

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Keseimbangan

##### 1. Definisi Keseimbangan

Keseimbangan tubuh merupakan fondasi fundamental bagi setiap individu dalam beraktivitas. Hal ini dapat didefinisikan sebagai kapasitas untuk mempertahankan proyeksi pusat gravitasi tubuh (*Center Of Gravity*) di dalam batas area penyangga (*Base Of Support*), baik dalam kondisi statis maupun dinamis (Putri *et al.*, 2019). Sedangkan menurut (Escolano-Pérez *et al.*, 2021), keseimbangan tubuh didefinisikan sebagai kemampuan untuk mempertahankan posisi tubuh terhadap gaya gravitasi, baik dalam keadaan statis maupun dinamis. Keseimbangan ini melibatkan koordinasi kompleks antara sistem saraf, muskuloskeletal, dan sensorik untuk menjaga pusat massa tubuh dalam batas penyangga. Keseimbangan memungkinkan manusia mempertahankan stabilitas dalam berbagai posisi dan aktivitas, dan memfasilitasi pelaksanaan tugas-tugas sehari-hari dengan efisien dan aman, mulai dari mempertahankan postur tubuh saat duduk atau berdiri hingga melakukan gerakan kompleks seperti berjalan di permukaan yang tidak rata atau mengangkat benda berat (Marcolin *et al.*, 2022).

Keseimbangan terbagi menjadi empat jenis, keseimbangan statis, keseimbangan dinamis, keseimbangan antisipatif, dan keseimbangan reaktif.

a. Keseimbangan Statis

Menurut (Krawczyk-suszek *et al.*, 2022), keseimbangan statis merujuk pada kemampuan mempertahankan posisi tubuh saat diam. Serupa dengan menurut (Batubara & Sinaga, 2021), keseimbangan statis merujuk pada kemampuan untuk mempertahankan posisi tubuh yang stabil dalam keadaan tidak bergerak.

Informasi visual merupakan kontributor utama dalam kontrol postur. Ketika mata terbuka, otak menerima umpan balik visual yang membantu menjaga tubuh tetap seimbang. Ketika mata ditutup, sistem visual berhenti memberikan masukan, sehingga tubuh harus mengandalkan sistem vestibular (telinga bagian dalam) dan somatosensoris (rangsangan dari otot, sendi dan kulit) untuk mempertahankan keseimbangan (Zhu *et al.*, 2021).

b. Keseimbangan Dinamis

Keseimbangan dinamis merupakan kemampuan mempertahankan keseimbangan selama bergerak (Krawczyk-suszek *et al.*, 2022). Serupa dengan teori lain, keseimbangan dinamis melibatkan kemampuan mempertahankan keseimbangan selama bergerak, seperti berjalan, berlari, atau melompat (Maa *et al.*, 2016).

c. Keseimbangan Antisipatif

Keseimbangan antisipatif bergantung pada pengolahan informasi sensorik serta pengalaman yang telah dimiliki sebelumnya untuk memprediksi gangguan yang mungkin muncul (Hasan *et al.*, 2020).

d. Keseimbangan Reaktif

Di sisi lain, keseimbangan reaktif berfungsi sebagai respons otomatis terhadap gangguan eksternal yang tiba-tiba dan dapat mengancam posisi tubuh yang tegak (Hasan *et al.*, 2020).

Kondisi kehilangan keseimbangan terjadi ketika pusat massa tubuh melewati batas area penyangga. Sekitar dua pertiga dari massa tubuh terletak pada ketinggian yang setara dengan dua pertiga tinggi badan di atas area penyangga yang relatif sempit, postur serta gaya berjalan bipedal manusia memiliki risiko instabilitas yang cukup tinggi. Risiko ini semakin meningkat ketika area penyangga berkurang secara signifikan, terutama saat seseorang berdiri dengan satu kaki (Nnodim *et al.*, 2015).

2. Fisiologi Sistem-Sistem Keseimbangan

Beberapa sistem fisiologis berkolaborasi secara harmonis untuk menjaga keseimbangan tubuh, termasuk sistem visual yang memberikan informasi tentang orientasi tubuh terhadap lingkungan sekitar, sistem vestibular yang mendeteksi perubahan posisi dan gerakan kepala melalui organ-organ sensorik di telinga bagian dalam, dan sistem proprioseptif yang menyediakan informasi tentang posisi dan gerakan

anggota tubuh melalui reseptor sensorik di otot, tendon, dan sendi (Marcolin *et al.*, 2022). Sistem saraf pusat mengintegrasikan informasi dari ketiga sistem ini untuk menghasilkan respons motorik yang sesuai, memungkinkan tubuh untuk melakukan penyesuaian postural yang diperlukan untuk mempertahankan keseimbangan (Whitmore *et al.*, 2023). Otak kecil memainkan peran penting dalam koordinasi gerakan dan pembelajaran motorik, membantu menyempurnakan respons postural dan mengantisipasi gangguan keseimbangan. Kontrol motorik yang efektif, yang dimediasi oleh sistem saraf pusat, berperan krusial dalam menghasilkan gerakan terkoordinasi dan mempertahankan stabilitas postural, yang melibatkan aktivasi otot-otot sinergis untuk mengoreksi setiap instabilitas dan mempertahankan posisi yang diinginkan.

Mempertahankan keseimbangan dalam tubuh manusia merupakan proses yang kompleks yang melibatkan berbagai sistem fisiologis, dengan sistem vestibular, visual, dan somatosensori berperan sebagai kontributor utama (Vadzyuk *et al.*, 2020).

a. Sistem Vestibular

Sistem vestibular, yang terletak di dalam telinga dalam, sangat penting dalam mendeteksi gerakan kepala dan perubahan gravitasi, yang esensial untuk orientasi spasial dan persepsi keseimbangan (Nist-Lund *et al.*, 2019). Mekanisme sensorik yang rumit ini memberikan otak informasi vital mengenai percepatan kepala, kecepatan sudut, dan kemiringan kepala

statis, memungkinkan penyesuaian kompensasi untuk mempertahankan stabilitas postural (Krawczyk-suszek *et al.*, 2022).

b. Sistem Visual

Sistem visual berkontribusi dengan memproses informasi lingkungan, mengenali posisi objek, dan mendeteksi gerakan relatif (Madhusudanan, 2022). Masukan visual diintegrasikan dengan sinyal vestibular untuk menciptakan pemahaman komprehensif tentang orientasi tubuh dalam lingkungannya (Kundakci *et al.*, 2018). Namun, ketika informasi visual terganggu atau tidak dapat diandalkan, kemampuan tubuh untuk mempertahankan keseimbangan menjadi sangat terganggu, menunjukkan ketergantungan antar sistem sensorik ini (Ng *et al.*, 2020).

c. Sistem Somatosensori

Sistem somatosensori menggunakan berbagai reseptor di kulit, otot, dan sendi untuk menyampaikan informasi tentang posisi dan gerakan tubuh, terutama pada ekstremitas bawah. Sistem somatosensori ditandai dengan proprioseptif, yang memungkinkan individu untuk merasakan posisi dan gerakan tubuh mereka tanpa konfirmasi visual (Furmanek *et al.*, 2018). Hal ini sangat penting untuk pengendalian postur dan keseimbangan, terutama ketika penglihatan terganggu atau tubuh berada di permukaan yang tidak stabil, serta untuk

mengendalikan postur. Defisit proprioseptif dapat menyebabkan gangguan keseimbangan dan peningkatan risiko cedera, terutama pada atlet dan individu dengan kelainan postural seperti *flat foot* (Čuj *et al.*, 2025; Marcolin *et al.*, 2022).

Selain input sensorik, sistem muskuloskeletal berperan penting dalam keseimbangan. Otot inti memberikan stabilisasi tubuh bagian tengah, sedangkan otot tungkai bawah seperti otot paha, betis, dan pergelangan kaki menopang berat badan dan mengatur respons terhadap gangguan keseimbangan. *Arcus* medial kaki sangat penting untuk pendistribusian berat badan dan memberikan respons sensorik (Sui *et al.*, 2022).

Integrasi informasi sensorik dari sistem vestibular, visual, dan somatosensori, dikombinasikan dengan kontribusi biomekanik sistem muskuloskeletal, menciptakan sistem dinamis dan adaptif untuk mempertahankan keseimbangan. Sistem saraf pusat, khususnya cerebellum, bertindak sebagai pusat integrasi, secara terus-menerus membandingkan sinyal efferent dan afferent untuk menyesuaikan ketidaksesuaian, memastikan gerakan yang lancar dan terkoordinasi (Maas *et al.*, 2020).

### 3. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Keseimbangan

Sejumlah faktor dapat memengaruhi keseimbangan tubuh, termasuk usia, tingkat kebugaran fisik, kondisi medis tertentu, dan faktor lingkungan. Penurunan fungsi sensorik dan motorik terkait usia dapat

mengurangi kemampuan seseorang untuk mempertahankan keseimbangan, meningkatkan risiko jatuh (Pau *et al.*, 2019).

a. Usia

Usia merupakan faktor penentu yang signifikan dalam memengaruhi stabilitas postural individu, terutama selama masa perkembangan yang dialami oleh anak-anak dan remaja (Hegazy *et al.*, 2021). Perkembangan sistem sensorik dan motorik yang terjadi selama masa kanak-kanak dan remaja memainkan peran penting dalam meningkatkan kontrol postural dan koordinasi gerakan (Ludwig *et al.*, 2020).

b. Kekuatan Otot

Keseimbangan didefinisikan sebagai kemampuan untuk mempertahankan pusat massa tubuh (*center of mass*) di dalam bidang tumpuan (*base of support*), suatu proses kompleks yang melibatkan integrasi antara sistem sensorik, motorik, dan kognitif (Cheillan *et al.*, 2025). Kekuatan otot memegang peranan krusial dalam menjaga keseimbangan, terutama kekuatan otot inti, otot ekstremitas bawah, dan otot-otot stabilisator pergelangan kaki, yang bekerja sinergis untuk menghasilkan kontrol postural yang efektif (Moreno-Muñoz *et al.*, 2021).

c. Kondisi Sistem Sensorik (Vestibular, Visual, dan Somatosensorik)

Keseimbangan tubuh merupakan fungsi kompleks yang melibatkan integrasi informasi dari berbagai sistem sensorik, memungkinkan manusia untuk mempertahankan postur dan orientasi yang stabil dalam ruang. Tiga sistem sensorik utama yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan adalah sistem vestibular, sistem visual, dan sistem somatosensorik, masing-masing memberikan kontribusi unik terhadap kesadaran spasial dan kontrol postural. Sistem vestibular, yang terletak di telinga bagian dalam, bertanggung jawab untuk mendeteksi perubahan posisi dan orientasi kepala dalam ruang, memberikan informasi penting tentang percepatan linier dan angular yang memungkinkan tubuh untuk menyesuaikan posturnya secara tepat (Rasman *et al.*, 2018).

4. Instrument Keseimbangan

Penilaian keseimbangan tubuh seseorang memerlukan evaluasi menyeluruh terhadap kemampuan keseimbangan statis dan dinamis, yang mengharuskan penggunaan alat ukur standar dan objektif yang disesuaikan dengan jenis keseimbangan yang dievaluasi (Polak *et al.*, 2022).

a. *Single Leg Stance Test*

*Single Leg Stance Test* (SLST) adalah alat penilaian klinis yang tampak sederhana namun sangat informatif, digunakan

untuk mengevaluasi secara kuantitatif kemampuan keseimbangan statis individu, sekaligus memberikan gambaran tentang hubungan kompleks antara kontrol neuromuskular dan stabilitas postural (Polak *et al.*, 2022). Pada dasarnya, SLST meminta peserta untuk mempertahankan postur tegak yang stabil sambil berdiri di atas satu kaki, dengan kaki lawan dalam posisi fleksi, sehingga meminimalkan kontribusinya terhadap menjaga keseimbangan (Whitmore *et al.*, 2023). Selama tes, pemeriksa mencatat secara teliti durasi yang dapat dipertahankan oleh individu dalam posisi berdiri dengan satu kaki, memulai timer saat kaki yang tidak menahan berat badan diangkat dari tanah dan menghentikannya saat terjadi indikasi ketidakstabilan, seperti menyentuh tanah dengan kaki yang terangkat, perpindahan kaki yang menahan berat badan untuk mengembalikan keseimbangan, atau deviasi besar lainnya dari postur yang telah ditentukan (Rosa Grazia *et al.*, 2022).

Uji keseimbangan statis SLST dirancang untuk mengukur keseimbangan statis dengan cara meminta peserta untuk berdiri tanpa dukungan menggunakan satu kaki. Saat ini, belum ada kesepakatan yang jelas mengenai prosedur SLST, tetapi umumnya peserta diminta untuk berdiri selama 30 atau 45 detik dengan posisi tangan disilangkan di dada atau menyentuh pinggul. SLST dapat dilakukan baik dengan sepatu maupun tanpa sepatu, serta menggunakan kaki dominan atau non-

dominan. Selain itu, uji ini dapat dimulai dengan mata terbuka dan dilanjutkan dengan mata tertutup. Waktu peserta diukur mulai dari saat kaki mereka terangkat dari lantai hingga berhenti ketika kaki menyentuh tanah, kaki penopang berpindah, kaki yang menggantung menyentuh kaki penopang, mata terbuka saat uji mata tertutup, lengan dilepaskan atau tidak lagi menyentuh pinggul, atau jika waktu maksimum yang ditentukan telah tercapai (Omaña *et al.*, 2021).

*Single Leg Stance Test* (SLST) dapat dilakukan dalam kondisi mata terbuka maupun mata tertutup untuk mengevaluasi peran sistem sensorik yang berbeda dalam menjaga keseimbangan statis. Kondisi mata terbuka memungkinkan individu menerima informasi visual yang membantu tubuh menstabilkan pusat massa melalui umpan balik dari lingkungan, sedangkan kondisi mata tertutup menghilangkan input visual sehingga tubuh harus bergantung lebih besar pada sistem proprioseptif dan vestibular untuk mempertahankan postur. Penelitian menunjukkan bahwa kemampuan menjaga keseimbangan cenderung lebih baik saat mata terbuka dibandingkan mata tertutup, karena visual berperan besar dalam integrasi sensorik untuk kontrol postur statis, dan ujian dengan mata tertutup dapat memperlihatkan defisit dalam sistem sensorik non-visual yang tersembunyi ketika visual tidak tersedia (Bednarczuk *et al.*, 2021; Kamieniarz *et al.*, 2025).

Dengan demikian, membandingkan SLST mata terbuka dan tertutup tidak hanya mengukur durasi berdiri satu kaki, tetapi juga kemampuan tubuh untuk mengatur dan mere-integrasikan informasi sensorik ketika salah satu sistem, yang relevan dalam menilai dampak kondisi seperti flat foot terhadap kontrol postural (Polak et al., 2022; Omaña et al., 2021).

b. *Y Balance Test*

Dalam pelaksanaan *Y Balance Test*, partisipan diinstruksikan untuk berdiri dengan satu kaki sebagai tumpuan di tengah *platform*, yang berfungsi sebagai titik sentral koordinat spasial (Fratti Neves, 2017). Kaki yang tidak menumpu kemudian digunakan untuk menjangkau sejauh mungkin ke tiga arah yang telah ditentukan, yaitu arah anterior (depan), posteromedial (belakang-samping dalam), dan posterolateral (Rosa Grazia et al., 2022). Jarak yang dicapai dalam setiap arah diukur dan dinormalisasi terhadap panjang tungkai partisipan, memberikan persentase jarak jangkauan relatif (Polak et al., 2022). Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi asimetri fungsional antara sisi tubuh dan potensi defisit keseimbangan (Chu & Chen, 2017). Nilai interpretasi *Y Balance Test* yang dianggap normal adalah 95%, sedangkan dibawah 95% memiliki resiko tidak seimbang yang besar (Alnahdi et al., 2015).

## B. Anatomi Fisiologi Kaki

### 1. Anatomi Kaki

Anatomi *arcus plantar* yang kompleks merupakan landasan utama biomekanika muskuloskeletal manusia, berperan penting dalam menopang beban, meredam gaya impact, serta menjalankan fungsi postural statis dan aktivitas lokomotor dinamis secara efisien (Šutvajová *et al.*, 2020). Kaki memiliki kerangka struktural yang canggih terdiri dari tiga sistem *arcus* yang berbeda, *arcus* longitudinal medial, *arcus* longitudinal lateral, dan *arcus* transversal, yang bekerja secara sinergis untuk mengoptimalkan distribusi berat badan dan meredam gaya reaksi tanah selama berjalan. *Arcus* longitudinal medial, yang ditandai dengan ketinggian dan sifat elastisnya yang unik, berperan krusial dalam mempertahankan keseimbangan postural dan mengatur penyebaran tekanan plantar selama siklus berjalan (Schuster *et al.*, 2024).

Secara khusus, individu dengan *flat foot* sering menunjukkan kemampuan yang terbatas dalam menyalurkan gaya impact secara efisien yang mana kombinasi ini berpotensi mengganggu sistem kontrol keseimbangan statis dan dinamis (Huang *et al.*, 2024). Sebaliknya, individu dengan postur kaki normal memiliki *arcus* longitudinal medial yang jelas, yang memfasilitasi distribusi beban optimal di permukaan plantar dan berkontribusi pada stabilitas postural yang lebih baik. Kehadiran struktur *arcus* yang utuh memberikan pondasi yang stabil, meningkatkan umpan balik proprioseptif, dan memfasilitasi pola gerakan yang efisien selama aktivitas fisik, terutama pada populasi

atletik di mana respons keseimbangan yang cepat dan presisi sangat penting (Brockett & Chapman, 2016).

Memahami hubungan yang kompleks antara morfologi *arcus* kaki, distribusi tekanan plantar, dan stabilitas postural sangat penting untuk merancang intervensi yang ditargetkan guna mencegah cedera dan mengoptimalkan kinerja fungsional pada berbagai populasi. Kaki dan pergelangan kaki, sebuah struktur biomekanik yang rumit, sangat penting untuk menjaga postur tubuh tetap tegak, memungkinkan pergerakan, dan menyerap gaya reaksi tanah selama berbagai aktivitas (Elattar *et al.*, 2023). *Arcus* kaki, termasuk *arcus* longitudinal medial, *arcus* longitudinal lateral, dan *arcus* transversal, memainkan peran penting dalam fungsi-fungsi ini (Bell, 2019). *Arcus-arcus* ini dibentuk oleh susunan tulang, ligamen, dan tendon yang rumit, yang bekerja sama untuk memberikan stabilitas, fleksibilitas, dan penyerapan benturan (Tedeschi *et al.*, 2024).

## 2. Normal *Foot*

Normal *foot* menggambarkan konfigurasi biomekanik yang optimal dari kaki manusia, di mana struktur lengkung kaki, terutama lengkung longitudinal medial, menunjukkan posisi fisiologis yang seimbang. Dalam kondisi ideal ini, kaki menunjukkan tiga lengkung utama yang bekerja secara harmonis untuk melaksanakan beragam fungsi penting (Angin & Demırbüken, 2020).

Dalam keadaan normal, kaki memiliki tiga *arcus* utama yang berfungsi secara sinergis: *arcus* longitudinal medial, *arcus* longitudinal lateral, dan *arcus* transversal (Angin & Demirbüken, 2020).

a. *Arcus* Longitudinal Medial

*Arcus* longitudinal medial, yang paling menonjol, membentang dari tumit hingga kepala metatarsal pertama, dibentuk oleh tulang calcaneus, talus, navicular, cuneiform medial, dan metatarsal pertama. *Arcus* ini berperan penting dalam fleksibilitas kaki dan kemampuannya untuk beradaptasi dengan berbagai permukaan (Angin & Demirbüken, 2020).

b. *Arcus* Longitudinal Lateral

*Arcus* longitudinal lateral, yang lebih rendah dan kurang fleksibel, terdiri dari calcaneus, cuboid, dan metatarsal kelima, memberikan dukungan dan stabilitas pada sisi lateral kaki (Angin & Demirbüken, 2020).

c. *Arcus* Transversal

*Arcus* transversal, yang berjalan melintang di sepanjang kaki, dibentuk oleh tulang metatarsal dan tulang-tulang tarsal, berperan dalam mendistribusikan beban dan mempertahankan integritas struktural kaki (Angin & Demirbüken, 2020).

Dalam permainan bola basket, kaki memainkan peran krusial dalam menunjang berbagai gerakan atletik seperti berlari cepat (sprint), melompat vertikal, mendarat, bergerak lateral (slide), melakukan perubahan arah (pivot), dan menjaga posisi tubuh saat bertahan. Seluruh

gerakan tersebut sangat bergantung pada stabilitas kaki, kekuatan otot-otot kaki, dan integritas lengkungan kaki untuk menyerap beban serta mempertahankan keseimbangan tubuh (Pangestu *et al.*, 2022).

Struktur ini memungkinkan kaki untuk beradaptasi dengan berbagai permukaan dan memberikan propulsi yang efisien saat melakukan aktivitas eksplosif (Clark *et al.*, 2021). Gerakan eksplosif seperti jump shot dan lay-up memerlukan transfer gaya dari tungkai bawah ke atas tubuh secara efisien. Jika struktur kaki terganggu, maka distribusi gaya menjadi tidak optimal, mengakibatkan penurunan performa, cepat lelah, hingga meningkatkan risiko cedera. Lengkungan kaki medial (medial longitudinal arch) berperan penting dalam menyerap guncangan dan membantu adaptasi kaki terhadap berbagai posisi saat bergerak. Struktur ini sangat penting terutama pada saat landing dari lompatan dan saat melakukan perubahan arah mendadak. Kemampuan ini sangat bergantung pada kerja seluruh komponen kaki secara terintegrasi, termasuk otot, tendon, dan sistem kontrol saraf (Buchmann *et al.*, 2025).

Ketidakseimbangan tersebut dapat berasal dari berbagai faktor, termasuk kelainan anatomis atau kelemahan otot, yang berpotensi memengaruhi kemampuan pemain dalam melakukan gerakan-gerakan spesifik bola basket, seperti melompat, berlari, dan mengubah arah dengan cepat (Ghani *et al.*, 2022). Oleh karena itu, evaluasi terhadap struktur dan fungsi kaki sangat penting dalam konteks performa olahraga, termasuk permainan bola basket yang menuntut keseimbangan statis dan dinamis secara optimal.

### 3. *Flat Foot*

*Pes planus*, yang umumnya dikenal sebagai *flat foot*, adalah kondisi muskuloskeletal yang ditandai dengan berkurangnya atau hilangnya *arcus* longitudinal medial yang mengakibatkan area kontak yang lebih luas antara permukaan plantar kaki dan tanah (Cheng *et al.*, 2021). *Flat foot*, ditandai dengan hilangnya atau berkurangnya *arcus* longitudinal medial kaki, bukan sekadar kelainan anatomis yang tidak berbahaya, melainkan kondisi kompleks yang berpotensi menimbulkan konsekuensi signifikan terhadap fungsi fisiologis dan biomekanik sistem muskuloskeletal (Gabriel *et al.*, 2021).

Etiologi *flat foot* dapat diklasifikasikan secara luas menjadi faktor kongenital, yang berasal dari kelainan perkembangan bawaan, dan faktor didapat, yang disebabkan oleh penggunaan yang kurang optimal dari otot-otot intrinsik kaki dan struktur ligamen. Kerusakan integritas *arcus* pada individu dengan kaki datar menyebabkan pola distribusi tekanan plantar yang abnormal selama aktivitas yang melibatkan beban berat, yang meningkatkan risiko ketidakstabilan postural dan penurunan kontrol neuromuskular (Cen *et al.*, 2021).

Dalam kondisi normal, arsitektur *arcus* kaki yang rumit berfungsi sebagai mekanisme peredam kejutan yang sangat efisien dan pegas yang kuat, memungkinkan distribusi gaya reaksi tanah yang optimal selama aktivitas lokomotor (Babović *et al.*, 2023). *Arcus* kaki ini sangat penting untuk menyerap gaya dampak saat kaki bersentuhan dengan tanah, mengurangi tekanan pada sendi proksimal dan memfasilitasi pergerakan

yang efisien (Angin & Demirbüken, 2020). Individu dengan *flat foot* mengalami gangguan pada fungsi penting ini, sehingga memicu serangkaian konsekuensi biomekanik dan fisiologis yang saling berhubungan yang dapat memengaruhi secara signifikan efisiensi gerakan, stabilitas postural, dan risiko cedera muskuloskeletal (Hegazy *et al.*, 2021).

#### 4. Instrument *Flat Foot*

*Clarke's angle*, sebuah pengukuran penting dalam biomekanik kaki, diperoleh dari analisis telapak kaki, khususnya melalui podografi, yang memberikan penilaian kuantitatif terhadap lengkungan longitudinal medial kaki. Sudut ini dibuat menggunakan dua garis berbeda yang berasal dari telapak kaki (Vedi *et al.*, 2019). Garis pertama berawal dari bagian medial tumit hingga titik paling medial pada kepala metatarsal pertama, sementara garis kedua menghubungkan titik tumit yang sama dengan lekukan terdalam pada *arcus* medial (Hegazy *et al.*, 2021).

Sudut yang terbentuk pada telapak kaki atau gambaran plantar mencerminkan hubungan antara aspek medial kaki dan garis yang menghubungkan malleolus medial dengan tulang metatarsal pertama. *Clarke's angle* sebesar  $42^\circ$  atau lebih umumnya menunjukkan lengkung normal, yang berarti *arcus* longitudinal medial terbentuk dengan baik dan memberikan dukungan yang memadai serta penyerapan tekanan selama aktivitas yang melibatkan beban berat (Vedi *et al.*, 2019). Interpretasi *clarke's angle* dapat dibagi menjadi:

202210490311124  
Zakiyatul Dwi Fitrianti  
Prodi Fisioterapi

- a. Normal *foot* : *Clarke's Angle* 42°-54°
- b. *Flat foot* ringan : *Clarke's Angle* 35°-41°
- c. *Flat foot* sedang : *Clarke's Angle* 30°-35°
- d. *Flat foot* berat : *Clarke's Angle* <30°

*Navicular drop test* merupakan metode kuantitatif yang digunakan secara klinis untuk mengukur derajat pronasi subtalar dan fleksibilitas *arcus* medial longitudinal kaki (Vedi *et al.*, 2019). Prosedur ini melibatkan pengukuran perbedaan ketinggian posisi tulang *navicular* antara posisi kaki yang tidak menahan beban (*non-weight bearing*) dan posisi menahan beban penuh (*full weight bearing*) (Brijwasi & Borkar, 2023). Teknik ini memberikan wawasan mengenai kemampuan *arcus* kaki untuk beradaptasi terhadap beban dan berfungsi sebagai indikator stabilitas dinamis kaki. Pelaksanaan *Navicular Drop Test* dimulai dengan mengidentifikasi dan menandai tulang *navicular* pada pasien dalam posisi duduk, dimana kaki dalam keadaan tidak menahan beban (Marouvo, Sousa, *et al.*, 2021). Palpasi yang cermat diperlukan untuk menentukan titik tertinggi tulang *navicular*, yang kemudian ditandai dengan spidol kulit. Ketinggian tulang *navicular* dari lantai diukur menggunakan jangka geser atau alat pengukur yang sesuai, memastikan bahwa alat tersebut sejajar dengan aspek medial kaki untuk mendapatkan pembacaan yang akurat. Pengukuran ini dicatat sebagai ketinggian *navicular* tanpa beban. Selanjutnya, pasien diminta untuk berdiri tegak dengan kedua kaki menumpu berat badan secara merata. Posisi ini memungkinkan lengkung kaki untuk memendek dan pronasi

subtalar terjadi. Ketinggian tulang navicular diukur kembali dengan cara yang sama seperti sebelumnya, dan pembacaan ini dicatat sebagai ketinggian navicular saat menahan beban. Selisih antara kedua pengukuran tersebut, dalam milimeter, merupakan *Navicular Drop*, yang menunjukkan sejauh mana *arcus* kaki turun saat menahan beban (Marouvo, Sousa, et al., 2021).

Interpretasi *navicular drop test* didasarkan pada besarnya pergeseran vertikal tuberositas navicular saat kaki pada posisi netral subtalar tanpa beban ke berdiri dengan penuh beban (Pohl et al., 2018). Penurunan navicular kurang dari 5mm biasanya mengindikasikan kondisi *high arcus*, atau *pes cavus*, yang mana kaki menunjukkan pronasi terbatas dan kemampuan penyerapan guncangan yang berkurang, yang membuat individu berpotensi rentan terhadap kondisi plantar fasciitis, metatarsalgia, dan fraktur karena meningkatnya kekakuan dan menurunnya fleksibilitas kaki (Vedi et al., 2019). Sebaliknya, penurunan navicular dalam kisaran 5 mm – 9 mm umumnya dianggap dalam batas normal, yang menunjukkan tinggi *arcus* yang sehat dan fungsional yang memungkinkan pronasi dan supinasi yang memadai selama berjalan, sehingga memfasilitasi penyerapan guncangan dan dorongan yang efisien. Penurunan navicular yang melebihi 10 mm mengindikasikan *flat foot*, atau *pes planus*, kelainan bentuk, yang ditandai dengan pronasi berlebihan dan runtuhnya *arcus* longitudinal medial (Vedi et al., 2019).

### C. Hubungan antara Keseimbangan dan Anatomi Fisiologi Kaki

Anatomi dan fisiologi kaki yang kompleks merupakan faktor penting dalam menjaga stabilitas dan keseimbangan tubuh (MS *et al.*, 2022). Struktur kaki, yang terdiri dari interaksi kompleks antara tulang, ligamen, dan otot, sangat penting dalam mendistribusikan berat badan, menyerap tekanan, dan memberikan dorongan selama pergerakan (Sanchis-Sales *et al.*, 2017). Kaki berfungsi sebagai *interface* antara tubuh dan tanah, menunjukkan kemampuan unik untuk berfungsi sebagai struktur rigid saat menahan beban dan fleksibel untuk beradaptasi dengan berbagai jenis permukaan (Angin & Demirbüken, 2020). Otot-otot intrinsik kaki, yang *origin* dan *insertio*-nya berada di dalam kaki, berperan dalam stabilitas dan mobilitas sendi-sendi kaki (Fukuyama *et al.*, 2024). Otot-otot ini memainkan peran penting dalam menyesuaikan gaya reaksi tanah melalui penyesuaian aktif otot-otot seperti fleksor plantar, tibialis anterior, dan otot betis (Wei *et al.*, 2022). Tindakan mereka secara dinamis mengontrol *arcus* kaki, memastikan fungsi biomekanik yang optimal selama berdiri, berjalan, dan berlari (Kow *et al.*, 2021). *Arcus* kaki, termasuk *arcus* longitudinal medial, *arcus* longitudinal lateral, dan *arcus* transversal, sangat penting untuk penyerapan benturan dan transfer energi yang efisien (Šutvajová *et al.*, 2020). Perbedaan anatomi, seperti tonjolan tuberculum peroneal yang menonjol atau adanya otot peroneal tambahan, dapat berkontribusi pada masalah tendon, menyoroti hubungan yang kompleks antara struktur dan fungsi kaki (Kisamori *et al.*, 2022).