

SKRIPSI

**OPTIMASI SISTEM PENGUKURAN ANTROPOMETRI
OTOMATIS BERBASIS *COMPUTER VISION* PADA
RASPBERRY DENGAN PENINGKATAN AKURASI
SENSOR MELALUI METODE *AVERAGE VALUE***



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh:

I Komang Alit Krisna Putra

NIM. 2115344019

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan sistem *A-Matrix* sebagai alat ukur antropometri digital yang terintegrasi dan efisien. Sistem ini memanfaatkan sensor *Load cell* untuk pengukuran berat badan dan sensor *JSN-SR04T* untuk tinggi badan secara otomatis, serta algoritma *Computer Vision* berbasis MediaPipe untuk mengukur parameter tambahan seperti lebar bahu, lingk pinggang, lingk pinggul, dan panjang lengan. Data hasil pengukuran dicatat secara *real-time* ke Firebase dan Google Spreadsheet, serta dapat diakses melalui aplikasi mobile. Fitur laporan PDF dilengkapi outline tubuh dan rekomendasi olahraga berdasarkan nilai MET sesuai standar WHO. Pengujian sistem menunjukkan bahwa metode *Average Value* pada sensor fisik mampu meningkatkan akurasi, dengan akurasi pengukuran berat badan mencapai 99,2% dan tinggi badan 98,7%. Sementara itu, hasil pengukuran menggunakan *Computer Vision* menunjukkan adanya variasi dan anomali yang dipengaruhi oleh pose tubuh, pencahayaan, dan deteksi landmark. Penambahan sensor jarak pada box kamera belum memberikan peningkatan akurasi yang signifikan. Secara keseluruhan, sistem *A-Matrix* telah memenuhi tujuan sebagai alat ukur antropometri digital yang terintegrasi dan praktis, meskipun masih diperlukan pengembangan lebih lanjut pada aspek pengukuran citra dan deteksi pose.

Kata Kunci: antropometri digital, sensor, *Computer Vision*, Firebase, MET

ABSTRACT

This research develops the A-Matrix system as an integrated and efficient digital anthropometry measurement tool. The system utilizes a *Load cell* sensor for automatic weight measurement and a *JSN-SR04T* sensor for height measurement, as well as a MediaPipe-based *Computer Vision* algorithm to measure additional parameters such as shoulder width, waist circumference, hip circumference, and arm length. Measurement data are recorded in real-time to Firebase and Google Spreadsheet, and can be accessed via a mobile application. The PDF report feature includes body outlines and exercise recommendations based on MET values according to WHO standards. System testing shows that the *Average Value* method on physical sensors improves accuracy, with weight measurement accuracy reaching 99.2% and height measurement accuracy at 98.7%. Meanwhile, measurements using *Computer Vision* show variations and anomalies influenced by body pose, lighting, and landmark detection. The addition of a distance sensor to the camera box did not provide a significant increase in accuracy. Overall, the A-Matrix system has achieved its goal as an integrated and practical digital anthropometry measurement tool, although further development is needed to improve image measurement and pose detection.

Keywords: digital anthropometry, sensor, *Computer Vision*, Firebase, MET

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	16
1.1. Latar Belakang.....	16
1.2. Perumusan Masalah	19
1.3. Batasan Masalah.....	20
1.4. Tujuan Penelitian.....	20
1.5. Manfaat	20
1.5.1. Manfaat Akademik.....	21
1.5.2. Manfaat Aplikatif.....	21
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	22
2.1. Penelitian Sebelumnya	22
2.2. Landasan Teori.....	24
2.2.1. Antropometri	24
2.2.2. Sports Recommendation.....	26
2.2.3. Computer Vision	29
2.2.4. Machine Learning.....	30
2.2.5. MediaPipe.....	31

2.2.6.Raspberry Pi 4	34
2.2.7.Firebase Firestore	35
2.2.8.JSN-SR04T.....	36
2.2.9.Load cell dan HX711	37
2.2.10.Akurasi Sensor dengan metode Average Value	39
2.2.11.Webcam.....	40
BAB III METODE PENELITIAN	43
3.1.Rancangan Sistem.....	43
3.1.1.Rancangan Hardware.....	43
3.1.2.Rancangan Software	60
3.2.Pembuatan Alat	68
3.2.1. Langkah Pembuatan Alat	68
3.2.2.Alat dan Bahan	71
3.3.Analisa Hasil Penelitian	72
3.4.Hasil Yang Diharapkan	76
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	78
4.1. Hasil Implementasi Sistem	78
4.1.1. Implementasi Alat	78
4.1.2. Implementasi Software.....	81
4.1.3. Implementasi SpreadSheet	100
4.1.4. Implementasi Firebase.....	100
4.1.5. Implementasi Flutter	102
4.1.6. Implementasi Website	104
4.2. Hasil Pengujian Sistem	105
4.2.1. Pengujian Alat.....	105
4.2.2. Pengujian Aplikasi	110
4.2.3. Pengujian Website.....	113

4.2.4. Pengujian Penyimpanan Data.....	114
4.2.5. Pengujian hasil Sensor JSN-SR04T dan Load cell dengan penerapan Average Value	117
4.2.6. Pengujian hasil pengukuran dari Computer Vision	131
4.2.7. Pengujian Rekomendasi Olahraga Berdasarkan MET Score.....	134
4.3. Pembahasan Hasil Implementasi dan Pengujian.....	137
4.3.1. Analisa Hasil Implementasi Sistem	137
4.3.2. Analisa Pengambilan Data Hasil Pengujian.....	137
4.3.3. Analisa Perbandingan Hasil Terhadap Acuan yang Dipakai di Tinjauan Pustaka	139
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	141
5.2. Kesimpulan	141
5.2. Saran	142
DAFTAR LAMPIRAN.....	143
DAFTAR PUSTAKA	146

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Ilustrasi Pengukuran antropometri[10]	25
Gambar 2. 2	Tingkatan Body Mass Index[12].....	27
Gambar 2. 3	Ilustrasi Sistem <i>Computer Vision</i> [15]	29
Gambar 2. 4	Segmentation mask[15].....	30
Gambar 2. 5	Ilustrasi penerapan Machine Learning[17]	31
Gambar 2. 6	Landmark MediaPipe Pose[21].....	32
Gambar 2. 7	<i>Raspberry Pi</i> 4[22].....	35
Gambar 2. 8	<i>Cloud Firestore</i> [24]	35
Gambar 2. 9	<i>JSN-SR04T</i> [26].....	37
Gambar 2. 10	<i>Load cell</i> 50Kg dan <i>HX711</i> [28]	38
Gambar 2. 11	Webcam[29].....	41
Gambar 2. 12	<i>ESP32</i> [30]	42
Gambar 3. 1	Block Diagram.....	16
Gambar 3. 2	Wiring Diagram <i>Raspberry Pi</i> (<i>Computer Vision</i>)	47
Gambar 3. 3	Wiring Diagram <i>ESP32</i> di Kamera (Sensor Jarak Laser).....	48
Gambar 3. 4	Wiring Diagram <i>ESP 32</i> (Pengukuran Sensor).....	48
Gambar 3. 5	3D Design Box Kamera Tampak Layar TFT.....	51
Gambar 3. 6	3D Design Box Kamera tampak depan kamera webcam.....	52
Gambar 3. 7	3D Design Stand Kamera.....	52
Gambar 3. 8	Flowchart langkah kerja sistem.....	55
Gambar 3. 9	3D Design rancangan prototipe dengan Mannequin.....	57
Gambar 3. 10	3D Design rancangan prototipe tampak belakang	57
Gambar 3. 11	Ilustrasi pengukuran sensor dan webcam tampak depan	59
Gambar 3. 12	Ilustrasi pengukuran sensor dan webcam tampak atas.....	60
Gambar 3. 13	Ilustrasi pengukuran sensor dan webcam tampak bawah	60
Gambar 3. 14	Tabel Data Logger Spreadsheet	61
Gambar 3. 15	Firestore dari <i>ESP32</i>	61
Gambar 3. 16	Firestore sistem utama <i>Raspberry Pi</i>	62
Gambar 3. 17	UI/UX rancangan aplikasi 1.....	63
Gambar 3. 18	UI/UX rancangan aplikasi 2.....	63
Gambar 3. 19	UI/UX rancangan aplikasi 3.....	64
Gambar 3. 20	Flowchart Aplikasi A-METRIX	65

Gambar 3. 21	UI/UX Website A-Metrix Halaman Utama	66
Gambar 3. 22	UI/UX Website A-Metrix Animasi Loading Menunggu Pengukuran	67
Gambar 3. 23	Flowchart website A-METRIX.....	68
Gambar 3. 24	Flowchart alur pembuatan alat.....	70
Gambar 4. 1	Implementasi alat ketika melakukan pengukuran.....	79
Gambar 4. 3	Tampilan TFT Display 3d Print box kamera webcam.....	80
Gambar 4. 4	Tampilan tampak depan 3d print box kamera webcam	80
Gambar 4. 5	Box Komponen utama saat terpasang.....	81
Gambar 4. 6	Code Arduino IDE 1	82
Gambar 4. 7	Code Arduino IDE 2	83
Gambar 4. 8	Code Arduino IDE 3	84
Gambar 4. 9	Code Arduino IDE 4	85
Gambar 4. 10	Code Arduino IDE 5	86
Gambar 4. 11	Code Arduino IDE 6	86
Gambar 4. 12	Code Arduino IDE 7	87
Gambar 4. 13	Code Arduino IDE 8	88
Gambar 4. 14	Code <i>Computer Vision</i> 1	89
Gambar 4. 15	Code <i>Computer Vision</i> 2	89
Gambar 4. 16	Code <i>Computer Vision</i> 3	90
Gambar 4. 17	Code <i>Computer Vision</i> 4	90
Gambar 4. 18	Code <i>Computer Vision</i> 5	91
Gambar 4. 19	Code <i>Computer Vision</i> 6	92
Gambar 4. 20	Code <i>Computer Vision</i> 7	93
Gambar 4. 21	Code <i>Computer Vision</i> 8	94
Gambar 4. 22	Code <i>Computer Vision</i> 9	95
Gambar 4. 23	Code <i>Computer Vision</i> 10	97
Gambar 4. 24	Code <i>Computer Vision</i> 11	98
Gambar 4. 25	Code <i>Computer Vision</i> 12	99
Gambar 4. 26	Penyimpanan Data Spreadsheet.....	100
Gambar 4. 27	Penyimpanan Data Firebase Firestore 1.....	101
Gambar 4. 28	Penyimpanan Data Firebase Firestore 2.....	101
Gambar 4. 29	Screen 1 Aplikasi	102
Gambar 4. 30	Screen 2 Aplikasi A-Metrix	103
Gambar 4. 31	Screen 3 Aplikasi A-Metrix	103

Gambar 4. 32	Tampilan Utama Website A-Metrix.....	104
Gambar 4. 33	Tampilan Loading Pengukuran Sedang Proses.....	105
Gambar 4. 34	Screen Dashboard	111
Gambar 4. 35	Screen Penginputan Biodata	112
Gambar 4. 36	Tampilan Screen Menunggu Pengukuran	112
Gambar 4. 37	Hasil Pengujian Website A-Metrix	113
Gambar 4. 38	Hasil Pengujian Website A-Metrix	114
Gambar 4. 39	Hasil pengiriman data ke Spreadsheet	115
Gambar 4. 40	Hasil Penyimpanan Data dari <i>ESP32</i>	116
Gambar 4. 41	Hasil Penyimpanan Data dari <i>Raspberry Pi</i>	116
Gambar 4. 42	Grafik Filter Berat Badan ke-1.....	119
Gambar 4. 43	Grafik Filter Tinggi Badan ke-1.....	120
Gambar 4. 44	Grafik Filter Berat Badan ke-2.....	121
Gambar 4. 45	Grafik Filter Tinggi Badan ke-2.....	123
Gambar 4. 46	Grafik Filter Berat Badan ke-3.....	124
Gambar 4. 47	Grafik Filter Tinggi Badan ke-3.....	125
Gambar 4. 48	Grafik Filter Berat Badan ke-4.....	127
Gambar 4. 49	Grafik Filter Tinggi Badan ke-4.....	128
Gambar 4. 50	Grafik Filter Berat Badan ke-5.....	129
Gambar 4. 51	Grafik Filter Tinggi Badan ke-5.....	130

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Penerapan Kategori MET	28
Tabel 3. 1 Inisialisasi pin komponen pada pin GPIO <i>Raspberry Pi 4 (Computer Vision)</i>	49
Tabel 3. 2 Inisialisasi pin komponen pada pin GPIO <i>ESP32 (Pengukuran Sensor)</i>	49
Tabel 3. 3 Inisialisasi pin komponen pada pin GPIO <i>ESP32 di Kamera (Sensor Jarak Laser)</i>	50
Tabel 3. 4 Alat-alat yang digunakan	71
Tabel 3. 5 Bahan / Komponen	71
Tabel 3. 6 Bahan / Komponen alat	72
Tabel 3. 7 Software yang di pakai	72
Tabel 3. 8 Hasil uji coba sensor <i>JSN-SR04T</i>	73
Tabel 3. 9 Hasil uji coba sensor <i>Load cell</i>	73
Tabel 3. 10 Hasil pengukuran sebelum penerapan <i>Average Value</i>	74
Tabel 3. 11 Hasil pengukuran setelah penerapan <i>Average Value</i>	75
Tabel 3. 12 Hasil Pengukuran dari <i>Computer Vision</i>	75
Tabel 3. 13 Hasil Pengujian Rekomendasi Olahraga	76
Tabel 4. 1 Hasil Uji Coba sensor <i>JSN-SR04T</i>	107
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Sensor <i>Load cell</i> dengan Batu Timbangan 10Kg.....	108
Tabel 4. 3 Pengujian Sensor <i>Load cell</i> tanpa filter ke-1	118
Tabel 4. 4 Pengujian Sensor <i>Load cell Average Value</i> ke-1	120
Tabel 4. 5 Pengujian Sensor <i>Load cell</i> tanpa filter ke-2	121
Tabel 4. 6 Pengujian Sensor <i>Load cell Average Value</i> ke-2.....	122
Tabel 4. 7 Pengujian Sensor <i>Load cell</i> tanpa filter ke-3	124
Tabel 4. 8 Pengujian Sensor <i>Load cell Average Value</i> ke-3	125
Tabel 4. 9 Pengujian Sensor <i>Load cell</i> tanpa filter ke-4	126
Tabel 4. 10 Pengujian Sensor <i>Load cell Average Value</i> ke-4.....	127
Tabel 4. 11 Pengujian Sensor <i>Load cell</i> tanpa filter ke-5	129
Tabel 4. 12 Pengujian Sensor <i>Load cell Average Value</i> ke-5.....	130
Tabel 4. 13 Hasil Pengukuran <i>Computer Vision</i> ke-1	131
Tabel 4. 14 Hasil Pengukuran dari <i>Computer Vision</i> ke-2	132
Tabel 4. 15 Hasil Pengukuran dari <i>Computer Vision</i> ke-2	132
Tabel 4. 16 Hasil Pengukuran dari <i>Computer Vision</i> ke-2	133

Tabel 4. 17 Hasil Pengukuran dari <i>Computer Vision</i> ke-2	134
Tabel 4. 18 Rekomendasi Olahraga Berdasarkan MET Score menurut Standar WHO ...	135
Tabel 4. 19 Hasil Pengujian Rekomendasi Olahraga berdasarkan MET Score.....	136

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengukuran *Antropometri* merupakan komponen penting dalam pemantauan pertumbuhan manusia, analisis kesehatan, dan desain ergonomis. Parameter yang diukur dalam antropometri meliputi tinggi badan, berat badan, lingkar pinggang, lebar bahu, panjang lengan, dan lingkar pinggul. Pengukuran ini tidak hanya penting untuk keperluan medis, tetapi juga untuk penelitian ilmiah, pengembangan produk, dan desain lingkungan yang lebih baik. Proses pengukuran ini secara tradisional dilakukan dengan menggunakan alat seperti pita pengukur, timbangan, dan stadiometer. Namun, metode ini sering kali kurang efisien dan rentan terhadap kesalahan, terutama akibat perbedaan keterampilan dan konsistensi operator. Ketidakakuratan ini dapat berdampak pada analisis kesehatan masyarakat dan pengambilan keputusan yang berbasis data.

Pertumbuhan manusia, khususnya tinggi badan, merupakan indikator penting status kesehatan dan gizi masyarakat. Berdasarkan studi global yang dipublikasikan di jurnal *eLife* oleh *NCD Risk Factor Collaboration* (NCD-RisC), rata-rata tinggi badan orang dewasa di dunia mengalami peningkatan signifikan selama abad ke-20, namun dalam dua dekade terakhir, tren peningkatan tinggi badan mulai melambat bahkan stagnan di beberapa negara, termasuk Indonesia[1]. Data Riset Kesehatan Dasar RI (Riskesdas) 2018 menunjukkan bahwa rata-rata tinggi badan remaja Indonesia masih berada di bawah rata-rata Asia Tenggara, dan prevalensi stunting pada anak-anak masih cukup tinggi, yaitu 30,8% pada tahun 2018, meskipun telah menurun dari tahun-tahun sebelumnya[2]. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan manusia di Indonesia masih menghadapi tantangan, baik dari aspek gizi, kesehatan, maupun lingkungan.

Selain masalah tinggi badan, tren pertumbuhan obesitas juga menjadi perhatian utama dalam pemantauan antropometri tubuh. Menurut laporan *World Health Organization* (WHO), prevalensi obesitas global terus meningkat secara signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Di Indonesia, Riskesdas 2018 mencatat prevalensi obesitas pada orang dewasa mencapai 21,8%, meningkat dari 14,8% pada tahun 2013. Kenaikan ini juga terjadi pada kelompok anak dan remaja, yang berisiko mengalami berbagai masalah kesehatan seperti diabetes, hipertensi, dan penyakit jantung di usia muda (WHO, 2022; Kemenkes RI,

2018)[2][3]. Laporan UNICEF (2023) menyoroti bahwa selain stunting, obesitas pada anak-anak Indonesia juga meningkat, sehingga pemantauan pertumbuhan dan komposisi tubuh secara efisien dan terintegrasi menjadi semakin penting[3].

Dengan demikian, pengukuran antropometri yang efisien, akurat, dan terintegrasi sangat diperlukan untuk memantau pertumbuhan manusia dari waktu ke waktu, baik dari aspek tinggi badan maupun komposisi tubuh seperti berat badan dan lingkar pinggang. Data antropometri yang lengkap dan terpercaya menjadi dasar dalam perumusan kebijakan kesehatan, intervensi gizi, serta pencegahan penyakit tidak menular yang berkaitan dengan obesitas.

Kondisi ideal yang diharapkan adalah pengukuran antropometri yang cepat, efisien, akurat, dan konsisten, tanpa terpengaruh oleh faktor manusia. Namun, kondisi nyata menunjukkan bahwa alat dan metode tradisional masih mendominasi, sehingga diperlukan inovasi yang lebih maju. Berdasarkan pengamatan awal, teknologi otomatisasi berbasis sensor dan visi komputer memiliki potensi besar untuk mengatasi keterbatasan ini. Dengan memanfaatkan teknologi ini, pengukuran dapat dilakukan dengan lebih efisien dan akurat, serta mengurangi variabilitas yang disebabkan oleh faktor manusia.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan perkembangan dalam bidang ini. Studi *"FITME: Body Measurement Estimations Using Machine Learning Method"* mengembangkan sistem berbasis pembelajaran mesin untuk mengestimasi dimensi tubuh dengan akurasi yang cukup baik. Namun, sistem ini masih menghadapi tantangan, seperti ketidakakuratan akibat pakaian yang tidak sesuai atau oversize[6]. Penelitian lain, *"Designing a Contactless, AI System to Measure the Human Body Using a Single Camera for the Clothing and Fashion Industry"* menunjukkan keberhasilan dalam mengukur dimensi tubuh menggunakan kamera tunggal. Sayangnya, penelitian ini hanya terbatas pada aplikasi fesyen dan tidak mencakup pengukuran antropometri tambahan seperti tinggi badan, berat badan, dan lingkar pinggul[4].

Sebagai solusi, penelitian ini menawarkan pendekatan baru dengan mengintegrasikan teknologi sensor jarak dan visi komputer untuk mengukur berbagai parameter tubuh secara otomatis. Dalam konteks ini, penggunaan metode nilai rata-rata dari pengukuran sensor dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi hasil pengukuran, sehingga memberikan data yang lebih dapat diandalkan untuk analisis kesehatan dan perancangan program olahraga yang

tepat berdasarkan kategori BMI individu. Penggunaan metode ini telah dibuktikan dalam berbagai penelitian, termasuk dalam konteks pengolahan sinyal dan pengukuran yang memerlukan akurasi tinggi.

Dalam konteks olahraga, pengukuran antropometri dapat membantu dalam identifikasi potensi atlet dan penyesuaian program pelatihan. Misalnya, penelitian oleh Bagas Alif Fimaskoro, Suci Aulia, Dery Rimasa (2024) berjudul "*Identification of Fencing Athletes Based on Anthropometric Measurements Using MediaPipe Pose*" menunjukkan bagaimana teknologi pengukuran berbasis digital dapat digunakan untuk mengidentifikasi bakat atlet anggar. Penelitian ini menggunakan pendekatan deteksi postur untuk mengevaluasi kemampuan atlet, dengan hasil yang menunjukkan akurasi 89% dalam mengklasifikasikan atlet anggar dan non-anggar berdasarkan pengukuran antropometri[5].

Deteksi masalah kesehatan seperti stunting pada anak-anak juga dapat dilakukan melalui pengukuran antropometri. Penelitian oleh Friska Oktaviana, Poppy Farasari, Evita Widyawati (2024) dalam artikel "*The Detection of Stunting Anomalies in Toddler by Anthropometric Measurement*" menekankan pentingnya pengukuran yang akurat dalam konteks kesehatan anak. Penelitian ini menunjukkan bahwa pengukuran antropometri dapat digunakan untuk mendeteksi masalah kesehatan pada balita, dengan hasil yang menunjukkan akurasi yang tinggi dalam identifikasi stunting[3].

Sistem ini akan dibangun menggunakan Raspberry Pi 4 sebagai pusat pengolahan data, yang terhubung dengan webcam untuk menangkap citra tubuh dan Firebase Firestore sebagai database untuk menyimpan data pengukuran. Dengan pendekatan ini, sistem tidak hanya akan memberikan hasil pengukuran secara real-time, tetapi juga memungkinkan pemantauan tumbuh kembang anak secara berkelanjutan. Data yang dikumpulkan dapat digunakan untuk menganalisis perkembangan fisik anak, serta membantu dalam menentukan jenis olahraga yang cocok untuk pasien berdasarkan parameter tubuh yang diukur. Hal ini sangat penting, mengingat pengukuran antropometri yang efisien, akurat, dan terintegrasi dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif tentang status kesehatan dan kebugaran individu.

Selain itu, sistem ini juga akan meningkatkan akurasi pengukuran *Body Mass Index* (BMI). Biasanya, pengukuran BMI hanya didasarkan pada berat dan tinggi badan, namun dengan menambahkan parameter seperti lingkaran pinggang dan parameter lainnya, analisis kesehatan dapat dilakukan dengan lebih mendalam. Pengukuran antropometri dapat

membantu dalam identifikasi potensi atlet dan penyesuaian program pelatihan. Rekomendasi olahraga berdasarkan BMI (*Body Mass Index*) sangat penting untuk menentukan jenis dan intensitas aktivitas fisik yang sesuai. Penelitian menunjukkan bahwa pengukuran antropometri yang lebih lengkap dapat memberikan gambaran yang lebih akurat tentang risiko kesehatan, seperti obesitas dan penyakit terkait lainnya[2].

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berfokus pada pengembangan teknologi baru, tetapi juga berkontribusi pada pemahaman yang lebih baik tentang pentingnya pengukuran antropometri yang efisien, akurat, dan terintegrasi dalam konteks kesehatan masyarakat dan desain produk. Diharapkan bahwa hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi berbagai bidang, termasuk kesehatan, pendidikan, dan industri.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah disampaikan di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah rancangan sistem pengukuran *antropometri* otomatis yang dapat mengukur berbagai parameter tubuh manusia secara efisien dan terintegrasi menggunakan kombinasi sensor *JSN-SR04T*, sensor *load cell* dan teknologi visi komputer?
2. Bagaimanakah sistem ini terintegrasi dari pengukuran sensor untuk mendapatkan nilai rata-rata yang lebih akurat dan stabil?
3. Bagaimanakah sistem ini dapat digunakan untuk menentukan jenis olahraga yang sesuai bagi pasien berdasarkan hasil pengukuran *antropometri*?

1.3. Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian ini, batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya akan membahas pengukuran parameter tubuh manusia seperti tinggi badan, berat badan, lingkar pinggang, lingkar pinggul, lebar bahu, dan panjang lengan.
2. Penelitian ini akan mengintegrasikan hasil pengukuran dari sensor untuk mendapatkan nilai rata-rata yang lebih akurat dan stabil.
3. Penelitian ini tidak mencakup pengujian pada kelompok usia anak-anak, lansia, maupun individu dengan kondisi disabilitas atau kondisi medis tertentu.
4. Pengambilan data dilakukan dalam waktu yang relatif singkat, sehingga jumlah data dan variasi subjek terbatas sesuai ketersediaan waktu penelitian.
5. Aplikasi yang dikembangkan akan berbasis *Flutter* dan terhubung dengan database *Firebase Firestore* untuk penyimpanan data.
6. Penelitian ini akan fokus pada aplikasi dalam bidang kesehatan, serta rekomendasi olahraga.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk Merancang dan mengembangkan sistem pengukuran *antropometri* otomatis yang dapat mengukur berbagai parameter tubuh manusia secara efisien dan terintegrasi.
2. Untuk Mengintegrasikan hasil pengukuran dari sensor untuk mendapatkan nilai rata-rata yang lebih akurat dan stabil.
3. Untuk Menentukan jenis olahraga yang sesuai bagi pasien berdasarkan hasil pengukuran *antropometri*.
4. Untuk Mengembangkan aplikasi berbasis *Flutter* yang dapat memudahkan pemantauan tumbuh kembang dan analisis kesehatan melalui data yang disimpan di *Firebase Firestore*.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini, dibagi menjadi dua yaitu manfaat dari sisi akademik dan manfaat dari sisi aplikatif, sebagai berikut:

1.5.1. Manfaat Akademik

Adapun manfaat dalam pembahasan penelitian ini pada bidang akademik adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan pengembangan teknologi pengukuran *antropometri* otomatis di lingkungan kampus, saat ini di Politeknik Negeri Bali belum banyak yang mengimplementasikan teknologi ini. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan mahasiswa Politeknik Negeri Bali dapat lebih berkembang dalam bidang pengukuran dan analisis data kesehatan.
2. Sebagai media pembelajaran, sistem pengukuran *antropometri* otomatis ini dapat dimanfaatkan sebagai alat untuk pendidikan di institusi, sehingga memungkinkan mahasiswa untuk memahami konsep pengukuran tubuh, analisis data, aplikasi teknologi sensor dan *Computer Vision* secara praktis. Dengan demikian, mahasiswa dapat memperdalam pemahaman terhadap teori yang dipelajari dalam konteks kesehatan dan kebugaran.

1.5.2. Manfaat Aplikatif

1. Meningkatkan efisiensi layanan, sistem pengukuran *antropometri* otomatis berbasis *Computer Vision* ini dapat mempercepat proses pengukuran dan analisis data kesehatan, mempersingkat waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil, dan meningkatkan produktivitas dalam pelayanan kesehatan. Penelitian ini menyediakan alat bantu yang dapat meningkatkan efisiensi pengukuran *antropometri*, sehingga tenaga medis dapat berfokus pada interaksi yang lebih kompleks dan personal dengan pasien serta pengambilan keputusan yang lebih baik.
2. Integrasi yang lebih baik dengan teknologi terkini, termasuk *Computer Vision*, memungkinkan penggunaan berbagai jenis sensor dan perangkat keras dalam sistem pengukuran ini, sehingga pengembangan dan pemeliharaan sistem dapat dilakukan secara lebih efisien. Dengan kemajuan teknologi ini, diharapkan pengembangan sistem pengukuran antropometri di Indonesia akan semakin maju dan memberikan manfaat yang lebih besar dalam bidang kesehatan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.2. Kesimpulan

1. Rancangan sistem pengukuran antropometri otomatis pada penelitian ini menggunakan kombinasi perangkat *Raspberry Pi* dan *ESP32*. *ESP32* berfungsi sebagai pengendali sensor fisik, yaitu sensor *JSN-SR04T* untuk mengukur tinggi badan dan sensor *Load cell* untuk mengukur berat badan secara otomatis. Data dari *ESP32* dikirim ke *Raspberry Pi* melalui koneksi *Bluetooth*. *Raspberry Pi* bertugas sebagai pusat pemrosesan data, menjalankan algoritma *Computer Vision* berbasis kamera dan *MediaPipe* untuk memperoleh parameter tambahan seperti lebar bahu, panjang lengan, lingkaran pinggang, dan lingkaran pinggul dari citra tubuh. Sistem dirancang agar proses pengukuran berjalan secara otomatis dan efisien, dengan hasil pengukuran yang dapat diakses secara real-time melalui aplikasi mobile dan *website*. Integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak memungkinkan pengguna melakukan pemantauan dan dokumentasi data kesehatan secara praktis dan terpusat.
2. Sistem ini menerapkan metode *Average Value* pada hasil pengukuran sensor untuk memperoleh nilai rata-rata yang lebih akurat dan stabil. Berdasarkan hasil pengujian, akurasi pengukuran berat badan menggunakan sensor *Load cell* mencapai 99,2%, sedangkan akurasi pengukuran tinggi badan menggunakan sensor *JSN-SR04T* mencapai 98,7%. Data hasil pengukuran dicatat secara otomatis ke *Firestore* dan *Google Spreadsheet*, sehingga memudahkan proses dokumentasi dan analisis data. Penerapan metode *Average Value* terbukti mampu menurunkan nilai *error* dan meningkatkan konsistensi hasil pengukuran dibandingkan pengukuran tanpa filter. Sementara itu, pengukuran parameter tubuh menggunakan *Computer Vision* menunjukkan potensi yang baik, namun masih terdapat beberapa nilai abnormal akibat pose tubuh dan deteksi landmark yang belum optimal, sehingga hasil pengukuran citra masih bersifat estimasi dan memerlukan pengembangan lebih lanjut.
3. Sistem A-Matrix dapat digunakan untuk menentukan jenis olahraga yang sesuai bagi pasien berdasarkan hasil pengukuran antropometri dan nilai MET. Fitur rekomendasi olahraga berjalan sesuai dengan kategori intensitas aktivitas fisik menurut standar WHO dan kebutuhan pengguna, sehingga sistem dapat memberikan rekomendasi olahraga yang relevan dan bermanfaat sesuai kondisi fisik masing-masing subjek. Selain itu, sistem juga menghasilkan laporan PDF yang dilengkapi outline tubuh dan rekomendasi

olahraga, serta seluruh data hasil pengukuran dapat diakses dan dipantau secara real-time melalui aplikasi mobile dan website.

5.2. Saran

Agar sistem A-Matrix dapat berkembang lebih baik dan memberikan hasil pengukuran yang lebih akurat serta bermanfaat, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan Akurasi *Computer Vision*

Lakukan kalibrasi kamera secara berkala dengan objek standar dan gunakan algoritma deteksi pose yang lebih robust agar hasil pengukuran berbasis citra lebih akurat dan konsisten, terutama pada berbagai karakteristik tubuh dan pose subjek.

2. Optimasi Metode *Pixel to cm*

Kembangkan metode konversi pixel ke centimeter dengan pendekatan yang lebih adaptif, misalnya menggunakan marker fisik pada tubuh atau background, serta memperbaiki proses kalibrasi agar rasio pixel ke centimeter lebih presisi.

3. Pengembangan Hardware

Evaluasi kembali penggunaan sensor jarak pada box kamera dan pertimbangkan solusi hardware lain seperti penggunaan kamera depth sensor atau stereo vision untuk meningkatkan akurasi pengukuran dimensi tubuh.

4. Validasi dan Uji Coba Lebih Luas

Lakukan uji coba pada lebih banyak subjek dengan berbagai karakteristik fisik, usia, dan pose tubuh untuk memastikan sistem dapat bekerja optimal dan adaptif pada kondisi nyata.

5. Pengembangan Fitur Aplikasi

Tambahkan fitur monitoring kesehatan, integrasi dengan sistem rekam medis, serta notifikasi dan edukasi kesehatan agar aplikasi lebih bermanfaat bagi pengguna dan tenaga kesehatan.

6. Keamanan dan Privasi Data

Pastikan seluruh data hasil pengukuran dan identitas pengguna tersimpan dengan aman dan sesuai standar perlindungan data pribadi.

Dengan menerapkan saran-saran tersebut, diharapkan sistem A-Matrix dapat menjadi solusi pengukuran antropometri digital yang lebih akurat, efisien, dan bermanfaat untuk mendukung monitoring kesehatan masyarakat secara modern dan terintegrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Rodriguez-Martinez *et al.*, “Height and body-mass index trajectories of school-aged children and adolescents from 1985 to 2019 in 200 countries and territories: a pooled analysis of 2181 population-based studies with 65 million participants,” *The Lancet*, vol. 396, no. 10261, pp. 1511–1524, Nov. 2020, doi: 10.1016/S0140-6736(20)31859-6.
- [2] *WHO Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour*, 1st ed. Geneva: World Health Organization, 2020.
- [3] F. Oktaviana, P. Farasari, and E. Widyawati, “The Detection of Stunting Anomalies in Toddler by Computer Vision,” *J. Ners Dan Kebidanan J. Ners Midwifery*, vol. 11, no. 1, pp. 099–104, May 2024, doi: 10.26699/jnk.v11i1.ART.p099-104.
- [4] S. Ashmawi, M. Alharbi, A. Almaghrabi, and A. Alhothali, “FITME: BODY MEASUREMENT ESTIMATIONS USING MACHINE LEARNING METHOD,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 163, pp. 209–217, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.12.102.
- [5] Bagas Alif Fimaskoro, Suci Aulia, and Dery Rimasa, “Identification of Fencing Athletes Based on Anthropometric Measurements Using MediaPipe Pose,” *J. Nas. Tek. Elektro Dan Teknol. Inf.*, vol. 13, no. 1, pp. 11–17, Feb. 2024, doi: 10.22146/jnteti.v13i1.8145.
- [6] M. Montazerian And F. F. Leymarie, “Designing A Contactless, Ai System To Measure The Human Body Using A Single Camera For The Clothing And Fashion Industry,” Aug. 02, 2023. Doi: 10.21203/Rs.3.Rs-3209164/V1.
- [7] Bagas Alif Fimaskoro, Suci Aulia, And Dery Rimasa, “Identification Of Fencing Athletes Based On Anthropometric Measurements Using Mediapipe Pose,” *J. Nas. Tek. Elektro Dan Teknol. Inf.*, Vol. 13, No. 1, Pp. 11–17, Feb. 2024, Doi: 10.22146/Jnteti.V13i1.8145.
- [8] A. H. Santoso, I. Karjadidjaja, F. Santoso, And S. O. Lontoh, “Hubungan Indeks Massa Tubuh, Lingkar Pinggang Dan Rasio Lingkar Pinggang Tinggi Badan Dengan Kadar Gula Darah Pengemudi Bus Antar Kota,” *J. Muara Sains Teknol. Kedokt. Dan Ilmu Kesehat.*, Vol. 4, No. 2, P. 389, Oct. 2020, Doi: 10.24912/Jmstkik.V4i2.7864.
- [9] I. Stancic, T. Supuk, And M. Cecic, “Computer Vision System For Human Anthropometric Parameters Estimation,” Vol. 8, No. 3, 2009.

- [10] M. Alfarisi And N. Syafitri, “Analisis Akurasi Dan Presisi Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Pada Robot Krpai”.
- [11] F. S. Pratama, I. Muslim, And M. I. Zul, “Digitalization Of Human Head Anthropometry Measurement Using Pixels Measurement Method,” *Ijitee Int. J. Inf. Technol. Electr. Eng.*, Vol. 2, No. 3, P. 63, Feb. 2019, Doi: 10.22146/Ijitee.43698.
- [12] M. H. S. T. Penggalih *Et Al.*, “Anthropometric Characteristics And Dietary Intake Of Swimming Athletes With Disabilities Before The Competition,” *J. Gizi Dan Diet. Indones. Indones. J. Nutr. Diet.*, Vol. 6, No. 1, P. 33, Jan. 2019, Doi: 10.21927/Ijnd.2018.6(1).33-41.
- [13] “Memperhatikan Antropometri Dan Biomotorik Untuk Menunjang Prestasi Olahraga - Solo Abadi.” Accessed: Jan. 31, 2025. [Online]. Available: <https://Soloabadi.Com/Memperhatikan-Antropometri-Dan-Biomotorik-Untuk-Menunjang-Prestasi-Olahraga/>, <https://Soloabadi.Com/Memperhatikan-Antropometri-Dan-Biomotorik-Untuk-Menunjang-Prestasi-Olahraga/>
- [14] S. P. Ratumanan And A. F. Khairani, “Hijp : Health Information Jurnal Penelitian,” Vol. 15, 2023.
- [15] D. India, “What Is Body Mass Index (Bmi) & How It Is Calculated? | Doss India.” Accessed: Jan. 31, 2025. [Online]. Available: <https://www.Dossindia.Com/Bariatric-Surgeon-In-Pune/What-Is-Body-Mass-Index-Bmi-How-It-Is-Calculated/>
- [16] R. J. Shephard, “2011 Compendium Of Physical Activities: A Second Update Of Codes And Met Values,” *Yearb. Sports Med.*, Vol. 2012, Pp. 126–127, Jan. 2012, Doi: 10.1016/J.Yspm.2011.08.057.
- [17] World Health Organization, “Global Recommendations On Physical Activity For Health,” *Recomm. Mond. Sur Act. Phys. Pour Santé*, P. 58, 2010.
- [18] D. Benveniste, “The Aiedge+: Let’s Make *Computer Vision* Great Again!” Accessed: Feb. 14, 2025. [Online]. Available: <https://Newsletter.Theaiedge.Io/P/The-Aiedge-Lets-Make-Computer-Vision>
- [19] A. Fadlil And D. Prayogi, “Face Recognition Using Machine Learning Algorithm Based On *Raspberry Pi 4b*,” Vol. 6, No. 1, 2022.
- [20] M. Concannon, “Understanding Machine Learning: A Beginner’s Guide.” Accessed: Jan. 31, 2025. [Online]. Available: <https://www.Ntiva.Com/Blog/What-Is-Machine-Learning>
- [21] R. Kumar, A. Bajpai, A. Sinha, And S. K. Singh, “Mediapipe And Cnns For Real-Skripsi – PS Teknik Otomasi – Teknik Elektro – PNB – 2025

Time Asl Gesture Recognition”.

- [22] L. Vaishnavi D. A., A. K. C., H. S., And D. M. L., “Mediapipe To Recognise The Hand Gestures,” *Wseas Trans. Signal Process.*, Vol. 18, Pp. 134–139, Jul. 2022, Doi: 10.37394/232014.2022.18.19.
- [23] M. Arif, G. S. Haryono, N. F. Arsyad, R. Ramadhani, A. Sahid, And P. Rosyani, “Sistem Pendeteksi Tangan Berbasis Mediapipe Dan Opencv Untuk Pengenalan Gerakan,” *J. Ilmu Komput.*, Vol. 2, No. 2, 2024.
- [24] C. Melo, “Real-Time Human Pose Estimation Using Mediapipe,” Sigmoidal. Accessed: Jan. 31, 2025. [Online]. Available: <https://sigmoidal.ai/en/real-time-human-pose-estimation-using-mediapipe/>
- [25] “Mengenai Single Board Mini Komputer *Raspberry Pi* 4 Model B,” Lab Elektronika. Accessed: Jan. 31, 2025. [Online]. Available: <http://www.labelektronika.com/2019/09/mengenai-single-board-mini-komputer-raspberry-pi-4-model-b.html>
- [26] A. Bahtiar Semma, M. Ali, M. Saerozi, M. Mansur, And K. Kusriani, “Cloud Computing: Google Firebase Firestore Optimization Analysis,” *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, Vol. 29, No. 3, P. 1719, Mar. 2023, Doi: 10.11591/ijecs.V29.I3.Pp1719-1728.
- [27] “Memilih Database: *Cloud Firestore* Atau Realtime Database - Halovina,” Halovina.Com. Accessed: Jan. 31, 2025. [Online]. Available: <https://halovina.com/memilih-database-cloud-firestore-atau-realtime-database/>
- [28] A. Amrullah, “Perbandingan Tingkat Akurasi Pengukuran Ketinggian Air Pada Sensor Hc-Sr04, Hy-Srf05, Dan *JSN-SR04T*,” *J. Infomedia*, Vol. 7, No. 1, P. 31, Jun. 2022, Doi: 10.30811/Jim.V7i1.2955.
- [29] Agus Faudin, “Tutorial Mengakses Sensor Ultrasonic *JSN-SR04T*,” Nyebarilmu. Accessed: Jan. 31, 2025. [Online]. Available: <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-mengakses-sensor-ultrasonic-jsn-sr04t/>
- [30] Y. Mukhammad, A. Santika, And S. Haryuni, “Analisis Akurasi Modul Amplifier *HX711* Untuk Timbangan Bayi,” *Med. Tek. J. Tek. Elektromedik Indones.*, Vol. 4, No. 1, Pp. 24–28, Oct. 2022, Doi: 10.18196/Mt.V4i1.15148.
- [31] “50kg Load cells With *HX711* And Arduino. 4x, 2x, 1x Diagrams. - Circuit Journal.” Accessed: Jan. 31, 2025. [Online]. Available: <https://circuitjournal.com/50kg-load-cells-with-hx711>
- [32] Cmlabs, “Apa Itu Webcam: Pengertian, Fungsi, Cara Kerja, Dan Harga,” Asani. Skripsi – PS Teknik Otomasi – Teknik Elektro – PNB – 2025

Accessed: Feb. 07, 2025. [Online]. Available: [Https://Asani.Co.Id/Blog/Apa-Itu-Webcam/](https://Asani.Co.Id/Blog/Apa-Itu-Webcam/)