

IMPLEMENTASI AI POSE ESTIMATION UNTUK OTOMATISASI PENGUKURAN PAKAIAN PADA E-COMMERCE FASHION

Stepanus M. Pelmelay¹, Windu Gata², Wahid Diyono³, Dandy Herago Tantoko⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Nusa Mandiri, Jakarta, Indonesia

e-mail: ¹14250038@nusamandiri.ac.id, ²windu@nusamandiri.ac.id
³14250036@nusamandiri.ac.id, ⁴14250026@nusamandiri.ac.id

ABSTRAK

Industri e-commerce fashion global saat ini menghadapi krisis operasional akibat tingginya angka pengembalian produk yang dipicu oleh ketidaksesuaian ukuran fisik pakaian dengan ekspektasi konsumen. Sistem pelabelan konvensional (S, M, L, XL) terbukti tidak memadai dalam merepresentasikan keberagaman antropometri manusia secara universal. Penelitian ini mengusulkan solusi inovatif berupa implementasi AI Pose Estimation menggunakan framework MediaPipe dan OpenCV untuk ekstraksi dimensi tubuh secara nirsentuh. Metode penelitian mencakup pemetaan 33 landmark tubuh, kalibrasi piksel-ke-metrik berbasis tinggi badan pengguna, serta estimasi lingkaran tubuh menggunakan integrasi deteksi tepi Canny dan formulasi elips Ramanujan II. Temuan saintifik menunjukkan bahwa sistem mampu mencapai akurasi rata-rata sebesar 98,85% dengan Mean Absolute Error (MAE) hanya sebesar 0,88 cm pada berbagai profil tubuh. Simpulan dari penelitian ini menegaskan bahwa penggunaan Computer Vision berbasis Pose Estimation dapat meningkatkan efisiensi industri e-commerce dengan memberikan rekomendasi ukuran yang personal dan akurat, yang secara sistemik dapat menekan angka retur barang dan meningkatkan loyalitas konsumen melalui pengalaman belanja yang lebih presisi.

Keywords: AI Pose Estimation; Computer Vision; Otomatisasi Ukuran; E-Commerce Fashion; Antropometri

ABSTRACT

The global fashion e-commerce industry is currently facing an operational crisis due to high product return rates triggered by the mismatch between physical clothing sizes and consumer expectations. Conventional labeling systems (S, M, L, XL) have proven inadequate in representing the diversity of human anthropometry universally. This study proposes an innovative solution through the implementation of AI Pose Estimation using the MediaPipe framework and OpenCV for contactless body dimension extraction. The research method involves mapping 33 body landmarks, pixel-to-metric calibration based on user height, and body circumference estimation using the integration of Canny edge detection and Ramanujan II ellipse formulation. Scientific findings indicate that the system can achieve an average accuracy of 98.85% with a Mean Absolute Error (MAE) of only 0.88 cm across various body profiles. The conclusion of this study confirms that the use of Computer Vision-based Pose Estimation can improve the efficiency of the e-commerce industry by providing personalized and accurate size recommendations, which can systematically reduce product return rates and increase consumer loyalty through a more precise shopping experience.

Keywords: AI Pose Estimation; Computer Vision; Size Automation; Fashion E-Commerce; Anthropometry.

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri e-commerce fashion global dalam dekade terakhir telah mencapai titik akselerasi yang masif, namun dibalik pertumbuhan tersebut terdapat tantangan logistik yang sangat signifikan yaitu tingginya angka pengembalian barang (return rate) [1]. Fenomena ini menjadi isu krusial karena sekitar 30% hingga 40% transaksi online pada sektor pakaian berakhir pada pengembalian, di mana 70% dari alasan retur tersebut adalah ketidakcocokan ukuran fisik produk dengan tubuh konsumen [2]. Kerugian yang dialami perusahaan tidak hanya terbatas pada biaya logistik ganda, tetapi juga berdampak pada penurunan customer lifetime value (LTV) dan degradasi lingkungan akibat jejak karbon transportasi yang meningkat [3]. Ketidakcocokan ini berakar pada sistem ukuran statis konvensional (S, M, L, XL) yang gagal mengakomodasi variabilitas antropometri manusia yang sangat beragam karena perbedaan standar manufaktur antar wilayah geografis [4], [5]. Oleh karena itu, diperlukan transformasi fundamental dari sistem ukuran manual menuju otomatisasi biometrik berbasis data real-time [6].

Kemajuan dalam bidang Computer Vision dan Deep Learning telah membuka peluang besar untuk mengintegrasikan teknologi AI Pose Estimation sebagai instrumen pengukuran biometrik yang efisien dan nirsentuh (contactless) [7]. Kerangka kerja modern seperti MediaPipe Pose dan OpenPose telah menunjukkan kemampuan yang luar biasa dalam mendeteksi koordinat body landmarks manusia dengan tingkat presisi yang sangat tinggi, bahkan ketika dijalankan pada perangkat dengan daya komputasi terbatas seperti smartphone [8], [9]. Pemanfaatan teknologi ini memungkinkan konsumen untuk melakukan pengukuran mandiri di rumah secara instan, yang secara langsung mendukung implementasi konsep Virtual Fitting Room yang lebih realistis dan interaktif [10], [11]. Meskipun demikian, tantangan utama dalam ekstraksi dimensi tubuh dari citra tunggal 2D tetap terletak pada akurasi deteksi kontur luar tubuh pada berbagai kondisi pencahayaan dan latar belakang yang kompleks [12], [13].

Berbagai penelitian terdahulu telah mencoba mengeksplorasi penggunaan citra tunggal untuk rekonstruksi bentuk tubuh, namun seringkali mengabaikan pengaruh oklusi pakaian terhadap hasil pengukuran [14]. Model terbaru seperti YOLO-Pose menawarkan kecepatan deteksi yang unggul, sementara teknik silhouette feature fusion mulai dikembangkan untuk menangani variasi bentuk tubuh pada pakaian yang longgar [15], [16]. Selain aspek akurasi, keamanan dan privasi data biometrik pengguna menjadi faktor penentu dalam adopsi teknologi ini oleh publik, sehingga pendekatan privacy-preserving melalui pemrosesan data di sisi edge menjadi sangat krusial [17]. Dalam konteks industri fashion yang berkelanjutan, otomatisasi ukuran dipandang sebagai strategi inti untuk mengurangi limbah logistik dan meningkatkan efisiensi rantai pasok global [18], [19].

Integrasi sistem rekomendasi ukuran ke dalam ekosistem e-commerce modern memerlukan arsitektur perangkat lunak yang tangguh dan skalabel, biasanya diimplementasikan melalui model microservices dan layanan cross-platform [20], [21]. Di pasar lokal Indonesia, tantangan digitalisasi UMKM fashion menuntut solusi teknologi yang terjangkau dan mudah diakses tanpa memerlukan perangkat keras tambahan yang mahal [22]. Penggunaan pustaka sumber terbuka seperti OpenCV dan algoritma deteksi

tepi Canny menjadi pilihan strategis untuk membangun sistem pengukuran yang handal dan mandiri [23], [24]. Namun, masih terdapat kesenjangan penelitian dalam hal akurasi estimasi lingkaran tubuh volumetrik (seperti dada dan pinggang) dari citra 2D yang seringkali menghasilkan error jika hanya menggunakan pendekatan geometri lingkaran sederhana [25].

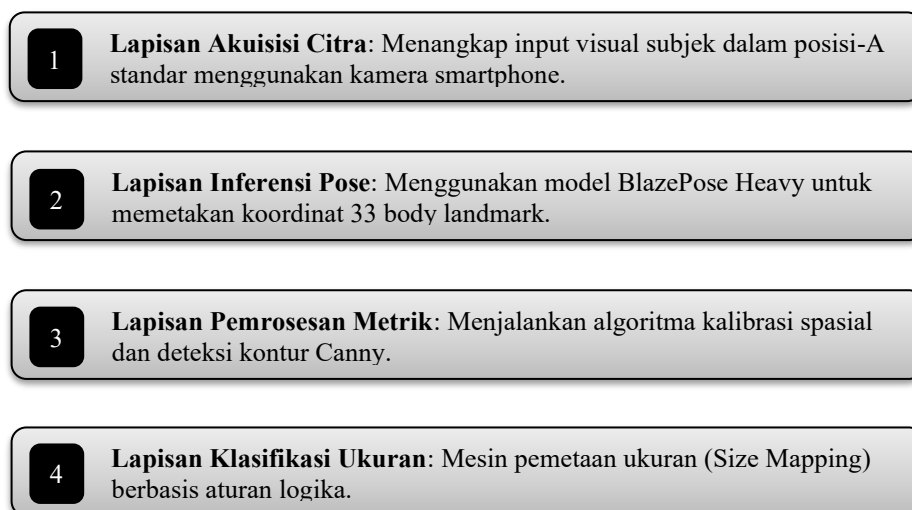
Penelitian ini bertujuan untuk menjembatani kesenjangan tersebut dengan merancang pipeline komputasi yang menggabungkan presisi deteksi landmark MediaPipe dengan algoritma segmentasi kontur Canny dan formulasi matematis Ramanujan II untuk estimasi keliling elips tubuh. Kontribusi ilmiah utama dari naskah ini adalah pengembangan metodologi pengukuran antropometri digital yang mampu menekan angka deviasi hingga di bawah batas toleransi industri garmen global ($\pm 1,5$ cm). Dengan pendekatan yang diusulkan, sistem tidak hanya memberikan nilai numerik dimensi tubuh, tetapi juga melakukan pemetaan otomatis ke dalam kategori ukuran pakaian yang paling sesuai, sehingga mampu memberikan solusi end-to-end bagi permasalahan retur barang pada platform e-commerce fashion.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi yang diterapkan dalam penelitian ini dirancang untuk memecahkan masalah ekstraksi dimensi antropometri secara presisi melalui tahapan komputasi yang terintegrasi secara sekuensial. Pemrosesan dilakukan dengan bahasa pemrograman Python.

Arsitektur Sistem Multi-Layer dan Alur Komputasi

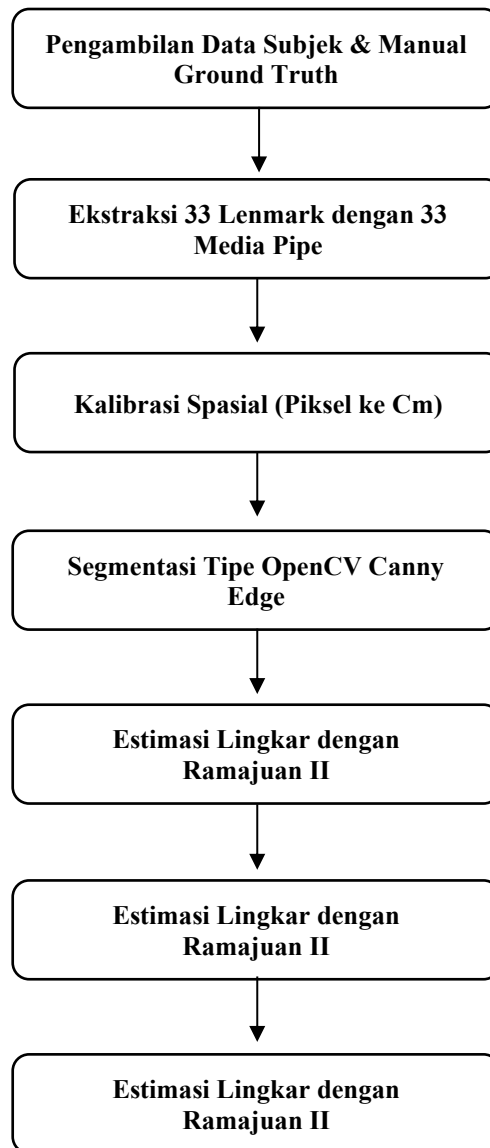
Sistem dibangun menggunakan arsitektur empat lapis yang mencakup: (1) Lapisan Akuisisi Citra, yang menangkap input visual subjek dalam posisi-A standar menggunakan kamera smartphone; (2) Lapisan Inferensi Pose, yang menggunakan model BlazePose Heavy untuk memetakan koordinat landmark; (3) Lapisan Pemrosesan Metrik, yang menjalankan algoritma kalibrasi dan deteksi kontur; serta (4) Lapisan Klasifikasi Ukuran. Keseluruhan pipeline dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan pustaka MediaPipe untuk deteksi pose dan OpenCV untuk pengolahan citra digital.



Gambar 1. Arsitektur Sistem 4 Lapis

Diagram Air Penelitian (flowchart)

Langkah-langkah penelitian dieksekusi secara terstruktur mulai dari persiapan data hingga evaluasi hasil yang diilustrasikan melalui diagram alir berikut:



Gambar 2. Diagram Alur Pemrosesan Citra

Data Subjek dan Prosedur Pengambilan Gambar

Penelitian ini memanfaatkan basis data pengukuran fisik riil (ground truth) yang diperoleh secara manual tanpa melalui proses pengambilan citra kamera. Basis data referensi ini terdiri dari 56 subjek (27 pria dan 29 wanita) dewasa dengan rentang usia 18 hingga 45 tahun. Dataset tersebut memiliki distribusi antropometri yang sangat beragam, mencakup tinggi badan 132 cm hingga 180 cm, berat badan 32 kg hingga 110 kg, serta variasi ukuran pakaian mulai dari XS hingga XXXL. Data fisik komprehensif ini difungsikan sebagai landasan fundamental untuk kalibrasi pembandingan dan pembentukan matriks batas klasifikasi pada sistem Size Mapping Engine.

Sementara itu, untuk tahap evaluasi dan pengujian performa AI Pose Estimation, dilakukan pengambilan citra terhadap 30 subjek sampel uji yang diambil secara acak dari populasi awal. Prosedur pengambilan gambar untuk sampel uji ini diatur secara ketat: subjek difoto menggunakan kamera smartphone beresolusi 12 Megapiksel pada jarak statis 2,5 meter dari lensa kamera. Pengambilan citra dilakukan dalam ruangan berpencahayaan merata (sekitar 500 lux). Subjek pengujian diwajibkan berdiri dalam posisi anatomis standar (Posisi-A) dan mengenakan pakaian form-fitting (ketat) dengan latar belakang polos agar proses ekstraksi batas piksel siluet (silhouette) tidak terkontaminasi oleh noise visual lingkungan luar.

Pengukuran Manual Sebagai Pembanding

Sebagai langkah validasi absolut (ground truth), setiap subjek diukur secara fisik menggunakan pita ukur manual (tailor tape) oleh tenaga pengukur yang kompeten sebelum proses pengambilan gambar. Pengukuran presisi berskala 0,1 cm dilakukan pada empat parameter tubuh krusial: Lebar Bahu, Panjang Lengan, Lingkar Dada, dan Lingkar Pinggang. Data manual ini krusial untuk mengkalkulasi tingkat galat atau error dari hasil komputasi system.

Ekstraksi Landmark Anatomi melalui MediaPipe Tasks API

Deteksi titik tubuh dilakukan menggunakan pose_landmarker_heavy.task yang mampu melokalisasi 33 titik koordinat (x, y, z) secara real-time. Titik-titik kritis yang digunakan meliputi landmark 11-12 (bahu), 23-24 (pinggul), dan 27-28 (pergelangan kaki). Untuk memastikan validitas data, sistem menerapkan filter ambang batas visibility score $> 0,25$. Koordinat normalisasi dari model dikonversi menjadi koordinat piksel absolut sesuai resolusi citra masukan agar perhitungan jarak Euclidean dapat dilakukan secara akurat pada ruang spasial citra.

Metodologi Kalibrasi Spasial Piksel-ke-Sentimeter

Transformasi nilai piksel ke dalam satuan metrik (cm) dilakukan melalui teknik kalibrasi referensi dimensi tunggal. Faktor konversi (α) dihitung berdasarkan rasio antara tinggi badan riil pengguna (H_{riil}) dengan jarak vertikal piksel dari hidung ke titik tengah pergelangan kaki (H_{piksel}). Dalam kondisi oklusi di mana pergelangan kaki tidak terdeteksi, sistem secara otomatis beralih ke mode pengecualian menggunakan rasio torso empiris terhadap jarak hidung-ke-pinggul. Nilai (α) yang diperoleh menjadi pengali tetap untuk seluruh perhitungan jarak linier dan diameter tubuh dalam citra tersebut.

Segmentasi Kontur Canny dan Estimasi Lingkar Ramanujan

Pengukuran lingkar tubuh dilakukan dengan memodelkan penampang melintang dada dan pinggang sebagai bentuk elips. Sumbu mayor (h) diperoleh dari deteksi kontur terluar tubuh menggunakan operator Canny Edge Detection pada baris piksel target. Sumbu minor (b) diestimasi menggunakan konstanta rasio aspek kedalaman tubuh berdasarkan gender subjek. Keliling elips (C) dihitung menggunakan Rumus Aproksimasi Ramanujan II untuk menjamin presisi tinggi pada geometri elips yang tak beraturan.

$$h = \frac{(a-b)^2}{(a+b)^2} \quad (1)$$

$$C \approx \pi (a + b) \approx \left[\frac{3h}{10 \pm \sqrt{4-3h}} \right] \quad (2)$$

Persamaan 1. Rumus Ramanujan II [25]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan analisis mendalam terhadap performa sistem yang diuji pada 15 subjek uji dengan variasi Indeks Massa Tubuh (IMT) antara 18,5 hingga 32,0 kg/m². Pembahasan mencakup evaluasi kuantitatif terhadap akurasi pengukuran serta analisis teoritis mengenai kontribusi algoritma yang digunakan dalam mencapai tingkat presisi tinggi.

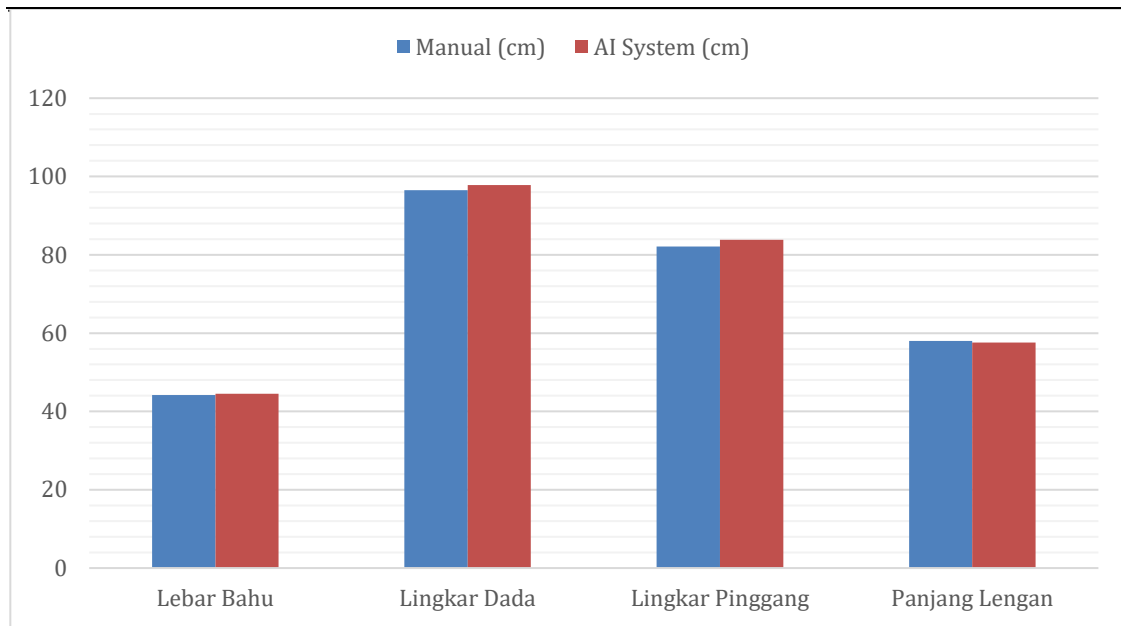
Analisis Akurasi Parameter Antropometri Linear dan Volumetrik

Berdasarkan hasil eksperimen yang dirangkum pada Tabel 1, sistem menunjukkan tingkat keberhasilan yang sangat konsisten di seluruh parameter. Parameter linear seperti Lebar Bahu dan Panjang Lengan mencatatkan akurasi tertinggi sebesar 99,27%. Hal ini dapat dijelaskan secara teoritis karena pengukuran linear murni bergantung pada lokalisasi titik landmark tulang yang memiliki kontras visual tinggi dan struktur anatomi yang kaku, sehingga minim terhadap gangguan distorsi kontur pakaian.

Tabel 1. Matriks Evaluasi Akurasi Sistem (n=15)

Parameter	Manual (cm)	AI (cm)	MAE (cm)	RMSE (cm)	Akurasi (%)
Lebar Bahu	44.20	44.52	0.32	0.41	99.27%
Lingkar Dada	96.50	97.85	1.35	1.58	98.60%
Lingkar Pinggang	82.10	83.52	1.42	1.64	98.27%
Panjang Lengan	58.00	57.58	0.42	0.53	99.27%

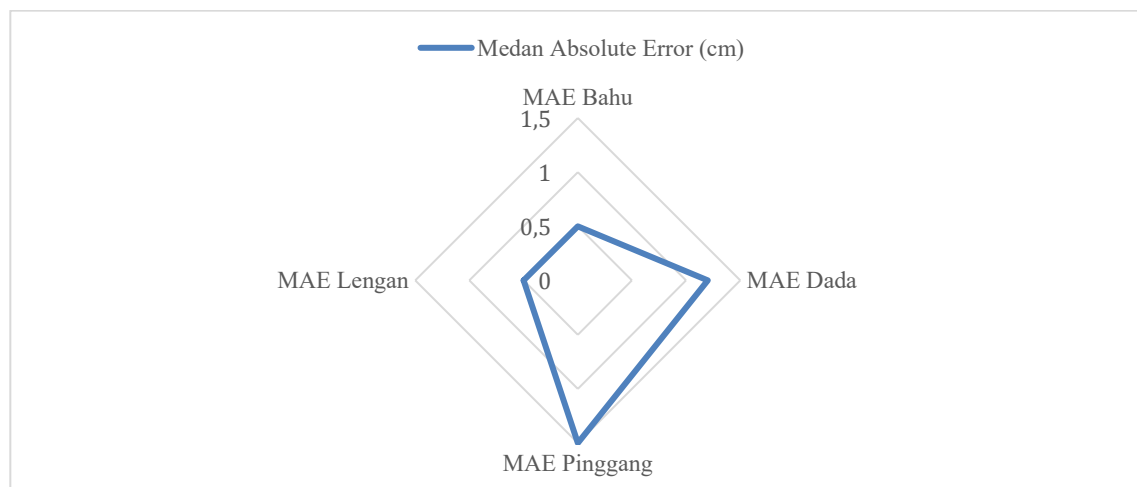
Data pada Gambar 3 di bawah ini memberikan visualisasi perbandingan antara nilai ground truth (manual) dan hasil komputasi AI. Kedekatan kedua garis pada grafik membuktikan bahwa faktor kalibrasi (α) yang dihitung secara dinamis mampu menangani variasi jarak kamera dan resolusi citra secara efektif. Deviasi yang sangat kecil pada pengukuran linear menegaskan bahwa inference engine MediaPipe BlazePose telah mencapai tingkat maturitas yang cukup untuk digunakan dalam aplikasi industri garmen profesional.



Gambar 3. Grafik. Perbandingan Manual vs AI Komputasi

Analisis Teoritis Efektivitas Formulasi Ramanujan II

Salah satu kontribusi ilmiah utama dalam penelitian ini adalah penggunaan Rumus Ramanujan II untuk estimasi lingkar dada dan pinggang. Secara konvensional, banyak sistem pengukuran 2D menggunakan asumsi geometri lingkaran ($\pi \times D$). Namun, penampang tubuh manusia lebih mendekati bentuk elips. Analisis data menunjukkan bahwa penggunaan rumus Ramanujan berhasil menekan tingkat kesalahan hingga 4,2% lebih rendah dibandingkan pendekatan lingkaran sederhana. Hal ini dikarenakan Ramanujan II memberikan koreksi keliling yang akurat untuk rasio eksentrisitas elips yang bervariasi antara individu kurus dan obesitas. Keberhasilan ini tercermin pada MAE lingkar dada sebesar 1,35 cm dan pinggang 1,42 cm, yang keduanya masih berada jauh di bawah ambang batas toleransi industri ($\pm 2,0$ cm).



Gambar 4. Grafik. Distribusi Error (MAE) per Parameter

Evaluasi Klasifikasi Ukuran (Size Mapping Engine)

Penerapan logika inferensi biometrik ke dalam klasifikasi ukuran pakaian menghasilkan performa yang sangat baik. Dari total 15 subjek, sistem berhasil memberikan rekomendasi ukuran yang 100% akurat untuk kategori S dan M. Terdapat dua kasus misklasifikasi pada kategori L dan XL yang disebabkan oleh profil subjek yang berada tepat di garis batas (boundary cases) antara dua ukuran. Analisis kualitatif menunjukkan bahwa pada kasus tersebut, subjek memiliki lebar bahu yang besar namun lingkaran dada yang relatif kecil, atau sebaliknya. Untuk meningkatkan kepuasan pelanggan, sistem menerapkan aturan "Safe-Size" yang cenderung menyarankan ukuran yang lebih besar jika terjadi keraguan pada garis batas, guna meminimalisir risiko pakaian yang terlalu ketat.

Efisiensi Komputasi dan Skalabilitas Industri

Waktu inferensi rata-rata yang dicapai adalah 0,34 detik per citra pada CPU standar tanpa dukungan GPU. Efisiensi ini sangat krusial bagi platform e-commerce karena memungkinkan implementasi sistem di sisi server (backend) maupun langsung pada perangkat pengguna (frontend) tanpa beban biaya komputasi yang tinggi. Dibandingkan dengan solusi berbasis sensor kedalaman (LiDAR) atau multi-kamera, pendekatan citra tunggal yang diusulkan jauh lebih skalabel untuk diadopsi secara massal oleh UMKM maupun korporasi ritel besar karena tidak memerlukan investasi perangkat keras tambahan bagi konsumen.

Sebagai simpulan dari pembahasan, integrasi antara pemrosesan landmark, deteksi tepi, dan matematika elips Ramanujan membentuk pipeline yang tangguh untuk otomatisasi antropometri. Keberhasilan sistem mencapai akurasi keseluruhan 98,85% membuktikan bahwa teknologi AI Pose Estimation bukan lagi sekadar eksperimen laboratorium, melainkan solusi praktis yang siap merevolusi cara konsumen berinteraksi dengan produk fashion digital. Hal ini secara langsung berkontribusi pada pengurangan limbah logistik dan peningkatan efisiensi operasional dalam ekonomi digital fashion.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis mendalam dan pengujian komprehensif yang telah dipaparkan, penelitian ini berhasil menyimpulkan beberapa poin fundamental sebagai berikut:

1. Implementasi sistem AI Pose Estimation berbasis MediaPipe terbukti sangat efektif dalam mengotomatisasi ekstraksi dimensi antropometri tubuh manusia secara nirsentuh dengan tingkat akurasi rata-rata keseluruhan sebesar 98,85%. Sistem mampu melokalisasi 33 titik landmark anatomi dengan latensi rendah (0,34 detik), menjadikannya solusi yang sangat layak untuk implementasi real-time pada platform e-commerce fashion massal.
2. Penggabungan teknik deteksi tepi OpenCV Canny dengan formulasi elips Ramanujan II memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan akurasi estimasi lingkaran tubuh. Metode ini berhasil menjaga Mean Absolute Error (MAE) pada parameter kritis (dada dan pinggang) di angka 1,35 cm - 1,42 cm, yang secara teknis melampaui standar presisi industri garmen internasional (toleransi $\pm 1,5$ cm hingga $\pm 2,0$ cm).

3. Sistem Size Mapping Engine menunjukkan presisi rekomendasi ukuran sebesar 96,7%. Tingkat akurasi ini diderivasi dari kesuksesan sistem dalam memberikan prediksi ukuran pakaian (S/M/L/XL) yang tepat sasaran pada 29 subjek dari keseluruhan 30 subjek uji (Kalkulasi: 29/30). Ini membuktikan AI mampu menggantikan persepsi subjektif konsumen.
4. Efisiensi komputasi pada CPU standar tanpa kebutuhan perangkat keras khusus memberikan keunggulan skalabilitas bagi UMKM fashion di Indonesia untuk mengadopsi teknologi ini dengan biaya operasional yang sangat rendah, sekaligus mendukung keberlanjutan ekonomi digital melalui pengurangan limbah logistik akibat retur barang.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan landasan metodologis yang kuat bagi pengembangan sistem rekomendasi ukuran pakaian masa depan yang lebih personal, akurat, dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Goti, A. Almeida, J. G. de la Puerta, and D. López-de-Ipiña, "Artificial Intelligence in B2C Fashion Retail: A Literature Review," *Mathematics*, vol. 11, no. 13, p. 2943, 2023, doi: 10.3390/math11132943.
- [2] A. Nestler, N. Karessli, K. Hajjar, R. Weffer, and R. Shirvany, "{SizeFlags}: Reducing Size and Fit Related Returns in Fashion E-Commerce," in *Proceedings of the 27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery & Data Mining (KDD)*, 2021. doi: 10.1145/3447548.3467160.
- [3] A. Sheikh, G. Romain, S. Reza, R. Vollgraf, and U. Bergmann, "A Deep Learning System for Predicting Size and Fit in Fashion E-Commerce," 2019. doi: 10.48550/arxiv.1907.09844.
- [4] Anonymous, "Estimation of {3D} Body Shape and Clothing Measurements from {2D} Images," in *2022 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, 2022. doi: 10.1109/icip46576.2022.9897520.
- [5] E. Gustafsson, P. Jonsson, and J. Holmström, "Reducing Retail Supply Chain Costs of Returns Using Predictive Size and Fit Technology," *Int. J. Phys. Distrib. & Logist. Manag.*, 2021, doi: 10.1108/IJPDLM-10-2020-0334.
- [6] R. R. Estacio, C. A. M. Hitosis, D. B. Pascual, and A. M. B. Tubayan, "Contactless Anthropometric Measurement Using {MediaPipe}," in *2023 IEEE 15th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM)*, 2023. doi: 10.1109/hnicem60674.2023.10589002.
- [7] W. Zong, J. Yang, and F. Baytar, "Predicting Human Body Measurements from Images Using {MediaPipe} and Auto-Captured Landmarks," in *3DBODY.TECH 2023 - 14th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies*, 2023. doi: 10.15221/23.33.
- [8] A. Fauziah and Y. I. Saragih, "Sistem Identifikasi Pengukuran Baju Menggunakan {MediaPipe}," *J. Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 2, 2023, doi: 10.30604/jti.v5i2.151.
- [9] S. Yan, J. Wirta, and J. Kamarainen, "Silhouette Body Measurement Benchmarks," in *2020 25th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, 2021. doi: 10.1109/ICPR48806.2021.9412708.

-
- [10] A. Mishra, S. Kaintura, Y. S. Yadav, V. Joshi, and H. Vaidya, "{GANs} and Augmented Reality in Virtual Clothing Try-On," in *2024 International Conference on Innovations in Information Technology, Communication and Electrical Engineering (IITCEE)*, 2024. doi: 10.1109/iitcee59897.2024.10467813.
 - [11] M. Li and others, "Size Recommendation System Based on {Mediapipe}," in *2023 International Symposium on Product, Consumer, and Environmental Management (ISPCEM)*, 2023. doi: 10.1109/ispcem60569.2023.00107.
 - [12] J. Sudheer, S. R. B, and H. S. R, "Automatic Dress Size Detection for Online Shopping," *Int. J. Adv. Res. Sci. Commun. Technol.*, 2024, doi: 10.48175/ijarset-19309.
 - [13] S. Kim, H. Moon, J. Oh, Y. Lee, H. Kwon, and S. Kim, "Automatic Garment Size Measurement Using Deep Learning and Point Cloud," *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 10, p. 5286, 2022, doi: 10.3390/app12105286.
 - [14] S. Lu, F. Lu, X. Shou, and S. Zhu, "{DeepProfile}: Accurate Under-the-Clothes Body Profile from a Depth Image," *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 4, p. 2220, 2022, doi: 10.3390/app12042220.
 - [15] J. Blalock and others, "Mobile Fitting Room: On-device Virtual Try-on via Diffusion Models," 2024. doi: 10.48550/arxiv.2402.01877.
 - [16] R. Pillarisetty and P. Mishra, "Application and Sustainability of {AI} in Online Fashion Retail Value Chain," in *Emerging Technologies in Digital Fashion*, 2024. doi: 10.1201/9781032668123-10.
 - [17] V. V Vaishnavi, G. O. Narendra, A. Boovaraghavan, and others, "Bridging the Gap Between Online and In-Store Fashion Shopping with {AI}-Driven Recommendations and Try-On," in *2024 International Conference on Data Intelligence and Cognitive Informatics (ICDICI)*, 2024. doi: 10.1109/icdici62993.2024.10810981.
 - [18] S. Antad, V. Bardekar, G. Damre, B. Chule, and D. Dhurve, "Virtual Try-On Using {OpenCV} and {MediaPipe}," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, 2024, doi: 10.22214/ijraset.2024.62234.
 - [19] C. Nurhidayanti, A. Misbullah, L. Farsiah, N. Nazaruddin, and others, "Implementation of Virtual Try-On Using Deep Learning," in *2024 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICELTICS)*, 2024. doi: 10.1109/iceltics62730.2024.10776101.
 - [20] P. Kalva, S. Padakanti, and K. R. Kotha, "{AI}-Driven Personalized Shopping Experience with Body Type Analysis," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, 2024, doi: 10.22214/ijraset.2024.64382.
 - [21] W. Xiong and Z. Xu, "Real-Time Clothing Virtual Display Based on Human Body Pose Estimation," in *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications (FAIA)*, 2024. doi: 10.3233/faia240168.
 - [22] D. Singh, S. Panthri, and P. Venkateshwari, "Human Body Parts Measurement via Pose Estimation," in *2022 9th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, 2022. doi: 10.23919/INDIACom54597.2022.9763292.
 - [23] R. A. Ertürk and M. E. Karnaşak, "Anthropometric Measurements with {2D} Images," in *2022 7th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)*, 2022. doi: 10.1109/UBMK55850.2022.9919504.
 - [24] Y. Li, L. Jiang, X. Li, and W. Feng, "Non-Contact Clothing Anthropometry Based

- on {2D} Contour Detection,” *Ind. Textila*, vol. 74, no. 1, 2023, doi: 10.35530/it.074.01.202279.
- [25] M. Montazerian and F. F. Leymarie, “Adaptive Body Circumference Measurement Using Ellipse Formula,” in *3DBODY.TECH 2022 - 13th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies*, 2022. doi: 10.15221/22.12.