

**HUBUNGAN TINGGI MEDIAL LONGITUDINAL ARKUS TERHADAP
KESEIMBANGAN STATIS PADA ANAK USIA 9-12 TAHUN
DI SDN 2 KAMPUNG BARU**

(Skripsi)

Oleh:

**Kinanti Sih Purboriri
2218011079**



**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**HUBUNGAN TINGGI MEDIAL LONGITUDINAL ARKUS TERHADAP
KESEIMBANGAN STATIS PADA ANAK USIA 9-12 TAHUN
DI SDN 2 KAMPUNG BARU**

Oleh

Kinanti Sih Purboriri

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
SARJANA KEDOKTERAN**

Pada

**Program Studi Pendidikan Dokter
Fakultas Kedokteran Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi : **HUBUNGAN TINGGI MEDIAL
LONGITUDINAL ARKUS TERHADAP
KESEIMBANGAN STATIS PADA ANAK
USIA 9-12 TAHUN DI SDN 2 KAMPUNG
BARU**

Nama mahasiswa : **Kinanti Sih Purboriri**

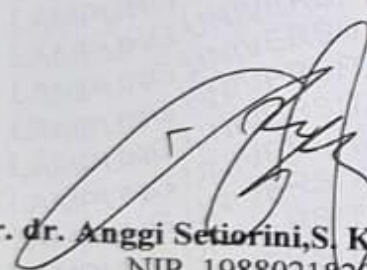
Nomor Pokok Mahasiswa : 2218011079

Program Studi : Pendidikan Dokter

Fakultas : Kedokteran



1. Komisi Pembimbing


Dr. dr. Anggi Setiorini, S. Ked., M. Sc., AIFO-K
NIP. 198802182019032007


dr. Nanda Fitri Wardani, S. Ked., M.P.H
NIP. 199304232024062002

2. Dekan Fakultas Kedokteran



Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc
NIP. 19760120 200312 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. dr. Anggi Setiorini, M.Sc., AIFO-K

Sekretaris

: dr. Nanda Fitri Wardani, MPH

Penguji
Bukan Pembimbing

: dr. Roro Rukmi W.P., M. Kes., Sp. A (K)

2. Dekan Fakultas Kedokteran

Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc
NIP 197601202003122001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 12 Desember 2025

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan yang sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul “Hubungan Tinggi Medial Longitudinal Arkus terhadap Keseimbangan Statis pada Anak Usia 9-12 Tahun di SDN 2 Kampung Baru” asli dan benar-benar hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain dengan mengatasnamakan saya serta bukan hasil penjiplakan atau peniruan (*plagiarisme*) dari hasil karya orang lain;
2. Di dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan dalam daftar pustaka;
3. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diberikan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ditemukan ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya.

Bandar Lampung, 12 Desember 2025
Yang Membuat pernyataan



Kinanti Sih Purboriri
2218011079

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Kinanti Sih Purboriri, lahir di Bandung pada tanggal 14 Februari 2004. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara dari Bapak Sudarmana, S.T dan Ibu Irma Rahmawati, A.md. Pendidikan penulis dimulai di taman kanak-kanak (TK) diselesaikan di TK Qurrota A'yun, pada tahun 2010, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDIT Al-Irsyad Al-Islamiyyah Kota Bandung pada tahun 2016, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMPIT Baitul Anshor pada tahun 2019, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Alfa Centauri pada tahun 2022.

Tahun 2022, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) 2022. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Anatomi tahun 2023-2025, aktif pada organisasi PMPATD PAKIS Rescue Team Fakultas Kedokteran Universitas Lampung sebagai Bendahara divisi Pendidikan dan pelatihan tahun 2022-2025, dan menjadi Anggota Center for Indonesian Medical student 'Activies (CIMSAs FK Unila) tahun 2022-2024.

*Sebuah persembahan sederhana untuk Mimih,
Pipih, Mbak, Mas, Dade dan Keluarga
Besarku Tersayang*

I love you more

SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, yang melalui perjuangannya, kita dapat merasakan nikmatnya ilmu pengetahuan seperti sekarang ini.

Skripsi ini berjudul “Hubungan Tinggi Medial Longitudinal Arkus terhadap Keseimbangan Statis pada Anak Usia 9-12 Tahun di SDN 2 Kampung Baru”, disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kedokteran (S.Ked).

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menerima banyak bantuan, bimbingan, saran, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini terutama kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., ASEAN Eng., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
3. DR. dr. Anggi Setiorini, S.Ked., M.Sc., AIFO-K., selaku pembimbing I, yang telah meluangkan waktu untuk membantu, memberi kritik, saran, dan membimbing dalam penyelesaian skripsi ini;
4. dr. Nanda Fitri Wardani, S.Ked., MPH., selaku pembimbing II, yang telah meluangkan waktu untuk membantu, memberi kritik, saran, dan membimbing dalam penyelesaian skripsi ini;

5. dr. Roro Rukmi Windi Perdani, S.Ked., M. Kes., Sp. A (K) ,selaku pembahas, yang telah meluangkan waktu untuk membantu, mengevaluasi, memberikan kritik, saran, dan nasihat sebagai bentuk penyempurnaan skripsi ini.
6. Kedua orangtuaku tercinta, Bapak Sudarmana S.T dan Ibu Irma Rahmawati, A.md., yang senantiasa mendoakan, mendukung, dan memberi motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
7. Untuk Kakakku tersayang, Gendis Wening, terima kasih atas kesabaran, ide, serta kesetiaan dalam mendampingi dan mendengarkan keluh kesah penulis selama proses penulisan skripsi.
8. Untuk Adik-adikku tersayang, Mimpanggung Marsudi dan Dyah Sitoresmi, terima kasih telah menjadi sumber semangat dan penghibur di saat penulis merasa sedih dan lelah
9. Kepada seluruh keluarga besar, terima kasih atas segala bantuan, dukungan, dan doa yang tiada henti demi keberhasilan penulis.
10. Untuk Medivinas yang tersayang, Amanda Febby, Syahna Rizkia, Sabrina Early, Salma Adinda, Lutfiah Hanani, dan Salva Amanda, terima kasih atas kebersamaan, tawa, dan dukungan yang diberikan serta atas kontribusinya dalam proses pengambilan data.
11. Teman-teman DIKLAT PMPATD PAKIS, terima kasih atas kebersamaannya dan pengertianya ketika penulis tidak dapat turut serta dalam berbagai kegiatan.
12. Teman-teman bimbingan dr. anggi, terimakasih atas bantuan, semangat, dan motivasi yang diberikan ketika penulis mengalami kesulitan selama penyusunan skripsi.
13. Untuk SDN 2 Kampung Baru, Khususnya Ibu Aisyah selaku wakil kepala sekolah, serta seluruh siswa kelas IV-VI, terima kasih atas kesediaan dan partisipasinya dalam penelitian ini.
14. Kepada seluruh pihak yang telah membantu dan berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu per satu, penulis mengucapkan terima kasih atas segala dukungan dan bantuannya.

ABSTRAK

HUBUNGAN TINGGI MEDIAL LONGITUDINAL ARKUS TERHADAP KESEIMBANGAN STATIS PADA ANAK USIA 9-12 TAHUN DI SDN 2 KAMPUNG BARU

Oleh

KINANTI SIH PURBORIRI

Latar Belakang: Keseimbangan tubuh merupakan kemampuan penting dalam aktivitas sehari-hari yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya struktur anatomi kaki, khususnya medial longitudinal arkus (MLA). Perbedaan tinggi MLA dapat memengaruhi distribusi beban tubuh dan kestabilan postural. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara tinggi medial longitudinal arkus dengan keseimbangan statis pada anak usia 9–12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.

Metode: Penelitian ini merupakan studi analitik observasional dengan pendekatan *cross-sectional*. Sampel penelitian berjumlah 84 siswa yang dipilih melalui teknik *total sampling* sesuai kriteria inklusi dan eksklusi. Pengukuran tinggi MLA dilakukan menggunakan metode *chippaux-smirak index* (CSI) melalui analisis jejak kaki, sedangkan keseimbangan statis diukur menggunakan *Stork Stand Test*. Analisis data menggunakan uji *Chi-square* dengan tingkat signifikansi 0,05.

Hasil: Penelitian menunjukkan bahwa 67% siswa memiliki arkus kaki normal, 27% *pes planus*, dan 6% *pes cavus*. Keseimbangan statis berada pada kategori baik sebesar 80%, rata-rata 16,6%, dan buruk 2,4%. Uji *Chi-square* menunjukkan nilai $p < 0,001$ yang menandakan adanya hubungan bermakna antara tinggi medial longitudinal arkus dengan keseimbangan statis. Anak dengan arkus rendah (*pes planus*) cenderung memiliki keseimbangan lebih buruk dibandingkan anak dengan arkus normal.

Simpulan: Terdapat hubungan yang signifikan antara tinggi medial longitudinal arkus dan keseimbangan statis pada anak usia 9–12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.

Kata Kunci: Medial longitudinal arkus, keseimbangan statis, anak usia sekolah dasar, *Chippaux-smirak index*, *Stork Stand Balance Test*

ABSTRACT

THE RELATIONSHIP BETWEEN MEDIAL LONGITUDINAL ARCH HEIGHT AND STATIC BALANCE IN CHILDREN AGED 9-12 YEARS AT SDN 2 KAMPUNG BARU

By:

KINANTI SIH PURBORIRI

Body balance is an essential ability in daily activities and is influenced by several factors, one of which is the anatomical structure of the foot, particularly the medial longitudinal arch (MLA). Variations in MLA height can affect body weight distribution and postural stability. This study aimed to determine the relationship between medial longitudinal arch height and static balance among children aged 9–12 years at SDN 2 Kampung Baru. This research was an observational analytic study with a cross-sectional approach. The sample consisted of 84 students selected using a total sampling technique based on inclusion and exclusion criteria. The MLA height was measured using the Chippaux-Smirak Index (CSI) obtained from footprint analysis, while static balance was assessed using the Stork Stand Test. Data were analyzed using the Chi-square test with a significance level of 0.05. The results showed that 67% of students had normal arches, 27% had flat feet (pes planus), and 6% had high arches (pes cavus). Static balance performance was categorized as good in 80% of participants, average in 16.6%, and poor in 2.4%. The Chi-square test revealed a $p\text{-value} < 0.001$, indicating a significant relationship between medial longitudinal arch height and static balance. Children with lower arches (pes planus) tended to have poorer static balance compared to those with normal arches. It can be concluded there is a significant relationship between medial longitudinal arch height and static balance among children aged 9–12 years at SDN 2 Kampung Baru.

Key words: Medial longitudinal Arch, Static Balance, School-age children, Chippaux-smirax index, Stork Stand Balance Test.

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
DAFTAR SINGKATAN	vii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.4.1 Manfaat Bagi Peneliti.....	5
1.4.2 Manfaat Bagi Siswa & Siswi SDN 2 Kampung Baru.....	5
1.4.3 Manfaat Bagi Institusi	5
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 6
2.1 Medial Longitudinal Arkus.....	6
2.1.1 Definisi Medial Longitudinal Arkus.....	6
2.1.2 Anatomi dan Struktur Medial Longitudinal Arkus.....	7
2.1.3 Fungsi Medial Longitudinal Arkus.....	12
2.1.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Tinggi Medial Longitudinal Arkus	12
2.1.5 Klasifikasi Medial Longitudinal Arkus	13
2.1.6 Mekanisme Perubahan Medial Longitudinal Arkus	17
2.1.7 Pengukuran Tinggi Medial Longitudinal Arkus.....	18
2.1.8 Interpretasi <i>Brody Navicular Drop Test</i> dan <i>Footprint</i>	23

2.2 Keseimbangan tubuh	24
2.2.1 Definisi Keseimbangan Tubuh	24
2.2.2 Fisiologi Keseimbangan Tubuh	24
2.2.3 Komponen Pengontrol Keseimbangan Tubuh	25
2.2.4 Jenis - Jenis Keseimbangan Tubuh	28
2.2.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Keseimbangan Tubuh...	28
2.2.6 Pengukuran Keseimbangan Statis	32
2.2.7 Interpretasi Pengukuran Keseimbangan Statis	33
2.2.8 Pengukuran Keseimbangan Dinamis	34
2.2.9 Interpretasi Pengukuran keseimbangan Dinamis	34
2.3 Hubungan Tinggi Medial Longitudinal Arkus dengan Keseimbangan Statis	35
2.3.1 Pengaruh Tinggi Medial Longitudinal Arkus terhadap Keseimbangan Statis	35
2.4 Aktivitas Fisik	36
2.4.1 Definisi Aktivitas Fisik	36
2.4.2 Manfaat Aktivitas Fisik	36
2.4.3 Jenis-jenis Aktivitas Fisik	37
2.4.4 Pengukuran dan Klasifikasi Aktivitas Fisik	38
2.5 Kerangka Teori	41
2.6 Kerangka Konsep	42
2.7 Hipotesis	42
2.7.1 Hipotesis Alternatif (H_a)	42
2.7.2 Hipotesis Nol (H_0)	42

BAB III METODE PENELITIAN	44
3.1 Jenis Penelitian	44
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	44
3.2.1 Lokasi Penelitian	44
3.2.2 Waktu Penelitian	44
3.3 Populasi dan Sampel penelitian	44
3.3.1 Populasi Penelitian	44
3.3.2 Sampel Penelitian	45
3.3.3 Kriteria Inklusi dan Eksklusi	45
3.4 Identifikasi Variabel	46
3.5 Definisi Operasional	46
3.6 Prosedur Penelitian	47

3.6.1 Instrumen Penelitian	47
3.6.2 Alur Penelitian	52
3.7 Pengumpulan Data.....	53
3.8 Pengelolaan dan Analisis Data	53
3.9 Etika Penelitian	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	56
4.1 Gambaran Hasil Penelitian	56
4.2 Hasil	59
4.3 Analisis Bivariat	61
4.4 Pembahasan	63
4.5 Keterbatasan Penelitian.....	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA.....	77
LAMPIRAN	77

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Definisi Operasional	47
3.2 Interpretasi <i>Chippaux-Smirax Index</i>	49
3.3 Interpretasi <i>Stork Stand Balance Test</i>	50
4.1 Distribusi Sampel	59
4.2 Distribusi Sampel Berdasarkan Indeks Massa Tubuh	59
4.3 Distribusi Sampel Berdasarkan Aktivitas Fisik	59
4.4 Distribusi Sampel Berdasarkan Tinggi Medial Longitudinal Arkus.....	60
4.5 Distribusi Sampel Berdasarkan Keseimbangan Statis	60
4.6 Hubungan Tinggi Medial Longitudinal Arkus Terhadap Jenis Kelamin.	61
4.7 Hubungan Keseimbangan Statis Terhadap Jenis Kelamin.....	61
4.8 Hubungan Tinggi Medial Longitudinal Arkus dengan Keseimbangan statis.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Struktur tulang kaki	7
2.2 <i>Musculus Pedis</i>	9
2.3 Ligamen kaki	10
2.4 Normal Arkus	13
2.5 <i>Pes Planus</i>	14
2.6 <i>Pes Cavus</i>	16
2.7 Pemeriksaan <i>Footprint</i> Indeks.....	19
2.8 <i>Arch (Clarke) Index</i>	20
2.9 <i>Chippaux-Smirax Index</i>	20
2.10 <i>Arch Index</i>	21
2.11 <i>Harris Imprint Index</i>	22
2.12 <i>Staheli Index</i>	23
2.13 Kerangka Teori.....	41
2.14 Kerangka Konsep	43
3.1 <i>Chippaux-Smirax Index</i>	48
3.2 Alur Penelitian.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Persetujuan Etik	86
2. Surat Permohonan menjadi Asisten Penelitian	87
3. Lembar Persetujuan menjadi Asisten Penelitian	89
4. Lembar <i>Informed Consent</i>	90
5. Surat Persetujuan Orang Tua/Wali.....	94
6. Formulir Identitas Responden	95
7. Formulir Pengukuran Berat Badan, Tinggi Badan, dan IMT.....	96
8. Kuesioner Tingkat Aktivitas Fisik	97
9. Formulir Observasi 1.....	101
10. Formulir Observasi 2.....	103
11. Hasil Uji <i>Chi-square</i> Bivariat.....	107
12. Dokumentasi.....	110

DAFTAR SINGKATAN

AHI	: <i>Arch Hight Index</i>
BB	: Berat Badan
BOS	: <i>Base of Support</i>
BPVC	: <i>Benign Paroxysmal Vertigo of Childhood</i>
COG	: <i>Center of Gravity</i>
COM	: <i>Center of Mass</i>
CSI	: <i>Chippaux-smirax index</i>
DCD	: <i>Developmental Coordination Disorder</i>
FP	: <i>Fascia Plantaris</i>
HII	: <i>Harris Imprint Index</i>
IMT	: Indeks Massa Tubuh
ITCL	: <i>Interosseus Talocalcaneal Ligament</i>
LALSS	: <i>Longitudinal Arch Load-Sharing System</i>
LHA	: <i>Lateral Heel Angle</i>
LQ-YBT	: <i>Lower Quarter-Y Balance Test</i>
M	: <i>Musculus</i>
MLA	: Medial Longitudinal Arkus
MVPA	: <i>Moderate to Vigorous Physical Activity</i>
Os.	: <i>Ossa</i>
PAC-Q	: <i>Physical Activity questionnaire for Children</i>
PBS	: <i>Pediatric Balance Scale</i>
SD	: Standar Deviasi
SI	: Staheli Index
SLC	: <i>Spring Ligament Complex</i>
TB	: Tinggi Badan
YBT	: <i>Y Balance test</i>

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keseimbangan tubuh merupakan komponen penting dalam menunjang aktivitas sehari-hari, mulai dari aktivitas sederhana seperti berdiri tegak hingga aktivitas yang lebih kompleks, seperti berjalan sambil berbicara atau melakukan perubahan arah saat berjalan (Dunsky dkk., 2017). Keseimbangan statis pada anak dipengaruhi oleh beragam faktor, baik yang berasal dari dalam maupun luar individu. Faktor internal mencakup usia, jenis kelamin, berat badan, tingkat aktivitas fisik, status gizi, kekuatan otot, serta adanya kelainan postur tubuh seperti *pes planus*, *pes cavus*, dan deformitas tulang belakang berupa skoliosis, lordosis, maupun kifosis. Kondisi-kondisi tersebut dapat memengaruhi distribusi beban tubuh sehingga mengganggu posisi pusat gravitasi (Antara dkk., 2017; Ghina dkk., 2022; Kurniati dan Naufal, 2024; Martha dan Djoar, 2020; Norlinta, 2022; Putri, 2023; Putri dkk., 2024). Faktor eksternal seperti luas bidang tumpu, penggunaan alas kaki, kondisi lingkungan fisik, gangguan visual, dan tingkat konsentrasi juga berpengaruh terhadap keseimbangan statis anak (Abuin dkk., 2018; Cesar dkk., 2024; Choi dkk., 2022; Tan, 2019; Yanovich dan Barshalom, 2022).

Aspek biomekanik tubuh, terutama peran kaki sebagai bagian paling distal dari rantai bio-kinematik tungkai bawah, memegang peranan penting dalam menjaga keseimbangan statis anak. Kaki berfungsi sebagai basis dukungan yang relatif kecil, sehingga sangat sensitif terhadap perubahan struktural, seperti pada kondisi *pes planus* (kaki datar). Kaki sebagai basis dukungan

yang kecil sangat sensitif terhadap perubahan struktural, seperti kaki datar (*pes planus*) (Markowicz dkk., 2023). Tinggi *Medial Longitudinal Arch* (MLA) merupakan indikator penting bentuk kaki dan berpengaruh signifikan terhadap keseimbangan. Deformitas pada MLA, seperti kaki cekung (*pes cavus*) cenderung mendukung keseimbangan yang lebih baik dibandingkan MLA yang rendah (*pes planus*), yang umum ditemukan pada anak obesitas (Dabholkar dan Agarwal, 2020). Kondisi obesitas pada anak-anak sering dikaitkan dengan peningkatan prevalensi *pes planus*, karena beban tubuh yang berlebih dapat menyebabkan penurunan lengkungan kaki (Stolzman dkk., 2015).

Sistem distribusi beban pada lengkungan longitudinal (*Longitudinal Arch Load-Sharing System/LALSS*) terdiri dari *fascia plantar*, otot intrinsik dan ekstrinsik plantar, serta ligamen *plantar*, yang berperan menjaga stabilitas dan elastisitas lengkung. Komponen pasif seperti *fascia* dan ligamen meningkatkan kekakuan lengkung saat menahan beban, sedangkan komponen aktif seperti otot intrinsik dikontrol oleh sistem saraf pusat untuk mengatur stabilitas dan pergerakan kaki (Moon dan Jung, 2021). Deformitas MLA yang berlangsung lama dapat menyebabkan pronasi berlebihan, mengubah area kontak kaki, gerakan sendi, serta strategi otot, yang berdampak negatif pada keseimbangan (Moon dan Jung, 2021). *Flat foot* memicu *overpronation* pada pergelangan kaki, rotasi internal tibia dan femur, serta pergeseran anterior ligamen panggul, yang mengakibatkan perubahan distribusi massa tubuh dan pergeseran pusat gravitasi, sehingga mengganggu keseimbangan statis anak (Hayati, 2020).

Kelainan bentuk kaki seperti *pes planus* (kaki datar) dan *pes cavus* (kaki cekung) merupakan gangguan muskuloskeletal yang sering dijumpai pada anak-anak di berbagai belahan dunia. Deformitas kaki adalah gangguan sistem lokomotor yang paling sering ditemukan pada anak-anak, dengan prevalensi mencapai 69% (Hakobyan dan Chatinyan, 2023). Individu dengan *flatfoot* menunjukkan pola *sway* dan stabilitas relatif yang berbeda

saat *single-leg stance*; mengindikasikan kontrol postural yang lebih menantang dibandingkan kaki normal (Sung dan Lee, 2025).

Pes planus adalah salah satu deformitas muskuloskeletal yang paling umum, yang dialami oleh sekitar 20-30% anak-anak di seluruh dunia (Suciati dkk., 2019). Angka kejadian flat foot lebih banyak ditemukan pada anak-anak dibandingkan pada kelompok usia dewasa (Romanova dkk., 2022), dan mencapai sekitar 29,5% pada anak usia 7 hingga 14 tahun (Alsuhaيمي dkk., 2019). Di Indonesia, menurut Kemenkes RI pada tahun 2016, kasus *flat foot* pada anak usia sekolah dasar (7-12 tahun) mencapai 27.574.728 anak. Penelitian lokal juga menunjukkan bahwa 28-35% anak usia 8-12 tahun mengalami deformitas *pes planus*. Hasil studi pendahuluan pada siswa sekolah dasar di Jorong Ranah Baru, Kecamatan Koto Besar, tercatat sebanyak 167 anak dari enam kelas sebagai populasi penelitian, dan dari jumlah tersebut ditemukan enam anak yang mengalami *pes cavus*, yaitu sekitar sepertiga dari populasi yang diamati (Siti dan Febriyeni, 2022).

Penelitian menunjukkan bahwa tinggi MLA memiliki dampak signifikan terhadap keseimbangan statis. Deformitas MLA dapat menyebabkan perubahan biomekanis yang berdampak pada keseimbangan tubuh, terutama dalam distribusi beban dan strategi otot dalam mempertahankan stabilitas (Moon dan Jung, 2021). Tinggi MLA yang rendah, seperti pada kondisi *pes planus*, berhubungan dengan penurunan keseimbangan statis, terutama pada anak-anak dengan obesitas (Pasaribu dkk., 2022). Penelitian telah mengeksplorasi perbedaan keseimbangan statis pada kondisi mata terbuka dibandingkan dengan kondisi mata tertutup, di mana anak-anak mampu mempertahankan keseimbangan lebih lama saat mata terbuka. *Flatfoot* pada anak usia sekolah tetap memengaruhi performa keseimbangan, terutama karena masukan visual berperan penting dalam menjaga stabilitas. Temuan-temuan ini mengindikasikan bahwa kemampuan keseimbangan tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi arkus kaki, melainkan juga oleh faktor lain seperti sistem visual, proprioseptif, dan kekuatan otot (Mulyoto dkk., 2022).

Berdasarkan informasi di atas, keseimbangan merupakan aspek krusial dalam aktivitas sehari-hari yang dipengaruhi oleh struktur anatomi kaki, khususnya medial longitudinal arkus. Perbedaan tinggi medial longitudinal arkus, baik pada kondisi *pes cavus* maupun *pes planus*, turut memengaruhi variasi keseimbangan statis, khususnya pada anak-anak yang masih berada dalam fase pertumbuhan (Mulyoto dkk., 2022). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa anak dengan *pes planus* cenderung memiliki keseimbangan yang lebih buruk dibandingkan dengan anak yang memiliki lengkung kaki normal atau *pes cavus* (Pasaribu dkk., 2022). Pentingnya peran medial arkus dalam mendukung stabilitas postural, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami hubungan antara tinggi medial arkus dan keseimbangan statis pada anak usia sekolah dasar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara tinggi medial arkus terhadap keseimbangan statis pada anak usia 9-12 tahun di SDN Kampung Baru 2, sehingga dapat menjadi dasar dalam upaya pencegahan gangguan keseimbangan serta pengembangan intervensi yang tepat dalam bidang kesehatan dan rehabilitasi.

1.2 Rumusan Masalah

Apakah terdapat hubungan tinggi medial longitudinal arkus terhadap keseimbangan statis pada anak usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Mengetahui hubungan antara tinggi medial longitudinal arkus dengan keseimbangan statis anak usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui distribusi kategori tinggi medial longitudinal arkus pada anak usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.
2. Mengetahui distribusi kategori keseimbangan statis pada anak usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.
3. Membandingkan tinggi medial longitudinal arkus dan keseimbangan statis anak perempuan dan laki-laki usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.
4. Menganalisis hubungan antara tinggi medial longitudinal arkus dengan keseimbangan statis anak usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Bagi Peneliti

Sebagai upaya untuk memperluas pengetahuan tentang korelasi antara tinggi medial longitudinal arkus terhadap keseimbangan statis pada anak.

1.4.2 Manfaat Bagi Siswa & Siswi SDN 2 Kampung Baru

Memberikan edukasi kepada orang tua mengenai pentingnya kesehatan kaki dalam mendukung keseimbangan anak dan mendeteksi dini gangguan postural pada anak.

1.4.3 Manfaat Bagi Institusi

Menambah kepustakaan dan publikasi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung mengenai hubungan tinggi medial longitudinal arkus terhadap keseimbangan statis pada anak usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Medial Longitudinal Arkus

2.1.1 Definisi Medial Longitudinal Arkus

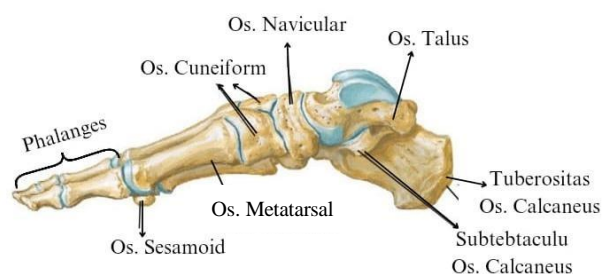
Kaki merupakan struktur anatomi yang kompleks, tersusun atas berbagai tulang, sendi, tendon, ligamen, dan otot yang berperan dalam menghasilkan gerakan terkoordinasi saat berjalan serta sebagai penopang utama tubuh (*base of support*) (MacGregor dan Byerly, 2020). Susunan anatomi tersebut membentuk lengkungan kaki atau arkus kaki. Secara anatomi, arkus kaki manusia terbagi menjadi tiga, yaitu arkus longitudinal medial, arkus longitudinal lateral, dan arkus transversal anterior. Medial Longitudinal Arkus merupakan lengkungan yang paling tinggi. (Babu dan Bordoni, 2024).

Medial Longitudinal Arch (MLA) merupakan salah satu lengkung utama pada kaki yang memiliki peran penting dalam menopang beban tubuh dan menjaga keseimbangan selama berjalan (Zahidah dkk., 2022). *Medial Longitudinal Arch* (MLA) memiliki signifikansi klinis yang tinggi karena fungsinya dalam meredam kejutan serta mendistribusikan berat badan secara optimal (Pasaribu dkk., 2022). Struktur MLA terdiri dari tulang, ligamen, dan tendon yang bekerja secara sinergis untuk menopang berat tubuh, baik dalam posisi berdiri maupun saat berjalan. *Medial Longitudinal Arch* (MLA) berperan dalam transfer energi, meningkatkan elastisitas, serta

memberikan fleksibilitas pada kaki selama beraktivitas, sehingga mendukung efisiensi gerakan dan mencegah cedera (Putri, 2018).

2.1.2 Anatomi dan Struktur Medial Longitudinal Arkus

Secara anatomis, kaki terbagi menjadi tiga bagian utama: *hindfoot*, yang terdiri dari tulang *calcaneus* dan *talus*. *Hindfoot* terletak dibawah sendi pergerakan kaki. Terdapat sendi utama yang menghubungkan antara *hindfoot* dengan *midfoot* yaitu sendi *talonavicular* dan *calcaneonavicular*, yang dikenal sebagai sendi tarsal transversal; *midfoot*, yang meliputi tulang *navicular*, *cuboid*, serta *cuneiform medial*, *intermediate*, dan *lateral*. Terdapat beberapa sendi pada bagian *midfoot* tetapi sebagian besar sendi tersebut hanya memiliki sedikit pergerakan; *Forefoot*, mencakup lima tulang metatarsal, dua tulang sesamoid, dan 14 tulang *phalanx*. Empat jari kaki kecil masing-masing memiliki tiga bagian *phalanx* (*proksimal*, *media*, dan *distal*) yang berfungsi meningkatkan kemampuan mencengkeram dan menjaga keseimbangan. Ibu jari kaki hanya memiliki dua bagian, yaitu *phalanx proksimal* dan *distal*, yang memberikan kekakuan untuk membantu mendorong tubuh saat berjalan atau berlari (Potach dan Meira, 2022). Sendi *metatarsophalangeal* (MTP) merupakan sendi koloid antara *caput Os. Metatarsal* dan *Os. Phalang Proksimal* (Manganaro dkk., 2023).

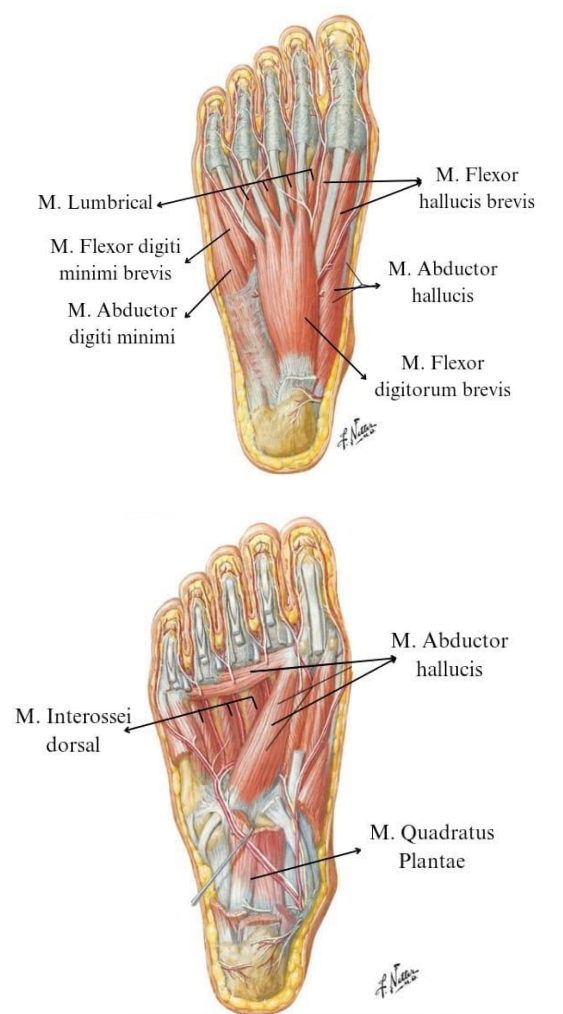


Gambar 2.1. Struktur tulang kaki
Sumber: (Netter, 2023).

Otot-otot pada kaki terbagi menjadi dua kelompok utama, yaitu otot ekstrinsik dan otot intrinsik. Otot ekstrinsik merupakan otot yang berasal dari kompartemen lateral, anterior, dan posterior tungkai, kemudian berinsersi pada kaki. Kompartemen anterior terdiri atas *M. extensor digitorum longus*, *M. fibularis tertius*, *M. tibialis anterior*, dan *M. extensor hallucis longus* yang berfungsi dalam gerakan inversi kaki, dorsifleksi pergelangan kaki, serta ekstensi jari-jari. Kompartemen lateral terdiri dari *M. fibularis brevis* dan *M. fibularis longus* yang berperan dalam eversi kaki. Kompartemen posterior terdiri dari *M. gastrocnemius*, *M. soleus*, *M. plantaris*, *M. popliteus*, *M. tibialis posterior*, *M. flexor hallucis longus*, serta *M. flexor digitorum longus* yang berfungsi dalam gerakan plantarfleksi, inversi kaki, dan fleksi jari-jari (Manganaro dkk., 2023).

Otot intrinsik terletak di dalam kaki dan berfungsi untuk mengontrol gerakan motorik halus, terutama pada jari-jari. Pada sisi dorsal kaki hanya terdapat dua otot intrinsik, yaitu *M. extensor hallucis brevis* dan *M. extensor digitorum brevis*. Sisi plantar (telapak kaki), terdapat sepuluh otot intrinsik yang tersusun dari lapisan superfisial hingga lapisan terdalam, meliputi *M. abductor hallucis*, *M. flexor digitorum brevis*, *M. abductor digiti minimi*, *M. quadratus plantae*, *M. lumbricals*, *M. flexor hallucis brevis*, *M. adductor hallucis*, *M. flexor digiti minimi brevis*, serta *M. plantar interossei* dan *M. dorsal interossei* (Manganaro dkk., 2023). Struktur tersebut ditunjukkan pada gambar 2. *Medial longitudinal arch* (MLA) merupakan lengkungan kaki yang paling tinggi dan memanjang dari posterior ke anterior. Arkus ini dibentuk oleh bagian medial *Os. calcaneus*, *Os. talus*, *Os. naviculare*, tiga tulang *Os. cuneiform* (*medial*, *intermediate*, dan *lateral*), serta *Os metatarsal I–III*. Lengkungan ini bersifat lebih tinggi dibanding arkus lateral, membentuk busur besar dari lingkaran kecil, serta memiliki lebih banyak tulang dan sendi sehingga lebih *mobile*.

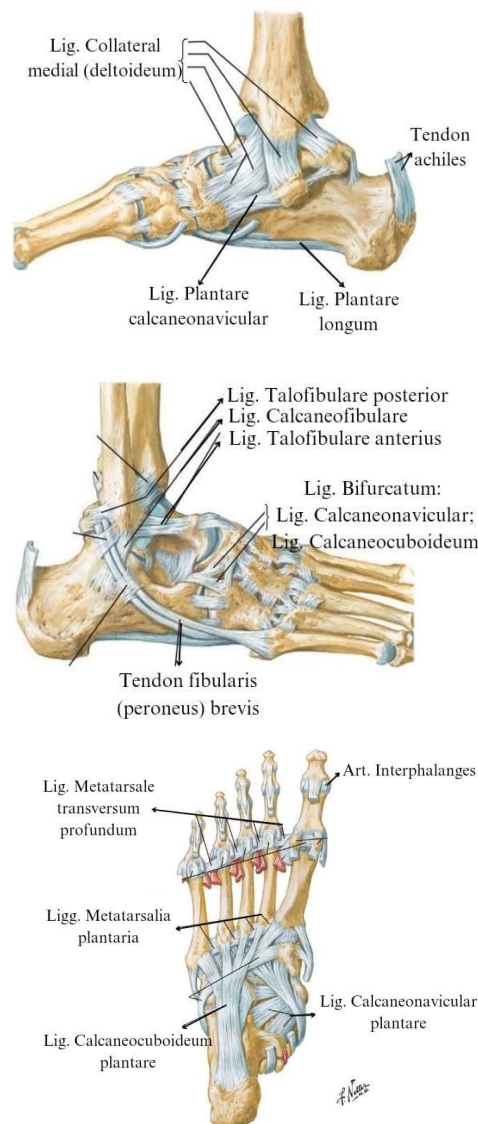
Karakteristik utama MLA adalah sifatnya yang elastis dan berfungsi sebagai peredam kejut (*shock absorber*) ketika menerima beban tubuh. Ujung anterior arkus terdiri atas *caput Os. metatarsal I–III*, sedangkan ujung posteriornya adalah *tuberkulum medial Os. calcaneus*. Pilar anterior arkus bersifat panjang namun lemah, tersusun oleh *Os. talus*, *Os. naviculare*, tiga *Os. cuneiform*, serta *Os. metatarsal I–III*. Pilar posterior relatif pendek dan kuat, dibentuk



Gambar 3.2. *Musculus Pedis*
Sumber: (Netter, 2023).

oleh setengah bagian *medial Os. calcaneus*. Puncak arkus terletak pada permukaan artikular talus bagian *superior (trochlea tali)*,

sedangkan sendi utama yang menopang MLA adalah sendi *talocalcaneonavicular*. Bagian yang paling rentan dari MLA adalah kepala talus yang berperan sebagai *keystone* dari lengkungan. *Keystone* merupakan komponen kunci pada struktur lengkung kaku yang berfungsi sebagai pusat penopang dan pendistribusi beban, dimana kepala *Os. Talus* berperan mempertahankan stabilitas serta integritas *Medial Longitudinal Arch* dengan menyalurkan gaya dari tubuh ke struktur kaki lainnya (Chauhan dan Taqi, 2022).



Gambar 3.3. Ligamen kaki

Sumber: (Netter, 2023).

Kombinasi elemen struktural ini memungkinkan arkus memberikan stabilitas dan fleksibilitas selama pergerakan. Dukungan terhadap arkus ini diperoleh dari berbagai komponen, termasuk sistem otot, ligamen, struktur tulang, dan jaringan lunak lainnya. Dukungan otot berasal dari *musculus tibialis anterior*, *musculus tibialis posterior*, *musculus fibularis longus*, *musculus flexor digitorum longus*, *musculus flexor hallucis longus*, serta otot intrinsik kaki yang membantu mempertahankan bentuk arkus dan mengontrol gerakan kaki (Babu dan Bordoni, 2024).

Ligamen *calcaneonavicularis plantar* yang dikenal sebagai ligamen pegas, bersama dengan ligamen *deltoid*, ligamen *talocalcanealis medial*, ligamen *interosseous talocalcanealis*, tendon *tibialis posterior*, serta *plantar aponeurosis*, berperan dalam menjaga stabilitas kaki bagian tengah (Babu dan Bordoni, 2024). *Plantar aponeurosis* merupakan jaringan tendon yang memanjang dari *tuberculum calcanealis* pada bagian *rearfoot* hingga sendi *metatarsophalangeal* di *forefoot* (Sichting dkk., 2020). Struktur ini berfungsi sebagai elemen penopang utama yang menghubungkan dua pilar lengkungan medial serta bekerja bersama ligamen pegas dalam memberikan dukungan terhadap kepala *Os. talus*. (Babu dan Bordoni, 2024).

Aponeurosis plantaris memiliki bentuk segitiga dengan bagian sentral yang menebal dan melekat pada tuberkel *medial calcaneus*, di depan perlekatan *musculus flexor digitorum brevis*. Bagian ini kemudian membagi diri menjadi lima proses menuju kepala tulang metatarsal, masing-masing untuk satu jari kaki. Setiap proses bercabang menjadi dua lapisan: lapisan superfisial yang melekat pada kulit, dan lapisan dalam yang membentuk dua belahan yang mengelilingi tendon flektor jari, menyatu dengan selubung tendon serta ligamen *metatarsal transversal* dalam. Celah di antara lima

proses ini menjadi jalur bagi pembuluh darah dan saraf digital. Bagian lateral dan medialnya lebih tipis, menutupi sisi telapak kaki serta *M. Abductor digiti minimi* dan *M. Abductor hallucis*. Fungsi utama *aponeurosis* ini adalah melindungi struktur dalam kaki, menjaga lengkung longitudinal, menjadi tempat perlekatan otot, mencegah dorsifleksi berlebih, dan mendistribusikan tekanan plantar saat berdiri maupun bergerak. Saat berjalan terjadi *dorsofleksi* pada sendi *metatarsophalangeal*. Melalui mekanisme windlass, kondisi ini menyebabkan *plantar aponeurosis* menegang sehingga berperan dalam meningkatkan dan mengangkat lengkungan kaki (Chauhan dan Taqi, 2022)

2.1.3 Fungsi Medial Longitudinal Arkus

Fungsi dari Medial Longitudinal Arkus, yaitu:

1. Peredam gaya reaksi dari permukaan (*shock absorption*) (Pasaribu dkk., 2022).
2. Pendukung fungsi ekstremitas bawah selama siklus berjalan, memberikan gaya pegas saat berjalan (Kurniati dan Naufal, 2024).
3. Mendistribusikan berat badan pada tiga area kaki, yaitu kaki depan, tengah, dan belakang (Pasaribu dkk, 2022).
4. Menambah elastisitas dan fleksibilitas dalam mempertahankan posisi statis dan memberikan kestabilan saat melakukan aktivitas fungsional (Babu dan Bordoni, 2021).

2.1.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Tinggi Medial Longitudinal Arkus

Tinggi *Medial Longitudinal Arch* (MLA) kaki dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal dan internal yang dapat memengaruhi struktur dan fungsinya. Berikut ialah beberapa faktor yang berperan dalam menentukan tinggi MLA:

1. Faktor Genetik dan Ras: Variasi genetik dan perbedaan ras dapat mempengaruhi tinggi MLA. Penelitian menunjukkan bahwa

perbedaan ras dan genetik dapat menyebabkan variasi dalam tinggi medial longitudinal arkus kaki (Ridjal, 2016).

2. Panjang Telapak Kaki: Terdapat hubungan antara panjang telapak kaki dengan tinggi MLA. Penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara panjang telapak kaki dengan tinggi medial longitudinal arkus kaki (Putri, 2018).
3. Indeks Massa Tubuh (IMT): Berat badan berlebih dan obesitas dapat mempengaruhi tinggi MLA. Penelitian menunjukkan bahwa kelebihan berat badan dan obesitas berkaitan dengan pronasi kaki pada anak-anak (Anisafitri, 2021).
4. Aktivitas Fisik dan Penggunaan Alas Kaki: Aktivitas fisik dan penggunaan alas kaki dapat mempengaruhi perkembangan MLA. Pertumbuhan dan perkembangan MLA dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti aktivitas fisik dan penggunaan alas kaki (Pasaribu dkk., 2022).
5. Struktur Anatomi dan Kelelahan Otot: Struktur anatomi kaki dan kondisi otot dapat mempengaruhi tinggi MLA. Aktivitas fisik yang berlebihan dapat menyebabkan kelelahan otot yang mempengaruhi lengkung kaki (Ridjal, 2016).

2.1.5 Klasifikasi Medial Longitudinal Arkus

1. Normal Arkus



Gambar 3.4. Normal Arkus
Sumber: (Vijayakumar dkk., 2016).

Kaki dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu *cavus* (arkus tinggi) dengan nilai AHI (*Arch High Index*) $\geq 0,38$, *planus* (arkus rendah) dengan nilai AHI $\leq 0,29$, dan normal dengan nilai AHI antara $0,30 - 0,37$. Arkus normal menunjukkan ketinggian lengkung kaki yang seimbang sehingga mampu mempertahankan distribusi tekanan dan fungsi biomekanik secara optimal saat berdiri maupun bergerak. Kondisi ini menandakan adanya keseimbangan antara fleksibilitas dan stabilitas lengkung medial kaki, yang penting untuk menjaga performa otot pergelangan kaki dan mencegah cedera muskuloskeletal (Guenka dkk., 2021).

2. *Pes Planus (Flat Foot)*



Gambar 2.5. *Pes Planus*

Sumber: (Vijayakumar dkk., 2016).

Lengkung datar ialah suatu kondisi dimana lengkungan kaki telah menghilang atau permukaan kaki rata. Kaki datar terlihat ketika saat berdiri maupun berjalan. Kaki dapat terjadi ketika orang tersebut memiliki berat badan berlebih (obesitas). Pada pemeriksaan inspeksi, *flat foot* dapat dikenali secara objektif melalui tiga gambaran utama, yaitu adanya *valgus* pada *calcaneus* (*overpronasi*), abduksi pada bagian *forefoot*, serta kolapsnya lengkungan longitudinal medial arkus. (Phyiopedia, 2025). Etiologi terjadinya lengkung datar pada manusia yaitu:

- a. Kongenital, bawaan karena cacat lahir atau turun menurun, dimana sejak lahir bayi cenderung tidak memiliki lengkung kaki akibat kelemahan ligamen ataupun kemampuan kontrol neuromuskular yang berkurang (Setyaningrahayu dkk., 2021).
- b. *Acquired*, disfungsi pada tendon *tibialis posterior*, yang disebabkan oleh aktivitas yang dan dapat disebabkan juga oleh trauma, seperti patah tulang pergelangan kaki biasanya terjadi karena kegagalan dalam penyambungan berdiri dalam waktu yang panjang akan membawa beban lebih terutama pada seseorang yang memiliki berat badan lebih (obesitas) atau berat badan diatas normal (*overweight*), hal ini akan menyebabkan ligamen tegang dan tulang kaki akan menyebabkan lengkung telapak kaki menjadi lengkung datar. *Pes planus* kurang mampu bertindak sebagai tuas, disebabkan kaki memiliki fungsi sebagai tuas atau pengungkit saat kaki akan meninggalkan pijakan. Kelengkungan kaki yang tidak normal akan berdampak pada fungsi kaki seperti, kehilangan keseimbangan, tidak stabil saat berjalan, cepat lelah, dan dapat terjadi cedera yang berlebih (Polichetti dkk., 2023). Lengkung datar terbagi atas dua kategori, yaitu:
 - a. Fleksibel *Flat foot* adalah kondisi dimana terjadinya penurunan lengkung longitudinal medial akibat besarnya beban yang diterima oleh kaki ketika berjalan maupun berdiri. perubahan ini terjadi disebabkan oleh ligamentum intrinsik yang hilang. fleksibel *flat foot* biasa terjadi pada usia anak-anak dan akan hilang pada saat bertambah umur tetapi hal itu bisa saja terjadi permanen. Dampak yang ditimbulkan ialah lelah saat berdiri dan berjalan, dan telapak kaki akan terasa nyeri (Ueki dkk., 2019).
 - b. *Rigid Flat foot* adalah kondisi dimana menurunnya lengkung longitudinal secara permanen baik karena beban maupun tanpa beban yang di terima oleh kaki. *Rigid flat*

foot diakibatkan oleh kelainan bentuk tulang pada riwayat lalu. *Rigid flat foot* biasanya terjadi karena disfungsi *M. tibialis posterior* yang diakibatkan karena trauma atau degenerasi yang diakibatkan penambahan usia (Yang dkk., 2020).

3. *Pes Cavus (High arch)*



Gambar 2.6. *Pes Cavus*

Sumber: (Vijayakumar dkk., 2016).

Pes cavus merupakan peningkatan kelengkungan plantar kaki yang ditandai dengan mendekatnya area tumpuan anterior dan posterior, sering disertai deformitas seperti plantar fleksi jari pertama, pronasi–adduksi pada *forefoot*, serta *varus* pada *hindfoot*. Penyebabnya bervariasi, mulai dari kelainan neurologis (misalnya *Charcot-Marie-Tooth disease*, *cerebral palsy*, *ataksia Friedreich*) hingga faktor idiopatik, sementara trauma jarang menjadi penyebab. Ketidakseimbangan otot intrinsik maupun ekstrinsik, khususnya antara *peroneus longus* dengan *tibialis anterior*, turut berperan dalam patomekanisme deformitas ini. Pemeriksaan radiologis dengan foto polos berbeban penting untuk menentukan letak dan derajat kelainan, sedangkan pemeriksaan klinis harus menilai fleksibilitas deformitas serta kemungkinan kelainan neurologis yang mendasari. Gejala klinis yang sering muncul meliputi metatarsalgia, instabilitas pergelangan kaki, nyeri akibat beban

lateral, serta deformitas jari cakar. Penatalaksanaan awal biasanya konservatif dengan penggunaan ortosis yang disesuaikan hasil *Coleman block test* dan program peregangan *M. gastrocnemius* (Maynou dkk., 2017).

2.1.6 Mekanisme Perubahan Medial Longitudinal Arkus

Kondisi tersebut dapat terjadi akibat gangguan fungsi pada berbagai jaringan penopang medial longitudinal arkus (MLA). Beberapa faktor utama yang berperan dalam terjadinya deformitas kaki datar didapat antara lain stres berlebihan pada *triceps surae*, obesitas, disfungsi tendon *tibialis posterior*, serta kelemahan ligamen pegas, *plantar fascia*, maupun ligamen *plantar* pendukung lainnya. Ketegangan pada tendon *achilles* dan otot juga dapat memicu terjadinya *flat foot* (Raj dkk., 2023)

Perbedaan pandangan mengenai mekanisme utama yang menyebabkan terjadinya deformitas kaki datar didapat pada orang dewasa. Beberapa literatur mengemukakan bahwa kondisi ini berkembang sebagai akibat dari insufisiensi tendon *tibialis posterior*, sementara lainnya menekankan peran kegagalan struktur ligamen medial sebagai faktor penyebab utama. Ligamen-ligamen medial yang berperan penting dalam menopang arkus longitudinal medial antara lain *fascia plantaris* (FP), *ligament talocalcaneal interosseus* (ITCL), serta kompleks ligamen *spring* (*spring ligament complex*/SLC) yang terdiri atas ligamen *tibionavicular*, *tibiospring*, dan *calcaneonavicular*.

Sejumlah penelitian menyatakan bahwa kegagalan *spring ligament* kompleks merupakan faktor yang krusial dalam terjadinya deformitas kaki datar. Hasil studi *in vitro* dan *in vivo* menunjukkan bahwa struktur ligamen medial seperti SLC dan FP merupakan penstabil utama arkus medial, dan bahwa fungsi tendon *tibialis posterior* yang masih utuh tidak mampu sepenuhnya

mengompensasi disfungsi ligamen-ligamen tersebut. Beberapa peneliti berpendapat bahwa fungsi tendon *tibialis posterior* memiliki peran yang sangat signifikan dalam mempertahankan kestabilan arkus medial terutama dalam kondisi pembebanan dinamis. Disfungsi tendon ini dianggap sebagai penyebab utama dari deformitas kaki datar pada orang dewasa (Robberecht dkk., 2022)

2.1.7 Pengukuran Tinggi Medial Longitudinal Arkus

Tipe pemeriksaan arkus pedis sebagai berikut:

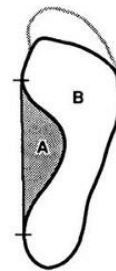
2.1.7.1 Cara langsung

Cara langsung dengan menggunakan metode *navicular drops tests* dilakukan pada semua subjek dalam posisi duduk atau berdiri. Responden dalam posisi duduk, lutut tertekuk hingga membentuk sudut 90 derajat dan kaki menyentuh tanah. Posisi netral sendi subtalar diperoleh dengan metode palpasi. *Tuberositas navicular* dipalpasi dan ditandai dengan penanda warna. Jarak dari tuberositas navicular diukur dengan skala milimeter. Responden diminta untuk berdiri pada saat pengukuran. Perbedaan *navicular* dalam posisi duduk dan berdiri dihitung keduanya dengan bantuan alat ukur (Arulsingh dkk., 2014). *Screening* yang dapat digunakan untuk mendeteksi flat foot berupa *navicular drop test* dengan *specifity* 99.5% dan *sensitivity* 88.1% (Sulistiyowati dan Rosida, 2021)

2.1.7.2 Cara tidak langsung

Cara tidak langsung menggunakan metode *footprint index*. Terdapat beberapa pengukuran *footprint index* seperti *arch (Clarke) index*, *chippaux-smirak indeks*, *staheli indeks*, *harris imprint index* dan *arch index* (Paecharoen dkk., 2023; Vijayakumar dkk., 2016).

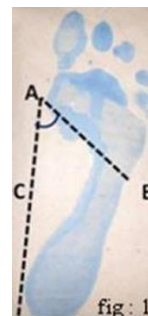
- a. *Footprint Index* (FPI) merupakan salah satu metode penilaian postur kaki melalui analisis jejak telapak kaki. Indeks ini pertama kali dijelaskan oleh Cavanagh dkk. (1987) sebagai rasio antara area non-kontak dengan area kontak telapak kaki, dengan pengecualian bagian jari kaki. Nilai FPI yang lebih tinggi menunjukkan adanya hiperpronasi atau flatfoot, sementara nilai yang rendah lebih mendekati kaki normal atau *pes cavus*. Beberapa penulis menyebutkan bahwa nilai $>0,26$ menandakan kondisi hiperpronasi (Marouvo dkk., 2021).



Gambar 2.7. Pemeriksaan *Footprint* Indeks
Sumber: (Putri, 2018).

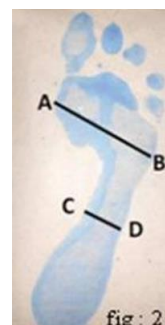
b. *Arch (Clarke) Index*

Garis A adalah sudut pada margin medial paling besar dari kaki depan dan belakang, garis B menghubungkan sisi medial kaki ke sebagian besar medial dari wilayah *metatarsal* (Vijayakumar dkk., 2016).



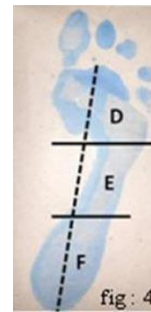
Gambar 2.8. *Arch (Clarke) Index*
Sumber: (Vijayakumar dkk., 2016).

c. *Chippaux-Smirak Index* Rasio (CSI) merupakan perbandingan antara lebar tersempit dari bagian tengah kaki (*midfoot*) yang ditandai sebagai garis b, dengan lebar terluas dari bagian depan kaki (*forefoot*) yang ditandai sebagai garis a. Nilai CSI dihitung dengan rumus $CSI = (b/a) \times 100\%$. Berdasarkan hasil perhitungan, bentuk arkus kaki dapat diklasifikasikan sebagai berikut: *pes cavus* jika $CSI \leq 24\%$, kaki dengan arkus normal jika CSI berada pada rentang 25% hingga 45%, dan *pes planus* jika $CSI \geq 46\%$ (Paecharoen dkk., 2023). Sensitivitas alat ukur *chippaux-smirak index* sebesar 94.2% (Sulistyowati dan Rosida, 2021).



Gambar 2.9. *Chippaux-Smirax Index*
 Sumber: (Vijayakumar dkk., 2016).

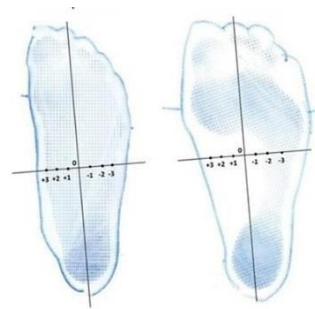
- d. *Arch index* ini adalah rasio area jejak kaki tanpa kaki, garis yang bergabung dengan tengah jari kaki ke-2 ke titik tengah posterior paling tengah pada tumit. Dua garis tegak lurus terhadap garis ini membagi jejak kaki menjadi 3 bagian yang sama (Vijayakumar dkk., 2016).



Gambar 2.10. *Arch Index*

Sumber: (Vijayakumar dkk., 2016).

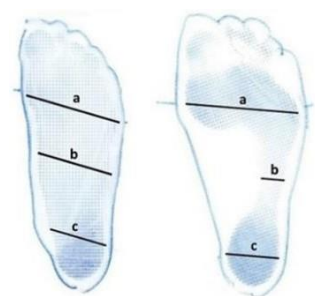
- e. *Harris Imprint Index* (HII) merupakan metode pengukuran arkus kaki yang dilakukan dengan mengukur jarak dari titik asal dua garis tegak lurus dalam satuan sentimeter. Sumbu y ditentukan sebagai garis tengah kaki yang ditarik dari ujung jari kaki kedua hingga titik tengah tumit (*hindfoot*), sedangkan sumbu x merupakan garis yang tegak lurus terhadap sumbu y dan ditarik secara medial dan lateral pada titik terlebar dan tersempit dari lengkungan kaki (arkus). Nilai HII diperoleh berdasarkan jarak dari titik asal pada sumbu x, di mana sisi lateral arkus diberi nilai negatif dan sisi medial diberi nilai positif. Berdasarkan skor HII, klasifikasi bentuk arkus kaki dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: *pes cavus* jika nilai HII berada pada rentang -4 hingga -2, arkus normal jika nilainya -1 hingga +1, dan *pes planus* jika nilainya berada antara +2 hingga +4 (Paecharoen dkk., 2023).



Gambar 2.11. *Harris Imprint Index*

Sumber: (Paecharoen dkk., 2023).

- f. *Staheli Index* (SI) merupakan rasio antara lebar tersempit dari bagian tengah kaki (*midfoot*) yang ditandai dengan garis b, terhadap lebar terluas dari tumit (*hindfoot*) yang ditandai dengan garis c ($SI = b/c$). Rasio ini digunakan untuk menilai bentuk arkus longitudinal medial kaki. Berdasarkan nilai SI, klasifikasi bentuk arkus kaki dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: *pes cavus* apabila $SI \leq 0,4$; kaki dengan arkus normal apabila SI berada pada rentang 0,5–0,7; dan *pes planus* apabila $SI \geq 0,8$ (Paecharoen dkk., 2023).



Gambar 2.12. *Staheli index*

Sumber: (Paecharoen dkk., 2023).

2.1.8 Interpretasi *Brody Navicular Drop Test* dan *Footprint*

1. *Brody Navicular drop test*
 - a. Lengkung normal = 6-10 mm
 - b. Lengkung datar ≥ 10 mm
 - c. Lengkung tinggi ≤ 5 mm

(Arulsingh dkk., 2014)
2. *Chippaux-Smirak-Index*
 - a. *Pes cavus*: $\leq 24\%$
 - b. Normal: 25-45%
 - c. *Pes planus*: $\geq 46\%$

(Paecharoen dkk., 2023)
3. *Arch Index*
 - a. Lengkung telapak kaki tinggi: $<0,21$ cm
 - b. Lengkung Normal: $0,22 \text{ cm} < \text{Arkus Index} < 0,26$
 - c. Lengkung telapak kaki datar: $> 0,26$ cm

(Irawan dkk., 2020)
4. *Harris Imprint Index*
 - a. *Pes Cavus*: -4, -3, -2
 - b. Normal: -1, 0, +1
 - c. *Pes Planus*: +2, +3, +4

(Paecharoen dkk., 2023)
5. *Staheli Index*
 - a. *Pes cavus*: ≤ 0.4 cm
 - b. Normal: 0.5-0.7 cm
 - c. *Pes planus*: ≥ 0.8 cm

(Paecharoen dkk., 2023)

2.2 Keseimbangan tubuh

2.2.1 Definisi Keseimbangan Tubuh

Keseimbangan tubuh merupakan keterampilan penting yang memungkinkan seseorang untuk mempertahankan posisi tubuhnya dalam berbagai kondisi, baik saat diam maupun bergerak. Salah satu aspek krusial yang berkembang seiring dengan tahap usia dan kematangan motorik pada anak adalah keseimbangan (Anggraeny dkk., 2023). Keseimbangan tubuh tidak hanya mendukung aktivitas fisik, tetapi juga menjadi kebutuhan dasar bagi manusia agar dapat menjalani kehidupan secara mandiri. Keseimbangan tubuh merujuk pada kemampuan tubuh dalam mengatur postur secara dinamis untuk mencegah terjatuh (Afafah, 2018). Keseimbangan tubuh juga melibatkan koordinasi berbagai sistem tubuh agar posisi tubuh tetap stabil dalam situasi yang berubah-ubah (Ashdani dkk., 2022).

2.2.2 Fisiologi Keseimbangan Tubuh

Refleks keseimbangan dimulai dari *nervus vestibularis*, yang menerima rangsangan dari alat vestibular. Badan sel dari sekitar 19.000 neuron yang menginervasi krista dan makula berada di *ganglion vestibulare*. Serabut dari *nervus vestibularis* berakhir di empat bagian *nukleus vestibularis* pada sisi yang sama dan di lobus *flokulonodularis* serebelum. Serat dari kanalis semisirkularis terutama menuju *nukleus vestibularis superior* dan *medial*, yang terlibat dalam kontrol gerakan mata. Serat dari utrikulus dan sakulus menuju *nukleus vestibularis lateral (nukleus deiters)*, yang memproyeksikan ke *medula spinalis* melalui *traktus vestibulospinalis lateralis*. Serat-serat ini juga berhubungan dengan serebelum dan *formatio retikularis*. *Nukleus vestibularis* memproyeksikan ke *talamus* dan kemudian ke *korteks somatosensorik primer*, serta ke berbagai *nukleus kranialis* yang terkait dengan gerakan mata (Barrett, 2015).

Flokulonodularis cerebellum memiliki peran penting dalam memproses informasi keseimbangan dinamis yang berasal dari kanalis semisirkularis. Kerusakan pada lobus ini dapat menimbulkan gangguan yang menyerupai cedera pada kanalis tersebut, berupa kesulitan mempertahankan keseimbangan saat terjadi perubahan arah gerakan secara cepat, tetapi relatif tidak berdampak besar terhadap keseimbangan statis. Uvula serebelum diduga berperan dalam menjaga keseimbangan saat tubuh dalam posisi diam (Guyton dan Hall, 2015).

Sinyal yang berasal dari *nuklei vestibular* dan *cerebellum* diteruskan melalui *fasikulus longitudinalis medialis* menuju batang otak bagian atas untuk mengoordinasikan gerakan mata saat kepala bergerak, sehingga pandangan tetap stabil dan terfokus pada objek tertentu. Sinyal lainnya menuju *cortex cerebri*, khususnya di area dalam *fisura sylvii lobus parietalis*, yang bersebelahan dengan area auditorik *gyrus temporalis superior*. Area ini berfungsi sebagai pusat kesadaran akan posisi dan keseimbangan tubuh. Jalur lain berasal dari *vermis cerebellum*, melewati *nuklei fastigius*, dan menuju *pons* serta *medula*. Jalur ini berperan dalam koordinasi antara alat keseimbangan, *nuklei vestibular*, dan *formatio retikularis* untuk menjaga postur dan sikap tubuh (Guyton dan Hall, 2015).

2.2.3 Komponen Pengontrol Keseimbangan Tubuh

Komponen keseimbangan memiliki peran penting dalam menetapkan posisi dan Gerakan tubuh. Berikut komponen pengontrol keseimbangan:

1. Vestibular

Sistem vestibular secara keseluruhan bertanggung jawab untuk mendeteksi posisi dan pergerakan kepala, bukan tubuh secara keseluruhan. Struktur utama dalam sistem ini meliputi *cochlea* (yang bertanggung jawab terhadap pendengaran), tiga *canalis*

semicircularis, serta dua ruang besar yakni *utrrikulus* dan *sakulus*. *Utrikulus* dan *sakulus* berperan besar dalam menjaga keseimbangan, terutama ketika kepala berada dalam posisi hampir tegak. *Makula* dalam *utrrikulus* terletak secara horizontal dan mendeteksi orientasi kepala saat tegak, sementara makula pada *sakulus* berada dalam bidang vertikal dan aktif saat seseorang berbaring. Setiap makula memiliki sel-sel rambut yang mengarah ke berbagai arah, sehingga memungkinkan otak menerima pola rangsangan yang berbeda sesuai posisi kepala dalam medan gravitasi. Pola inilah yang menginformasikan posisi kepala dalam ruang kepada sistem saraf pusat (Guyton dan Hall, 2015).

Ujung setiap *canalis semicircularis* terdapat ampula yang mengandung struktur sensorik bernama *crista ampularis*, dengan jaringan gelatinosa yang disebut kupula. Gerakan memutar kepala menyebabkan cairan endolimfe di dalam kanalis tetap diam sejenak akibat inersia, yang kemudian menghasilkan tekanan terhadap kupula. Kupula yang membengkok ini menstimulasi sel-sel rambut pada kista ampularis. Arah bengkokan menentukan apakah terjadi depolarisasi atau *hiperpolarisasi* sel, dan informasi ini diteruskan melalui *nervus vestibularis* ke otak untuk menginformasikan pergerakan kepala. Kanalis semisirkularis terutama mendeteksi awal dan akhir gerakan rotasi kepala, bukan gerakan statis atau gerakan terus-menerus. Gangguan pada fungsi ini dapat menyebabkan ketidakseimbangan, terutama ketika melakukan gerakan yang cepat dan kompleks (Guyton dan Hall, 2015).

2. Proprioseptif

Proprioseptif merupakan modalitas sensorik yang meliputi sensasi pergerakan sendi (*kinaesthesia*) serta kemampuan mengenali posisi sendi. Sistem ini menjadi komponen yang sangat penting dalam mempertahankan keseimbangan tubuh. Gangguan seperti *functional ankle instability* dapat berdampak negatif terhadap kemampuan keseimbangan. (Swandari dkk., 2016). Informasi proprioseptif dari persendian leher juga penting dalam menjaga keseimbangan, karena dapat memberikan sinyal korektif terhadap perubahan posisi kepala. Reseptor dari bagian tubuh lain, seperti sensasi tekanan dari telapak kaki, juga memberi informasi penting mengenai distribusi berat tubuh dan arah kecenderungan beban, baik ke depan maupun ke belakang (Guyton dan Hall, 2015).

3. Visual

Meskipun sistem vestibular dan proprioseptif mengalami gangguan, penglihatan masih dapat digunakan sebagai kompensasi untuk menjaga keseimbangan. Gerakan tubuh akan memengaruhi posisi bayangan di retina, dan pergeseran ini akan diproses oleh pusat keseimbangan otak. Sejumlah pasien dengan kerusakan sistem vestibular bilateral masih dapat mempertahankan keseimbangan selama mata mereka terbuka dan gerakan dilakukan secara perlahan. Kehilangan keseimbangan lebih mungkin terjadi apabila mata ditutup atau pergerakan berlangsung (Guyton dan Hall, 2015).

2.2.4 Jenis - Jenis Keseimbangan Tubuh

Keseimbangan tubuh dapat dibedakan menjadi dua, antara lain:

1. Keseimbangan Statis

Keseimbangan statis merupakan kemampuan individu untuk menjaga posisi tubuh tetap stabil dalam keadaan diam atau tanpa adanya pergerakan (Fadillah dkk., 2023). Keseimbangan statis terjadi ketika pusat gravitasi dipertahankan secara vertikal di atas dasar tumpuan tanpa mengubah panjang dasar tersebut. Keseimbangan ini terjaga selama tekanan tubuh tetap berada di pusat massa. Manusia dapat menentukan ukuran dan posisi dasar tumpuan, namun keseimbangan akan lebih sulit dipertahankan jika dasar tumpuan kecil, miring, tidak stabil, atau jika pusat gravitasi lebih tinggi (Yanovich dan Barshalom, 2022).

2. Keseimbangan dinamis

Keseimbangan tubuh didefinisikan sebagai kemampuan mempertahankan garis gravitasi tetap berada dalam area *base of support* (BOS). *Center of gravity* (COG) merupakan titik pusat massa tubuh atau *center of mass* (COM) yang posisinya tegak lurus terhadap BOS (Nam dkk., 2017). Kaki membutuhkan fleksibilitas dan stabilitas yang baik untuk dapat melakukan fungsi-fungsi tersebut (Dunsky dkk., 2017).

2.2.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Keseimbangan Tubuh

Keseimbangan statis dipengaruhi oleh faktor eksternal dan faktor internal yang terdiri dari beberapa komponen, diantaranya:

1. Faktor Eksternal

- a. *Base of support* (BOS) adalah bagian tubuh yang berinteraksi langsung dengan permukaan tumpuan. *Base of support* didefinisikan sebagai area yang dibentuk dan dibatasi oleh titik-titik kontak terluar antara tubuh dan permukaan

penopang (Hall, 2019). Penelitian menunjukkan kemampuan mempertahankan keseimbangan pada dasar tumpu yang sempit berkorelasi signifikan dengan skor total pada *Pediatric Balance Scale* (PBS) (Cesar dkk., 2024).

- b. Penggunaan alas kaki, penelitian ini mengeksplorasi kontrol keseimbangan pada anak-anak di bawah berbagai kondisi alas kaki. Ditemukan bahwa skor keseimbangan anak-anak secara signifikan lebih tinggi saat menggunakan alas kaki dibandingkan saat tanpa alas kaki, khususnya dalam tugas berjalan dengan tumit terangkat (Tan, 2019).
- c. Lingkungan fisik, Lingkungan fisik yang menyediakan dasar tumpuan yang stabil dan permukaan yang sesuai dapat membantu anak-anak dalam mempertahankan keseimbangan statis (Yanovich dan Bar-shalom, 2022).
- d. Gangguan visual dan konsentrasi penelitian ini melihat pengaruh gangguan penglihatan terhadap fungsi pemrosesan visual dan keseimbangan pada siswa dengan kebutuhan pendidikan khusus, dan hasilnya menunjukkan bahwa gangguan penglihatan berperan penting dalam keseimbangan statis maupun dinamis (Choi dkk., 2022). Sejalan dengan temuan tersebut, penelitian lain yang mengeksplorasi hubungan antara fungsi motorik dan perhatian pada anak-anak usia 4–5 tahun menunjukkan bahwa perhatian dan keseimbangan saling berkaitan, di mana gangguan konsentrasi juga dapat memengaruhi kemampuan anak dalam mempertahankan keseimbangan statis. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa baik integritas visual maupun kemampuan kognitif seperti konsentrasi memainkan peran penting dalam pengendalian postur dan kestabilan tubuh anak (Abuin dkk., 2018).

2. Faktor Internal

- a. Integrasi sistem visual, auditori, dan somatosensoris/proprioseptif, penelitian ini membahas bagaimana integrasi multisensori, termasuk input visual, auditori, dan somatosensoris/proprioseptif, berkontribusi pada kontrol keseimbangan pada manusia. Penelitian ini memberikan wawasan tentang pentingnya integrasi sensorik dalam keseimbangan (Peterka, 2018)
- b. Kekuatan otot, Studi ini meneliti efek latihan kekuatan terhadap keseimbangan pada anak-anak dengan *Developmental Coordination Disorder* (DCD). Hasil menunjukkan bahwa latihan kekuatan secara signifikan meningkatkan kekuatan otot dan memperbaiki performa keseimbangan statis pada anak-anak dengan DCD. Penelitian ini memberikan wawasan tentang pentingnya kekuatan otot terhadap keseimbangan statis (Kordi dkk., 2016).
- c. *Center of Gravity* (COG), Penelitian ini menyoroti bahwa keseimbangan statis terjadi ketika pusat gravitasi dipertahankan secara vertikal di atas dasar tumpuan tanpa mengubah panjang dasar tersebut. Menjaga keseimbangan menjadi lebih menantang ketika dasar tumpuan lebih kecil, memiliki kemiringan yang lebih besar, kurang stabil, atau jika individu memiliki pusat gravitasi yang lebih tinggi (Yanovich dan Barshalom, 2022).
- d. Kelainan bentuk kaki, Penelitian ini menyelidiki korelasi antara *flat foot* dan keseimbangan statis pada anak-anak usia sekolah. Hasilnya menunjukkan bahwa anak-anak dengan *flat foot* memiliki keseimbangan statis yang lebih buruk dibandingkan dengan mereka yang tidak memiliki *flat foot* (Mulyoto dkk., 2022).

- e. Deformitas tulang belakang, Studi ini mengeksplorasi korelasi antara keseimbangan koronal tulang belakang dan parameter *baropodometri* statis pada anak-anak dengan *skoliosis* idiopatik remaja. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan antara keseimbangan koronal tulang belakang dan distribusi tekanan plantar, yang mempengaruhi keseimbangan statis (Ma dkk., 2020).
- f. Aktivitas fisik, Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh program aktivitas fisik terhadap kemampuan keseimbangan statis pada anak usia dini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa program aktivitas fisik memiliki dampak positif yang signifikan terhadap peningkatan keseimbangan statis pada anak-anak (Pujianto, 2018).
- g. IMT, Penelitian ini menemukan bahwa anak-anak dan remaja dengan nilai IMT yang lebih tinggi memiliki keseimbangan yang lebih baik. Studi ini menunjukkan bahwa peningkatan massa tubuh mungkin berkontribusi pada stabilitas postural yang lebih baik pada kelompok usia ini (Rusek dkk., 2021).
- h. Usia dan Jenis kelamin, Studi ini meneliti stabilitas keseimbangan statis dan dinamis pada anak-anak prasekolah. Usia dan jenis kelamin berpengaruh terhadap kemampuan keseimbangan, di mana anak perempuan cenderung memiliki kematangan sistem saraf pusat yang lebih cepat, lebih efektif dalam memanfaatkan informasi vestibular, serta lebih baik dalam mengintegrasikan input dari sistem sensorik dan proprioseptif dibandingkan anak laki-laki. (Li dkk., 2022).

2.2.6 Pengukuran Keseimbangan Statis

Metode pengukuran keseimbangan statis pada anak

1. *Flamingo test*

Flamingo test merupakan gerakan berdiri diatas satu kaki, dengan ketentuan tertentu, seperti knee flexi 90° dan pada sendi hip tetap terjaga stabil agar badan tidak condong kedepan, pada gerakan *squat*, beberapa ketentuan ini arahkan untuk merangsang otot pada target latihan agar tepat sasaran. Subjek dibantu oleh pelatih pada awalnya. Setelah seimbang, tangan pelatih dilepaskan dan stopwatch dimulai. Stopwatch dihentikan setiap kali peserta kehilangan keseimbangan, dan jumlah kehilangan keseimbangan dalam 60 detik dihitung. Lebih dari 15 kali kehilangan keseimbangan dalam 30 detik pertama menyebabkan tes dihentikan dan subjek mendapat skor nol (Physopedia, 2025).

2. *Stork Balance Stand Test*

Stork Balance Stand Test digunakan untuk memantau perkembangan kemampuan individu dalam mempertahankan keadaan seimbang (keseimbangan) dalam posisi statis. Keuntungan dari tes ini adalah tidak memerlukan peralatan, sederhana untuk disiapkan dan dilakukan, serta dapat dilakukan hampir di mana saja. Kekurangannya adalah tes ini memerlukan seorang asisten untuk melaksanakannya. Subjek diminta berdiri dengan nyaman menggunakan kedua kaki dengan tangan di pinggang, lalu diarahkan untuk mengangkat satu kaki dan meletakkan jari-jari kaki tersebut pada lutut kaki lainnya. Subjek diminta mengangkat tumit dan berdiri dengan ujung jari kaki (berjinjit) atas perintah. *Stopwatch* dimulai saat tumit terangkat dari lantai. *Stopwatch* dihentikan jika tangan terlepas dari pinggang, kaki penopang berputar atau bergerak ke arah mana pun, kaki yang tidak menopang kehilangan kontak dengan

lutut, atau tumit kaki penopang menyentuh lantai. *Stork stand balance test* atau yang biasa disebut *one leg stand* (berdiri dengan satu kaki) adalah alat ukur untuk mengetes kemampuan keseimbangan statik atlet saat berdiri satu kaki dengan mata tertutup. Tes keseimbangan fungsional *Stork stand balance test* umumnya dipakai sebagai *gold standart*, tes ini memiliki nilai uji reabilitas sebesar 0,93 validitas sebesar 0,87 (Budiman, 2018; Risangdiptya dan Ambarwati, 2016).

2.2.7 Interpretasi Pengukuran Keseimbangan Statis

1. *Stork Balance Stand Test*

- a. Sangat baik: >50 detik
- b. Baik: 40-50 detik
- c. Rata-rata: 25-39 detik
- d. Buruk: 10-24 detik
- e. Sangat buruk: <10 detik

(Johnson dan Nelson, 1969)

2. *Flamingo Test*

- a. Sangat baik sekali: <3 kesalahan
- b. Sangat baik: 3 kesalahan
- c. Baik: 6-5 kesalahan
- d. Buruk: 10-7 kesalahan
- e. Sangat buruk: 14-11 kesalahan
- f. Tidak adekuat: 15 kesalahan

(Fauziah dkk., 2024)

2.2.8 Pengukuran Keseimbangan Dinamis

Y Balance Test (YBT) atau *Lower Quarter Y-Balance Test* (LQ-YBT) merupakan salah satu alat ukur yang banyak digunakan untuk menilai keseimbangan dinamis pada satu tungkai. *Lower Quarter Y-Balance Test* (LQ-YBT) memiliki tingkat reliabilitas yang sangat baik, baik dalam uji *intrarater* maupun *interrater*, sehingga dapat digunakan secara konsisten dalam berbagai konteks penelitian maupun klinis. Uji ini juga memiliki validitas diskriminan yang mampu membedakan performa keseimbangan antar populasi, seperti perbedaan berdasarkan jenis kelamin, tingkat usia, hingga cabang olahraga. *Lower Quarter Y-Balance Test* (LQ-YBT) sering digunakan untuk memprediksi risiko cedera, hasil penelitian menunjukkan bahwa validitas prediktifnya belum sepenuhnya konsisten di semua populasi. Beberapa studi menemukan bahwa skor komposit rendah dan adanya asimetri antartungkai berhubungan dengan peningkatan risiko cedera muskuloskeletal, sementara penelitian lain tidak menemukan hubungan yang signifikan. *Lower Quarter Y-Balance Test* (LQ-YBT) dapat dianggap sebagai alat ukur yang reliabel dan bermanfaat untuk menilai performa keseimbangan dinamis, namun interpretasi hasilnya sebagai prediktor risiko cedera sebaiknya dilakukan dengan hati-hati serta dikombinasikan dengan penilaian fungsional lain (Plisky dkk., 2021).

2.2.9 Interpretasi Pengukuran keseimbangan Dinamis

Validitas prediktif dari LQ-YBT bervariasi berdasarkan faktor-faktor seperti usia, jenis kelamin, dan jenis olahraga. Penting untuk mempertimbangkan variabel-variabel ini ketika menafsirkan hasil tes (Plisky dkk., 2021).

2.3 Hubungan Tinggi Medial Longitudinal Arkus dengan Keseimbangan Statis

2.3.1 Pengaruh Tinggi Medial Longitudinal Arkus terhadap Keseimbangan Statis

Perkembangan tinggi *Medial Longitudinal Arch* (MLA) memiliki pengaruh penting terhadap kestabilan postural, khususnya dalam kondisi statis. Penelitian menunjukkan bahwa pada anak usia sekolah, terdapat korelasi signifikan antara tinggi MLA dengan kemampuan mempertahankan keseimbangan. Anak dengan MLA yang rendah (*pes planus*) menunjukkan peningkatan osilasi pusat tekanan (*Center of Pressure/CoP*) dan kesulitan menjaga posisi berdiri, yang menandakan bahwa gangguan bentuk arkus kaki dapat menurunkan kestabilan tubuh (Ghorbani dkk., 2023).

Studi lain menemukan bahwa abnormalitas tinggi MLA, baik berupa lengkung yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi (*pes cavus*), sama-sama berdampak pada penurunan stabilitas statis. Pada kondisi MLA tinggi, luas bidang tumpu yang berkurang membuat kaki tidak optimal dalam menyerap beban dan guncangan sehingga menyebabkan instabilitas. Distribusi beban tubuh tidak merata dan terjadi mengubah fungsi biomekanik pada sendi subtalar, yang berkontribusi terhadap gangguan keseimbangan pada tinggi MLA rendah (Markowicz dkk., 2023).

Temuan dari kedua jurnal tersebut menegaskan bahwa tinggi MLA yang tidak normal dapat meningkatkan risiko jatuh, cedera muskuloskeletal, serta mengganggu aktivitas motorik sehari-hari pada anak. Penurunan keseimbangan statis akibat kelainan bentuk arkus kaki juga dapat berdampak pada perkembangan motorik jangka panjang, karena keseimbangan merupakan komponen penting dalam berbagai aktivitas fisik seperti berdiri, berjalan, dan berlari (Ghorbani dkk., 2023; Markowicz dkk., 2023).

2.4 Aktivitas Fisik

2.4.1 Definisi Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik diartikan sebagai setiap bentuk gerakan tubuh yang dihasilkan oleh otot-otot skeletal dan menghasilkan pengeluaran energi yang bermakna serta dibagi dalam kelompok ringan, sedang, dan berat. Setiap aktivitas yang dilakukan membutuhkan energi yang berbeda tergantung intensitas dan kerja otot. Aktivitas fisik dapat dilakukan dalam berbagai bentuk, seperti berjalan, bersepeda, olahraga, dan bentuk rekreasi aktif lainnya (Alghozi, 2017).

2.4.2 Manfaat Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik memberikan beragam manfaat yang penting bagi kesehatan tubuh. Melalui aktivitas fisik, berat badan dapat terkontrol dan tekanan darah dapat dipertahankan dalam kondisi stabil. Aktivitas ini berperan dalam menurunkan risiko *osteoporosis*, khususnya pada wanita, serta membantu mencegah terjadinya diabetes melitus. Aktivitas fisik juga berkontribusi dalam mengatur kadar kolesterol darah, meningkatkan dan memperkuat sistem imun, serta mempertahankan dan memperbaiki fleksibilitas sendi serta kekuatan otot. Di samping manfaat fisik tersebut, aktivitas fisik dapat memperbaiki postur tubuh, membantu pengelolaan stres, dan mengurangi kecemasan, sehingga berdampak positif secara menyeluruh terhadap kesehatan fisik dan mental. (Kemenkes, 2018).

Aktivitas fisik, khususnya latihan yang berfokus pada pengaktifan otot intrinsik kaki seperti *short foot exercise*, memiliki tujuan untuk memperbaiki posisi dan bentuk *Medial Longitudinal Arch* (MLA) serta meningkatkan kontrol keseimbangan pada anak dengan kaki datar. Program rehabilitasi selama enam minggu terbukti memperbaiki postur kaki, meningkatkan tinggi MLA, serta memberikan efek positif terhadap stabilitas postural, terutama pada anak dengan berat badan berlebih dalam kondisi mata tertutup.

Manfaat lain dari latihan ini adalah mendukung perkembangan propriosepsi, meningkatkan kekuatan otot, serta membantu menjaga fungsi biomekanik rantai gerak bawah tubuh. Aktivitas fisik tidak hanya berperan dalam melatih keseimbangan, tetapi juga penting dalam mendukung perkembangan arkus kaki anak, yang secara langsung berkaitan dengan kemampuan kontrol postural dan pencegahan gangguan muskuloskeletal di kemudian hari (Markowicz dkk.,2023).

2.4.3 Jenis-jenis Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan bentuk, tujuan, dan intensitasnya. Aktivitas *aerobik* merupakan jenis aktivitas yang menggunakan otot besar dalam durasi cukup lama dengan intensitas sedang hingga berat, contohnya berjalan cepat, *jogging*, bersepeda, berenang, dan senam *aerobik*. Aktivitas ini bermanfaat untuk meningkatkan daya tahan tubuh, kebugaran jantung, serta membantu mengendalikan berat badan.

Aktivitas penguatan otot seperti angkat beban, *push-up*, *sit-up*, *squat*, dan latihan dengan *resistance band* bertujuan meningkatkan kekuatan, massa, serta daya tahan otot sehingga mendukung metabolisme tubuh, pertumbuhan tulang, dan postur yang baik. Aktivitas penguatan tulang yang memberikan tekanan mekanis pada tulang, misalnya melompat, *skipping*, atau berlari, yang sangat penting bagi anak dan remaja untuk membentuk massa tulang optimal.

Aktivitas fleksibilitas seperti *stretching*, yoga, pilates, atau *tai chi* membantu meningkatkan kelenturan sendi, elastisitas otot, dan rentang gerak tubuh, sehingga dapat mencegah cedera serta memperbaiki postur. Jenis lainnya adalah aktivitas keseimbangan seperti berdiri dengan satu kaki, berjalan di atas garis lurus, atau latihan dengan bola keseimbangan yang melatih kemampuan tubuh

mempertahankan stabilitas baik dalam keadaan diam maupun bergerak.

Aktivitas fisik juga dapat dibedakan menurut intensitasnya, yaitu ringan (contohnya berjalan santai atau mencuci piring); sedang (seperti berjalan cepat, bersepeda santai, dan berenang ringan); berat (misalnya berlari, bermain basket, atau aerobik intensitas tinggi). Jenis aktivitas fisik tersebut memiliki manfaat yang spesifik, mulai dari meningkatkan kebugaran kardiovaskular, memperkuat otot dan tulang, menjaga kelenturan sendi, melatih keseimbangan, hingga mendukung kesehatan tubuh secara menyeluruh.

2.4.4 Pengukuran dan Klasifikasi Aktivitas Fisik

Metode Pengukuran Aktivitas Fisik pada anak

1. *Physical Activity Questionnaire for Children (PAQ-C)*

PAQ-YC dikembangkan untuk anak usia sekolah dasar (7-12 tahun) sebagai instrumen *self-report* aktivitas fisik selama tujuh hari. Kuesioner ini telah divalidasi mengikuti pedoman COSMIN sehingga memiliki validitas konten yang baik dalam mengukur aktivitas sehari-hari anak. Hasil uji menunjukkan bahwa PAQ-C mampu membedakan anak dengan tingkat aktivitas fisik rendah dan tinggi, serta memiliki reliabilitas internal yang cukup baik dengan nilai Cronbach's alpha $>0,70$ (Amor-Barbosa dkk., 2021).

Studi terbaru menegaskan bahwa PAQ-C versi Indonesia memiliki validitas butir yang moderat (0,329–0,818) dan reliabilitas yang dapat diterima (0,705–0,712), meskipun validitas konkuren terhadap tes kebugaran jasmani menunjukkan hasil yang rendah. PAQ-C versi Indonesia layak digunakan sebagai instrumen penilaian aktivitas fisik anak, terutama bila dikombinasikan dengan metode berbasis alat seperti akselerometer atau pedometer untuk memperkuat akurasi pengukuran (Andriyani dkk., 2024).

Proses interpretasi kuesioner Physical Activity Questionnaire for Children (PAQ-C) dilakukan dengan memberikan skor pada setiap butir pertanyaan dalam rentang 1 hingga 5, di mana skor 1 menunjukkan aktivitas fisik terendah dan skor 5 menunjukkan aktivitas tertinggi. Nilai akhir diperoleh dari rata-rata skor sembilan pertanyaan utama yang menggambarkan aktivitas anak selama satu minggu terakhir, meliputi kegiatan saat waktu luang, pelajaran olahraga, istirahat, setelah sekolah, hingga akhir pekan. Skor tersebut kemudian diinterpretasikan untuk menentukan tingkat aktivitas fisik responden, dengan kategori sebagai berikut: 1,00–1,99 menunjukkan aktivitas fisik rendah; 2,00–2,99 menunjukkan aktivitas sedang/ringan; 3,00–3,99 menunjukkan aktivitas sedang–tinggi; dan 4,00–5,00 menunjukkan aktivitas fisik tinggi (Kowalski dkk., 2004).

2. *Physical Activity Unit 7-Item Screener (PAU-7S)*

PAU-7S digunakan pada anak usia 8–16 tahun untuk menilai aktivitas fisik melalui recall tujuh hari. Validitas PAU-7S telah diuji dengan membandingkan hasil kuesioner terhadap *accelerometer*, dan diperoleh korelasi moderat ($r = 0,39$; $p < 0,001$) dengan nilai reliabilitas *test-retest* yang baik ($ICC = 0,71$; 95% CI: 0,61–0,78). Hal ini menunjukkan bahwa PAU-7S cukup akurat digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat aktivitas anak di sekolah maupun waktu luang (Schröder dkk., 2021).

3. *Accelerometer*

Penggunaan *accelerometer* merupakan metode objektif yang banyak dipakai untuk mengukur aktivitas fisik pada anak prasekolah. Validasi menunjukkan bahwa alat ini memiliki tingkat akurasi tinggi dalam mendeteksi aktivitas sedang hingga berat (MVPA), dengan korelasi kuat terhadap pengeluaran energi aktual ($r = 0,77$ – $0,89$). Reliabilitas pengukuran juga sangat baik, dengan nilai ICC rata-rata $>0,80$, sehingga *accelerometer*

dianggap sebagai standar emas dalam mengukur aktivitas fisik anak-anak (Phillips dkk., 2021).

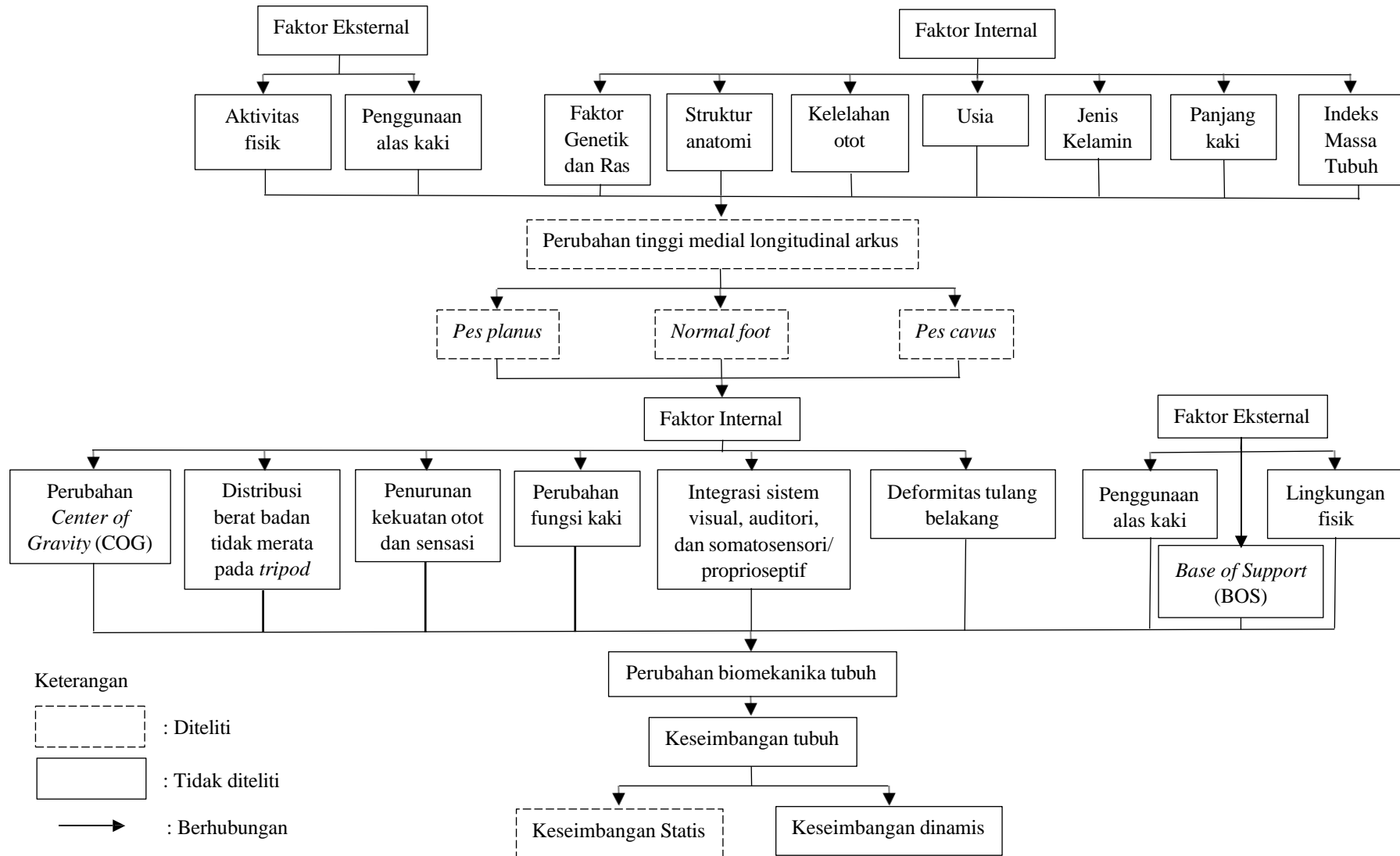
4. *Parent-Reported Questionnaire*

Kuesioner aktivitas fisik yang dilaporkan oleh orang tua sering digunakan pada anak usia dini sebagai metode alternatif yang lebih praktis. Validitas laporan orang tua menunjukkan korelasi moderat terhadap data accelerometer ($\rho = 0,41$; $p < 0,01$), sementara kemampuan diskriminasi anak aktif dan tidak aktif cukup baik dengan AUC $>0,80$. Reliabilitas instrumen ini bervariasi, dengan nilai ICC berkisar antara 0,50–0,70, sehingga lebih tepat digunakan sebagai pelengkap metode objektif (Prieto-Botella dkk., 2022; Sarker dkk., 2015).

5. *Youth Activity Profile (YAP)*

Youth Activity Profile (YAP) dikembangkan sebagai instrumen *self-report* berbasis daring untuk anak usia sekolah dasar hingga menengah (kelas 4–12). Validitas YAP diuji terhadap *accelerometer* dan menunjukkan korelasi moderat ($r = 0,44$; $p < 0,01$). Selain itu, reliabilitas *test-retest* dinyatakan baik dengan nilai ICC 0,73, sehingga dapat digunakan dalam survei berskala besar untuk memantau aktivitas fisik anak dan remaja. Dengan durasi pengisian yang singkat (≤ 20 menit) dan properti psikometrik yang baik, YAP menjadi salah satu instrumen yang efisien dalam penelitian populasi anak sekolah (Saint-Maurice dan Welk, 2015).

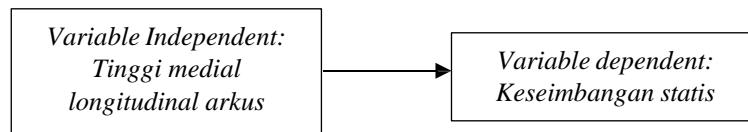
2.4 Kerangka Teori



Gambar 2.13. Kerangka teori.

Sumber: (Anisafitri, 2021; Kordi dkk., 2016; Ma dkk., 2020; Mulyoto dkk., 2022; Pasaribu dkk., 2022; Peterka, 2018; Pujiyanto, 2018; R. Putri, 2018; Ridjal, 2016; Tan, 2019).

2.5 Kerangka Konsep



Gambar 2.14. Kerangka Konsep.

2.6 Hipotesis

2.6.1 Hipotesis Alternatif (Ha)

1. Terdapat perbedaan distribusi yang bermakna antara kategori tinggi medial longitudinal arkus pada siswa-siswi usia 9–12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.
2. Terdapat perbedaan distribusi yang bermakna antara kategori keseimbangan statis pada siswa-siswi usia 9–12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.
3. Terdapat perbedaan tinggi medial longitudinal arkus dan keseimbangan statis antara anak perempuan dan laki-laki usia 9–12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.
4. Terdapat hubungan antara tinggi medial longitudinal arkus terhadap keseimbangan statis pada anak usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.

2.6.2 Hipotesis Nol (H0)

1. Tidak terdapat perbedaan distribusi yang bermakna antara kategori tinggi medial longitudinal arkus pada siswa-siswi usia 9–12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.
2. Tidak terdapat perbedaan distribusi yang bermakna antara kategori keseimbangan statis pada siswa-siswi usia 9–12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.

3. Tidak terdapat perbedaan tinggi medial longitudinal arkus dan keseimbangan statis antara anak perempuan dan laki-laki usia 9–12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.
4. Tidak terdapat hubungan antara tinggi medial longitudinal arkus terhadap keseimbangan statis pada anak usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian analitik observasional dengan pendekatan *Cross-Sectional*, karena data dikumpulkan pada satu waktu tertentu untuk mengetahui hubungan antara tinggi medial longitudinal arkus dan keseimbangan statis pada anak usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru (Abduh dkk., 2023).

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di SDN 2 Kampung Baru, Bandar Lampung

3.2.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus hingga November 2025.

3.3 Populasi dan Sampel penelitian

3.3.1 Populasi Penelitian

Populasi adalah semua siswa dan siswi yang bersekolah di SDN 2 Kampung Baru, Bandar Lampung, Lampung. Jumlah siswi kelas 4 sebanyak 27 siswi dan 18 siswa; kelas 5 sebanyak 19 siswi dan 18 siswa; kelas 6 sebanyak 18 siswi dan 28 siswa. Total populasi yaitu sebanyak 128 orang.

3.3.2 Sampel Penelitian

Teknik pengambilan sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah *total sampling* dengan sampel yang diteliti yaitu seluruh Siswa dan siswi SDN 2 Kampung baru yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Jumlah sampel siswa kelas 4 sebanyak 9 siswa dan 21 siswi; kelas 5 sebanyak 8 siswa dan 17 siswi; kelas 6 sebanyak 16 siswa dan 13 siswi. Total populasi yaitu sebanyak 84 orang.

3.3.3 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Pengambilan sampel dipilih berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi dibawah ini, yaitu:

3.3.3.1 Kriteria Inklusi

1. Responden yang dijadikan sampel adalah siswa & siswi SDN 2 Kampung Baru dengan usia 9-12 tahun.
2. Responden bersedia dijadikan sampel penelitian dan bekerja sama hingga penelitian berakhir.
3. Responden tidak memiliki riwayat cedera pada tungkai bawah.
4. Responden mampu berdiri dan melakukan tugas keseimbangan statis secara mandiri (berdiri sendiri tanpa bantuan orang lain).
5. Responden melakukan aktivitas fisik ringan/ Sedang-ringan, yang dinilai melalui pengisian kuesioner aktivitas fisik dengan rentang skor 1 hingga 2 ringan (Kowalski dkk., 2004).

3.3.3.2 Kriteria Eksklusi

1. Responden dengan riwayat gangguan neurologis atau sensorik (stroke, *multiple sclerosis*, gangguan penglihatan berat, gangguan pemrosesan sensorik (Blomgren dkk., 2019; Sulliva dan Zahr, 2021), gangguan vestibular (*Benign Paroxysmal Vertigo of Childhood* (BPVC)) dan epilepsi

(Lee dkk., 2017; Sinanoglu dan Ozdemir, 2023) yang dapat memengaruhi hasil keseimbangan.

2. Responden yang menggunakan alat bantu mobilitas (misalnya *brace*, tongkat, atau *orthosis*) saat pengambilan data.
3. Responden dengan kelainan kongenital pada kaki seperti *clawfoot* atau deformitas mayor lainnya.
4. Responden dengan luka terbuka atau riwayat operasi pada kaki dalam waktu dekat.

3.4 Identifikasi Variabel

Terdapat dua variabel yang hendak diteliti dalam penelitian ini, yaitu:

1. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu tinggi medial longitudinal arkus pada anak usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.
2. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah keseimbangan statis pada anak usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.

3.5 Definisi Operasional

Tabel 3.1. Definisi Operasional

No.	Variabel	Definisi	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
1.	Tinggi Medial Longitudinal Arkus (MLA)	Lengkung utama pada kaki yang berperan penting dalam penumpuan dan keseimbangan saat berjalan (Zahidah dkk., 2022).	<i>Chippaux-smirak index.</i>	<i>Pes cavus</i> : $\leq 24\%$ Normal: 24-45% <i>Pes Planus</i> : $\geq 46\%$ (Paecharoen dkk., 2023)	Nominal/ Kategorik
2.	Keseimbangan Statis	Kemampuan yang diperlukan seseorang untuk mempertahankan tubuh dalam posisi diam atau tanpa bergerak (Fadillah dkk., 2023).	<i>Stork Stand Balance Test.</i>	baik: >39 detik rata-rata: 25-39 detik Buruk: <25 detik (Johnson dan Nelson, 1969)	Ordinal/ Kategorik

3.6 Prosedur Penelitian

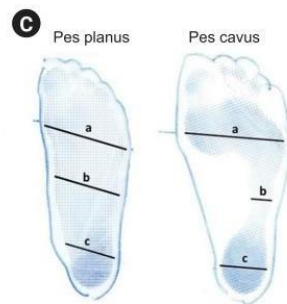
3.6.1 Instrumen Penelitian

A. *Footprint analyze*

Intrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengukuran tinggi medial longitudinal arkus yang dapat diukur menggunakan *chippaux-smirax index*, yaitu perbandingan antara lebar *midfoot* dan lebar *forefoot* untuk mengklasifikasikan jenis arkus (*pes planus*, normal, atau *pes cavus*) (Scholz dkk., 2017). Sensitivitas alat ukur *chippaux-smirak index* sebesar 94.2% (Sulistiyowati dan Rosida, 2021). Proses pengukuran dilaksanakan di sekolah oleh lima enumerator, yaitu mahasiswi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung semester 7 yang telah mendapatkan pelatihan sebelumnya sehingga memahami prosedur penelitian dan mampu melakukan pengukuran sesuai standar, bersama dengan peneliti secara langsung. Alat yang digunakan untuk mengukur tinggi *Medial Longitudinal Arch* ialah HVS ukuran 21 cm x 29,7 cm 70 GMS dengan merek Sinar Dunia dan *washable paint*. Waktu yang dibutuhkan untuk mengukur tinggi medial longitudinal dengan metode ini sekitar 6 menit.

Cara pengukuran tinggi medial longitudinal arkus menggunakan metode *chippaux-smirax index*:

1. Responden berdiri tegak dengan beban tubuh merata pada kedua kaki, dengan posisi kaki dibuka selebar bahu.
2. Oleskan tinta pada telapak kaki responden atau minta responden menginjak tinta.
3. Minta responden untuk berdiri di atas kertas putih selama beberapa detik untuk mencetak jejak kaki penuh.



Gambar 3.1. *Chippaux-smirax index*
Sumber: (Paechoeroen dkk., 2023).

4. Ukur dua komponen pada jejak kaki
 - a. Lebar bagian tengah telapak kaki : biasanya bagian paling sempit dari jejak kaki
 - b. Lebar bagian tumit depan: yaitu jarak antara bagian medial dan lateral *metatarsal heads*
5. Perhitungan *chippaux-smirax index*:

Rumus:

$$CSI = \left(\frac{\text{lebar midfoot}}{\text{lebar forefoot}} \right) \times 100\%$$

6. Bandingkan temuan dengan tabel interpretasi.

Tabel 3.2. Interpretasi Tinggi Medial Longitudinal Arkus
Sumber: (Paechoeroen dkk., 2023).

<i>Pes cavus</i>	$\leq 24\%$
<i>Normal foot</i>	25-45 %
<i>Pes planus</i>	$\geq 46\%$

B. *Stork Stand Balance Test*

Stork stand balance test/ standing stork test atau yang biasa disebut *one leg stand* (berdiri dengan satu kaki) adalah alat ukur untuk mengetes kemampuan keseimbangan statik saat berdiri satu kaki dengan mata tertutup. Tes keseimbangan fungsional *Stork stand balance test* umumnya dipakai sebagai *gold standard*, tes ini memiliki nilai uji reabilitas sebesar 0,93 validitas sebesar 0,87 (Budiman, 2018; Risangdiptya dan Ambarwati, 2016). Proses

pengukuran dilaksanakan di sekolah oleh lima enumerator, yaitu mahasiswi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung semester 7 yang telah mendapatkan pelatihan sebelumnya sehingga memahami prosedur penelitian dan mampu melakukan pengukuran sesuai standar, bersama dengan peneliti secara langsung. Alat yang digunakan untuk mengukur keseimbangan statis ialah *stopwatch*. Waktu yang dibutuhkan untuk mengukur keseimbangan statis dengan metode ini sekitar 5 menit.

Cara pengukuran keseimbangan statis menggunakan metode *stork balance stand test*:

- a. Responden berdiri tanpa alas kaki dengan kedua tangan berada di pinggang.
- b. Satu kaki tetap di lantai sebagai kaki tumpuan dan kaki lainnya ditekuk kedepan sehingga ujung kaki menyentuh lutut bagian dalam tumpuan.
- c. Peneliti menginstruksikan responden untuk berdiri seimbang diatas kaki tumpuan dan kaki lainnya tetap menempel di lutut.
- d. Waktu dihitung sejak subjek mulai mengangkat tumit kaki tumpuan dari lantai.
- e. Waktu akan dihentikan jika tangan terlepas dari pinggang, kaki yang diangkat menyentuh lantai atau bergerak dari posisi awal, tumit kaki tumpuan menyentuh lantai, dan subjek memiliki keseimbangan.
- f. Pemeriksaan ini akan dilakukan sebanyak tiga kali, kemudian diambil hasil terbaik sebagai data penelitian, dengan tujuan untuk meminimalkan kesalahan dan mendapatkan hasil yang paling representatif dari kemampuan responden.

- g. Bandingkan temuan dengan tabel interpretasi.

Tabel 3.3. Interpretasi *Stork Stand Balance Test*

Sumber: (Johnson dan Nelson, 1969)

Baik	>39
Rata-rata	25-39
Buruk	<25

C. Formulir Isian Lengkap

Formulir isian diberikan kepada responden dan diisi oleh wali atau orang tua responden. Formulir ini berisi pertanyaan terkait identitas dasar dan kondisi kesehatan anak, meliputi nama lengkap, umur, tanggal lahir, berat badan, tinggi badan, serta riwayat cedera atau riwayat penyakit yang pernah dialami. Data tersebut dikumpulkan sebagai informasi pendukung untuk keperluan penelitian.

D. Kuesioner penelitian berdasarkan PAQ-C

Kuesioner penelitian yang digunakan adalah *Physical Activity Questionnaire for Children* (PAQ-C) yang telah diterjemahkan dan disesuaikan ke dalam bahasa Indonesia. Kuesioner ini diisi oleh orang tua atau wali responden untuk menilai tingkat aktivitas fisik anak selama tujuh hari terakhir. PAQ-C terdiri dari beberapa butir pertanyaan yang dirancang untuk mengevaluasi frekuensi dan jenis aktivitas fisik yang dilakukan anak, baik di sekolah maupun di luar sekolah. Instrumen PAQ-C dalam versi bahasa Indonesia telah dilakukan uji validitas dan reabilitas. Hasil uji validitas menunjukkan bahwa seluruh butir memiliki korelasi dengan rentang nilai 0,140–0,730 yang termasuk dalam kategori valid. Hasil uji reliabilitas diperoleh nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,682, sehingga instrumen ini dinyatakan reliabel dan layak digunakan dalam penelitian (Ramadhani dan Fithroni, 2020). Interpretasi skor tersebut yaitu: skor 1,00–1,99 menunjukkan tingkat aktivitas fisik rendah; skor 2,00–2,99 menunjukkan tingkat aktivitas fisik sedang/ringan; skor 3,00–3,99 menunjukkan tingkat aktivitas fisik

sedang–tinggi; dan skor 4,00–5,00 menunjukkan tingkat aktivitas fisik tinggi (Kowalski dkk., 2004).

E. Timbangan dan *microtoise*

Pengukuran berat badan dilakukan menggunakan timbangan merek GEA *Medical*, sedangkan tinggi badan diukur menggunakan microtoise merek GEA *Medical* dengan ketelitian 0,1 cm. Kedua alat tersebut telah melalui proses kalibrasi sehingga hasil pengukuran lebih akurat. Proses pengukuran dilaksanakan di sekolah oleh lima enumerator, yaitu mahasiswi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung semester 7 yang telah mendapatkan pelatihan sebelumnya sehingga memahami prosedur penelitian dan mampu melakukan pengukuran sesuai standar, bersama dengan peneliti secara langsung. Data tinggi dan berat badan yang diperoleh digunakan untuk menghitung Indeks Massa Tubuh (IMT) responden, sekaligus memastikan kesesuaian sampel dengan kriteria inklusi dan eksklusi penelitian.

F. Alat tulis

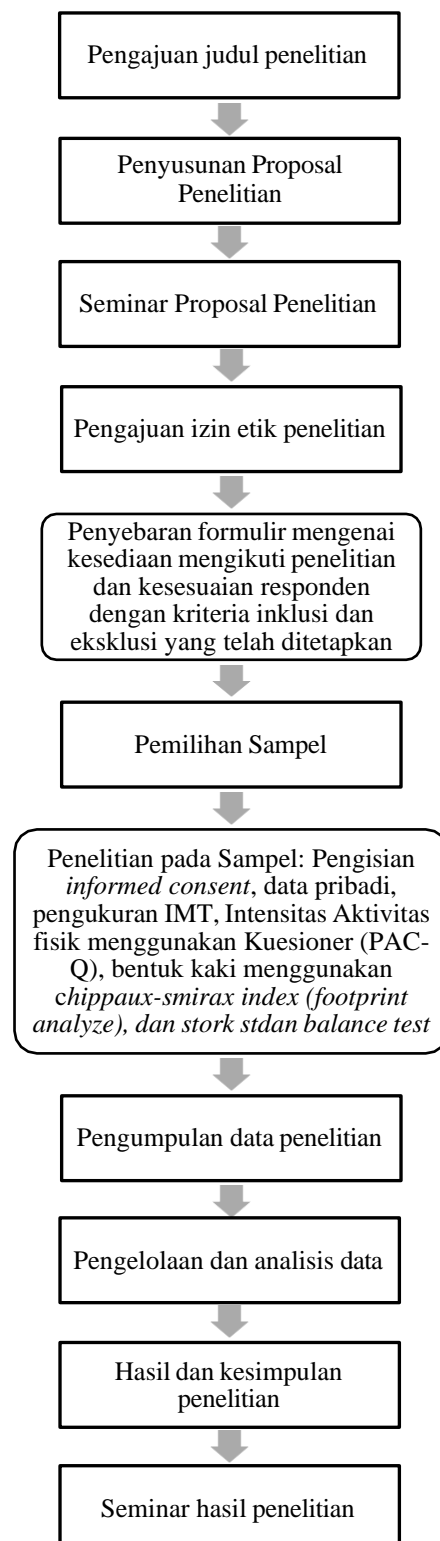
Menggunakan alat tulis seperti pulpen, pensil, penghapus, dan *correction tape* untuk pengisian formulir dan kuesioner PAQ-C.

G. Kamera

Menggunakan kamera ponsel Samsung A54 lensa wide 50 MP, bukaan f/1.8, panjang fokus ekuivalen 26mm, dan ukuran sensor 1/2.55 inci) untuk mendokumentasikan kegiatan penelitian.

H. Analisis data menggunakan *software* statistika.

3.6.2 Alur Penelitian



Gambar 3.2. Alur Penelitian.

3.7 Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dilakukan secara langsung oleh peneliti di SDN 2 Kampung baru, Bandar Lampung. Peneliti melakukan evaluasi tinggi medial longitudinal arkus terhadap keseimbangan statis pada anak yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Berikut tahapan dari pengumpulan data:

1. *Informed consent* kepada responden
2. Berikan penjelasan tujuan dari penelitian yang akan dilakukan
3. Jika responden setuju, dilanjutkan dengan memberikan lembar formulir isian untuk mengisi identitas lengkap pada responden
4. Lakukan pengukuran tinggi badan dan berat badan untuk mengetahui Indeks Massa Tubuh (IMT) responden.
5. Mengisi kuesioner intensitas aktivitas fisik menggunakan kuesioner *Physical Activity Questionnaire for Older Children* (PAQ-C).
6. Menyeleksi responden yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi.
7. Lakukan pengukuran tinggi medial longitudinal arkus pada responden dengan metode *chippaux-smirax index*.
8. Lakukan juga pengukuran keseimbangan statis pada anak dengan menggunakan metode *stork balance stand test*.

3.8 Pengelolaan dan Analisis Data

3.8.1 Pengelolaan Data

Data yang sudah terkumpul di analisis menggunakan aplikasi komputer/program statistic untuk tujuan analisis. Tahapan pengelolaan data dengan memanfaatkan perangkat lunak komputer antara lain:

1. *Editing*
Periksa isi kuesioner untuk memastikan bahwa respon yang dikumpulkan benar, komprehensif, relevan, jelas, dan konsisten.

2. *Coding*

Data yang diperoleh pada tahap pengumpulan diubah menjadi simbol-simbol berupa angka untuk dianalisis. Coding yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari:

a. Tinggi Medial Longitudinal Arkus (MLA)

1= *Pes cavus*

2= Normal

3= *Pes Planus*

b. Keseimbangan Statis

1= Buruk

2= Rata-rata

3= Baik

3. *Data Entry*

Memasukkan data yang sudah dikoding ke dalam komputer.

4. *Verifying*

Periksa kembali data yang dimasukkan ke dalam perangkat lunak komputer terhadap data yang ada.

5. *Pengolahan*

Lakukan analisis statistik yang berbeda pada data jika diperlukan dan praktis.

6. *Computer Output*

Perangkat lunak komputer mencetak temuan analisis.

3.8.2 Analisis Data

1. Analisis Univariat

Analisis data univariat ini dilakukan untuk menganalisis masing-masing variabel bebas dan variabel terikat. Analisis ini juga berguna untuk melihat penyebaran data variabel bebas dan variabel terikat dalam bentuk tabel.

2. Analisis Bivariat

Analisis data bivariat adalah untuk mengetahui apakah terdapat hubungan yang bermakna secara statistik antara tinggi medial longitudinal arkus sebagai *variable independent* dengan keseimbangan statis sebagai *variable dependent* pada anak usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru dengan uji proporsi *Chi-Square* (χ^2). Syarat uji *Chi-Square* yaitu cocok digunakan untuk data kategorik, *expected count* harus >5 , tidak boleh ada *cell* yang kosong, dan jika ada yang kurang tidak boleh $>20\%$. Apabila tidak memenuhi syarat uji *Chi-Square* maka akan dilakukan penggabungan sel untuk kembali di uji dengan uji *Chi-square* (Dahlan, 2001). Kemaknaan jika $p < 0,05$. Bila hasil p adalah $< 0,05$; berarti hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_a) diterima. Analisis data akan dilakukan menggunakan perangkat lunak pengolah data.

3.9 Etika Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan dengan mengacu pada prinsip etik penelitian, termasuk *informed consent* dan menjaga kerahasiaan data partisipan. Pembuatan *ethical clearance* penelitian ini sudah diajukan ke Komite Etik Penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dengan nomor surat 4702/UN26.18/PP.05.02.00/2025.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang didapatkan mengenai hubungan antara tinggi medial longitudinal arkus dengan keseimbangan statis pada anak usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru, maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut

1. Siswa & siswi usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru memiliki distribusi tinggi medial longitudinal arkus yang berada dalam kategori normal (*normal foot*) sebanyak 67%, dengan sebagian kecil termasuk kategori *pes planus* (27,3%) dan *pes cavus* (4,7%).
2. Siswa & siswi usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru memiliki distribusi keseimbangan statis baik sebanyak 80%, dengan sebagian kecil termasuk dalam kategori rata-rata (16,6%) dan buruk (2,4%).
3. Terdapat perbedaan yang bermakna antara tinggi medial longitudinal arkus dan tidak terdapat perbedaan yang bermakna antara keseimbangan statis pada anak perempuan dan laki-laki usia 9–12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.
4. Terdapat hubungan antara tinggi medial longitudinal arkus dengan keseimbangan statis anak usia 9-12 tahun di SDN 2 Kampung Baru.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, adapun saran yang dapat diberikan oleh peneliti adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti selanjutnya disarankan agar penelitian berikutnya dapat menggunakan alat ukur yang lebih objektif dan sensitif, seperti navicular drop test untuk pengukuran tinggi arkus. Studi mendatang juga diharapkan dapat menambahkan variabel lain yang berpotensi memengaruhi tinggi medial longitudinal arkus dan keseimbangan statis, meliputi kekuatan otot penopang arkus (*tibialis posterior* dan *fleksor* jari kaki), tingkat aktivitas fisik harian, serta karakteristik antropometri seperti panjang tungkai dan indeks massa tubuh (IMT). Penambahan variabel tersebut diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang berperan terhadap kestabilan postural.
2. Bagi Siswa, Siswi dan Orang Tua SDN 2 Kampung Baru Perlu dilakukan edukasi dan pemantauan rutin mengenai kesehatan kaki anak, terutama dalam mendeteksi dini kelainan seperti *pes planus* (kaki datar) yang dapat memengaruhi keseimbangan. Orang tua diharapkan dapat memperhatikan pemilihan alas kaki yang sesuai, mendorong anak untuk melakukan aktivitas fisik yang melatih otot intrinsik kaki (seperti berjalan tanpa alas kaki di permukaan datar, latihan keseimbangan sederhana, dan peregangan kaki), guna menjaga fungsi arkus dan stabilitas postural anak.
3. Bagi Intitusi hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah bagi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dan sekolah dasar terkait, upaya promosi kesehatan muskuloskeletal anak usia sekolah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, M., Alawiyah, T., Apriansyah, G., Sirojh, R., Afgani, M. (2023). Survey Design: Cross Sectional dalam Penelitian kuantitatif. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Komputer*, 3(1), 32–39.
- Abuin-Porras, V., Villafañe, J. H., Jiménez-Antona, C., Palacios, A., Martínez-Pascual, B., Rodríguez-Costa, I. (2018). Relationship between attention and balance: A dual-task condition study in children. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(3), 349–355.
- Afafah, M. (2018). Abstrac Analysis Static Balance And Dinamic Balance Of Women In Elderly Sport Community Resindence Pongangan Indah Gresik. *Jurnal Kesehatan Olahraga IKOR FIO UNESA*, 2(07), 292–298.
- Alghozi, F. Z. (2021). *Hubungan antara aktivitas fisik dengan kebugaran jasmani peserta didik kelas atas di Sekolah Dasar Negeri Tambakrejo Tempel Kabupaten Sleman* [Skripsi, Universitas Negeri Yogyakarta]. Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Alsuhaymi, A. M., Almohammadi, F. F., Alharbi, O. A., Alawfi, A. H., Olfat, M. M., Alhazmi, O. A., Khoshhal, K. I. (2019). Flatfoot among School-age Children in Almadinah Almunawwarah: Prevalence and Risk Factors. *Journal of Musculoskeletal Surgery and Research*, 3(2), 204–208.
- Amor-Barbosa, M., Girabent-Farrés, M., Rosés-Noguer, F., Ortega-Martínez, A., Medina-Rincón, A., Bagur-Calafat, C. (2021). Development and Content Validity of the Physical Activity Questionnaire-Young Children (Paq-yc) to Assess Physical Activity in Children between 5 and 7 Years. *Healthcare*, 9, 655.
- Andriyani, F. D., Indra, E. N., Priambadha, A. A. (2024). Validity and Reability of the Indonesian version of Physical Activity Questionnaire for Adolescents (PAQ-A) and Older Children (PAQ-C). *Jurnal Pendidikan Jasmani Indonesia*, 20(1), 18–31.

- Anggraeny, D., Sartinah, E. P., Surabaya, U. N., Motorik, H. (2023). Pelatihan Keseimbangan Tubuh Pada Anak Dengan Hambatan Motorik Bagi Guru DI SLB Bangun Bangsa Surabaya. *Journal Of Community Engagement In Education*, 2(1), 13–19.
- Anisafitri. (2021). Hubungan Bentuk Kaki Flat Foot Terhadap Keseimbangan Pada Anak Usia 7-10 Tahun : Narrative Review. *Jurnal Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta*, 1(1), 1–15.
- Antara, K. A., Adiputra, I. N., Sugiritama, I. W. (2017). The Correlation Between Flat Foot With Static and Dynamic Balance in Elementary School Children 4 Tonja Denpasar City. *Majalah Ilmiah Fisioterapi Indonesia*, 5(3), 23–26.
- Arulsingh, W., Raj, J. O., Adhikari, U., Pai, G. (2014). Normative values of Navicular drop test and the effect of demographic parameters-A cross sectional study. *Scholars Research Library Annals of Biological Research*, 5(7), 40–48.
- Ashandi, D. A., Pramono, P., Astuti, W. (2022). Analisis Kegiatan Stimulasi Keseimbangan Tubuh Anak Usia 3-4 Tahun Di Rw 02 Kelurahan Lesanpuro Malang. *JP2KG AUD (Jurnal Pendidikan, Pengasuhan, Kesehatan Dan Gizi Anak Usia Dini)*, 2(1), 9–18.
- Babu, D., Bordoni, B. (2024). Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Medial Longitudinal Arch of the Foot. In *StatPearls* (1–8).
- Barrett, K. E., Barman, Susan M., Baitono, Scott., Brooks Haddwen (2015). *Buku Ajar Ganong Fisiologi Kedokteran Edisi 24*. Jakarta:EGC
- Bataweel, E. A., & Ibrahim, A. I. (2020). Balance and Musculoskeletal Flexibility in Children with Obesity: a Cross-Sectional Study. *Original Article*, 40(20), 120–125.
- Birinci, T., Demirbas, S. B. (2017). Relationship between the mobility of medial longitudinal arch and postural control. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 51(3), 233–237.
- Blomgren, C., Samuelsson, H., Blomstrand, C., Jern, C., Jood, K., Claesson, L. (2019). Long-term performance of instrumental activities of daily living in young and middle-aged stroke survivors—Impact of cognitive dysfunction, emotional problems and fatigue. *PLoS ONE*, 14(5), 1–14.
- Budiman, I. A. (2018). Student Motor Ability Analysis Primary School. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 5(6), 29–33.
- Cesar, G. M., Giebler, M., Buster, T. W., Burnfield, J. M. (2024). Balance assessment with decreased base of support for children with disabilities. *Clinical and Experimental Pediatrics*, 67(12), 718–724.

- Chauhan, H., Taqi, M. (2022). Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Arches of the Foot. *StatPearls*.
- Choi, K. Y., Wong, H. Y., Cheung, H. N., Tseng, J. K., Chen, C. C., Wu, C. L., Eng, H., Woo, G. C., Cheong, A. M. Y. (2022). Impact of visual impairment on balance and visual processing functions in students with special educational needs. *PLoS ONE*, 17(4 April), 1–15.
- Dabholkar, T., Agarwal, A. (2020). Quality of Life in Adult Population with Flat Feet. *International Journal of Health Sciences and Research*, 10(2), 193.
- Dahlan, S. (2001) *Seri Evidance Based Medicine 1: Statistik untuk Kedokteran dan Kesehatan*. Jakarta: Selemba Medika
- Darr, N. S., Franjoine, M. R., Norton, C., & Young, B. L. (2025). Contemporary Normative Values for Five Common Static Standing Tasks on Firm and Compliant Floor Surfaces in Children Two to Thirteen Years. *Children*, 12(35), 1–21.
- Dean, C. J., Sell, T. C., Robertson, A. M. (2021). Sex - Based Differences in Postural Stability : A Systematic Review. *Duke Orthop Jurnal*, 10, 1–9.
- Dunsky, A., Zeev, A., Netz, Y. (2017). Balance Performance Is Task Specific in Older Adults. *BioMed Research International*, 2017, 1–6.
- Edama, M., Ohya, T., Maruyama, S., Shagawa, M., Sekine, C., Hirabayashi, R., Yokota, H., Ishigaki, T., Akuzawa, H., Togashi, R., Yamada, Y., Takabayashi, T. (2023). Relationship between Changes in Foot Arch and Sex Differences during the Menstrual Cycle. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1)
- Fadillah, A. R., Yani, F., & Nadhir Ollin Norlinta, S. (2023). Perbedaan Single Leg Stand Dan Star Excursion Balance Test Terhadap Keseimbangan Statis Atlet Sepakbola Pesat Tempel Pasca Cedera Sprain Ankle. *Physio Journal*, 3(2), 81–88.
- Fauziah, F., Wibowo, R., & Stephani, M. R. (2024). Improving Static Balance Skills in Elementary School Children Using Themed Balance Exercises. *Jurnal Pendidikan Olahraga* 16(2), 489–497.
- García-Liñeira, J., Leirós-Rodríguez, R., Romo-Pérez, V., & García-Soidán, J. L. (2021). Sex differences in postural control under unstable conditions in schoolchildren with accelerometric assessment. *Gait and Posture*, 87, 81–86.
- García-Soidán, J. L., García-Liñeira, J., Leirós-Rodríguez, R., & Soto-Rodríguez, A. (2020). Physical activity practice and optimal development of postural control in school children: Are they related? *Journal of Clinical Medicine*, 9(9), 1–12.

- Ghina, N. A., Indarwati, I., & Leni, A. S. M. (2022). Pengaruh Balance Strategy Exercise Terhadap Keseimbangan Anak Usia Dini Di Bustanul Athfal Aisyiyah Jetis Ii Sukoharjo. *Physio Journal*, 2(1), 1–4.
- Ghorbani, M., Yaali, R., Sadeghi, H., & Luczak, T. (2023). The effect of foot posture on static balance, ankle and knee proprioception in 18-to-25-year-old female student: a cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 24(547), 1–9.
- Guenka, L. C., Carrasco, A. C., Pelegrinelli, A. R. M., Silva, M. F., Dela Bela, L. F., Moura, F. A., & Cardoso, J. R. (2021). Influence of the medial longitudinal arch of the foot in adult women in ankle isokinetic performance: a cross-sectional study. *Journal of Foot and Ankle Research*, 14(1), 1–10.
- Guyton, A., Hall, J. (2015). *Guyton dan Hall Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Edisi 13. Jakarta : EGC
- Hakobyan, A., & Chatinyan, A. (2023). Flat Feet in Children: the State of the Problem and Pedagogical Technology of Correction. *Health Problems of Civilization*, 17(2), 169–178.
- Hayati, I. (2020). Hubungan Antara Postur Kaki Dengan Keseimbangan Statis Pada Anak SD Negeri 1 Sendangmulyo Semarang. (Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta). *Program Studi Fisioterapi Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- He, Y., Verleyen, M., Callewaert, B., Burssens, A., & Audenaert, E. (2024). Unraveling the Genetic Landscape of Foot Arch Morphology : A Systematic Review of Single Nucleotide Polymorphisms. *Clinical Genetic*, 107, 485–494.
- Igbinedion, E. N., Ahama, E. E., Obie, K. O., & Edokpayi, O. A. (2022). Assessment of Flat Foot Using Chippaux–Smirak Index Among School Children in Asaba, Delta State, Nigeria. *International Journal of Forensic Medical Investigation*, 8(1), 1–2.
- Irawan, F. A., Nurrahmad, L., Fajar, D., Permana, W. (2020). Classification of Arch Height Index and Arcus Pedis to The Agility. *Proceeding of the International Seminar in Public Health an Education (ISPHE 2020)* (Semarang, Indonesia) EAI.
- Johnson, B. L., Nelson, J. K. (1969). Practical measurements for evaluation in physical education. Burgess Publishing Company
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2018). Aktivitas fisik dan manfaatnya. Direktorat Promosi Kesehatan dan Pemberdayaan Masyarakat.

- Khobkhun, F., Thanakamchokchai, J. (2023). Biological sex - related differences in whole - body coordination during standing turns in healthy young adults. *Scientific Reports*, 23, 1–10.
- Kordi, H., Sohrabi, M., Saberi Kakhki, A., Attarzadeh Hossini, S. R. (2016). The effect of strength training based on process approach intervention on balance of children with developmental coordination disorder. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 114(6), 526–533.
- Kowalski, K., Crocker, P., & Donen, R. (2004). The Physical Activity Questionnaire for Older Children (PAQ-C) and Adolescents (PAQ-A) Manual. In *College of Kinesiology, University of Saskatchewan*.
- Kurniati, R. F., & Naufal, A. F. (2024). Hubungan Arcus Pedis Dengan Keseimbangan Stasis Pada Anak Usia 9-12 Tahun Di SDN Gonilan 02. *Journal Of Innovation Research And Knowledge*, 3(12), 2291–2300.
- Lee, J. D., Kim, C.-H., Hong, S. M., Kim, S. H., Suh, M.-W., Kim, M.-B., Shim, D. B., Chu, H., Lee, N. H., Kim, M., Hong, S. K., Seo, J.-H. (2017). Prevalence of vestibular and balance disorders in children and adolescents according to age: A multi-center study. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 94, 36–39.
- Li, R., Liu, M., Zhu, J., Li, R., Zhao, H., Zhang, L. (2022). Age and gender differences in static and dynamic balance of Chinese preschool children. *Frontiers in Physiology*, 13, 1013171.
- Ma, Q., Lin, H., Wang, L., Zhao, L., Chen, M., Wang, S., Rao, Z., Luo, Y. (2020). Correlation between spinal coronal balance and static baropodometry in children with adolescent idiopathic scoliosis. *Gait & Posture*, 75, 93–97.
- Manganaro, D., Dollinger, B., Nezwik, T., Sadiq, N. (2023). Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Femur. *StatPearls*.
- Markowicz, M., Skrobot, W., Łabuć, A., Poszytek, P., Orlikowska, A., Perzanowska, E., Krasowska, K., Drewek, K., & Kaczor, J. J. (2023). The Rehabilitation Program Improves Balance Control in Children with Excessive Body Weight and Flat Feet by Activating the Intrinsic Muscles of the Foot: A Preliminary Study. *Journal of Clinical Medicine*, 12(10).
- Marouvo, J., Castro, M. A., Santo, C., Sousa, F. (2021). Correlation between Different Methods to Diagnose Foot Posture Condition. *Multidisciplinary Scientific Journal*, 4(3), 233-243
- Martha, A. P., Djoar, R. K. (2020). Hubungan Status Gizi Dengan Keseimbangan Anak Usia 4-5 Tahun Di PG/TK Lumen Christi School Surabaya. *Jurnal Keperawatan Muhammadiyah*, 5(1), 217–221.

- Maynou, C., Szymanski, C., Thiounn, A. (2017). The adult cavus foot. *EFORT Open Reviews*, 2(5), 221–229.
- Molina-García, C., Banwell, G., Rodríguez-Blanque, R., Sánchez-García, J. C., Reinoso-Cobo, A., Cortés-Martín, J., Ramos-Petersen, L. (2023). Efficacy of Plantar Orthoses in Paediatric Flexible Flatfoot: A Five-Year Systematic Review. *Children*, 10(2), 1–14.
- Moon, D., Jung, J. (2021). Effect of incorporating short-foot exercises in the balance rehabilitation of flat foot: A randomized controlled trial. *Healthcare (Switzerland)*, 9(10), 1–12.
- Muehlbauer, T., Brueckner, D., & Schedler, S. (2022). Effect of practice on learning a balance task in children , adolescents , and young adults. *Frontiers in Physiology*, 13(989645), 1–5.
- Mulyoto, R., Jannah, S., Supinganto, A. (2022). The Relationship between Flatfoot and Static Balance in School-aged Children. *Academic Physiotherapy Conference*.
- Nagano, K., Okuyama, R., Taniguchi, N., Yoshida, T. (2018). Gender difference in factors affecting the medial longitudinal arch height of the foot in healthy young adults. *Journal of Physical Therapy Science*, 30(5), 675–679.
- Nam, H.-S., Kim, J.-H., Lim, Y.-J. (2017). The Effect of the Base of Support on Anticipatory Postural Adjustment and Postural Stability. *The Journal of Korean Physical Therapy*, 29(3), 135–141.
- Netter, F. (2023). *Netter Atlas Human Anatomy 8th Edition*. Jakarta. Elsevier
- Niu, K., & Tsuyama, K. (2025). Marked Differences in Lower-Limb Muscle Strength and Motor Performance Between Japanese and Chinese Children Aged 9-12: A Cross-National Study. *Sport*, 13(271), 1–13.
- Norlinta, S. nadhir O. (2022). Pemeriksaan koreksi postur pada anak SMA 1 Sanden Bantul sebagai upaya peningkatan keseimbangan dinamis. *Hayina*, 2(1), 57–63.
- Oerlemans, L. N. T., Peeters, C. M. M., Munnik-Hagewoud, R., Nijholt, I. M., Witlox, A., Verheyen, C. C. P. M. (2023). Foot orthoses for flexible flatfeet in children and adults: a systematic review and meta-analysis of patient-reported outcomes. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 24(16), 1–12.
- Paecharoen, S., Arunakul, M., Tantivangphaisal, N. (2023). Diagnostic Accuracy of Harris Imprint Index, Chippaux-Smirak Index, Staheli Index Compared With Talar-First Metatarsal Angle for Screening Arch of Foot. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 47(3), 222–227.

- Pasaribu, S. R., Siregar, N. P., & Sandy, S. (2022). Gambaran Bentuk Lengkung Arcus Longitudinal Medial pada Anak Usia 12-22 Bulan. *Prima Medical Journal (Primer): Artikel Penelitian*, 7(1), 8–13.
- Peterka, R. J. (2018). Chapter 2 - Sensory integration for human balance control. In B. L. Day & S. R. Lord (Eds.), *Balance, Gait, and Falls* (Vol. 159, 27–42). Elsevier.
- Phillips, S. M., Summerbell, C., Hobbs, M., Hesketh, K. R., Saxena, S., Muir, C., Hillier-Brown, F. C. (2021). A Systematic Review of the Validity, Reliability, and Feasibility of Measurement Tools Used to Assess the Physical Activity and Sedentary Behaviour of Pre-school Aged Children. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 18(141), 1–28.
- Plisky, P., Schwartkopf-Phifer, K., Huebner, B., Garner, M. B., & Bullock, G. (2021). Systematic review and meta-analysis of the y-balance test lower quarter: Reliability, discriminant validity, and predictive validity. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(5), 1190–1209.
- Polichetti, C., Borruto, M. I., Lauriero, F., Caravelli, S., Mosca, M., Maccauro, G., Greco, T., Perisano, C. (2023). Adult Acquired Flatfoot Deformity: A Narrative Review about Imaging Findings. *Diagnostics*, 13(2).
- Prieto-Botella, D., Valera-Gran, D., Santa-Marina, L., Babarro, I., Subiza-Pérez, M., Casas, M., Guxens, M., Cárdenas-Fuentes, G., Heude, B., Bernard, J. Y., McEachan, R. R. C., García-Aymerich, J., Vrijheid, M., Navarrete-Muñoz, E. M. (2022). Validation of a Parent-Reported Physical Activity Questionnaire by Accelerometry in European Children Aged from 6 to 12 Years Old. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 2–10.
- Pujianto, D. (2018). Physical Activity and Static Balance on Early Childhood Dian. *Journal of Physical Education , Sport , Health and Recreations*, 7(2), 68–72.
- Putri, R. (2018). Perbedaan Intrinsik foot Muscle Strengthening dan Tibialis Posterior *Strengthening* terhadap Arkus Longitudinalis Medial pada Penderita Flatfoot: Metode Narative Review. 3(2), 91–102.
- Putri, S. (2023). hubungan aktivitas fisik terhadap keseimbangan statis pada anak sekolah dasar madrasah ibtida'iyah nurul karim (MINKA) blulukan. (Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Putri, S. D., Cahyaningrum, G. K., Sapulete, J. J. (2024). Analisis Keseimbangan Statis pada Siswa SDN 004 Samarinda Ilir. 07(01), 6585–6592.
- Physiopedia. (2024). Pes Planus, . Retrieved 12:08, October 29, 2025 from https://www.physio-pedia.com/index.php?title=Pes_Planus&oldid=348448.

- Physiopedia. (2024). Flamingo Test, . Retrieved 12:13, October 29, 2025 from https://www.physio-pedia.com/index.php?title=Flamingo_Test&oldid=357152.
- Raj, M., Tafti, D., Kiel, J. (2023). *Pes Planus* (1–12).
- Ramadhani, N. W., Fithroni, H. (2020). Identifikasi Pola Aktivitas Fisik Anak Sekolah Dasar di Kota Surabaya dan Kabupaten Nganjuk. *Jurnal Kesehatan Olahraga*, 08(03), 211–216.
- Ridjal, A. (2016). Perbandingan Kekuatan Otot Tungkai antara Normal Foot dan Flat Foot pada Atlet Basket. (Skripsi, Universitas Hasanuddin Makasar)
- Risangdiptya, G., Ambarwati, E. (2016). Sesudah Senam Pilates pada Usia muda. *Jurnal Kedokteran Diponegoro*. 5(4), 911–916.
- Robberecht, J., Shah, D. S., Taylan, O., Natsakis, T., Vandeputte, G., Vander Sloten, J., Jonkers, I. (2022). The role of medial ligaments and tibialis posterior in stabilising the medial longitudinal foot arch: a cadaveric gait simulator study. *Foot and Ankle Surgery : Official Journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons*, 28(7), 906–911.
- Romanova, E., Kolokoltsev, M., Vorozheikin, A., Baatar, B., Khusman, O., Purevdorj, D., Garov, S., Starshova, N., Kiseliy, Y. (2022). Comprehensive program for flat foot and posture disorders prevention by means of physical education in 6-year-old children. *Journal of Physical Education and Sport*, 22(11), 2655–2662.
- Rusek, W., Adamczyk, M., Baran, J., Leszczak, J., Inglot, G., Baran, R., Pop, T. (2021). Is There a Link between Balance and Body Mass Composition in Children and Adolescents *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(19).
- Saint-Maurice, P. F., Welk, G. J. (2015). Validity and Calibration of the Youth Activity Profile. *PLoS ONE*, 10(12), 1–16.
- Sarker, H., Anderson, L. N., Borkhoff, C. M., Abreo, K., Tremblay, M. S., Lebovic, G., Maguire, J. L., Parkin, P. C., Birken, C. S. (2015). Validation of Parent-Reported Physical Activity and Sedentary Time by Accelerometry in Young Children Pediatrics. *BMC Research Notes*, 8(735), 1–8.
- Schedler, S., Kiss, R., & Muehlbauer, T. (2019). Age and sex differences in human balance performance from 6-18 years of age : A systematic review and meta-analysis. *Plos ONE*, 14(4), 1–28.

- Scholz, T., Zech, A., Wegscheider, K., Lezius, S., Braumann, K.-M., Sehner, S., Hollander, K. (2017). Reliability and Correlation of Static and Dynamic Foot Arch Measurement in a Healthy Pediatric Population. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 107(5), 419–427.
- Schröder, H., Subirana, I., Wärnberg, J., Medrano, M., González-Gross, M., Gusi, N., Aznar, S., Alcaraz, P. E., González-Valeiro, M. A., Serra-Majem, L., Terrados, N., Tur, J. A., Segú, M., Homs, C., Garcia-Álvarez, A., Benavente-Marín, J. C., Barón-López, F. J., Labayen, I., Zapico, A. G., Gómez, S. F. (2021). Validity, Reliability, and Calibration of the Physical Activity unit 7 Item Screener (PAU-7S) at Population Scale. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 18(98), 1–12.
- Schulleri, K. H., Johannsen, L., Michel, Y., & Lee, D. (2022). Sex differences in the association of postural control with indirect measures of body representations. *Scientific Reports*, 12(1), 1–16.
- Setyaningrahayu, F., Rahmanto, S., Multazam, A. (2021). Hubungan Kejadian Flat Foot Terhadap Keseimbangan Dinamis Pada Pelajar Di Sman 3 Malang. *Physiotherapy Health Science (PhysioHS)*, 2(2), 83–89.
- Seyedahmadi, M., Khalaghi, K., Hazrati, S., Keavanloo, F. (2024). Effect of Medial Longitudinal Arch Height of the Foot on Static and Dynamic Balance in 7-10-Year-Old Boy Gymnasts. *Archives of Bone and Joint Surgery*, 12(12), 846–853.
- Sharma, P., & Metgud, D. (2017). balance in overweight and obese children with and without flatfoot : A cross - sectional study. *Indian Journal of Health Sciences and Biomedical Research*, 10(2), 173–177.
- Sichting, F., Holowka, N. B., Ebrecht, F., Lieberman, D. E. (2020). Evolutionary anatomy of the plantar aponeurosis in primates, including humans. *Journal of Anatomy*, 237(1), 85–104.
- Sinanoglu, B., Ozdemir, F. (2023). Evaluation of functional mobility, balance, and executive functions in children with epilepsy. *Epilepsy & Behavior : E&B*, 143, 109230.
- Siti M., Febriyeni R.U. (2022). Pengaruh Bentuk Cavus Foot Terhadap Pola Jalan Pada Anak SDN 11 Kota Besar. *Physiomove Journal*, 18(1), 18–26.
- Stolzman, S., Irby, M. B., Callahan, A. B., Skelton, J. A. (2015). Pes planus and paediatric obesity: a systematic review of the literature. *Clinical Obesity*, 5(2), 52–59.
- Suciati, T., Adnindya, M. R., Septadina, I. S., Pratiwi, P. P. (2019). Correlation between flat feet and body mass index in primary school students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1246(1).

- Sulistiyowati, A. A., Rosida, L. (2021). Effect Short Foot Exercise On The Medial Longitudinal Arch In Flat Foot Patients : Narrative Review. *The 14th University Research Colloquium 2021*, 549–562.
- Sulliva, E., Zahr, N. (2021). Disturbed sensory physiology underlies poor balance and disrupts activities of daily living in alcohol use disorders. *HHS Public & Access*, 176(3), 139–148.
- Sung, P. S., Lee, D. (2025). Assessing postural stability in flatfoot using a time-in-boundary method during single-leg standing. *Journal of Orthopaedic Research : Official Publication of the Orthopaedic Research Society*, 43(2), 379–387.
- Suphasubtrakul, T., Lekskulchai, R., & Jalayondeja, C. (2024). Physical Therapy in Sport Balance , strength and physical activity after ankle sprain : Comparison between children with chronic ankle instability and copers. *Physical Therapy in Sport*, 65(September 2023), 49–53.
- Swandari, N., Nurmawan, I., & Sundari, L. (2016). Pelatihan Proprioseptif Efektif dalam Meningkatkan Keseimbangan Statis dan Dinamis pada Pemain Sepak Bola dengan FunctionalAnkle Instability di SSB Pegok. *Majalah Ilmiah Fisioterapi Indonesia*, 4(1), 1–14.
- Tan, J. S. Y. (2019). The balance control of young children under different shod conditions in a naturalistic environment. *Gait & Posture*, 68, 68–71.
- Ueki, Y., Sakuma, E., Wada, I. (2019). Pathology and management of flexible flat foot in children. *Journal of Orthopaedic Science*, 24(1), 9–13.
- Vijayakumar, Kumar, S., Subramanian, R. (2016). A Study on Relationship between BMI and Prevalence of Flat Foot among the Adults Using Foot Print Parameters. *International Journal of Advanced Research*, 4(6), 1428–1431.
- Wang, C., Gao, J., Deng, Z., Zhang, Y., Zheng, C., & Liu, X. (2022). Extracurricular sports activities modify the proprioceptive map in children aged 5 – 8 years. *Scientific Reports*, 12(9338), 1–11.
- Wolowiec, B. S., Sztandera, P., Kotela, I., & Zak, M. (2020). Body weight - dependent foot loads , assessed in terms of BMI and adiposity , in school - aged children : a cross sectional study. *Scientific Reports*, 10(12360), 1–11.
- Yang, Z., Liu, F., Cui, L., Liu, H., Zuo, J., Liu, L., Li, S. (2020). Adult rigid flatfoot: Triple arthrodesis and osteotomy. *Medicine (United States)*, 99(7), 1–5.
- Yanovich, E., Bar-shalom, S. (2022). Static and Dynamic Balance Indices among Kindergarten Children: A Short-Term Intervention Program during COVID-19 Lockdowns. *Children*, 9(7), 939.

- Zahidah, A., Handari, H. K., (2022). Pengaruh Short Foot Exercise Dan Kinesiotaping Terhadap Perubahan Arkus Longitudinal Medial Pada Kondisi Flat Foot. *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Keolahragaan*, 1(2), 85–90.
- Zhao, X., Gu, Y., Yu, J., Ma, Y., Zhou, Z. (2020). The Influence of Gender, Age, and Body Mass Index on Arch Height and Arch Stiffness. *Journal of Foot and Ankle Surgery*, 59(2), 298–302.
- Zhu, W., Li, Y., Wang, B., Zhao, C., Wu, T., Liu, T., Sun, F. (2021). Objectively measured physical activity is associated with static balance in young adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(20), 1–11.
- Zuil-Escobar, J. C., Martínez-Cepa, C. B., Martín-Urrialde, J. A., Gómez-Conesa, A. (2018). Medial Longitudinal Arch: Accuracy, Reliability, and Correlation Between Navicular Drop Test and Footprint Parameters. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 41(8), 672–679.