



Perbandingan Metode *Foot Posture Index* Dan *Footprint* dalam Klasifikasi Postur Kaki Serta Parameter Pola Jalan pada Remaja
(*Comparison Between The Foot Posture Index and Footprint Methods in Assessing Gait in Adolescents*)

Listya Triandari^{1*}, Miftahul Nur 'Amaliyah¹, Myranti Puspitaningsya Junaedi¹, Risma Aisha Putri¹

¹Program Studi Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Panca Bhakti

*Koresponden Penulis: listya.triandari@upb.ac.id

ABSTRAK

Gangguan pola jalan dapat menyebabkan masalah muskuloskeletal pada remaja. Postur kaki yang baik memengaruhi efisiensi berjalan, yang dapat diukur melalui parameter pola jalan seperti *stride length* dan *cadence*. Metode *Foot Posture Index* (FPI) dan *Footprint* merupakan dua instrumen yang dapat digunakan untuk menilai postur kaki, namun variasi akurasi di antara keduanya dalam memprediksi parameter pola jalan masih perlu dikaji. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara metode FPI dan *footprint* dalam mengklasifikasikan postur kaki serta membandingkan parameter pola jalan pada remaja. Metode penelitian ini adalah studi komparatif dengan rancangan *cross-sectional* melibatkan 35 orang remaja yang dipilih melalui teknik *purposive sampling*. Analisis kesesuaian antar metode menggunakan uji statistik Cohen's Kappa dan *One-Way ANOVA* untuk menguji pengaruh postur kaki terhadap *stride length* dan *cadence*. Hasil uji statistik menunjukkan diskrepansi tinggi dengan nilai Cohen's Kappa sebesar 0,039 ($p=0,692$; $p > 0,05$) dimana tidak terdapat kesesuaian yang signifikan antara kedua metode. Uji *One-Way ANOVA* pada FPI menunjukkan *stride length* $p=0,587$; *cadence* $p=0,070$ sedangkan pada *footprint* menunjukkan *stride length* $p=0,484$; *cadence* $p=0,703$. Kesimpulan penelitian ini adalah metode FPI dan *footprint* tidak memiliki kesesuaian klasifikasi yang signifikan karena perbedaan dimensi pengukuran.

Kata kunci: Foot posture index, footprint, muskuloskeletal, pola jalan, remaja

ABSTRACT

Gait disorders can potentially lead to musculoskeletal problems in adolescents. An optimal foot posture enhances walking efficiency, which is measurable through spatiotemporal gait parameters such as stride length and cadence. Although the Foot Posture Index (FPI) and Footprint methods are widely utilized to evaluate foot posture, discrepancies in their classifications and their respective relationship with gait parameters require further investigation. This study aimed to determine the level of agreement between the FPI and footprint methods in classifying foot posture and to compare gait parameters from both methods in adolescents. This was a comparative study with a cross-sectional design involving 35 adolescents selected via a purposive sampling technique. The statistical agreement between the two classification methods was analyzed using Cohen's Kappa, while the variations in stride length and cadence across the foot posture groups for each method were evaluated using One-Way ANOVA. The cross-tabulation analysis revealed a high discrepancy with a Cohen's Kappa value of 0.039 ($p=0,692$; $p > 0,05$), indicating a lack of statistically significant agreement with a slight strength of agreement. Furthermore, the One-Way ANOVA showed no significant differences in gait parameters across the categories for both the FPI clusters stride length $p=0,587$; cadence $p=0,070$ and the footprint clusters stride length $p=0,484$; cadence $p=0,703$.

Conclusion of this study was the FPI and footprint methods do not demonstrate a significant classification agreement due to their fundamental differences in dimensional measurement (3D vs 2D). Moreover, variations in functional foot posture do not significantly alter objective gait parameters in healthy adolescents

Keywords: *Foot Posture Index, footprint, musculoskeletal, gait analysis, adolescents*

PENDAHULUAN

Masa remaja merupakan periode transisi kritis dari masa kanak-kanak menuju dewasa, ditandai dengan perubahan fisik. Perubahan biomekanika tubuh dipengaruhi oleh proses pertumbuhan tulang dan jaringan lunak. Aktivitas fisik yang intens dilakukan oleh remaja dapat meningkatkan risiko cedera pada kaki sehingga perlu ditingkatkan pemahaman mendalam mengenai postur kaki. Postur kaki yang baik berkontribusi positif pada aktivitas sehari-hari karena membantu mendistribusikan beban secara merata dan mengurangi tekanan pada sendi serta otot khususnya berperan memindahkan berat badan saat berjalan.

Pola jalan yang baik sangat penting untuk kesehatan dan kesejahteraan remaja. Pola jalan adalah sebuah proses yang kompleks melibatkan sistem muskuloskeletal, sistem saraf dan sistem kardiovaskuler. Jika terjadi gangguan pola jalan pada remaja dapat menyebabkan masalah muskuloskeletal di masa mendatang, seperti nyeri punggung, nyeri lutut, dan cedera lainnya. Aspek penilaian pola jalan yang dapat diukur pada remaja yaitu *stride length* dan *cadence*. *Stride length* dan *cadence* merupakan dua parameter kinematika fundamental yang secara sensitif dapat merefleksikan efisiensi biomekanika tubuh saat bergerak. *Stride length* menggambarkan kemampuan ekspansi langkah yang dipengaruhi oleh stabilitas sendi kaki, sedangkan *cadence* menunjukkan frekuensi ritme jalan untuk mempertahankan kecepatan.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa postur kaki normal memiliki nilai *cadence*, *stride length*, *step length*, dan *speed* yang lebih besar dari pada *flat foot* dan *cavus foot* saat berjalan (Antar *et al.*, 2019). Sementara itu, literatur lain menyatakan bahwa *gait speed* dan *stride length* lebih besar pada postur kaki pronasi (Muchna *et al.*, 2018; Requelo-Rodríguez *et al.*, 2021). Penelitian pada postur kaki *flat foot* memperlihatkan bahwa lebih mudah merasakan lelah pada kakinya dibandingkan dengan *cavus foot* saat berjalan jauh (Antar *et al.*, 2019), sedangkan nyeri kaki cenderung terjadi pada postur kaki pronasi, namun hasil ini masih membutuhkan pengamatan mengenai postur kaki berbasis bukti (Triandari *et al.*, 2024; Zhu *et al.*, 2021).

Metode pendekatan yang dapat digunakan untuk menentukan postur kaki adalah *Foot Posture Index* (FPI) dan *footprint*. FPI adalah pemeriksaan komprehensif dan pengukuran kuantitatif terhadap postur kaki dengan mempertimbangkan aspek morfologi anatomi kaki meliputi bentuk kaki, posisi pergelangan kaki, dan distribusi beban serta mendeteksi disfungsi struktural di kaki depan, kaki tengah, dan kaki belakang dalam bidang frontal, sagital dan bidang transversal. FPI mampu menjawab masalah klinis untuk menilai variabel gaya berjalan dan postur tubuh. FPI dapat digunakan sebagai alat skrining dan evaluasi dari strategi rehabilitasi medis (Heggannavar *et al.*, 2016; Morrison & Ferrari, 2009; Redmond *et al.*, 2006; Zhu *et al.*, 2021). Berbeda dengan FPI, metode *footprint* adalah pengukuran dengan menggunakan jejak kaki. *Footprint* mengamati distribusi tekanan dan pola gerakan serta melihat penyebaran jaringan adiposa saat menahan beban yang diukur dengan sudut *Clark* (Gijón-Noguerón *et al.*, 2017; Khokher *et al.*, 2015). Kedua metode ini memiliki istilah yang tidak sama dalam pengambilan keputusan mengenai postur kaki dan hal ini sangat menarik untuk diteliti lebih lanjut.

Penelitian mengenai postur kaki telah banyak dilakukan melalui metode *footprint* karena kemudahan dalam skrining populasi besar. Hal ini terbukti dari beberapa studi yang menggunakan parameter *footprint*, yaitu sudut *Clark*, untuk menilai stabilitas postural (Szczepanowska-Wolowiec *et al.*, 2019) maupun hubungannya dengan keseimbangan dinamis pada anak usia sekolah (Inayah *et al.*, 2026). Meskipun demikian, metode *footprint* memiliki keterbatasan karena hanya menilai aspek kontak plantar secara dua dimensi. Sebaliknya, *Foot Posture Index* (FPI) menawarkan penilaian multi-aksial yang lebih komprehensif, tetapi penggunaannya masih relatif terbatas, terutama dalam kaitannya dengan pola jalan dinamis seperti *stride length* dan *cadence*.

Perbedaan ini berimplikasi pada keakuratan diagnosis dan perencanaan intervensi terapeutik atau pencegahan gangguan muskuloskeletal pada populasi remaja yang sedang tumbuh dan berkembang. Kedua metode ini menjadi penting untuk diteliti, karena postur kaki yang diklasifikasikan oleh FPI dan *footprint* merupakan fondasi mekanis yang dapat memengaruhi kinematika berjalan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara metode *Foot Posture Index* (FPI) dan *footprint* dalam klasifikasi postur kaki serta parameter pola jalan pada remaja.

METODE PENELITIAN

Penelitian kuantitatif ini merupakan studi komparatif dengan rancangan *cross-sectional*. Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 11 Pontianak pada bulan Februari 2025. Pengambilan sampel dilakukan melalui teknik *purposive sampling*. Teknik ini dipilih agar sampel yang diambil mewakili kriteria klinis yang dibutuhkan. Kriteria inklusi meliputi usia 17-18 tahun, sedangkan kriteria eksklusi terdiri dari riwayat cedera / operasi pada kaki dan menggunakan alat bantu jalan (*orthose*). Dari total populasi terjangkau sebanyak 36 orang yang memenuhi kriteria awal, terdapat 1 orang yang tidak hadir pada saat pengambilan data. Dengan demikian, jumlah sampel yang berpartisipasi penuh dan dianalisis dalam penelitian ini adalah sebanyak 35 orang.

Ukuran sampel yang mendekati jumlah populasi terjangkau ini dikondisikan oleh pemenuhan kriteria inklusi dan eksklusi untuk menjaga validitas pengukuran parameter pola jalan. Usia yang termasuk ke dalam kriteria inklusi untuk memastikan kematangan pola jalan, sedangkan riwayat cedera atau operasi pada ekstremitas bawah serta penggunaan *orthose* dapat memengaruhi nilai *stride length* dan *cadence*. Setiap responden yang bersedia berpartisipasi menandatangani *informed consent*. Data yang dikumpulkan meliputi : karakteristik responden (usia, jenis kelamin, tinggi badan, berat badan, dan IMT), pengukuran postur kaki dengan *Foot Posture Index* (FPI), pengukuran *footprint*, dan pola jalan. Pengukuran tinggi badan menggunakan *stature* meter sedangkan berat badan dengan timbangan digital. Setiap responden yang diukur menggunakan pakaian yang ringan dan tanpa menggunakan alas kaki.

Pengukuran postur kaki dengan FPI maupun *footprint* dilakukan secara unilateral, yaitu berfokus pada sisi kaki kanan dari setiap responden. Hal ini didasarkan pada analisis awal data yang menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan antara kedua kaki. Pada pengukuran FPI, tiap nilai yang didapat dari observasi setiap item dijumlahkan dan hasil nilai dicatat ke dalam formulir FPI. Responden diminta berdiri tegak dan rileks tanpa alas kaki dan kedua lengan di sisi tubuh. Enam kategori penilaian terdiri dari : (1) palpasi kaput talar; (2) kurva di atas dan di bawah malleolus lateral; (3) inversi / eversi kalkaneus; (4) bagian yang menonjol pada talo-navicular joint (TNJ); (5) arkus longitudinal medial; (6) abduksi/ adduksi kaki depan yang dilihat melalui kaki belakang. Interpretasi hasil nilai meliputi overpronasi, pronasi, normal, supinasi, dan over supinasi.

Pada pengukuran *footprint*, peneliti mempersiapkan wadah yang didalamnya sudah terisi pewarna dan air. Responden diminta untuk memasukkan kaki ke dalam wadah, kemudian menginjakkan kaki pada selembar kertas. Dari pengukuran *footprint*, kaki responden yang sudah tercetak pada kertas kemudian dilakukan pengukuran sudut lengkung menggunakan metode *Clark's angle*. Penghitungan *Clark's angle* dilakukan dengan membuat titik rujukan pada jejak kaki yaitu tumit sisi medial dan kaput metatarsal pertama. Kemudian, tarik garis antara titik kaput metatarsal pertama menuju titik terdalam dari lengkung arkus longitudinal medial. Sudut yang terbentuk antara kedua garis diukur menggunakan busur derajat. Kriteria klasifikasi meliputi *flatfoot*, normal, dan *cavusfoot*. Pengukuran FPI dan *footprint* dilakukan sebanyak 1 kali guna menjaga efisiensi waktu skrining.

Pemeriksaan pola jalan yaitu *stride length* dilakukan dengan cara responden diinstruksikan berjalan pada kertas berukuran lebar dan dihitung jarak antar langkah mulai dari tumit kaki kanan pada langkah pertama ke tumit kaki kanan pada langkah kedua. *Cadence* dilakukan dengan cara responden diinstruksikan untuk berjalan di lapangan datar menggunakan kecepatan normal pada lintasan lurus dan rata sepanjang 10 meter selama 1 menit, kemudian dihitung jumlah langkah per menit.

Data dianalisis dengan SPSS versi 26.0. Uji normalitas data dalam penelitian ini menggunakan uji *Saphiro-Wilk* dan didapati hasil data berdistribusi normal. Untuk menjawab hipotesis penelitian, maka uji statistik yang diaplikasikan adalah *Cohen's Kappa*. Uji ini bertujuan membandingkan kesesuaian klasifikasi FPI dan *footprint*, sedangkan uji *one-way ANOVA* digunakan untuk mengetahui bagaimana klasifikasi postur kaki memengaruhi *stride length* dan *cadence*.

HASIL

Penelitian ini melibatkan sejumlah remaja dengan karakteristik tertentu. Pola jalan dinilai menggunakan dua metode, yaitu FPI dan *footprint*. Representasi responden ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Responden

	Mean	SD
Usia	17,11	0,32
Tinggi Badan	160,69	8,55
Berat Badan	52,88	12,45
Indeks Massa Tubuh (IMT)	20,35	3,90

Sumber : Data Primer, 2025

Berdasarkan tabel 1., pada kategori usia, sebagian besar responden adalah usia 17 tahun dengan nilai SD yang sangat kecil yaitu 0,32. Pada kategori tinggi badan, rata-rata responden memiliki tinggi badan 160,69 cm dengan nilai SD 8,55. Pada kategori berat badan, sebagian besar responden memiliki berat badan 52,88 kg dengan nilai SD cukup besar yaitu 12,45. Pada kategori indeks massa tubuh (IMT), nilai IMT responden adalah 20,35 dengan SD 3,90.

Untuk mengetahui tingkat kesesuaian dan perbedaan hasil klasifikasi postur kaki antara metode FPI dan metode *footprint*, dilakukan analisis silang (*cross-tabulation*) terhadap data dari seluruh responden. Analisis ini penting untuk melihat sejauh mana kedua instrumen yang memiliki dimensi berbeda menghasilkan diagnosis yang sejalan. Hasil analisis silang dari kedua metode disajikan pada Tabel 2. berikut.

Tabel 2. Tabel Analisis Silang Metode FPI dan *Footprint*

Metode FPI	Metode Footprint			Total FPI
	Flatfoot	Normal	CavusFoot	
Pronasi	2	0	0	2
Normal	9	13	6	28
Supinasi	0	4	1	5
Total Footprint	11	17	7	35

Sumber : Data Primer, 2025

Berdasarkan tabel 2, hasil analisis silang menunjukkan tingkat diskrepansi yang cukup besar antara metode FPI dan *footprint*, dimana kesesuaian ditemukan pada 16 responden. Diskrepansi lainnya terlihat pada kelompok normal pada metode FPI yaitu 28 responden, dimana terdapat 9 responden yang diklasifikasikan *flatfoot* dan 6 responden sebagai *cavusfoot* melalui metode *footprint*. Perbedaan dikarenakan adanya parameter pengukuran yang tidak sama oleh kedua instrumen. Metode *footprint* mengevaluasi postur kaki secara dua dimensi, sedangkan FPI melalui tiga dimensi.

Setelah memetakan distribusi data melalui analisis silang, langkah statistik selanjutnya adalah mengukur sejauh mana tingkat kesepakatan (*agreement*) antara metode FPI dan *footprint* dalam mengklasifikasikan postur kaki. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan uji koefisien Kappa Cohen (*Cohen's Kappa*). Hasil pengujian ini disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji Koefisien Kappa
Symmetric Measures

		Value	Asymptotic Standard Error ^a	Approximate T ^b	Approximate Significance
Measure of Agreement	Kappa	,039	,116	,396	,692
N of Valid Cases		35			

Sumber : Data Primer, 2025

Berdasarkan tabel 3., hasil uji koefisien kapa ditemukan antara metode FPI dan metode *footprint* sebesar 0,039. Nilai 0,039 dikategorikan sebagai kesesuaian sangat lemah/sangat rendah. Sejalan dengan hal tersebut, tingkat signifikansi sebesar 0,692 > 0,05 dimana dapat disimpulkan tidak terdapat kesesuaian yang signifikan secara statistik antara metode FPI dan *footprint* dalam mengklasifikasikan postur kaki pada remaja.

Untuk melihat pengaruh postur kaki terhadap fungsionalitas berjalan secara objektif, analisis pola jalan (*stride length* dan *cadence*) harus dilakukan terpisah dengan masing-masing instrumen. Berikut ini adalah analisis parameter pola jalan berdasarkan pengelompokan postur kaki melalui metode FPI, yang disajikan pada tabel 4.

Berdasarkan tabel 4., menunjukkan bahwa *mean* ± SD *stride length* terbesar ditemukan pada kelompok postur kaki pronasi yaitu 88,90 ± 5,51, selanjutnya adalah postur kaki normal 84,72 ± 10,07, dan kelompok postur kaki supinasi dengan nilai terkecil yaitu 80,92 ± 8,59. Hasil nilai uji *one-way ANOVA* menunjukkan nilai F = 0,543 dengan *p-value* = 0,587. Karena nilai *p* > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan di antara ketiga kelompok.

Tabel 4. Analisis Parameter Pola Jalan Berdasarkan Klasifikasi *Foot Posture Index*

Parameter Pola Jalan	Klasifikasi FPI	N	Mean±SD	Nilai F	p-value
Stride Length (cm)	Pronasi	2	88,90 ± 5,51	0,543	0,587
	Normal	28	84,72 ± 10,07		
	Supinasi	5	80,92 ± 8,59		
Cadence (langkah/menit)	Pronasi	2	71,50 ± 24,75	2,892	0,070
	Normal	28	114,11 ± 25,91		
	Supinasi	5	100 ± 27,44		

Sumber : Data Primer, 2025

Pada nilai *cadence*, *mean* ± SD tertinggi berada pada kelompok postur kaki normal yaitu 114,11 ± 25,91, kemudian kelompok supinasi sebesar 100 ± 27,44, dan kelompok pronasi dengan nilai terendah sebesar 71,50 ± 24,75. Nilai *p-value* yang dihasilkan adalah 0,070, sedangkan nilai F = 2,892. Karena nilai $p > 0,05$, maka sejalan dengan hasil pada *stride length* yaitu tidak terdapat perbedaan nilai *cadence* di antara kelompok pronasi, normal, dan supinasi.

Sebagai langkah statistik lanjutan, dilakukan analisis serupa untuk menguji apakah parameter pola jalan menunjukkan hasil yang berbeda jika dikelompokkan berdasarkan metode *footprint*. Distribusi rata-rata pola jalan serta hasil uji signifikansinya berdasarkan klasifikasi *footprint* ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Analisis Parameter Pola Jalan Berdasarkan Klasifikasi *Footprint*

Parameter Pola Jalan	Klasifikasi Footprint	N	Mean±SD	Nilai F	p-value
Stride Length (cm)	Flatfoot	11	82,32 ± 11,18	0,742	0,484
	Normal	17	86,47 ± 8,45		
	Cavusfoot	7	82,71 ± 10,27		
Cadence (langkah/menit)	Flatfoot	11	106 ± 39,50	0,356	0,703
	Normal	17	113,76 ± 22,71		
	Cavusfoot	7	105,43 ± 27,48		

Sumber : Data Primer, 2025

Berdasarkan tabel 5, hasil deskriptif menunjukkan bahwa *mean* ± SD *stride length* paling tinggi berada pada kelompok postur kaki normal yaitu 86,47 ± 8,45. Nilai ini lebih besar dari kelompok *cavusfoot* yaitu 82,71 ± 10,27 dan kelompok *flatfoot* sebesar 82,32 ± 11,18. Uji statistik *one way* ANOVA, diperoleh nilai F = 0,742, dengan *p-value* 0,484. Karena nilai $p > 0,05$, maka disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan di antara ketiga kelompok.

Pada nilai *cadence*, kelompok postur kaki normal berada pada nilai tertinggi yaitu 113,76 ± 22,71, selanjutnya adalah kelompok *flatfoot* yaitu 106 ± 39,50 dan kelompok *cavusfoot* sebesar 105,43 ± 27,48. Sama halnya dengan hasil uji *one way* ANOVA pada *stride length*, uji statistik pada *cadence* ditemukan nilai F = 0,356 dan *p-value* = 0,703. Karena nilai $p > 0,05$, maka dapat disimpulkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan di antara ketiga kelompok.

PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode *Foot Posture Index* (FPI) dan *footprint* dalam mengklasifikasikan postur kaki serta membandingkan parameter

pola jalan (*stride length* dan *cadence*) berdasarkan kategori postur kaki dari kedua metode pada remaja. Sebaran karakteristik responden menunjukkan dominasi usia 17 tahun yang merupakan representasi dari kelompok tahap akhir remaja. Pada usia ini, pertumbuhan tulang panjang sudah hampir selesai disertai penutupan lempeng epifisis yang menandakan telah tercapainya kematangan skeletal.

Temuan utama dalam penelitian ini adalah besarnya perbedaan yang ditunjukkan antara hasil FPI dan *footprint* terutama dalam mengidentifikasi postur kaki datar yaitu pronasi dan *flatfoot*. Berdasarkan Tabel 2., tingkat diskrepansi cukup besar antara metode FPI dan *footprint*. Ketidaksihinggaan klasifikasi antara FPI dan *footprint* disebabkan adanya perbedaan fundamental dimensi parameter dan objek yang diukur oleh masing-masing instrumen. Hal ini sejalan dengan penelitian Gijon-Nogueron *et al.*, (2019), yang menunjukkan ada perbedaan secara konsep dalam mengukur bentuk kaki. FPI mengukur bentuk morfologi kaki dengan fokus pada 6 titik dan menilai posisi dalam tiga bidang gerak.

FPI mengintegrasikan posisi *rearfoot* dengan menilai kepala talus, kurva di bawah maleolus lateral, dan posisi kalkaneus serta *forefoot* dengan menilai adduksi dan abduksi kaki depan saat menumpu beban (*weight bearing*). Sebaliknya, *footprint* berfokus pada ketinggian lengkung kaki yang berhubungan dengan luas jejak kaki dan melihat bagaimana kontak permukaan plantar kaki dengan tumpuan (Žukauskas *et al.*, 2021). Oleh karena itu, seorang remaja dapat dikelompokkan memiliki postur kaki normal pada FPI dari keselarasan sendi subtalar dan posisi kalkaneus mereka stabil, namun dinilai sebagai *flatfoot* pada *footprint* akibat luasnya area kontak plantar kaki.

Tingginya temuan kelompok postur kaki normal pada metode FPI yang justru terdeteksi *flatfoot* dan *cavusfoot* pada metode *footprint* juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik perkembangan anatomi usia remaja. Pada fase transisi perkembangan, ketebalan bantalan lemak serta tingkat fleksibilitas ligamen pendukung arkus masih bervariasi. Secara fisiologis, struktur ligamen meregang saat menumpu beban penuh sehingga sendi pergelangan kaki dan tumit belakang tetap berada dalam variasi normal. Sebaliknya, hipertonus otot-otot instrinsik kaki pada beberapa remaja dapat membatasi area kontak plantar di sisi tengah telapak kaki, sehingga menghasilkan gambaran *cavusfoot* pada *footprint*, meskipun pada FPI dikategorikan normal.

Dampak dari diskrepansi klasifikasi yang besar pada kedua metode ini adalah hasil uji komparasi yang tidak signifikan pada kelompok klasifikasi FPI (Tabel 4) dan *footprint* (Tabel 5) dalam menganalisis variasi parameter pola jalan (*stride length* dan *cadence*). Nilai *One-Way ANOVA* menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan pada *stride length* metode FPI ($p=0,587$) dan *footprint* ($p=0,484$) maupun *cadence* metode FPI ($p=0,070$) dan *footprint* ($p=0,703$). Hal ini mungkin dapat disebabkan oleh keterbatasan ukuran sampel yang sangat kecil pada subkelompok pronasi pada metode FPI, sehingga menurunkan kekuatan uji statistik. Secara fungsional, hal ini juga mengonfirmasi bahwa kontrol neuromuskular selama aktivitas dinamis lebih kompleks dibandingkan saat berdiri statis. Kinematika dinamis sendi proksimal kaki pronasi ditemukan bervariasi pada setiap individu (Okamura *et al.*, 2021).

Meskipun kaki pronasi sering dianggap sebagai struktur yang kurang stabil dan kurang efisien untuk melakukan gerakan propulsi, Karakteristik sampel dalam penelitian ini terbukti memiliki *stride length* dan *cadence* yang konstan. Secara teoritis, hubungan antara deviasi postur kaki dan parameter pola jalan telah banyak didokumentasikan. Studi oleh Dodelin *et al.*, (2020) dengan metode FPI menemukan bahwa kaki pronasi dapat mengubah kinematika anggota tubuh bagian bawah dan kaki serta distribusi tekanan plantar selama berjalan. Begitu pula dengan studi Buldt *et al.*, (2015) yang

menunjukkan adanya nilai *cadence* dan *stride length* yang tinggi pada postur kaki normal menggunakan metode FPI.

Pronasi juga merupakan kombinasi dari fleksi dorsal pergelangan kaki, eversi kalkaneus, dan abduksi kaki depan dan terjadi pada fase stance saat berjalan atau berlari. Di satu sisi, kondisi ini adalah mekanisme positif sebagai bentuk shock absorber terhadap permukaan yang tidak rata (Sulowska *et al.*, 2017). Penjelasan ini didukung pula oleh penelitian Gijón-Noguerón *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa konsep pronasi dan supinasi berkaitan dengan postur kaki dan deskriptor dinamis. Penjelasan konseptual tersebut melandasi temuan dalam penelitian ini, dimana kelompok remaja dengan kecenderungan kaki pronasi pada FPI atau *flatfoot* pada *footprint* tetap dapat menghasilkan parameter pola jalan yang stabil. Hasilnya, frekuensi langkah responden terjaga secara konstan, sehingga nilai *cadence* yang seragam dalam studi ini ditemukan sejalan dan berdekatan pada studi Gill *et al.* (2016). Hal ini semakin memperkuat temuan bahwa variasi postur kaki pada remaja sehat dalam penelitian ini masih berada dalam batas kompensasi fungsional yang normal.

Adanya keseragaman hasil dari parameter pola jalan ini dapat dikaitkan dengan mekanika struktural kaki. Secara biomekanika, kaki supinasi lebih berpotensi menghasilkan langkah yang lebih panjang sedangkan kaki pronasi mengkompensasi kurangnya daya dorong pergelangan kaki dengan mengaktifkan otot-otot proksimal, seperti : otot panggul dan otot paha sehingga kurang stabil melakukan gerakan propulsi. Meskipun nilai *cadence* pada penelitian ini lebih rendah dibanding temuan Tudor-Locke *et al.* (2018) dan Dodelin *et al.*, (2020), hal ini disebabkan karena usia responden yang berbeda dan studi sebelumnya yang tidak berfokus pada jenis postur kaki tertentu. Selain itu, nilai *stride length* dari studi ini sejalan dengan hasil penelitian oleh Githa *et al.*, (2020) yang menggunakan metode footprint dan penelitian oleh Voss *et al.*, (2020) yang tanpa memperhatikan jenis postur kaki.

Ketidaksesuaian yang signifikan antara hasil pengukuran dari kedua metode tersebut memberikan perspektif baru dari pendekatan biomekanika yang berbeda. FPI merupakan alat penilaian observasional yang bersifat multidimensi dengan memeriksa enam kriteria fungsional pada kaki depan dan kaki belakang. Sementara itu, *footprint* lebih menekankan pada representasi dua dimensi dari area kontak telapak kaki dengan permukaan tanah. Beberapa literatur menyatakan bahwa FPI dapat digunakan dalam mengklasifikasikan postur kaki, tetapi tidak eksplisit menjelaskan fungsi kaki selama berjalan. Penelitian yang dilakukan oleh Paterson *et al.*, (2015) melalui teknologi kamera untuk menggambarkan postur kaki saat berjalan, menunjukkan beberapa item dalam FPI tidak dapat menjadi variabel kinematika saat berjalan.

Studi lain oleh Origo *et al.*, (2024) juga menemukan bahwa FPI tidak dapat dijadikan indikator fungsi kaki dinamis. Hasil analisis pola jalan pada penelitian ini menyajikan gambaran yang kompleks. Meskipun secara statistik tidak ada perbedaan yang signifikan pada *stride length* dan *cadence* pada kedua metode, interpretasi dari data ini dapat memiliki implikasi klinis yang penting. Praktisi kesehatan atau fisioterapis tidak dapat menggunakan FPI dan *footprint* secara bergantian dalam proses diagnosis atau pembuatan ortosis kaki. Penelitian ini juga menyajikan data parameter pola jalan sebagai variabel pendukung karakteristik sampel. Nilai *cadence* dan *stride length* yang dihasilkan masih berada dalam rentang normal untuk usia remaja. Mayoritas responden dalam studi ini berada pada kategori postur yang cenderung serupa sehingga parameter pola jalan yang dihasilkan menunjukkan tren yang seragam dan stabil. Secara keseluruhan hasil studi ini dapat mendukung penggunaan FPI dan *footprint* sebagai skrining awal postur kaki pada remaja.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil. Pertama, ukuran sampel dalam studi ini relatif kecil dengan distribusi kelompok klasifikasi yang tidak merata, sehingga membatasi kekuatan generalisasi data. Kedua, rentang usia responden yang sempit dan berfokus hanya pada kematangan skeletal remaja akhir. Ketiga, studi ini tidak melakukan uji reliabilitas pada FPI dan menggunakan analisis *footprint* manual tanpa *gold standard*. Selain itu, analisis parameter pola jalan masih terbatas pada komponen temporal tanpa instrumen *gait analysis* berbasis sensor gerak.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan metode *foot posture index* dan *footprint* dalam klasifikasi postur kaki serta parameter pola jalan pada remaja. Secara statistik, studi ini membuktikan tidak adanya kesesuaian yang signifikan antara metode FPI dan *footprint* dalam mengklasifikasikan postur kaki remaja. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi kategori postur kaki pada FPI maupun *footprint* tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap parameter pola jalan (*stride length* dan *cadence*). Secara teoritis, temuan ini memperkuat pemahaman konseptual mengenai perbedaan dimensi pengukuran postur kaki dan secara praktis, kontradiksi klasifikasi dapat memberikan panduan bagi tenaga kesehatan agar tidak menggunakan kedua instrumen ini secara bergantian. Berdasarkan keterbatasan dalam studi ini, peneliti merekomendasikan eksplorasi biomekanika lebih mendalam pada penelitian selanjutnya dengan memperbesar ukuran sampel serta integrasi instrumen analisis gerak yang lebih kompleks seperti *pressure platform*, pemeriksaan baropodometrik, sensor inersial, atau analisis gerak berbasis video. Penerapan pengukuran juga diperlukan dengan melibatkan lebih dari satu pemeriksa untuk menguji nilai reliabilitas antar-pengukur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Panca Bhakti dan SMA Negeri 11 Pontianak yang telah memberikan kontribusi dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Antar, N. K. A. J., Nugraha, M. H. S., & Dewi, A. A. N. T. (2019). Pelayanan Fisioterapi Pemeriksaan Bentuk Arkus Pedis (Normal Foot, Flat Foot, Dan Cavus Foot) Dan Pemeriksaan Pola Berjalan (Stride Length, Step Length, Cadence, Dan Speed) Pada Anak Di Sdn 8 Dauh Puri Denpasar. *Buletin Udayana Mengabdikan*, 18(3), 85–92.
- Buldt, A. K., Murley, G. S., Levinger, P., Menz, H. B., Nester, C. J., & Landorf, K. B. (2015). Are clinical measures of foot posture and mobility associated with foot kinematics when walking? *Journal of Foot and Ankle Research*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s13047-015-0122-5>
- Dodelin, D., Tourny, C., & L'Hermette, M. (2020). The biomechanical effects of pronated foot function on gait. An experimental study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 30(11), 2167–2177. <https://doi.org/10.1111/sms.13785>
- Gijón-Noguerón, G., Diaz-Miguel, S., Lopezosa-Reca, E., & Cervera-Marín, J. A. (2017). *Structural Changes in the Lower Extremities in Boys Aged 7 to 12 Years Who Engage in Moderate Physical Activity An Observational Longitudinal Study*. <https://doi.org/10.7547/15-193>

- Gijon-Nogueron, G., Martinez-Nova, A., Alfageme-Garcia, P., Montes-Alguacil, J., & Evans, A. M. (2019). International normative data for paediatric foot posture assessment: A cross-sectional investigation. *BMJ Open*, *9*(4). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-023341>
- Gill, S. V., Keimig, S., Kelty-Stephen, D., Hung, Y. C., & DeSilva, J. M. (2016). The relationship between foot arch measurements and walking parameters in children. *BMC Pediatrics*, *16*(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s12887-016-0554-5>
- Githa, K., Dewi, P., Ayu, A., Trisna, N., Dewi, N., Komang, N., Antari, A. J., & Indrayani, A. W. (2020). Perbedaan Gait Parameter Terhadap Tipe Arkus Pedis (Normal Foot, Flat Foot Dan Cavus Foot) Pada Anak Sekolah Dasar Usia 10-12 Tahun Di Denpasar Barat. *Majalah Ilmiah Fisioterapi Indonesia*, *8*(2), 57–61. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/mifi/index>
- Heggannavar, A., Ramannavar, P., & Metgud, S. (2016). Effect Of Foot Posture Index Associated With Body Mass Index And Standing Balance In Healthy Population: An Observational Study. *International Journal of Physiotherapy and Research*, *4*(3), 1540–1545. <https://doi.org/10.16965/ijpr.2016.127>
- Inayah, R. N., Dewi, K. L. P., Wulandari, E., & Waspada, E. (2026). The Effect of Clark's Angle and Body Weight on Dynamic Balance in School-Aged Children. *Health Scientific Journal*, *7*(1), 26–32. <http://www.oahsj.org/index.php/oahsj/article/view/146/103>
- Khokher, R., Singh, R. C., & Kumar, R. (2015). Footprint recognition with principal component analysis and independent component analysis. *Macromolecular Symposia*, *347*(1), 16–26. <https://doi.org/10.1002/masy.201400045>
- Morrison, S. C., & Ferrari, J. (2009). Inter-rater reliability of the Foot Posture Index (FPI-6) in the assessment of the paediatric foot. *Journal of Foot and Ankle Research*, *2*(1). <https://doi.org/10.1186/1757-1146-2-26>
- Muchna, A., Najafi, B., Wendel, C. S., Schwenk, M., Armstrong, D. G., & Mohler, J. (2018). Foot problems in older adults associations with incident falls, frailty syndrome, and sensor-derived gait, balance, and physical activity measures. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, *108*(2), 126–139. <https://doi.org/10.7547/15-186>
- Okamura, K., Egawa, K., Ikeda, T., Fukuda, K., & Kanai, S. (2021). Relationship between foot muscle morphology and severity of pronated foot deformity and foot kinematics during gait: A preliminary study. *Gait and Posture*, *86*, 273–277. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.03.034>
- Origo, D., Buffone, F., Montini, G., Belluto, D., Tramontano, M., & Dal Farra, F. (2024). Foot Posture Index Does Not Correlate with Dynamic Foot Assessment Performed via Baropodometric Examination: A Cross-Sectional Study. *Healthcare (Switzerland)*, *12*(8). <https://doi.org/10.3390/healthcare12080814>
- Paterson, K. L., Clark, R. A., Mullins, A., Bryant, A. L., & Mentiplay, B. F. (2015). Predicting dynamic foot function from static foot posture: Comparison between visual assessment, motion analysis, and a commercially available depth camera. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, *45*(10), 789–798. <https://doi.org/10.2519/jospt.2015.5616>
- Redmond, A. C., Crosbie, J., & Ouvrier, R. A. (2006). Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clinical Biomechanics*, *21*(1), 89–98. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.08.002>
- Requelo-Rodríguez, I., Castro-Méndez, A., Jiménez-Cebrián, A. M., González-Elena, M. L., Palomo-Toucedo, I. C., & Pabón-Carrasco, M. (2021). Assessment of selected spatio-temporal gait parameters on subjects with pronated foot posture on the basis of

- measurements using optogait. A case-control study. *Sensors*, 21(8).
<https://doi.org/10.3390/s21082805>
- Sulowska, I., Mika, A., & Oleksy, Ł. (2017). The influence of plantar short foot muscle exercises on foot posture and gait parameters in long-distance runners. *Journal of Kinesiology and Exercise Sciences*, 27(78), 75–86.
<https://doi.org/10.5604/01.3001.0011.6820>
- Szczepanowska-Wolowiec, B., Sztandera, P., Kotela, I., & Zak, M. (2019). Feet deformities and their close association with postural stability deficits in children aged 10-15 years. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 20(537), 1–9.
<https://doi.org/10.1186/s12891-019-2923-3>
- Triandari, L., Khasanah, D. A., & Nelissa, D. (2024). Gambaran Variasi Postur Kaki Dan Q-Angle Pada Anak Berkebutuhan Khusus Usia 6-12 Tahun. *Jurnal Kesehatan Masyarakat ITEKES Cendekia Utama Kudus, Vol 12*(No 3), 236–246.
- Tudor-Locke, C., Schuna, J. M., Han, H., Aguiar, E. J., Larrivee, S., Hsia, D. S., Ducharme, S. W., Barreira, T. V., & Johnson, W. D. (2018). Cadence (steps/min) and intensity during ambulation in 6-20 year olds: The CADENCE-kids study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s12966-018-0651-y>
- Voss, S., Joyce, J., Biskis, A., Parulekar, M., Armijo, N., Zampieri, C., Tracy, R., Palmer, A. S., Fefferman, M., Ouyang, B., Liu, Y., Berry-Kravis, E., & O'Keefe, J. A. (2020). Normative database of spatiotemporal gait parameters using inertial sensors in typically developing children and young adults. *Gait and Posture*, 80, 206–213.
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.05.010>
- Zhu, F., Hong, Q., Guo, X., Wang, D., Chen, J., Zhu, Q., Zhang, C., Chen, W., & Zhang, M. (2021). A comparison of foot posture and walking performance in patients with mild, moderate, and severe adolescent idiopathic scoliosis. *PLoS ONE*, 16(5 May 2021).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251592>
- Žukauskas, S., Barauskas, V., & Čekanauskas, E. (2021). *Comparison of multiple flatfoot indicators in 5–8-year-old children*. <https://doi.org/10.1515/med-2021-0227>