

SISTEM PENGUKURAN KAKI BERBASIS PENGOLAHAN CITRA

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Jurusan Teknik Informatika



oleh :

Nama : Lestari Hadi Wigatning

No. Mahasiswa : 08523236

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2013

SISTEM PENGUKURAN KAKI BERBASIS PENGOLAHAN CITRA

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Jurusan Teknik Informatika



oleh :

Nama : Lestari Hadi Wigatning

No. Mahasiswa : 08523236

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2013

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**SISTEM PENGUKURAN KAKI
BERBASIS PENGOLAHAN CITRA**

TUGAS AKHIR



oleh :

Nama : Lestari Hadi Wigatning

No. Mahasiswa : 08523236

Yogyakarta, 24 Juni 2013

Dosen Pembimbing

(Izzati Muhimmah S.T., M.Sc., Ph.D.)

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**SISTEM PENGUKURAN KAKI BERBASIS PENGOLAHAN CITRA****TUGAS AKHIR**

oleh :

Nama : Lestari Hadi Wigatning**No. Mahasiswa : 08523236**

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu

Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Informatika

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 19 Juli 2013

Tim Penguji**Izzati Muhimmah S.T., M.Sc., Ph.D****Ketua****Taufiq Hidayat, S.T., M.CS****Anggota I****Arwan Ahmad Khoiruddin, S.Kom., M.Cs****Anggota II****Mengetahui,****Ketua Jurusan Teknik Informatika****Universitas Islam Indonesia****Yudi Prayudi S.SI., M.Kom.**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Lestari Hadi Wigatning

No. Mahasiswa : 08523236

Tugas Akhir dengan judul :

**SISTEM PENGUKURAN KAKI BERBASIS
PENGOLAHAN CITRA**

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini bukanlah hasil karya saya sendiri, maka saya akan siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikianlah pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 24 Juni 2013

Lestari Hadi Wigatning

HALAMAN PERSEMBAHAN

Teruntuk,

Abi tercinta Bapak Rahadi,

Ummi tercinta Ibu Sri Wigati,

Adik Afiifah Faa Iqoh, Ufairah Ismah, Abdul Hadi Aflah,

Keluarga besar yang selalu menanti wisuda cucu dan keponakan pertama.

MOTTO

“Tuhan tahu, tapi menunggu...” – Arai

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah rabbil 'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya kepada penulis. Tak lupa juga shalawat serta salam selalu tercurah kepada nabi Muhammad SAW yang karenanya umat islam dapat merasakan indahnya islam, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir "Sistem Pengukuran Kaki Berbasis Pengolahan Citra" ini.

Laporan Tugas Akhir ini ditulis untuk melengkapi syarat untuk mendapatkan gelar sarjana S1 pada jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Dalam pelaksanaan tugas akhir dan penulisan laporan tugas akhir ini penulis mendapat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Karenanya penulis hendak mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang selalu menyertai penulis dengan petunjuk-Nya dalam setiap langkah, memberikan kesempatan dan kesehatan selama pelaksanaan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak Rahadi dan Ibu Sri Wigati, atas dukungan dan motivasinya selalu dalam hal apapun. Serta adik-adik, Afiifah, Ismah dan Aflah yang membanggakan.
3. Bapak Ir. Gumbolo Hadi Susanto, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Yudi Prayudi, S.Si., M.Kom., selaku ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

5. Ibu Izzati Muhimmah, ST., M.Sc., PhD., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, serta masukan selama pelaksanaan tugas akhir dan penulisan laporan.
6. Dosen-dosen Teknik Informatika. Terima kasih atas semua ilmu pengetahuan dan motivasi selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman Laboratorium Informatika Terpadu Universitas Islam Indonesia, khususnya Laboratorium Komputasi dan Sistem Cerdas.
8. Para sahabat, Nisa Fitria, Winda, seluruh penghuni Kasturi yang banyak memberi semangat diperjalanan pelaksanaan tugas akhir ini. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian.
9. Seorang dokter yang telah menjadi inspirasi dan motivasi penulis selama ini.
10. Serta semua pihak yang memberi dukungan dan bantuan, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan keberkahan serta membalas semua kebaikan kalian dengan yang lebih baik. Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini tidak luput dari kesalahan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca khususnya rekan-rekan mahasiswa dalam mengembangkan ilmu pengetahuan.

Yogyakarta, 24 Juni 2013

Penulis

SARI

Salah satu bidang yang berkaitan dengan pengolahan citra adalah segmentasi atas objek dua dimensi. Teknik segmentasi warna merupakan teknik segmentasi citra yang memisahkan objek-objek sesuai dengan batas ambang atau yang lebih dikenal dengan nama *threshold*. Dengan segmentasi dapat diketahui informasi dari objek yang ada di dalam suatu citra.

Pada tugas akhir ini penulis menggunakan deteksi tepi dengan algoritma canny yang merupakan segmentasi berbasis boundary untuk memperoleh informasi anthropometri (panjang dan lebar) dari citra telapak kaki. Dari hasil deteksi tepi dapat diketahui 4 titik acuan sebagai batas kaki, mendeteksi marker dan menghitung jarak antar marker sehingga panjang dan lebar telapak kaki dapat dihitung. Objek penelitian adalah citra telapak kaki orang dewasa ≥ 17 tahun yang memakai kaos kaki khusus yang telah diberi marker berupa kancing dan diambil gambarnya dari jarak tertentu dengan kamera digital. Faktor yang mempengaruhi keakuratan hasil pengukuran adalah konsistensi jarak, posisi kaki dan sudut kamera ketika pengambilan gambar.

Hasil t-test pada data hasil pengukuran membuktikan bahwa hasil pengukuran sistem sama atau tidak berbeda secara nyata dengan hasil pengukuran secara manual dari tingkat kepercayaan kesalahan sebesar 5%. Prosentase keberhasilan seluruh proses pada sistem sebesar 80%.

Kata Kunci : deteksi tepi, algoritma canny, pengolahan citra, anthropometri, pengukuran kaki, deteksi lingkaran, pencarian titik pusat, jarak dua titik.

TAKARIR

<i>marker</i>	Penanda
<i>flowchart</i>	Diagram alir
<i>threshold</i>	Nilai ambang
<i>input</i>	Masukan
<i>output</i>	Keluaran

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
SARI	ix
TAKARIR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metodologi Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Anthropometri	6
2.1.1 Penyebab Variabilitas Anthropometric.....	6
2.2 Anatomi Kaki Manusia.....	8
2.2.1 Anthropometri Kaki Manusia untuk Perancangan Sepatu.....	10
2.3 Visi Komputer dan Pengolahan Citra	11

2.4 Definisi Citra Digital	12
2.4.1 Citra Biner (Monokrom)	12
2.4.2 Citra Keabuan	13
2.4.3 Citra Warna (True Color)	14
2.5 Segmentasi Citra Berbasis Boundary	15
2.5.1 Deteksi Tepi	16
2.5.2 Algoritma Canny	17
2.6 Model Perhitungan Panjang dan Lebar	19
2.6.1 Teori untuk Mencari 4 Titik Acuan Perhitungan	19
2.6.2 Karakteristik <i>Marker</i>	19
2.6.3 Pencarian Titik Pusat	20
2.6.4 Perhitungan Jarak antar <i>Marker</i>	20
2.7 Metode Analisis Data	21
2.7.1 Uji Linieritas dengan Analisis Regresi Sederhana	21
2.7.2 Paired Sample Test	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Data Penelitian	22
3.1.1 Objek Penelitian	22
3.1.2 Alat Penelitian	22
3.1.3 Pengaturan Pengambilan Citra	23
3.2 Analisis Kebutuhan	23
3.2.1 Analisis Kebutuhan Masukan	24
3.2.2 Analisis Kebutuhan Proses	24
3.2.3 Analisis Kebutuhan Keluaran	25
3.3 Diagram Alir	25
3.3.1 Rancangan Umum	25
3.3.2 <i>Flowchart</i> Deteksi Tepi	27
3.3.3 <i>Flowchart</i> Deteksi Posisi Jari Kaki	27
3.3.4 <i>Flowchart</i> Seleksi <i>Marker</i>	30
3.4 Desain Antarmuka	32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi	37
4.1.1 Bagian Citra Masukan	38
4.1.2 Bagian Deteksi Tepi Canny	39
4.1.3 Bagian Deteksi Batas Kaki	41
4.1.4 Bagian Deteksi <i>Marker</i>	44
4.2 Hasil Pengujian	48
4.2.1 Analisis Kesalahan Hasil Pengujian Sistem	48
4.2.2 Analisis Keberhasilan Hasil Pengujian	50
4.2.3 Analisis Regresi Sederhana	55
4.2.4 Analisis Paired Sample Test	62
4.2.5 Analisis Waktu Eksekusi Program	65
4.3 Kelebihan dan Kekurangan Sistem	67
4.3.1 Kelebihan	67
4.3.2 Kekurangan	67
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	xviii
LAMPIRAN	xix

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil Proses Gambar dengan Jarak 20 cm dari Kamera	51
Tabel 4.2	Prosentase Keberhasilan dan Kegagalan Program pada Data 1	52
Tabel 4.3	Hasil Proses Gambar dengan Jarak 40 cm dari Kamera	53
Tabel 4.4	Prosentase Keberhasilan dan Kegagalan Program pada Data 2	54
Tabel 4.5	Prosentase Keberhasilan dan Kegagalan Keseluruhan	54
Tabel 4.6	Tabel Perbandingan Hasil Panjang Sistem Jarak 20cm	55
Tabel 4.7	Tabel Perbandingan Hasil Lebar Sistem Jarak 20cm.....	57
Tabel 4.8	Tabel Perbandingan Hasil Panjang Sistem Jarak 40cm.....	59
Tabel 4.9	Tabel Perbandingan Hasil Lebar Sistem Jarak 40cm.....	61
Tabel 4.10	Tabel Perbandingan Hasil	63
Tabel 4.11	Tabel Waktu Eksekusi Pada Gambar Berjarak 20 cm	65
Tabel 4.12	Tabel Waktu Eksekusi Pada Gambar Berjarak 40 cm	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ukuran Telapak Kaki	10
Gambar 2.2	Lingkar Kaki	11
Gambar 2.3	Citra Biner	13
Gambar 2.4	Array Citra Biner.....	13
Gambar 2.5	Contoh Citra Biner	13
Gambar 2.6	Nilai Keabuan	13
Gambar 2.7	Contoh Citra Grayscale	14
Gambar 2.8	Warna RGB (Red, Green, Blue)	14
Gambar 2.9	Contoh Citra RGB	14
Gambar 2.10	Tepi Curam	16
Gambar 2.11	Tepi Landai	16
Gambar 2.12	Tepi Curam dengan Derau	17
Gambar 2.13	Contoh Citra Hasil Deteksi Tepi Canny	18
Gambar 2.14	Blok Algoritma Canny	18
Gambar 2.15	Ilustrasi 4 Titik Acuan	19
Gambar 2.16	Karakteristik Lingkaran	20
Gambar 3.1	Ilustrasi Posisi dan Jarak Kancing	22
Gambar 3.2	Ilustrasi Pengaturan Pengambilan Gambar	23
Gambar 3.3	Alur Program	26
Gambar 3.4	Flowchart Deteksi Tepi Canny	27
Gambar 3.5	Ilustrasi Penjelasan	28
Gambar 3.6	Flowchart Deteksi Posisi Jari Kaki	29
Gambar 3.7	Ilustrasi Rancangan Marker pada Kaos Kaki	30
Gambar 3.8	Flowchart Seleksi Marker	31
Gambar 3.9	Rancangan Desain Antarmuka	33
Gambar 3.10	Rancangan Antarmuka Information	35
Gambar 3.11	Rancangan Antarmuka User Guide.....	35
Gambar 3.12	Rancangan Antarmuka About Program	36

Gambar 4.1	Tampilan Awal Program	37
Gambar 4.2	Jika Input Sukses	38
Gambar 4.3	Jika Input Gagal	38
Gambar 4.4	Tampilan Masukan Citra	39
Gambar 4.5	Tampilan Memasukkan Nilai Threshold	40
Gambar 4.6	Tampilan Hasil dari Proses Canny	40
Gambar 4.7	Tampilan Keluaran Proses Deteksi Batas Kaki	41
Gambar 4.8	Ilustrasi 4 Titik Acuan	42
Gambar 4.9	Gambar Kaki Vertikal	43
Gambar 4.10	Tampilan Hasil Deteksi Marker	45
Gambar 4.11	Tampilan Info Hasil Perhitungan Jarak Marker	45
Gambar 4.12	Tampilan Hasil Akhir	46
Gambar 4.13	Menu Bar Program	46
Gambar 4.14	Menu Bar Help	46
Gambar 4.15	Tampilan Informasi	47
Gambar 4.16	Tampilan User Guide	47
Gambar 4.17	Tampilan About Program	48
Gambar 4.18	Citra yang Gagal pada Proses Deteksi Tepi	48
Gambar 4.19	Gambar dengan Objek Miring	49
Gambar 4.20	Gambar Kaki Unik	49
Gambar 4.21	Uji Linieritas Data Panjang Jarak 20cm	56
Gambar 4.22	Hasil Tabel Model Summary 1	56
Gambar 4.23	Hasil Tabel Koefisiensi Regresi 1	57
Gambar 4.24	Uji Linieritas Data Lebar Jarak 20cm	58
Gambar 4.25	Hasil Tabel Model Summary 2	58
Gambar 4.26	Hasil Tabel Koefisiensi Regresi 2	59
Gambar 4.27	Uji Linieritas Data Panjang Jarak 40cm	60
Gambar 4.28	Hasil Tabel Model Summary 3	60
Gambar 4.29	Hasil Tabel Koefisiensi Regresi 3	60
Gambar 4.30	Uji Linieritas Data Lebar Jarak 40cm	61
Gambar 4.31	Hasil Tabel Model Summary 4	62

Gambar 4.32 Hasil Tabel Koefisiensi Regresi 4	62
Gambar 4.33 Paired Sample Correlations	64
Gambar 4.34 Paired Sample Test	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi tidak lagi menjadi suatu hal yang sulit ditemukan di sekitar kita saat ini. Setiap manusia hampir melakukan segala aktifitasnya dengan bergantung pada teknologi. Teknologi komputer menjadi salah satu teknologi yang berkembang sangat pesat, yang bisa dilihat dari produknya yang berevolusi dengan cepat. Dengan kemajuan teknologi komputer tersebut diberbagai bidang, memberikan banyak kemudahan bagi kehidupan manusia.

Banyak hal yang terlihat sepele namun ternyata penting pada saat tertentu, contohnya mengetahui ukuran sepatu kita. Mungkin mudah saja untuk orang yang memiliki kaki normal untuk mengetahui ukuran kaki mereka, namun ada juga orang yang memiliki kaki berkebutuhan khusus sehingga membutuhkan cara pengukuran khusus untuk mengetahui ukuran kaki ketika akan membeli sepatu.

Kasus di atas melatarbelakangi peneliti untuk melakukan penerapan teknologi komputer pada permasalahan tersebut. Penggunaan teknologi komputer khususnya visi komputer sangat bermanfaat, contohnya dalam visualisasi ilmu kedokteran. Dari penelitian-penelitian yang sudah ada, contoh penerapan pengolahan citra untuk pengobatan adalah untuk mendeteksi sel kanker.

Salah satu bidang yang berkaitan dengan pengolahan citra adalah pengenalan pola atas objek dua dimensi. Teknik segmentasi warna merupakan teknik segmentasi citra yang memisahkan objek-objek sesuai dengan batas ambang atau yang lebih dikenal dengan nama *threshold*. Setelah objek-objek dipisahkan dengan segmentasi, proses berikutnya seperti pengenalan objek dapat dilakukan untuk mengekstrak informasi,

contohnya informasi anthropometri (ukuran tubuh manusia), yang berguna dari suatu citra.

Dengan informasi yang didapatkan dari suatu citra, penelitian ini bertujuan dapat membuat aplikasi yang dapat membantu mengetahui ukuran kaki seseorang dengan tepat, tanpa mengukur secara manual. Untuk mempermudah identifikasi objek kaki peneliti menggunakan kaos kaki yang telah dimodifikasi dengan diberi marking dalam jumlah tertentu dan jarak tertentu pada permukaannya untuk mempermudah memperoleh hitungan yang tepat untuk mengukur kaki dengan mempertimbangkan pergeseran marking. Perhitungan dibuat didasarkan dari perbandingan pergeseran marking pada kaos kaki yang belum dipakai dengan kaos kaki yang dipakai oleh beberapa sampel kaki. Identifikasi objek menggunakan teknik segmentasi tepi objek pada citra.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan pada bagian latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara memperoleh informasi anthropometri dari sebuah citra telapak kaki manusia.
2. Bagaimana menghitung pergeseran marking pada gambar untuk memperkirakan ukuran kaki manusia dari informasi yang telah diperoleh.

1.3 Batasan Masalah

1. Objek penelitian yaitu kaki orang dewasa yang berumur di atas atau sama dengan 17 tahun (≥ 17 tahun).
2. Pengukuran kaki pada satu sisi kaki yaitu bagian telapak kaki.
3. Hasil yang menjadi keluaran dari aplikasi berupa lebar dan panjang telapak kaki.
4. Gambar yang diolah memiliki kriteria tertentu :
 - Diambil dengan jarak yang sama.

- Memiliki jumlah piksel lebih kecil dari 700.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk menghasilkan sistem yang dapat membantu memperkirakan ukuran kaki manusia dengan menggunakan teknik pengolahan citra untuk mengekstrak informasi anthropometri telapak kaki dari suatu gambar 2D.

1.5 Manfaat Penelitian

Secara umum:

a. Dapat menghitung ukuran kaki manusia dengan menentukan panjang dan lebar telapak kaki untuk menemukan ukuran sepatu atau produk alas kaki lainnya dengan tepat.

b. Dapat menjadi referensi penelitian dengan subjek berkaitan dengan anthropometrik manusia lainnya.

Secara khusus : Menghitung ukuran kaki berkebutuhan khusus (difable) yang tidak dapat menyentuh tanah.

1.6 Metodologi Penelitian

Langkah yang digunakan untuk penelitian ini yaitu :

a. Studi Literatur, yaitu mengumpulkan dan mempelajari teori dan referensi penelitian terkait dengan penelitian yang akan dilakukan.

b. Pengumpulan Data, yaitu mencari, memilih dan mengumpulkan objek penelitian yaitu citra telapak kaki manusia.

c. Perancangan Perangkat Lunak, yaitu membuat rancangan antarmuka, alur jalannya program, kebutuhan masukan dan keluaran dari sistem.

d. Implementasi Perangkat Lunak, setelah melakukan perancangan terhadap alur jalannya program, antarmuka, kebutuhan masukan dan

keluaran, pada tahap ini adalah mengkomputasikan rancangan yang sudah dibuat dengan menggunakan bahasa java.

e. Pengujian dan Evaluasi, pada tahap ini sistem diuji setelah selesai dikomputasikan dan apabila ditemukan kesalahan maka sistem akan diperbaiki. Hasil keluaran dari sistem juga diuji keakuratannya dan dievaluasi kesalahannya untuk direkomendasikan untuk pengembangan sistem selanjutnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam memahami laporan tugas akhir ini maka dibuatlah suatu sistematika penulisan agar menjadi satu kesatuan yang runtut. Secara garis besar sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini berisi latar belakang yang menyebabkan munculnya kebutuhan akan hasil dari penelitian yang dilakukan, rumusan masalah, batasan masalah, materi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bagian ini membahas tentang dasar teori yang berfungsi sebagai sumber referensi dalam membangun aplikasi ini. Teori yang berkaitan dengan anthropometri kaki manusia, algoritma deteksi tepi, rumus yang digunakan dalam perhitungan yang dibutuhkan oleh sistem dalam memproses data, permodelan untuk pengujian terhadap hasil keluaran proses.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini membahas tentang data yang digunakan untuk penelitian, analisis kebutuhan proses, masukan dan keluaran, perancangan antarmuka dan jalannya program.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas tentang implementasi perangkat lunak dan hasil analisis sistem yang mencakup pengujian terhadap sistem, analisis waktu eksekusi, dan uji linieritas dengan analisis regresi sederhana untuk pemodelan terhadap hasil keluaran sistem. Pemodelan digunakan untuk pengujian Paired Sample Test untuk membandingkan pengukuran sistem dengan pengukuran secara manual.

BAB V PENUTUP

Bagian ini menguraikan kesimpulan yang merupakan rangkuman dari hasil analisis kinerja sistem yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, serta saran-saran yang perlu diperhatikan berdasarkan asumsi-asumsi yang dipakai selama melaksanakan penelitian untuk perbaikan sistem di masa mendatang.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Anthropometri

Istilah Anthropometri berasal dari kata “Anthro” yang berarti manusia dan “metri” yang berarti ukuran. Antropometri dapat dinyatakan sebagai suatu studi yang berkaitan dengan pengukuran bentuk, ukuran(tinggi, lebar), berat dan lain-lain yang berbeda satu dengan lainnya (Sutalaksana,1996). Secara definisi anthropometri menurut Stevensen adalah suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik tubuh manusia, ukuran, bentuk, dan kekuatannya.

Menurut Nurmianto(1991), anthropometri adalah satu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia, ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Anthropometri secara lebih luas digunakan sebagai pertimbangan ergonomis dalam proses perencanaan produk maupun sistem kerja yang memerlukan interaksi manusia. Data anthropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara lebih luas antara lain dalam hal perancangan areal kerja, perancangan alat kerja seperti mesin, equipment, perkakas, perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, sepatu, kursi, meja dan perancangan lingkungan fisik.

Berdasarkan hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa data antropometri akan menentukan bentuk, ukuran, dan dimensi yang tepat berkaitan dengan produk yang akan dirancang sesuai dengan manusia yang akan mengoperasikan atau menggunakan produk tersebut (Nurmianto,2003).

2.1.1 Penyebab Variabilitas Anthropometrik

Perbedaan antara satu populasi dengan populasi yang lain adalah dikarenakan oleh faktor-faktor sebagai berikut (Nurmianto, 2004) :

a. Keacakan

Walaupun telah terdapat dalam satu kelompok populasi yang sudah jelas sama jenis kelamin, suku atau bangsa, kelompok usia dan pekerjaannya, namun masih ada perbedaan yang signifikan antara berbagai macam masyarakat. Distribusi frekuensi secara statistik dari dimensi kelompok anggota masyarakat jelas dapat diapromasikan dengan menggunakan distribusi normal, yaitu dengan menggunakan data presentil yang telah diduga, jika rata-rata dan standar deviasi telah dapat diestimasi.

b. Jenis Kelamin

Ada perbedaan yang signifikan antara dimensi tubuh pria dan wanita. Dimensi ukuran tubuh laki-laki umumnya akan lebih besar dibandingkan dengan wanita. Oleh karenanya data anthropometri untuk kedua jenis kelamin tersebut selalu disajikan secara terpisah.

c. Suku Bangsa

Setiap suku bangsa ataupun kelompok etnik anak memiliki karakteristik fisik yang berbeda-beda satu dengan yang lainnya. Suatu contoh sederhana bahwa meningkatnya jumlah penduduk yang migrasi dari negara Vietnam ke Australia, untuk mengisi jumlah satuan angkatan kerja maka akan mempengaruhi anthropometri secara Nasional.

d. Usia

Pengelompokan usia digolongkan seperti di bawah ini :

- balita,
- anak-anak,
- remaja,
- dewasa, dan
- lanjut usia.

Hal ini sangat berpengaruh karena pada anthropometri anak-anak, akan cenderung terus meningkat sampai batas usia dewasa. Namun setelah menginjak usia dewasa, tinggi badan manusia mempunyai kecenderungan

untuk menurun yang antara lain disebabkan oleh berkurangnya elastisitas tulang belakang, berkurangnya dinamika gerakan tangan dan kaki.

e. Jenis Pekerjaan

Beberapa jenis pekerja tertentu menuntut adanya persyaratan dalam seleksi karyawan atau stafnya. Seperti misalnya, pekerja yang bekerja di dermaga/pelabuhan harus mempunyai postur tubuh yang relatif lebih besar dibandingkan dengan karyawan perkantoran pada umumnya.

Selain faktor-faktor tersebut, faktor lain yang perlu dipertimbangkan (Wignjosoebroto, 1995), seperti :

a. Pakaian

Hal ini merupakan variabilitas yang disebabkan oleh bervariasinya iklim atau musin yang berbeda dari satu tempat dengan tempat lain terutama untuk daerah dengan empat musim. Misalnya, pada waktu musim dingin manusia akan memakai pakaian yang relatif lebih tebal dan ukuran yang lebih besar.

b. Faktor Kehamilan pada Wanita

Faktor ini sudah jelas akan mempunyai pengaruh perbedaan yang berarti kalau dibandingkan dengan wanita yang tidak hamil. Terutama jika anthropometri diaplikasikan untuk analisis perancangan produk (APP) dan analisis perancangan kerja (APK).

c. Cacat tubuh Secara Fisik

Pada faktor ini, data anthropometri disini akan diperlukan untuk perancangan produk bagi orang-orang cacat seperti : kursi roda, kaki atau tangan palsu, dan lain-lain.

2.2 Anatomi Kaki Manusia

Menurut Alan E. Nourse pada bukunya yang berjudul “Tubuh”, anatomi menyajikan pandangan menyeluruh tentang struktur tubuh maupun pandangan sekilas tentang fungsinya. Tubuh manusia terdiri dari tulang dan persendian, otot, sistem pembuluh darah dan saraf, visera, jantung, paru dan otak. Tulang pada tubuh manusia sendiri dipersatukan

dengan engsel dan sendi sehingga membentuk kerangka tubuh (menara tulang).

Orang dewasa memiliki 206 tulang yang menjadi tambatan otot-ototnya dan melindungi organ vital dengan bentuk struktural yang sangat beraneka ragam, dari lempeng tulang tengkorak yang pipih sampai cincin tulang belakang yang gerowong. Tulang itu kokoh namun lentur. Pada bagian bawah (kaki) kerangka tubuh manusia terdiri dari :

1. Tulang paha (Femur)
2. Tempurung lutut (Patella)
3. Tulang kering (Tibia)
4. Tulang betis (Fibula)
5. Tulang pangkal kaki (Tarsus)
6. Telapak kaki (Metatarsus)
7. Ruas jari kaki (Phalangeus)

Otot pada tubuh manusia jumlahnya lebih dari 600 buah merupakan tali yang menarik tulang hingga memungkinkan adanya gerakan. Fungsi otot satu-satunya adalah berkontraksi. Kerja otot menarik tulang yang kurang dapat digerakkan; misalnya, otot pada batang tubuh atas menggerakkan tulang sangkar rusuk selama bernafas. Otot juga dapat menarik kulit, seperti saat kita tersenyum, mengerutkan dahi dan membuat naik-turunnya rongga badan. Otot-otot yang terdapat di kaki yaitu :

1. Berkas iliotibial (Ligamentum Iliotibialis)
2. Otot paha lurus (Rectus Femoris)
3. Otot lebar samping (Vastus Lateralis)
4. Otot semi membrane (Semimembranosus)
5. Otot paha berkepala dua (Biceps Femoris)
6. Otot penjahit (Sartorius)
7. Otot betis (Soleus)
8. Otot lebar tengah (Vastus Medialis)
9. Otot perut betis (Gastrocnemius)
10. Tendon Akhiles (Tendo Achillis)

2.2.1 Anthropometri Kaki Manusia Untuk Perancangan Sepatu

Komponen pengukuran yang perlu diperhatikan ketika mengukur kaki untuk mendapatkan sepatu yang nyaman di kaki adalah sebagai berikut :

a. Panjang Kaki

Panjang kaki merupakan komponen utama dalam menentukan ukuran sepatu. Cara mendapatkan ukurannya yaitu ukur dari ujung kaki paling panjang, hingga ujung tumit paling belakang.



Gambar 2.1 Ukuran Telapak Kaki

b. Lebar Kaki

Lebar kaki bisa di dapatkan dengan mengukur dari bagian tulang yang menonjol di bagian dalam kaki.

c. Lingkar Depan

Lingkar depan sangat dibutuhkan apabila kaki memiliki tulang kaki bagian dalam yang sangat menonjol. Ukuran di dapat dengan mengukur menggunakan meteran jahit dengan melingkar kaki bagian depan yang terdapat tulang kaki bagian dalam yang menonjol.

d. Lingkar Atas

Lingkar atas biasanya diperlukan untuk sepatu yang menutup bagian atas depan kaki.



Gambar 2.2 Lingkar kaki

e. **Tiang Belakang**

Ukuran tiang belakang dibutuhkan untuk sepatu yang menggunakan tali pergelangan dan model sepatu sling back.

f. **Lingkar Pergelangan**

Ukuran lingkar pergelangan sangat penting untuk model sepatu yang menggunakan tali pergelangan.

2.3 **Visi Komputer dan Pengolahan Citra**

Definisi pengolahan citra adalah pengolahan suatu citra dengan menggunakan komputer secara khusus, untuk menghasilkan suatu citra yang lain. Sedangkan Computer Vision dapat didefinisikan setara dengan pengertian pengolahan citra yang dikaitkan dengan akuisisi citra, pemrosesan, klasifikasi, pengakuan, dan pencakupan keseluruhan, pengambilan keputusan yang diikuti dengan pengidentifikasian citra.

Ballard dan Brown (1982) mendefinisikan Computer vision sebagai suatu kegiatan awal pengotomatisan dan pengintegrasian suatu pemrosesan dan representasi sebagai suatu persepsi visual dengan tahap-tahap tertentu.

Niblack (1986) memaparkan pengolahan citra sebagai “pengolahan citra dengan komputer”, dan kemudian definisi singkat ini ditambah dengan “dan hasil pengolahan citra tersebut juga berupa citra.” Sementara “Computer Vision melibatkan banyak teknik dari pengolahan citra dan lebih luas lagi, dalam wilayah suatu sistem yang lengkap.”

Boyle dan Thomas (1988) mendefinisikan bahwa Computer Vision lebih dari hanya sekedar *image recognition*. Mereka juga menghadirkan operasi *low level processing* sebagai suatu algoritma pengolahan citra yang dapat kita sebut *purely* yang kemudian mengkategorikan citra tersebut di dalam suatu Computer Vision.

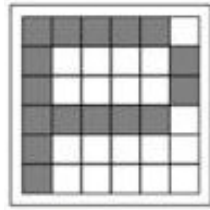
2.4 Definisi Citra Digital

Citra adalah gambar pada bidang dua dimensi. Dalam tinjauan matematis, citra merupakan fungsi kontinu dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Ketika sumber cahaya menerangi objek, objek tersebut memantulkan kembali sebagian cahaya yang diterima. Pantulan ini ditangkap oleh alat-alat pengindera optik seperti mata manusia, kamera, scanner dan sebagainya. Bayangan objek tersebut akan terekam sesuai intensitas pantulan cahaya. Ketika alat optik yang merekam pantulan cahaya itu adalah mesin digital, misalnya kamera digital, maka citra yang di hasilkan merupakan citra digital. Pada citra digital, kontinuitas intensitas cahaya dikuantisasi sesuai resolusi alat perekam. Jadi, citra digital adalah citra yang dapat diolah menggunakan komputer yang tersusun dari banyak piksel. Piksel-piksel tersebut yang diolah oleh komputer untuk diproses sesuai kebutuhan

Berdasarkan jenisnya, citra digital dapat dibagi menjadi 3 (Sutoyo, 2009), yaitu:

2.4.1 Citra Biner (Monokrom)

Citra biner merupakan citra yang hanya mempunyai dua informasi intensitas warna, yaitu hitam dan putih. Konvensi untuk menentukan intensitas warna pada citra biner bisa berbeda-beda, namun pada umumnya digunakan konvensi yang mendeskripsikan nilai 0 sebagai warna hitam dan nilai 1 atau 255 sebagai warna putih. Warna putih untuk objek depan (*foreground*) dan warna hitam untuk latar belakang (*background*).



Gambar 2.3 Citra Biner

1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1
1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0

Gambar 2.4 Array Citra Biner

Keunggulan citra biner adalah:

1. Kebutuhan memori kecil karena nilai derajat keabuan hanya membutuhkan representasi 1 bit.
2. Waktu pemrosesan lebih cepat dibandingkan dengan citra keabuan (*grayscale*).



Gambar 2.5 Contoh Citra Biner

2.4.2 Citra Keabuan

Citra grayscale yaitu citra yang setiap piksel-nya memiliki tingkat kecerahan antara nilai 0 (Hitam) sampai 255 (Putih). Citra grayscale memiliki banyak variasi nuansa abu-abu sehingga berbeda dengan citra biner atau citra hitam-putih. Nilai keabuan dapat diprosentasekan yaitu 0% berarti putih, dan 100% berarti hitam.



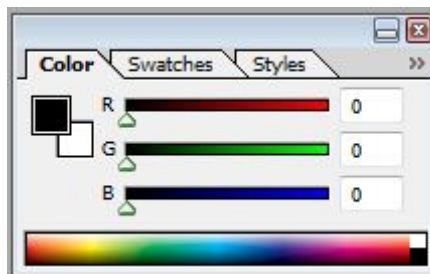
Gambar 2.6 Nilai Keabuan



Gambar 2.7 Contoh Citra Grayscale

2.4.3 Citra Warna (*True Color*)

Setiap piksel pada citra warna mewakili warna yang merupakan kombinasi tiga warna dasar, yaitu merah, hijau dan biru (RGB = Red, Green, Blue). Setiap warna dasar menggunakan penyimpanan 8 bit = 1 byte (nilai maksimum 255 warna), jadi satu piksel pada citra warna diwakili oleh 3 byte.



Gambar 2.8 Warna RGB (Red, Green, Blue)



Gambar 2.9 Contoh Citra RGB

2.5 Segmentasi Citra Berbasis *Boundary*

Segmentasi dilakukan untuk memecah gambar menjadi beberapa bagian/daerah sesuai dengan informasi yang dibutuhkan. Menurut Castleman (1996) segmentasi citra merupakan suatu proses memecah suatu citra digital menjadi banyak segmen. bagian daerah yang tidak saling bertabrakan (*non-overlapping*). Teknik segmentasi diklasifikasikan menjadi beberapa macam:

1. segmentasi warna berbasis histogram (histogram-based),
2. segmentasi warna berbasis batas (boundary-based),
3. segmentasi warna berbasis daerah (region-based),
4. dan segmentasi warna berbasis kecerdasan buatan (artificial intelligent-based)

Teknik berbasis histogram umumnya digunakan untuk segmentasi citra abu-abu. Karena citra berwarna dinyatakan dengan tiga dimensi warna (RGB). Segmentasi berbasis histogram dilakukan dengan menggabungkan tiga ambang(threshold) yang diperoleh dari setiap kanal warna. Pada teknik tresholding (pengambilan) dilakukan di setiap komponen nilai RGB untuk menjadi dasar dalam pengelompokan informasi citra dari nilai-nilai ambang yang dihasilkan.

Untuk segmentasi berbasis batas membutuhkan algoritma untuk mendeteksi batas tepi sebuah objek. Untuk segmentasi warna , dilakukan deteksi tepi pada setiap kanal warna RGB, yang hasilnya digabungkan untuk mendapatkan citra tepi akhir.

Pada teknik berbasis daerah, piksel dikelompokkan sesuai kriteria keseragaman. Contoh teknik ini adalah pertumbuhan daerah serta teknik pemisahan dan penggabungan (*split and merge*). Pada teknik pertumbuhan daerah, dilakukan pengelompokan piksel-piksel menjadi daerah yang lebih besar berdasar criteria yang sudah ditentukan. Teknik pemisahan dan penggabungan diawali dengan membagi suatu citra menjadi beberapa

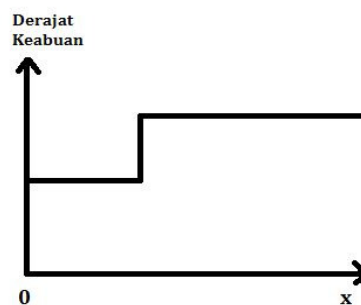
daerah dan selanjutnya menggabungkan dan/atau memisahkan daerah-daerah untuk memenuhi criteria yang sudah ditentukan.

2.5.1 Deteksi Tepi

Tepi adalah perubahan nilai intensitas derajat keabuan yang mendadak (besar) dalam jarak yang singkat. Terdapat tiga macam tepi di dalam citra digital, yaitu :

a. Tepi Curam

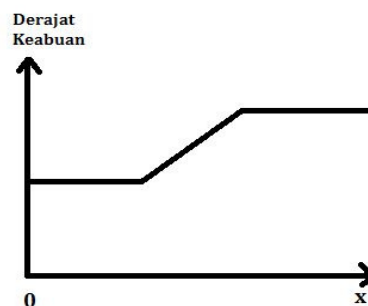
Tepi curam adalah tepi dengan perubahan intensitas yang tajam. Arah tepi berkisar 90°. Gambar 2.7 menunjukkan deteksi tepi tipe tepi curam.



Gambar 2.10 Tepi Curam

b. Tepi Landai

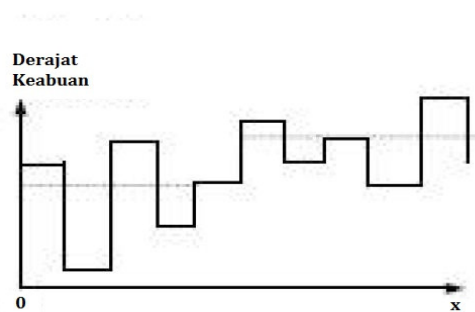
Tepi landai yaitu tepi dengan sudut arah yang kecil. Tepi landai dapat dianggap terdiri dari sejumlah tepi-tepi local yang lokasinya berdekatan. Gambar 2.8 menunjukkan deteksi tepi landai.



Gambar 2.11 Tepi Landai

c. Tepi yang Mengandung Derau

Umumnya tepi yang terdapat pada aplikasi visi komputer mengandung derau. Operasi peningkatan kualitas citra dapat dilakukan terlebih dahulu sebelum pendeteksian tepi. Gambar 2.9 menunjukkan deteksi tepi tipe curam dengan derau.



Gambar 2.12 Tepi Curam dengan Derau

2.5.2 Algoritma Canny

Deteksi tepi Canny ditemukan oleh Marr dan Hildreth yang meneliti pemodelan persepsi visual manusia. Ada beberapa kriteria pendeteksian tepian paling optimum yang dapat dipenuhi oleh algoritma Canny :

a. Mendeteksi dengan baik (kriteria deteksi)

Kemampuan untuk meletakkan dan menandai semua tepi yang ada sesuai dengan pemilihan parameter-parameter konvolusi yang dilakukan. Sekaligus juga memberikan fleksibilitas yang sangat tinggi dalam hal menentukan tingkat deteksi ketebalan tepi sesuai yang diinginkan.

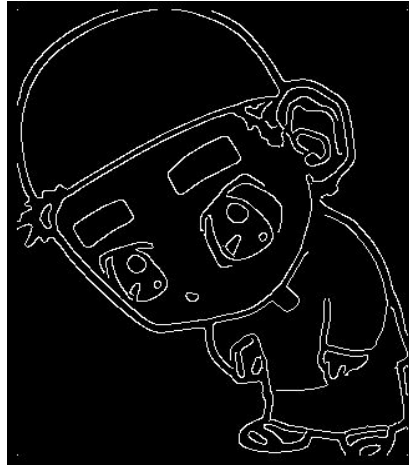
b. Melokalisasi dengan baik (kriteria lokalisasi)

Dengan metode Canny dimungkinkan dihasilkan jarak yang minimum antara tepi yang dideteksi dengan tepi yang asli.

c. Respon yang jelas (kriteria respon)

Hanya ada satu respon untuk tiap tepi. Sehingga mudah dideteksi dan tidak menimbulkan kerancuan pada pengolahan citra selanjutnya.

Pemilihan parameter deteksi tepi Canny sangat mempengaruhi hasil dari tepian yang dihasilkan. Beberapa parameter tersebut antara lain : nilai standart deviasi Gaussian dan nilai ambang (*threshold*).



Gambar 2.13 Contoh Citra Hasil Deteksi Tepi Canny

Pendekatan algoritma Canny dilakukan dengan konvolusi fungsi gambar dengan operator Gaussian dan turunan-turunannya. Turunan pertama dari fungsi citra yang dikonvolusikan dengan fungsi Gaussian,

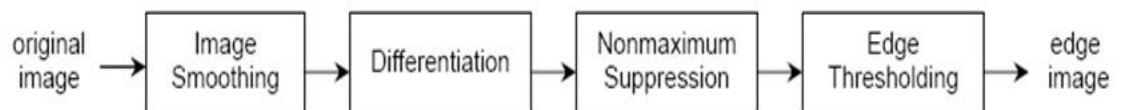
$$g(x, y) = D[\text{gauss}(x, y) * f(x, y)]$$

ekuivalen dengan fungsi citra yang dikonvolusikan dengan turunan pertama dari fungsi Gaussian,

$$g(x, y) = D[\text{gauss}(x, y)] * f(x, y)$$

oleh karena itu, memungkinkan untuk mengkombinasikan tingkat kehalusan dan pendeteksian tepi ke dalam suatu konvolusi dalam satu dimensi dengan dua arah yang berbeda (vertikal dan horizontal).

Berikut adalah diagram blok algoritma canny :



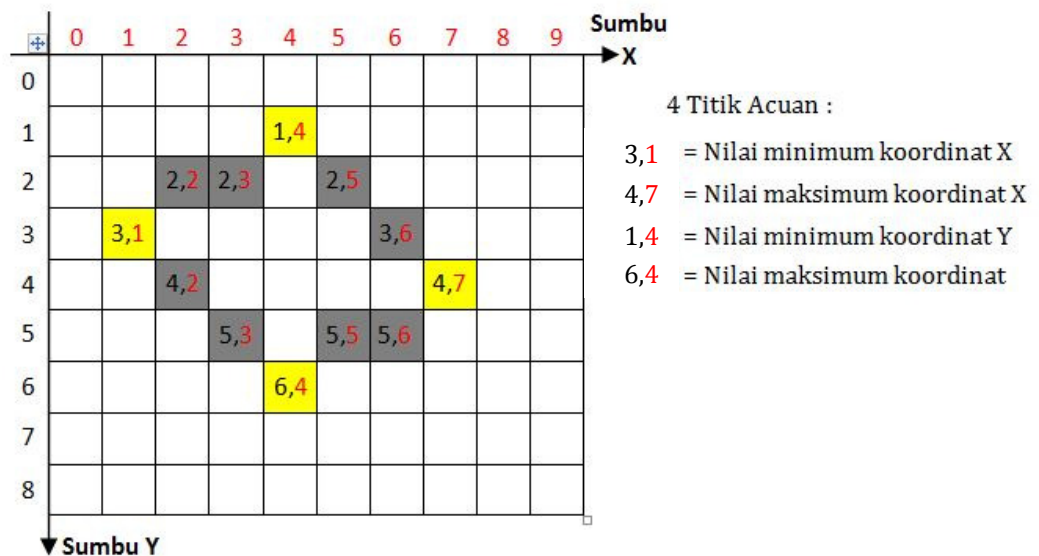
Gambar 2.14 Blok Algoritma Canny

2.6 Model Perhitungan Panjang dan Lebar

Informasi yang diperlukan untuk memperoleh perhitungan panjang dan lebar kaki antara lain mengetahui 4 titik acuan perhitungan, karakteristik marker, cara pencarian titik pusat dan cara menghitung jarak antar marker.

2.6.1 Teori untuk Mencari 4 Titik Acuan Perhitungan

Untuk proses deteksi posisi jari kaki, dibutuhkan mengetahui 4 titik acuan pada objek kaki. 4 titik tersebut diperoleh dari mengetahui nilai maksimal dan nilai minimal. Dengan sorting semua titik koordinat Y dan koordinat X pada matrik yang akan dicari nilai maksimum dan minimumnya.

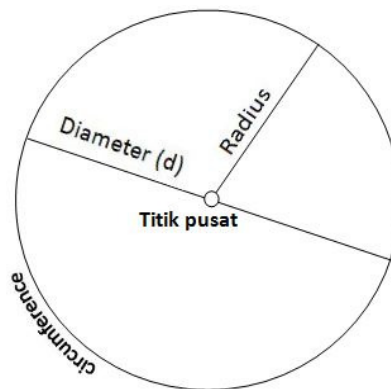


Gambar 2.15 Ilustrasi 4 Titik Acuan

2.6.2 Karakteristik Marker

Poin penting pada tugas akhir ini adalah *marker* yang akan menjadi acuan dalam menentukan ukuran kaki. Media yang digunakan untuk menjadi *marker* pada kaos kaki adalah kancing yang berbentuk lingkaran. Bentuk lingkaran ini memiliki ratio 1.0, yang maksudnya adalah lebar dan tingginya sama. Untuk membedakan bentuk bulat dengan bujur sangkar

yang sama memiliki ratio 1.0 juga, bentuk bulat memiliki diameter (d) yang menghubungkan 2 titik pada sisi permukaannya dan melalui titik pusatnya. Atau dengan kata lain, bentuk lingkaran memiliki radius atau jari-jari yang sama dan dengan diameter 2 kali panjang radius.



Gambar 2.16 Karakteristik Lingkaran

2.6.3 Pencarian Titik Pusat

Jika marker telah terdeteksi, akan diperlukan mengetahui titik pusat dari marker terdeteksi dengan mencari rata-rata koordinat titik X dan Y dari seluruh titik anggota pembentuk lingkaran yang terdeteksi sebagai marker pada proses sebelumnya dengan rumus di bawah ini,

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Yang hasil rata-rata dari koordinat X akan menjadi koordinat X untuk titik pusat. Dan hasil rata-rata dari koordinat Y akan menjadi koordinat Y untuk titik pusat.

2.6.4 Perhitungan Jarak antar *Marker*

Untuk menghitung jarak antar *marker* pada rancangan program yang diperlukan adalah mengetahui titik pusat, sehingga untuk memperoleh jarak antara 2 *marker* digunakan rumus untuk menghitung jarak antara 2 titik. Misalkan, jika mencari jarak antara titik A(x_1, y_1) dan titik B(x_2, y_2) maka rumus untuk mencari jarak kedua titik tersebut adalah,

$$AB = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

2.7 Metode Analisis Data

Analisis yang dilakukan seluruhnya menggunakan aplikasi SPSS 16.0.

2.7.1 Uji Linieritas dengan Analisis Regresi Sederhana

Linieritas adalah keadaan di mana hubungan antara variabel dependen dengan variabel independen bersifat garis lurus (linier) dalam range variabel tertentu. Jika terdapat hubungan positif pada data yang diuji, maka dapat di estimasikan ke dalam model regresi linear sederhana, yaitu :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X + \varepsilon$$

Y = Variabel dependen

X = Variabel independen

ε = Standar error

β_0 = Konstanta

β_1 = Altitude_m

2.7.2 Paired Sample Test (Uji T untuk dua sampel yang berpasangan)

Paired sample test adalah pengujian yang dilakukan untuk menganalisis perbandingan pada dua sampel berpasangan. Dua sampel yang berpasangan diartikan sebagai sebuah sampel dengan subjek yang sama namun mengalami dua perlakuan atau pengukuran yang berbeda. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah dua sampel berpasangan mempunyai nilai rata-rata yang sama atau tidak.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra telapak kaki manusia.

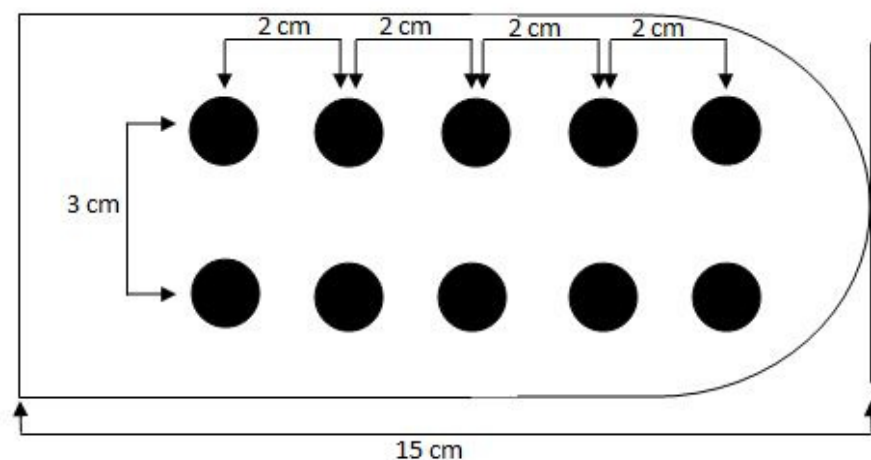
3.1.1 Objek Penelitian

Objek penelitian adalah kaki orang dewasa berumur 17 – 40 tahun yang dipilih secara acak. Pemilihan kelompok umur tersebut dikarenakan untuk ukuran kaki anak-anak yang jauh berbeda dengan orang dewasa sehingga tidak memungkinkan jika memakai kaos kaki sebagai alat penelitian yang sama dengan orang dewasa.

3.1.2 Alat Penelitian

Alat utama yang digunakan dalam pengambilan citra telapak kaki adalah kaos kaki dan kamera.

- a. Kaos kaki yang digunakan adalah kaos kaki yang sudah dimodifikasi dengan menambah marker berupa kancing yang dijahitkan dengan pola dan jarak tertentu pada sisi kaos kaki bagian bawah. Di bawah ini adalah ilustrasi posisi pemasangan dan jarak kancing pada kaos kaki.

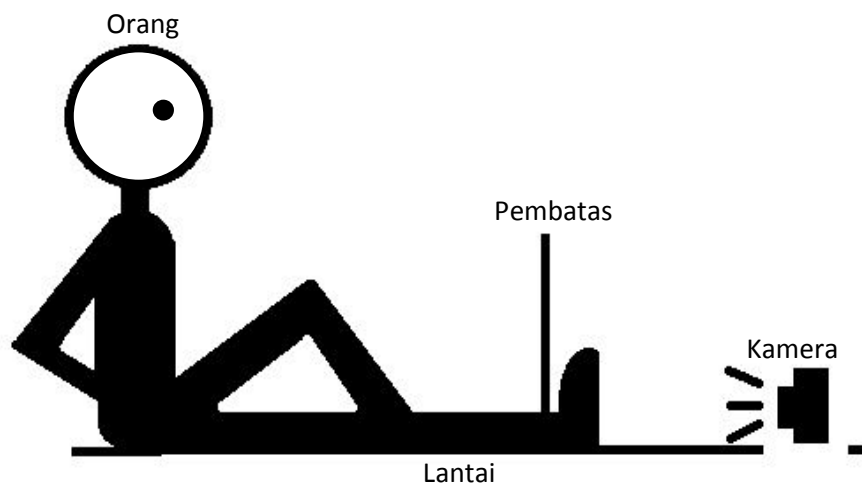


Gambar 3.1 Ilustrasi Posisi dan Jarak Kancing

- b. Kamera yang digunakan untuk mengambil citra telapak kaki adalah kamera digital 14 megapixel biasa yang nantinya akan memotret telapak kaki dari jarak tertentu.

3.1.3 Pengaturan Pengambilan Citra

Pengambilan citra dilakukan dengan ilustrasi sebagai berikut :



Gambar 3.2 Ilustrasi Pengaturan Pengambilan Citra

Pengambilan bisa dilakukan di atas lantai atau di tempat yang lebih tinggi asalkan dengan syarat permukaannya rata. Posisi kaki yang akan diambil citranya dengan kamera diluruskan dan posisi kamera sejajar dengan kaki. Jarak kamera dengan objek kaki disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Untuk mempersempit pemandangan, di belakang objek kaki diberi pembatas agar pemandangan di belakangnya tidak ikut terambil.

3.2 Analisis Kebutuhan

Dalam analisis kebutuhan untuk mengimplementasikan perangkat lunak, terbagi menjadi 3 kebutuhan, yaitu kebutuhan masukan, proses, dan keluaran.

3.2.1 Analisis Kebutuhan Masukan

Kebutuhan masukan yaitu data yang dibutuhkan untuk diolah dengan melalui proses-proses pada perangkat lunak sehingga menjadi sebuah informasi yang dibutuhkan pengguna. Masukan yang dibutuhkan perangkat lunak yang akan dirancang adalah sebagai berikut :

1. Citra bernilai RGB berekstensi *.jpg atau *.png berukuran 700x700 px yang nantinya akan diubah menjadi citra keabuan untuk proses deteksi tepi.
2. Nilai threshold, dibutuhkan untuk melakukan proses deteksi tepi dengan menggunakan algoritma canny. Nilai dibatasi dari 0-15 sesuai kebutuhan untuk proses deteksi tepi.

3.2.2 Analisis Kebutuhan Proses

Kebutuhan proses yaitu proses atau langkah-langkah apa saja yang digunakan untuk mengolah masukan menjadi keluaran. Proses yang dibutuhkan pada perangkat lunak ini adalah sebagai berikut :

1. Proses seleksi citra masukan. Citra yang dapat diolah hanya citra yang memiliki piksel kurang dari 700x700.
2. Proses deteksi tepi pada citra asli dengan menggunakan algoritma canny. Citra keluaran dari deteksi tepi yang akan diubah menjadi matrik yang berisi bilangan biner, 1 untuk garis yang terdeteksi dan 0 untuk selain garis deteksi.
3. Proses deteksi 4 titik acuan objek kaki (batas kanan, kiri, atas dan bawah). Matrik biner hasil deteksi tepi dibutuhkan untuk mengetahui batas kanan, kiri, atas dan bawah objek kaki yang terdeteksi ketika deteksi tepi.
4. Proses deteksi posisi jari. Proses ini penting untuk mempermudah penamaan marker ketika menampilkan hasil jarak antar marker.
5. Proses seleksi *marker* pada kaos kaki. Proses seleksi ini untuk mengenali marker diantara objek lain selain marker.

6. Menghitung jarak antar *marker*. Proses ini perlu untuk membantu memperkirakan ukuran kaki dari citra yang diolah.
7. Menentukan ukuran panjang dan lebar kaki berdasarkan jarak *marker*.

3.2.3 Analisis Kebutuhan Keluaran

Kebutuhan keluaran yaitu, informasi yang diinginkan menjadi tujuan dirancangnya perangkat lunak ini.

1. Citra asli sebelum diolah
2. Citra hasil deteksi tepi canny
3. Citra hasil deteksi 4 titik acuan pada objek kaki
4. Citra hasil deteksi *marker* pada objek kaki
5. Hasil jarak antar *marker* pada objek kaki
6. Perkiraan ukuran panjang dan lebar kaki.

3.3 Diagram Alir

Tahap selanjutnya adalah merancang alur program. Alur program dicitrakan dengan *flowchart* yang terdiri dari bagan-bagan yang dihubungkan dengan panah sehingga membentuk alur. Fungsi *flowchart* adalah untuk mengevaluasi program sebelum diimplementasikan pada sintak sehingga mempermudah mendeteksi kesalahan atau menambah alur pada program.

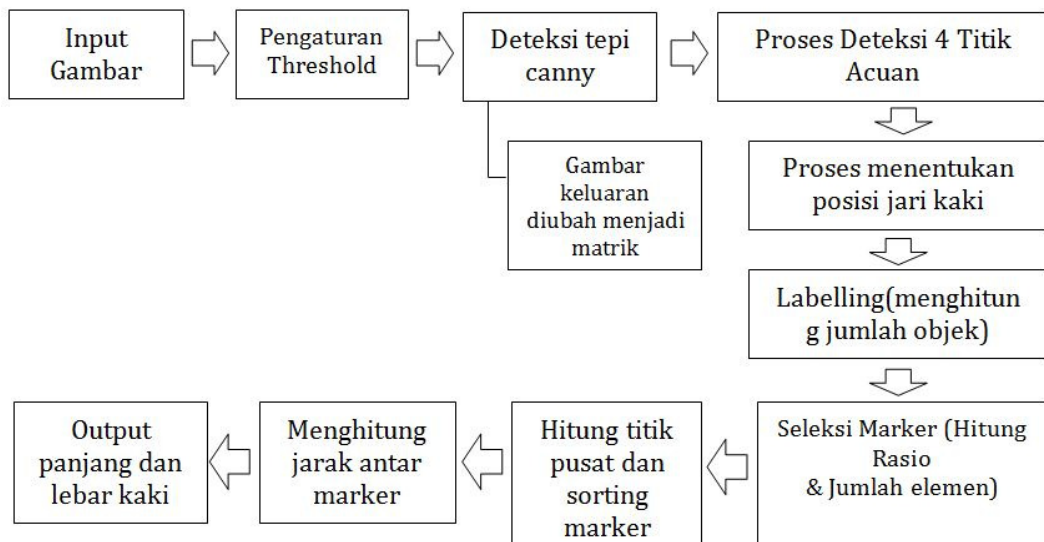
3.3.1 Rancangan Umum

Rancangan alur program yang dibuat sebagai berikut :

1. Input Citra, proses seleksi terhadap citra masukan.
2. Pengaturan Threshold, proses memberi nilai threshold untuk keperluan proses selanjutnya yaitu deteksi tepi.
3. Deteksi Tepi Canny, proses deteksi tepi pada citra asli dari citra terseleksi dengan menggunakan algoritma canny. Keluaran dari proses ini adalah citra biner.

4. Citra keluaran diubah menjadi matrik, pada proses ini citra hasil deteksi tepi canny diubah menjadi matrik .
5. Proses deteksi 4 titik acuan pada kaki, 4 titik acuan yang dibutuhkan yaitu batas kaki bagian bawah atas, bawah, kanan dan kiri dari objek kaki.
6. Proses menentukan posisi jari kaki, proses ini untuk kebutuhan penamaan marker dan menentukan kaki sebelah mana yang terdapat pada citra.
7. *Labelling*, proses *labelling* digunakan untuk menghitung jumlah objek yang ada pada citra dengan menggunakan label 8-ketetanggaan.
8. Seleksi *marker*, dari proses labeling dapat dilakukan seleksi marker dengan menghitung jumlah elemen tiap objek dan menghitung rasionya.
9. Hitung titik pusat dan sorting *marker*, pada *marker* terseleksi dari proses sebelumnya, tiap *marker* akan dihitung titik pusatnya untuk menghitung jarak antar *marker*.
10. Menghitung jarak antar *marker*, proses ini dilakukan setelah didapatkan titik pusat dari tiap marker yang terdeteksi pada proses seleksi *marker*.
11. *Output* panjang dan lebar kaki, satuan pengukuran adalah piksel.

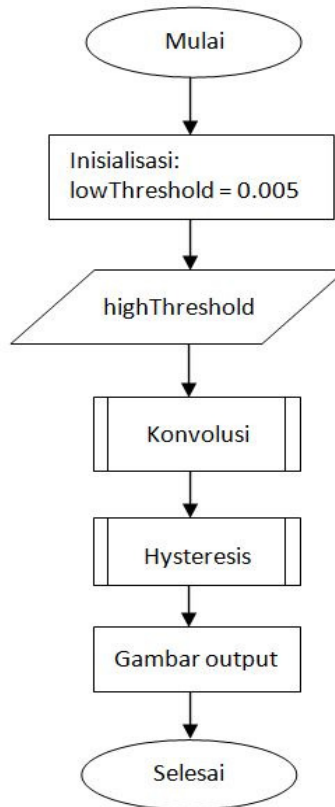
Representasi alur dapat dilihat pada citra di bawah ini.



Gambar 3.3 Alur Program

3.3.2 Flowchart Deteksi Tepi

Citra di bawah ini adalah proses deteksi tepi pada citra masukan dengan menggunakan algoritma canny.



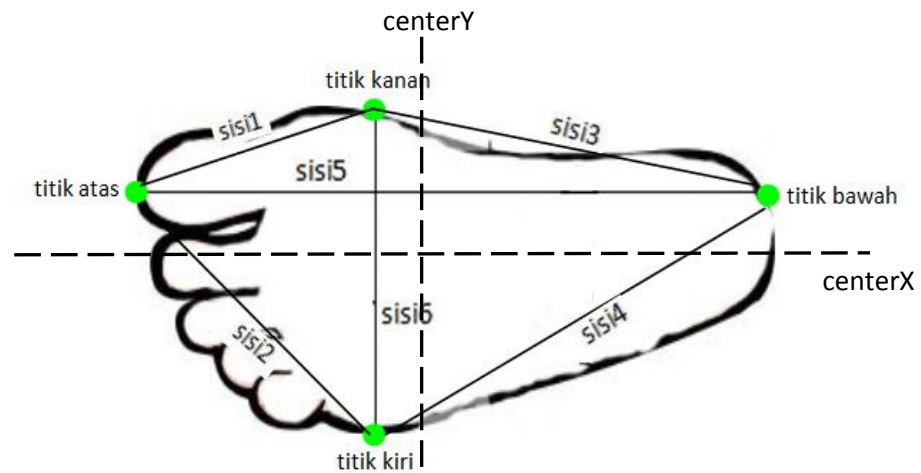
Citra 3.4 Flowchart Deteksi Tepi Canny

Penjelasan citra di atas adalah, Konvolusi yaitu proses perkalian matrik citra asli dengan matrik kernel Gaussian. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan derau atau *noise*. Hysteresis adalah proses mengklasifikasikan nilai pada matrik citra dengan dua buah nilai, yaitu lowThreshold dan highThreshold. Untuk lowThreshold sudah ditentukan yaitu 0.005, sedangkan nilai highThreshold diperoleh dari masukan pengguna yang disesuaikan kebutuhan dengan nilai minimum 0 dan nilai maksimum 15.

3.3.3 Flowchart Deteksi Posisi Jari Kaki

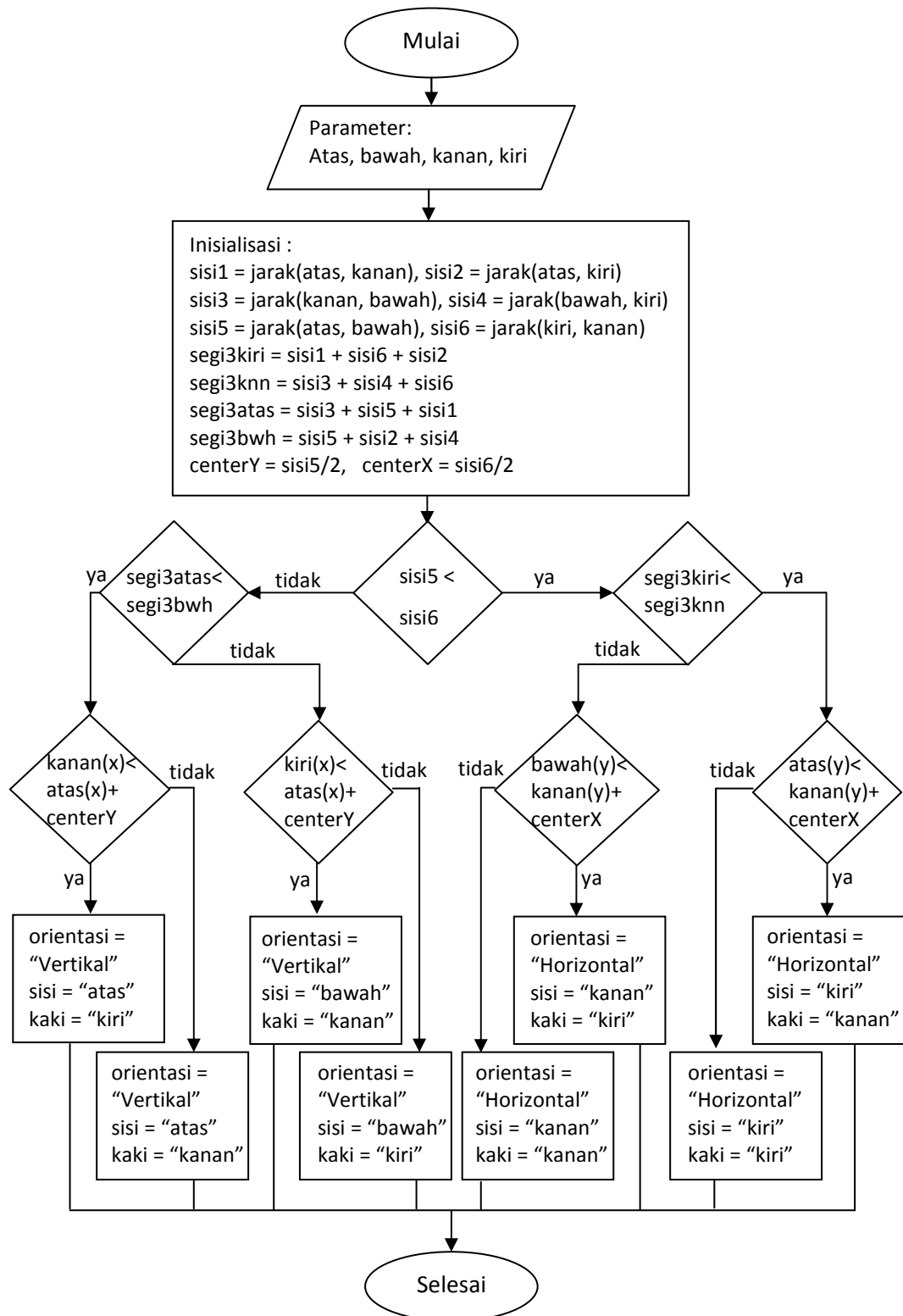
Untuk proses deteksi posisi jari kaki, yang dibutuhkan adalah informasi 4 titik acuan pada objek kaki yang terdeteksi saat proses deteksi

tepi. Di bawah ini ilustrasi posisi 4 titik yang dibutuhkan untuk menjadi acuan dalam menentukan posisi jari kaki.



Gambar 3.5 Ilustrasi Penjelasan

Berdasarkan citra di atas, dengan mendapatkan 4 titik acuan sebagai batas objek kaki, dapat diperoleh sisi1, sisi2, sisi3, sisi4, sisi5, sisi6, centerX dan centerY sebagai dasar informasi untuk langkah berikutnya. Langkah selanjutnya adalah menentukan orientasi citra masukan, posisi jari kaki dan sisi kaki untuk mempermudah dalam penamaan *marker*. Citra di bawah ini mengcitrakan *flowchart* deteksi posisi jari kaki.



Gambar 3.6 Flowchart Deteksi Posisi Jari Kaki

Proses menentukan posisi jari kaki dari citra di atas dibutuhkan untuk mengetahui orientasi objek pada citra masukan yaitu, horizontal atau

vertikal. Selain itu juga untuk mengetahui kaki sebelah kanan atau kiri yang terdapat pada citra yang sedang diolah. Dengan mengetahui 4 titik acuan (batas kanan, kiri, atas, dan bawah) objek kaki, sisi1, sisi2, sisi3, sisi4, sisi5, dan sisi6 berfungsi menyimpan jarak titik kombinasi dari 4 titik batas yang diketahui diawal.

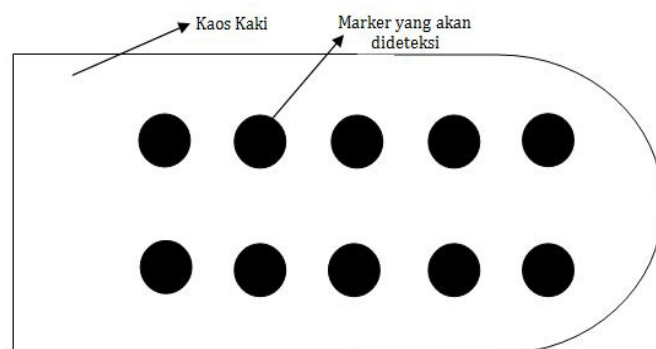
Proses pertama jika sisi5 yang merupakan jarak antara titik atas dan bawah, lebih besar dari sisi6 yang merupakan jarak antara titik kiri dan kanan, maka orientasi kaki yaitu horizontal. Jika sebaliknya maka orientasi dipastikan vertikal.

Selanjutnya untuk menentukan posisi jari kaki pada citra masukan yaitu dengan membandingkan keliling segi3kiri (dibangun dari titik atas, titik kanan, dan titik kiri) dengan keliling segi3knn (dibangun dari titik kanan, titik kiri, dan titik bawah). Dengan perkiraan keliling segitiga yang lebih kecil merupakan posisi dari jari kaki.

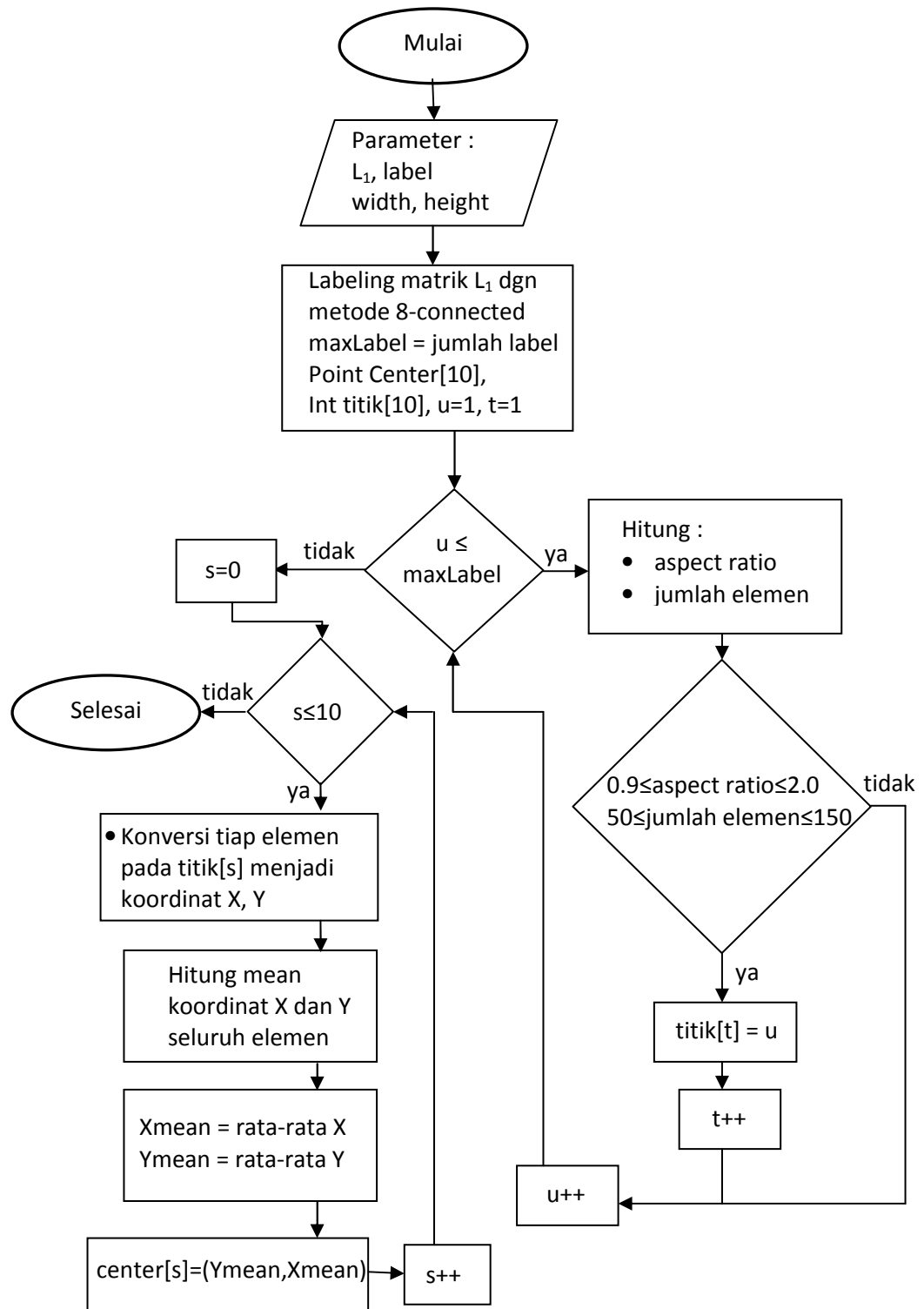
Sedangkan untuk menentukan kaki kiri atau kaki kanan yang terdapat pada citra berdasarkan ilustrasi di atas yaitu dengan menggunakan koordinat Y dari titik atas. Jika koordinat Y dari titik atas lebih kecil dari centerY, maka diperkirakan kaki yang terdapat pada citra adalah kaki sebelah kanan.

3.3.4 Flowchart Seleksi Marker

Pada proses seleksi *marker* ini, ilustrasi penempatan *marker* pada kaos kaki yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah seperti citra di bawah ini.



Gambar 3.7 Ilustrasi Rancangan *Marker* pada Kaos Kaki



Gambar 3.8 Flowchart Seleksi Marker

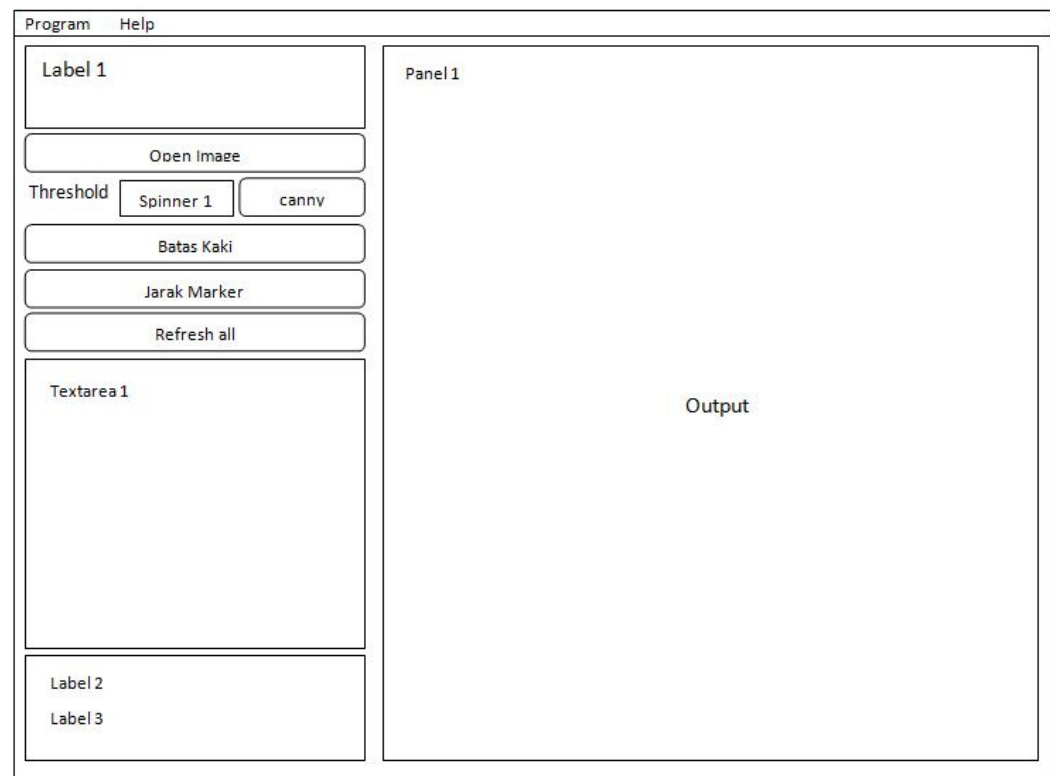
Langkah pertama untuk proses seleksi *marker* yaitu dengan melakukan labeling 8-connected pada matrik L_1 yang berisi matrik 0-1 citra masukan. Hasil dari labeling disimpan dengan matrik label, yang kemudian setiap objek yang diberi label akan dihitung aspect ratio dan jumlah elemen. Jumlah label yang terdapat pada matrik label disimpan dalam maxLabel.

Syarat objek yang didefinisikan sebagai *marker* adalah objek yang memiliki aspect ratio lebih besar atau sama dengan 0.9 dan lebih kecil atau sama dengan 2.0 ($0.9 \leq \text{aspect ratio} \leq 2.0$). Dan dengan jumlah elemen lebih besar atau sama dengan 40 dan lebih kecil atau sama dengan 100 ($40 \leq \text{jumlah elemen} \leq 100$). Objek yang didefinisikan sebagai marker sudah dipastikan hanya 10.

3.4 Desain Antarmuka

Rancangan desain antarmuka berfungsi untuk mendukung tampilan yang mudah digunakan oleh pengguna. Desain antarmuka sebaiknya dibuat semudah dan semenarik mungkin agar pengguna mampu menggunakan sistem dengan sempurna. Desain yang buruk bisa menyebabkan pengguna kebingungan sehingga tidak dapat menggunakan sistem secara maksimal.

Rancangan desain antarmuka yang dibuat hanya 1 antarmuka saja, mengacu pada kebutuhan proses dan keluaran yang dibutuhkan.

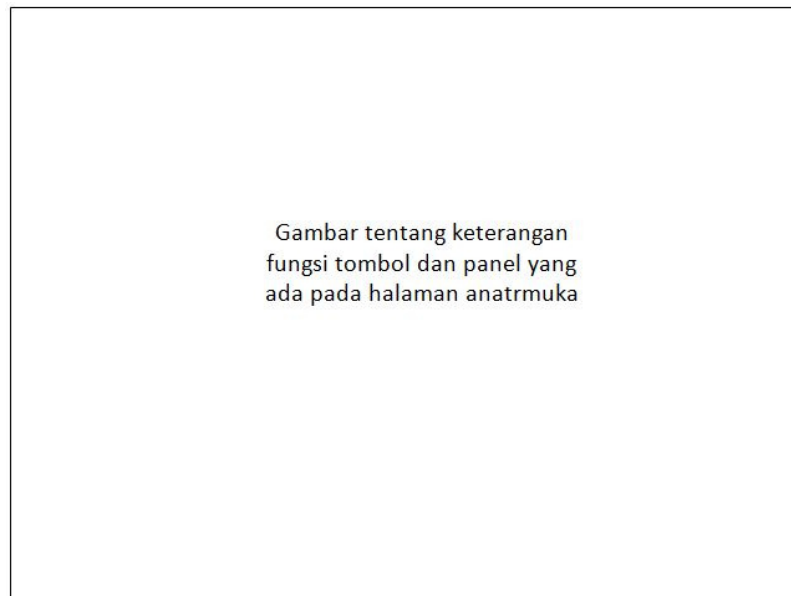


Gambar 3.9 Rancangan Desain Antarmuka

Rancangan antarmuka terdiri dari :

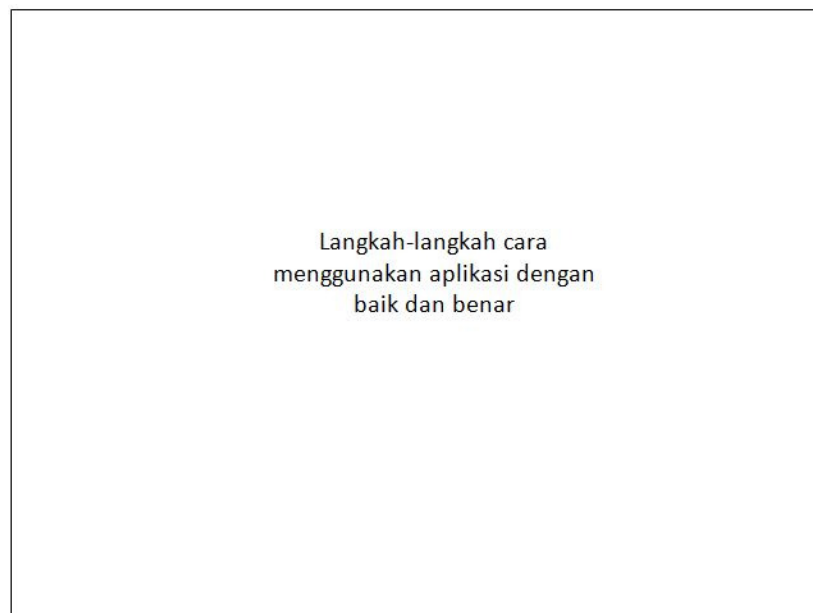
1. Label 1 : untuk menampilkan nama aplikasi.
2. Label 2 : untuk menampilkan hasil perkiraan panjang kaki.
3. Label 3 : untuk menampilkan hasil perkiraan lebar kaki.
4. Tombol Open Image : tombol yang berfungsi untuk memilih dan membuka file citra yang akan diproses. Citra akan ditampilkan pada panel 1 jika berhasil dimuat.
5. Spinner 1 : spinner ini berisi pilihan input *threshold* yang akan diaplikasikan pada citra untuk proses deteksi tepi canny. Pilihan yang disediakan yaitu bilangan bulat 0 sampai 15 yang bisa dipilih sesuai kebutuhan.
6. Tombol Canny : tombol ini digunakan untuk menjalankan proses deteksi tepi canny. Namun proses tidak akan berjalan apabila citra belum dipilih untuk diproses. Hasil citra yang telah diproses akan ditampilkan pada panel 1.

7. Tombol Batas Kaki : digunakan untuk melakukan proses menentukan batas atas, bawah, kiri, dan kanan objek kaki pada citra. Yang kemudian berlanjut ke proses deteksi posisi jari kaki. Hasil dari proses ini ditampilkan pada panel 1, bertumpuk dengan citra hasil proses sebelumnya.
8. Tombol Jarak Marker : digunakan untuk melakukan proses deteksi *marker*, pemberian nama, dan menghitung jarak antar *marker* yang terdeteksi. Dari proses ini pada TextArea 1 akan menampilkan hasil hitungan jarak antar *marker*, Label 2 untuk hasil perkiraan panjang kaki, dan Label 3 untuk hasil perkiraan lebar kaki.
9. Tombol Refresh all : digunakan untuk mengulang semua proses dari awal, dimulai dari memilih file citra yang akan diproses.
10. TextArea 1 : digunakan untuk menampilkan hasil dari proses menghitung jarak antar *marker*.
11. Panel 1 : digunakan untuk menampilkan hasil citra dari setiap tahap proses yang berjalan.
12. Menu bar Program, dengan pilihan item Exit untuk menghentikan jalannya program dan keluar dari aplikasi.
13. Menu bar Help, pilihan item sebagai berikut :
 - a. Information, berisi informasi mengenai fungsi konten yang ada pada aplikasi.



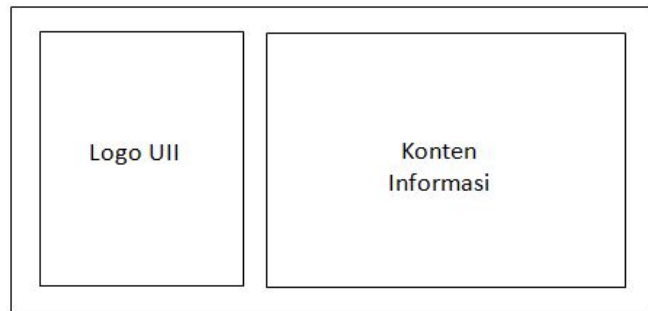
Gambar 3.10 Rancangan Antarmuka Information

- b. User Guide, berisi langkah-langkah atau cara menggunakan aplikasi dengan benar. Sehingga pengguna dapat maksimal dalam memanfaatkan informasi dari aplikasi tersebut.



Gambar 3.11 Rancangan Antarmuka User Guide

- c. About Program, berisi informasi tentang program yang berkaitan dengan pembuat aplikasi.

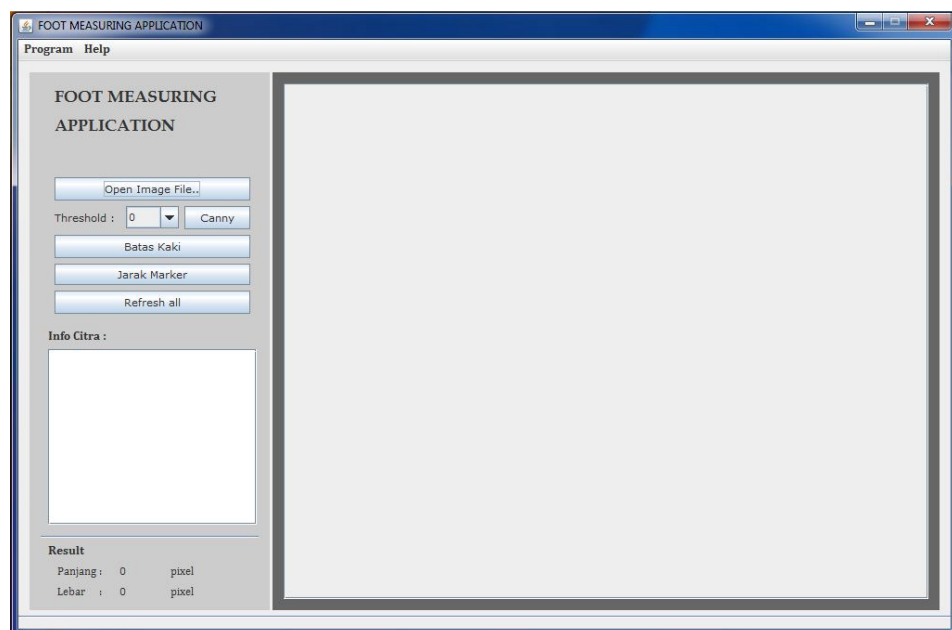


Gambar 3.12 Rancangan Antarmuka About Program

BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi

Bab 4 merupakan pembahasan hasil komputerisasi rancangan pada bab sebelumnya. Tampilan antarmuka sistem yang telah dikomputasi adalah seperti gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Tampilan Awal Program

Program memiliki 5 tombol manual untuk mengeksekusi semua proses yang telah dirancang pada bab sebelumnya.

1. Tombol 1 : Open Image File. Tombol untuk memilih citra yang akan diproses oleh program dan menampilkannya pada panel keluaran.
2. Tombol 2 : Canny. Tombol untuk mengeksekusi proses deteksi tepi canny dan menampilkan hasilnya pada panel keluaran menggantikan citra yang sebelumnya.
3. Tombol 3 : Batas Kaki. Tombol yang akan mengeksekusi deteksi 4 titik acuan untuk menentukan orientasi citra dan deteksi posisi jari kaki.

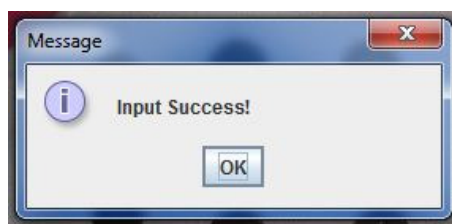
Dan tombol ini akan mengeksekusi proses selanjutnya hanya apabila masukan citra sudah dipilih dan tidak kosong dan sudah dilakukan proses deteksi tepi. Citra hasil juga ditampilkan pada panel keluaran menimpa buffered citra yang sebelumnya.

4. Tombol 4 : Jarak Marker. Tombol ini untuk mengeksekusi proses deteksi marker dan menghitung jaraknya dan menampilkan hasilnya pada TextArea dan panel keluaran. Tombol ini juga hanya akan mengeksekusi prosesnya jika citra tidak kosong dan telah melakukan proses deteksi batas kaki.
5. Tombol 5 : Refresh all. Tombol ini berfungsi untuk memperbarui atau mengulang proses dari awal, mengosongkan kembali variabel pada program. Berguna jika program terjadi kesalahan di tengah proses berjalan.

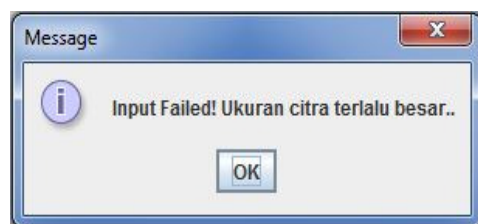
4.1.1 Bagian Citra Masukan

Proses paling awal pada program ini adalah memasukkan citra untuk dieksekusi. Jika tombol ditekan, akan memunculkan kotak dialog untuk memilih citra di komputer. Memilih citra masukan perlu diperhatikan, karena pada program ini hanya mampu mengolah citra dengan piksel di bawah 700. Besarnya citra mempengaruhi waktu program dalam memuat citra dan menampilkannya pada panel keluaran, semakin besar citra yang dimuat maka semakin lama program mengeksekusinya.

Berhasil atau tidaknya citra dimuat, program akan memberi tahu pengguna dengan menampilkan kotak pesan seperti di bawah ini.

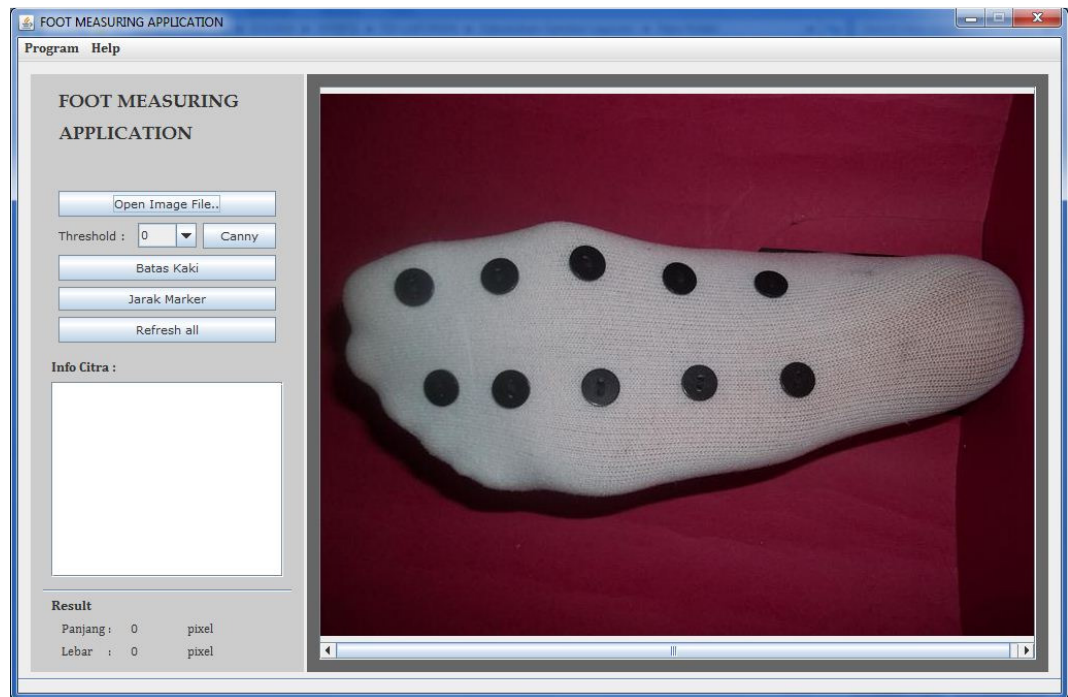


Gambar 4.2 Jika Input Sukses



Gambar 4.3 Jika Input Gagal

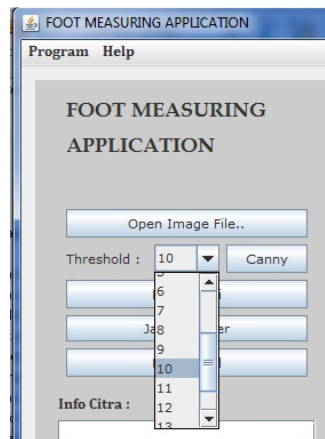
Jika citra memenuhi kriteria untuk dieksekusi, maka program akan memuatnya dan menampilkan citra masukan pada panel keluaran seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.4 Tampilan Masukan Citra

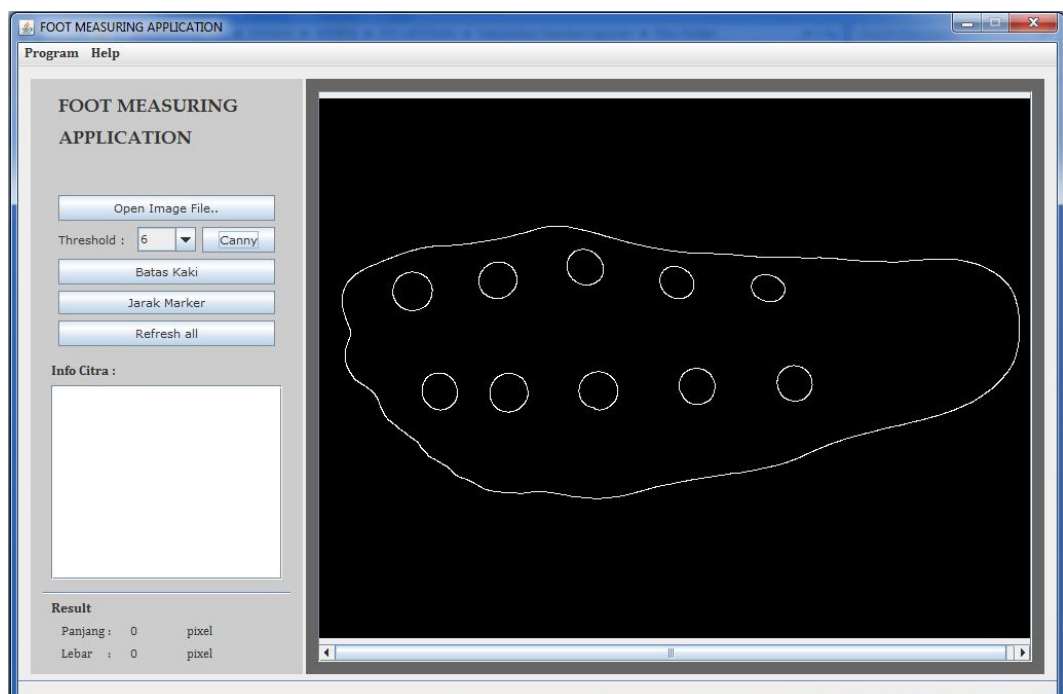
4.1.2 Bagian Deteksi Tepi Canny

Jika citra berhasil dimuat proses selanjutnya adalah deteksi tepi canny. Untuk melakukan proses deteksi tepi ini pengguna perlu menyesuaikan *threshold* yang tepat untuk mendeteksi objek kaki dengan sempurna. Di samping tombol Canny terdapat spinner untuk memilih nilai *threshold* yang akan diterapkan untuk deteksi tepi pada citra.



Gambar 4.5 Tampilan Memasukkan Nilai *Threshold*

Nilai yang disediakan oleh program adalah dari 0 sampai 15. Bila nilai *threshold* semakin besar, maka deteksi tepi pada citra akan semakin ketat. Untuk nilai *default* jika pengguna lupa mengatur nilai *threshold* sebelum melakukan proses canny adalah 0. Keluaran yang diharapkan setelah proses deteksi tepi adalah seperti di bawah ini.



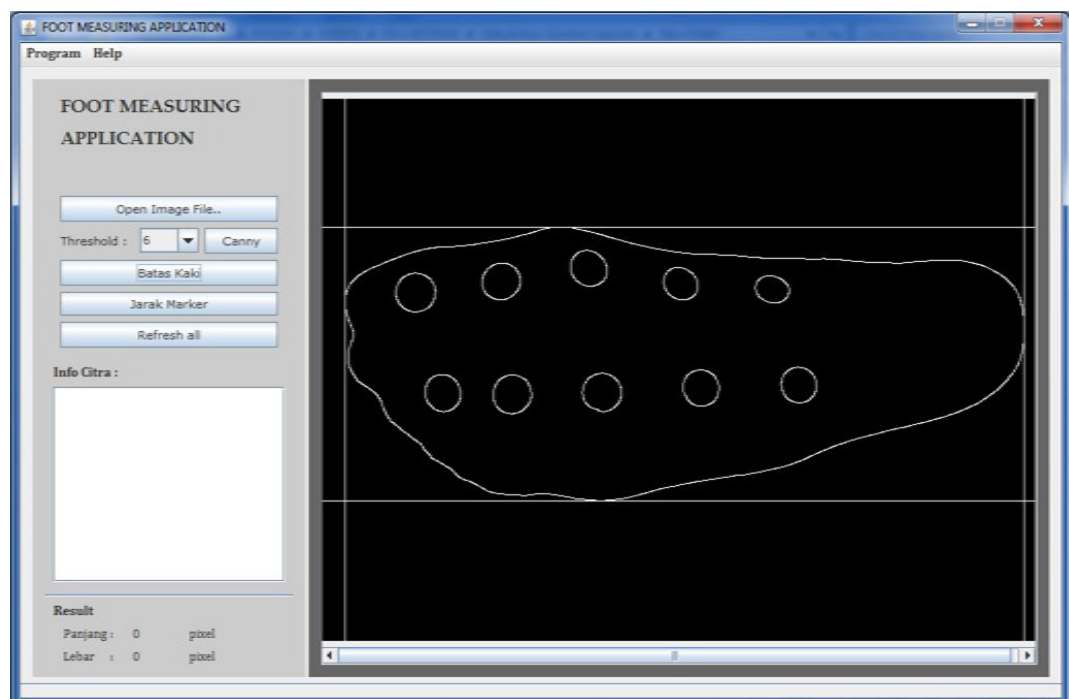
Gambar 4.6 Tampilan Hasil dari Proses Canny

Pada proses ini, citra keluaran dari deteksi tepi diubah menjadi matrik biner bernama piksel untuk diolah pada proses selanjutnya. Matrik berisikan bilangan 1 untuk garis terdeteksi, dan 0 untuk selain garis terdeteksi.

4.1.3 Bagian Deteksi 4 Titik Acuan Objek Kaki

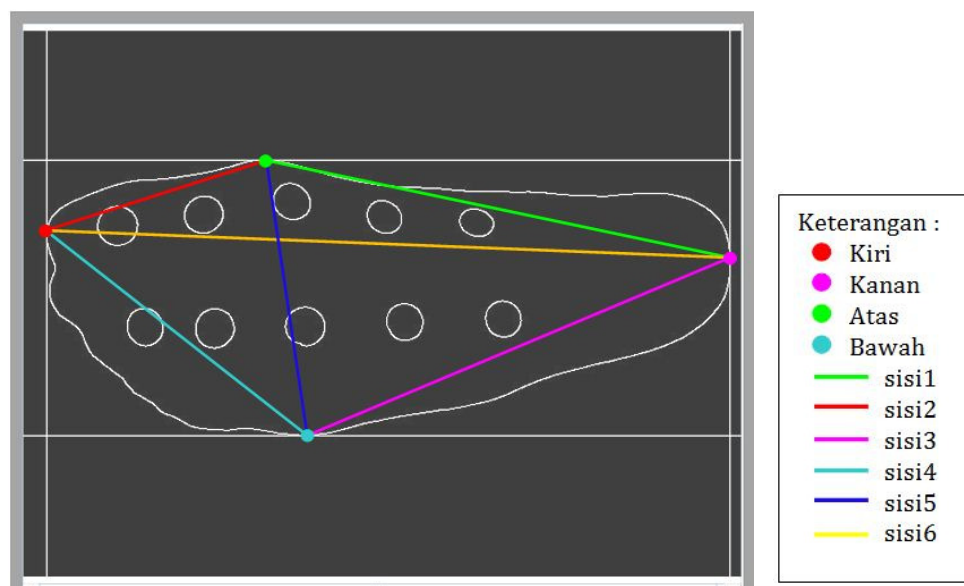
Setelah hasil dari deteksi tepi diubah menjadi matrik biner, selanjutnya adalah proses mencari 4 titik acuan sebagai batas sisi kanan, kiri, atas dan bawah objek kaki terdeteksi. Pertama mencari isi matrik yang bernilai 1 dan menyimpan indeksinya. Kemudian mengurutkannya titik koordinat X dan Y untuk mendapatkan koordinat terkecil dan terbesar.

Koordinat Y terkecil akan menjadi batas atas kaki, dan koordinat Y terbesar akan menjadi batas bawah kaki. Sedangkan koordinat X terkecil akan menjadi batas kiri kaki, dan koordinat X terbesar menjadi batas kanan kaki.



Gambar 4.7 Tampilan Keluaran Proses Deteksi Batas Kaki

Setelah mendapatkan 4 titik acuan tersebut untuk membuktikan kebenaran titiknya adalah dengan membuat garis dari X dan Y dari keempat titik tersebut. Keempat titik tersebut adalah titik kiri(22, 190), titik kanan(681, 236), titik atas(221, 124), dan titik bawah(274, 389). Pertama yang perlu diketahui adalah jarak tiap titik ke titik lainnya. Di bawah ini adalah ilustrasi deteksi posisi jari kaki dengan citra hasil deteksi batas kaki yang diberi garis dan titik bantu.

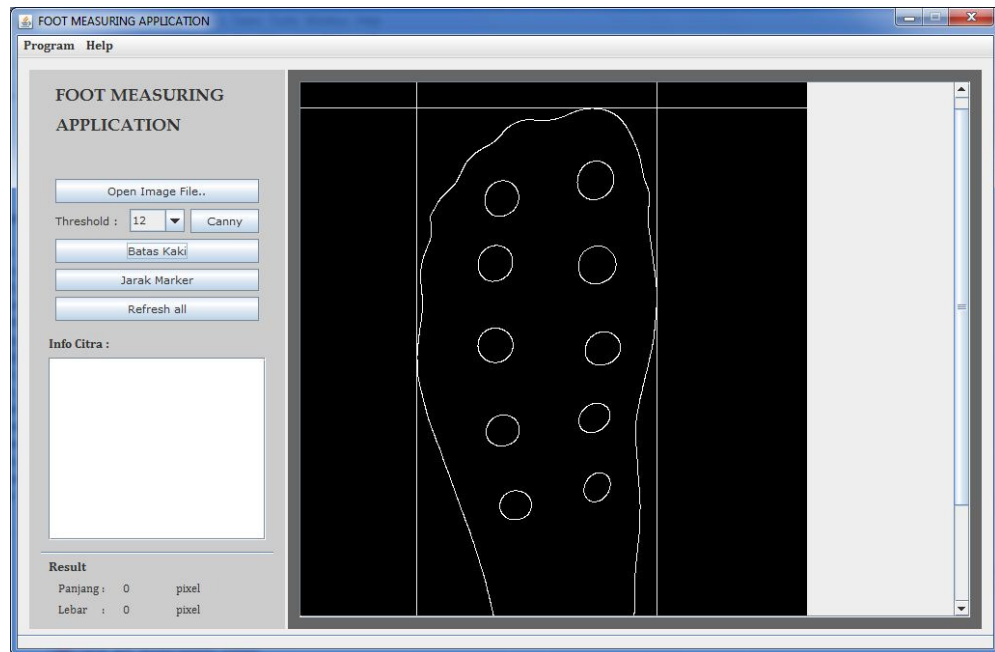


Gambar 4.8 Ilustrasi 4 titik Acuan

Selanjutnya adalah menghitung jarak antara satu titik ke titik yang lain. Setelah diketahui jarak masing-masing titik ke titik lainnya, langkah pertama bandingkan sisi5 dengan sisi6. Jika sisi5 lebih besar dari sisi6 maka kaki berorientasi 'Vertikal'. Berdasarkan gambar, karena sisi5 lebih kecil dari sisi6 maka kaki berorientasi 'Horizontal'.

Jika kaki horizontal, selanjutnya membandingkan keliling dari dua segitiga yang terbentuk dari empat titik acuan yaitu, segi3kiri (yang terdiri dari garis sisi2, sisi5 dan sisi4) dan segi3knn (yang terdiri dari garis sisi5, sisi1 dan sisi3). Jika keliling segi3kiri lebih besar dari keliling segi3knn, maka posisi jari kaki berada di sebelah kanan pada citra. Sehingga

program akan memberi nama *marker* dari kanan ke kiri. Sedangkan jika keliling segi3kiri lebih kecil dari keliling segi3knn, maka posisi jari kaki terletak pada sebelah kiri citra. Sehingga program akan memberi nama pada *marker* dari kiri ke kanan.



Gambar 4.9 Gambar Kaki Vertikal

Jika pada kaki yang berorientasi vertikal seperti gambar di atas, caranya sama yaitu membandingkan keliling dari dua segitiga yaitu, segi3atas (yang terdiri dari garis sisi1, sisi6 dan sisi2) dan segi3bwh (yang terdiri dari garis sisi6, sisi3 dan sisi4). Jika keliling segi3atas lebih besar dari keliling segi3bwh, maka posisi jari kaki berada di sebelah atas pada citra. Sehingga program akan memberi nama *marker* dari atas ke bawah. Sedangkan jika keliling segi3atas lebih kecil dari keliling segi3bwh, maka posisi jari kaki terletak pada sebelah bawah citra. Sehingga program akan memberi nama pada *marker* dari bawah ke atas.

Setelah mengetahui posisi jari kaki, kemudian menentukan posisi jempol kaki untuk mengetahui kaki kanan atau kiri yang terdapat pada citra yang sedang diolah. Pada citra berorientasi horizontal, jika posisi jari

kaki terdapat di sebelah kiri maka koordinat Y dari titik kiri jika lebih dekat kepada koordinat Y titik atas maka hasilnya adalah kaki kanan. Jika lebih dekat kepada koordinat Y dari titik bawah maka hasilnya adalah kaki kiri. Citra berorientasi horizontal dengan posisi jari kaki di sebelah kanan, jika koordinat Y dari titik kanan lebih dekat ke koordinat Y titik atas hasilnya adalah kaki kiri. Dan jika koordinat Y dari titik kanan lebih dekat ke koordinat Y dari titik bawah maka hasilnya adalah kaki kanan.

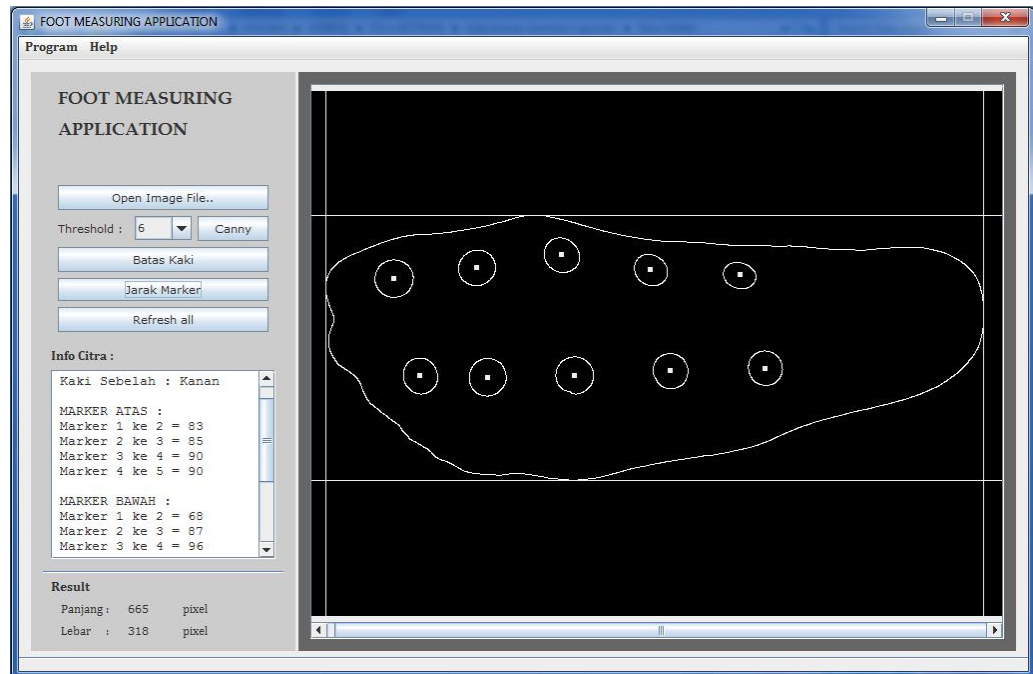
Pada citra berorientasi vertikal dengan posisi jari berada di atas, jika koordinat X dari titik atas lebih dekat dengan koordinat X dari titik kanan maka hasilnya adalah kaki kanan. Sedangkan jika koordinat X lebih dekat dengan koordinat X dari titik kiri maka hasilnya adalah kaki kiri. Dan citra berorientasi vertical dengan posisi jari berada di bawah, jika koordinat X dari titik bawah lebih dekat dengan koordinat X dari titik kanan maka hasilnya adalah kaki kiri. Sedangkan jika koordinat X lebih dekat dengan koordinat X dari titik kiri maka hasilnya adalah kaki kanan.

4.1.4 Bagian Deteksi *Marker*

Proses deteksi *marker* diawali dengan melakukan pelabelan pada matrik piksel yang kemudian disimpan pada matrik label. Metode pelabelan menggunakan metode ketetanggaan 8 koneksi. Pada matrik piksel, nilai yang dikenai pelabelan adalah yang bernilai 1. Setiap labelnya akan dihitung aspek ratio dan jumlah elemennya. Untuk label yang memiliki ratio 0,9 sampai 1,0 dan memiliki jumlah elemen antara 40 sampai 100 diidentifikasi sebagai *marker* yang berbentuk lingkaran.

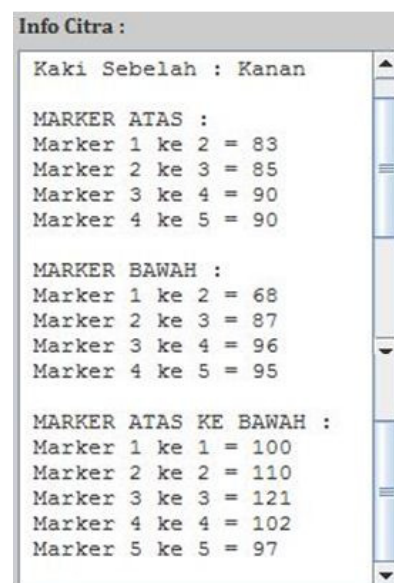
Setelah diketahui sebagai *marker*, tiap-tiap label tersebut akan dihitung rata-rata koordinat X dan Y seluruh elemennya untuk mencari titik pusat dari *marker* untuk menghitung jarak antara *marker*. Rata-rata koordinat X dari seluruh elemen label, menjadi koordinat X dari titik pusat *marker*. Dan rata-rata koordinat Y dari seluruh elemen label menjadi

koordinat Y dari titik pusat *marker*. Di bawah ini citra hasil deteksi dan menghitung titik pusat *marker*.



Gambar 4.10 Tampilan Hasil Deteksi *Marker*

Dan berikut adalah hasil penghitungan jarak antar titik pusat *marker* berdasarkan hasil deteksi *marker* pada gambar di atas.



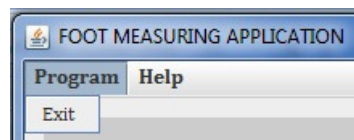
Gambar 4.11 Tampilan Info Hasil Perhitungan Jarak *Marker*

Panjang dan lebar kaki didapatkan dari hasil penjumlahan jarak *marker* dengan batas kaki. *Marker* terkelompok menjadi dua yaitu atas dan bawah atau kanan dan kiri, namun yang digunakan menjadi hasil akhir panjang dan lebar kaki hanya satu yaitu deretan *marker* yang terdekat dengan ujung jempol kaki atau bagian terpanjang dari kaki. Sedangkan untuk menentukan lebar kaki, *marker* yang digunakan adalah *marker* yang terdekat dengan tulang yang menonjol dibagian dalam kaki.

Result		
Panjang :	665	pixel
Lebar :	318	pixel

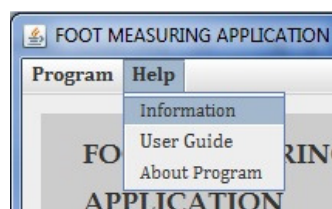
Gambar 4.12 Tampilan Hasil Akhir

Program ini dilengkapi dengan 2 menu bar, yaitu Program dan Help. Pada menu bar Program berisi item Exit yang berfungsi untuk menghentikan proses yang sedang berjalan pada program dan keluar dari program.



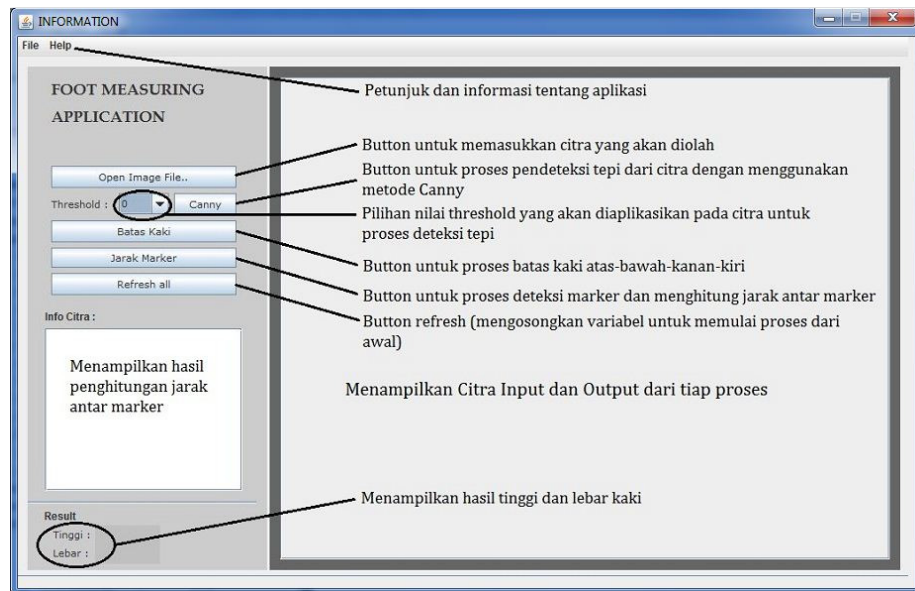
Gambar 4.13 Menu Bar Program

Pada menu bar Help terdapat 3 item pilihan, yaitu Information, User Guide dan About Program.



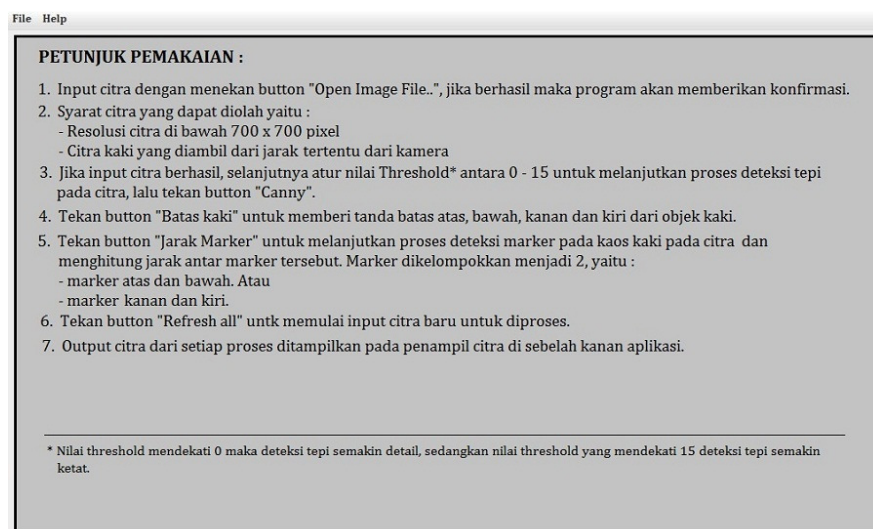
Gambar 4.14 Menu Bar Help

Information berfungsi untuk memberi penjelasan kepada pengguna tentang konten yang ada pada program, dan tentang fungsi tombol yang ada. Di bawah ini tampilan dari Informasi.



Gambar 4.15 Tampilan Informasi

User Guide berfungsi untuk informasi tentang bagaimana langkah-langkah menggunakan program dengan benar. Sehingga pengguna tidak kebingungan dengan alur dari program. Berikut tampilan User Guide.



Gambar 4.16 Tampilan User Guide

Dan pilihan terakhir adalah About Program yang berisikan informasi dari pembuat program.



Gambar 4.17 Tampilan About Program

4.2 Hasil Pengujian

4.2.1 Analisis Kesalahan Hasil Pengujian Sistem

Dari 31 citra yang diujikan, ada beberapa citra yang gagal pada proses tertentu. Intensitas cahaya tidak diperhatikan ketika pengambilan gambar. Sehingga dari keseluruhan hasil pengujian pada citra yang diujikan, terdapat beberapa citra yang tidak berhasil diproses deteksi tepi canny dan deteksi batas kaki.



(a)

(b)

Gambar 4.18 Citra yang Gagal pada Proses Deteksi Tepi

Kedua gambar di atas adalah bagian dari citra yang tidak berhasil pada proses deteksi tepi. Gambar (a) gagal karena marker terlalu banyak memantulkan cahaya dari kamera sehingga tidak bisa lolos saat proses konvolusi. Sedangkan gambar (b) gagal karena kurangnya cahaya pada objek, sehingga merusak tepi objek. Oleh karena itu penting

memperhatikan banyak sedikitnya cahaya yang dibutuhkan objek disaat terjadi pengambilan gambar agar citra tidak terlalu gelap atau terang.

Kemiringan *marker* yang pada gambar juga mempengaruhi deteksi *marker*. Karena *marker* yang diketahui oleh program adalah objek yang berbentuk lingkaran. Ada juga gambar yang tidak berhasil diproses deteksi batas kaki karena objek miring sehingga membuat deteksi batas kaki tidak valid. Contoh objek kaki yang miring seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.19 Gambar Dengan Objek Miring

Kesalahan hasil keluaran penentuan sisi kaki yang terdapat pada citra juga terjadi karena ada objek penelitian dengan kaki yang jari telunjuk atau jari tengah kakinya lebih panjang dari jempol kakinya. Sehingga program salah memperkirakan sisi kaki yang terdapat pada citra. Seperti contoh gambar di bawah ini.



Gambar 4.20 Gambar Kaki Unik

Jadi dapat disimpulkan bahwa hal-hal berikut bisa menjadi faktor yang mempengaruhi keberhasilan dari program :

- a. Intensitas cahaya pada saat pengambilan gambar yang akan diolah.
- b. Posisi objek kaki ketika pengambilan gambar dengan menggunakan kamera tidak boleh miring.

- c. Tidak ada benda apapun yang menghalangi objek kaki ketika pengambilan gambar.
- d. Sudut pengambilan gambar.

4.2.2 Analisis Keberhasilan Hasil Pengujian Proses

Pengujian terhadap program dilakukan pada 31 data. Dengan rincian 20 data dari gambar yang diambil dengan jarak 20 sentimeter dari kamera dan 11 data dari gambar yang diambil dengan jarak 40 sentimeter dari kamera. Tabel berikut adalah tabel hasil proses yang terjadi pada program dari mulai deteksi tepi canny sampai hasil akhir panjang dan lebar diperkirakan. Tabel 4.1 adalah tabel hasil proses dari gambar yang diambil pada jarak 20 cm dari kamera, dan Tabel 4.3 adalah tabel hasil proses dari gambar yang diambil pada jarak 40 cm dari kamera.

Tabel 4.1 Hasil Proses Gambar dengan Jarak 20 cm dari Kamera

No	Nama Citra	Canny	4 Batas				Sisi Kaki	Marker	Panjang	Lebar
			kanan	kiri	atas	Bwh				
1	Data01.jpg	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
2	Data02.jpg	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
3	Data03.jpg	Gagal	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 9	Berhasil	Berhasil
4	Data04.jpg	Gagal	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
5	Data05.jpg	Gagal	Berhasil	Berhasil	Gagal	Berhasil	Gagal	Terdeteksi 10	Berhasil	Gagal
6	Data06.jpg	Gagal	Gagal	Gagal	Berhasil	Berhasil	Gagal	Terdeteksi 10	Berhasil	Gagal
7	Data07.jpg	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Berhasil	Terdeteksi 10	Gagal	Gagal
8	Data08.jpg	Gagal	Gagal	Berhasil	Gagal	Gagal	Berhasil	Terdeteksi 10	Gagal	Gagal
9	Data09.jpg	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
10	Data10.jpg	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 9	Berhasil	Berhasil
11	Data11.jpg	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Terdeteksi 9	Gagal	Gagal
12	Data12.jpg	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
13	Data13.jpg	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
14	Data14.jpg	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
15	Data15.jpg	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
16	Data16.jpg	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Gagal	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
17	Data17.jpg	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
18	Data18.jpg	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
19	Data19.jpg	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
20	Data20.jpg	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil

Tabel 4.2 Prosentase Keberhasilan dan Kegagalan Program pada Data 1

Nama Proses		Total Berhasil	Total Gagal	Prosentase Berhasil	Prosentase Gagal
Canny		13	7	65%	35%
Batas	kanan	16	4	80%	20%
	kiri	17	3	85%	15%
	atas	16	4	80%	20%
	bawah	17	3	85%	15%
Sisi Kaki		16	4	80%	20%
Marker		17	3	85%	15%
Panjang		17	3	85%	15%
Lebar		15	5	75%	25%
Prosentase				80%	20%

Pada kumpulan data gambar yang diambil dengan jarak 20 cm dari kamera yang berjumlah 20 gambar, kegagalan canny mayoritas disebabkan karena intensitas cahaya yang berlebih atau kurang pada citra yang diolah. Dan kegagalan deteksi canny bisa berpengaruh pada proses-proses selanjutnya. Namun dari 7 gambar yang gagal diproses pada tahap deteksi tepi 2 diantaranya tidak sepenuhnya gagal, hanya saja tidak sempurna dan tetap bisa melanjutkan ke proses selanjutnya.

Dalam kegagalan proses deteksi batas kaki, secara keseluruhan yang tidak berhasil diproses ada 5 gambar yang gagal. Satu dari lima gambar tersebut gagal di proses karena objek kaki yang ada di gambar miring sehingga batas kaki tidak valid. Pada proses memperkirakan sisi kaki 4 gambar gagal, 1 gambar dikarenakan kaki objek yang berbeda dari kaki orang umum kebanyakan dan 4 lainnya dikarenakan kegagalan pada proses deteksi tepi. Dan kegagalan proses menghitung panjang dan lebar seluruhnya dikarenakanagalnya proses deteksi tepi.

Tabel 4.3 Hasil Proses Gambar dengan Jarak 40 cm dari Kamera

No	Nama	T	Canny	4 Batas				Sisi Kaki	Marker	Panjang	Lebar
				kanan	kiri	atas	bwh				
1	data01.jpg	10	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
2	data02.jpg	5	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
3	data03.jpg	11	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
4	data04.jpg	8	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
5	data05.jpg	6	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
6	data06.jpg	12	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
7	data07.jpg	12	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
8	data08.jpg	12	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
9	data09.jpg	11	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil
10	data10.jpg	11	Gagal	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 8	Gagal	Gagal
11	data11.jpg	12	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Terdeteksi 10	Berhasil	Berhasil

Tabel 4.4 Prosentase Keberhasilan dan Kegagalan Program pada Data 2

Nama Proses		Total Berhasil	Total Gagal	Presentase Berhasil	Presentase Gagal
Canny		10	1	91%	9%
Batas	kanan	11	0	100%	0%
	kiri	11	0	100%	0%
	atas	11	0	100%	0%
	bawah	11	0	100%	0%
Sisi Kaki		11	0	100%	0%
Marker		10	1	91%	9%
Panjang		10	1	91%	9%
Lebar		10	1	91%	9%
Presentase				96%	4%

Pada hasil proses dari gambar yang diambil dengan jarak 40 cm dari kamera yang berjumlah 11 gambar, kegagalan proses deteksi tepi pada gambar tersebut dikarenakan intensitas cahaya berlebih pada gambar sehingga tidak bisa mendeteksi secara menyeluruh *marker* pada kaos kaki. Walaupun gagal dalam proses deteksi tepi tetapi hasilnya masih dapat diolah diproses selanjutnya yaitu deteksi batas kaki dan sisi kaki. Dan untuk proses deteksi marker tentu saja tidak sempurna karena ada *marker* yang tidak terdeteksi, sehingga tidak bisa dihitung panjang dan lebarnya.

Tabel 4.5 Prosentase Keberhasilan dan Kegagalan Keseluruhan

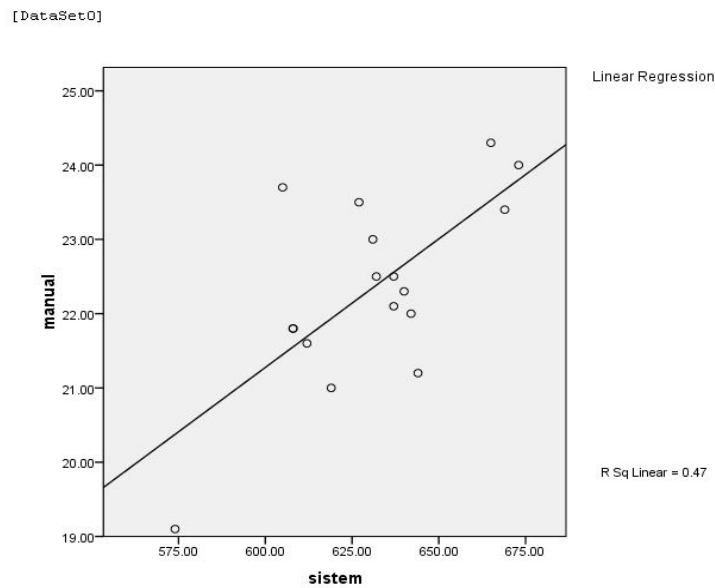
Nama Proses		Total Berhasil	Total Gagal	Presentase Berhasil	Presentase Gagal
Canny		23	8	74%	26%
Batas	kanan	27	4	87%	13%
	kiri	28	3	90%	10%
	atas	27	4	87%	13%
	bawah	28	3	90%	10%
Sisi Kaki		27	4	87%	13%
Marker		27	4	87%	13%
Panjang		27	4	87%	13%
Lebar		25	6	81%	19%
Presentase				86%	14%

4.2.3 Pemodelan dengan Analisis Regresi Sederhana

Pada analisis ini peneliti bermaksud mengetahui apakah ada hubungan antara hasil pengukuran secara manual dengan menggunakan alat ukur (variabel dependen) dengan hasil pengukuran menggunakan sistem pengukuran berbasis pengolahan citra (variabel independen). Jika diketahui ada hubungan positif antara kedua variabel, maka model regresinya akan digunakan untuk dasar pengujian t-test untuk membandingkan dua jenis pengukuran (pengukuran secara manual dan pengukuran sistem).

Tabel 4.6 Tabel Perbandingan Hasil Panjang Sistem Jarak 20cm

No	Nama	Panjang	Panjang
		Sistem(piksel)	Manual(cm)
1	Data02.jpg	574	19,1
2	Data12.jpg	619	21
3	Data05.jpg	644	21,2
4	Data16.jpg	612	21,6
5	Data03.jpg	608	21,8
6	Data04.jpg	608	21,8
7	Data09.jpg	642	22
8	Data14.jpg	637	22,1
9	Data13.jpg	640	22,3
10	Data01.jpg	637	22,5
11	Data10.jpg	632	22,5
12	Data15.jpg	669	23
13	Data06.jpg	627	23,4
14	Data19.jpg	605	23,5
15	Data17.jpg	631	23,7
16	Data20.jpg	673	24
17	Data18.jpg	665	24,3



Gambar 4.21 Uji Linieritas Data Panjang Jarak 20cm

Pada grafik di atas, terlihat garis regresi yang mengarah ke kanan atas. Hal ini membuktikan adanya linieritas pada hubungan antara dua variabel tersebut, yang dapat diartikan semakin besar hasil pengukuran piksel panjang kaki, semakin besar juga ukuran hasil pengukuran panjang kaki secara manual.

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.686 ^a	.470	.435	.96389

a. Predictors: (Constant), sistem

Gambar 4.22 Hasil Tabel Model Summary 1

Dari tabel model summary terdapat nilai R yang menunjukkan seberapa besar tingkat keeratan hubungan antara variabel independen X dan variabel independen Y, yang nilainya $1 > R > 0$. Karena nilai $R = 0,686$ mendekati 1, maka ada hubungan yang erat antara variabel independen (X) hasil pengukuran sistem dengan (Y) hasil pengukuran manual. Sedangkan koefisien determinasi R-Square = 0.47 yang artinya 47% nilai Y dari data yang ada, dapat dijelaskan oleh nilai X. Dan sisanya 53% dijelaskan oleh

faktor lain. Standar erornya adalah, dan jika variabel independennya bertambah, maka standar erornya semakin kecil.

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	.498	5.992		.083	.935
sistem	.035	.009	.686	3.648	.002

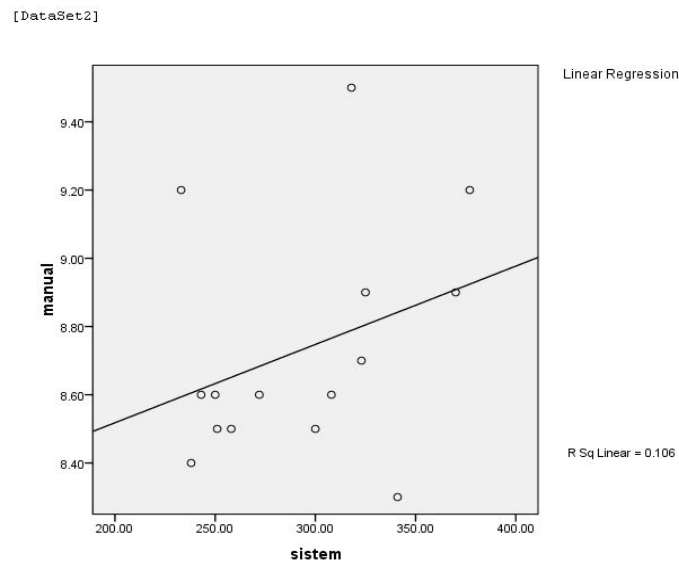
a. Dependent Variable: manual

Gambar 4.23 Hasil Tabel Koefisien Regresi 1

Karena terdapat hubungan yang erat antara dua variabel data yang di uji, maka dapat diestimasikan bentuk model regresinya berdasarkan tabel di atas yaitu: $Y = 0,498 + 0,035X$.

Tabel 4.7 Tabel Perbandingan Hasil Lebar Sistem Jarak 20cm

No	Nama	Lebar	Lebar
		Sistem(piksel)	Manual(cm)
1	Data14.jpg	341	8,3
2	Data04.jpg	238	8,4
3	Data09.jpg	300	8,5
4	Data17.jpg	258	8,5
5	Data20.jpg	251	8,5
6	Data01.jpg	308	8,6
7	Data03.jpg	250	8,6
8	Data12.jpg	272	8,6
9	Data16.jpg	243	8,6
10	Data13.jpg	323	8,7
11	Data02.jpg	325	8,9
12	Data15.jpg	370	8,9
13	Data10.jpg	377	9,2
14	Data19.jpg	233	9,2
15	Data18.jpg	318	9,5



Gambar 4.24 Uji Linieritas Data Lebar Jarak 20cm

Pada grafik di atas, terlihat garis regresi yang mengarah ke kanan atas. Hal ini membuktikan adanya linieritas pada hubungan antara dua variabel tersebut, yang dapat diartikan semakin besar hasil pengukuran piksel lebar kaki, semakin besar juga ukuran hasil pengukuran lebar kaki secara manual.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.326 ^a	.106	.037	.33307

a. Predictors: (Constant), sistem

Gambar 2.25 Hasil Tabel Model Summary 2

Karena nilai $R=0,326$ mendekati 0, maka hubungan antara variabel independen (X) hasil pengukuran sistem dengan (Y) hasil pengukuran manual tidak erat. Sedangkan koefisien determinasi $R\text{-Square} = 0.106$ yang artinya 10,6% nilai Y dari data yang ada, dapat dijelaskan oleh nilai X. Dan sisanya 89,4% dijelaskan oleh faktor lain. Standar erornya adalah, dan jika variabel independennya bertambah, maka standar erornya semakin kecil.

Coefficients ^a					
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	8.059	.550		14.666
	sistem	.002	.002	.326	1.242
					Sig.
					.000
					.236

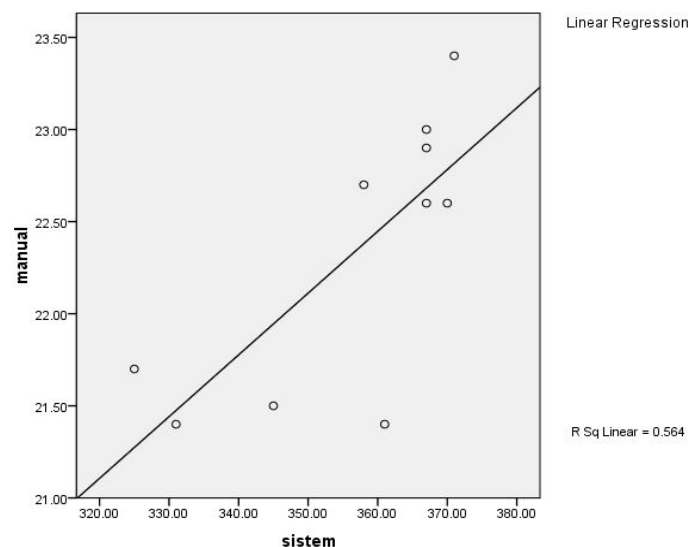
a. Dependent Variable: manual

Gambar 2.26 Hasil Tabel Koefisien Regresi 2

Tidak terdapat hubungan yang erat antara dua variabel data yang di uji, namun hubungan linieritasnya tetap ada, maka dapat diestimasikan bentuk model regresinya berdasarkan tabel di atas yaitu: $Y = 8,059 + 0,002X$

Tabel 4.8 Tabel Perbandingan Hasil Panjang Sistem Jarak 40cm

No	Nama	Panjang	Panjang
		Sistem(piksel)	Manual(cm)
1	data02.jpg	331	21,4
2	data11.jpg	361	21,4
3	data03.jpg	345	21,5
4	data07.jpg	325	21,7
5	data01.jpg	367	22,6
6	data08.jpg	370	22,6
7	data06.jpg	358	22,7
8	data09.jpg	367	22,9
9	data04.jpg	367	23
10	data05.jpg	371	23,4



Gambar 4.27 Uji Linieritas Data Panjang Jarak 40cm

Pada grafik di atas, terlihat garis regresi yang mengarah ke kanan atas. Hal ini membuktikan adanya linieritas pada hubungan antara dua variabel tersebut, yang dapat diartikan semakin besar hasil pengukuran piksel panjang kaki, semakin besar juga ukuran hasil pengukuran panjang kaki secara manual.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.751 ^a	.564	.510	.52259

a. Predictors: (Constant), sistem

Gambar 2.28 Hasil Tabel Model Summary 3

Karena nilai $R=0,751$ mendekati 1, maka ada hubungan yang erat antara variabel independen (X) hasil pengukuran sistem dengan (Y) hasil pengukuran manual. Sedangkan koefisien determinasi $R\text{-Square} = 0.564$ yang artinya 56,4% nilai Y dari data yang ada, dapat dijelaskan oleh nilai X. Dan sisanya 43,6% dijelaskan oleh faktor lain. Standar erornya adalah, dan jika variabel independennya bertambah, maka standar erornya semakin kecil.

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	10.380	3.712		2.796	.023
	sistem	.034	.010	.751	3.220	.012

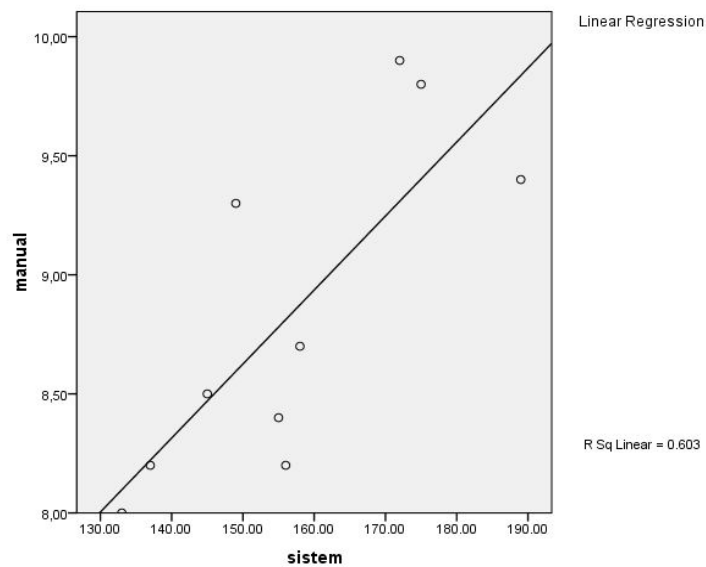
a. Dependent Variable: manual

Gambar 2.29 Hasil Tabel Koefisiensi Regresi 3

Karena terdapat hubungan yang erat antara dua variabel data yang di uji, maka dapat diestimasi bentuk model regresinya berdasarkan tabel di atas yaitu: $Y = 10,38 + 0,034X$.

Tabel 4.9 Tabel Perbandingan Hasil Lebar Sistem Jarak 40cm

No	Nama	Lebar	Lebar
		Sistem(piksel)	Manual(cm)
1	data07.jpg	133	8
2	data05.jpg	137	8,2
3	data08.jpg	156	8,2
4	data02.jpg	155	8,4
5	data03.jpg	145	8,5
6	data04.jpg	158	8,7
7	data09.jpg	149	9,3
8	data01.jpg	189	9,4
9	data06.jpg	175	9,8
10	data11.jpg	172	9,9

**Gambar 4.30 Uji Linieritas Data Lebar Jarak 40cm**

Pada grafik di atas, terlihat garis regresi yang mengarah ke kanan atas. Hal ini membuktikan adanya linieritas pada hubungan antara dua variabel tersebut, yang dapat diartikan semakin besar hasil pengukuran piksel lebar kaki, semakin besar juga ukuran hasil pengukuran lebar kaki secara manual.

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.776 ^a	.603	.553	.46865

a. Predictors: (Constant), sistem

Gambar 4.31 Hasil Tabel Model Summary 4

Karena nilai $R=0,776$ mendekati 1, maka ada hubungan yang erat antara variabel independen (X) hasil pengukuran sistem dengan (Y) hasil pengukuran manual. Sedangkan koefisien determinasi $R\text{-Square} = 0.603$ yang artinya 60,3% nilai Y dari data yang ada, dapat dijelaskan oleh nilai X. Dan sisanya 39,7% dijelaskan oleh faktor lain. Standar erornya adalah, dan jika variabel independennya bertambah, maka standar erornya semakin kecil.

Coefficients ^a					
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
		B	Std. Error	Beta	
1	(Constant)	3.965	1.407		.023
	sistem	.031	.009	.776	.008

a. Dependent Variable: manual

Gambar 4.32 Hasil Tabel Koefisiensi Regresi 4

Karena terdapat hubungan yang erat antara dua variabel data yang di uji, maka dapat diestimasikan bentuk model regresinya berdasarkan tabel di atas yaitu: $Y = 3,965 + 0,031X$.

4.2.4 Analisis Paired Sample Test

1. Hipotesis

H_0 : Rata-rata hasil pengukuran sistem dan hasil pengukuran secara manual adalah sama atau tidak berbeda secara nyata.

H_1 : Rata-rata hasil pengukuran sistem dan hasil pengukuran secara manual adalah tidak sama atau berbeda secara nyata.

2. Pengambilan keputusan :

Berdasarkan nilai signifikansi

Jika $\text{sig} \geq 0,05$,maka H_0 diterima

Jika $\text{sig} \leq 0,05$,maka H_0 ditolak

3. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian, diketahui $\text{sig} = 0,519 > 0,05$ maka H_0 diterima, maka dapat disimpulkan hasil pengukuran sistem sama atau tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran secara manual.

Tabel 4.10 Tabel Perbandingan Hasil

No	Nama	Panjang/Lebar	Panjang/Lebar
		Sistem(cm)	Manual(cm)
1	Data02.jpg	20,6	19,1
2	Data12.jpg	22,2	21
3	Data05.jpg	23	21,2
4	Data16.jpg	21,9	21,6
5	Data03.jpg	21,8	21,8
6	Data04.jpg	21,8	21,8
7	Data09.jpg	22,9	22
8	Data14.jpg	22,7	22,1
9	Data13.jpg	22,9	22,3
10	Data01.jpg	22,7	22,5
11	Data10.jpg	22,6	22,5
12	Data15.jpg	23,9	23
13	Data06.jpg	22,4	23,4
14	Data19.jpg	21,6	23,5
15	Data17.jpg	22,6	23,7
16	Data20.jpg	24	24
17	Data18.jpg	23,8	24,3
18	data02.jpg	21,6	21,4
19	data11.jpg	22,6	21,4
20	data03.jpg	22,1	21,5
21	data07.jpg	21,4	21,7
22	data01.jpg	22,8	22,6
23	data08.jpg	22,9	22,6
24	data06.jpg	22,5	22,7
25	data09.jpg	22,8	22,9
26	data04.jpg	22,8	23
27	data05.jpg	22,99	23,4

No	Nama	Panjang/Lebar	Panjang/Lebar
		Sistem(cm)	Manual(cm)
28	Data14.jpg	8,7	8,3
29	Data04.jpg	8,5	8,4
30	Data09.jpg	8,6	8,5
31	Data17.jpg	8,5	8,5
32	Data20.jpg	8,6	8,5
33	Data01.jpg	8,7	8,6
34	Data03.jpg	8,5	8,6
35	Data12.jpg	8,6	8,6
36	Data16.jpg	8,5	8,6
37	Data13.jpg	8,7	8,7
38	Data02.jpg	8,7	8,9
39	Data15.jpg	8,8	8,9
40	Data10.jpg	8,8	9,2
41	Data19.jpg	8,5	9,2
42	Data18.jpg	8,7	9,5
43	data07.jpg	8	8
44	data05.jpg	8,2	8,2
45	data08.jpg	8,8	8,2
46	data02.jpg	8,7	8,4
47	data03.jpg	8,5	8,5
48	data04.jpg	8,8	8,7
49	data09.jpg	8,6	9,3
50	data01.jpg	9,8	9,4
51	data06.jpg	9,4	9,8
52	data11.jpg	9,3	9,9

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 sistem & manual	52	.996	.000

Gambar 4.33 Paired Sample Correlations

Gambar di atas merupakan hasil korelasi antara kedua variabel yang menghasilkan angka 0,996 dengan nilai sig 0,000. Hal ini menyatakan bahwa korelasi antara hasil pengukuran sistem dengan hasil pengukuran secara manual adalah erat ($>0,5$) dan benar-benar berhubungan secara nyata.

Paired Samples Test									
		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
				Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Mean				Std. Deviation
Pair 1	sistem - manual	.05750	.63887	.08860	-.12036	.23536	.649	51	.519

Gambar 4.34 Paired Sample Test

Dari gambar di atas terlihat sig = 0,519, nilai signifikansi itu yang digunakan untuk mengambil kesimpulan dari pengujian ini. Standar error sebesar 0,0886, yang apabila data ditambah maka standar erornya akan semakin kecil.

4.2.5 Analisis Waktu Eksekusi Program

Berikut adalah tabel-tabel waktu eksekusi program setiap prosesnya. Tabel 4. adalah tabel waktu eksekusi program pada gambar yang diambil dari jarak 20 cm. Dan Tabel 4. adalah tabel waktu eksekusi program pada gambar yang diambil dari jarak 40 cm.

Tabel 4.11 Tabel Waktu Eksekusi Pada Gambar Berjarak 20 cm

No	Nama Citra	Canny (detik)	Batas (detik)	Deteksi Marker & Hitung Jarak (detik)
1	Data01.jpg	12,15	0,63	1,17
2	Data02.jpg	11,43	0,9	0,9
3	Data03.jpg	11,38	0,76	0,9
4	Data04.jpg	12,06	0,99	0,85
5	Data05.jpg	12,01	0,85	0,9
6	Data06.jpg	11,97	0,67	0,99
7	Data07.jpg	10,93	0,9	0,76
8	Data08.jpg	12,1	0,63	0,76
9	Data09.jpg	11,7	0,58	0,9
10	Data10.jpg	11,83	0,72	0,85
11	Data11.jpg	11,74	0,76	1,2
12	Data12.jpg	11,79	0,72	0,94
13	Data13.jpg	12,1	0,76	0,85
14	Data14.jpg	11,83	0,83	0,85
15	Data15.jpg	12,19	0,58	0,72

No	Nama Citra	Canny (detik)	Batas (detik)	Deteksi Marker & Hitung Jarak (detik)
16	Data16.jpg	12,01	0,58	0,81
17	Data17.jpg	11,34	0,76	0,76
18	Data18.jpg	11,97	0,58	0,67
19	Data19.jpg	11,74	0,76	0,85
20	Data20.jpg	11,93	0,76	0,85
Rata-rata		11,81	0,74	0,87

Tabel 4.12 Tabel Waktu Eksekusi Pada Gambar Berjarak 40 cm

No	Nama	Canny (detik)	Batas (detik)	Deteksi Marker & Hitung Jarak (detik)
1	data01.jpg	11,9	0,58	0,85
2	data02.jpg	11,9	0,72	1,08
3	data03.jpg	11,9	0,9	0,85
4	data04.jpg	12,5	0,58	0,99
5	data05.jpg	12	0,9	0,85
6	data06.jpg	10,66	0,9	0,9
7	data07.jpg	11,34	1,1	0,9
8	data08.jpg	11,9	0,94	0,94
9	data09.jpg	11,1	1,2	0,85
10	data10.jpg	11,9	0,99	1,03
11	data11.jpg	11,8	1,7	1,07
Rata-rata		11,72	0,96	0,94

Proses yang membutuhkan waktu paling lama adalah proses deteksi tepi canny dengan rata-rata waktu 11,81 detik dan 11,72 detik pada dua kumpulan data. Dan waktu terlama 12,19 detik dan 12,5 detik. Banyaknya piksel yang diolah pada proses ini menentukan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk proses deteksi tepi canny. Proses eksekusi yang paling singkat terdapat pada proses deteksi batas dengan waktu tercepat 0,58 detik. Dapat diketahui bahwa jarak pengambilan gambar bisa mempengaruhi waktu eksekusi proses deteksi *marker* dan menghitung jarak *marker* dan proses deteksi batas kaki.

4.3 Kelebihan dan Kekurangan Sistem

4.3.1 Kelebihan

1. Sistem dapat mengukur panjang dan lebar telapak kaki manusia, khususnya bagi orang penyandang cacat kaki (difable) yang kakinya tidak mampu menapak di atas tanah.
2. Sistem dapat menerima masukan gambar dengan posisi kaki horizontal dan vertikal.
3. Sistem dapat mengetahui kaki sebelah mana yang terdapat pada gambar.
4. Sistem memiliki fasilitas petunjuk penggunaan, sehingga harapannya pengguna dapat optimal dalam menggunakan sistem dan tidak kebingungan dalam mengoperasikannya.

4.3.2 Kekurangan

1. Belum adanya proses preprocessing pada citra sehingga citra yang kurang cukup cahaya, atau terlalu banyak terkena cahaya menyebabkan citra gagal diproses deteksi tepi.
2. Sistem belum dapat menghitung jarak *marker* dengan memperkirakan kemiringan *marker* pada permukaan telapak kaki yang tidak rata, sehingga keakuratan hasil penghitungan berkurang.
3. Pengaturan *Threshold* masih manual dimasukkan oleh pengguna.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Menghitung panjang dan lebar telapak kaki manusia dapat dilakukan menggunakan pengolahan citra dengan metode deteksi tepi canny, deteksi 4 titik acuan, deteksi posisi jari kaki dan menghitung jarak *marker*. Keberhasilan pengujian pada sistem mencapai sebesar 80%. Sedangkan untuk akurasi data hasil pengukuran, dilakukan pemodelan dengan uji linieritas terhadap data dan paired sample test. Berdasarkan hasil analisis regresi yang dilakukan terhadap data hasil pengukuran sistem membuktikan adanya hubungan yang erat antara data pengukuran secara manual dan pengukuran sistem. Sehingga model regresinya dapat digunakan untuk pengujian Paired Sample Test, yang membuktikan bahwa hasil pengukuran sistem dengan hasil pengukuran secara manual adalah sama atau tidak berbeda secara nyata.

Yang perlu diperhatikan dalam pengambilan gambar telapak kaki untuk meminimalisir kesalahan proses pengukuran dengan sistem adalah :

1. Konsistensi jarak objek kaki yang diambil gambarnya dengan kamera.
2. Posisi kaki.
3. Sudut pengambilan gambar.
4. Intensitas cahaya.

5.2 Saran

Saran untuk perbaikan dan pengembangan tugas akhir ini adalah :

1. Ada proses preprocessing citra seperti koreksi warna dan sebagainya untuk hasil deteksi tepi lebih baik lagi.

2. Pengembangan metode dengan pengaturan threshold secara otomatis pada program.
3. Perbaikan sistem menggunakan metode perhitungan dengan memperkirakan kemiringan marker untuk hasil perhitungan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Afiani, Dina. Pengenalan Plat Nomor Kendaraan Indonesia dengan Metode Segmentasi *Sliding Consentric Window* (SCW) dan Metode Pengenalan Pola Karakter *Learning Vector Quantization* (LVQ). Skripsi S-1 Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. 2012.

Ahmad, Usman. *Pengolahan Citra Digital&Teknik Pemrogramannya*. Penerbit Graha Ilmu. 2005.

Anonim. (2005). Pengolahan Citra. (www.id.wikipedia.org). Diambil 29 Agustus 2012.

Fadliansyah. *Computer Vision dan Pengolahan Citra*. Penerbit Andi. 2007.

Febrina, Rosvita. Perancangan Alat Bantu Proses Pencelupan Zat Warna dan Penguncian Warna pada Kain Batik sebagai Usaha Mengurangi Interaksi dengan Zat Kimia dan Memperbaiki Postur Kerja. Skripsi S-1 Universitas Sebelas Maret, Surakarta. 2010.

Isman, R.E., dan V.T. Inman. *Bulletin of Prosthetics Research : Anthropometric Studies of The Human Foot and Ankle*. San Fransisco, California. 1969.

Laboratorium Komputasi Statistika. 2010. Modul Pelatihan Software Statistika SPSS 16.0. Yogyakarta.

Nourse, Alan E. *Tubuh* (halaman 44-45). Jakarta : Tira Pustaka. 1980.

LAMPIRAN