

ESTIMASI ASPEK FISIK MANUSIA DITINJAU DARI DIMENSI TELAPAK KAKI STATIS UNTUK KEBUTUHAN FORENSIK

*Fazjri Musbahul Umam¹, Dwi Basuki Wibowo², Shofwan Bahar²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*E-mail: fazjriumam15@gmail.com

Abstrak

Dalam bidang forensik, telapak kaki memiliki berbagai informasi yang dapat dijadikan sebagai sarana untuk mengidentifikasi manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi tinggi badan, berat badan, dan indeks massa tubuh (IMT) pada remaja usia 18–24 tahun berdasarkan dimensi telapak kaki menggunakan metode digital footprint dengan validasi wet foot test. Data diperoleh dari 166 subjek (151 pria dan 15 wanita) yang diukur panjang dan lebar telapak kaki, tinggi, serta berat badan. Analisis regresi linier digunakan untuk mengetahui korelasi dan membangun persamaan estimasi, yang kemudian dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang kaki memiliki korelasi kuat dengan tinggi badan ($r = 0,71$) dengan tingkat kesalahan estimasi sebesar 2,64%. Lebar kaki berkorelasi cukup dengan berat badan ($r = 0,57$; %SEE = 17,3%) dan IMT ($r = 0,53$; %SEE = 16,9%). Kesimpulannya, panjang kaki dapat dijadikan prediktor akurat untuk estimasi tinggi badan, sedangkan estimasi berat badan dan IMT memerlukan variabel tambahan untuk meningkatkan akurasi, mengingat sifat regresi yang kontekstual terhadap populasi.

Kata Kunci: *digital footprint; forensik; indeks massa tubuh (imt); telapak kaki; tinggi badan*

Abstract

In forensic field, footprint provides many information that can be used for human identification. This study aims to estimate height, body weight, and body mass index (BMI) of adolescents aged 18–24 years based on foot dimensions using the digital footprint method validated by the wet foot test. Data were collected from 166 subjects (151 males and 15 females) by measuring foot length, foot width, height, and body weight. Linear regression analysis was applied to examine correlations and develop estimation equations, which were then compared with findings from previous studies. The results indicate that foot length has a strong correlation with height ($r = 0.71$) with an estimation error of 2.64%. Foot width shows a moderate correlation with body weight ($r = 0.57$; %SEE = 17.3%) and BMI ($r = 0.53$; %SEE = 16.9%). In conclusion, foot length can serve as an accurate predictor for estimating height, while body weight and BMI estimations require additional variables to improve accuracy, considering the contextual nature of regression models.

Keywords: *body height; body mass index; body weight; digital footprint; forensic*

1. Pendahuluan

Dalam penanganan kasus kriminal, sidik jari kerap digunakan sebagai alat utama untuk mengidentifikasi pelaku kejahatan. Namun, seiring waktu, banyak pelaku yang semakin cerdik dan berupaya menghilangkan sidik jarinya agar sulit terdeteksi. Sementara itu, upaya untuk menyamar atau menutupi jejak telapak kaki masih jarang dilakukan, sehingga sebagian pelaku kejahatan masih meninggalkan jejak karena tidak memakai alas kaki saat beraksi (Mukhra et al., 2018).

Dalam struktur tubuh manusia, telapak kaki berperan sebagai titik tumpu yang menghubungkan tubuh dengan permukaan tanah, berfungsi menyalurkan gaya akibat berat badan ke medan yang dilalui saat bergerak. Jejak kaki yang terbentuk ketika seseorang berjalan atau berpindah tempat umumnya sebanding dengan ukuran telapak kakinya, sehingga dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan ukuran tubuh (Ruff et al., 2021).

Jejak telapak kaki dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu jejak statis dan jejak dinamis. Jejak statis terbentuk ketika seseorang dalam posisi diam atau berdiri, sedangkan jejak dinamis muncul saat seseorang bergerak atau berpindah tempat, seperti berjalan maupun berlari (Mukhra et al., 2020).

Telapak kaki merupakan salah satu jenis bukti fisik yang kerap ditemukan di tempat kejadian perkara. Setiap individu memiliki karakteristik telapak kaki yang unik, layaknya sidik jari dan DNA. Keunikan ini dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan postur tubuh seseorang, sehingga membantu proses identifikasi pelaku kejahatan (Sun & Luo, 2024). Selain itu, analisis telapak kaki juga dapat digunakan untuk memperkirakan jenis kelamin, karena penelitian menunjukkan bahwa ukuran jejak kaki pria umumnya lebih besar dibandingkan wanita (Hemy et al., 2013). Dengan

pendekatan antropometri, tingkat akurasi estimasi jenis kelamin dapat mencapai 67–94%, menggunakan variabel seperti panjang kaki, lebar sepatu, panjang sepatu, dan ukuran sepatu (Atamturk, 2010)

Oleh sebab itu, pemanfaatan teknologi modern seperti pemindai kaki digital diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, akurasi, dan sistematika dalam proses identifikasi karakteristik tubuh manusia melalui analisis metrik telapak kaki. Teknologi ini juga dapat menjadi sarana pembanding antara metode modern dan metode tradisional sebagai bentuk validasi hasil pengukuran. Selain itu, laporan tugas akhir ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam memperluas wawasan dan pengembangan ilmu forensik, khususnya di Indonesia.

2. Dasar Teori

Secara etimologis, istilah *forensik* berasal dari bahasa Latin “*forensis*” yang berarti forum atau pengadilan, yaitu tempat untuk menyajikan bukti dalam proses penentuan suatu perkara. Dalam penerapannya, investigasi forensik mengacu pada kegiatan analisis terhadap jejak atau bukti yang ditemukan di tempat kejadian perkara melalui kajian dan diskusi para ahli forensik guna mengungkap kasus kriminal (Beek et al., 2025). Ilmu forensik sendiri mencakup berbagai cabang keilmuan seperti forensik medis (Mussabekova et al., 2024), forensik biologi (Cano-Trujillo et al., 2023), dan forensik antropologi (Smith-Escudero et al., 2025), yang masing-masing memiliki peran penting dalam proses penyelidikan dan penyelesaian kasus kejahatan.

Forensik podiatri merupakan cabang ilmu forensik yang berfokus pada analisis bukti terkait kaki dalam konteks kasus kriminal. Bidang ini mencakup pemeriksaan bentuk dan struktur kaki, termasuk tulang, jaringan lunak, serta jejak telapak kaki baik yang menggunakan alas kaki maupun tidak, dalam berbagai kondisi seperti berdiri, berjalan, atau berlari. Jejak kaki menjadi salah satu bukti yang kerap ditemukan di lokasi kejadian perkara, terutama di negara berkembang di mana sebagian besar masyarakat masih sering berjalan tanpa alas kaki. Tujuan utama forensik podiatri adalah menghubungkan bukti yang berkaitan dengan kaki terhadap kasus kriminal tertentu untuk dianalisis lebih lanjut, sehingga dapat membantu dalam proses identifikasi dan mempersempit kemungkinan tersangka pelaku kejahatan (Kanchan et al., 2013).

Antropometri merupakan cabang ilmu yang berfokus pada pengukuran tubuh manusia untuk mengoptimalkan kenyamanan, kesesuaian, dan kinerja suatu produk. Parameter yang digunakan meliputi ukuran, berat, dan postur tubuh, yang menjadi dasar dalam perancangan produk umum maupun produk dengan fungsi khusus seperti alat pelindung diri (Silva et al., 2025).

Untuk mengungkap suatu kasus kriminal, diperlukan proses investigasi yang dilakukan melalui serangkaian prosedur tertentu. Tahapan ini diawali dengan pencarian serta pengumpulan berbagai jenis bukti yang tertinggal di lokasi kejadian. Bukti-bukti tersebut kemudian menjadi dasar penting dalam penyelidikan, seperti untuk mengidentifikasi korban dan pelaku, serta memverifikasi atau menolak suatu pernyataan (Palla & Shivajirao, 2024).

Salah satu metode identifikasi manusia yang dapat digunakan adalah antropometri, yakni pengukuran sistematis terhadap bagian tubuh atau jejak kaki yang ditemukan di lokasi kejadian. Metode ini berperan penting dalam membantu identifikasi korban maupun pelaku kejahatan (Krishan et al., 2015).

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dua metode yang terdiri atas metode *digital footprint* dan metode *wet foot test*. Metode *wet foot test* dilakukan pada sebanyak 10 subjek yang telah melakukan metode *digital footprint* yang dipilih secara acak. Hasil *wet foot test* akan dijadikan sebagai acuan dalam menentukan apakah hasil metode *digital footprint* dapat diterima untuk dijadikan sebagai data acuan dalam proses analisis data.

Proses *wet foot test* dilakukan dengan cara menjajakan telapak kaki subjek yang telah diaplikasikan tinta sebagai penanda pada kertas milimeter blok sehingga selanjutnya dapat diukur dimensi telapak kaki yang meliputi panjang dan lebar telapak kaki. Penentuan panjang kaki dilakukan dengan mengukur jarak antara tungku hingga ujung jari kaki terjauh, sedangkan lebar kaki dilakukan dengan mengukur jarak antara metatarsal fibula hingga metatarsal tibia.

Sedangkan untuk metode *digital footprint* dilakukan dengan memanfaatkan alat pemindai elektronik dan diolah dengan *software scan foot analysis* sehingga dapat menghasilkan dimensi telapak kaki secara otomatis. Metode ini dilakukan pada masing-masing telapak kaki subjek secara bergantian.

3.1 Proses Pengumpulan Data

Dalam proses pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan subjek penelitian sebanyak 166 subjek yang terdiri atas 151 subjek pria dan 15 subjek wanita dengan kriteria usia berkisar antara 18 hingga 24 tahun dan tidak memiliki riwayat kelainan pada kaki untuk diambil data terkait dimensi telapak kaki.

3.2 Proses Analisis

Seluruh proses analisis data dilakukan menggunakan software excel dengan metode regresi linier untuk menentukan berbagai parameter yang diperlukan yang terdiri atas grafik korelasi, koefisien determinasi, koefisien korelasi *standard error of estimation*, dan *mean absolute difference*.

Hasil analisis regresi linier akan dijadikan sebagai pertimbangan untuk menentukan apakah variabel dependen berupa tinggi badan, berat badan, dan indeks massa tubuh memiliki korelasi yang signifikan terhadap variabel independen berupa panjang kaki kanan (PKKa), lebar kaki kanan (LKKa) panjang kaki kiri (PKKi) dan lebar kaki kiri (LKKi).

Berdasarkan nilai *mean absolute difference* dari 10 subjek yang telah melakukan *wet foot test* dan *digital footprint*, hasil dari metode *digital footprint* dapat dijadikan sebagai acuan dalam proses pengumpulan data terkait dimensi telapak kaki subjek penelitian. Sehingga pada proses pengolahan data hanya akan mengandalkan data yang dihasilkan pada *digital footprint* saja mempertimbangkan efisiensi dan efektifitasnya.

4. Hasil dan Pembahasan

Analisis korelasi antara dimensi telapak kaki dengan tinggi badan, berat badan, dan IMT dilakukan pada subjek pria, wanita, dan keseluruhan. Untuk tinggi badan, koefisien korelasi tertinggi ditemukan pada panjang kaki kiri sebesar 0,60 pada pria, 0,52 pada wanita (panjang kaki kanan), dan 0,71 pada keseluruhan subjek. Hasil ini menunjukkan bahwa panjang kaki memiliki hubungan paling kuat dengan tinggi badan dan berpotensi menjadi prediktor yang akurat.

Pada estimasi berat badan, nilai korelasi tertinggi diperoleh dari parameter lebar kaki kiri, masing-masing sebesar 0,56 pada pria, 0,55 pada wanita, dan 0,57 pada keseluruhan subjek. Temuan ini menunjukkan bahwa lebar kaki memiliki hubungan cukup kuat dengan berat badan dan berpotensi menjadi prediktor yang andal. Untuk variabel IMT, koefisien korelasi terbaik tercatat sebesar 0,53 pada pria (LKKi), 0,41 pada wanita (LKKa), dan 0,46 pada keseluruhan subjek (LKKi), dengan kisaran 0,41–0,53 yang menandakan hubungan cukup kuat antara lebar kaki dan IMT. Secara keseluruhan, panjang kaki lebih efektif digunakan untuk memprediksi tinggi badan, sedangkan lebar kaki lebih berperan dalam estimasi berat badan dan IMT.

Tingkat keakuratan estimasi ditunjukkan oleh nilai SEE, di mana estimasi tinggi badan berdasarkan panjang kaki memiliki akurasi tertinggi, yaitu 4,120 cm (2,42%) pada pria, 3,949 cm (2,5%) pada wanita, dan 4,501 cm (2,64%) pada keseluruhan subjek. Estimasi berat badan dengan lebar kaki menghasilkan SEE sebesar 12 kg (17,39%) pada pria, 8,9 kg (14,91%) pada wanita, dan 11,79 kg (17,30%) secara keseluruhan. Adapun estimasi IMT memiliki SEE 3,95–4,07 kg/m² (15–17%). Hasil ini menunjukkan bahwa estimasi tinggi badan lebih akurat dibanding berat badan dan IMT yang lebih dipengaruhi faktor eksternal seperti pola makan. Dengan demikian, lebar kaki tetap dapat digunakan untuk estimasi berat badan dan IMT, namun dengan akurasi lebih rendah. Temuan ini konsisten dengan penelitian Ruff et al. (2021) yang melibatkan panjang, lebar, dan luas kaki dengan nilai SEE 3,97–4,79 kg/m² (7–8,4%).

Perbandingan dengan hasil penelitian lain menunjukkan bahwa analisis regresi bersifat spesifik terhadap konteks populasi, sehingga persamaan yang diperoleh dari satu populasi tidak selalu dapat diterapkan pada populasi dengan karakteristik berbeda. Hal ini terlihat dari estimasi berat badan dan IMT yang memiliki tingkat error cukup tinggi. Sebaliknya, estimasi tinggi badan menunjukkan error yang rendah, menandakan bahwa panjang kaki merupakan indikator yang lebih stabil untuk memprediksi tinggi badan karena berkaitan langsung dengan struktur tulang.

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini akan dijelaskan pada uraian berikut:

1. Dimensi telapak kaki menunjukkan adanya hubungan dengan tinggi badan, berat badan, dan IMT, yang tercermin dari nilai koefisien korelasi terbaik pada kisaran 0,52–0,71 untuk tinggi badan, 0,55–0,57 untuk berat badan, serta 0,41–0,53 untuk IMT, sehingga secara umum hubungan tersebut tergolong cukup kuat.
2. Panjang kaki memiliki potensi tinggi sebagai variabel prediktor untuk memperkirakan tinggi badan, sedangkan lebar kaki lebih efektif digunakan untuk menjelaskan variasi berat badan dan IMT.
3. Berdasarkan hasil nilai SEE, tingkat akurasi estimasi berat badan dan IMT lebih rendah dibandingkan akurasi estimasi tinggi badan.
4. Hasil perbandingan persamaan regresi dengan temuan jurnal menunjukkan bahwa estimasi tinggi badan memiliki persentase error di bawah 5%, menandakan telapak kaki merupakan indikator yang stabil untuk estimasi tinggi badan. Sementara itu, estimasi berat badan dan IMT menunjukkan error yang lebih tinggi, kemungkinan disebabkan oleh perbedaan karakteristik populasi sampel dan sifat kontekstual dari persamaan regresi.

6. Daftar Pustaka

- [1] D. Atamturk, “Estimation of Sex from the Dimensions of Foot, Footprints, and Shoe,” *Anthropologischer Anzeiger*, vol. 68, no. 1, pp. 21–29, Mar. 2010, doi: <https://doi.org/10.1127/0003-5548/2010/0026>.
- [2] H. van Beek, C. van den Pol, and J. van der Weerd, “Criminalistic zoom levels: Unravelling the hierarchy of forensic traces,” *Forensic Science International*, vol. 372, p. 112498, Jul. 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2025.112498>.
- [3] C. Cano-Trujillo, C. García-Ruiz, F. E. Ortega-Ojeda, F. Romolo, and G. Montalvo, “Forensic analysis of biological fluid stains on substrates by spectroscopic approaches and chemometrics: A review,” *Analytica Chimica Acta*, vol. 1282, p. 341841, Nov. 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2023.341841>.
- [4] N. Hemy, A. Flavel, N.-I. Ishak, and D. Franklin, “Estimation of stature using anthropometry of feet and footprints in a Western Australian population,” *Journal of Forensic and Legal Medicine*, vol. 20, no. 5, pp. 435–441, Jul. 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2012.12.008>.
- [5] T. Kanchan, K. Krishan, D. Geriani, and I. S. Khan, “Estimation of stature from the width of static footprints—Insight into an Indian model,” *The Foot*, vol. 23, no. 4, pp. 136–139, Dec. 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foot.2013.10.015>.
- [6] K. Krishan, T. Kanchan, N. Passi, and J. A. DiMaggio, “Sexual dimorphism in foot length ratios among North Indian adolescents,” *Journal of Forensic and Legal Medicine*, vol. 36, pp. 96–101, Nov. 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2015.09.007>.
- [7] R. Mukhra, K. Krishan, and T. Kanchan, “Bare footprint metric analysis methods for comparison and identification in forensic examinations: A review of literature,” *Journal of Forensic and Legal Medicine*, vol. 58, no. 1, pp. 101–112, Aug. 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2018.05.006>.
- [8] R. Mukhra, K. Krishan, M. S. Nirenberg, E. Ansert, and T. Kanchan, “Comparative analysis of static and dynamic bare footprint dimensions in a north Indian population,” *Forensic Science International*, vol. 308, p. 110169, Mar. 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110169>.
- [9] S. A. Mussabekova, X. E. Mkhitaryan, and K. R. Abdikadirova, “DOMESTIC VIOLENCE IN KAZAKHSTAN: FORENSIC-MEDICAL AND MEDICAL-SOCIAL ASPECTS,” *Forensic science international. Reports*, pp. 100356–100356, Jan. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fsisr.2024.100356>.
- [10] S. Palla and S. Anitha, “Anthropometric Examination of Footprints in South Indian Population for Sex Estimation,” *Forensic Science International: Reports*, pp. 100354–100354, Jan. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fsisr.2024.100354>.
- [11] C. B. Ruff *et al.*, “Body mass estimation from footprint size in hominins,” *Journal of Human Evolution*, vol. 156, p. 102997, Jul. 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2021.102997>.
- [12] E. C. Silva *et al.*, “3D facial anthropometry of Chilean workers and migrants: Cross-country comparisons and insights for PPE design,” *Applied Ergonomics*, vol. 128, pp. 104551–104551, May 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2025.104551>.
- [13] S. Smith-Escudero, A. Dautartas, J. R. Goliath, and S. P. Lambert, “Chaos theory and its applications in forensic anthropology,” *Forensic Science International: Synergy*, vol. 10, p. 100587, Jun. 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2025.100587>.
- [14] K. Sun and Y. Luo, “A preliminary study on the stability of bare footprint linear measurements in four motion states,” *Science & Justice*, vol. 64, no. 5, pp. 549–556, Aug. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2024.08.006>.