasarkan *body mass index* (BMI) dan usia. Angka yang ditampilkan berupa persentase massa otot setiap segmen yang dianalisis menggunakan berat badan secara keseluruhan (2024 *Inbody Report*, n.d.). Adapun gambar dari BIA tertera pada Gambar 2.24.



Gambar 2.24 InBody570

Sumber: 2024 *Inbody Report*, n.d.

2.1.3.5 Faktor yang Mempengaruhi Hasil Pengukuran Antropometri

a. Jenis Kelamin

Pada umumnya ukuran tubuh pria lebih besar dibandingkan wanita. Beberapa aspek yang dapat dibedakan dari komposisi tubuh pria dan wanita dan berpengaruh terhadap hasil pengukuran antropometri salah satunya adalah persentase lemak tubuh dan massa otot (Kohanmoo et al., 2024).

b. Umur

Masa pubertas menjadi salah satu faktor adanya perubahan fisik pada individu, salah satu alasannya adalah adanya perubahan fisik yang signifikan pada masa pubertas. Pertumbuhan tulang pada anggota badan berlanjut hingga akhir masa remaja, yaitu pada usia 18 hingga 20 tahun (Savitri, Zulhamidah and Widayanti, 2021 sebagaimana dikutip dalam Soetjiningsih, 2016). Umur berpengaruh terhadap perbedaan hasil pengukuran antropometri karena terdapat proses penuaan atau *aging* yang menyebabkan pengecilan massa otot (Kohanmoo et al., 2024; Su et al., 2023).

c. Nutrisi

Ketidakseimbangan pola makan dapat menyebabkan perubahan status gizi berupa kekurangan berat badan maupun kelebihan berat badan. Hal ini bergantung pada kebutuhan nutrisi dan asupan kalori harian individu (Martin-Hadmaş et al., 2021).

d. Genetik

Pengaruh genetik berupa tinggi ayah dan ibu berperan terhadap hasil antropometri. Anak yang memiliki orang tua dengan postur tubuh pendek berisiko 3,9 kali lebih tinggi bertubuh pendek (Yunianto et al., 2023).

e. Ras/Etnis

Ras/etnis yang beranekaragam dipengaruhi oleh letak geografis wilayah yang dapat mempengaruhi pola hidupnya dan menghasilkan perbedaan secara fisik berupa warna kulit dan tinggi badan, rambut, bentuk badan, dan berbagai anggota tubuh lainnya, seperti hidung, telinga, mata (Wijayanti & Susilowati, 2019).

2.1.4 Tes Kesamaptaan Jasmani

2.1.2.1 Definisi Evaluasi Kesamaptaan Jasmani

Kesamaptaan jasmani berasal dari kata kesamaptaan dan jasmani. Kesamaptaan dibentuk dari kata samapta yang dapat diartikan siap siaga, sehingga kesamaptaan memiliki makna kesiapsiagaan. Sedangkan kata jasmani dalam KBBI, memiliki makna tubuh berarti badan. Dalam KBBI, evaluasi memiliki arti penilaian. Evaluasi kesamaptaan jasmani mempunyai makna sebuah proses penilaian yang dilakukan terhadap keadaan seseorang dalam kondisi siap siaga baik secara fisik, mental, hingga kesiapan secara sosial untuk menghadapi berbagai keadaan yang mempunyai dinamika cukup tinggi (Astuti et al., 2023 sebagaimana dikutip dalam Sumarjo 2002).

Sesuai Surat Perintah Panglima TNI Nomor Kep/1388/XII/2018 tanggal 21 Desember 2018, tes kesamaptaan jasmani menjadi salah satu materi seleksi penerimaan calon prajurit yang dilaksanakan di lingkungan TNI. Manfaat yang dapat diperoleh dari pelaksanaan kesamaptaan jasmani antara lain (Setyawan FB, 2023):

- a. Postur tubuh yang baik menimbulkan kesan wibawa karena memungkinkan gerakan yang efisien.

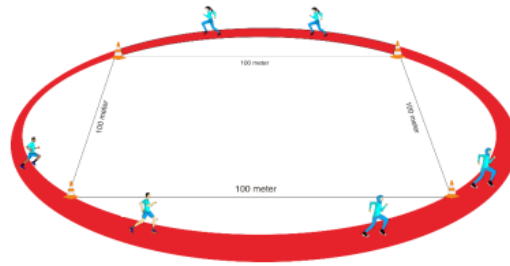
- b. Memiliki kemampuan bertahan dalam melakukan pekerjaan berat tanpa kelelahan atau cedera yang signifikan, sehingga dapat mencapai hasil kerja yang optimal.
- c. Ketangkasan tinggi memungkinkan mengatasi banyak dinamika dalam penugasan, sehingga tugas yang diberikan dapat diselesaikan secara efektif dan dapat memenuhi tujuan yang ingin dicapai.

Kesamaptaan harus dilatih dan ditingkatkan, hasil tes kesamaptaan bersifat fluktuatif yang berarti hasilnya dapat mengalami peningkatan dan/atau penurunan pada periode waktu tertentu (Setyawan FB, 2023).

2.1.2.2 Tes Lari 12 Menit

Tes lari 12 menit merupakan alat yang dapat digunakan untuk menilai kebugaran jasmani. Tujuan tes ini untuk menilai kemampuan aerobik individu serta daya tahan dari otot jantung dan parunya. Berikut adalah prosedur pelaksanaan tes lari 12 menit (Setyawan FB, 2023):

- 1) Menentukan titik start berlari,
- 2) Petugas memberikan aba-aba "Ya" kepada peserta tes, kemudian peserta akan berlari mengelilingi lintasan sebanyak-banyaknya dalam waktu 12 menit,
- 3) Pada saat waktu telah menunjukkan 12 menit, peserta harus berhenti lari dan memberi tanda pada lintasan tempatnya berhenti, dan
- 4) Petugas menghitung jumlah putaran/jarak lari yang ditempuh oleh peserta.



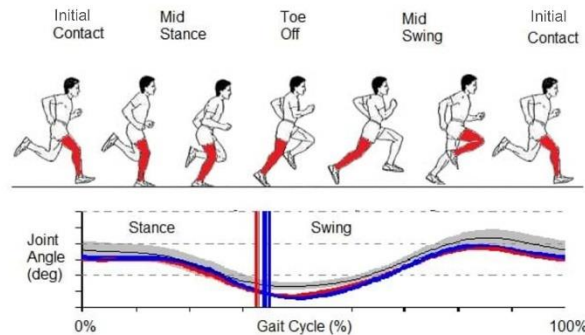
Gambar 2.25 Lintasan Datar 400 Meter

Sumber: Setyawan FB, 2023

Penilaian dilakukan dengan mengukur jarak yang dapat ditempuh peserta selama 12 menit. Klasifikasi penilaian dilakukan berdasarkan usia dan jenis kelamin peserta (Setyawan FB, 2023; Cooper, Kenneth H., 1969).

2.1.2.3 Biomekanika Berlari (*Gait Cycle Theory*)

Biomekanika adalah sifat, proses, dan perilaku sistem biologis di bawah pengaruh kekuatan mekanis. Gaya berjalan dapat dibagi menjadi dua fase: fase berdiri atau dukungan dan fase ayunan atau pemulihan. Pada fase berdiri, satu kaki menyentuh tanah, sementara pada fase ayunan, kedua kaki terangkat dari tanah. Siklus berjalan dimulai ketika salah satu kaki menyentuh tanah (awal fase berdiri) dan berakhir saat kaki yang sama kembali menyentuh tanah. Fase berdiri dimulai dari sentuhan awal dan berakhir pada ujung kaki; *toe off* menjadi awal dari fase ayunan dalam siklus berjalan. Perbedaan antara berjalan dan berlari terdapat pada fase ayunan. Pada proses berlari fase ayunan lebih panjang dibandingkan berjalan. Penjelasan tersebut dirangkum dalam Gambar 2.26 (Kapri et al., 2021).



Gambar 2.26 Biomekanika Berlari

Sumber: Melbourne Sports & Allied Health Clinic, "n.d."

2.1.2.4 Faktor yang Mempengaruhi Kecepatan Berlari

Mengenai faktor yang mempengaruhi kecepatan berlari, dibedakan antara faktor yang dapat diubah dan faktor yang tidak dapat diubah. Di bawah ini akan dijelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan berlari:

a. Faktor yang tidak dapat diubah

1) Usia

Faktor usia berkaitan erat dengan proses penuaan pada kecepatan berlari. Perubahan komposisi tubuh pada usia tua berupa meningkatnya lemak tubuh dan berkurangnya massa otot (Vitriana & Defi, 2020).

2) Jenis Kelamin

Pria mempunyai komposisi massa otot yang lebih tinggi dibandingkan dengan wanita, sehingga mempengaruhi kecepatan berlari (Kohanmoo et al., 2024; Septadina et al., 2019)

3) Panjang Tungkai

Terdapat hasil penelitian yang menjelaskan panjang tungkai tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kecepatan berlari

(Septadina et al., 2019). Namun, penelitian lainnya mengungkapkan adanya pengaruh yang cukup signifikan pada panjang tungkai terhadap kecepatan berlari karena didukung oleh kekuatan otot tungkai, daya ledak otot tungkainya, serta berbagai aspek anatomis dan fisiologinya (Febryani Dwi Putri et al., 2019).

b. Faktor yang dapat diubah

1) Index Massa Tubuh (IMT)

IMT menjadi indikator yang relevan untuk mengetahui kapasitas dan performa individu, terutama atlet (Labora et al., 2022; Septadina et al., 2019).

2) Intensitas Latihan

Latihan adalah proses membiasakan diri untuk mengulangi dan melaksanakan gerakan secara berkelanjutan untuk mencapai gerakan yang diinginkan. Dalam proses latihan terdapat berbagai keterampilan yang perlu dikuasai oleh seorang atlet (Maulana, 2019).

3) Nutrisi dan Gizi

Untuk meningkatkan performa lari, diperlukan pemenuhan nutrisi dan gizi melewati asupan makanan yang lengkap dan seimbang. Untuk seorang atlet membutuhkan energi yang lebih tinggi sekitar 2000 kalori yang terdiri dari makronutrien berupa karbohidrat dan protein. Selain itu, diperlukan pemenuhan mikronutrien yang terdiri dari zat besi, seng serta vitamin A, D, E, B6, dan B12. Selain nutrisi, porsi makan dan waktu konsumsi makanan perlu diperhatikan, sehingga performanya akan meningkat (Sasmarianto & Nazirun, 2022).

2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2.3 Hasil Penelitian Terdahulu

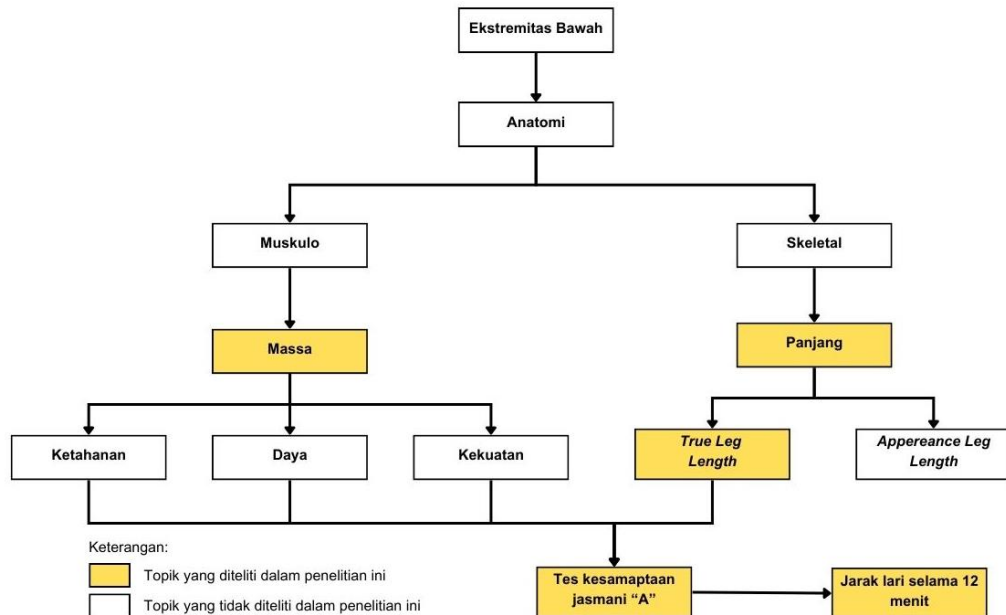
No	Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Metode	Hasil	Persamaan	Perbedaan
1	Rauno Laumets, Karel Viigipuu, Kerli Mooses, Jarek Mäestu, Priit Purge, Ando Pehme, Priit Kaasik, Martin Mooses	<i>Lower Leg Length is Associated with Running Economy (RE) in High Level Caucasian Distance Runners</i>	Kuantitatif	Tidak terdapat hubungan antara panjang tungkai dengan kecepatan <i>running economy</i> (RE). VO2max menunjukkan hubungan sedang dengan RE.	• Keduanya meneliti hubungan antara panjang ekstremitas bawah dengan jarak pada lari interval. • Subjek yang diteliti mempunyai persamaan karena memiliki tingkat aktivitas yang tinggi. • Metode penelitian kuantitatif	• Tidak menghubungkan massa otot dengan jarak lari yang ditempuh • Digunakan uji korelasi karena hanya terdapat dua variable yang akan dihubungkan • Diukur VO2max subjek
2	Wardiman Datang dan Mahatma Raison Pribadi (2020)	Hubungan Antara Panjang Tungkai dengan Kecepatan Lari 100 Meter pada Mahasiswa Putra Program	Kuantitatif dengan survei, uji korelasi, dan pearson	Panjang tungkai tidak dapat memberikan kontribusi yang signifikan pada kecepatan lari 100meter.	• Usia subjek penelitian. • Metode penelitian kuantitatif.	• Faktor <i>dependent</i> berupa lari <i>sprint</i> yang mengukur waktu tempuh dalam jarak yang telah ditentukan.

		Studi Pendidikan Olahraga (STKIP) Kie Raha Ternate				• Digunakan uji korelasi karena hanya terdapat dua variable yang dihubungkan
3	Dea Syafira Alamsyah Sitompul (2024)	Hubungan Antropometri Ekstremitas Bawah (Panjang Tungkai) dengan Jarak Lari 12 Menit pada Kadet Mahasiswa Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan <i>Cohort</i> 3 Universitas Pertahanan Republik Indonesia	Analitik korelatif dengan desain <i>cross-sectional</i>	Terdapat korelasi antara panjang tungkai dengan jarak lari.	• Subjek penelitian berupa kadet mahasiswa Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Unhan RI. • Faktor <i>dependent</i> berupa <i>cooper test</i>. • Metode penelitian kuantitatif dengan pengembangan <i>cross-sectional</i>.	• Tidak menilai pengaruh massa otot terhadap <i>cooper test</i> • Desain penelitian yang digunakan korelatif karena menghubungkan dua variabel

Sumber: Diolah oleh penulis

2.3 Kerangka Berpikir

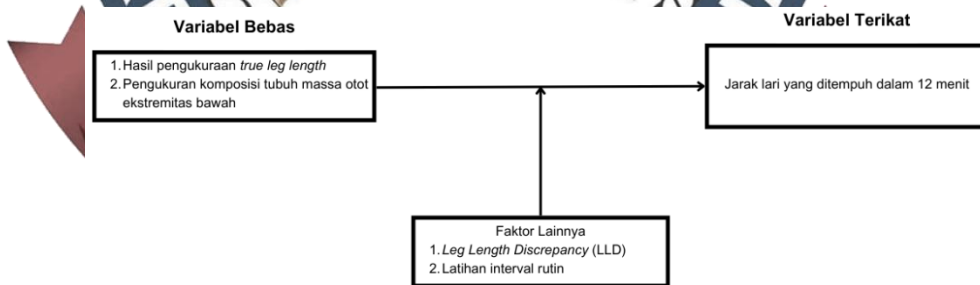
2.3.1 Kerangka Teori



Gambar 2.27 Kerangka Teori

Sumber: Diolah oleh peneliti

2.3.2 Kerangka Konsep



Gambar 2.28 Kerangka Konsep

Sumber: Diolah oleh peneliti

2.4 Hipotesis

a. Hipotesis Null (H0):

Hipotesis tidak ada hubungan signifikan antara TLL dan massa otot ekstremitas bawah dengan hasil tes lari 12 menit pada kadet mahasiswa *cohort* 4 Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Pertahanan Republik Indonesia.

b. Hipotesis Alternatif (Ha):

Terdapat hubungan yang signifikan antara TLL dan massa otot ekstremitas bawah dengan hasil tes lari 12 menit pada kadet mahasiswa *cohort* 4 Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Pertahanan Republik Indonesia.

