

Aplikasi pengukur ukuran sepatu virtual berdasarkan metode *connected component labelling*

Muhammad Yusuf Fadhlan^{1*}, Dandi Taufiqurrohman²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia

^{1*}muhammad.yusuf.ttel410@polban.ac.id, ²danditaufig@gmail.com

ABSTRAK

Pada saat ini perkembangan nilai ekonomi di sektor industri kreatif semakin meningkat. Perkembangannya sangat pesat salah satunya dari industri sepatu, konsumsi sepatu khususnya di Indonesia akan terus tumbuh seiring dengan meningkatnya daya beli masyarakat terhadap pembelian sepatu, namun masyarakat memiliki kekhawatiran saat membeli sepatu melalui *e-commerce*, karena takut ukuran sepatu tidak cocok pada kaki, aplikasi ini dibuat agar kedepannya semua orang tidak perlu khawatir untuk memesan sepatu di *e-commerce* karena aplikasi *fitting* sepatu ini bisa diakses secara *online* serta hasil berupa panjang, lebar, referensi ukuran kaki dan tipe kaki pengguna. *OpenCV* digunakan untuk pemrosesan citra menggunakan algoritma *Connected Component Labeling*, ukuran kaki kemudian akan diukur menggunakan rasio piksel antara objek kertas A4 dan kaki. Hasil menunjukkan sistem yang baik jika percobaan dilakukan sesuai dengan instruksi yang telah dibuat, kesalahan berkisar di bawah 3%. Waktu pemrosesan satu kali memakan waktu rata-rata 1 detik.

Kata kunci: *e-commerce*, *fitting* sepatu, *connected component labelling*, aplikasi, pengolahan citra digital

ABSTRACT

Currently, the economic value in the creative industry sector is experiencing significant growth. One of the rapidly growing industries is the footwear industry. The consumption of shoes, especially in Indonesia, is expected to continue to increase along with the rise in purchasing power of the population. However, people have concerns when buying shoes through *e-commerce* platforms, as they are worried about the fit of the shoes on their feet. To address this issue, this shoe fitting application is developed to alleviate the concerns of individuals when purchasing shoes online. The application can be accessed online and provides measurements such as length, width, reference shoe size, and foot type for users. *OpenCV* is used for image processing using the *connected component labelling* algorithm, and the foot size is measured using the pixel ratio between the A4 paper object and the foot. The results demonstrate a well-functioning system when the experiments are conducted according to the established instructions, with errors ranging below 3%. The average processing time for a single measurement is approximately 1 second.

Keywords: *e-commerce*, shoe fitting, *connected component labelling*, application, digital image processing

1. PENDAHULUAN

Pandemi COVID-19 telah mengubah banyak aspek dalam kehidupan manusia, termasuk cara orang berbelanja. Sejak awal pandemi, banyak orang beralih dari berbelanja *offline* menjadi online untuk menghindari kerumunan dan membatasi interaksi fisik dengan orang lain. Selain itu, adanya kebijakan *lockdown* dan pembatasan sosial juga membuat orang sulit untuk berbelanja secara konvensional. Salah satu contoh dari perubahan ini terlihat dalam belanja produk *fashion*. Sebelum pandemi, kebanyakan orang lebih memilih untuk membeli pakaian dan aksesoris secara *offline*, seperti di toko-toko *fashion* atau pusat perbelanjaan. Namun, dengan adanya pandemi, belanja *online* menjadi alternatif yang lebih aman dan nyaman. Banyak toko *online fashion* yang memanfaatkan situasi ini dengan menawarkan berbagai jenis produk dan layanan pengiriman yang lebih cepat dan efisien [1].

Secara keseluruhan, pandemi COVID-19 telah membawa dampak signifikan pada cara orang berbelanja. Kebutuhan untuk meminimalkan kontak fisik dengan orang lain mendorong pergeseran dari berbelanja *offline* menjadi *online*. Hal ini terlihat dalam banyak sektor, termasuk dalam belanja

produk fashion seperti sepatu. Meskipun begitu, ada beberapa tantangan terkait dengan perubahan ini, salah satunya adalah mengenai masalah pemilihan ukuran produk tersebut. Walaupun kemudahan berbelanja lewat platform online sudah bisa dinikmati, namun kesalahan pembelian karena ukuran yang ternyata berbeda kerap kali terjadi. Berbeda dengan berbelanja offline yang memungkinkan pembeli untuk mencoba ukuran sepatunya terlebih dahulu, berbelanja lewat e-commerce memaksa pembeli untuk mengira-ngira ukuran sepatu yang harus dibelinya. Oleh karena itu, fitur pengukuran sepatu yang bisa dilakukan secara mandiri di rumah sangat dibutuhkan untuk meminimalisir kesalahan pembelian seperti yang dijelaskan sebelumnya [2]. Menurut laporan dari ResearchAndMarkets.com, pasar teknologi pengukuran ukuran sepatu *virtual* di seluruh dunia diperkirakan akan tumbuh dengan laju tinggi dalam beberapa tahun ke depan. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya popularitas *e-commerce* dan permintaan konsumen untuk pengalaman belanja *online* yang lebih baik [3]. The Jakarta Post juga menuliskan bahwa teknologi pengukuran sepatu *virtual* dianggap sebagai solusi untuk masalah ukuran sepatu yang sering dialami oleh konsumen dalam belanja online. Para pelaku industri fashion dan *e-commerce* semakin menyadari urgensi dari pembuatan aplikasi pengukuran sepatu *virtual* untuk memberikan pengalaman belanja *online* yang lebih baik bagi konsumen [4].

Banyak penelitian telah dilakukan untuk memperbaiki akurasi dan keandalan teknologi pengukuran sepatu *virtual*. Beberapa penelitian fokus pada pengembangan algoritma pengukuran yang lebih canggih, sementara yang lain mencoba untuk memperbaiki metode pengambilan gambar dan pemrosesan citra. Meskipun masih ada beberapa kendala teknis yang harus diatasi, penelitian ini menunjukkan bahwa pembuatan aplikasi pengukuran sepatu *virtual* menjadi semakin mungkin [5]. Sebelumnya, dilakukan penelitian tentang *image* dan konfigurasi piksel menggunakan metode *connected component labelling* untuk menentukan panjang atau jarak suatu objek. Salah satu contoh penelitian serupa adalah penerapan metode *connected component labelling* (CCL) untuk pengukuran dimensi lubang jalan aspal berbasis citra digital. Dalam penelitiannya, beberapa metode diimplementasikan, yaitu Otsu Thresholding, Canny Edge Detection, Sobel Detection, dan Laplacian. Dari hasil penelitian, metode Otsu menunjukkan kinerja terbaik dengan rata-rata error sebesar 15,7%, sementara metode Sobel Detection menunjukkan rata-rata error sebesar 21,6%. Sedangkan dua metode lainnya tidak dapat diimplementasikan karena memiliki error yang besar dan hasil pengujian yang tidak valid [6]. Riset lain yang dilakukan menggunakan tiga sensor ultrasonik yang berbeda fungsinya, satu untuk mengukur panjang kaki dan dua untuk mengukur lebar kaki. Komponen elektronik tersebut diprogram menggunakan bahasa pemrograman Python dan hasil pengujian menunjukkan rata-rata kesalahan pengukuran panjang 0,07% dan lebar 0,71% [7].

Penelitian lain merancang dan mengimplementasikan aplikasi *Internet of Things* (IoT) untuk fitting baju *virtual* menggunakan pengolahan citra dengan metode *euclidean distance*. Aplikasi ini dapat digunakan secara mobile sehingga pengguna dapat mengukur lebih fleksibel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan citra menghasilkan error yang relatif kecil jika citra dalam kondisi rapi dan tidak ada lekukan, serta pencahayaan yang cukup, dengan error hanya sebesar 2-8%. Namun, jika citra dalam kondisi buruk dan pencahayaan kurang memadai, error bisa mencapai 20 hingga 90% [8]. Kemudian penelitian lainnya menggunakan metode regresi linear untuk memprediksi lebar referensi dan panjang referensi dengan menggunakan data foto kaki 3D yang diambil menggunakan kamera RGB-D. Penelitian tersebut melakukan pengujian pada satu kaki untuk merekomendasikan ukuran sepatu pada dua manufaktur yang memiliki standar ukuran sepatu yang berbeda [9]. Penelitian di bidang *virtual fitting* ukuran sepatu juga mencoba untuk memperbaiki proses desain sepatu dengan menggunakan teknologi pemodelan 3D. Teknologi pemodelan 3D memungkinkan para desainer sepatu untuk membuat prototipe sepatu yang lebih cepat dan akurat. Penelitian ini juga mencoba untuk mengembangkan teknologi *virtual fitting* yang lebih interaktif, dengan memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan desain dan warna sepatu sesuai dengan preferensi mereka [10]. Selain itu, penelitian di bidang *virtual fitting* ukuran sepatu juga mencoba untuk mengatasi masalah perbedaan ukuran kaki antar individu. Menurut sebuah artikel, teknologi pemrosesan citra dan *machine learning* dapat digunakan untuk membuat model kaki pengguna yang lebih akurat, sehingga aplikasi pengukuran sepatu *virtual* dapat memberikan rekomendasi ukuran yang lebih tepat. Beberapa penelitian juga telah mencoba untuk mengintegrasikan data pengukuran dari aplikasi pengukuran sepatu *virtual* dengan data pengukuran dari alat pengukur kaki tradisional, sehingga memungkinkan pembuatan model kaki yang lebih akurat [11].

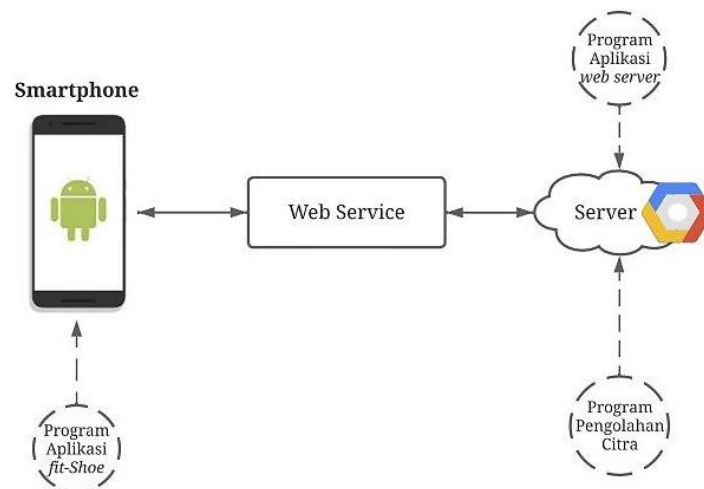
Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, diusulkan sebuah penelitian dalam pembuatan aplikasi IoT untuk fitting sepatu dengan menggunakan metode *connected component labelling*. Pengukuran ukuran sepatu dilakukan dengan menghitung panjangnya dari kaki bagian belakang (tumit) hingga ujung kaki bagian depan. Aplikasi ini akan menggunakan REST API sebagai jalur komunikasi antara *smartphone* Android dan *laptop*, dengan harapan dapat memberikan akurasi pengukuran yang tinggi dan kecepatan pemrosesan yang cepat.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Cara Kerja Keseluruhan

Setelah mempelajari beberapa studi literatur pada bab sebelumnya, penulis memperoleh pemahaman tentang sistem-sistem yang telah dibuat, termasuk cara kerja, kelebihan, dan kekurangannya. Selanjutnya, penulis mengevaluasi fungsi dan kegunaan metode yang digunakan dalam penelitian tersebut, terutama metode CCL untuk perhitungan jarak pada objek yang telah diberi label. Berdasarkan pemahaman ini, penulis merancang dan membuat aplikasi untuk fitting sepatu virtual yang menggunakan Otsu Thresholding untuk menentukan area yang akan diukur dan CCL untuk melabeli objek yang akan diukur serta mengetahui area piksel titik terluar pada kaki dan kertas A4 untuk memulai pengukuran piksel objek.

Aplikasi *fit-Shoe* dirancang dan dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman *Python* dengan library OpenCV. Program ini digunakan untuk pengolahan citra digital dan memberikan area label yang diukur. Selanjutnya, dilakukan perbandingan antara kaki dan kertas A4 sehingga foto kaki pengguna secara otomatis akan menghasilkan ukuran kaki dan tipe kaki pengguna. Langkah selanjutnya adalah membuat aplikasi Android untuk menginputkan citra dan menampilkan hasil pengolahan citra, serta menggunakan REST API untuk jalur komunikasi antara *server* dan Android. Diagram keseluruhan dari sistem yang diusulkan terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem *fit-shoe*

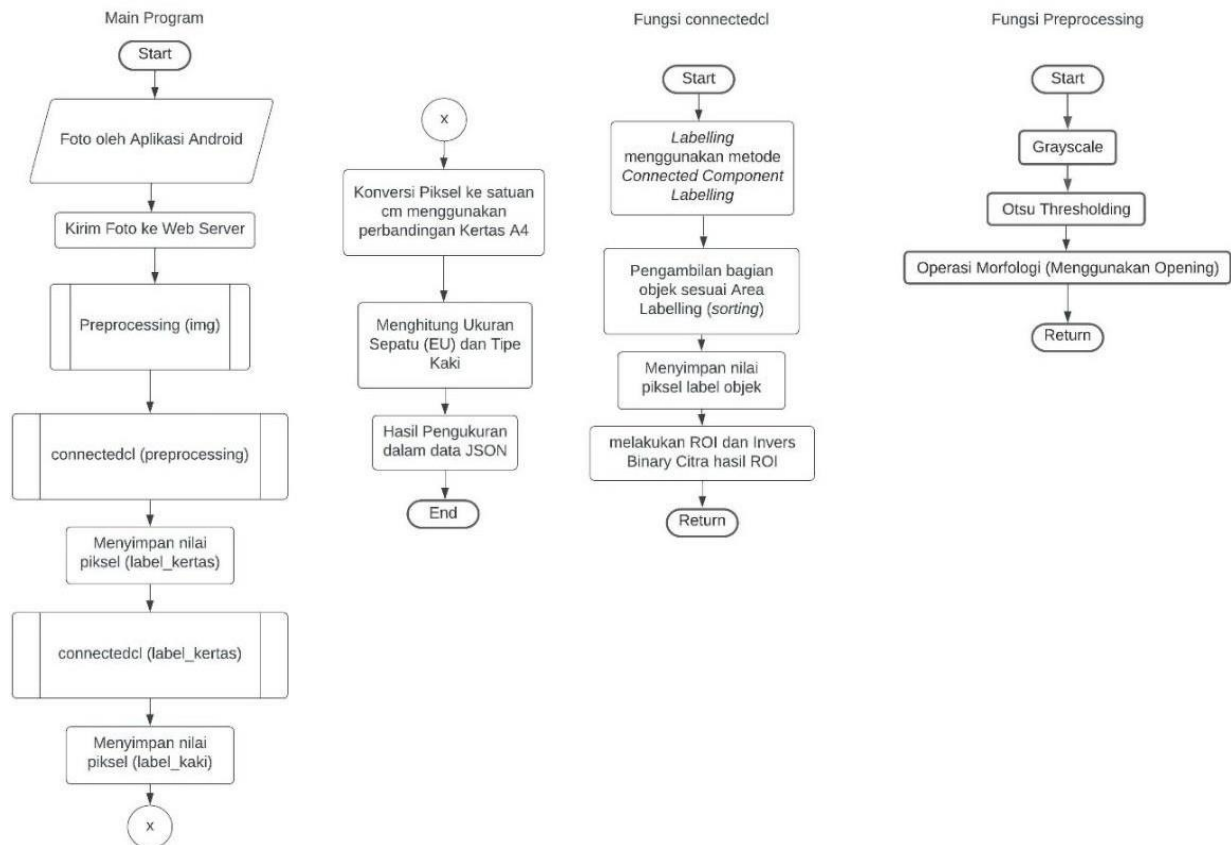
2.2 Diagram Alir Sistem Pengolahan Gambar

Pada Gambar 2 terdapat tahapan dari sistem pengolahan gambar. Langkah awal dimulai dari melakukan *preprocessing* citra dengan mengubahnya menjadi format *grayscale*. Tujuan dari langkah ini adalah mempermudah proses komputasi piksel selanjutnya. Selanjutnya, dilakukan proses segmentasi menggunakan metode Otsu Thresholding. Metode ini bertujuan untuk menentukan nilai threshold yang membagi citra menjadi daerah-daerah dengan nilai 1 atau 0, berdasarkan garis batas yang terlihat pada citra. Setelah itu, dilakukan proses morfologi citra menggunakan operasi *opening*, yang terdiri dari erosi diikuti oleh dilatasi. Langkah ini bertujuan untuk memaksimalkan hasil citra.

Selanjutnya, dilakukan proses identifikasi objek pada citra hasil morfologi menggunakan metode CCL. Metode ini akan mendeteksi dan memberi label yang berbeda untuk setiap objek yang teridentifikasi. Karena objek yang diinginkan adalah kaki, maka dilakukan pengurutan area label pada objek-objek yang teridentifikasi, dan dipilih label yang sesuai dengan objek kaki. Selanjutnya, nilai

piksel tinggi, lebar, dan koordinat (x, y) objek disimpan dalam variabel, dan dilakukan *Region of Interest* (ROI) untuk memotong citra sesuai dengan nilai piksel yang telah disimpan. Terakhir, dilakukan *invers* pada citra biner, yaitu mengubah piksel dengan nilai 0 menjadi 1 dan piksel dengan nilai 1 menjadi 0. Langkah ini akan mempersiapkan citra untuk proses pelabelan objek kaki selanjutnya.

Setelah proses pelabelan objek kertas selesai, nilai piksel dari objek kertas disimpan karena akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Selanjutnya, dilakukan pelabelan kembali menggunakan metode *Connected Component Labelling* pada objek kaki dalam citra yang telah diinvert dalam bentuk biner. Setelah dilakukan pelabelan pada objek kaki, nilai piksel tinggi dan lebar kaki disimpan untuk perhitungan ukuran kaki dan tipe kaki.

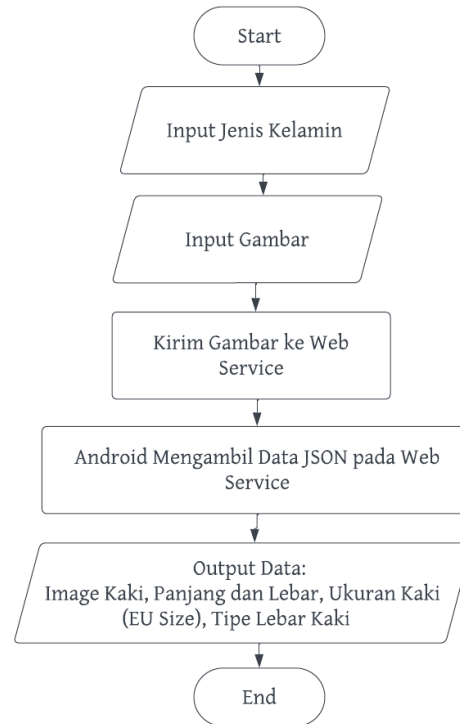


Gambar 2. Diagram alir pengolahan gambar

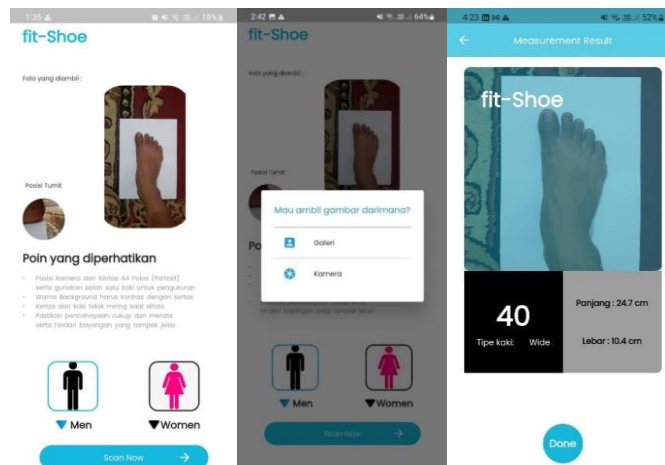
2.3 Diagram Alir Aplikasi

Pada tahapan aplikasi yang dipaparkan pada Gambar 3, proses akan dimulai dengan memasukkan jenis kelamin, yaitu antara laki-laki atau perempuan. Hal ini karena ukuran sepatu untuk laki-laki dan perempuan memiliki batasan tipe kaki yang berbeda, terutama berdasarkan lebar kaki. Selanjutnya, akan diminta foto tampak atas sesuai dengan instruksi yang telah diberikan.

Hasil gambar akan dikirim ke *web service* dan setelah sampai di *server*, akan dilakukan pengolahan. Setelah berhasil diolah, aplikasi akan mengambil data dalam bentuk JSON dari *web service*. Selanjutnya, aplikasi akan menampilkan foto kaki sebagai gambar, panjang kaki, lebar kaki hasil perhitungan virtual, ukuran kaki, dan tipe kaki yang dapat berupa "Sempit", "Normal", atau "Lebar", seperti yang dicontohkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Diagram alir aplikasi

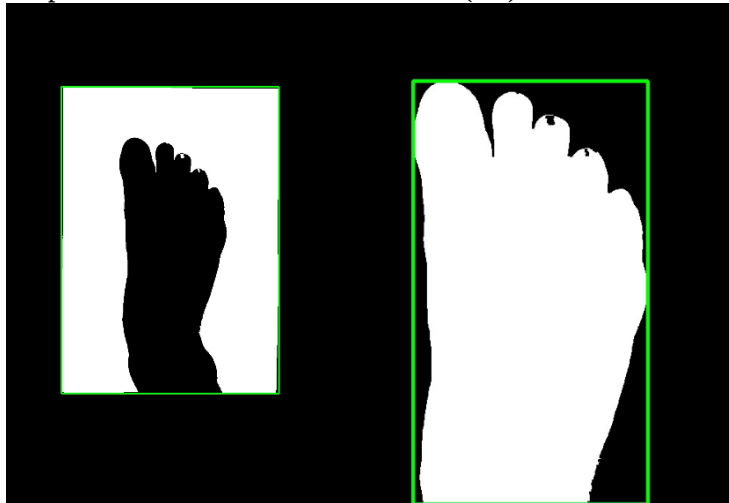


Gambar 4. Tampilan laman aplikasi

2.4 Perancangan Sistem Pengukuran

Pada sistem pengukuran, data diperoleh dari foto pengguna aplikasi *fit-Shoe* yang menampilkan pandangan atas kaki yang telah ditempatkan di atas selembar kertas A4 (orientasi potret). Pada gambar ini, fokus utama adalah kertas dan kaki. Metode *labelling* digunakan untuk mengidentifikasi kertas dan kaki, dan setiap label akan memberikan informasi tentang jumlah piksel, baik untuk panjang maupun lebar. Hasil dari pengukuran ini akan diadaptasi dengan ukuran kertas A4 standar yang

memiliki dimensi 29,7 cm x 21,0 cm. Hal ini akan menjadi nilai pembanding untuk mengonversi jumlah piksel pada setiap label ke dalam satuan centimeter (cm).



Gambar 5. *Labelling* pada kertas dan kaki

$$EU\ Size = \frac{Lf + (2 \times 6,67)}{6,67} \quad (1)$$

Keterangan: Lf = Panjang kaki dalam cm.

Hasil konversi telah mengubah piksel menjadi cm. Dari hasil panjang dan lebar kaki, digunakan rumus di atas untuk mendapatkan ukuran sepatu (EUR) [13].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem yang telah dibuat dapat beroperasi dengan baik. Pada tahap ini, akan ditampilkan hasil dari pengiriman dan penerimaan data pada sistem, hasil dari proses pengolahan citra, hasil dari pengukuran, serta persentase kesalahan dari eksperimen pengukuran yang dilakukan pada sistem yang telah dibuat.

Pengujian dilakukan terhadap 50 individu dengan variasi usia dan jenis kelamin, dengan total 75 gambar yang diuji. Beberapa dari peserta menggunakan kaki kanan sebagai objek pengukuran, sementara yang lain menggunakan kaki kiri. Data pengujian mencakup citra asli serta data yang tidak memenuhi kriteria agar dapat menguji sejauh mana model dapat mengidentifikasi objek dalam kondisi pengambilan gambar yang tidak optimal atau tidak sesuai dengan instruksi.

Parameter yang digunakan sebagai bahan pengujian adalah sebagai berikut:

- *Pre-Processing (Grayscale, Otsu Thresholding, Morfologi (Opening))*
- *Connected Component Labelling*
- Perhitungan Panjang & Lebar Kaki menggunakan Perbandingan Piksel
- Referensi ukuran dan tipe kaki

Situasi pengujian dilakukan baik di dalam maupun di luar ruangan dengan permukaan yang datar. Latar belakang harus memiliki kontras yang jelas dengan warna kertas A4, dan pastikan cahaya yang memadai tanpa adanya bayangan yang terlihat. Peralatan yang digunakan selama pengujian termasuk *smartphone* yang telah terinstal *fit-Shoe*, kertas A4, serta sehelai karton atau karpet dengan warna kontras terhadap kertas. Pengujian dilakukan dengan mengambil gambar menggunakan aplikasi *fit-Shoe* pada *smartphone Android*. Gambar yang telah diambil dikirim ke *server* untuk diolah menggunakan layanan *Virtual Machine Google Cloud Platform*.



Gambar 6. Labelling pada kertas dan kaki

Pada bagian sistem *preprocessing*, terdapat beberapa proses yang dilakukan. Pertama-tama, dari gambar asli (Gambar A), dilakukan proses *grayscale* (Gambar B). Langkah ini mengubah citra RGB menjadi citra abu-abu, di mana setiap piksel hanya mengandung satu lapisan, sehingga intensitasnya berada dalam rentang 0-255. Selanjutnya, dilakukan proses segmentasi menggunakan metode *Otsu-Thresholding* (Gambar C). Proses ini mengubah gambar abu-abu menjadi citra biner dengan nilai piksel hanya 1 dan 0, membedakan latar belakang dari objek berdasarkan nilai *Threshold* yang telah ditentukan. Langkah berikutnya adalah proses *opening* (Gambar D), yang bertujuan untuk menghilangkan objek-objek kecil dan membuat citra menjadi lebih smooth. Operasi ini digunakan untuk mengurangi *noise* pada citra biner. Dalam proses *preprocessing*, nilai piksel pada kertas akan menjadi 1, sementara objek lain akan menjadi 0. Oleh karena itu, penting bagi pengguna untuk tidak menggunakan alas di bawah kertas yang tidak memiliki kontras dengan kertas itu sendiri. Hal ini dapat mengakibatkan kesalahan dalam deteksi kertas saat proses labelling dan langkah selanjutnya tidak akan berjalan dengan benar. Selain itu, perlu dihindari adanya bayangan yang terlihat, karena bayangan dapat mempengaruhi hasil pada ujung-ujung kaki dan akhirnya menghasilkan pengukuran yang tidak akurat.

3.1 Hasil Pengujian dan Pembahasan

Pengukuran panjang dan lebar merupakan salah satu hasil dari proses pengolahan citra. Hasil pengukuran ini akan digunakan sebagai referensi untuk ukuran dan tipe kaki pengguna. Proses ini memiliki tingkat kesalahan yang rendah apabila pengguna menggunakan aplikasi sesuai instruksi. Hal ini dikarenakan pengukuran dilakukan dengan memanfaatkan koordinat panjang dan lebar dalam piksel antara kertas dan kaki, dan kemudian dibandingkan dengan panjang dan lebar kertas sebenarnya untuk mendapatkan ukuran kaki.

Namun, jika pengguna tidak mengikuti instruksi dan ketentuan yang diberikan, maka kemungkinan terjadinya kesalahan akan meningkat. Terutama jika alas di bawah kertas A4 berwarna putih atau jika terdapat bayangan yang terlihat. Hal ini dapat mengakibatkan label objek yang terbaca tidak tepat, sehingga mempengaruhi hasil pengukuran.

Berikut adalah Tabel 1 yang menampilkan beberapa hasil data pengukuran dalam piksel pada label kertas dan kaki kanan dari pengujian yang dilakukan pada 35 orang dewasa, termasuk laki-laki dan wanita. Tanda "(W)" pada keterangan citra menandakan kaki wanita.

Tabel 1. Tabel perbandingan pengukuran secara virtual dan manual serta persentase kesalahan pengukuran kaki kanan pada sistem

Citra	Hasil Pengukuran (cm)				Error panjang (%)	Error lebar (%)
	Virtual		Manual			
	Panjang	Lebar	Panjang	Lebar		
Gambar.1	27,30	10,50	27,40	10,30	0,36	1,94
Gambar.2	24,70	10,40	24,70	10,50	0,00	0,95
Gambar.3 (W)	23,60	9,10	23,70	9,10	0,42	0,00
Gambar.4 (W)	25,20	10,10	25,20	10,00	0,00	1,00
Gambar.5	24,70	10,30	24,80	10,20	0,40	0,98
Gambar.6	24,50	9,50	24,50	9,40	0,00	1,06
Gambar.7 (W)	23,50	9,00	23,60	9,20	0,42	2,17
Gambar.8 (W)	22,90	8,70	23,00	8,90	0,43	2,25
Gambar.9 (W)	21,70	9,10	22,00	9,00	1,36	1,11
Gambar.10	26,50	10,20	26,50	10,10	0,00	0,99
Gambar.11	25,20	9,30	25,20	9,40	0,00	1,06
Gambar.12 (W)	23,40	9,00	23,40	8,90	0,00	1,12
Gambar.13	24,40	10,30	24,30	10,30	0,41	0,00
Gambar.14	24,00	9,80	24,20	10,00	0,83	2,00
Gambar.15	24,90	9,70	25,00	9,50	0,40	2,11
Gambar.16	26,50	10,90	26,50	10,60	0,00	2,83
Gambar.17	25,50	10,10	25,50	9,80	0,00	3,06
Gambar.18	24,10	9,80	24,00	9,70	0,42	1,03
Gambar.19	28,20	11,10	28,20	11,00	0,00	0,91
Gambar.20	25,40	10,20	25,40	9,90	0,00	3,03
Gambar.21	24,30	9,70	24,40	9,60	0,41	1,04
Gambar.22	25,70	10,30	25,60	10,20	0,39	0,98
Gambar.23	25,20	10,30	25,30	10,10	0,40	1,98
Gambar.24	24,30	9,10	24,40	9,00	0,41	1,11
Gambar.25	27,00	10,20	27,00	10,10	0,00	0,99
Gambar.26	25,50	10,10	25,50	9,80	0,00	3,06
Gambar.27	26,50	11,00	26,50	10,80	0,00	1,85
Gambar.28	27,10	10,70	27,20	10,60	0,37	0,94
Gambar.29	27,30	11,30	27,30	11,20	0,00	0,89
Gambar.30	24,60	9,70	24,60	9,80	0,00	1,02
Gambar.31	28,00	11,00	28,00	10,90	0,00	0,92
Gambar.32	25,40	10,70	25,50	10,50	0,39	1,90
Gambar.33	26,30	10,50	26,30	10,50	0,00	0,00
Gambar.34	25,50	10,50	25,50	10,40	0,00	0,96
Gambar.35	24,90	9,80	24,80	9,80	0,40	0,00
Average					0,23	1,35

Berikut adalah Tabel 2 yang menampilkan hasil data pengukuran dalam piksel pada label kertas dan kaki kiri dari pengujian yang dilakukan pada 30 orang dewasa, termasuk laki-laki dan wanita. Sebagian orang memiliki data kaki kiri yang berbeda dengan data kaki kanan sebelumnya. Tanda "L" menandakan citra kaki kiri, sedangkan tanda "(W)" pada keterangan citra menandakan kaki wanita.

Tabel 2. Tabel perbandingan pengukuran secara virtual dan manual sertapersentase kesalahan pengukuran kaki kiri pada sistem

Citra	Hasil Pengukuran (cm)				Error Panjang (%)	Error Lebar (%)
	Virtual		Manual			
	Panjang	Lebar	Panjang	Lebar		
Gambar.1L	27,20	10,70	27,10	10,70	0,37	0,00
Gambar.2L	26,20	10,60	26,20	10,50	0,00	0,95
Gambar.3L	25,10	8,90	25,10	9,00	0,00	1,11
Gambar.4L(W)	23,00	9,00	23,00	8,90	0,00	1,12
Gambar.5L(W)	23,30	9,10	23,20	9,00	0,43	1,11
Gambar.6L(W)	23,30	9,00	23,20	9,00	0,43	0,00
Gambar.7L(W)	25,80	10,00	25,70	10,00	0,39	0,00
Gambar.8L(W)	23,80	9,30	23,90	9,50	0,42	2,11
Gambar.9L	24,90	9,80	24,70	9,90	0,81	1,01
Gambar.10L	24,30	9,80	24,50	9,90	0,82	1,01
Gambar.11L	24,20	10,10	24,50	10,00	1,22	1,00
Gambar.12L	24,20	10,40	24,40	10,20	0,82	1,96
Gambar.13L	25,20	9,50	25,10	9,50	0,40	0,00
Gambar.14L	25,80	10,80	26,00	10,60	0,77	1,89
Gambar.15L	25,30	10,10	25,40	10,10	0,39	0,00
Gambar.16L	23,70	9,60	23,80	9,80	0,42	2,04
Gambar.17L	28,20	11,40	28,20	11,20	0,00	1,79
Gambar.18L	25,40	9,60	25,40	9,80	0,00	2,04
Gambar.19L	24,70	9,70	24,30	9,60	1,65	1,04
Gambar.20L	24,50	10,10	24,60	10,30	0,41	1,94
Gambar.21L	25,00	10,10	25,20	10,10	0,79	0,00
Gambar.22L	24,50	9,20	24,50	9,40	0,00	2,13
Gambar.23L	27,10	10,50	27,20	10,70	0,37	1,87
Gambar.24L	25,40	9,90	25,40	9,80	0,00	1,02
Gambar.25L	26,50	10,50	26,40	10,50	0,38	0,00
Gambar.26L	25,70	10,30	25,60	10,30	0,39	0,00
Gambar.27L	25,70	9,60	25,70	9,60	0,00	0,00
Gambar.28L	24,70	9,60	24,50	9,50	0,82	1,05
Gambar.29L	25,40	10,60	25,60	10,60	0,78	0,00
Gambar.30L	25,40	9,70	25,50	9,90	0,39	2,02
Average					0,45	1,02

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, menggunakan data 35 gambar kaki kanan, 30 gambar kaki kiri, dan 10 gambar dengan pengambilan gambar yang tidak sesuai dengan kriteria, diperoleh beberapa temuan penting. Pada percobaan dengan data kaki kanan yang pengambilan gambar mengikuti aturan, persentase kesalahan pada perhitungan panjang berada di 0,23%, sedangkan pada perhitungan lebar kesalahan berada di 1,35%. Dengan menggunakan data kaki kiri, hasil persentase kesalahan tidak terpaut jauh dan mirip dengan kaki kanan, di mana persentase kesalahan pada perhitungan panjang berada di 0,45%, sedangkan pada perhitungan lebar didapatkan persentase kesalahan di bawah 1,02%. Dilihat dari grafik perbandingan antara pengukuran secara *virtual* (oleh sistem) dan secara manual, di mana pengambilan gambar mengikuti instruksi yang diperlukan (data kaki kanan dan kaki kiri), grafik menunjukkan bahwa panjang dan lebar yang didapatkan hampir sama, tidak lebih dari 1 cm. Hal ini membuktikan bahwa apabila instruksi diikuti dengan baik, hasil pengukuran akan memiliki persentase kesalahan yang kecil. Persentase kesalahan yang kecil pada data pengujian disebabkan oleh posisi kertas A4 yang sedikit miring atau pengambilan gambar dari sudut yang sedikit miring. Namun, pada penggunaan data yang tidak sesuai kriteria, terlihat bahwa terdapat kesalahan yang sangat besar. Hal ini terjadi karena pengabaian instruksi yang diberikan. Persentase kesalahan terbesar terjadi saat tidak menggunakan kertas A4 sebagai alas dan menggunakan warna alas (background) yang tidak kontras dengan kertas. Hal ini terjadi karena saat proses *preprocessing*, jika warnanya tidak kontras, maka background dapat memiliki nilai yang melebihi nilai *Threshold*, sehingga alas dianggap sebagai objek dengan nilai 1. Selain itu, kesalahan besar juga terjadi saat pencahayaan terlalu terang atau terlalu gelap. Hal ini terjadi karena deteksi objek kaki dan kertas hanya terlabel sebagian karena kertas dan kaki terlalu cerah atau gelap. Saat terlalu cerah, terjadi dispersi cahaya sehingga tidak semua area terdeteksi saat labeling kaki, sedangkan saat terlalu gelap, sulit untuk mengenali batas tepi objek pada label kertas maupun kaki. Terdapat juga kesalahan yang cukup besar pada perhitungan lebar dikarenakan adanya bayangan kaki yang tampak. Untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut disarankan metode *image classification* atau *segmentation* untuk mendeteksi garis tepi dari kaki yang dideteksi. Metode ini diharapkan dapat menghilangkan ketergantungan akan *background* putih A4 yang sekarang ini masih harus digunakan dalam pendeteksian oleh sistem.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya berikan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Politeknik Negeri Bandung (P3M) dan Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung.

REFERENSI

- [1] M.-S. Francisco, "Economic development and the creative," *Creative Industries Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 48-59, 2014.
- [2] S. M. P. Sahrub, "Pemaknaan Fashion Bagi Indonesia Sneakers Team Surabaya," *Jurnal Unair*, 2017. [Online]. Available: <http://repository.unair.ac.id/id/eprint/75373>.
- [3] O. Judianto and P. A. Hapsari, "Perancangan Sepatu Wanita Ready To Wear Berbahan Kertas Kraft," *Idea Jurnal Desain*, vol. 17, 2018. [Online]. Available: <https://digilib.esaunggul.ac.id/perancangan-sepatuwanita-ready-to-wear-berbahan-kertas-kraft20461.html>.
- [4] R. Duratin, "Baduma," 23 April 2021. [Online]. Available: <https://baduma.id/2021/04/23/tips-beli-sepatuonline-ala-baduma/?v=7c1f12124b9e>. [Accessed 11 Februari 24].
- [5] Y. M. N. Y. Junya Matsuki, "Shoes Recommendation System Based on Clustering of 3D Shoes Data," in *2018 International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT)*, Chiang Mai, Thailand, 2018.
- [6] R. Firdaus and M. Wicaksono, "Alat Pengukur Ukuran Kaki Untuk Pencarian Sepatu berbasis Raspberry Pi," *JBPT UNIKOM*, 2018.
- [7] Z. Firdaus, "Penerapan Metode Connected Component Labelling (CCL) Untuk Pengukuran Dimensi Lubang Jalan Aspal Berbasis Citra Digital," *Repository ITS*, Surabaya, 2018.
- [8] R. W. T. Hartono, A. W. Fauziah, M. Y. Fadhlán, Adiyatma and J. P. Tarigan, "Perancangan dan Implementasi Aplikasi IoT untuk Fitting Baju Virtual Menggunakan Pengolahan Citra Dengan Metoda Euclidean Distance," in *Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar*, Bandung, 2020.
- [9] A. Ambarwati and S. Sutarno, "Segmentasi citra digital menggunakan thresholding otsu untuk analisa perbandingan deteksi tepi," *Annual Research Seminar (ARS)*, vol. II, pp. 216-226, 2017.

-
- [10] P. W. Anggoro, A. A. Anghony, M. Tauviquirrahman, J. Jamari, and A. P. Bayuseno, "Reverse innovative design and manufacturing strategy for optimizing production time of customized orthotic insoles with CNC milling," in *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1517, pp. 12-45, 2020.
 - [11] V. Sucharita, S. Jyothi and D. Mamatha, "Evaluation digital images of penaeid prawns species using canny edge detection and otsu thresholding segmentations," *IJETCAS*, pp. 117-121, 2013.
 - [12] R. C. Gonzales and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Second Edition, Prentice Hall, 1992, pp. 519-560 & 617-621.
 - [13] "Shoe Size Conversion | Home | Shoe Size Charts for UK,US,EU,JP,FR," shoe-size-conversion.com. <https://shoe-size-conversion.com/> (accessed Apr. 03, 2024).

