

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Waist Hip Ratio*

2.1.1 Definisi *Waist Hip Ratio*

Waist Hip Ratio (WHR) atau rasio lingkaran pinggang dengan lingkaran panggul merupakan suatu pengukuran yang dapat menunjukkan distribusi lemak tubuh terutama di bagian abdomen dan panggul.^{21,22}

2.1.2 Pengukuran *Waist Hip Ratio*

World Health Organization (WHO) menyatakan pengukuran lingkaran pinggang dilakukan dari titik tengah antara margin bawah *costae* terakhir (*costae VII*) dengan *crista illiaca*. Lingkaran panggul adalah hasil pengukuran dengan cara mengukur bagian panggul pada lingkaran terbesar antara pinggang dan paha.^{23,21}

Keakuratan pengukuran lingkaran pinggang dan panggul bergantung pada ketatnya pita pengukur dan pada posisi yang benar. Pengukuran dilakukan sejajar dengan lantai dengan pita secara pas badan namun tidak terlalu ketat.²¹

Postur subjek pada saat pengukuran mempengaruhi akurasi dari hasil pengukuran. WHO merekomendasikan subjek berdiri tegak dengan kaki rapat, lengan di samping, berat merata di seluruh kaki dan memakai pakaian yang tipis. Fase respirasi menentukan tingkat kepenuhan paru-paru dan posisi diafragma saat pengukuran, sehingga mempengaruhi

akurasi dari pengukuran. *The National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES) menyarankan bahwa lingkaran pinggang harus diukur saat ekspirasi minimal. Protokol yang paling banyak digunakan adalah protokol WHO yang menyatakan bahwa lingkaran pinggang harus diukur pada akhir ekspirasi normal, yaitu ketika paru-paru berada pada kapasitas fungsi residual. Selama pengukuran subjek diminta untuk bernafas normal dan rileks. Setiap pengukuran harus diulang dua kali. Dilakukan rata-rata jika terdapat perbedaan ukuran ≤ 1 cm dari sebelumnya, sementara jika perbedaan antara keduanya > 1 cm, maka pengukuran harus diulang.²¹

$$WHR = \frac{\text{lingkar pinggang (cm)}}{\text{lingkar panggul (cm)}}$$

2.1.3 Kriteria Waist Hip Ratio

Menurut *World Health Organization* (WHO), *cut-off point waist hip ratio* orang Asia adalah sebagai berikut²¹

Tabel 2. Kriteria WHR

Kriteria	WHR	
	Laki-laki	Perempuan
Normal	0,90	0,80
Obesitas Sentral	$>0,90$	$>0,80$
Obesitas Perifer	$<0,90$	$<0,80$

Menurut pendistribusian lemak, obesitas dibedakan menjadi 2 antara lain :

1) Obesitas sentral

Obesitas ini disebut *apple shape obesity* atau *android obesity*. Akumulasi lipid terjadi di daerah perut, baik intraperitoneal maupun retroperitoneal. Penderita obesitas sentral memiliki faktor risiko penyakit lebih tinggi karena lemak yang berada di abdomen tersebut dapat sewaktu waktu dilepaskan ke pembuluh darah. Obesitas ini lebih sering terjadi pada pria.^{17,24,25}

2) Obesitas perifer

Obesitas perifer disebut juga *gynecoid obesity* atau *pear shape obesity* dimana terjadi akumulasi lipid pada bagian bawah tubuh yaitu pada daerah paha dan panggul (*regio gluteofemoral*). Risiko terhadap penyakit pada obesitas perifer umumnya kecil. Obesitas perifer sering terjadi pada wanita.^{17,25}



Gambar 1. Obesitas Sentral dan Obesitas Perifer¹⁷

2.1.4 Faktor yang mempengaruhi *Waist Hip Ratio*

Pengukuran WHR lebih sensitif dalam mengukur lemak tubuh terutama di bagian abdomen. WHR merupakan indikator dalam menentukan obesitas sentral.²⁶ Berbagai hal yang dapat mempengaruhi WHR antara lain:

1) Faktor genetik

Remaja yang memiliki orang tua dengan obesitas akan mewariskan tingkat metabolisme yang rendah dan memiliki kecenderungan kegemukan bila dibandingkan dengan remaja yang memiliki orang tua dengan berat badan normal.^{8,27}

2) Faktor Lingkungan

Obesitas berhubungan erat dengan pola hidup, kualitas makanan, kuantitas makanan dan bagaimana seseorang beraktivitas.²³

3) Stres

Stres berhubungan dengan disregulasi pada *Hipothalamus Pituitary Adrenal Axis* (HPA Axis). *Corticotropin Releasing Hormone* (CRH) dilepaskan dari hipotalamus sebagai respons terhadap stres. CRH kemudian merangsang kelenjar pituitari, menyebabkan pelepasan *Adrenocorticotrophic Hormone* (ACTH). ACTH merangsang korteks adrenal untuk melepaskan kortisol. Pelepasan kortisol dikendalikan oleh *nukleus paraventricular* (PVN) hipotalamus. Sekresi kortisol yang meningkat menyebabkan kenaikan berat badan. Kelebihan lemak terutama terakumulasi di bagian abdomen.¹⁶

4) Faktor Jenis Kelamin

Pria pada umumnya mempunyai massa otot dan massa mineral yang lebih tinggi serta massa lemak yang lebih rendah dibanding wanita. Terdapat perbedaan intrinsik sel pada preadiposit dan adiposit, serta

peran modulasi untuk steroid seks. Jaringan adiposa *gluteofemoralis* wanita dapat menyediakan reservoir lipid yang aman untuk energi berlebih atau dapat secara langsung mengatur metabolisme sistemik melalui pelepasan produk metabolik atau adipokin.^{17,21,26}

5) Faktor Usia

Semakin bertambah usia, seseorang cenderung kehilangan massa otot dan mudah terjadi akumulasi lemak tubuh. Kadar metabolisme juga menurun menyebabkan kebutuhan kalori yang diperlukan lebih rendah.²¹

6) Status Reproduksi

Paritas merupakan kontributor penting dalam perubahan komposisi tubuh dan bentuk tubuh pada wanita. Analisis data *cross sectional* dari *National Health and Nutrition Examination Survey Homepage* (NHANES III) menggambarkan bagaimana paritas dikaitkan dengan perubahan bentuk tubuh. Menopause juga dikaitkan dengan peningkatan massa lemak, dan redistribusi lemak ke abdomen. Tidak jelas apakah perubahan tersebut disebabkan oleh perubahan hormonal atau proses penuaan.^{17,21,26}

7) Ras

Dibandingkan dengan orang Eropa, orang Asia memiliki jaringan adiposa visceral yang lebih besar. Sedangkan orang Afrika memiliki jaringan adiposa visceral atau persentase lemak tubuh yang kurang pada pengukuran lingkaran pinggang.²¹

2.2 Anatomi *Pedis*

2.2.1 *Regio pedis*

Pedis adalah bagian ekstremitas inferior yang tersusun atas segmen-segmen tulang pendek *tarsal*, *metatarsal*, dan *phalanges*. Terdapat 7 *ossa tarsalia*, 5 *ossa metatarsalia*, dan 14 *phalanges*. Permukaan superior adalah *dorsum pedis* dan permukaan inferior yang bersentuhan dengan lantai atau tanah yaitu *plantar pedis*. *Plantar pedis* yang menjadi dasar adalah *calcaneus* dan telapak di bawah *caput dua metatarsalia medialis (ball of the foot)*.¹²

2.2.2 *Ossa Tarsalia*

Ossa tarsalia terdiri atas *os calcaneus*, *os talus*, *os naviculare*, *os cuboideum* dan tiga *os cuneiforme*.^{9,12}

1) *Calcaneus*

Calcaneus merupakan tulang paling besar dan kuat pada kaki. *Calcaneus* membawa sebagian besar beban tubuh dari *talus* ke lantai ketika berdiri. Dua pertiga anterior permukaan superior *calcaneus* berartikulasi dengan *talus* dan permukaan anteriornya berartikulasi dengan *os cuboideum*.^{9,12}

2) *Talus*

Talus memiliki *caput*, *collum*, dan *corpus*. *Talus* berartikulasi di superior dengan *tibia* dan *fibula* pada *articulatio talocruralis*, di posterior dengan *calcaneus*, dan di anterior dengan *os naviculare*. *Talus* merupakan satu-satunya *ossa tarsalia* yang tidak memiliki

perlekatan otot atau *tendinosa*. Sebagian besar permukaannya dilapisi oleh *cartilago articularis*.^{9,12}

3) *Os Naviculare*

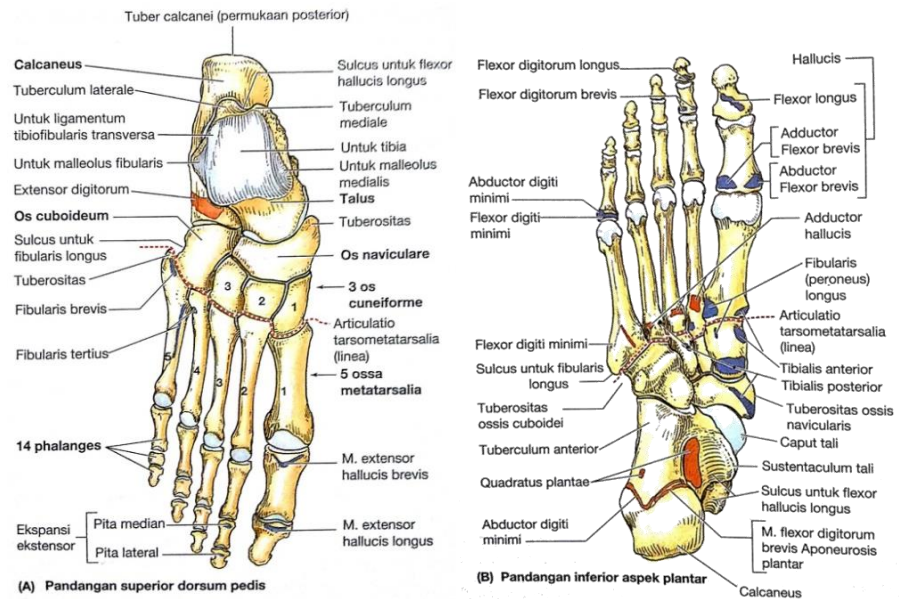
Os naviculare berbentuk seperti kapal yang terletak di antara *caput tali* di posterior dan tiga *os cuneiforme* di anterior. Permukaan medial *os naviculare* berproyeksi di inferior membentuk *tuberositas ossis navicularis* yang penting untuk perlekatan tendo karena batas medial kaki tidak terletak di atas lantai seperti batas lateral. Bagian tersebut membentuk *arcus longitudinalis pedis* yang harus ditopang di bagian tengah.^{9,12}

4) *Os Cuboideum*

Os cuboideum berbentuk seperti kubus dan merupakan tulang paling lateral di batas distal *tarsus*. Bagian anterior *tuberositas ossis cuboidei* pada permukaan lateral dan inferior tulang adalah *sulcus* untuk *tendo musculus fibularis longus*.^{9,12}

5) *Os Cuneiforme*

Tiga *os cuneiforme* yaitu *cuneiforme mediale* (terbesar), *cuneiforme intermedia* (terkecil), dan *cuneiforme laterale*. *Os cuneiforme* berbentuk baji yang berartikulasi dengan *os naviculare* dan ketiga *ossa metatarsalia*. Bentuk bajinya terutama membentuk dan mempertahankan *arcus pedis transversus*.^{9,12}



Gambar 2. Ossa pedis sisi dextra.¹²

2.2.3 Ossa Metatarsalia dan Phalanges

Metatarsal terdiri dari lima *ossa metatarsalia* yang diberi nomor dari sisi medial ke lateral. Setiap *metatarsale* memiliki basis di proksimal, corpus, dan caput di distal. *Os metatarsale I* besar dan kuat, berperan penting dalam menunjang beban tubuh. Aspek inferior caput

tampak beralur oleh *ossa sesamoidea medialis* dan *lateralis* dalam *tendo m. flexor hallucis brevis*. *Metatarsale V* memiliki *tuberculum* menonjol pada basisnya, yang dengan mudah teraba sepanjang margo *lateralis* kaki. *Tuberculum* ini adalah tempat melekatnya *tendo m. peroneus brevis*.^{9,12}

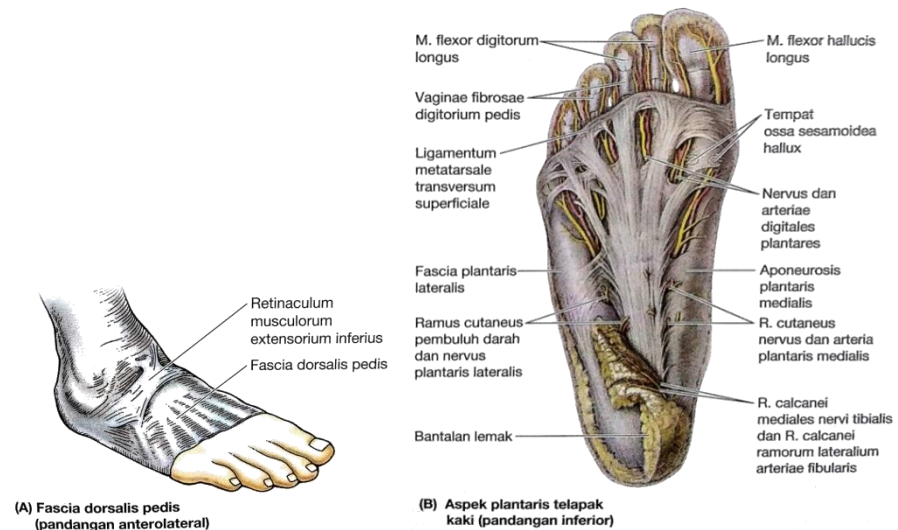
Empat belas *phalanges* terdiri dari jari I memiliki 2 *phalanges* (*proksimal* dan *distal*). Empat jari lain memiliki 3 *phalanges* masing-masing *proksimal*, *media*, dan *distal*.¹²

2.2.4 Fascia Profunda Pedis

Fascia profunda dorsum pedis berlanjut ke proksimal sebagai *retinaculum extensorium inferius* dan berlanjut sebagai *aponeurosis plantaris* pada aspek lateral dan posterior. Fungsi *aponeurosis plantaris* adalah sebagai tempat perlekatan kulit di atasnya, melindungi pembuluh darah, saraf, tendo serta selubung *synovial* di bawahnya, menahan bagian-bagian kaki agar tetap bersatu, membantu melindungi *plantar pedis* dari cedera dan membantu menopang *arcus longitudinalis pedis*.^{9,12}

Apeks *aponeurosis plantaris* melekat pada *tuberculum calcanei medialis* dan *lateralis*. Berkas longitudinal serat kolagen *aponeurosis* di sebelah distal, terbagi menjadi lima pita yang bersambung dengan *vaginae fibrosae digitorum pedis* yang menutupi *tendo flexor* yang berjalan ke jari kaki. Ujung *anterior plantar pedis*, di sebelah inferior *caput metatarsi*, *aponeurosis* diperkuat oleh serat-serat transversa yang

membentuk *ligamentum metatarsale transversum superficiale*.^{9,12}

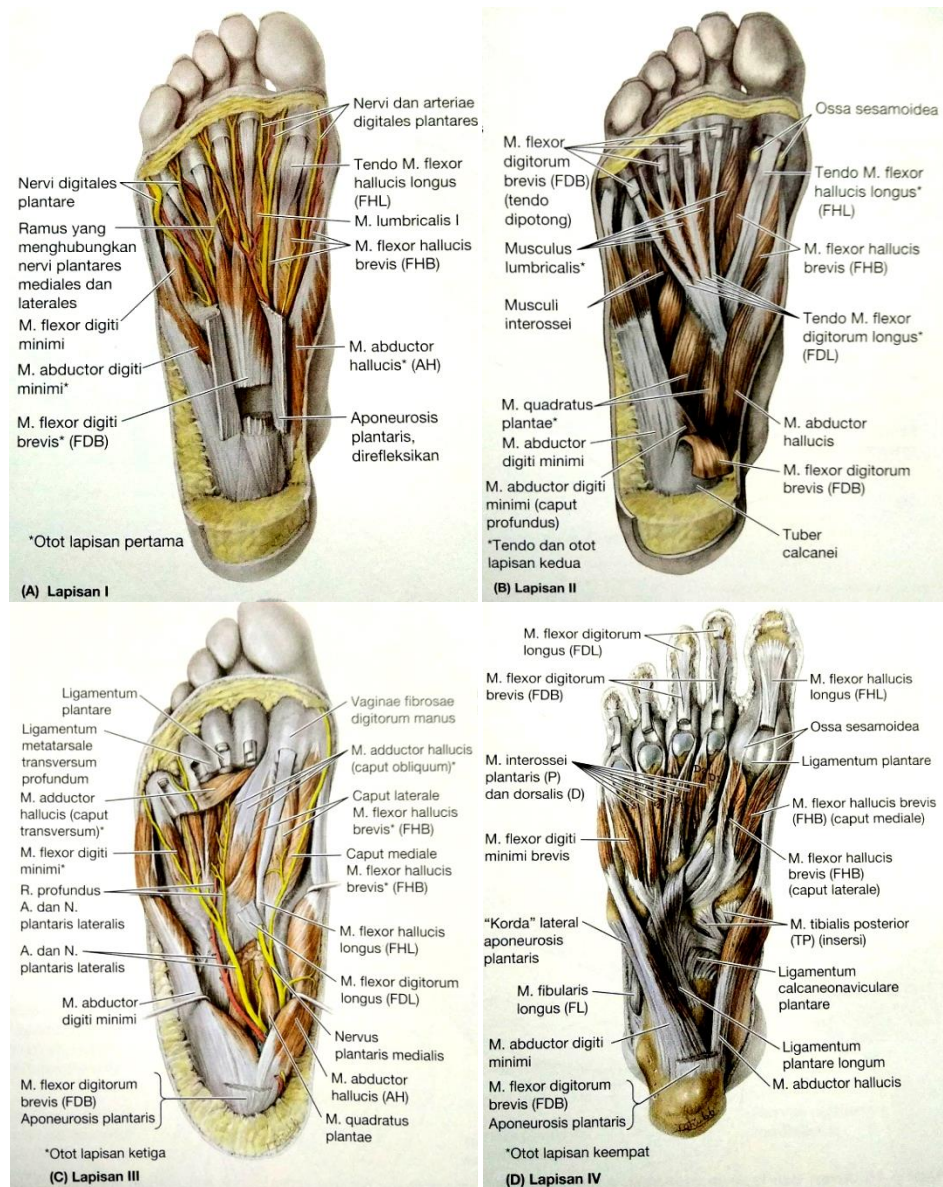


Gambar 3. (A) *Fascia Dorsalis Pedis* dan (B) *Plantar Pedis*.¹²

2.2.5 *Musculi Pedis*

Terdapat 20 *musculi pedis*, 14 diantaranya terletak pada aspek *plantar*, 2 pada aspek *dorsal*, dan 4 pada posisi *intermedia*. *Musculi plantar* terutama berfungsi selama fase penopang sikap berdiri, yaitu mempertahankan *arcus pedis*. Otot menahan kekuatan yang cenderung mengurangi *arcus longitudinalis* dengan diterimanya berat pada ujung *posterior arcus* dan kemudian dipindahkan ke *ball of the foot* dan ujung *anterior arcus*.¹²

Musculus adductor halucis kemungkinan paling aktif selama fase dorongan saat berjalan dalam menarik keempat *metatarsal lateral* ke arah ibu jari kaki, memfiksasi *arcus pedis transversalis*, dan menahan kekuatan yang menekan *caput metatarsi* karena berat dan kekuatan yang bekerja pada kaki depan.¹²

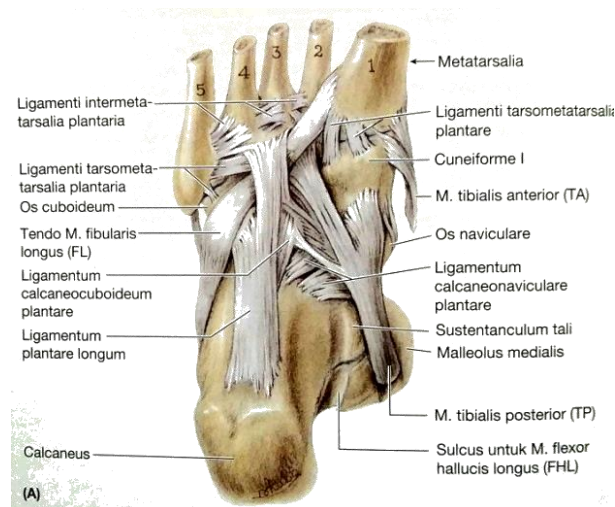


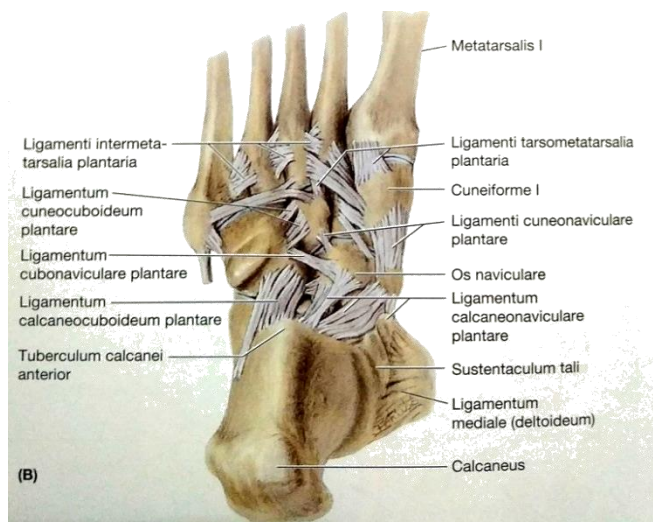
Gambar 4. lapisan Otot Plantar. (A) Lapisan I terdiri dari *m. abductor hallucis*, *m. flexor digitorum brevis*, dan *m. abductor digiti minimi*. (B) Lapisan II terdiri dari *m. quadratus plantae*, *m. lumbricalis*, *tendo m. flexor digitorum longus*, dan *tendo m. flexor hallucis longus*. (C) Lapisan III terdiri dari *m. flexor hallucis brevis*, *m. adductor hallucis*, *m. flexor digiti minimi brevis*. (D) Lapisan IV terdiri dari *mm. interossei*, *tendo m. peroneus longus*, dan *tendo m. tibialis posterior*.¹²

2.2.6 Ligamentum Pedis

Ligamentum utama aspek *plantar pedis* adalah sebagai berikut:

- 1) *Ligamentum calcaneonavicularare plantare*, yang memanjang menyilang dan mengisi celah berbentuk baji di antara *sustentaculum tali* dan pinggir inferior permukaan *artikular posterior os naviculare*. Ligamentum tersebut menopang *caput tali* dan memiliki peran penting dalam pemindahan berat dari *talus* dan dalam mempertahankan *arcus longitudinalis pedis*, yang merupakan unsur paling utama.^{9,12}
- 2) *Ligamentum plantare longum*, yang berjalan dari permukaan plantar *calcaneus* ke *sulcus* pada *os cuboideum*. Ligamentum ini penting dalam mempertahankan *arcus longitudinalis pedis*.^{9,12}
- 3) *Ligamentum calcaneocuboideum plantare*, memanjang dari aspek anterior permukaan inferior *calcaneus* ke permukaan inferior *os cuboideum*. Ligamentum tersebut juga terlibat dalam mempertahankan *arcus longitudinalis pedis*.^{9,12}





Gambar 5. Ligamentum Pedis¹²

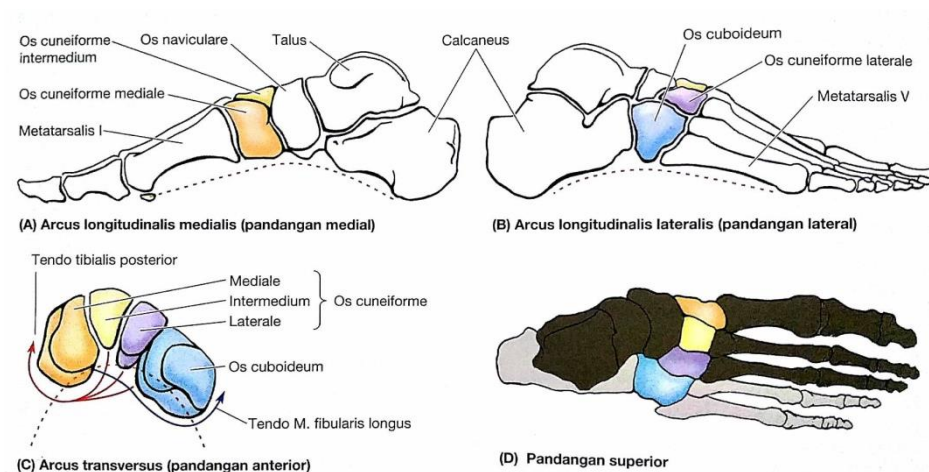
2.2.7 Arcus Pedis

Bangunan bersegmen dapat menahan beban hanya jika dibangun dalam bentuk lengkungan. *Arcus pedis* terdiri dari *arcus pedis longitudinalis lateralis*, *arcus pedis longitudinalis medialis*, dan *arcus pedis transversus*. *Pedis* tampak ceper pada anak kecil karena banyaknya lemak subkutan pada *plantar pedis*.^{9,12}

Arcus pedis longitudinalis medialis lebih tinggi daripada *arcus pedis longitudinalis lateralis*. *Arcus pedis longitudinalis medialis* terdiri dari *os calcaneus*, *os talus*, *os naviculare*, tiga *os cuneiforme*, dan ketiga *ossa metatarsalis* pertama. *Caput tali* adalah dasar *arcus pedis longitudinalis medialis*. *Musculus tibialis anterior* yang menempel pada *metatarsalis I* dan *os cuneiforme* membantu memperkuat *arcus pedis longitudinalis medialis*. *Tendo fibularis longus* yang berjalan dari lateral ke medial juga membantu menopang arcus tersebut.^{9,12}

Arcus pedis longitudinalis lateralis jauh lebih rata dan bersentuhan dengan lantai saat berdiri tegak. Arcus tersebut terdiri dari *calcaneus*, *os cuboideum*, dan dua *metatarsalis lateralis*.¹²

Arcus pedis transversus berjalan dari samping ke samping, tersusun atas *os cuboideum*, ketiga *os cuneiforme*, dan *basis metatarsi*. Pars medialis dan lateralis arcus longitudinalis berperan sebagai pilar untuk *arcus transversus*. *Tendo fibularis longus* dan *tibialis posterior* yang menyilang di bawah plantar pedis seperti pemijak kaki membantu mempertahankan kurvatura *arcus transversus*.^{9,12}



Gambar 6. *Arcus Pedis*¹²

Mempertahankan *Arcus Longitudinalis Medialis*

- 1) Bentuk tulang. *Sustentaculum tali* menegakkan *talus*. Permukaan proksimal yang cekung dari *os naviculare* menampung *caput tali* yang bulat. Permukaan proksimal *os cuneiforme medial* yang agak cekung menampung *naviculare*. *Caput tali* merupakan 'keystone' di pusat arcus.⁹

- 2) Tepian bawah tulang-tulang dipersatukan oleh *ligamentum plantaris* yang lebih besar dan lebih kuat dari *ligamentum dorsalis*. Ligamen yang paling penting ialah *ligamentum calcaneonaviculare plantare*.⁹
- 3) Penahan kedua ujung arcus ialah *aponeurosis plantaris*, *pars medialis m. flexor digitorum brevis*, *m. abductor hallucis*, *m. flexor digitorum longus* dan *m. flexor hallucis brevis*.⁹
- 4) Penggantung arcus dari atas ialah *m. tibialis anterior* dan *m. tibialis posterior* serta *ligamentum mediale* sendi pergelangan kaki.⁹

Mempertahankan Arcus Longitudinalis Lateralis

- 1) Bentuk tulang. Menyempitnya ujung distal *calcaneus* dan ujung proksimal *cuboideum*. *Cuboideum* adalah 'keystone'.⁹
- 2) Tepian bawah tulang dipersatukan oleh *ligamentum plantaris longus* dan *ligamentum plantaris brevis* dan origo otot pendek dari bagian depan kaki.⁹
- 3) Penahan kedua ujung arcus ialah *aponeurosis plantaris*, *m. abductor digiti minimi*, dan bagian lateral *m. flexor digitorum longus* dan *m. flexor digitorum brevis*.⁹
- 4) Penggantung arcus dari atas ialah *m. peroneus longus* dan *m. peroneus brevis*.⁹

Mempertahankan Arcus Transversus

- 1) Bentuk tulang. *Os cuneiforme* yang berbentuk baji dan *basis ossa metatarsalia*.⁹

- 2) Tepian bawah tulang dipersatukan oleh *ligamentum transversum profundus*, *ligamentum plantare*, *origo m. plantaris*, *mm. interossei dorsalis* dan *caput transversum m. adductor hallucis*.⁹
 - 3) Penahan kedua ujung arcus ialah *tendo musculus peroneus longus*.⁹
 - 4) Penggantung arcus *tendo m. peroneus longus dan peroneus brevis*.⁹
- Arcus longitudinalis medialis* adalah *arcus pedis* yang paling penting dalam klinik, yang memiliki elastisitas dan fleksibilitas yang memungkinkannya mengalami deformasi setiap kali berkontak dengan lantai, sehingga mengabsorpsi lebih banyak benturan. Selibuhnya, *ossa tarsalia* dan *metatarsalia* tersusun di *arcus longitudinalis* dan *tranversus*. Struktur tersebut ditopang dan ditahan tendo-tendo sehingga menambah kapabilitas penahan berat dan gaya pegas *pedis*.^{9,12}

2.3 Plantar Arch Index

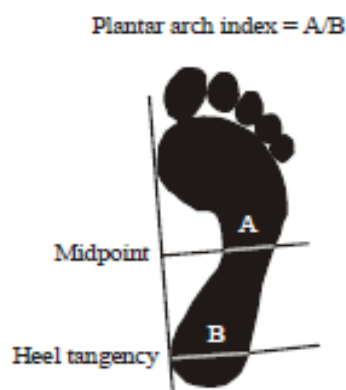
2.3.1 Definisi Plantar Arch Index

Plantar arch index menunjukkan hubungan regio sentral dan posterior *plantar pedis*. *Plantar arch index* digunakan untuk menilai *arcus longitudinalis medialis* secara kuantitatif.^{18,27,28}

2.3.2 Pengukuran Plantar Arch Index

Diagnosis *arcus pedis* dapat menggunakan *foot print*.^{13,29-31} Penilaian *plantar arch index* dapat dilakukan dengan *Staheli*.^{30,32-34} Cara untuk menghitung *Staheli's plantar arch index* yaitu sebuah garis disinggungkan pada dua sisi medial hasil *foot print* yang paling

menonjol yaitu tepi kaki depan sisi medial dan pada *regio calcanea*. Titik tengah dari garis ini kemudian ditentukan. Sebuah garis tegak lurus digambar menyilangi *foot print* dari titik ini. Prosedur yang sama diulang untuk titik yang bersinggungan dengan *calcanea*. Hasil pengukuran didapatkan lebar area regio sentral kaki (A) dan regio calcanea (B) dalam milimeter. *Staheli's Plantar Arch Index* dihitung dengan membagi nilai A dengan B ($PAI = A/B$).^{29,34,35}



Gambar 7. *Plantar Arch Index*.³²

2.3.3 Kategori *Plantar Arch Index*

Plantar Arch Index yang normal menurut *Pediatric Orthopaedic Society* terdapat dalam 2 Standar deviasi dari rata-rata populasi.³⁶

Tabel 3. Kategori *Plantar Arch Index*.

<i>Plantar Arch Index</i>	<i>Arcus Longitudinalis Medialis</i>	Diagnosis
$PAI > 2 SD + \text{rerata}$	Rendah	<i>Pes Planus</i>
$\text{Rerata} - 2 SD \leq PAI \leq \text{Rerata} + 2 SD$	Normal	Normal
$PAI < \text{Rerata} - 2 SD$	Tinggi	<i>Pes Cavus</i>

2.3.4 Faktor yang Mempengaruhi *Plantar Arch Index*

1) Faktor Genetik

Flat foot dapat diturunkan dalam keluarga seperti pada *Marfan Syndrome*, *Ehlers-Danlos syndrome*, *Down's syndrome*, *Osteogenesis imperfect*, *Muscular dystrophy*. Kelainan kongenital seperti *Tarsal coalition*, *Congenital vertical talus*, *Peroneal spastic flatfoot*.³⁰

2) Jenis Kelamin

Pes planus lebih sering terjadi pada anak laki-laki daripada anak perempuan pada kelompok anak-anak yang kelebihan berat badan, tetapi masih dalam persentase terkecil dari subjek yang diteliti.^{29,37}

3) Usia

Gambaran *pes planus* sebelum usia 3 tahun bersifat normal dan disebabkan oleh bantalan lemak subkutan yang tebal pada *plantar pedis*. Bantalan ini berkurang setelah mencapai usia 4-5 tahun.^{12,29} Prevalensi *flatfoot* berkurang secara signifikan seiring bertambahnya usia. Prevalensi pada anak usia tiga tahun, dilaporkan mencapai 54% dan pada kelompok berusia enam tahun telah dilaporkan mencapai 24%. Sebagian besar anak menunjukkan perkembangan kaki normal secara keseluruhan pada usia 12 tahun.³⁸ Tendo *m.tibialis posterior* dapat menjadi lemah setelah pemakaian jangka panjang dan mengalami robekan. Tendo *m. tibialis posterior* adalah penyokong utama dari *arcus pedis*.¹⁰

4) Kontraktur atau Deformitas

Kontraktur adalah pemendekan permanen dari otot atau sendi yang terjadi saat jaringan lunak di bawah kulit berkurang kelenturannya dan tidak dapat meregang. Kontraktur dapat menarik sendi dan mengubah posisi tulang menjadi abnormal. Kondisi ini juga dapat mengenai tendon dan ligamen, dan dapat terjadi di seluruh bagian tubuh. Kelemahan ligamen dan tendon menyebabkan *arcus pedis longitudinalis medialis* yang rendah.³⁷

5) Alas Kaki

Alas kaki dapat mempengaruhi *Arcus longitudinalis medialis pedis*. Sepatu yang sempit dan hak tinggi menyebabkan perubahan struktur *pedis*.³⁰

6) Obesitas

Pembebanan berulang dan berlebih akibat obesitas atau *overweight* dapat meregangkan *ligamenti* melebihi batas elastisnya, merusak jaringan lunak, meningkatkan risiko ketidaknyamanan pada *pedis* dan menyebabkan deformitas *pedis*.^{10,29,33,37}

2.3.5 Gangguan Pada *Arcus Longitudinalis Medialis*

1) *Pes Planus (Flatfeet)*

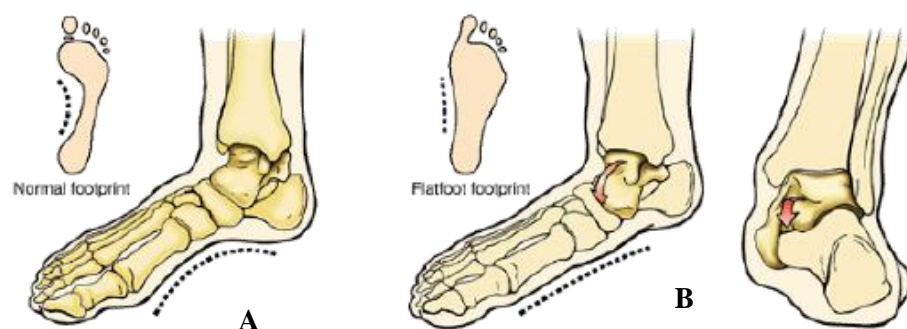
Gambaran *pes planus* sebelum usia 3 tahun bersifat normal dan disebabkan oleh bantalan lemak subkutan yang tebal pada telapak kaki. Seiring bertambahnya usia anak, lemak hilang, dan

terlihat *arcus longitudinalis medialis* yang normal. *Pes planus* adalah keadaan kaki dengan *arcus longitudinalis medialis* mendatar atau kolaps. *Caput tali* tidak lagi ditunjang, dan berat badan memaksanya ke bawah dan medial di antara *calcaneus* dan *os naviculare*. Kelainan ini jika dibiarkan berlangsung untuk waktu tertentu, *ligamentum plantare*, *ligamentum calcaneonaviculare*, dan medial dari *articulatio talocruralis* akan teregang secara permanen, dan tulang-tulang itu berubah bentuknya.^{9,10,12}

Pes planus dapat bersifat fleksibel (ceper bila menahan berat, tetapi normal bila tidak menahan berat) atau kaku (ceper meskipun tidak menahan berat). *Pes planus* lebih sering disebabkan oleh ligamentum intrinsik yang mengalami degenerasi atau hilang (topangan arcus pasif tidak adekuat). *Pes planus* fleksibel sering terjadi pada masa kanak-kanak tetapi biasanya hilang seiring bertambahnya usia, ligamentum tumbuh dan matang. Keadaan tersebut kadang menetap sampai dewasa dan dapat bersifat simtomatik atau tidak.^{9,12,30,37,39}

Pes planus kaku dengan riwayat masa lalu (masa kanak-kanak) kemungkinan disebabkan oleh deformitas tulang (fusi *ossa tarsi* yang berdekatan). *Pes planus akuisita* (*arcus jatuh*) kemungkinan disebabkan oleh disfungsi *m. tibialis posterior* karena trauma, degenerasi seiring bertambahnya usia, atau denervasi. Tanpa topangan pasif atau dinamik normal, *ligamentum*

calcaneonavicular plantare gagal menopang *caput tali* sehingga mengakibatkan *caput tali* bergeser ke inferomedial dan menjadi menonjol. beberapa perataan *pars medialis arcus longitudinalis* terjadi bersamaan dengan deviasi lateral kaki depan. *Pes planus* sering terjadi pada orang lanjut usia, terutama jika berdiri lama atau mengalami kenaikan berat badan secara cepat yang menambah tekanan pada otot-otot dan menambah tegangan pada ligamentum yang menopang arcus.^{9,12,37} Orang dengan *pes planus* maupun *pes cavus* berisiko besar mengalami nyeri kaki, nyeri lutut, fraktur, cedera kaki, dan fungsi kaki yang tidak optimal.^{10,30,40}



Gambar 8. (A) Pandangan *Arcus* Normal dan (B) *Arcus* jatuh.¹²

2) *Pes Cavus* (Clawfoot)

Pes cavus adalah keadaan kaki dengan arcus longitudinalis medialis terlalu tinggi. Kebanyakan kasus ini disebabkan ketidakseimbangan otot, dalam banyak hal akibat poliomyelitis.⁹

2.4 Kaki Sebagai Unit Fungsional

2.4.1 Kaki Sebagai Penyokong Berat Badan dan Pengungkit

Kaki mempunyai dua fungsi utama yaitu menyokong berat badan dan bekerja sebagai pengungkit untuk memajukan tubuh sewaktu berjalan dan berlari. Susunan kaki bersegmen dengan banyak sendi, sehingga kaki bersifat fleksibel dan dapat menyesuaikan diri terhadap permukaan yang tidak rata.⁹

2.4.2 Fungsi Penggerak Maju dari Kaki

Sewaktu berdiri diam, berat badan didistribusikan melalui *calcaneus* (di belakang) dan *caput ossis metatarsi* (di depan), termasuk kedua *os sesamoideum* di bawah *caput metatarsale I*.⁹

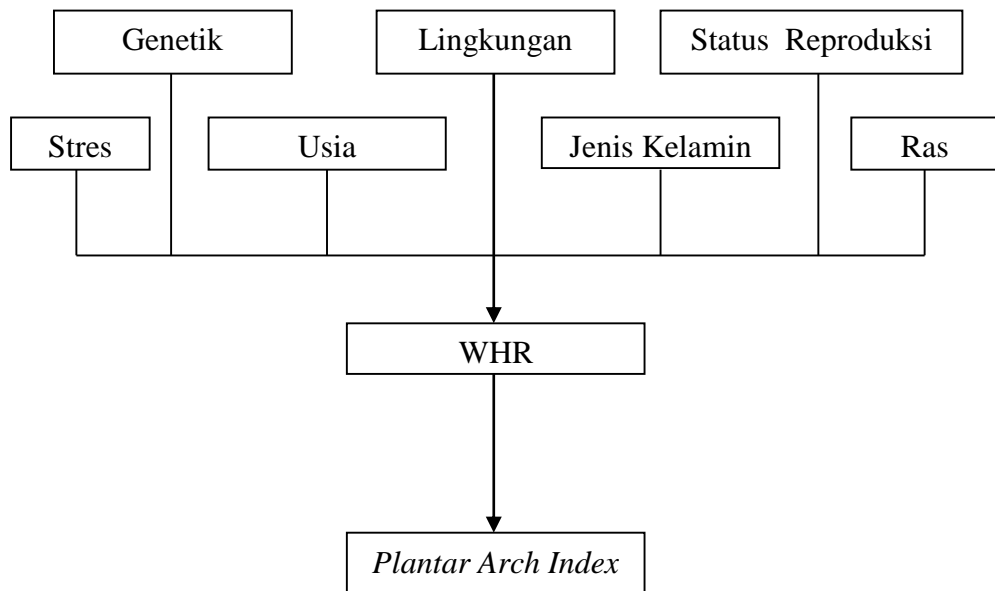
Sewaktu berjalan, berat badan didorong ke depan, berat itu berturut-turut ditahan oleh tepian lateral kaki dan *caput ossis metatarsi*. Sewaktu tumit atau *calcaneus* terangkat, jari-jari kaki ekstensi pada *articulationes metatarsophalangea* dan *aponeurosis plantaris* tertarik sehingga memendekkan tali penahannya dan meninggikan *arcus longitudinalis*. *Tendo otot flexor longus* yang tadinya kendur menjadi kencang. Tubuh kemudian terdorong ke depan oleh kerja dari *m. gastrocnemius*, *m. soleus* dan *m. plantaris* pada sendi pergelangan kaki, menggunakan kaki sebagai pengungkit, dan jari-jari kaki yang mengalami fleksi kuat oleh otot-otot *flexor longus* dan otot-otot *flexor brevis* kaki, mengakibatkan dorongan akhir ke depan.⁹

2.5 Hubungan *Waist Hip Ratio* dengan *Plantar Arch Index*

Arcus pedis tidak hanya bekerja sebagai penyerap benturan namun juga sebagai pengungkit selama berjalan, berlari, dan melompat. Berat tubuh dipindahkan dari *tibia* ke *talus*, kemudian beban ditransmisi ke posterior ke *calcaneus* dan ke anterior ke *ball of the foot* dan beban atau tekanan tersebut dibagi ke lateral dengan *caput metatarsi III-V* jika perlu untuk keseimbangan dan kenyamanan. *Arcus pedis* relatif elastik, yang menjadi agak rata karena berat tubuh selama berdiri. Arcus dalam keadaan normal mendapatkan kembali kurvaturanya bila tubuh diangkat.^{9,12}

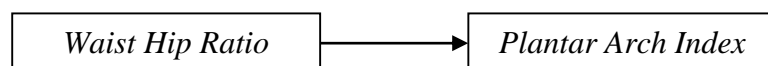
Arcus longitudinalis medialis adalah arcus pedis yang paling penting dalam klinik. Bentuk tulang, ligamen yang kuat, terutama pada permukaan *plantar pedis*, dan tonus otot, semuanya berperan penting untuk menunjang arcus. Bila otot lelah oleh latihan berlebihan, berdiri dalam waktu lama, kegemukan, atau oleh penyakit, penyangga muscular hilang, ligamen-ligamen teregang dan timbullah rasa nyeri.⁹ WHR dapat menunjukkan distribusi lemak tubuh terutama di daerah abdomen dan panggul. Akumulasi lemak berkaitan dengan pembebanan tubuh. Pembebanan berulang dan berlebih akibat obesitas atau *overweight* dapat meregangkan *ligamenti* melebihi batas elastisnya, merusak jaringan lunak, meningkatkan risiko ketidaknyamanan pada *pedis* dan mengembangkan deformitas pada *pedis*.^{9,12,41} *Arcus longitudinalis medialis* secara kuantitatif dinilai menggunakan *plantar arch index*.³⁰

2.6 Kerangka teori



Gambar 9. Kerangka Teori

2.7 Kerangka Konsep



Gambar 10. Kerangka Konsep

2.8 Hipotesis

Terdapat hubungan antara *waist hip ratio* dengan *plantar arch index* pada mahasiswi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.