

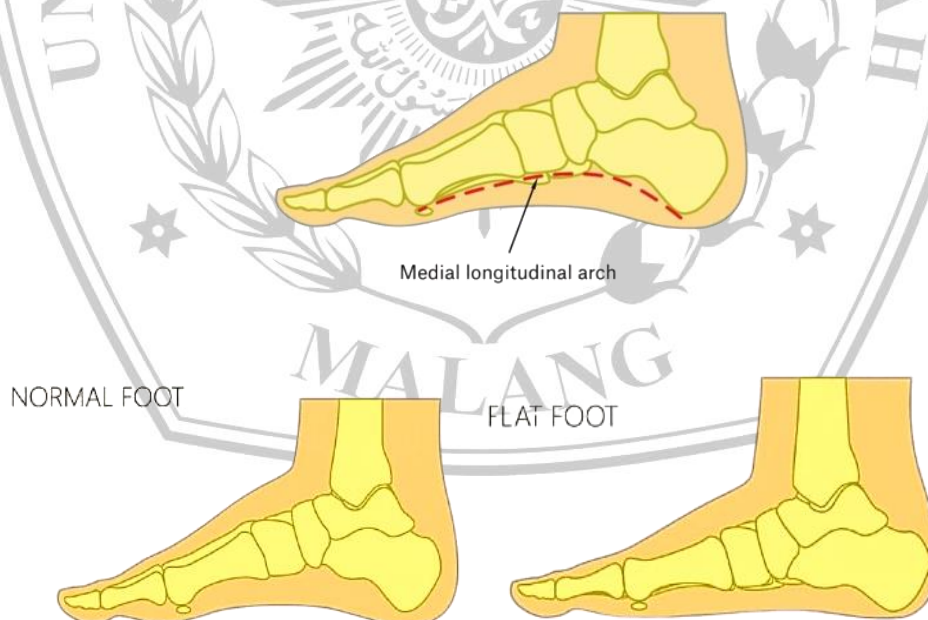
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Flatfoot

##### 1. Definisi

*Flatfoot (pes planus)* atau sering disebut kaki datar merupakan salah satu kondisi berkurang atau hilangnya arkus medial longitudinal kaki (*medial longitudinal arch*) yang disertai dengan pronasi kaki berlebih (Atik 2014). *Flatfoot* dapat terjadi karena berbagai faktor, seperti faktor genetik/keturunan, keterlambatan perkembangan lengkung arkus kaki, hipermobilitas ligamen, dan kelemahan otot intrinsik kaki. Penekanan pada sendi subtalar mengakibatkan rotasi internal tibia (overpronasi pergelangan kaki) sehingga memicu pergeseran *alignment* panggul ke arah anterior yang turut merubah struktur tubuh serta COG (Sativani and Pahlawi 2020).



Gambar 2.1 Perbandingan Arkus Kaki

## 2. Klasifikasi

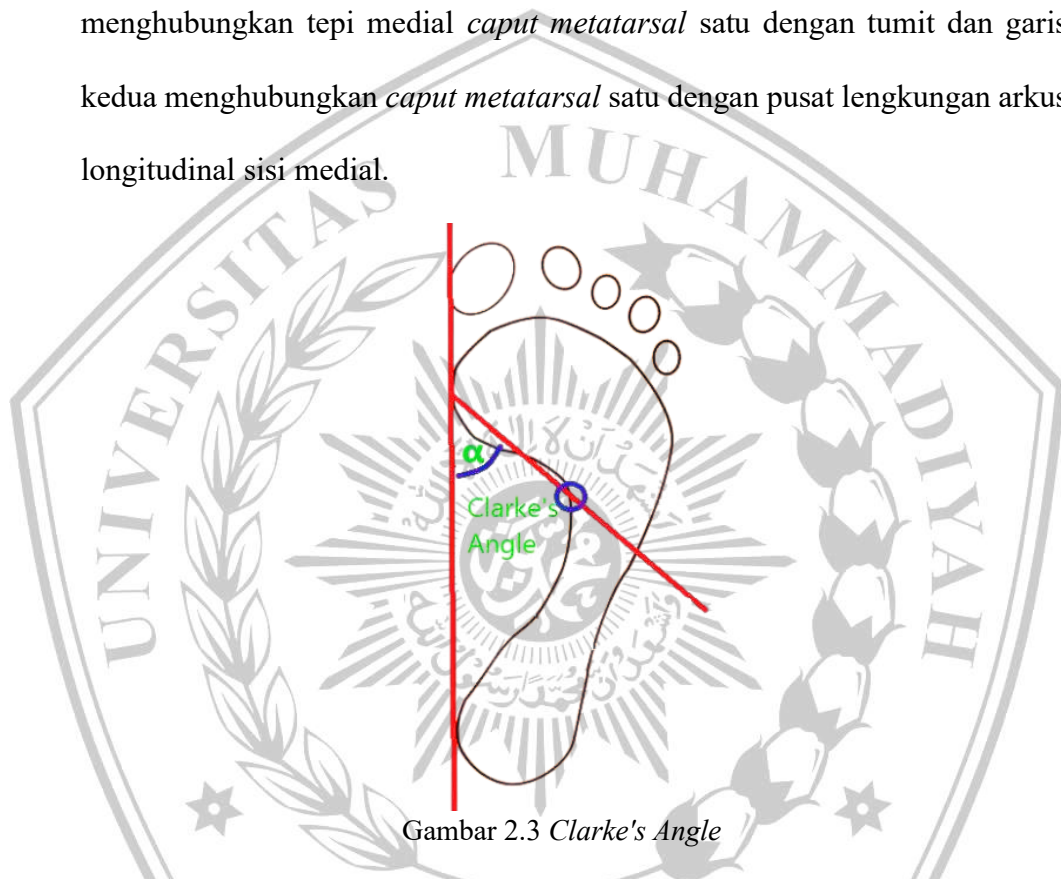
*Flatfoot* dibagi menjadi dua tipe, yaitu *flexible* dan *rigid* (Halabchi et al. 2013). Studi lain menyebutkan bahwa *flatfoot* diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yakni sebagai kondisi fisiologis dan patologis. Namun, *flexible flatfoot* perlu dibedakan dari tipe fisiologis dan patologis karena kondisi ini dapat merupakan tahap awal dari patologi, terutama bila disertai gejala seperti nyeri dan keterbatasan gerak (Atik 2014). *Flexible flatfoot* merupakan kondisi umum yang terjadi pada anak-anak dan digambarkan dengan arkus medial longitudinal kaki yang berkurang dengan derajat tertentu selama *weight-bearing* (menumpu). Namun, pada saat *non-weight bearing* atau jinjit (*tiptoe test*) arkus masih tampak, sedangkan tipe *rigid (fixed) flatfoot* baik ada atau tidaknya *weight-bearing* arkus tetap tidak tampak.



Gambar 2.2 *Flexible Flatfoot*  
(atas= *non weight bearing*; bawah= *weight bearing*)

Pemeriksaan yang dilakukan untuk mengetahui tinggi rendahnya arkus medial longitudinal kaki ialah *wet footprint test* dengan prosedur pelaksanaan

menggunakan media tinta (*finger paint*) yang dioleskan pada telapak kaki, lalu ditapakkannya pada selembar kertas. Pengukuran dilakukan dengan menarik garis dari pertengahan tumit belakang sampai ke bagian tengah jari kedua melewati bagian paling belakang konveks (lengkungan) tumit. Perhitungan diperoleh dengan mengukur sudut dari dua garis, garis pertama menghubungkan tepi medial *caput metatarsal* satu dengan tumit dan garis kedua menghubungkan *caput metatarsal* satu dengan pusat lengkungan arkus longitudinal sisi medial.



Kategorisasi nilai *wet foot print* didasarkan penilaian *clarke's angle*, yaitu:

a. *Normal foot* :  $31^{\circ} - <45^{\circ}$

b. *Flatfoot* :  $<31^{\circ}$

c. *Cavus foot* :  $>45^{\circ}$

### 3. Epidemiologi

Sekitar 90% anak usia  $<2$  tahun tergambar secara anatomi memiliki *flexible flatfoot* yang disebabkan oleh pembentukan bantalan adiposa infantil

yang terlokalisasi pada bagian medial kaki. Sebesar 20-30% populasi anak di dunia memiliki potensi *flexible flatfoot* (Sativani, Ali, and Yanznur 2024). Fenomena ini kerap terjadi pada masa proses belajar berjalan, yaitu saat anak menumpukkan seluruh telapak kakinya untuk menjaga keseimbangan tubuh. Pengulangan gerak aktivitas tersebut mengakibatkan bergesernya aksis *weight-bearing* tubuh ke sendi tarsometatarsal pertama atau kedua yang menyebabkan *flatfoot* (Atik 2014).

Prevalensi *flatfoot* anak usia 2-6 tahun dilaporkan sebesar 37-59,7%. Anak dengan jenis kelamin laki-laki juga memiliki risiko lebih besar dibanding perempuan. Faktor risiko seperti *ligamentous laxity*, usia, indeks massa tubuh (IMT), keturunan, dan tipe alas kaki yang digunakan pada usia tertentu juga turut memengaruhi (Halabchi et al. 2013). Meski demikian, mayoritas anak usia 3-5 tahun memiliki arkus longitudinal yang normal dan sekitar 4% memiliki *flatfoot* yang menetap pada usia >10 tahun.

#### 4. Etiopatologi

Secara umum, *flatfoot* seringkali ditemukan dan diakibatkan oleh perubahan struktur tulang, *muscular imbalance*, dan *ligamentous laxity*. Hal ini berkaitan dengan peran kaki sebagai alas dan sistem pendukung bagi tubuh. Peran kaki sebagai tuas penyeimbang saat tubuh bergerak maju sangat penting untuk berdiri, berjalan, dan berlari cepat. Tidak hanya itu, lengkung longitudinal medial, fascia plantaris, ligamen kalkaneonavikularis, dan ligamen plantaris panjang dan pendek semuanya bekerja sama untuk memungkinkan kaki beradaptasi dengan berbagai jenis permukaan tanah.

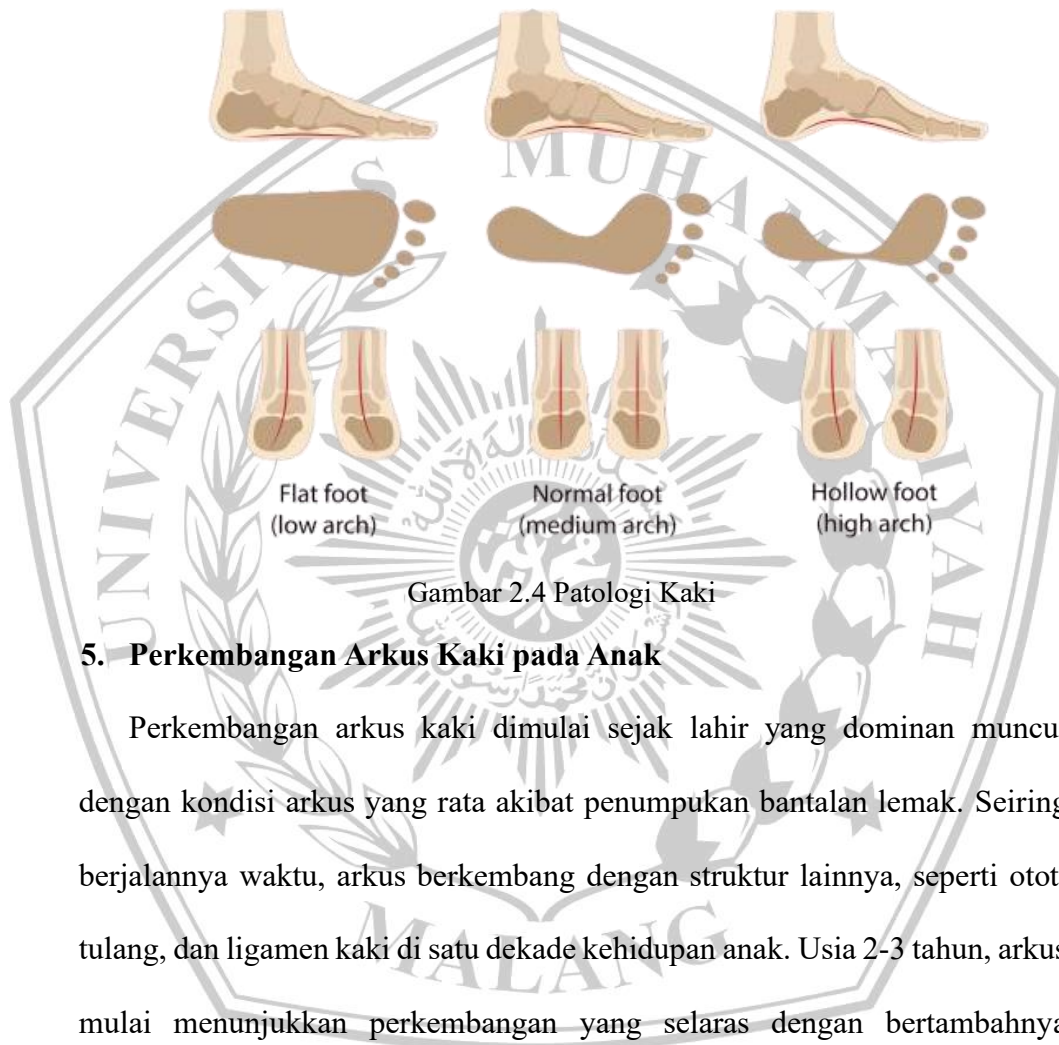
Tabel 2.1 Etiologi *Flatfoot* Pediatri

| <i>Flexible</i>  | <i>Rigid</i>                     |
|--|----------------------------------|
| Fisiologis normal  | <i>Trauma</i>                    |
| <i>Limb rotation</i>   | <i>Iatrogenic</i>                |
| <i>Accessory navicular bone</i>  | <i>Tarsal coalition</i>          |
| <i>Obesity</i>   | <i>Congenital vertical talus</i> |
|  | <i>Peroneal spastic flatfoot</i> |
| <i>Generalized ligamentous laxity</i>  |                                  |
| <i>Neurological disorders (cerebral palsy, hypotonia)</i>                          |                                  |
| <i>Muscular abnormalities (muscular dystrophy)</i>                                 |                                  |
| <i>Genetic syndromes (osteogenesis imperfecta, marfan syndrome, down syndrome)</i> |                                  |
| <i>Collagen disorders (ehlers-danlos)</i>  |                                  |
| <i>Calcaneovalgus</i>  |                                  |
| <i>Biomechanical causes (ankle equines, varus valgus deformities)</i>              |                                  |

Ketidakmampuan untuk menarik fascia plantar selama ekstensi sendi metatarsophalangeal menyebabkan flatfoot dengan mengorbankan mekanisme windlass. Berjalan menyebabkan lengkungan berubah dari struktur yang fleksibel menjadi kaku, suatu proses yang dikenal sebagai mekanisme windlass. Fascia plantar juga berkontraksi dan meregang untuk memungkinkan lengkungan bergerak seperti pegas. (Setyaningrahayu, Rahmanto, and Multazam 2021).

Hal ini menyebabkan otot-otot intrinsik kaki bekerja lebih keras sehingga mengakibatkan *overused* dalam usaha untuk menstabilkan arkus. Kelemahan otot intrinsik kaki bermanifestasi sebagai ketidakstabilan postural dan berkurangnya kapasitas penyerapan tekanan. Otot-otot yang terpengaruh meliputi otot-otot interoseus, yang secara dinamis menstabilkan lengkung longitudinal medial, dan abduktor halusis, fleksor halusis brevis, dan fleksor digitorum brevis. Studi literatur menyatakan bahwa kelemahan otot intrinsik dan kurang optimalnya kontrol neuromuskular mengakibatkan kaki menjadi

rata saat menopang beban berat (Halabchi et al. 2013). Meskipun penyebab pasti penurunan keseimbangan statis pada individu dengan *flexible flatfoot* belum sepenuhnya diketahui, beberapa studi mengaitkannya dengan perubahan struktural dan fungsional pada kaki serta berkurangnya kapasitas kaki untuk menyerap tekanan benturan dari tanah.

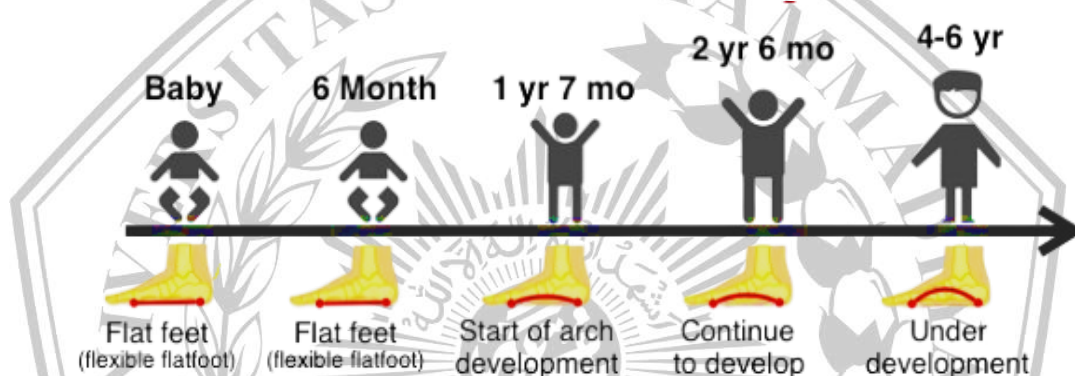


Gambar 2.4 Patologi Kaki

##### 5. Perkembangan Arkus Kaki pada Anak

Perkembangan arkus kaki dimulai sejak lahir yang dominan muncul dengan kondisi arkus yang rata akibat penumpukan bantalan lemak. Seiring berjalannya waktu, arkus berkembang dengan struktur lainnya, seperti otot, tulang, dan ligamen kaki di satu dekade kehidupan anak. Usia 2-3 tahun, arkus mulai menunjukkan perkembangan yang selaras dengan bertambahnya kekuatan otot dan ligamen kaki yang terlihat saat duduk, namun menjadi datar karena proses *weight bearing*.

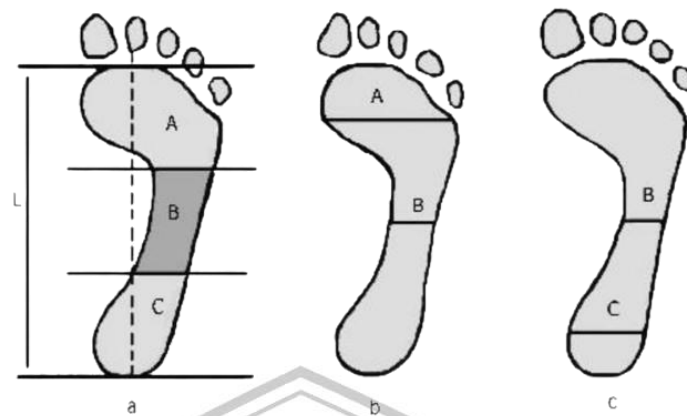
Meski demikian, beberapa anak terutama pada rentang usia 4-6 tahun arkus medial kaki belum berkembang secara optimal, sehingga menyebabkan kondisi *flexible flatfoot*. *Flexible flatfoot* merupakan kondisi yang terjadi secara fisiologis dan membaik atau menunjukkan perkembangan normal pada usia 10 tahun dengan catatan bahwa anak tidak memiliki tanda gejala yang mengganggu. Namun, pada sebagian anak kondisi ini menetap hingga dewasa, sehingga perlu dibedakan apakah bersifat fisiologis atau telah menjadi deformitas patologis.



Gambar 2.5 Perkembangan Arkus Kaki

## 6. Diagnosa *Flatfoot*

Penegakan kondisi *flatfoot* dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain *visual inspection*, *footprint* parameter, antropometri, dan *radiographic*. *Visual inspection* dilakukan untuk mengobservasi kurvatura dari sisi depan, samping, dan belakang kaki pada posisi *non-weight bearing*, *weight bearing*, dan selama berjalan. *Footprint* merupakan teknik pengukuran menggunakan media tinta dan kertas yang ditempelkan di kertas. Terdapat 3 jenis alat ukur yang umum digunakan untuk diagnosa klinis, yaitu *arch index*, *chippaux-smirax index*, dan *staheli arch index* (Halabchi et al. 2013).



Gambar 2.6 *Footprint Analysis*  
 a) *arch index*, b) *chippaux-smirak index*, c) *Staheli arch index*

Penegakan diagnosis *flatfoot* juga dapat dilakukan dengan melakukan pengecekan radiografi, *computed tomography* (CT), dan *magnetic resonance imaging* (MRI). Meski demikian, radiografi pada kondisi *flexible flatfoot* tidak diperlukan dalam diagnosis, namun membantu pemeriksaan nyeri yang tidak terkategori, penurunan fleksibilitas, dan perencanaan operasi. MRI dan *CT scan* diindikasikan apabila ROM pada regio sendi *subtalar* dan *midfoot* terbatas.

## B. Keseimbangan

### 1. Definisi

Keseimbangan adalah kemampuan sistem neuromuskular untuk menjaga pusat gravitasi (COG) di tengah bidang pendukung sebagai respons terhadap masukan dari sistem visual, vestibular, dan somatosensori (Setyaningrahayu, Rahmanto, and Multazam 2021). Keseimbangan juga dapat dikatakan sebagai kemampuan untuk mengontrol pusat massa tubuh terhadap BOS sebagai upaya melawan gravitasi sehingga memungkinkan seseorang melakukan aktivitas sehari-hari secara efektif dan efisien dalam berbagai posisi (Alves and Silva 2019).

## 2. Jenis-Jenis Keseimbangan

Ada dua jenis keseimbangan tubuh: statis dan dinamis. Kemampuan untuk tetap tegak saat tidak bergerak, seperti saat duduk atau berdiri, dikenal sebagai keseimbangan statis. Keseimbangan statis juga disebutkan sebagai kemampuan individu dalam mempertahankan posisi diam tanpa adanya gerakan tubuh yang signifikan. (Shumway-Cook and Woollacott 2014)

Kemampuan menjaga tubuh tetap tegak dalam posisi tidak tetap atau bergerak—seperti yang diperlukan untuk aktivitas seperti berlari dan berjalan—dikenal sebagai keseimbangan dinamis. (Masitoh 2016).

## 3. Komponen Keseimbangan

Adapun komponen yang berfungsi sebagai pengontrol keseimbangan tubuh yang berperan menstabilkan posisi dan gerakan tubuh, diantaranya:

### 1) Sistem informasi sensoris

#### a) Sensoris visual

Bertanggung jawab menangkap serta memonitor informasi visual tubuh agar tetap fokus pada titik utama, lalu bereaksi dalam menstimulasi kerja otot yang sinergis guna mengatur jarak gerak pada bidang tumpu.

#### b) Sistem vestibular

Telinga bagian dalam merupakan rumah bagi sistem ini. Berkat fungsinya dalam mengatur gerakan mata dan kepala yang cepat yang berperan dalam pengendalian otot postural, sistem ini membantu menjaga keseimbangan tubuh.

c) Sistem somatosensoris

Sistem sensorik mencakup sensor taktil dan proprioseptif, serta persepsi kognitif yang mengambil data dari proprioepsi dan mengirimkannya ke otak melalui kolom dorsal sumsum tulang belakang, pertama ke otak kecil dan kemudian, melalui lemniskus medial dan talamus, ke korteks serebral.

2) Respon otot-otot postural yang sinergis

Istilah yang digunakan untuk menggambarkan urutan tindakan tepat yang dilakukan oleh berbagai kelompok otot untuk menjaga keseimbangan dan postur seseorang tetap terkendali.

3) *Center of Mass (COM)*

COM adalah lokasi tepat yang sesuai dengan pusat massa dan titik keseimbangan tubuh. Ini dihitung dengan merata-ratakan berat atau beban COM pada semua segmen tubuh.

4) *Center of Gravity (COG)*

COG adalah titik di mana berat tubuh terkonsentrasi dan berperan dalam menjaga stabilitas postur tubuh. Titik ini akan menopang berat tubuh sepanjang waktu, menjaga Anda dalam keadaan keseimbangan sempurna. Namun, pusat gravitasi bergeser saat postur tubuh berubah, yang menyebabkan ketidakstabilan. Setiap kali terjadi perubahan berat, pusat gravitasi tubuh (COG) bergeser sebagai respons. Stabilitas dipertahankan saat COG berada di dalam tubuh, tetapi ketidakstabilan terjadi saat berada di luar. Saat seseorang berdiri tegak, pusat gravitasinya terletak satu inci di depan *Os Sacrum*.

#### 5) Kekuatan otot

Kekuatan otot adalah ketahanan otot terhadap tekanan internal dan eksternal yang terkait dengan sistem neuromuskular, yaitu kapasitas sistem neurologis untuk memulai kontraksi otot. Dengan demikian, kapasitas untuk melawan gravitasi sebanding dengan kekuatan otot; dengan demikian, kekuatan yang cukup pada ekstremitas bawah diperlukan untuk menjaga keseimbangan, terutama saat ada kekuatan eksternal.

#### 6) *Adaptive systems*

Kemampuan beradaptasi merupakan kemampuan untuk menyesuaikan masukan sensorik dan keluaran motorik sebagai respons terhadap perubahan lingkungan.

#### 7) *Range of Motion (ROM)*

ROM yaitu Mobilitas, terutama saat melakukan aktivitas yang menuntut keseimbangan, difasilitasi dan dipandu oleh persendian tubuh.

#### 8) *Base of Support (BOS)*

Area kontak antara tubuh dan permukaan penyangga dikenal sebagai BOS. Cara seseorang meletakkan kakinya memengaruhi BOS dan bagaimana stabilitas posturalnya terpengaruh. Dengan kata lain, seseorang tidak akan jatuh jika mereka menjaga pusat gravitasi (COG) di dalam batas stabilitas (BOS).

#### 9) *Stability Limit*

*Stability limit* adalah batasan area dimana tubuh mampu mempertahankan posisi tanpa merubah BOS yang bergantung pada tugas, biomekanik individu dan aspek lingkungan.

#### 10) *Line of Gravity* (LOG)

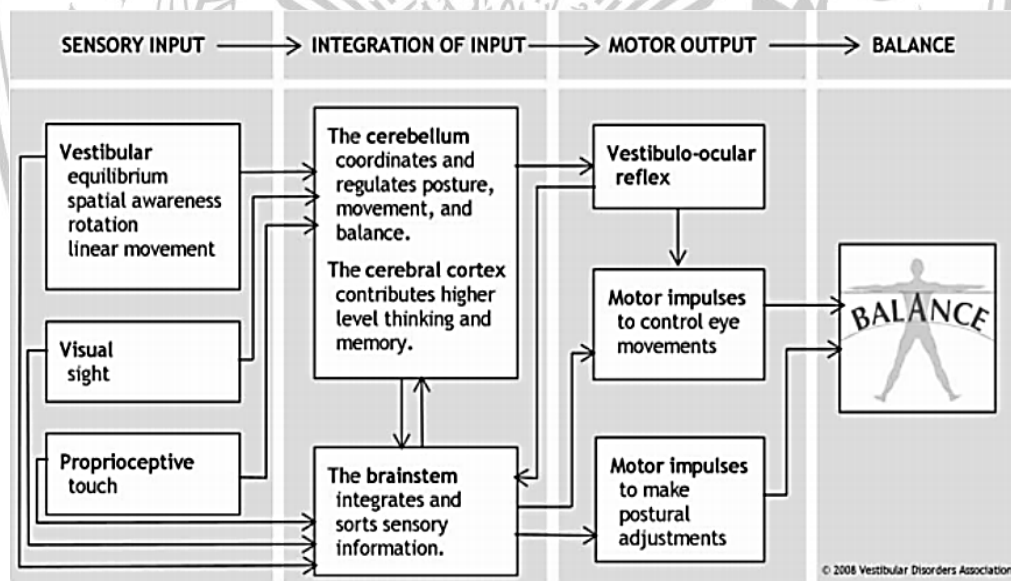
LOG adalah segala sesuatu yang terbentuk yang membentang vertikal di tengah objek. Sudut di mana garis bertemu dengan pusat gravitasi tubuh dalam kaitannya dengan BOS yang digunakan untuk mengevaluasi kestabilan tubuh saat berdiri dan bergerak.

#### **4. Faktor Yang Memengaruhi Keseimbangan Tubuh**

Keseimbangan merupakan interaksi kompleks antara integrasi sistem sensoris dengan muskuloskeletal yang diatur di dalam otak (basal ganglia, cerebellum, area asosiasi, kontrol sensorik dan motorik). Faktor yang memengaruhi keseimbangan antara lain BOS, LOG, dan COG (Samosir, Maratis, and Ivanali 2024). Faktor yang memengaruhi kontrol keseimbangan tubuh, antara lain input sistem sensori dan muskuloskeletal. Input sistem sensori yang dimaksud, yaitu taktil, vestibular, proprioseptif, visual, dan sensorimotor, dan sistem muskuloskeletal, yang meliputi ligamen, otot, sendi, dan jaringan lain yang terkait erat dengan reaksi otot postural; sistem ini bekerja bersama-sama untuk mengatur durasi dan intensitas kontraksi otot, yang penting untuk gaya berjalan yang stabil dan postur yang benar.

## 5. Fisiologis Keseimbangan Tubuh

Keseimbangan tubuh dipengaruhi oleh sistem indera tubuh yang saling bekerja secara bersamaan. Fisiologis keseimbangan dimulai sejak munculnya informasi yang ditangkap oleh reseptor vestibular (sakulus, utrikulus, dan kanal semirkular), visual, dan proprioseptif yang selanjutnya ditransfer ke bagian otak yang mengatur keseimbangan, antara lain basal ganglia, cerebellum, dan area asosiasi. Apabila salah satu sistem mengalami gangguan maka memicu terjadinya gangguan keseimbangan tubuh (*imbalance*). Adapun sensori tubuh paling penting dalam hal mempertahankan keseimbangan adalah proprioseptif. Proprioseptif merupakan kemampuan untuk merasakan kontraksi otot, sendi, dan ligamen serta membedakan posisi gerak tubuh.



Gambar 2.7 Fisiologis Keseimbangan Tubuh

## 6. Gangguan Keseimbangan Akibat *Flexible Flatfoot*

Anak dengan *flexible flatfoot* umumnya menunjukkan kondisi yang ditandai dengan adanya penurunan kemampuan dalam merasakan dan mengontrol kontaksi antar gerak otot dan sendi (proprioseptif) sehingga menyebabkan

terjadinya ketidakstabilan, mengganggu keseimbangan serta fungsional kaki dalam mengendalikan postur. Selain itu, *flexible flatfoot* kerap kali diidentifikasi dengan adanya penurunan kekuatan dan aktivitas otot intrinsik kaki yang selanjutnya berefek pada jaringan disekitar, yaitu hipermobilitas *plantar ligament*, menurunnya kekakuan pada *plantar fascia*, dan hipermobilitas talus yang menyebabkan overpronasi. Ketidakstabilan biomekanik tersebut mengganggu kemampuan tubuh dalam mengontrol pusat gravitasi tubuh terhadap BOS sehingga tubuh mudah kehilangan keseimbangan.

Penurunan lengkungan arkus kaki juga mengubah biomekanik kaki yang menyebabkan distribusi tekanan pada telapak kaki tidak merata dan menurunnya kemampuan kaki sebagai penopang postur tubuh. Menurunnya efektivitas telapak kaki dalam menyerap tekanan luar menyebabkan tubuh lebih sulit mengontrol pergeseran massa tubuh yang berdampak pada peningkatan faktor risiko jatuh, perubahan pola berjalan, mudah lelah, nyeri, dan menurunnya kemampuan keseimbangan statis (Buldt et al. 2018). Kesulitan menjaga keseimbangan dengan satu kaki atau menggunakan papan keseimbangan adalah contoh masalah keseimbangan statis. Penelitian menunjukkan bahwa 75,3% anak dengan *flexible flatfoot* mengalami kesulitan berdiri dalam waktu lama dengan satu kaki. Karena sendi subtalar dan ligamen pendukungnya tidak stabil, sendi berada dalam posisi terbalik, yang membuatnya sulit, jika bukan tidak mungkin, untuk menjaga keseimbangan saat berdiri dengan satu kaki. Namun demikian, menurut penelitian lain oleh Vakili et al., keseimbangan lebih dipengaruhi oleh kebugaran dan kinerja neuromuskular dan otot daripada oleh variabel biomekanik seperti posisi kaki.

### C. *Foot Strengthening Exercise*

Kaki berperan sebagai pondasi dan penahan berat tubuh. Akibatnya, jaringan di sekitar kaki, terutama komponen pendukung, memerlukan terapi khusus, khususnya stimulasi sensorimotor, untuk meningkatkan fungsi sensorik dan kelenturan, yaitu *archus longitudinal medial*, *plantar fascia*, *calcaneonavicular ligament*, *long* dan *short plantar ligament*. *Foot strengthening exercise* adalah salah satu bentuk latihan penguatan otot intrinsik yang dapat digunakan pada kasus *flatfoot* yang berfungsi meningkatkan kekuatan otot-otot intrinsik kaki dengan memperbanyak dan memfokuskan aktivasi otot dengan prinsip gerakan melengkung dan memanjangkan medial telapak kaki yang turut serta mengontrol perubahan kontrol kaki baik statis maupun dinamis (Fourchet and McKeon 2015).

Studi melaporkan bahwa pelatihan otot-otot intrinsik kaki seperti *heel raise* dan *toe curl exercise* dapat meningkatkan keseimbangan seseorang. Latihan tersebut merupakan metode ideal dalam memfasilitasi penguatan otot intrinsik kaki guna memulihkan keseimbangan statis (Samosir, Maratis, and Ivanali 2024). Patrick dkk. menemukan bahwa pasien dengan pes cavus dan pes planus mengalami peningkatan kekuatan otot, fleksi kaki, dan aktivitas fungsional termasuk keseimbangan setelah empat minggu latihan penguatan inti kaki (McKeon dkk. 2015). Demikian pula, penelitian Faridah menemukan bahwa peningkatan aktivitas fungsional dapat dilakukan hanya setelah empat minggu latihan penguatan inti kaki dengan delapan kali pengulangan. (Hasmar 2021).

#### **D. Pengaruh *Foot Strengthening Exercise* terhadap Keseimbangan Statis**

*Foot strengthening exercise* merupakan latihan yang dilakukan secara aktif dan bertujuan untuk meningkatkan kekuatan otot-otot intrinsik kaki. Latihan ini merupakan cara yang bagus untuk memperkuat kaki dan mengurangi risiko cedera akibat penggunaan berlebihan pada ekstremitas bawah, yang mungkin disebabkan oleh kurangnya kontrol. Latihan ini dapat digunakan dalam sesi rehabilitasi atau pelatihan (Fourchet and McKeon 2015; Hasmar 2021). Pemberian *foot strengthening exercise* dapat mengembalikan koordinasi otot intrinsik kaki dengan mekanisme berupa menarik sendi metatarsophalangeal I ke arah kalkaneus saat arkus longitudinal medial diangkat. Saat arkus medial longitudinal ini naik disebut sebagai mekanisme *foot doming* (Hasmar 2021). Memfleksikan jari – jari kaki seperti mencengkram secara aktif akan menstimulasi adanya peningkatan kekuatan dan ketahanan otot intrinsik kaki. Adapun jenis *foot strengthening exercise* yang peneliti berikan sebagai intervensi, yaitu *marble pick-up exercise* dan *wobble cushion exercise*.

*Marble pick-up exercise* melibatkan pengambilan benda kecil, yaitu kelereng menggunakan jari-jari kaki yang bertujuan untuk melatih otot intrinsik kaki, seperti *flexor digitorum brevis*, *abductor hallucis*, dan *interossei plantaris* yang nantinya diharapkan dapat meningkatkan aktivasi dan kekuatan otot yang berperan sebagai penopang arkus sehingga membantu dalam optimasi keseimbangan saat berdiri. *Wobble cushion exercise* memanfaatkan alat yang memfasilitasi ketidakstabilan saat berdiri atau melakukan aktivitas di atasnya, dimana melalui mekanisme tersebut dapat memberikan dampak positif terkait dengan meningkatnya input proprioseptif dan kekuatan otot stabilisator, khususnya area pergelangan kaki dan lutut sehingga

menciptakan stimulus *ankle strategy* yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan statis (McKeon et al. 2015).

Kedua latihan tersebut menasar kepada otot penyokong utama kaki dan *ankle*. Gerakan yang dirancang berupa pronasi kaki dengan kontraksi eksentrik dan supinasi dengan kontraksi konsentrik dengan tujuan mengaktivasi reseptor sensori pada otot-otot intrinsik kaki sehingga memberikan informasi terkait perubahan postur kaki ke arah normal serta peningkatan kekuatan otot intrinsik kaki dan *ankle* yang selanjutnya akan menstimulasi penurunan ketegangan pada otot dan komponen pendukung sekitar kaki dan *ankle*, seperti *metatarsophalangeal joint*, otot dan tendon *tibialis posterior*, dan *plantar fascia*. Penurunan ketegangan pada komponen tersebut berbanding lurus dengan menurunnya kerja otot intrinsik yang ditandai dengan kembalinya dukungan pasif dari ligamen sehingga kemampuan utamanya sebagai stabilisator akan berangsur meningkat. Hal ini tampak dari kemampuannya dalam menyerap tekanan dari luar seperti mempertahankan keseimbangan tubuh, baik statis maupun dinamis seperti dalam aktivitas statis maupun dinamis, seperti berdiri, berjalan, hingga melompat.

Pelaksanaan *marble pick-up exercise* dilakukan dalam dua posisi, yaitu duduk di kursi dan berdiri. Anak diminta mengambil kelereng satu per satu (total 20 kelereng) menggunakan jari-jari kaki, lalu memindahkannya ke wadah yang disediakan untuk masing-masing kaki. *Wobble cushion exercise* dilakukan dalam dua variasi posisi, yakni berdiri dengan kedua kaki dan posisi *squat* di atas permukaan *wobble cushion*. Anak diarahkan untuk menahan setiap posisi selama 30 detik dan mengulanginya sebanyak lima kali. Penentuan dosis intervensi ini didasarkan pada prinsip perkembangan sistem muskuloskeletal anak usia di bawah

6 tahun, yang secara fisiologis membutuhkan durasi latihan setidaknya 6–12 minggu dengan frekuensi dua kali per minggu untuk memicu adaptasi neuromuskular, peningkatan kekuatan otot, serta vaskularisasi jaringan secara optimal.

