

Aplikasi Pengukuran Tinggi Badan Manusia Berbasis Image Processing Dengan Metode Canny

1st Maulana Ainun Pratama
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

maulanaainun@student.telkomuniversit
y.ac.id

2nd Hertiana Bethaningtyas
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

hertiana@telkomuniversity.ac.id

3rd Nurwulan Fitriyanti
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

nurwulanf@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Tinggi badan adalah indikator terbaik untuk mengukur pertumbuhan fisik anak secara keseluruhan. Hal ini disebabkan karena tinggi badan biasanya tidak berkurang secara signifikan, sedangkan berat badan dapat berubah dengan cepat akibat penyakit akut. Karena ketinggian setiap anak akan bervariasi satu sama lain, maka diperlukan alat pengukur tinggi untuk memantau pertumbuhan tumbuh anak. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan sistem yang dapat melakukan pengukuran tinggi badan pada anak-anak berbasis citra digital. Sistem ini akan menggunakan penerapan canny dalam pencarian prediksi tinggi anak-anak, dimana sistem akan mendeteksi tepi yang nantinya akan dijadikan perhitungan tinggi badan. Pengujian keberhasilan sistem tertinggi didapat ketika jarak pengambilan 300 cm dengan tingkat akurasi yang didapatkan sebesar 94%. Sedangkan pengujian jarak 250 cm mengenai prediksi perhitungan tinggi dengan pengalihan rata-rata faktor pengali yang bernilai 0,926, didapat hasil akurasi 96,92% dengan error 3,08%. Hal ini menunjukkan bahwa peran faktor pengali tidak terlalu berpengaruh hanya menambahkan sedikit akurasi dari hasil prediksi pengukuran tinggi badan.

Kata kunci— Tinggi Badan, Citra digital, Canny

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan dan perkembangan adalah dua istilah yang berbeda namun tidak dapat dipisahkan[1]. Pertumbuhan ialah suatu proses perubahan fisik (struktur tubuh) yang dinyatakan dengan peningkatan ukuran berbagai organ tubuh yang berbeda, ukuran tersebut dapat diukur dengan satuan tinggi dan berat. Perkembangan adalah sebuah proses peningkatan kemampuan (keterampilan) dan struktur serta fungsi tubuh yang lebih kompleks sebagai hasil dan kematangan sel-sel[2].

Anak dianggap sehat jika tumbuh dan berkembang dengan baik. Ini ditentukan dengan mengukur tinggi dan berat badan ideal yang sesuai dengan usia[3]. Tingkat pertumbuhan tinggi adalah indikator terbaik untuk mengukur pertumbuhan fisik anak secara keseluruhan. Hal ini disebabkan karena tinggi badan biasanya tidak berkurang secara signifikan, sedangkan berat badan dapat berubah dengan cepat akibat penyakit akut[4]. Karena ketinggian setiap anak akan bervariasi satu sama lain, maka diperlukan alat pengukur tinggi untuk memantau pertumbuhan tu anak[5].

Penelitian terdahulu yang diteliti oleh Rui Tian dan kawan-kawan menyajikan skema efisiensi metode novel dalam pengukuran otomatis tinggi manusia menggunakan kamera tunggal. Metode dapat menghitung tinggi dari beberapa orang secara otomatis dan bersamaan. Metode yang digunakan mengumpulkan informasi dengan kamera spektrum kasatmata. Metode ini cukup efisien secara komputasi dan presisi rata-rata kurang dari 2% untuk satu orang dan 2% untuk pengukuran dua orang[6].

Penelitian sebelumnya yang diteliti oleh Adonis tentang rancangan alat pengukuran tinggi badan otomatis berbasis mikrokontroler. Pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler sensor ultrasonik sebagai alat untuk mengukur jarak kepala sampai kaki objek dan ATmega sebagai alat untuk menghitung hasil pengukuran jarak dari sensor. Hasil penelitian ini memiliki rata-rata akurasi sebesar 96,893% dan error 3,107% [7].

Penelitian oleh M. Iqbal mengenai rancang bangun sistem pengukuran tinggi badan manusia secara otomatis menggunakan kamera. Metode ini mengimplementasikan triangle similarity dan marker sebagai rumus dasar perhitungan tinggi badan manusia serta sebagai algoritma pendeteksi titik ukur objek. Hasil penelitian menunjukkan kamera dapat digunakan sebagai input secara real-time dan didapat akurasi pengukuran tinggi badan sistem sebesar 98,03% [8].

Dengan latar belakang inilah penulis telah merancang sistem pengukuran tinggi badan anak-anak berbasis pengolahan citra digital menggunakan metode operasi canny. Canny digunakan karena kemampuannya mendeteksi tepi sebuah objek, hal ini lah yang menjadi kelebihan karena hasil tidak akan berpengaruh jika adanya pelebaran objek karena pakaian atau komposisi tubuh. Dengan adanya sistem ini diharapkan dapat melakukan pengukuran secara cepat, sehingga akan menghemat waktu dalam pengukuran tinggi badan anak-anak dengan hasil yang akurat.

II. KAJIAN TEORI

A. Pertumbuhan Tinggi Badan

Penting untuk menggunakan grafik pertumbuhan untuk menilai dan mendiagnosis masalah kesehatan pada anak-anak. Sejak diperkenalkan pada abad ke-18, penggunaan grafik pertumbuhan sebagai alat untuk menentukan

pertumbuhan masa kanak-kanak telah tersebar luas. Ini mencakup cara untuk mengukur, memantau pertumbuhan anak-anak dan remaja, pembuatan dan penggunaan bagan pertumbuhan, serta dampak faktor internal dan eksternal terhadap tinggi badan seseorang[9]. Standar tinggi seorang anak akan berbeda-beda pada setiap negara, maka dari itu WHO selaku badan kesehatan dunia menetapkan standar rata-rata tinggi anak sebagai acuan untuk seluruh dunia[10]. Berdasarkan data dari Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-Bangsa (FAO), angka rata-rata tinggi badan anak di Indonesia berbeda dengan WHO[11]. Table 2.1 menunjukkan perbandingan tinggi rata-rata WHO dan Indonesia.

UMUR	TINGGI WHO (CM)		TINGGI INDONESIA (CM)	
	L	P	L	P
1	75,7	74,1	71,7	69,8
2	87,8	86,4	81,5	79,2
3	96,1	95,1	89	87,8
4	103,3	102,7	95,8	95
5	110	109,4	102	101,1
6	116	115,1	107,7	106,6
7	121,7	120,8	113	111,8
8	127,3	126,6	118,1	116,9
9	132,6	132,5	122,9	122,1
10	137,8	138,6	127,7	127,5
11	143,1	145	132,6	133,5
12	144	151,2	137,6	139,8

B. Faktor Pengali

Faktor pengali digunakan untuk mendapatkan hasil perhitungan yang akurat dari sistem. Ada dua metode yang umum digunakan dalam pencarian nilai faktor pengali. Pertama faktor pengali didapat dengan cara membandingkan tinggi sebenarnya dengan hasil yang diperoleh dari sistem kemudian diambil rata-ratanya untuk digunakan untuk seluruh data [12] dan kedua memasukkan sembarang nilai ke dalam suatu persamaan pencarian prediksi pengukuran [13]. Pada penelitian ini akan menggunakan dua faktor pengali, yaitu hasil maksimal faktor pengali dan rata-rata faktor pengali.

C. Canny Edge Detection

Metode Canny pertama kali dikemukakan oleh John Canny pada tahun 1986 dan terdiri dari lima proses, yaitu Smoothing terhadap citra dengan menggunakan gaussian filter, menghitung nilai gradien, non-maxima suppression, double Thresholding, dan edge Tracking by Hysteresis [14]. Canny merupakan algoritma pendeteksi tepi yang banyak digunakan di berbagai penelitian karena dianggap sebagai algoritma pendeteksi tepi yang paling optimal [15]. Ada beberapa kriteria deteksi tepi optimal yang dapat dipenuhi oleh algoritma Canny, adapun kriterianya sebagai berikut [16]:

1. Mendeteksi dengan baik (kriteria deteksi)

Kemungkinan menempatkan dan menandai semua tepi yang ada sesuai dengan parameter tenunan yang dipilih. Pada saat yang sama, ia juga menawarkan banyak fleksibilitas dalam menentukan tingkat deteksi ketebalan tepi yang diinginkan.

2. Melokalisasi dengan baik (kriteria lokalisasi)

Dengan Canny, dimungkinkan untuk membuat jarak minimum antara tepi yang terdeteksi dan tepi asli.

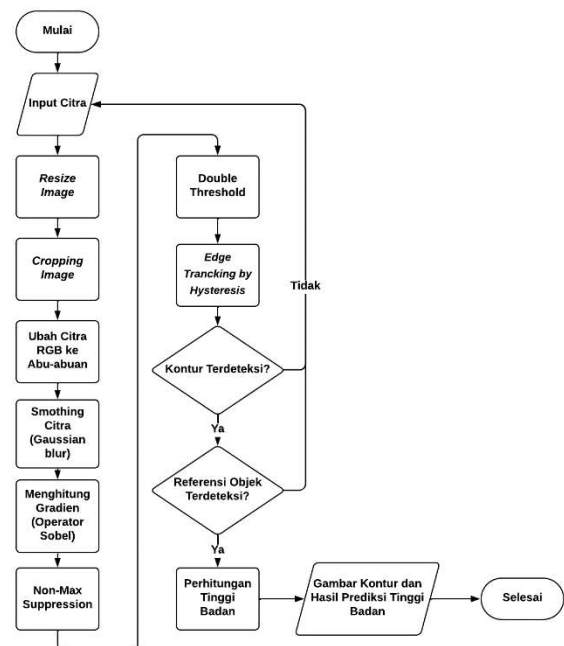
3. Respon yang jelas (kriteria respon)

Hanya ada satu jawaban untuk setiap tepi, sehingga mudah dikenali dan tidak tertukar dengan pemrosesan pasca-gambar.



III. METODE

A. Tahapan Penelitian



Proses sistem dimulai dari pengambilan objek menggunakan kamera handphone, dengan latar belakang putih bertempelkan kotak berwarna hitam dari kertas buffalo dan objek berdiri tegak vertikal serta menghadap ke depan kamera handphone. Selanjutnya akan masuk ke image pre-processing, dalam tugas akhir ini image processing ada dua yaitu image pre-processing (*resize* dan *cropping image*) dan image processing. Hasil dari image pre-processing akan dilanjutkan ke proses image processing, yaitu deteksi tepi canny dan perhitungan tinggi badan. Setelah dilakukan perhitungan akan muncul hasil akhir sistem berupa tinggi dari objek tersebut.

B. Pengambilan objek foto

Sebelum masuk ke pengambilan foto dilakukan persiapan-persiapan berikut, pemasangan background foto berwarna putih dan menempelkan sebuah kertas hitam

berukuran 12cm. Kertas akan digunakan sebagai acuan bahwa keluaran yang dihasilkan sudah benar, hal ini dilakukan karena untuk mengetahui ukuran sebuah objek memerlukan referensi akurasi.

Dalam proses pengambilan objek foto menggunakan kamera handphone dengan alat bantu tripod dan ring light sebagai pencahayaan. Pengambilan dilakukan pada jarak yang berbeda, yaitu 200, 250, dan 300, hal ini dilakukan untuk menguji keoptimalan sistem. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sejumlah 100 data foto, dengan rentang umur anak-anak berusia 3-12 tahun.

C. Image Pre-Processing

Data foto yang sudah diambil akan masuk ke tahapan "image pre-processing", dimana image akan diproses beberapa tahap sebelum masuk ke image processing. Tahapan proses yang dilakukan berupa mengubah dimensi ukuran (resize) dan memotong ukuran (cropping) gambar. Ukuran gambar akan di ubah ukuran pixel, dimana ukuran awal pixel 2304 X 4080 menjadi 354 X 200. Setelah itu gambar akan dipotong sebesar 50 pixel sumbu vertikal (pixel menjadi 304 X 200) supaya langit-langit tidak ikut dalam pemrosesan gambar. Proses ini selain bertujuan untuk dapat memfokuskan image processing nantinya juga mengurangi lamanya waktu program berjalan.

D. Image Processing

Ada dua tahapan dalam image processing, tahapan yang pertama dilakukan mengubah citra asli menjadi citra abu-abu (grayscale). Sedangkan tahapan kedua adalah berlanjut ke proses operator canny berupa metode deteksi tepi canny. Operator canny akan melakukan proses highlight atau sorotan pada bentuk tubuh manusia pada subimage dan memperkirakan ketinggian individu. Untuk deteksi tepi ini sendiri terdiri dari lima proses, proses-proses tersebut sebagai berikut.

1. Smoothing terhadap citra dengan menggunakan gaussian filter.

Smoothing merupakan salah satu teknik untuk mengurangi noise yang ada pada gambar, dalam hal ini akan menggunakan proses pengaplikasian Gaussian blur. Untuk melakukannya diterapkan teknik konvolusi gambar dengan Gaussian Kernel (3x3, 5x5, 7x7, dsb). Ukuran kernel akan mempengaruhi efek buram gambar, semakin kecil akan semakin tidak terlihat keburamannya.

2. Menghitung gradien

Untuk menghitung gradien menggunakan operator sobel. Operator ini menghitung gradien citra pada setiap pixel, yang mana akan menyoroti perubahan intensitas di kedua arah: horizontal (x) dan vertikal (y). Hasilnya dari sobel bahwa sebagian tepinya masih tebal dan tipis. Hal ini karena tingkat intensitas gradien yang tidak seragam antara 0 dan 255. Tepian harus memiliki intensitas yang sama (yaitu piksel putih = 255).

3. Non-maxima suppression

Non-Maximum Suppression adalah teknik yang digunakan dalam pemrosesan gambar untuk menghapus daerah duplikat atau serupa. Prinsip dasarnya adalah hanya memilih deteksi yang paling signifikan di setiap klaster deteksi yang tumpang tindih. Hal ini digunakan untuk mengurangi jumlah kesalahan positif serta meningkatkan akurasi algoritma secara keseluruhan.

4. Double Thresholding

Double thresholding adalah teknik yang digunakan untuk menghilangkan noise dari sebuah citra dengan menerapkan dua ambang batas pada gambar, satu tinggi dan satu rendah. Piksel yang berada di atas ambang batas tinggi dianggap

sebagai tepi, dan piksel yang berada di bawah ambang rendah dianggap sebagai noise. Pixel tengah-tengah kemudian diklasifikasikan sebagai tepi atau noise berdasarkan kedekatannya dengan ambang batas.

5. Edge Tracking by Hysteresis

Proses terakhir adalah menerapkan "hysteresis" threshold ke gambar. Threshold ini adalah rentang nilai, dan digunakan untuk menentukan piksel putih mana yang merupakan bagian dari tepi dan mana yang bukan. Sebuah piksel dianggap sebagai bagian dari tepi jika berada di atas ambang atas atau di bawah ambang bawah. Batas atas biasanya ditetapkan lebih tinggi dari batas bawah, sehingga piksel yang hanya sedikit di atas ambang batas tidak dianggap sebagai bagian dari tepi.

E. Mencari kontur dan referensi objek

Sebelum masuk pada prediksi perhitungan tinggi badan, sistem akan mencari kontur dan referensi objek dari hasil canny yang sudah didapat. Jika kontur dan objek sudah terdeteksi, sistem akan mencari rasio perbandingan ukuran objek sentimeter dengan ukuran pixel. Hasil rasio didapat dari objek yang terdeteksi pertama kali dari kiri citra, dalam hal ini kotak yang menempel pada background akan digunakan. Jika kontur maupun referensi objek tidak terdeteksi sistem akan error.

F. Perhitungan Tinggi Objek

Pada proses perhitungan tinggi akan mencari terlebih dahulu konversi pixel ke sentimeter foto[17]. Dalam proses konversi dilakukan pada gambar kotak yang nantinya hasil konversi akan diterapkan untuk mencari tinggi badan. Ukuran kotak yang digunakan pada tugas akhir ini adalah 12x12 cm dan selanjutnya sistem akan mencari jarak kontur x1 ke x2. Karena untuk mencari jumlah pixel kotak di sumbu x, maka menggunakan prinsip euclidean (lihat persamaan 1). Setelah mendapatkan jumlah pixel akan dibandingkan dengan ukuran kotak, dari hasil ini akan menjadi acuan rasio dalam menghitung tinggi badan (lihat persamaan 2). Untuk mencari tinggi badan yaitu dengan membagi jumlah pixel objek sumbu x atau bisa dikatakan tinggi objek pixel dengan rasio perbandingan pixel/cm (lihat persamaan 3).

Keterangan:

$d_{(a,b)}$: Euclidean dari titik a dan b (kotak)

a_1 : Titik pojok kiri atas kotak (sumbu-x)

b_1 : Titik pojok kiri bawah kotak (sumbu-x)

a_2 : Titik pojok kiri atas kotak (sumbu-y)

b_2 : Titik pojok kiri bawah kotak (sumbu-y)

\hat{H} : Perkiraan tinggi badan oleh sistem (cm)

$d_{(c,d)}$: Euclidean dari titik c dan d (anak)

c_1 : Titik pojok kiri atas kotak (sumbu-x)

d_1 : Titik pojok kiri bawah kotak (sumbu-x)

c_2 : Titik pojok kiri atas kotak (sumbu-y)

d_2 : Titik pojok kiri bawah kotak (sumbu-y)

G. Performansi Sistem

Untuk melihat keefektifan dari sistem yang telah dibuat, dilakukan perhitungan performa sistem satu data untuk mengetahui keakuratan dari sistem itu sendiri. Disini akan ada dua perhitungan akurasi dan error, keberhasilan sistem dan prediksi tinggi badan sistem. Berikut persamaannya

1. Error dan akurasi keberhasilan sistem

$$Error (\%) = \frac{A - \hat{A}}{A} \times 100\% \quad (4)$$

$$Akurasi (\%) = \left[1 - \frac{A - \hat{A}}{A} \right] \times 100\% \quad (5)$$

2. Error dan akurasi prediksi tinggi badan sistem

$$Error (\%) = \frac{|H - \hat{H}|}{H} \times 100\% \tag{6}$$

$$Akurasi (\%) = \left[1 - \frac{|H - \hat{H}|}{H} \right] \times 100\% \tag{7}$$

Keterangan:

A: Jumlah data berhasil pada setiap jarak

Â: Jumlah banyaknya data berhasil disetiap jarak (200, 250, dan 300 cm)

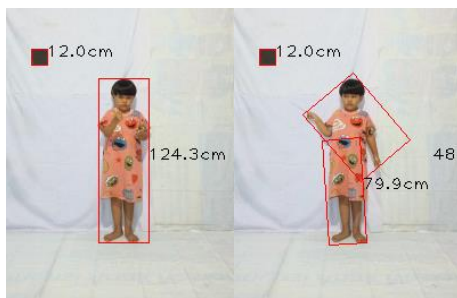
H: Tinggi badan sebenarnya (hasil pengukuran manual (cm))

Ĥ: Estimasi tinggi badan oleh sistem (cm)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Keberhasilan Sistem

Pada pengujian ini menggunakan indikator berupa keberhasilan deteksi tepi pada sebuah objek (kotak dan anak) dan kesesuaian kontur yang di gambar oleh sistem. Dari 100 data yang sudah diambil dengan jarak tertentu mendapatkan 19 data tidak berhasil, gambar 4.1 menunjukkan contoh data berhasil dan tidak berhasil. Oleh karena itu pada pengujian ini menggunakan 81 data yang dimana setiap jarak memiliki jumlah data hasil yang berbeda. Hasil data yang sudah diambil terlampir pada tabel 4.1



Gambar 4. 1 Hasil data berhasil (kiri) dan tidak berhasil (kanan)

Tabel 4. 1. Akurasi jumlah data berhasil

JARAK (CM)	200	250	300
JUMLAH DATA BERHASIL	73	72	76
AKURASI	90%	89%	94%

Hasil dari jumlah data berhasil nantinya akan diuji kembali untuk melihat prediksi keakurasian tinggi yang dihasilkan oleh sistem terhadap tinggi asli.

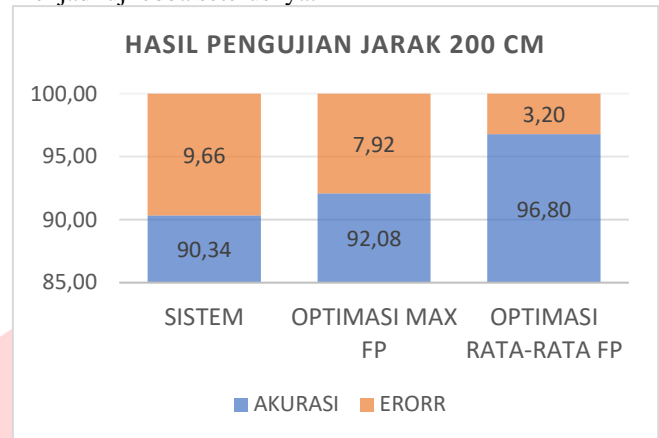
B. Pengujian Keakurasian Prediksi Tinggi Anak

Setelah melakukan pengujian performansi sistem setiap jaraknya, kali ini akan menguji keakurasian prediksi tinggi anak. Pada pengujian ini menggunakan tiga kondisi jarak pengambilan gambar yang berbeda, yaitu 200, 250, dan 300 cm. Hasil tinggi badan akan dibandingkan dengan tiga perhitungan tinggi yang berbeda, adapun untuk prediksi tinggi yang pertama menggunakan hasil tinggi asli sistem (tanpa adanya pemberian faktor pengali), kedua mengalikan hasil asli sistem dengan nilai faktor pengali maksimal, dan ketiga mengalikan hasil asli sistem dengan rata-rata faktor pengali. Hasil pengujian yang telah dilakukan akan dibandingkan untuk melihat keakurasian prediksi yang paling baik diantara tiga metode perhitungan tinggi yang dilakukan.

1. Keakurasian jarak 200 cm

Pada jarak 200 didapatkan 73 data berhasil dengan persentase yang baik yaitu 90% dan dari hasil tersebut akan

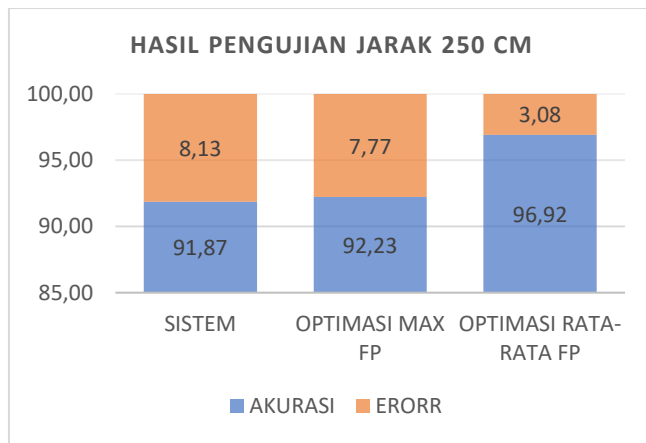
dicari dan dibandingkan prediksi tinggi dari masing-masing perhitungan tinggi. Pada jarak ini mendapatkan dua nilai faktor pengali, yang pertama dengan mencari nilai maksimalnya dan kedua hasil rata-rata. Adapun untuk nilainya berturut-turut 0,9841 dan 0,9132, hasil ini akan menjadi uji coba seterusnya.



Hasil pengujian pertama sistem asli program dengan akurasi tinggi tertinggi 98,38% dan terendah 79,47%, sedangkan selisih tinggi asli dan sistem yang dihasilkan sebesar 1,9 dan 25,7 cm. Rata-rata akurasi dari sistem ini sebesar 90,34% dengan error 9,66% dan selisih tinggi rata-rata 11,94 cm. Pengujian kedua sistem dengan menggunakan faktor pengali maksimal. Hasil menunjukkan akurasi tinggi tertinggi 100% dan terendah 81,39%, sedangkan selisih tinggi asli dan sistem yang dihasilkan sebesar 0 dan 23,3 cm. Sistem ini memiliki akurasi sebesar 92,08% dengan error 7,92% dan selisih tinggi rata-rata 9,8 cm. pengujian ketiga sistem dengan menggunakan faktor pengali rata-rata seluruh data. Dari hasil akurasi tinggi tertinggi yang didapat 99,89% dan terendah 89,93%, sedangkan selisih tinggi asli dan sistem yang dihasilkan sebesar 0,15 dan 12,61 cm. Sistem ini memiliki akurasi sebesar 96,80% dengan error 3,20% dan selisih tinggi rata-rata 3,89cm.

2. Keakurasian jarak 250 cm

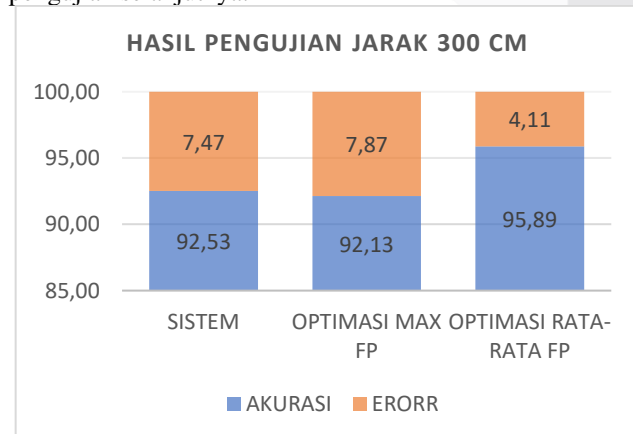
Pada jarak 250 cm memperlihatkan data yang diperoleh dimana mendapatkan tingkat keberhasilan banyak data dan persentase cukup memuaskan, hasil ini lebih unggul dibandingkan jarak-jarak sebelumnya yaitu 72 dengan 89%. Hasil tersebut akan diidentifikasi dan dibandingkan prediksi tinggi dari setiap perhitungan tinggi. Pada jarak ini mendapatkan dua nilai faktor pengali yang berbeda pada jarak sebelumnya. Adapun untuk hasil nilai maksimal faktor pengali 0,9966 dan 0,9262 sebagai faktor pengali rata-rata, hasil ini akan menjadi pengujian selanjutnya.



Dari gambar diatas menunjukkan hasil uji coba pertama sistem asli program dengan keakurasian tinggi tertinggi sebesar 99,66% dan terendah 76,46%. Sementara itu, perbedaan tingginya adalah 0,4 dan 30,6 cm. Rata-rata tingkat ketepatan dari sistem ini adalah 91,87% dengan margin of error sebesar 8,13% dan perbedaan tinggi rata-rata sebesar 10,04 cm. Pengujian kedua sistem dengan faktor pengali maksimum dari salah satu data. Hasil akurasi tertinggi didapat sebesar 100% dan terendah 76,88%, sementara perbedaan tinggi antara asli dan sistem yang dihasilkan adalah 0 dan 30,6 cm. Sistem ini memiliki tingkat keakuratan sebesar 92,23% dan error 7,77%, serta perbedaan tinggi rata-rata 9,6 cm. Pengujian ketiga sistem dengan menggunakan faktor pengali rata-rata semua data. Hasil akurasi tertinggi mencapai 99,85% dan terendah 85,58%. Sedangkan selisih tinggi antara asli dan sistem yang dihasilkan adalah 0,18 dan 18,74 cm. Sistem ini memiliki tingkat akurasi sebesar 96,92% dengan error 3,08% dan selisih tinggi rata-rata sebesar 3,78 cm.

3. Keakurasian jarak 300 cm

Pada hasil pengujian sistem yang diperoleh di mana data yang berhasil dan persentasenya sudah cukup memuaskan, hasil ini lebih unggul dari jarak-jarak sebelumnya yaitu 76 dengan presentase 94%. Hasil tersebut akan diidentifikasi dan dibandingkan prediksi tinggi dari setiap perhitungan tinggi. Pada pengujian terakhir pada penelitian ini juga memiliki dua nilai faktor pengali yang berbeda pada. Adapun nilai maksimal faktor pengali didapat sebesar 1,0038 dan hasil faktor pengali rata-rata 0,9326, hasil ini akan menjadi pengujian selanjutnya.



Dari gambar diatas menampilkan hasil pengujian awal sistem asli program dengan tingkat keakuratan tertinggi yang

tinggi yaitu 99,90%, dan terendah 80,45%. Sementara itu, perbedaan tinggi masing-masing adalah 0,1 dan 7 cm. Rata-rata tingkat keakuratan dari sistem ini adalah 92,53% dengan error sebesar 7,47% dan perbedaan tinggi rata-rata sebesar 9,25 cm. Uji coba kedua sistem dilakukan dengan perkalian maksimum dari salah satu data. Hasil menunjukkan keakuratan paling tinggi sebesar 100% dan terendah 79,99%, sementara perbedaan tinggi yang signifikan antara asli dan sistem yang dihasilkan adalah 0 dan 26,51 cm. Sistem ini memiliki tingkat akurasi sebesar 92,13% dan error 7,87%, serta perbedaan tinggi rata-rata 9,75 cm. Pengujian terakhir dari sistem dilakukan atau yang ketiga dengan menggunakan pengali rata-rata dari semua data. Dari pengujian menunjukkan bahwa akurasi tertinggi adalah 99,82% dan terendah adalah 88,51%. Sedangkan selisih tinggi antara sistem asli dengan sistem yang diperoleh masing-masing adalah 0,23 dan 15,23 cm. Sistem memiliki tingkat akurasi 95,89 dengan error 4,11 dan rata-rata selisih tinggi sebesar 5,01 cm.

Dari hasil yang sudah didapat, sistem berhasil untuk mengukur tinggi badan anak-anak. Meskipun hasil akurasi rata-rata yang didapat oleh sistem sudah melebihi ekspektasi akurasi peneliti (lebih dari 85%) yakni 91,58%, akan tetapi hasil ini dapat ditingkatkan. Peningkatan akurasi ini menggunakan dua pilihan yaitu dengan nilai maksimal faktor pengali dan hasil rata-rata faktor pengali. Dari kedua pilihan didapat hasil yang optimal ketika menggunakan rata-rata faktor pengali, karena nilai akurasi rata-ratanya lebih tinggi 4,39% dibandingkan dengan maksimal faktor pengali. Dari hasil performansi sistem didapat jarak yang optimal untuk dilakukan pengujian sebesar 300 cm, sedangkan hasil akurasi prediksi tinggi akan optimal pada jarak 250 cm. Hal ini dapat berbeda karena banyaknya faktor, pengaruh terbesar diakibatkan karena pakaian objek dan posisi handphone pada saat pengambilan gambar. Pakaian berpengaruh ketika warna yang dikenakan akan menimbulkan citra yang berbeda (intensitas citra yang terdeteksi oleh sistem) pada setiap jaraknya. Begitu juga posisi handphone berpengaruh karena adanya perpindahan tripod saat pengambilan foto yang mengakibatkan pergeseran posisi.

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian, maka dapat diambil kesimpulan bahwa sistem yang dibuat dapat melakukan pengukuran tinggi badan anak-anak berbasis pengolahan citra digital. Pengujian keberhasilan sistem tertinggi didapat ketika jarak pengambilan 300 cm dengan tingkat akurasi yang didapatkan sebesar 94%. Pada pengujian jarak 250 cm mengenai prediksi perhitungan tinggi dengan pengalian rata-rata faktor pengali yang bernilai 0,926, didapat hasil akurasi 96,92% dengan error 3,08%. Hal ini menunjukkan bahwa peran faktor pengali tidak terlalu berpengaruh hanya menambahkan sedikit akurasi dari hasil prediksi pengukuran tinggi badan.

REFERENSI

- [1] R. D. Sanitasari, D. Andreswari, and E. P. Purwandari, "SISTEM MONITORING TUMBUH KEMBANG ANAK USIA 0-5 TAHUN BERBASIS ANDROID (Studi Kasus : PUSKESMAS Beringin Raya Kota Bengkulu)," 2017. [Online]. Available: <http://ejournal.unib.ac.id/index.php/rekursif/>

- [2] Nia Saurina, "Aplikasi Deteksi Dini Tumbuh Kembang Anak 0-6 Tahun Berbasis Android".
- [3] D. E. Kusumawati, L. Latipa, and F. Hafid, "Status Gizi Baduta dan Grafik Pertumbuhan Anak Usia 0-23 Bulan di Wilayah Kerja Puskesmas Pantoloan," *Poltekita : Jurnal Ilmu Kesehatan*, vol. 14, no. 2, pp. 104–110, Nov. 2020, doi: 10.33860/jik.v14i2.289.
- [4] Evita Aurilia Nardina *et al.*, *Tumbuh Kembang Anak*, XIV. Yayasan Kita Menulis, 2021.
- [5] I Gusti Putu Ngurah Adi Santika and Maryoto Subekti, "HUBUNGAN TINGGI BADAN DAN BERAT BADAN TERHADAP KELINCAHAN TUBUH ATLET KABADDI," *Jurnal Pendidikan Kesehatan Rekreasi Jurnal Pendidikan Kesehatan Rekreasi*, vol. 6, pp. 18–24, 2020.
- [6] R. Tian, L. Pu, H.-C. Wu, and Y. Wu, "Novel Automatic Human-Height Measurement Using A Digital Camera."
- [7] A. Misbahuddin, "RANCANGAN ALAT PENGUKURAN TINGGI BADAN OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLLER Disusun oleh," Surabaya, Jun. 2017.
- [8] M. I. Febrianto, "RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKUR TINGGI BADAN MANUSIA SECARA OTOMATIS MENGGUNAKAN KAMERA," Surabaya, 2020.
- [9] Aman B. Pulungan, "Auxology, Kurva Pertumbuhan, Antropometri, dan Pemantauan Pertumbuhan," 2020.
- [10] WHO Team, "WHO Child Growth Standards," *WHO*. <https://www.who.int/tools/child-growth-standards/standards/length-height-for-age> (accessed Aug. 21, 2023).
- [11] dr. Nitish Basant Adnani BMedSc MSc, "Inilah Tinggi Badan Anak Indonesia Sesuai Usianya," *Tim Medis Klikdokter*, 2022. <https://www.klikdokter.com/ibu-anak/kesehatan-anak/inilah-tinggi-badan-anak-indonesia-sesuai-usianya> (accessed Aug. 21, 2023).
- [12] Fajri Eka Satria, Ratri Dwi Atmaja, and Suci Aulia, "PERANCANGAN SISTEM PENGUKURAN TINGGI DAN BERAT BADAN MANUSIA DENGAN OPERASI MORFOLOGI CITRA DIGITAL THE DESIGN OF HUMAN HEIGHT AND WEIGHT MEASUREMENT SYSTEM USING MORPHOLOGY OPERATION OF DIGITAL IMAGE."
- [13] Nicky, K. Gunadi, and A. Nathania Purbowo, "Aplikasi Pengukuran Tinggi dan Berat Badan Manusia Menggunakan Morphological Image Processing."
- [14] B. Irawan, C. Setianingsih, T. Komputer, and F. Teknik Elektro, "DETEKSI LEBAR DAUN TANAMAN PAKCOY DENGAN PENGOLAHAN CITRA DAN METODE EKSTRAKSI CIRI CANNY EDGE DETECTION PAKCOY LEAF WIDTH DETECTION USING IMAGE PROCESSING AND CANNY EDGE DETECTION EXTRACTION METHOD."
- [15] A. Haris and A. Prasetyo, "Model Keamanan Aplikasi Pada Smartphone Android," *PETIR J. Pengkaj. dan Penerapan Tek. Inform.*, vol. 9, no. 1, pp. 16–20, 2016. <https://stt-pln.ejournal.id/petir/article/view/187/164> (accessed Aug. 12, 2023).
- [16] Elias Dianta Ginting, "DETEKSI TEPI MENGGUNAKAN METODE CANNY DENGAN MATLAB UNTUK MEMBEDAKAN UANG ASLI DAN UANG PALSU ABSTRAKSI."
- [17] noorkhokhar99, "Measure size of objects in an image using OpenCV," https://github.com/noorkhokhar99/Measure-size-of-objects-in-an-image-using-OpenCV/blob/main/size_object.py. https://github.com/noorkhokhar99/Measure-size-of-objects-in-an-image-using-OpenCV/blob/main/size_object.py (accessed Jun. 08, 2023).