

## PERBANDINGAN METODE *CLARKE ANGLE*, *CHIPAUX SMIRAK INDEX*, DAN *RAO & JOSEPH METHOD* UNTUK IDENTIFIKASI *FLATFOOT* PADA MAHASISWA UNIVERSITAS DIPONEGORO

\*Joshua Dave Mark S<sup>1</sup>, Dwi Basuki Wibowo<sup>2</sup>, Gunawan Dwi Haryadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Diponegoro

<sup>2</sup> Dosen Teknik Mesin Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: [joshuadave46@gmail.com](mailto:joshuadave46@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas tiga metode analisis jejak kaki, yaitu *Clarke Angle*, *Chipaux Smirak Index*, dan *Rao & Joseph Method*, dalam mengidentifikasi tipe telapak kaki (*flatfoot*, normal, *high arch*) pada 40 mahasiswa Universitas Diponegoro (30 laki-laki, 10 perempuan). Indeks Massa Tubuh (BMI) subjek juga diukur dan dianalisis hubungannya dengan tipe telapak kaki. Hasil menunjukkan prevalensi *flatfoot* yang tinggi di semua kategori BMI, dengan kecenderungan peningkatan *flatfoot* seiring peningkatan BMI. Ketiga metode menunjukkan simetri kuat antara kaki kiri dan kanan. Metode *Clarke Angle* mengidentifikasi *flatfoot* paling banyak (38 kaki), diikuti *Rao & Joseph Method* (35 kaki kiri, 34 kaki kanan), dan *Chipaux Smirak Index* (32 kaki). Analisis Koefisien Variasi (CV) menunjukkan *Chipaux Smirak Index* (CV 20.84%) adalah metode yang paling konsisten dibandingkan *Clarke Angle* (CV 31.54%) dan *Rao & Joseph Method* (CV 58.50%), meskipun semua metode masih menunjukkan variabilitas yang relatif tinggi. Studi ini menyoroti perlunya mempertimbangkan faktor lain selain BMI, seperti aktivitas fisik, alas kaki, dan kekuatan otot intrinsik kaki, dalam penilaian tipe telapak kaki.

**Kata Kunci:** *bmi; chipaux smirak index; clarke angle; flatfoot; footprint; rao & joseph method*

### Abstract

This study aims to compare the effectiveness of three footprint analysis methods: *Clarke Angle*, *Chipaux Smirak Index*, and *Rao & Joseph Method*, in identifying foot arch types (*flatfoot*, normal, *high arch*) in 40 Diponegoro University students (30 males, 10 females). Subjects' Body Mass Index (BMI) was also measured and analyzed for its relationship with foot type. The results indicated a high prevalence of *flatfoot* across all BMI categories, with a trend of increasing *flatfoot* prevalence with higher BMI. All three methods demonstrated strong symmetry between left and right feet. The *Clarke Angle* method identified the highest number of *flatfoot* cases (38 feet), followed by the *Rao & Joseph Method* (35 left feet, 34 right feet), and the *Chipaux Smirak Index* (32 feet). Coefficient of Variation (CV) analysis revealed that the *Chipaux Smirak Index* (CV 20.84%) was the most consistent method among the three, compared to *Clarke Angle* (CV 31.54%) and *Rao & Joseph Method* (CV 58.50%), although all methods still showed relatively high variability. This study highlights the necessity of considering factors beyond BMI, such as physical activity, footwear, and intrinsic foot muscle strength, in assessing foot arch type.

**Keywords:** *bmi; chipaux smirak index; clarke angle; flatfoot; footprint; rao & joseph method*

## 1. Pendahuluan

Kaki merupakan bagian vital tubuh manusia yang menopang mobilitas sehari-hari, dengan telapak kaki menjadi titik tumpu utama yang berinteraksi langsung dengan permukaan saat berdiri atau berjalan [21]. Struktur telapak kaki dan pergelangan kaki sangat kompleks, terdiri dari 26 tulang, 33 sendi, dan lebih dari seratus otot, tendon, serta ligamen yang bekerja sama untuk menjaga stabilitas dan mobilitas. Ukuran dan bentuk telapak kaki bervariasi antar individu, dipengaruhi oleh jenis kelamin, usia, tinggi badan, berat badan, dan aktivitas sehari-hari [1]. Telapak kaki dibagi menjadi tiga bagian utama: tumit, lengkungan (*arch*) di bagian tengah, dan jari-jari kaki di bagian depan [13]. Lengkungan (*arch*) adalah bagian yang paling berpengaruh terhadap bentuk telapak kaki dan penting untuk didistribusikan secara optimal berat badan serta meredam benturan [20]. Perhatian terhadap pertumbuhan dan pembentukan lengkung kaki sangat krusial karena deformitas dapat menyebabkan cedera dan memengaruhi keseimbangan postur tubuh [1].

Salah satu kondisi umum adalah kaki datar (*flatfoot*), di mana lengkungan medial telapak kaki terlalu kecil atau tidak ada, menyebabkan sebagian besar area telapak kaki menyentuh tanah saat berdiri. Kondisi ini sering terjadi pada

anak-anak dan remaja, dan dapat menyebabkan kelelahan saat beraktivitas karena menurunnya kemampuan peredam kejut. Dalam kasus *flatfoot* yang berlebihan (*over pronation*), beban berlebih ditanggung tumit, berpotensi menyebabkan nyeri tumit (*heel pain*) atau radang selubung saraf telapak kaki (*plantar fasciitis*). Identifikasi *flatfoot* dapat dilakukan melalui pemindaian jejak telapak kaki (*footprint scanning*) saat berdiri. Beberapa metode evaluasi yang digunakan meliputi Cavanagh Arch Index, Rao & Joseph, Clarke Angle, Staheli Arch Index, dan Chipaux Smirak Index.

Implikasi Penelitian sebelumnya telah menunjukkan korelasi antara Indeks Massa Tubuh (BMI) dengan prevalensi Peningkatan BMI, khususnya dalam kategori *overweight* atau obesitas, dapat memengaruhi bentuk lengkung kaki karena tekanan berlebih pada jaringan otot dan ligamen. Namun, *flatfoot* juga dapat ditemukan secara signifikan pada kategori *underweight* dan *normal weight*, menunjukkan bahwa faktor lain seperti kekuatan otot dan jaringan penyangga kaki, aktivitas fisik, dan penggunaan alas kaki yang tidak sesuai juga berperan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan jenis telapak kaki pada mahasiswa Universitas Diponegoro menggunakan tiga metode pengukuran: Clarke Angle, Chipaux Smirak Index, dan Rao & Joseph Method. Secara spesifik, penelitian ini akan mengkaji: Hubungan antara kategori BMI (*underweight*, *normal weight*, *overweight*, *obesity*) dengan tipe telapak kaki (*high arched foot*, *normal foot*, *flat foot*), distribusi tipe telapak kaki pada kaki kiri dan kaki kanan berdasarkan ketiga metode dan perbedaan hasil identifikasi *flatfoot* di antara ketiga metode.

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat kuantitatif deskriptif-komparatif. Sebanyak 40 mahasiswa (30 laki-laki, 10 perempuan) berpartisipasi. Setiap subjek diukur BMI-nya dan dilakukan pemindaian digital telapak kaki kiri dan kanan menggunakan scanner. Gambar dianalisis menggunakan perangkat lunak Scan Foot Analysis. Tiga metode identifikasi digunakan yaitu:

- Clarke Angle: tipe telapak kaki diklasifikasikan sebagai *normal foot* jika  $48^\circ > \alpha \geq 42^\circ$ , *flat foot* jika  $\alpha < 42^\circ$ , dan *high arch* jika  $\alpha \geq 48^\circ$  [26].
- CSI: kategori lengkung kaki adalah *high arch* (10% - 24%), *normal* (25% - 45%), dan *flatfoot* (46% - 70%) [12].
- RJM: Tipe telapak kaki dikategorikan sebagai *normal* jika  $FPI = 1$ , *flatfoot* jika  $FPI < 1$ , dan *high arch* jika  $FPI > 1$  [17].

Distribusi hasil klasifikasi dan hubungan dengan kategori BMI dianalisis dan dibandingkan antara metode.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pada Penelitian ini melibatkan 40 mahasiswa Universitas Diponegoro, terdiri dari 30 laki-laki dan 10 perempuan.

### 3.1 Distribusi BMI Subjek

Distribusi kategori BMI subjek dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah. Dengan: 3 partisipan (7.5%) diklasifikasikan sebagai *underweight*, 23 partisipan (57.5%) sebagai *normal weight*, 8 partisipan (20.0%) sebagai *overweight*, dan 6 partisipan (15.0%) sebagai obesitas. Secara signifikan, 35% dari populasi studi termasuk dalam kategori *overweight* atau obesitas, menyoroti proporsi yang signifikan dengan BMI yang tinggi.

**Tabel 1.** Distribusi BMI Subyek

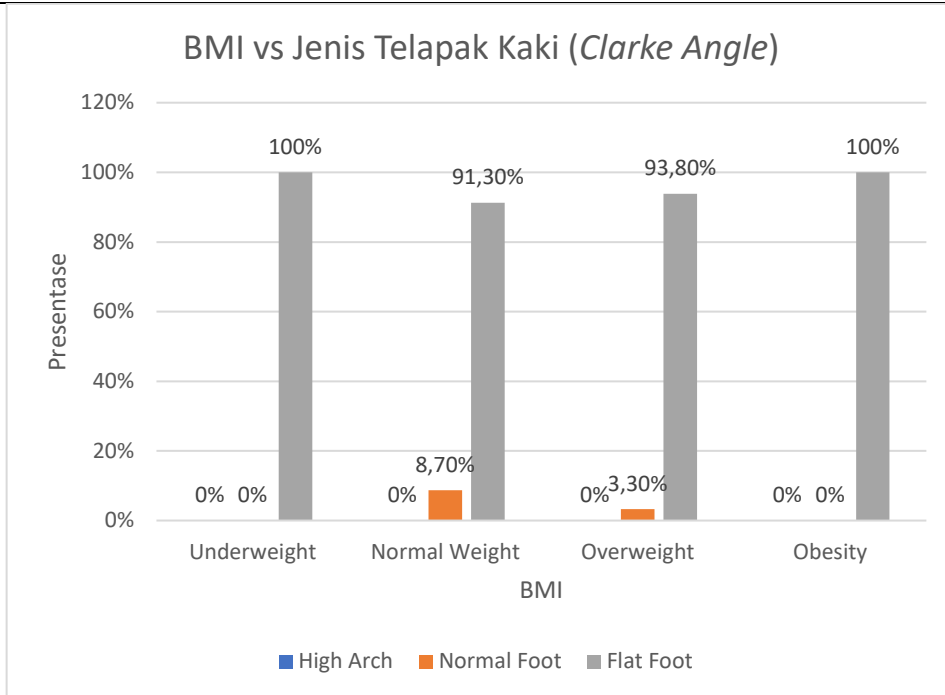
Kategori BMI	Jumlah Partisipan	Persentase (%)
underweight	3	7.5
normal weight	23	57.5
overweight	8	20.0
obesity	6	15.0
Total	40	100.0

### 3.2 Hubungan Antara Kategori BMI dengan Tipe Telapak Kaki

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kategori BMI dengan tipe lengkung kaki yang dimiliki oleh mahasiswa UNDIP.

#### 3.2.1 Metode Clarke Angle

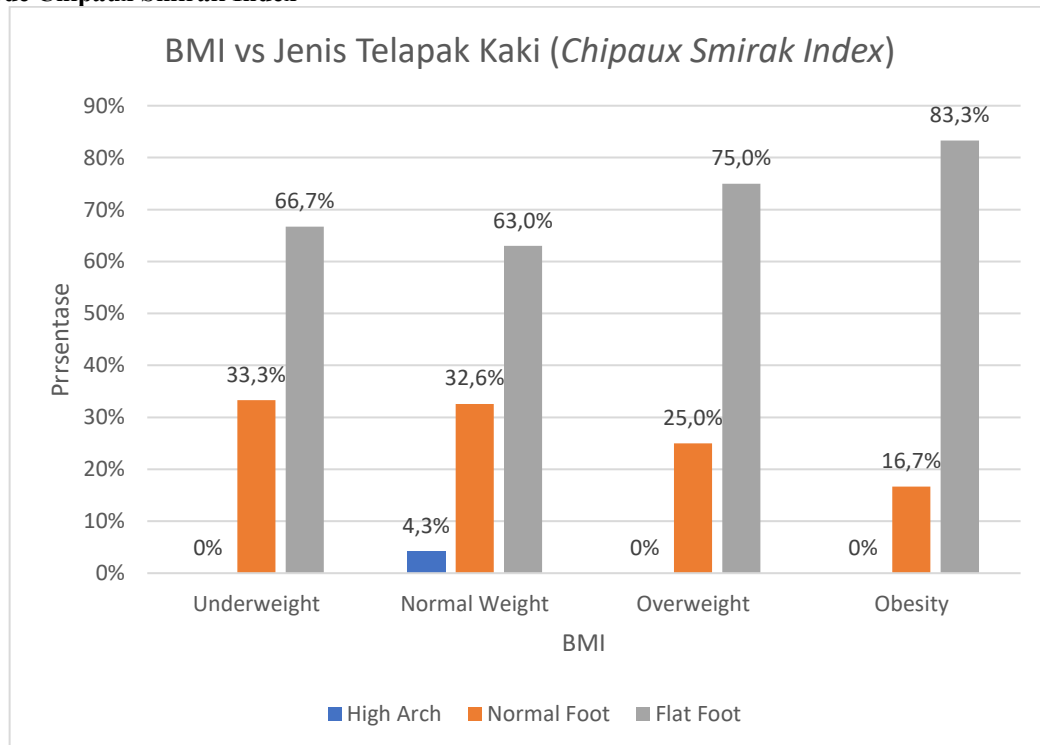
Berdasarkan Gambar 1 di bawah: *Underweight*: 100% *flatfoot*. Tidak ada *high arch* atau *normal foot*. *Normal Weight*: 91.30% *flatfoot*, 8.70% *normal foot*. Tidak ada *high arch*. *Overweight*: 93.80% *flatfoot*, 3.30% *normal foot*. Tidak ada *high arch*. *Obesitas*: 100% *flatfoot*.



**Gambar 1.** Grafik BMI vs Jenis Telapak Kaki Berdasarkan Metode Clarke Angle

Secara keseluruhan, metode Clarke Angle menunjukkan prevalensi *flatfoot* yang sangat tinggi di semua kategori BMI, mencapai 100% pada kelompok *underweight* dan obesitas. Metode ini cenderung mengklasifikasikan sebagian besar kaki sebagai *flatfoot*, dengan sangat sedikit identifikasi *normal foot* dan tidak ada *high arch*.

### 3.2.2 Metode Chipaux Smirak Index

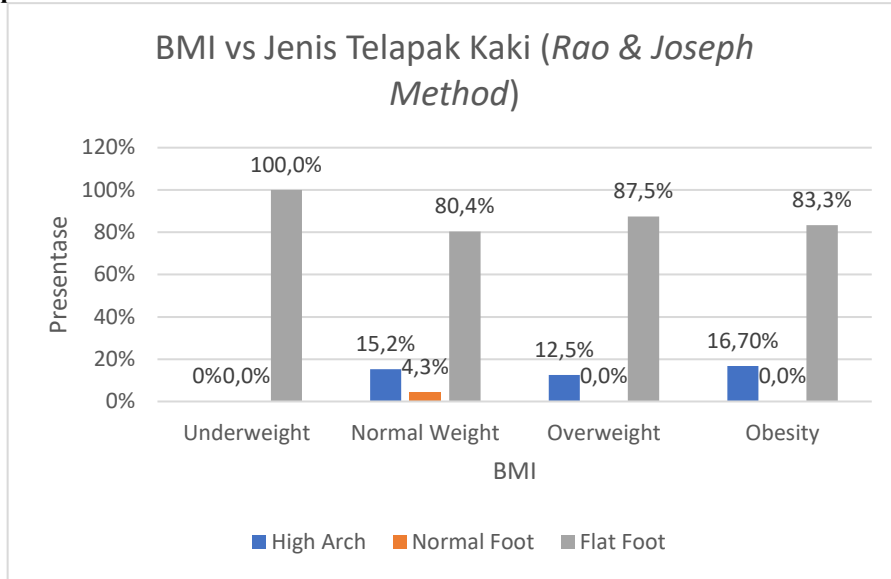


**Gambar 2.** Grafik BMI vs Jenis Telapak Kaki Berdasarkan Metode Chipaux Smirak Index

Berdasarkan Gambar 2 di atas *Underweight*: 66.7% *flatfoot*, 33.3% *normal foot*. Tidak ada *high arch*. *Normal Weight*: 63.0% *flatfoot*, 32.6% *normal foot*, 4.3% *high arch*. *Overweight*: 75.0% *flatfoot*, 25.0% *normal foot*. Tidak ada *high arch*. *Obesitas*: 83.3% *flatfoot*, 16.7% *normal foot*.

Metode ini juga menunjukkan prevalensi *flatfoot* yang tinggi di semua kategori BMI, dengan tren peningkatan seiring peningkatan BMI. Namun, metode ini mengidentifikasi proporsi *normal foot* yang lebih besar dibandingkan Clarke Angle, dan sejumlah kecil *high arch* pada kategori *normal weight*.

### 3.2.3 Rao & Joseph Method



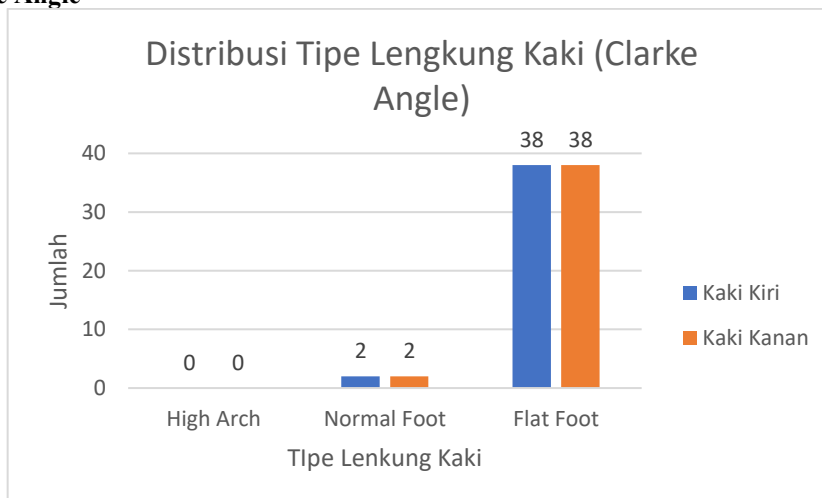
**Gambar 3.** Grafik BMI vs Jenis Telapak Kaki Berdasarkan Metode *Rao & Joseph*

Berdasarkan Gambar 3 di atas *Underweight*: 100.0% *flatfoot*. Tidak ada *high arch* dan *normal foot*. *Normal Weight*: 80.4% *flatfoot*, 4.3% *normal foot*, 15.2% *high arch*. *Overweight*: 87.5% *flatfoot*, 12.5% *high arch*. Tidak ada *normal foot*. *Obesitas*: 83.3% *flatfoot*, 16.70% *high arch*. Tidak ada *normal foot*. Metode *Rao & Joseph* juga menunjukkan prevalensi *flatfoot* yang dominan. Perbedaannya adalah identifikasi *high arch* yang lebih signifikan dibandingkan dua metode lainnya, terutama pada kategori *normal weight*, *overweight*, dan obesitas.

Secara keseluruhan, seiring peningkatan BMI dari *underweight* hingga obesitas, terdapat peningkatan signifikan dalam prevalensi *flatfoot*. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa peningkatan BMI dikaitkan dengan prevalensi *flatfoot* yang lebih tinggi pada orang dewasa. Namun, pada kategori *underweight* dan *normal weight*, *flatfoot* masih ditemukan secara signifikan, menunjukkan bahwa kekuatan otot dan jaringan penyangga kaki yang kurang optimal juga dapat berkontribusi pada *flatfoot*, terlepas dari beban berlebih. Hal ini mengindikasikan bahwa faktor lain seperti aktivitas fisik, penggunaan alas kaki yang tidak sesuai, dan kekuatan otot intrinsik kaki turut memengaruhi pembentukan lengkung kaki.

### 3.3 Distribusi Telapak Kaki Pada Kaki Kiri dan Kanan

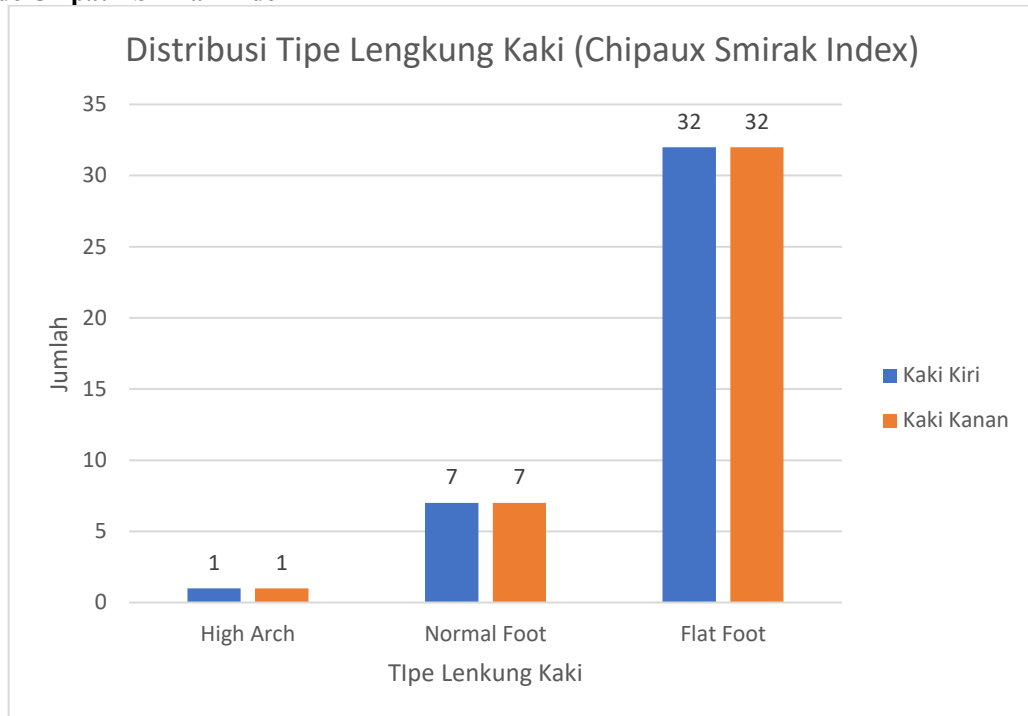
#### 3.3.1 Metode Clarke Angle



**Gambar 4.** Grafik Distribusi Tipe Lengkung Kaki berdasarkan Metode Clarke Angle

Berdasarkan Gambar 4 di atas menunjukkan pola distribusi yang sangat konsisten antara kaki kiri dan kanan. Tidak ada partisipan yang diklasifikasikan memiliki *high arch* untuk kedua kaki. Sejumlah kecil partisipan (2 untuk kaki kiri dan 2 untuk kaki kanan) diklasifikasikan memiliki *normal foot*. Mayoritas mutlak partisipan, yaitu 38 untuk kaki kiri dan 38 untuk kaki kanan, diklasifikasikan memiliki *flatfoot*. Konsistensi sempurna ini mengindikasikan bahwa metode ini menghasilkan hasil yang serupa untuk kedua sisi tubuh.

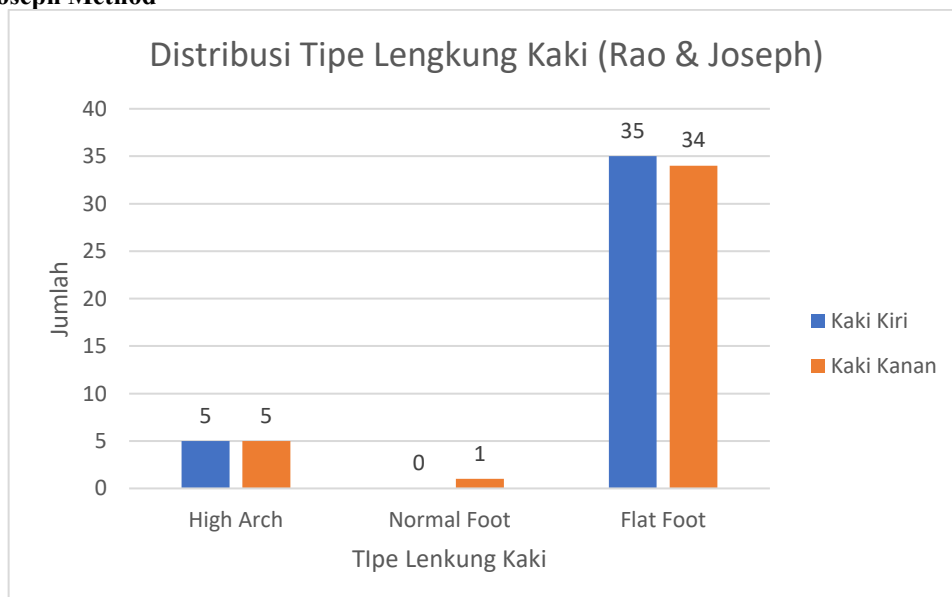
### 3.3.2 Metode Chipaux Smirak Index



**Gambar 5.** Grafik Distribusi Tipe Lengkung Kaki berdasarkan Chipaux Smirak Index

Berdasarkan Gambar 5 di atas menunjukkan simetri yang kuat antara kaki kiri dan kaki kanan. Untuk kedua kaki, 1 partisipan diklasifikasikan memiliki *high arch*. Sebanyak 7 partisipan untuk kaki kiri dan 7 partisipan untuk kaki kanan diklasifikasikan memiliki *normal foot*. Mayoritas partisipan, yaitu 32 untuk kaki kiri dan 32 untuk kaki kanan, diklasifikasikan memiliki *flatfoot*. Metode ini mengidentifikasi proporsi *normal foot* dan *high arch* yang sedikit lebih besar dibandingkan Clarke Angle.

### 3.3.3 Rao & Joseph Method

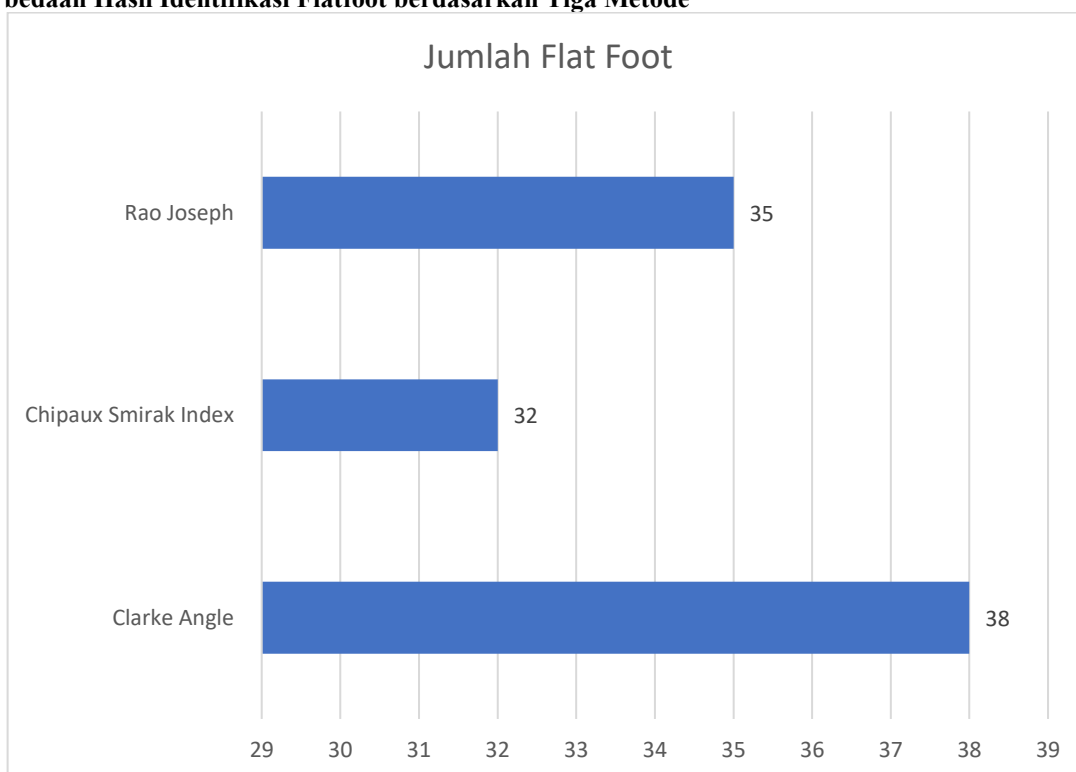


**Gambar 6.** Grafik Distribusi Tipe Lengkung Kaki berdasarkan Rao & Joseph

Berdasarkan Gambar 6 di atas menunjukkan simetri yang signifikan antara kaki kiri dan kaki kanan, meskipun dengan sedikit variasi pada kategori *flatfoot*. Sebanyak 5 partisipan untuk kaki kiri dan 5 partisipan untuk kaki kanan diklasifikasikan memiliki *high arch*. Untuk *normal foot*, tidak ada partisipan yang diklasifikasikan pada kaki kiri, sementara 1 partisipan diklasifikasikan pada kaki kanan. Mayoritas partisipan diklasifikasikan memiliki *flatfoot*, yaitu 35 untuk kaki kiri dan 34 untuk kaki kanan. Metode ini menonjol karena mengidentifikasi jumlah *high arch* yang lebih substansial dibandingkan dua metode lainnya. Perbedaan identifikasi pada satu subjek antara kaki kiri dan kanan dapat terjadi karena asimetri bilateral alami, perbedaan struktur dan fungsi kaki, beban dan tekanan yang berbeda, serta sensitivitas metode pengukuran.

Secara keseluruhan, analisis ketiga metode menunjukkan bahwa distribusi tipe telapak kaki pada kaki kiri dan kaki kanan sangat simetris, terlepas dari metode pengukuran yang digunakan. Ketiga metode secara konsisten mengidentifikasi *flatfoot* sebagai tipe lengkungan yang paling dominan.

### 3.4 Perbedaan Hasil Identifikasi Flatfoot berdasarkan Tiga Metode



Gambar 7. Grafik Jumlah Flat Foot Berdasarkan Tiga Metode

Berdasarkan Gambar 7 di atas terdapat perbedaan yang jelas dalam jumlah total identifikasi *flatfoot* dari ketiga metode. Clarke Angle mengidentifikasi 38 *flatfoot*. Chipaux Smirak Index mengidentifikasi 32 *flatfoot*. Rao & Joseph Method mengidentifikasi 35 *flatfoot*. Perbedaan ini menunjukkan bahwa setiap metode memiliki kriteria dan sensitivitas yang berbeda dalam mengklasifikasikan telapak kaki sebagai *flatfoot*. Ketiga metode menggunakan analisis jejak kaki, tetapi memiliki teknik pengukuran dan kriteria klasifikasi yang berbeda. Clarke Angle memiliki sensitivitas tinggi, sehingga lebih banyak mendeteksi kasus *flatfoot*. Chipaux Smirak Index menggunakan rasio lebar yang lebih spesifik dan konservatif, menghasilkan identifikasi kasus yang lebih sedikit. Rao & Joseph Method menggunakan parameter proporsi yang sedikit berbeda, menghasilkan hasil di antara dua metode lainnya.

Untuk menentukan metode mana yang lebih dapat dipercaya, Koefisien Variasi (CV) digunakan sebagai ukuran variabilitas relatif yang dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah.

Tabel 2. Tabel CV Setiap Metode

Metode Identifikasi	Mean	SD	CV
Clarke angle	27,58	8,70	31,54%
Chipaux Smirak Index	53,33	11,12	20,84%
Rao Joseph	0,62	0,36	58,50%

Berdasarkan Tabel 2 di atas, nilai CV untuk Clarke Angle adalah 31.54%, untuk Chippaux Smirak Index adalah 20.84%, dan untuk Rao & Joseph Method adalah 58.50%. Mengacu pada kriteria umum interpretasi CV, nilai di atas 20% menunjukkan stabilitas buruk. Dengan demikian, Rao & Joseph Method memiliki CV tertinggi (58.50%), menunjukkan stabilitas terburuk. Clarke Angle (31.54%) juga termasuk dalam kategori stabilitas buruk. Meskipun Chippaux Smirak Index (20.84%) sedikit di atas ambang batas "stabilitas buruk", nilai ini adalah yang terendah di antara ketiganya. Oleh karena itu, berdasarkan Koefisien Variasi, Chipaux Smirak Index adalah metode yang paling dapat dipercaya atau paling konsisten di antara ketiganya, meskipun semua metode dalam penelitian ini menunjukkan tingkat variabilitas yang relatif tinggi.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian perbandingan antara metode Clarke Angle, Chipaux Smirak Index, dan Rao & Joseph Method untuk mengidentifikasi *flatfoot* pada mahasiswa Universitas Diponegoro, dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Terdapat hubungan antara kategori Indeks Massa Tubuh (BMI) dengan tipe telapak kaki pada subjek penelitian. Umumnya, prevalensi *flatfoot* meningkat seiring dengan peningkatan kategori BMI dari *underweight* hingga obesitas. Namun, kasus *flatfoot* masih ditemukan secara signifikan pada kategori *underweight* dan *normal weight*, menunjukkan bahwa faktor lain seperti kekuatan otot dan jaringan penyangga kaki, aktivitas fisik, dan penggunaan alas kaki yang tidak sesuai juga memengaruhi jenis telapak kaki.
2. Distribusi tipe telapak kaki menunjukkan simetri yang sangat kuat antara kaki kiri dan kaki kanan pada ketiga metode yang digunakan. Ketiga metode secara konsisten mengidentifikasi *flatfoot* sebagai tipe lengkungan yang paling dominan dalam populasi studi ini.
3. Terdapat perbedaan dalam hasil identifikasi *flatfoot* di antara ketiga metode. Metode Clarke Angle mengidentifikasi jumlah *flatfoot* tertinggi (38 dari 40 kaki) karena sensitivitasnya yang tinggi. Chipaux Smirak Index mengidentifikasi 32 *flatfoot* dan proporsi *normal foot* yang lebih besar, serta sejumlah kecil *high arch*, karena sifatnya yang lebih spesifik dan konservatif. Rao & Joseph Method mengidentifikasi 35 *flatfoot* (35 kaki kiri, 34 kaki kanan) dan menonjol dalam mengidentifikasi lebih banyak kasus *high arch*.
4. Berdasarkan nilai Koefisien Variasi (CV), Metode Chipaux Smirak Index (CV 20.84%) adalah yang paling dapat dipercaya atau paling konsisten di antara ketiga metode, meskipun masih menunjukkan tingkat variabilitas yang relatif tinggi. Metode Clarke Angle (CV 31.54%) dan Rao & Joseph Method (CV 58.50%) menunjukkan stabilitas buruk.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Aenumulapalli, A. (2017). Prevalence of Flexible Flat Foot in Adults: A Cross-sectional Study. JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/26566.10059>
- [2] Buldt, A. K., Levinger, P., Murley, G. S., Menz, H. B., Nester, C. J., & Landorf, K.B. (2015). Foot posture is associated with kinematics of the foot during gait: A comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait & Posture*, 42(1), 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.03.004>
- [3] Cavanagh, P.R. and Rodgers, M. The Arch index: a useful measure from footprints. *J. Biomechanics* Vol. 20, No. 5, pp. 547-551, 1987
- [4] Filardi, V. (2018). Flatfoot and normal foot a comparative analysis of the stress shielding. *Journal of Orthopaedics*, 15(3), 820–825. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.08.002>
- [5] Gonçalves de Castro, G., de Freitas Santos, N. M., Silvia Barbosa, E. V., dos Reis Amaral, L. C., Lima Queiroz, F., & de Faria, K. C. (2017). Sobrepeso e obesidade infantil: Fatores predisponentes para alterações ortopédicas. *Fisioterapia Brasil*, 4, 18.
- [6] Haryadi, G.D.; Wibowo, D.B.; Ariyanto, M.; Suprihanto, A. Digital Scanning Method for Evaluation of Dimensional Parameters and Identification of Foot Type. Indonesian Patent No. IDS000002253, 2 April 2019
- [7] Hunt, A.E., Fahey, A.J. and Smith, R.M. (2000) 'Static measures of calcaneal deviation and arch angle as predictors of rearfoot motion during walking', *Australian Journal of Physiotherapy*, 46(1), pp. 9–16. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60309-3](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60309-3)
- [8] Irving, Damien B; Cook, Jill L; Young, Mark A; Menz, Hylton B. Obesity and pronated foot type may increase the risk of chronic plantar heel pain: a matched case-control study. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2007, 8:41 doi:10.1186/1471-2474-8-41
- [9] Jiménez-Cebrián, A., Roman-Bravo, P., Morente-Bernal, M., Alonso-Ríos, J., De-la-Cruz-Torres, B., Romero-Morales, C., Navarro-Flores, E., & Montiel-Luque, A. (2020). Influence of childhood overweight and obesity on foot and lower limb pain in a population of primary school children. *Archives of Medical Science*. <https://doi.org/10.5114/aoms.2020.97053>
- [10] Kategori BMI Dewasa (2024) U.S. CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Available at: <https://www.cdc.gov/bmi/adult/calculator/bmi-categories.html#print> (Accessed: 10 June 2025)
- [11] Maciałczyk-Paprocka, K., Stawińska-Witoszyńska, B., Kotwicki, T., Sowińska, A., Krzyżaniak, A., Walkowiak, J., & Krzywińska-Wiewiorowska, M. (2017). Prevalence of incorrect body posture in children and adolescents

- with overweight and obesity. *European Journal of Pediatrics*, 176(5), 563–572. <https://doi.org/10.1007/s00431-017-2873-4>
- [12] Mathieson, I., Upton, D., & Birchenough, A. (1999). Comparison of footprint parameters calculated from static and dynamic footprints. *The Foot*, 9(3), 145–149. <https://doi.org/10.1054/foot.1999.0544>
- [13] Matias, A. B., Caravaggi, P., Taddei, U. T., Leardini, A., & Sacco, I. C. N. (2020). Rearfoot, Midfoot, and Forefoot Motion in Naturally Forefoot and Rearfoot Strike Runners during Treadmill Running. *Applied Sciences*, 10(21), 7811. <https://doi.org/10.3390/app10217811>
- [14] Nugroho, A. S., & Nurulita, F. F. (t.t.). HUBUNGAN ANTARA PES PLANUS DENGAN KESEIMBANGAN DINAMIS PADA MURID MI NURUL KARIM COLOMADU.
- [15] Prayuda, L. O. G. A. (2020). DESAIN DAN SIMULASI TELAPAK KAKI PALSU DENGAN VARIASI CAVITY. Universitas Islam Indonesia.
- [16] Putri, A. F., Kamilah, S. N., Lestari, D. F., Sipriyadi, S., & Jarulise, J. (2023). Pola lengkung telapak kaki dan ujung jari kaki masyarakat suku Lembak Bengkulu. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 3(2), 72–78. <https://doi.org/10.24252/filogeni.v3i2.33941>
- [17] Rao, Udaya Bhaskara and Joseph, Benjamin. The influence of footwear on the prevalence of flat foot: a survey of 2300 children. *J Bone Joint Surg [Br]* 1992; 74-B: 525-7
- [18] Riddle, DJ.; Schappert, SM. Volume of ambulatory care visits and patterns of care for patients diagnosed with plantar fasciitis: a national study of medical doctors. *Foot Ankle Int.* 25 (2004) 303-310
- [19] S., S. (2019). PERBEDAAN INDEX LENGKUNG TELAPAK KAKI PADA ANAK USIA 12-24 BULAN DI KECAMATAN MEDAN JOHOR MEDAN. Doctoral Dissertation, Fakultas Kedokteran, Universitas Islam Sumatera Utara.
- [20] Sativani, Z. (2019). Latihan Keseimbangan dan Stimulasi Somatosensoris Meningkatkan Keseimbangan Statis pada Penderita Diabetes Neuropati. *Quality : Jurnal Kesehatan*, 13(1), 36–41. <https://doi.org/10.36082/qjk.v13i1.54>
- [21] Sativani, Z., & Pahlawi, R. (2020). Foot Strengthening Exercise on Postural Balance and Functional Ability of Foot on Children 6-10 Years Old with Flexible Flatfoot. *Jurnal Ilmiah Kesehatan (JIKA)*, 2(3), 99–107. <https://doi.org/10.36590/jika.v2i3.69>
- [22] Sichtung, F., Holowka, N. B., Hansen, O. B., & Lieberman, D. E. (2020). Effect of the upward curvature of toe springs on walking biomechanics in humans. *Scientific Reports*, 10(1), 14643. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71247-9>
- [23] Tomassoni, D., Traini, E., & Amenta, F. (2014). Gender and age related differences in foot morphology. *Maturitas*, 79(4), 421–427. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2014.07.019>
- [24] Tomassoni, D., Traini, E., & Amenta, F. (2014). Gender and age related differences in foot morphology. *Maturitas*, 79(4), 421–427. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2014.07.019>
- [25] Toullec, E. (2015). Adult flatfoot. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 101(1), S11–S17. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2014.07.030>
- [26] Tzyy-Yuang Shiang et al. (1998) ‘Evaluating different footprints parameters as a predictor of arch height’, *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 17(6), pp. 62–66. Available at: <https://doi.org/10.1109/51.731323>
- [27] Umardani, Y., Wibowo, D. B., Caesarendra, W., Suprihanto, A., & Pranoto, K. A. (2022). Calculation of the Rearfoot Angle Representing Flatfoot from Comparison to the Cavanagh Arch Index. *Applied Sciences*, 12(13), 6764. <https://doi.org/10.3390/app12136764>
- [28] Wibowo, D. B. (2019). PENGEMBANGAN PEMINDAI DOKUMEN MENJADI PEMINDAI TELAPAK KAKI UNTUK IDENTIFIKASI FLAT FOOT. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(3), 104. <https://doi.org/10.32497/jrm.v14i3.1639>
- [29] Wibowo, DB.; Haryadi, GD.; Widodo, A.; Rahayu, SP. Correlation of loaded and unloaded foot area with arch index in younger flatfoot. *MATEC Web of Conferences* 135, 00060 (2017)
- [30] Wibowo, DB.; Suprihanto, A.; Widodo, A.; Haryadi, GD. Estimation of calcaneal deformation while standing from the boolean operation between 3D and footprint image and its comparison with lateral x-ray. *MATEC Web of Conferences* 204, 07001 (2018)