

Sistem Pengukur Tinggi dan Berat Badan berbasis *Morphological Image Processing*

SUCI AULIA, FAJRI EKA SATRIA, RATRI DWI ATMAJA

Universitas Telkom
Email: suciaulia@telkomuniversity.ac.id

Received 27 April 2018 | Revised 15 Mei 2018 | Accepted 24 Mei 2018

ABSTRAK

Pengukuran tinggi dan berat badan manusia sekarang ini masih bersifat manual sehingga kurang efisien jika dilakukan untuk kebutuhan dengan jumlah objek yang banyak. Sebagai solusi, pada penelitian ini telah dirancang suatu sistem untuk mengukur Tinggi Badan (TB) dan Berat Badan (BB) manusia berbasis Morphological Image Processing (MIP). Proses dimulai dengan citra masukan berupa citra digital full body yang dapat diambil dengan smartphone kemudian dilanjutkan dengan operasi MIP terdiri dari proses dilasi, filling dan labeling. Hasil dari MIP adalah jumlah piksel tinggi objek yang dikonversi menjadi TB (cm). Sedangkan perhitungan BB (kg) diperoleh dari luas permukaan tubuh objek berbasis BSA dengan memodelkan ke bentuk tabung elips. Dari hasil pengujian, diperoleh performansi sistem maksimum yaitu Approximate Value 98.42% untuk TB dan 94.4% untuk BB. Nilai tersebut diperoleh dengan parameter nilai jarak pengambilan 306 cm dan strel (structure element) pada MIP adalah 2.

Kata kunci: tinggi badan, berat badan, BSA, morphological image processing

ABSTRACT

Measurement of human height and weight are still performed manual today so it have not efficiency if conducted to many objects. As a solution, this research has designed a system for measuring the human body height and weight based on morphological image processing (MIP). The process was started with an input image of a full body digital image that retrieved with a smartphone followed by a MIP operation consisting of dilation, filling, and labeling. The result of MIP is the number of high pixels of objects converted to height in cm. While weight calculation has been obtained from surface area of body object based on BSA by modelling it to ellipse tube. The system performance is obtained at maximum Approximate Value of 98.42% for height and 94.4% for weight. That value was obtained with 306 cm distance and 2 structure element size of MIP.

Keywords: height, weight, BSA, morphological image processing

1. PENDAHULUAN

Sekarang ini, pengukuran tinggi dan berat badan (TB dan BB) merupakan salah satu aspek yang paling penting di beberapa instansi seperti pada proses rekrutasi di bidang militer (**Llorca-Jaña, Navarrete-Montaño, Droller, & Araya-Valenzuela, 2018**), di bidang medis sejak tahun 2002 (**Miller, 2002**) sampai tahun 2016 sub bidang pertumbuhan janin (**Sancak, Gursay, Imamoglu, Karatekin, & Ovali, 2016**), *Body Mass Index* (BMI) untuk mengontrol tingkat obesitas (**Madden, 2006**), obesitas pada wanita (**Gillespie & Christian, 2016**) dan obesitas khusus pada anak (**Akrout et al., 2014**), penyaringan konsumen pada wahana permainan ekstrim dan sebagainya. Namun faktanya saat ini pengukuran masih dilakukan manual, sehingga banyak peneliti yang mencoba dengan berbagai metoda di bidang *image processing* untuk mengolah citra menjadi keluaran TB dalam satuan cm dan BB dalam satuan kg.

Beberapa penelitian berbasis citra tersebut diantaranya adalah pendekatan untuk mengidentifikasi bentuk tubuh wanita berdasarkan analisis dari citra 2D dan hasilnya memperlihatkan bahwa kondisi *background* dan cahaya sangat bersifat *noising* sehingga masih perlu dilakukan beberapa optimasi (**Kart, Kut, Vuruskan, & Bulgun, 2011**). Studi lainnya (**Shrikant & Honade, 2013**), mengukur TB dan BB dengan memasukkan *half body image* dan *random background* berhasil mengkonversi citra ke dalam cm dan kg namun belum menguji performansinya berdasarkan tingkat akurasi maupun nilai pendekatan. Berlanjut dengan penelitian (**Bipembi, Panford, & Appiah, 2015**) yang membandingkan BMI konvensional dengan *image BMI* menggunakan metoda *Pearson Correlation*, hasilnya menunjukkan secara keseluruhan masih bersifat *moderate* dengan nilai *mean* 8.8. Ditahun yang sama (**Varma, Mhatre, More, & Ayane, 2015**), Varma mengenalkan sebuah *prototype* dengan sensor LDR untuk mengukur tinggi badan dengan hasil yang masih belum baik. Penelitian lainnya (**Mayer et al., 2017**) mengukur tinggi badan, berat badan, dan BMI berdasarkan citra kontur wajah, (**Afdali, Daud, & Putri, 2017**) merancang alat ukur digital untuk tinggi dan berat badan dengan keluaran suara, (**Akbar & Rachmat, 2018**) dan Akbar mengukur berat badan serta panjang badan untuk KMS gizi balita. Dari beberapa uraian studi mengenai pengukuran TB dan BB berbasis *image processing* masih terus berkembang, sehingga pada penelitian ini diangkat suatu pendekatan pengukuran TB dan BB berbasis MIP (*morphological image processing*) dengan citra masukannya *full body image* yang diambil dari *smartphone*. Adapun yang akan dibahas pada penelitian ini adalah menganalisis *Approximate Value* (*ApV*) berdasarkan parameter MIP dan penggunaan metoda BSA (*Body Surface Area*) untuk mendapatkan nilai BB.

2. BODY SURFACE AREA (BSA)

Body surface area (BSA) merupakan suatu cara perhitungan luas area tubuh manusia dengan mendapatkan informasi dari tinggi dan berat badan. Bahkan sekarang sudah berkembang menjadi *Whole Body Surface Area* (WBSA), yaitu BSA dalam bentuk 3D seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1a dan VBSA, yaitu pengembangan BSA dalam bentuk virtual seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1b.



Gambar 1. (a) Citra 3D Sebagai Masukan Untuk WBSA (b) Citra 3D Hasil Simulasi VBCA (Piccirilli, Doretto, & Adjeroh, 2017).

Secara umum, persamaan dari BSA diinisialisasi berdasarkan luas suatu area seperti persamaan *Surface area = Constant x Weight* (Slone, 1993). Kemudian berkembang menjadi BSA dengan beberapa formula seperti pada Tabel 1. (Kouno, Katsumata, Mukai, Ando, & Watanabe, 2003), (Saganuwan, 2015), (Redlarski, Palkowski, & Krawczuk, 2016), (Sharkey et al., 2001), (Haycock, Schwartz, & Wisotsky, 1978).

Tabel 1. Perbandingan Formula *Body Surface Area* (BSA).

Author	Tahun Publikasi	Formula
DuBois & DuBois	1916	$2.0247 \times 10^{-1} \times H^{0.725} \times W^{0.425}$
Haycock et al	1978	$0.024265 \times W^{0.5378} \times H^{0.3964}$
Monsteller	1987	$\sqrt{(W \cdot H / 3600)}$
Boyd	1935	$0.0003207 \times (W \cdot 1000)^{0.7285 - 0.0188 \cdot \log_{10}(W \cdot 1000)} \times H^{0.3}$
Gehan and George	1970	$0.0235 \times W^{0.51456} \times H^{0.42246}$
Takashira	1925	$0.007246 \times W^{0.425} \times H^{0.725}$
Fujimoto	1968	$0.008883 \times W^{0.444} \times H^{0.663}$

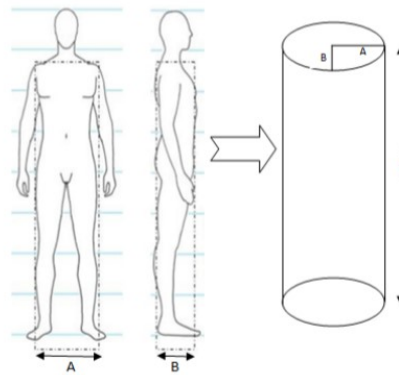
2.1. Perhitungan Tinggi Badan (TB)

Perhitungan TB diperoleh dengan cara mengubah nilai piksel ke dalam satuan cm. Setelah diujikan terhadap sampel uji, diperoleh nilai *error* yang dijadikan sebagai faktor pengali (FP). Perhitungan TB pada studi ini ditunjukkan pada Persamaan (1):

$$\text{Tinggi Badan} = \frac{\text{jumlah piksel tinggi citra objek} \times 20}{\text{jumlah piksel tinggi objek kotak}} \times \text{faktor pengali} \quad (1)$$

2.2. Perhitungan Berat Badan (BB)

Proses perhitungan BB dilakukan dengan menggunakan persamaan *Body Surface Area* (BSA). Langkah awal dari BSA adalah mencari nilai luas tubuh objek terlebih dahulu yang kemudian luas tubuh tersebut menjadi parameter masukkan untuk menghitung BB. Perhitungan BB dengan masukkan berupa citra digital dilakukan dengan cara memodelkan tubuh manusia ke dalam bentuk tabung elips seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan Tubuh Manusia ke Dalam Tabung Elips

Pada Gambar 2 di atas, lebar tampak depan pada objek manusia merepresentasikan radius terpanjang dari tabung elips disimbolkan dengan A, sedangkan lebar tampak samping merupakan radius terpendek dari tabung elips disimbolkan dengan B dan tinggi objek orang merepresentasikan tinggi tabung. Untuk menghitung luas permukaan tubuh pada objek maka dicari dengan menghitung luas permukaan tabung elips.

Tabung elips merupakan sebuah bangun ruang dengan alasnya berupa elips sehingga untuk mendapatkan seluruh luas permukaan pada tabung elips dapat digunakan Persamaan (2) dan (3) berikut.

$$\text{luas permukaan tabung elips} = 2 \times \text{luas alas} + \text{luas selimut tabung elips} \quad (2)$$

$$\text{luas permukaan tabung elips} = 2 \times [\pi \times (A \times B)] + [\pi \times (A + B) \times t] \quad (3)$$

$$BSA = \left(2 \times \left[\frac{\pi}{2} \times (A \times B) \right] + \left[\frac{\pi}{2} \times (A + B) \times \left[1 + \frac{3h}{(10 + \sqrt{4 - 3h})} \right] \times t \right] \right) \times 10^{-5} \times \alpha \quad (4)$$

Dimana :

- A = jumlah piksel lebar badan dari depan
- B = jumlah piksel lebar badan dari samping
- t = tinggi badan dalam piksel
- π = 3.14

$$h = \frac{(A-B)^2}{(A+B)^2} \quad (5)$$

$$\alpha = \frac{\text{tinggi badan (cm)}}{\text{jumlah piksel tinggi badan (piksel)}} \quad (6)$$

Pada penelitian ini, dipilih persamaan BSA yang ditemukan oleh Mosteller karena perhitungannya yang relatif sederhana sehingga dapat mempersingkat proses komputasi. Berdasarkan Tabel 1 pada Persamaan (7), maka diperoleh Persamaan (8) untuk nilai BB.

$$BSA = \sqrt{\frac{\text{tinggi badan (cm)} \times \text{berat badan (kg)}}{3600}} \quad (7)$$

$$\text{berat badan} = \frac{BSA^2 \times 3600}{\text{tinggi badan}} \quad (8)$$

3. HASIL DAN ANALISIS

Secara umum proses dimulai dari akuisisi citra berupa pengambilan foto *full body* dari objek dengan posisi berdiri tampak depan, samping dan belakang kemudian masuk ke dalam *preprocessing*. Citra hasil *preprocessing* menjadi masukkan operasi morfologi yang kemudian digunakan untuk mencari TB dan BB. Nilai TB dicari terlebih dahulu karena akan menjadi masukkan untuk perhitungan nilai BB dengan menggunakan persamaan *body surface area* (BSA).

3.1. Akuisisi Citra

Pengambilan citra dilakukan menggunakan kamera pada *smartphone* dalam kondisi di dalam ruangan. Tinggi kamera dari permukaan lantai ± 100 cm dengan sudut pengambilan 90° . Hasil akuisisi citra dapat dilihat pada Gambar 3, objek diambil dari tiga arah yaitu tampak depan, samping, dan belakang.



Gambar 3. Akuisisi Objek (a) Tampak Depan (b) Tampak Samping (c) Tampak Belakang

3.2. Preprocessing

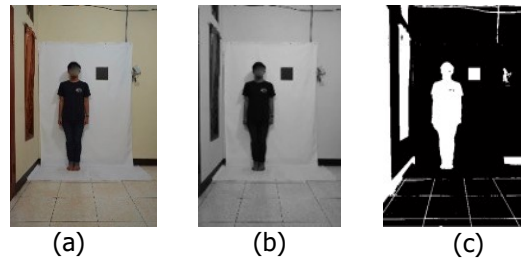
Preprocessing merupakan tahapan selanjutnya setelah akuisisi citra, tujuan dari proses ini adalah hanya mengambil citra yang bersifat informasi saja. *Preprocessing* pada studi ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu:

- Mengubah citra berwarna (RGB) menjadi citra dengan derajat keabuan (*Grayscale*).
- Segmentasi citra keabuan bertujuan untuk memisahkan antara objek dengan latarbelakangnya.
- Mengubah citra keabuan menjadi citra hitam putih atau citra *biner* yang hanya terdiri dari bit "1" dan bit "0".

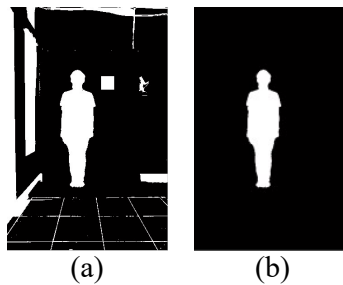
Nilai *threshold* yang digunakan adalah 1 untuk objek posisi menghadap kedepan dan 0.9 untuk menghadap kesamping, lalu citra tersebut diubah lagi ke dalam bentuk citra hitam putih untuk mempermudah membedakan bagian objek dan latar pada citra seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Nilai *threshold* digunakan untuk mengkonversi derajat keabuan pada citra *grayscale* ke citra biner yang hanya terdiri bit "0" dan "1", hasilnya terlihat pada Gambar.4c. Nilai *threshold* untuk arah objek ke depan (1) dan kesamping (0.9) berbeda berdasarkan hasil pengujian yang mendekati nilai pendekatan (*Approximate Value*) maksimum. Adapun platform yang digunakan pada studi ini adalah Matlab R2016b.

3.3. Operasi Morfologi

Citra keluaran dari *preprocessing* selanjutnya menjadi masukkan MIP untuk mencari jumlah piksel pada objek. Langkah pertama pada MIP adalah proses dilasi pada citra dalam format BW (*Black and White*) untuk melakukan penebalan disekeliling objek yang dicari dan memperjelas batas tepi objek, setelah itu dilakukan operasi *filling* untuk mengisi bagian yang kosong didalam objek. Tahap selanjutnya dilakukan pelabelan terhadap objek yang dicari, tujuannya adalah untuk menandai objek yang diinginkan. Tahapan proses MIP dapat dilihat pada Gambar 5(a) dan (b).



Gambar 4. Preprocessing (a) Citra Masukan Akuisisi Awal (b) Konversi ke Format Grayscale (c) Konversi ke Format BW



Gambar 5. (a) Citra Hasil Dilasi dan Filling (b) Hasil Labeling Terhadap Objek

Berdasarkan Gambar 5b di atas, hasil labeling menunjukkan objek yang terdeteksi dengan nilai piksel "1" terluas yang selanjutnya akan dihitung luasnya berdasarkan konsep luas permukaan tabung elips.

3.4. Skenario Pengujian

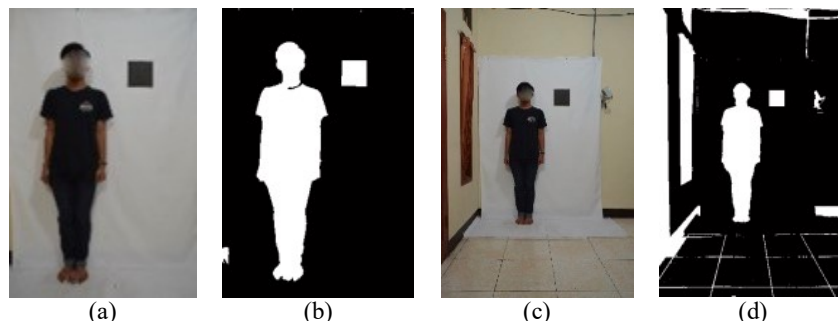
Pada studi ini, pengujian pada sistem menggunakan 40 foto objek yang terdiri dari 29 laki-laki dan 11 perempuan dengan rentang usia 20-55 tahun. Pengambilan citra bersifat *indoor*, dengan tinggi kamera dari permukaan bidang datar 100 cm menggunakan tripod, sudut pengambilan 90° . Langkah-langkah pengujian berdasarkan pada beberapa kondisi berikut :

1. Pengaruh posisi berdiri objek
Terdapat tiga posisi berdiri pada objek seperti pada Gambar 3, yaitu menghadap ke depan, belakang dan samping kamera setelah itu dianalisis akurasi terbaik yang didapatkan dari ketiga posisi tersebut.
2. Pengaruh parameter MIP
Pada pengujian ini diberikan variasi ukuran strel (*structuring element*) yaitu 1,2,4 dan 6 den jenis strel yang digunakan adalah "disk".
3. Pengaruh ukuran citra.
Pada pengujian ini, diuji cobakan berbagai ukuran resolusi citra dengan menurunkan sebesar 15%, 30% dan 45% dari ukuran citra asli.
4. Performansi sistem terhadap *error*.
Nilai *error* merupakan nilai selisih dari nilai sesungguhnya (TB dan BB) dengan nilai hasil perhitungan sistem sehingga *Approximate Value* dapat dicari. *Approximate Value* merupakan nilai pendekatan hasil perhitungan TB maupun BB oleh sistem dengan masukkan citra digital terhadap nilai TB dan BB sesungguhnya.

3.4.1 Analisis Pengaruh Jarak

Pada studi ini, diujikan pengaruh dari parameter jarak yaitu pada jarak dekat 158 cm dan jarak jauh 306 cm. Dari hasil pengujian, diperoleh jarak maksimal pengambilan citra pada 306 cm antara titik tripod dengan posisi objek berdiri seperti yang terlihat pada Gambar 6c.

Berdasarkan Tabel 2, dari 40 data uji yang terdiri dari objek laki-laki dan perempuan diperoleh rata-rata selisih TB antara pengukuran manual terhadap objek dengan hasil sistem yaitu 2.33 cm dan rata-rata *Approximate Value (ApV)* 98.42%. Sedangkan rata-rata *ApV* pada jarak dekat adalah 89.6% dengan rata-rata selisih (*error*) 19.2 cm.



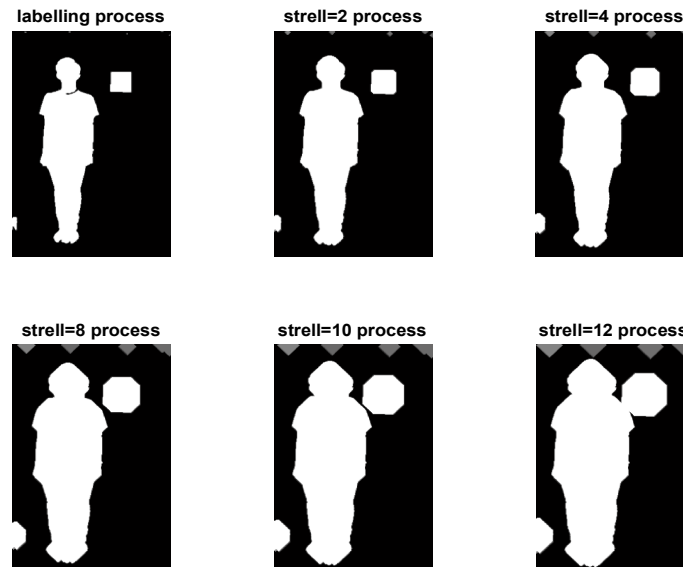
Gambar 6. Perbandingan Jarak Pada Proses Akuisisi Citra. (a) Tahap Awal Citra RGB Jarak 158 cm (b) Hasil *Preprocessing* Citra a (c) Tahap Awal Citra RGB Jarak 306 cm (d) Hasil *Preprocessing* Citra b

Tabel 2. Nilai *Approximate Value* TB Dengan Jarak Pengambilan 306 cm.

Data	L/P	Tinggi		Selisih	% <i>ApV</i>	Data	L/P	Tinggi		Selisih	% <i>ApV</i>
		Badan (cm)						Badan (cm)			
		Asli	sistem					Asli	sistem		
data 1	L	173	175	2	98.84%	data 21	L	175	175	0	100.00%
data 2	L	168	167	1	99.40%	data 22	L	174	170	4	97.70%
data 3	L	171	171	0	100.00%	data 23	L	170	171	1	99.41%
data 4	L	168	171	3	98.21%	data 24	L	162	163	1	99.38%
data 5	L	169	173	4	97.63%	data 25	L	168	170	2	98.81%
data 6	L	170	173	3	98.24%	data 26	L	163	165	2	98.77%
data 7	P	155	161	6	96.13%	data 27	L	168	170	2	98.81%
data 8	P	149	150	1	99.33%	data 28	L	168	166	2	98.81%
data 9	L	177	180	3	98.31%	data 29	L	159	159	0	100.00%
data 10	L	172	177	5	97.09%	data 30	L	169	171	2	98.82%
data 11	P	151	153	2	98.68%	data 31	L	165	164	1	99.39%
data 12	L	169	167	2	98.82%	data 32	L	166	165	1	99.40%
data 13	P	159	158	1	99.37%	data 33	L	173	171	2	98.84%
data 14	P	147	145	2	98.64%	data 34	L	160	160	0	100.00%
data 15	L	174	177	3	98.28%	data 35	P	142	139	3	97.89%
data 16	L	156	152	4	97.44%	data 36	L	171	169	2	98.83%
data 17	P	154	149	5	96.75%	data 37	L	172	168	4	97.67%
data 18	P	160	163	3	98.13%	data 38	L	175	172	3	98.29%
data 19	P	153	157	4	97.39%	data 39	L	166	164	2	98.80%
data 20	P	161	160	1	99.38%	data 40	P	152	148	4	97.37%

3.4.2 Analisis Pengaruh *structuring element*

Structuring element (strel) merupakan unsur penting di dalam operasi morfologi. Fungsi strel ini adalah untuk mempertebal batasan disekeliling objek dan menghilangkan objek yang memiliki ukuran lebih kecil dari strel yang digunakan. Pada skenario ini akan dilakukan pengujian dengan memberikan ukuran strel mulai dari yang terkecil dan kelipatannya pada jarak terbaik 306 cm. Hasilnya diperoleh maksimum (*Approximate Value* TB) dengan nilai strel = 2, seperti yang terlihat pada Gambar 8. Pengaruh nilai strel sebagai parameter SE (*structure element*), telah diujikan terhadap *labelling image* dengan variasi strel= 2,4,8,10, dan 12, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 7.



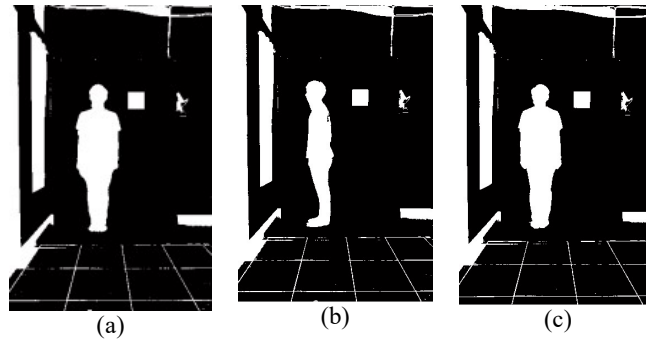
Gambar 7. Pengaruh Parameter *Structure Element* Dengan Variasi Nilai Strel



Gambar 8. Pengaruh Parameter *Structure Element* Terhadap *Approximate Value*

3.4.3 Analisis Pengaruh Posisi Objek

Dari Gambar 8 di atas, diperoleh *Approximate Value* maksimal 92.5% dengan jarak pengambilan 306 cm dan Angka tersebut diperoleh dengan mengujikan semua data uji tanpa mengelaskan berdasarkan posisi objek. Maka tahap selanjutnya adalah mengujikan pengaruh posisi objek, seperti yang diperlihatkan Gambar 3. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 9 dan Tabel 3.



Gambar 9. Hasil *preprocessing* (a) Tampak depan (b) Tampak samping (c) Tampak belakang

Tabel 3. Perbandingan Posisi Objek Terhadap ApV

Posisi	Approximate Value (%)	Error (%)
Depan	98.5	1.5
Belakang	97.3	2.7
Samping	96.8	3.2

Dari Tabel 3, ApV meningkat 6% dari sebelumnya 92.5% menjadi 98.5% dengan mengklasifikasikan pengujian berdasarkan posisi objek. Setelah mendapat ukuran strel terbaik, kemudian diujikan data dengan variasi ukuran yang berbeda yaitu 2464 x 1632 piksel, 2095 x 1388 piksel, 1725 x 1143 piksel, 1356 x 898 piksel, dan 740 x 490. Hasilnya diperoleh maksimal jika menggunakan ukuran paling tinggi yaitu 2464 x 1632 piksel.

3.4.4 Analisis Pengukuran Berat Badan

Penghitungan *ApV* untuk BB bergantung dari pengujian sebelumnya pada proses mencari TB. Sehingga parameter yang digunakan adalah data dengan jarak akuisisi 306 cm, strel=2, posisi objek menghadap ke depan, ukuran citra 2464x1632. Hasilnya diperoleh *Approximate Value* 91.45 %. Sebagai langkah optimasi, pada studi ini untuk mendapatkan nilai BB dikalikan dengan faktor pengali yang berasal dari rata-rata nilai eror pada Tabel 4 dan 5 berikut.

Tabel 4. Hasil Pengukuran BB Dengan Faktor Pengali.

DATA KE-	BB (KG)		FP	BB OPTIMASI (KG)	DATA KE-	BB (KG)		FP	BB OPTIMASI (KG)
	Asli	Sistem				Asli	Sistem		
1	90.1	101.66	0.886	90.07	21	73.3	80.64	0.909	73.3
2	58.3	59.87	0.974	58.32	22	46.4	49.34	0.94	46.38
3	50.4	62.14	0.811	50.39	23	68.4	61.53	1.112	68.42
4	51.5	60.64	0.849	51.49	24	70.3	65.9	1.067	70.32
5	72.1	86.74	0.831	72.08	25	70.7	63.47	1.114	70.71
6	82.7	79.8	1.036	82.67	26	63	61.42	1.026	63.02
7	68.7	74.79	0.919	68.73	27	81.7	79.11	1.033	81.72
8	69.5	67.57	1.029	69.53	28	81.5	71.66	1.137	81.48
9	82.4	91.59	0.9	82.43	29	82.5	84.76	0.973	82.47
10	50	52.44	0.954	50.03	30	80.2	104.92	0.764	80.16

Tabel 5. Hasil Pengukuran BB Dengan Faktor Pengali (Lanjutan)

DATA KE-	BB (KG)		FP	BB OPTIMASI (KG)	DATA KE-	BB (KG)		FP	BB OPTIMASI (KG)
	Asli	Sistem				Asli	Sistem		
11	80.7	89.99	0.897	80.72	31	63.8	60.8	1.049	63.78
12	78.1	82.92	0.942	78.11	32	54.6	60.34	0.905	54.61
13	70.6	79.16	0.892	70.61	33	78.8	71.92	1.096	78.82
14	59	68.88	0.857	59.03	34	43.5	51.74	0.841	43.51
15	85	94.99	0.895	85.02	35	37.6	42.76	0.879	37.59
16	64.7	72.63	0.891	64.71	36	102.3	111.44	0.918	102.3
17	53.8	51.53	1.044	53.8	37	63.1	55.37	1.14	63.12
18	50.3	56.09	0.897	50.32	38	68.7	70.99	0.968	68.72
19	71	71.97	0.987	71.03	39	55.5	55.56	0.999	55.5
20	73.6	72.09	1.021	73.61	40	66.6	71.79	0.928	66.63

Berdasarkan Tabel 4 dan 5 didapatkan faktor pengali rata-rata sebesar 0.958. Faktor pengali ini digunakan untuk penghitungan BB optimasi baru, yaitu dengan mengalikan hasil perhitungan BB oleh sistem dengan $FP=0.958$.

Tabel 6. Hasil Pengukuran BB Dengan Faktor Pengali Rata-Rata 0.958

DATA KE-	BB (KG)		BB OPTIMASI (KG)	APV (%)	DATA KE-	BB (KG)		BB OPTIMASI (KG)	APV (%)
	Asli	Sistem				Asli	Sistem		
1	90.1	101.66	97.4	92.7	21	73.3	80.64	77.2	96.1
2	58.3	59.87	57.3	99	22	46.4	49.34	47.3	99.1
3	50.4	62.14	59.5	90.9	23	68.4	61.53	58.9	90.5
4	51.5	60.64	58.1	93.4	24	70.3	65.9	63.1	92.8
5	72.1	86.74	83.1	89	25	70.7	63.47	60.8	90.1
6	82.7	79.8	76.4	93.7	26	63	61.42	58.8	95.8
7	68.7	74.79	71.6	97.1	27	81.7	79.11	75.8	94.1
8	69.5	67.57	64.7	95.2	28	81.5	71.66	68.6	87.1
9	82.4	91.59	87.7	94.7	29	82.5	84.76	81.2	98.7
10	50	52.44	50.2	99.8	30	80.2	104.92	100.5	79.7
11	80.7	89.99	86.2	94.5	31	63.8	60.8	58.2	94.4
12	78.1	82.92	79.4	98.7	32	54.6	60.34	57.8	96.8
13	70.6	79.16	75.8	94.8	33	78.8	71.92	68.9	90.1
14	59	68.88	66	93	34	43.5	51.74	49.6	93.9
15	85	94.99	91	94	35	37.6	42.76	41	96.6
16	64.7	72.63	69.6	95.1	36	102.3	111.44	106.7	95.6
17	53.8	51.53	49.4	95.6	37	63.1	55.37	53	89.9
18	50.3	56.09	53.7	96.6	38	68.7	70.99	68	99.3
19	71	71.97	68.9	97.9	39	55.5	55.56	53.2	97.7
20	73.6	72.09	69	95.4	40	66.6	71.79	68.8	97.8

Hasilnya seperti yang terlihat pada Tabel 6, Approximate Value (ApV) baru mengalami peningkatan yaitu menjadi 94.4 % dari sebelumnya 91.45%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian sistem penghitung tinggi dan berat badan, diperoleh *Approximate Value (ApV)* hasil sistem terhadap nilai sesungguhnya masing-masing untuk Tinggi Badan (TB dalam satuan cm) dan Berat Badan (BB dalam satuan kg) yaitu 98.42 % dan 94.4 %. Nilai performansi TB dan BB berbeda karena saat pengujian dilakukan perhitungan *ApV* masing-masing, untuk perhitungan langsung TB dan BB secara otomatis dari satu *image* belum diujikan karena nilai pendekatan (*ApV*) BB masih belum maksimal. Nilai pendekatan tersebut diperoleh dengan parameter terbaik yaitu jarak akuisisi pada 306 cm, ukuran *strel disk (structure element)* =2, nilai faktor pengali (FP) BB 0.958 dan ukuran citra yang digunakan 2462×1632 piksel. Adapun langkah optimasi yang akan dilakukan pada penelitian selanjutnya adalah akuisisi citra yang bersifat *outdoor*, membedakan objek berdasarkan jenis kelamin, mencoba mengujikan dengan beberapa formula BSA lainnya, serta menambahkan proses *feature extraction* dengan menggunakan beberapa algoritma pendekatan.

DAFTAR RUJUKAN

- Llorca-Jaña, M., Navarrete-Montalvo, J., Droller, F., & Araya-Valenzuela, R. (2018). Height in eighteenth-century Chilean men: Evidence from military records, 1730–1800s.
- Miller, A. (2002). Body surface area in dosing anticancer agents: scratch the surface! *Journal of the National Cancer Institute*, *94*(24), 1822–1823. <https://doi.org/10.1093/jnci/94.24.1822>
- Sancak, S. E. L. I. M., Gursoy, T., Imamoglu, E. Y., Karatekin, G., & Ovali, F. (2016). Effect of Prematurity on Cerebellar Growth. *Journal of Child Neurology*, *31*(2), 138–144. <https://doi.org/10.1177/0883073815585350>
- Madden, D. (2006). Body Mass Index and the Measurement of Obesity. *HEDG Working Paper*, *6*, 16.
- Gillespie, S. L., & Christian, L. M. (2016). Body Mass Index as a Measure of Obesity: Racial Differences in Predictive Value for Health Parameters During Pregnancy. *Journal of Women's Health*, *25*(12), 1210–1218. <https://doi.org/10.1089/jwh.2016.5761>
- Akrout, M., Rolland-cachera, M. F., & Péneau, S. (2014). History and Meaning of the Body Mass Index . Interest of Other Anthropometric Measurements. *The ECOG Free Obesity EBook*.
- Kart, O., Kut, A., Vuruskan, A., & Bulgun, E. (2011). Web Based Digital Image Processing Tool for Body Shape Detection. In *ICT Innovations* (pp. 139–147).
- Shrikant, M., & Honade, J. (2013). Height, Weight and Body Mass Index measurement Using Matlab. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*

- (*IJARET*), 4(5), 35–45.
- Bipembi, H., Panford, J. K., & Appiah, O. (2015). Calculation of Body Mass Index using Image Processing Techniques. *International Journal of Artificial Intelligence and Mechatronics*, 4(1), 1–7.
- Varma, M. D. S., Mhatre, M. V. R., More, P. M., & Ayane, P. S. S. (2015). Measurement of Body Mass Index (BMI) using PIC 18F452 Microcontroller. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing*, 3(4), 2213–2216.
- Mayer, C., Windhager, S., Mayer, C., Windhager, S., Schaefer, K., & Mitteroecker, P. (2017). BMI and WHR are Reflected in Female Facial Shape and Texture: A Geometric Morphometric Image Analysis BMI and WHR Are Reflected in Female Facial Shape and Texture: A Geometric Morphometric Image Analysis. *PLoS One*, (January), 1–13. <https://doi.org/10.5061/dryad.133b9.Funding>
- Afdali, M., Daud, M., & Putri, R. (2017). Perancangan Alat Ukur Digital untuk Tinggi dan Berat Badan dengan Output Suara berbasis Arduino UNO. *ELKOMIKA*, 5(1), 106–118.
- Akbar, W. A., & Rachmat, H. H. (2018). Rancang Bangun Sistem Pengukur Massa Tubuh dan Panjang Badan Elektronik Terintegrasi untuk Evaluasi Gizi Balita. *ELKOMIKA*, 6(1), 125–139. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v6i1.125>
- Piccirilli, M., Doretto, G., & Adjeroh, D. (2017). *A Framework for Analyzing the Whole Body Surface Area from a Single View*. *Plos One*, 12, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166749>
- Slone, T. H. (1993). Body surface area misconceptions. *Risk Analysis: An Official Publication of the Society for Risk Analysis*, 13(4), 375–7. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8234944>
- Kouno, T., Katsumata, N., Mukai, H., Ando, M., & Watanabe, T. (2003). Standardization of the body surface area (BSA) formula to calculate the dose of anticancer agents in Japan. *Japanese Journal of Clinical Oncology*, 33(6), 309–313. <https://doi.org/10.1093/jjco/hyg062>
- Saganuwan, S. A. (2015). Standardization and Scoring of the Body Surface Area (BSA) Formulas for Calculation of the Doses of Anticancer Agents for Cancer Patients from the North-Western Nigeria. *Journal of Cancer Science & Therapy*, 7(1), 12–18. <https://doi.org/10.4172/1948-5956.1000319>
- Redlarski, G., Palkowski, A., & Krawczuk, M. (2016). Body surface area formulae: an alarming ambiguity. *Scientific Reports*, 6(1), 27966. <https://doi.org/10.1038/srep27966>
- Sharkey, I., Boddy, A. V., Wallace, H., Mycroft, J., Hollis, R., & Picton, S. (2001). Body

surface area estimation in children using weight alone: application in paediatric oncology. *British Journal of Cancer*, 85(1), 23–28. <https://doi.org/10.1054/bjoc.2001.1859>

Haycock, G. B., Schwartz, G. J., & Wisotsky, D. H. (1978). Geometric method for measuring body surface area: A height-weight formula validated in infants, children, and adults. *The Journal of Pediatrics*, 93(1), 62–66. [https://doi.org/10.1016/S0022-3476\(78\)80601-5](https://doi.org/10.1016/S0022-3476(78)80601-5).