

Perhitungan Indeks Massa Tubuh *Less Contact* Berbasis *Computer Vision* dan Regresi Linear

Less Contact Body Mass Index Calculation Based on Computer Vision and Linear Regression

Aji Bijaksana Abadi¹, Arif Fadlullah², Sumardi³, Sultan Mahdi⁴, Audrey Nauffal Juniar⁵
Universitas Borneo, Indonesia

Informasi Artikel

Genesis Artikel:

Diterima, 20 Januari 2022
Direvisi, 06 Mei 2022
Disetujui, 05 Juli 2022

Kata Kunci:

Body Surface Area
Indeks masa tubuh
Pengolahan Citra
Regresi Linear
Visi Komputer

Keywords:

Body Mass Index
Body Surface Area
Computer Vision
Image Processing
Linear Regression

ABSTRAK

Indeks massa tubuh dapat dilakukan dengan membandingkan tinggi badan dan berat badan seseorang. Pengukuran tinggi dan berat badan manusia umumnya menggunakan cara manual dan kurang efisien terutama jika terdapat banyak manusia yang akan diukur dan pada saat masa pandemi yang mengharuskan untuk dapat saling menjaga jarak. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dirancang suatu bangun sistem perhitungan Indeks Massa Tubuh (IMT) dengan *Computer Vision* dan regresi linier yang dapat menjadi alternatif dalam pengembangan sistem perhitungan IMT secara otomatis berbasis sensor kamera yang efektif, efisien, dan mampu mengurangi kontak langsung (*less contact*). Tahapan awal berupa pengambilan citra depan dan samping tubuh manusia menggunakan kamera yang kemudian masuk ke tahapan pengolahan citra berupa *grayscale*, blur, deteksi tepi, dan *bounding box* untuk memperoleh tinggi dan lebar badan sampel dalam piksel yang dilanjutkan dengan operasi regresi linier untuk menkonversi nilai piksel tersebut menjadi centimeter (cm) sehingga diperoleh data tinggi badan dan lebar badan sistem, sedangkan untuk berat badan digunakan metode *Body Surface Area* (BSA) yaitu perhitungan luas area tubuh manusia dengan memodelkan tubuh manusia sebagai tabung elips dan ditambahkan faktor pengali untuk meningkatkan perhitungan sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat memperkirakan tinggi serta berat badan. Diperoleh akurasi sebesar 98,96% pada perhitungan tinggi badan, 88,54% pada perhitungan berat badan, 88,24% untuk skor Indeks Masa Tubuh (IMT), serta nilai akurasi kategori IMT sebesar 60%.

ABSTRACT

Body mass index can be done by comparing a person's height and weight. human height and weight measurement generally uses the manual method and is less efficient, especially if there are many people to be measured and during a pandemic where people need to keep their distance for each other. Therefore, on our research, system for calculating Body Mass Index (BMI) was designed with Computer Vision and Linear Regression which can be an alternative in developing an automatic BMI calculation system based on camera sensors that is effective, efficient, and able to reduce direct contact (less contact). The first stage is taking front and side images of the human body using a camera and then enter the image processing stage in the form of grayscale, blur, edge detection, and bounding box to obtain the height and width of the sample body in pixels, then followed by a linear regression operation to convert the pixel value to centimeters (cm) so that height data is obtained. As for body weight, the Body Surface Area (BSA) method is used, which is the calculation of the area of the human body by modeling the human body as an elliptical tube. We use multiplier factor for increasing accuracy of the system. The results showed that the system can estimate the height and weight with accuracy for height calculation is 98,96%, accuracy for weight calculation is 88,54%, accuracy for Body Mass Index (BMI) score is 88,24%, and accuracy for Body Mass Index (BMI) category is 60%

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Penulis Korespondensi:

Aji Bijaksana,
Program Studi Teknik Elektro,
Universitas Borneo Tarakan, Indonesia
Email: ajibijaksana27@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pengukuran tinggi dan berat badan menjadi salah satu komponen yang penting terhadap bidang kesehatan. Hal ini dikarenakan, hasil pengukuran tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi angka kecukupan gizi serta keidealannya melalui indeks massa tubuh (IMT), apakah seseorang dapat dikatakan masuk ke dalam kategori kurus, ideal hingga gemuk. Tes ini sering dipakai sebagai salah satu komponen tes kesehatan jasmani yang digunakan untuk melamar pekerjaan, pendaftaran PNS/TNI/Polri, pendaftaran sekolah kedinasan atau hanya sekedar pengecekan kesehatan secara berkala. Akan tetapi, selama ini proses penentuan IMT masih dilakukan secara manual sehingga akan sangat beresiko jika dilakukan selama pandemi Covid-19. Mengingat akan terjadi interaksi dan komunikasi yang sangat dekat antara pasien yang ingin diukur IMT-nya dengan perawat atau dokter yang bertugas untuk mengecek berat dan tinggi pasien.

Dalam beberapa tahun terakhir telah dilakukan pendekatan menggunakan teknik digital melalui pengembangan sistem IMT otomatis yang dapat mengukur tinggi dan berat badan sekaligus, dengan memanfaatkan sensor ultrasonik untuk mengukur tinggi badan dan sensor *strain gauge* atau *load cell* untuk mengukur berat badan. Misalnya sistem IMT otomatis yang dikembangkan dalam penelitian [1–3] menghasilkan rata-rata nilai *error* untuk pengukuran tinggi badan di bawah 3 hingga 5%, sedangkan pengukuran berat badan rata-rata di bawah 1 hingga 15%. Hanya saja penelitian-penelitian di atas setidaknya memerlukan 2 sensor atau lebih, sehingga memerlukan biaya dan *maintenance* yang lebih besar. Belum lagi sensor-sensor tersebut memiliki batas masa pakai dan terbatas pada ukuran maksimal berat badan yang dapat diukur. Untuk itu, perlu pendekatan lain untuk mengefektifkan perhitungan IMT. Salah satunya dengan menggunakan sensor kamera sebagai mata buatan yang dapat menangkap gambar atau citra seseorang dalam bentuk *computer vision* yang pada dasarnya mencoba meniru cara kerja visual manusia (*Human Vision*)[4]. Beberapa penelitian terkait pemanfaatan sensor kamera untuk menghitung berat dan tinggi badan sudah pernah dilakukan, diantaranya penelitian [5] dengan akurasi sistem sebesar 95,6 % pada jarak 470 cm. Dan penelitian [6] dengan performansi akurasi rata-rata sistem sebesar 98,42% untuk tinggi badan dan 94,4% untuk berat badan dengan parameter nilai jarak pengambilan 306 cm dan dari penelitian [7] tinggi badan memiliki rata-rata selisih penyimpangan sebesar 1,63 % dan berat badan sebesar 11,6 %. Dari ketiga penelitian ini meskipun memiliki tingkat akurasi yang tinggi, akan tetapi dalam menghitung perbandingan antara skala citra dan skala sebenarnya masih menggunakan rumus baku yang tidak fleksibel apalagi ukuran piksel cenderung-cenderung berbeda karena sangat tergantung dengan resolusi dan kualitas kamera. Maka dari itu, perlu alternatif rumus yang dapat menyesuaikan perhitungan secara lebih fleksibel yaitu dengan analisis regresi. Metode analisis regresi ini pada umumnya digunakan dalam proses kalibrasi sensor seperti yang dijelaskan dalam penelitian [8] dengan menggunakan sensor tegangan untuk menghubungkan tegangan AC dan DC, serta sensor arus untuk mengubungkan arus AC dan DC., dimana pengujian untuk sensor tegangan memberikan hasil validasi *error* sebesar 3,21% dengan akurasi sebesar 96,97%, sedangkan untuk pengujian sensor arus memberikan hasil kalibrasi regresi linier dengan *error* sebesar 7,74% dan akurasi sebesar 92,26%.

Oleh karena itu, berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan sebelumnya, penelitian ini akan mengusulkan metode baru dalam sistem perhitungan Indeks Massa Tubuh (IMT) dengan keunggulan yang sifatnya *less contact* yaitu menggunakan *Computer Vision* dan regresi linier. Metode baru yang diusulkan ini dimulai dari penerapan *computer vision* untuk melakukan segmentasi/memisahkan area tubuh dari citra pasien terhadap citra *background* yang ditangkap oleh sensor kamera untuk kemudian diproses lebih lanjut dalam algoritma *machine learning*, sehingga dapat menafsirkan secara otomatis terkait data lebar badan tampak depan, lebar badan tampak samping dan tinggi badan. Data-data tersebut diproses lebih lanjut menggunakan teori *Body surface area* (BSA), sehingga diperoleh nilai tinggi dan berat badan dalam satuan piksel. Nilai tinggi dan berat badan dalam satuan piksel inilah yang pada akhirnya dikonversi ke dalam satuan sebenarnya (cm dan kg) melalui pemodelan analisis regresi linier sehingga diperoleh *output* akhir berupa nilai IMT beserta kategorinya (kurus, sedang, dan gemuk). Diharapkan metode usulan ini dapat menjadi alternatif dalam pengembangan sistem perhitungan IMT secara otomatis berbasis sensor kamera yang efektif, efisien, dan mampu mengurangi kontak langsung (*less contact*).

2. METODE PENELITIAN

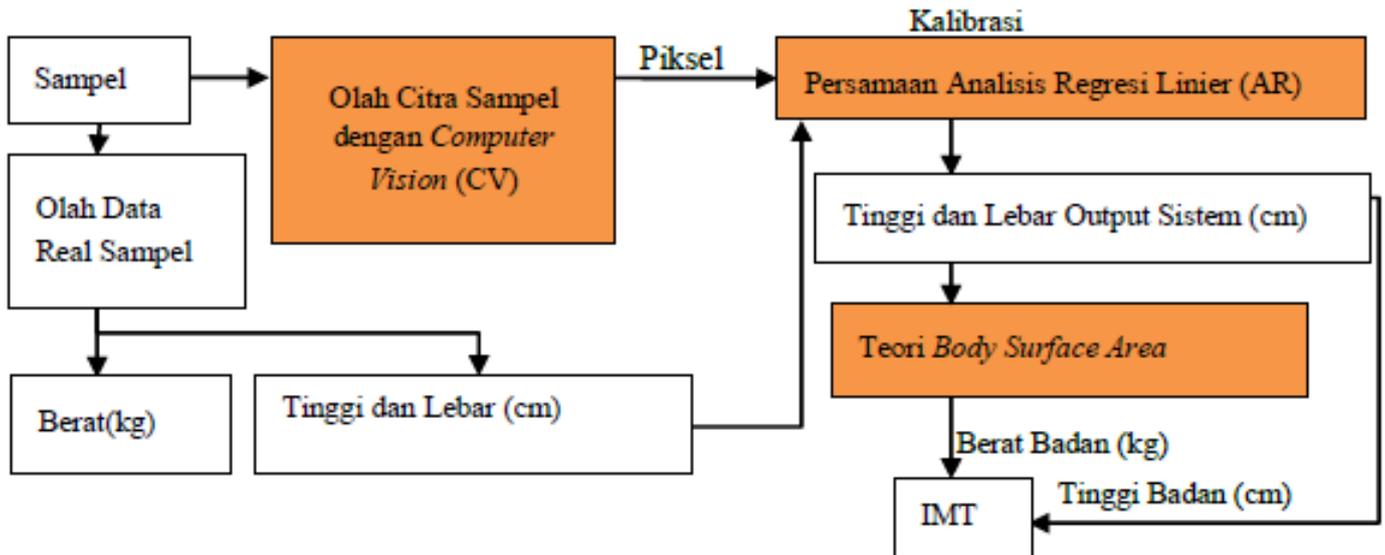
2.1. Bentuk, Sampel, dan Batasan Pengumpulan Data

Bentuk data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data video atau citra *real-time* tubuh manusia yang ditangkap melalui kamera, untuk kemudian diproses menggunakan kombinasi metode usulan sistem yaitu *Computer Vision* dan regresi linier. Sampel data yang digunakan dalam penelitian ini adalah 30 sampel orang dengan segala umur yang memiliki kisaran tinggi dari 150 cm hingga 180 cm. Sampel ini yang akan diukur tinggi, berat badan, nilai IMT dan kategori IMT menggunakan usulan sistem untuk kemudian dibandingkan dengan tinggi dan berat badan sebenarnya. Hal ini berguna untuk melihat sejauh mana sistem usulan dapat memberikan hasil yang akurat. Batasan pengumpulan data yaitu dengan mengambil citra *real-time* seluruh tubuh (*full body*) dari depan dan samping dengan parameter background seragam, serta jarak dan tinggi kamera yang telah ditentukan.

2.2. Rancang Bangun Sistem

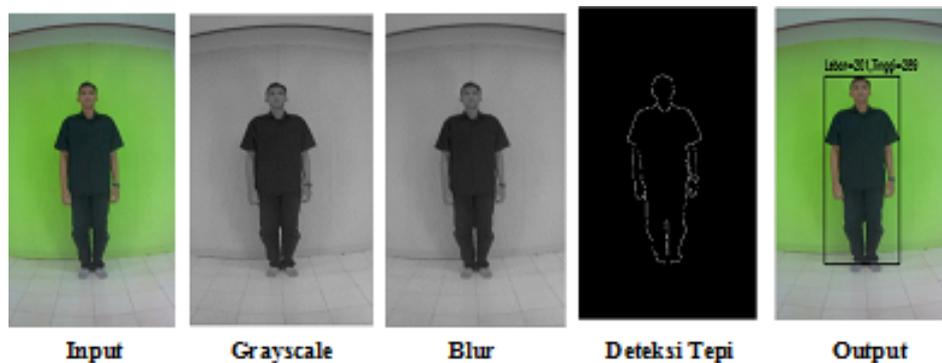
Perancangan dilakukan dalam 2 proses yaitu pembuatan program (*software*) dan *hardware*. Diagram alir rancangan *software* sistem dapat dilihat pada gambar 1 yang menunjukkan bahwa skema rancangan sistem usulan dimulai dari olah data *real* sampel dengan dua pendekatan yaitu 1) olah sampel secara manual dengan menghitung berat, tinggi dan lebar menggunakan alat ukur standar, dan 2) olah sampel melalui proses *capture* data *real citra* sampel yang berupa data citra *real-time* yang diambil sebanyak 2 kali yakni sisi depan dan sisi samping. Olah sampel melalui proses *capture* data citra sampel secara *real-time* inilah yang kemudian akan diolah dengan teknik pengolahan CV (*computer vision*) yaitu dimulai dari mengubah citra warna menjadi *grayscale* hingga meletakkan *boundingbox*. Setelah data sampel dalam bentuk piksel dan manual diperoleh, selanjutnya menggunakan metode AR (analisis regresi linier) guna menghasilkan sebuah persamaan

umum konversi data tinggi badan, lebar badan tampak depan dan lebar badan tampak samping dalam cm. Tinggi badan, lebar badan tampak depan dan tampak samping dalam cm yang diperoleh dari persamaan AR dimasukkan kembali ke dalam persamaan *Body Surface Area* (BSA) yang memodelkan tubuh manusia sebagai tabung sehingga diperoleh nilai berat badan dalam kg. Nilai tinggi dan berat badan yang dihasilkan kemudian akan digunakan untuk mendapatkan nilai IMT (Indeks Massa Tubuh) beserta kategorinya.



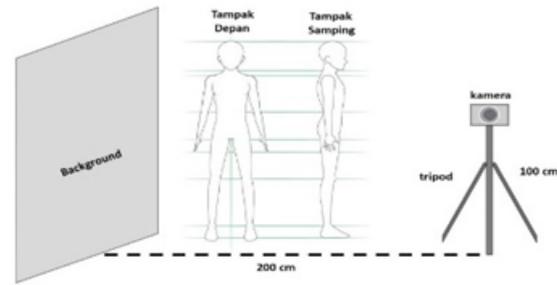
Gambar 1. Skema Rancangan Sistem dengan yang ditandai warna orange merupakan kombinasi metode usulan sistem

Gambar 2 menunjukkan proses pengolahan citra menggunakan teknik *computer vision*, berawal dari input citra warna RGB (*red, green, blue*) yang diperoleh dari hasil tangkapan menggunakan kamera, yang selanjutnya diubah kedalam bentuk citra keabuan menggunakan teknik *grayscale* yang memiliki variasi warna dalam piksel berupa warna hitam dengan nilai rentang terendah 0, dan nilai piksel warna putih dengan rentang tertinggi 255 [9]. Warna RGB pada setiap piksel diolah dengan melakukan tiga perhitungan yang sama pada setiap matriks *red, green, dan blue* sehingga diperoleh nilai *grayscale* [10]. Citra *grayscale* ini selanjutnya dimasukkan kedalam tahapan blur atau pengaburan citra yang didapatkan dengan mengkonvolusi citra dengan sebuah penapis atau filter untuk menghilangkan noise atau citra yang tidak diinginkan [11], setelah citra diblur, selanjutnya dilakukan tahapan deteksi tepi dengan memanfaatkan konvolusi dengan matriks tetangga yang bertujuan untuk meningkatkan penampakan garis batas suatu daerah atau objek di dalam citra dengan mencari nilai piksel yang terendah/tertinggi yang saling berdekatan [12]. Setelah tepi terdeteksi digunakan algoritma *machine learning*, dan *boundingbox* sebagai ROI (*region of interest*) yang dapat dijadikan patokan untuk menggambar bentuk *box*, sehingga dapat digunakan untuk melingkupi seluruh badan. Untuk membuat ROI digunakan koordinat piksel objek yakni *x,y,w,dan h*. Dengan *x* dan *y* adalah titik tengah dari *bounding box*, serta *w* dan *h* adalah nilai tinggi dan lebar terhadap titik tengah *box* [13] sehingga dihasilkan *output* yang memberikan informasi data tinggi dan lebar sampel dalam piksel.



Gambar 2. Proses Olah Citra Sampel

Untuk rancangan hardware sistem ditunjukkan seperti pada Gambar 3. Yang mana dalam perancangan ini kamera akan diletakkan dengan jarak 200 cm, dengan tinggi 100 cm dari *background*, serta jarak sampel dari *background* adalah 25 cm, dengan alat dan bahan yang digunakan berupa laptop, kamera, tripod, kain *background*, dan *lighting*.



Gambar 3. Skema Rancangan *Hardware* Sistem

2.3. Metode Regresi Linier

Regresi linier merupakan salah satu contoh dari sekian analisis regresi dalam metode numerik. Metode ini merupakan analisis statistika yang memodelkan hubungan beberapa variabel menurut bentuk hubungan persamaan linear [14]. Regresi linier ini memiliki bentuk persamaan seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$y' = a + bx_i \quad (1)$$

$$b = \frac{n\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (2)$$

$$a = \bar{y}_l - b\bar{x}_l \quad (3)$$

Keterangan:

y' = variabel dependen sistem (cm)

a = Konstanta

b = Koefisien variabel x

x_i = variabel independen (piksel)

y_i = variabel dependen sebenarnya (cm)

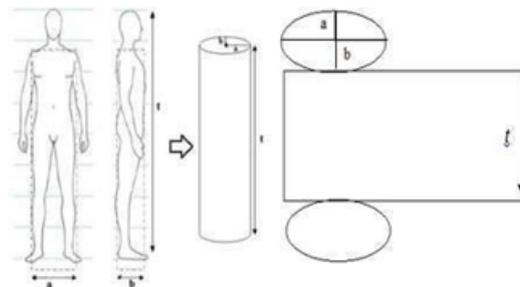
\bar{y}_l = Rata-rata variabel \bar{y}_l

\bar{x}_l = Rata-rata variabel \bar{x}_l

Dalam hal usulan sistem ini akan diperoleh 3 jenis persamaan konversi piksel ke cm dengan metode AR (analisis regresi linier) yaitu persamaan konversi data piksel ke cm untuk tinggi badan, lebar badan tampak depan, dan lebar badan tampak samping.

2.4. Perhitungan *Body Surface Area* (BSA)

Body Surface Area (BSA) merupakan perhitungan atau kalkulasi luas area tubuh manusia dengan pendekatan rumus tabung terhadap bentuk tubuh manusia. Ilustrasi perhitungan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi luas permukaan tubuh manusia sebagai elips

$$\text{Luas permukaan elips (BSA)} = \left(\frac{\pi}{2}\right) \times (a \times b) + \left(\frac{\pi}{2}\right) \times (a + b) \times t \quad (4)$$

Keterangan :

a = lebar depan

b = lebar samping

t = tinggi

Nilai a dan b yang dimasukkan ke dalam persamaan luas permukaan elips (BSA) ini adalah nilai cm lebar badan tampak depan dan lebar badan tampak samping yang diperoleh dari hasil persamaan konversi AR (analisis regresi linier). Setelah nilai dari BSA diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah menghitung berat badan menggunakan persamaan BSA. Terdapat beberapa kalkulasi untuk menentukan BSA. Namun yang paling umum digunakan adalah rumus yang ditemukan oleh Mosteller yang menghubungkan berat badan dan tinggi dengan luas tubuh manusia seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (5). [6]

$$BSA = \sqrt{\frac{\text{Tinggi badan (cm)} \times \text{Berat badan (kg)}}{3600}} \quad (5)$$

Persamaan (5) ini diturunkan sehingga didapatkan persamaan untuk mencari berat badan dalam kg seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (6).

$$BSA = \frac{BSA^2 \times 3600}{\text{Tinggi badan}} \quad (6)$$

2.5. Perhitungan Indeks Masa Tubuh (IMT)

Indeks Massa tubuh (IMT) merupakan indikator yang paling sering digunakan dan praktis untuk mengukur tingkat populasi berat badan lebih dan obesitas pada orang dewasa [15]. Rumus IMT dapat dilihat pada Persamaan (7).

$$IMT = \frac{BB \text{ (Berat Badan)}}{TB^2 \text{ (Tinggi Badan)}} \quad (7)$$

Tabel 1. Kategori berdasarkan Indeks Massa Tubuh

IMT	Kategori	IMT	Kategori
18,4	Berat Badan Kurang	30-39,9	Obesitas I
18,5 24,9	Berat Badan Ideal	40	Obesitas II
25-29,9	Berat Badan Lebih		

2.6. Pengujian Akurasi Sistem Usulan

Pada pengujian akurasi, nilai akurasi diperoleh dari 100% dikurangi dengan nilai dari galat/error, Dimana persamaan *error* yang digunakan adalah *Error* relatif dimana besarnya *error* diberikan dalam bentuk persen [16]. Kemudian nilai akurasi akan diperoleh Rumus *error* dan akurasi dapat dilihat pada persamaan (8) dan (9).

$$\varepsilon = \frac{\rho - \rho_e}{\rho} \times 100\% \quad (8)$$

$$\alpha = 100\% - \varepsilon \quad (9)$$

Dengan :

α = akurasi

ε = error

ρ = nilai ekstrak atau sebenarnya

ρ_e = nilai perkiraan (*output* sistem)

3. HASIL DAN ANALISIS

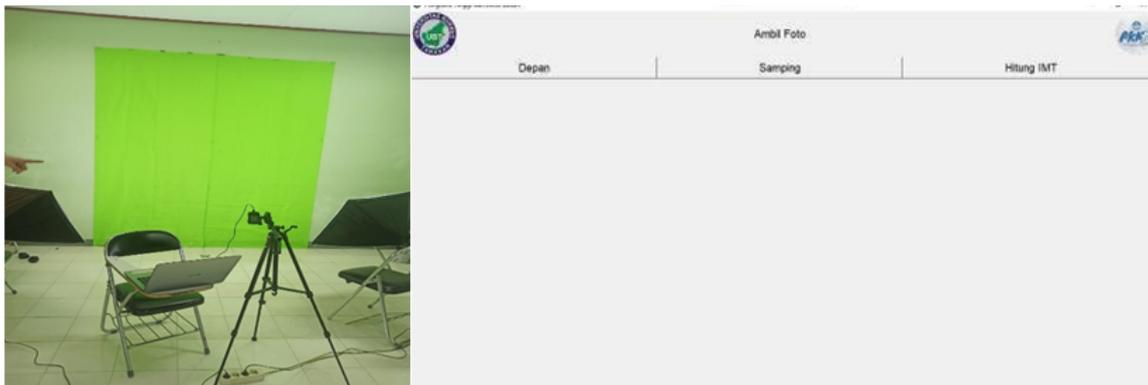
3.1. Akuisisi Data Real

Terdapat empat data *real* yang di akuisisi yaitu data tinggi badan menggunakan stature meter, data berat badan menggunakan timbangan, data lebar badan depan dan samping menggunakan meteran seperti Gambar 5.

Gambar 5. Akuisisi Data *Real*

3.2. Akuisisi Citra

Dalam perancangan *hardware* dan *software* seperti pada gambar 6 sistem berbentuk GUI dengan menggunakan bahasa pemrograman python dengan ukuran gambar yang digunakan yakni 480*600 piksel.

Gambar 6. *Hardware* dan *Software* GUI

Kemudian dilakukan pengambilan citra sehingga didapatkan foto sampel yang memiliki besaran piksel mewakili tinggi dan lebar manusia dari sisi depan maupun sisi samping seperti pada gambar 7.



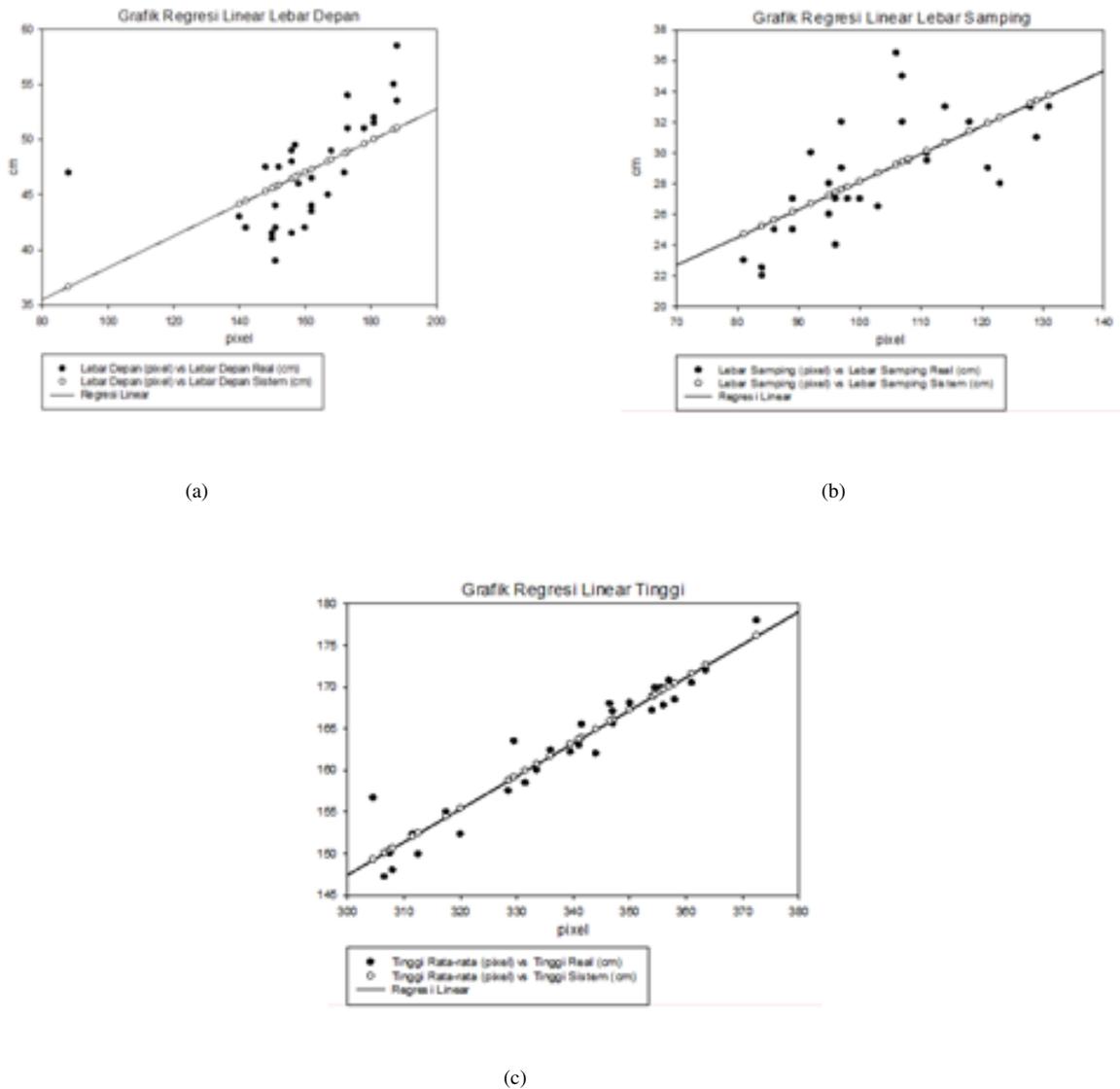
Gambar 7. Foto Sampel Depan dan Samping

3.3. Regresi Linier

30 data sampel yang diperoleh pada tahapan akuisisi, baik berupa data *real* dan data piksel selanjutnya diproses dalam regresi linier yang dilakukan pada 3 macam data sampel yakni tinggi, lebar badan tampak depan dan lebar badan tampak samping sehingga didapatkan 3 persamaan linear. Persamaan tinggi sistem akan dimasukkan ke *software* untuk menentukan tinggi seseorang, lalu persamaan lebar depan dan

samping sistem akan digunakan untuk keperluan menghitung BSA (*body surface area*) dalam penentuan berat badan.

Untuk data tinggi yang diregresikan berupa tinggi rata-rata (piksel) dari tinggi depan (piksel) dan tinggi samping (piksel). Dilakukan perbandingan antara data sebenarnya dengan data sistem. Adapun hasil didapatkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. (a) Grafik Regresi Linier Lebar Depan, (b) Grafik Regresi Linier Lebar Samping, (c) Grafik Regresi Linier Tinggi

3.4. Analisa Data

Citra tubuh manusia diambil menggunakan kamera yang diletakan sejauh 200 cm dari *background* dan tinggi dari lantai 100 cm untuk mengukur tinggi dan berat badan. Untuk mengubah piksel menjadi cm digunakan metode analisis regresi linier dan diperoleh akurasi sebesar 98,96% yang dimana lebih baik jika dibandingkan dengan beberapa penelitian sebelumnya seperti penelitian [5–7] yang memiliki akurasi sebesar 95%-98,5%. Adapun hasil pengukuran tinggi dengan sistem ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Akurasi Perhitungan Tinggi Badan

Data	Tinggi Real (cm)	Tinggi Sistem (cm)	Error (%)	Data	Tinggi Real (cm)	Tinggi Sistem (cm)	Error (%)
1	167,20	168,86	0,99	16	178,00	176,19	1,02
2	169,90	169,45	0,26	17	168,00	165,89	1,25
3	170,80	170,17	0,44	18	157,50	158,76	0,80
4	165,60	166,09	0,29	19	172,00	172,62	0,36
5	162,20	163,12	0,56	20	162,40	161,73	0,41
6	152,30	155,40	2,03	21	162,00	164,90	1,79
7	170,50	171,63	0,66	22	152,30	152,03	0,18
8	147,20	150,05	1,90	23	148,00	150,64	1,79
9	150,00	150,45	0,30	24	155,00	154,41	0,38
10	149,90	152,43	1,68	25	165,50	163,91	0,96
11	160,00	160,74	0,46	26	163,50	159,16	2,66
12	158,50	159,95	0,91	27	167,80	169,65	1,10
13	169,90	169,06	0,50	28	156,70	149,26	4,75
14	167,10	166,09	0,61	29	168,50	170,44	1,15
15	168,10	167,28	0,49	30	163,00	163,71	0,44
Error Rata-Rata (%)							1,04
Akurasi (100% - Error Rata-rata)							98,96

Pada perhitungan berat badan digunakan metode *Body Surface Area* (BSA). Nilai awal rata-rata akurasi yang diperoleh ketika menggunakan metode ini sebesar 28,64%, sehingga digunakan faktor pengali untuk mengoptimasikan perhitungan sistem. Faktor pengali adalah hasil rata-rata pembagian data berat badan sebenarnya dengan data berat badan sistem. Pada penelitian ini, diperoleh faktor pengali sebesar 0,59. Dengan menggunakan faktor pengali, akurasi sistem meningkat menjadi 88,54% seperti yang ditampilkan pada Tabel 3, dimana penelitian ini memiliki tingkat akurasi berat badan yang hampir sama dengan akurasi pada penelitian [7], dan lebih rendah jika dibandingkan penelitian [6] yang memiliki akurasi sekitar 94%.

Tabel 3. Akurasi Perhitungan Berat Badan

Data	Berat Real (kg)	Berat Sistem (kg)	Error (%)	Data	Berat Real(kg)	Berat Sistem (kg)	Error (%)
1	60,25	60,38	0,22	16	84,00	75,90	9,61
2	59,60	72,55	21,72	17	55,30	59,04	6,77
3	70,10	55,40	21,00	18	81,15	93,70	15,46
4	98,60	85,00	13,73	19	69,35	62,53	9,83
5	52,92	46,78	11,60	20	86,10	89,73	4,21
6	64,35	61,51	4,41	21	67,45	64,94	3,72
7	54,85	51,18	6,70	22	54,35	44,50	18,13
8	38,80	45,00	15,90	23	52,50	61,00	16,20
9	42,50	43,10	1,37	24	46,55	53,64	15,24
10	33,70	40,13	19,10	25	61,20	74,10	21,00
11	49,15	57,14	16,25	26	62,85	56,51	10,10
12	47,60	44,36	6,81	27	72,80	75,67	3,94
13	66,75	60,84	8,85	28	39,45	46,97	19,10
14	50,80	48,56	4,41	29	93,05	80,87	13,10
15	45,90	51,40	12,00	30	74,60	64,62	13,40
Error Rata-Rata (%)					11,46		
Akurasi (100% - Error Rata-rata)					88,54		

Kemudian untuk menghasilkan nilai Indeks Masa Tubuh digunakan perhitungan IMT berdasarkan nilai dari tinggi dan berat badan yang dihasilkan dari sistem (kombinasi analisis regresi dan teori BSA). Dari hasil perhitungan, diperoleh rata-rata akurasi sistem untuk nilai IMT sebesar 88,24% seperti yang ditampilkan pada Tabel 4. Hanya saja ketika perhitungan akurasi didasarkan pada perbandingan kategori IMT real dan IMT usulan (1 (*true*) jika sama, 0 (*false*) jika berbeda), maka rata-rata nilai akurasi kategori IMT sebesar 60%.

Tabel 4. Akurasi Perhitungan IMT

Data	IMT Real	Kategori	IMT Sistem	Kategori	Data	IMT Real	Kategori	IMT Sistem	Kategori
1	21,55	I	21,18	I	16	26,51	L	24,45	I
2	20,65	I	25,27	L	17	19,59	I	21,45	I
3	24,00	I	19,13	I	18	32,71	O 1	37,18	O 1
4	35,95	O 1	30,81	O 1	19	23,44	I	20,98	I
5	20,11	I	17,58	K	20	32,65	O 1	34,30	O 1
6	27,74	L	25,47	L	21	25,70	L	23,88	I
7	18,87	I	17,37	K	22	23,43	I	19,25	I
8	17,91	K	19,99	I	23	23,97	I	26,88	L
9	18,90	I	19,04	I	24	19,38	I	22,50	I
10	15,00	K	17,27	K	25	22,34	I	27,58	L
11	19,20	I	22,11	I	26	23,51	I	22,31	I
12	18,95	I	17,34	K	27	25,86	L	26,29	L
13	23,12	I	21,29	I	28	16,10	K	21,08	I
14	18,19	K	17,60	K	29	32,77	O 1	27,84	L
15	16,24	K	18,37	K	30	28,10	L	24,11	I
<i>Error Rata-Rata (%)</i>									11,76
Akurasi (100% - <i>Error Rata-rata</i>)									88,24
Akurasi Kategori ((30-12 kesalahan)/30) *100%									60,00

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini dapat melakukan perhitungan Indeks Massa Tubuh (IMT) berdasarkan citra deteksi tepi tubuh manusia secara langsung (*real time*) tanpa harus menyimpan citra sampel terlebih dahulu. Pemanfaatan metode analisis regresi linear yang menghasilkan sebuah persamaan yang menyatakan hubungan antara besarnya piksel dalam citra dengan panjang centimeter (cm), penggunaan metode ini belum pernah digunakan pada penelitian-penelitian terkait sebelumnya. Persamaan analisis regresi ini memberikan hasil untuk pengukuran tinggi badan yang sangat baik dengan akurasi sebesar 98,96% dan *error* rata-rata sebesar 1,04%. Untuk metode *Body Surface Area* (BSA) dengan faktor pengali menghasilkan perhitungan berat badan yang memiliki akurasi sebesar 88,54% dan *error* rata-rata sebesar 11,4%. Kemudian perhitungan Indeks Masa Tubuh (IMT) diperoleh akurasi sistem sebesar 88,24% dan *error* rata-rata sebesar 11,76%, serta akurasi untuk pengkategorian IMT antara yang dihasilkan sistem dengan IMT sebenarnya sebesar 60%, hal ini dikarenakan selisih nilai IMT yang kecil dapat menghasilkan perbedaan kategori yang signifikan. Adapun beberapa saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk mengembangkan sistem agar dapat mengambil sampel dengan jarak yang fleksibel dan menggunakan metode pengukuran berat badan dengan pendekatan lain seperti pendekatan kecerdasan buatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Tuhan yang Maha Esa yang memberikan kami kesempatan untuk dapat menyelesaikan penelitian ini, Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan yang telah mendanai sepenuhnya penelitian ini dalam skema PKM-RE serta kepada Kepala Jurusan Teknik Elektro, Dosen Pembimbing dari Teknik Komputer, Mahasiswa Universitas Borneo Tarakan dan semua pihak yang telah memberikan dukungan selama pelaksanaan penelitian.

REFERENSI

- [1] R. Agusli, R. Tullah, and N. Karisma, "Alat Ukur Tinggi dan Berat Badan Berbasis Arduino Uno," *Academic Journal of Computer Science Research*, vol. 3, no. 1, pp. 191–196, 2021.
- [2] M. Afdali, M. Daud, and R. Putri, "Perancangan Alat Ukur Digital untuk Tinggi dan Berat Badan dengan Output Suara berbasis Arduino UNO," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 5, no. 1, p. 106, 2018.
- [3] L. Maulana and D. Yendri, "Rancang Bangun Alat Ukur Tinggi dan Berat Badan Ideal Berdasarkan Metode Brocha Berbasis Mikrokontroler," *Journal of Information Technology and Computer Engineering*, vol. 2, no. 02, pp. 76–84, 2018.
- [4] S. M. Liem, M. Y. Tuga, and E. A. Lisangan, "Prototype Aplikasi Pengawasan Masyarakat Menggunakan Smart Camera dalam Mendeteksi COVID-19," *Jurnal Fokus Elektroda: Energi Listrik . . .*, vol. 05, no. September, pp. 15–19, 2020.
- [5] H. Fauzi, F. Rahman, T. N. Azhar, N. Ayudina, and R. Dwiatmaja, "Analisa Metode Pengukuran Berat Badan Manusia dengan Pengolahan Citra," *Teknik*, vol. 38, no. 1, p. 35, 2017.
- [6] S. Aulia, F. E. Satria, and R. D. Atmaja, "Sistem Pengukur Tinggi dan Berat Badan Berbasis Morphological Image Processing," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 6, no. 2, p. 219, 2018.
- [7] T. Efendi, T. A. Tsauri, and I. I. Uljanah, "Rancang Bangun Sistem Pengolahan Citra Digital untuk Menentukan Berat Badan Ideal," *JISKA (Jurnal Informatika Sunan Kalijaga)*, vol. 2, no. 2, p. 63, 2017.

- [8] Jumrianto, Wahyudi, and A. Syakur, "Kalibrasi Sensor Tegangan dan Sensor Arus dengan Menerapkan Rumus Regresi Linear menggunakan Software Bascom AVR," *Journal of Systems, Information Technology, and Electronics Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 1–14, 2020.
- [9] A. Zahra, B. Zana, J. Raharjo, and H. F. Tsp, "Analisa Jenis Kelamin Berdasarkan Citra Wajah Menggunakan Metode Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) dan Klasifikasi Naive Bayes," *eProceedings of Engineering*, vol. 8, no. 5, pp. 4580–4591, 2021.
- [10] N. Z. Munantri, H. Sofyan, and M. Y. Florestiyanto, "Aplikasi Pengolahan Citra Digital untuk Identifikasi Umur Pohon," *Telematika*, vol. 16, no. 2, p. 97, 2020.
- [11] L. Leonardo, "Penerapan Metode Filter Gabor untuk Analisis Fitur Tekstur Citra pada Kain Songket," *Jurnal Sistem Komputer dan Informatika (JSON)*, vol. 1, no. 2, p. 120, 2020.
- [12] Y. D. Arimbi and N. Sofi, "Deteksi Tulang Belakang pada Citra Ct-Scan Menggunakan Metode Deteksi Tepi Sobel," *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, vol. 26, no. 3, pp. 207–216, 2021.
- [13] B. Putra, G. Pamungkas, B. Nugroho, and F. Anggraeny, "Deteksi dan Menghitung Manusia Menggunakan YOLO-CNN," *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 02, no. 1, pp. 67–76, 2021.
- [14] R. Khairiyah, Maiyastri, and R. Diana, "Perbandingan Metode Kuadrat Terkecil dan Metode Bayes pada Model Regresi Linier," *Jurnal Matematika UNAND*, vol. 7, no. 1, pp. 115–124, 2018.
- [15] I. . Ulumuddin and Y. Yhuwono, "Hubungan Indeks Massa Tubuh dengan Tekanan Darah pada Lansia di Desa Pesucen, Banyuwangi," *J. Kesehat. Masy. Indones*, vol. 13, no. 1, p. 2018, 2018.
- [16] Z. B. Anwar, A. Widodo, N. Kholis, and Nurhayati, "Sistem Monitoring Pasien Isolasi Mandiri Covid-19 Berbasis Internet of Things," *Journal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 3, pp. 689–697, 2021.