

Rancang Bangun Alat Pengukur Tinggi dan Berat Badan Secara Wireless Untuk Menentukan Status Gizi

¹Nadif Adhi Wibowo, ¹Imam Tri Harsoyo, ¹Pramesti Kusumaningtyas, ¹Christina Ary Yuniarti, ¹Muhammad Rofii

¹Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang, Indonesia

email nadifadhi.wibowo@gmail.com imamtriharsoyo@stikessemarang.ac.id

pramesti@stikessemarang.ac.id christinaarie@yahoo.co.id mohammadrofii@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:

Diterima : 04-06-2025

Disetujui : 04-09-2025

Keywords:

Body Mass Index

TOF400C sensor

Load Cell

ESP32

Nutritional status monitoring



ABSTRACT

Abstract: Nutritional status is a key indicator in assessing individual health that can be determined through anthropometric measurements, particularly height and weight. This study uses a design approach that aims to design and implement a wireless system for measuring nutritional status based on Body Mass Index (BMI) using a TOF400C sensor and a Load Cell controlled by an ESP32 microcontroller. The TOF400C sensor measures height based on the Time-of-Flight principle of infrared light, while the Load Cell measures weight with the HX711 module. Data from both sensors is processed by the ESP32 to calculate BMI and categorize nutritional status according to WHO standards. Test results on 10 adult subjects showed an accuracy of 99.6% for the height measuring device and 98.3% for the weight measuring device compared to standard devices, as well as real-time results displayed on OLED and TFT screens. This system is expected to be a practical and efficient solution for digital nutritional status monitoring.

Abstrak: Status gizi merupakan indikator utama dalam penilaian kesehatan individu yang dapat ditentukan melalui pengukuran antropometri, khususnya tinggi badan dan berat badan. Penelitian ini menggunakan pendekatan rancang bangun yang bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pengukur status gizi berbasis Indeks Massa Tubuh (IMT) secara *wireless* menggunakan sensor TOF400C dan *Load Cell* yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Sensor TOF400C mengukur tinggi badan berdasarkan prinsip Time-of-Flight cahaya inframerah, sedangkan *Load Cell* mengukur berat badan dengan modul HX711. Data kedua sensor diproses oleh ESP32 untuk menghitung IMT dan mengkategorikan status gizi sesuai standar WHO. Hasil pengujian pada 10 subjek dewasa menunjukkan akurasi alat pengukur tinggi badan 99,6% dan alat pengukur berat badan 98,3% dibandingkan dengan alat standar, serta tampilan hasil real-time pada layar OLED dan TFT. Sistem ini diharapkan menjadi solusi praktis dan efisien untuk pemantauan status gizi secara digital.



<https://doi.org/10.31764/justek.vXiY.ZZZ>



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

A. LATAR BELAKANG

Pengukuran antropometri, khususnya tinggi dan berat badan, merupakan langkah awal yang krusial dalam penilaian status gizi individu. Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018 menunjukkan bahwa 35,4% populasi Indonesia mengalami masalah gizi, yang dapat

diidentifikasi melalui perhitungan Indeks Massa Tubuh (IMT) (Kemenkes RI, 2018). Sayangnya, metode manual yang umum digunakan di lapangan memiliki tingkat kesalahan signifikan, rata-rata 5–10 cm untuk tinggi badan dan 2–3 kg untuk berat badan, yang berdampak pada ketepatan diagnosis dan intervensi gizi (Kemenkes RI, 2018; G. P. Perdana, 2010; Susanto & Lestari, 2021).

Perkembangan teknologi sensor dan mikrokontroler kini memungkinkan solusi yang lebih akurat dan efisien. Sensor Time-of-Flight (ToF) seperti TOF400C VL53L1X mampu meningkatkan akurasi pengukuran tinggi hingga 99% (Darwito et al., 2019; Yamada et al., 2020), sementara penggunaan load cell dengan HX711 untuk berat badan menghasilkan kesalahan pengukuran di bawah 1% (Hutama, 2021; Luthfan & Yendri, 2018). Integrasi teknologi ini dalam satu sistem *wireless* terbukti mampu menurunkan risiko human error dan mempercepat proses pemeriksaan (Hercog et al., 2023; Susanto & Lestari, 2021; Yazhini & Saravanan, 2023).

Meskipun demikian, masih terdapat celah penelitian. Beberapa studi sebelumnya, seperti oleh Utama (2021; Luthfan & Yendri (2018), hanya fokus pada akurasi perangkat, tanpa mengoptimalkan komunikasi data secara real-time atau penerapan algoritma klasifikasi IMT berbasis standar WHO terbaru (*Centers for Disease Control and Prevention*, 2022; WHO, 2023). Di sisi lain, sistem IoT dalam bidang kesehatan masih jarang mengintegrasikan fitur perhitungan IMT otomatis yang sesuai standar internasional, menciptakan kebutuhan akan perangkat digital yang tidak hanya akurat tetapi juga terhubung dan dapat digunakan secara luas.

Urgensi pengembangan alat ini meningkat seiring tren telemedicine dan kebutuhan pemantauan gizi jarak jauh, terutama selama pandemi COVID-19 dan di wilayah dengan akses kesehatan terbatas (Dell'Isola et al., 2021; Jeyakumar et al., 2022; Mamdiwar et al., 2021; Wan et al., 2018). Kelompok rentan seperti lansia dan anak-anak juga memerlukan alat skrining gizi yang mudah dioperasikan dan tidak bergantung pada tenaga medis tingkat tinggi (Bezerra et al., 2022; He et al., 2017).

Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji fungsi alat pengukur tinggi dan berat badan secara nirkabel berbasis ESP32, yang menghitung IMT secara otomatis sesuai pedoman WHO. Rancang bangun sistem ini melibatkan integrasi sensor TOF400C dan load cell dengan HX711, serta pemrosesan data menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi dengan antarmuka nirkabel untuk menampilkan hasil secara real-time (Hercog et al., 2023; Utama, 2021; Jeyakumar et al., 2022; Yamada et al., 2020).

Penelitian ini dibatasi pada subjek dewasa berusia 19–70 tahun dengan struktur tulang belakang normal, serta dilakukan di lingkungan indoor guna menghindari interferensi eksternal. Rentang pengukuran disesuaikan dengan kebutuhan umum, yaitu tinggi badan 100–210 cm dan berat badan 10–150 kg (Bezerra et al., 2022; *Centers for Disease Control and Prevention*, 2022; He et al., 2017; Kemenpora RI, 2022).

Manfaat dari penelitian ini mencakup tiga aspek. Bagi peneliti, pengembangan sistem ini menjadi media untuk memperkuat kompetensi rekayasa perangkat keras dan lunak terintegrasi (Hercog et al., 2023). Bagi institusi, alat ini berpotensi menjadi media pembelajaran dan penelitian lanjutan di bidang keperawatan, gizi, dan teknik biomedis (Lestari, 2024). Bagi masyarakat, kemudahan penggunaan dan kecepatan alat diharapkan

meningkatkan kesadaran dan kepatuhan dalam skrining status gizi serta mendukung intervensi dini yang lebih tepat sasaran (Weishaupt et al., 2022).

Namun, penelitian terdahulu hanya berfokus pada akurasi pengukuran tinggi atau berat badan secara terpisah, tanpa mengintegrasikan komunikasi data nirkabel real-time dan klasifikasi status gizi otomatis sesuai standar WHO terbaru. Kesenjangan inilah yang berusaha dijawab dalam penelitian ini, dengan mengembangkan sistem pengukur tinggi dan berat badan berbasis ESP32 yang mampu menghitung Indeks Massa Tubuh (IMT) secara otomatis dan menampilkannya secara real-time.

Keterbaruan penelitian ini terletak pada integrasi sensor TOF400C untuk pengukuran tinggi badan dan load cell dengan modul HX711 untuk pengukuran berat badan dalam satu sistem berbasis mikrokontroler ESP32 dengan komunikasi nirkabel ESP-NOW. Sistem ini tidak hanya melakukan pengukuran, tetapi juga secara otomatis menghitung Indeks Massa Tubuh (IMT) sesuai standar WHO terbaru dan menampilkan hasil secara real-time. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi berupa solusi praktis, akurat, dan terhubung yang belum banyak diimplementasikan pada penelitian sejenis.

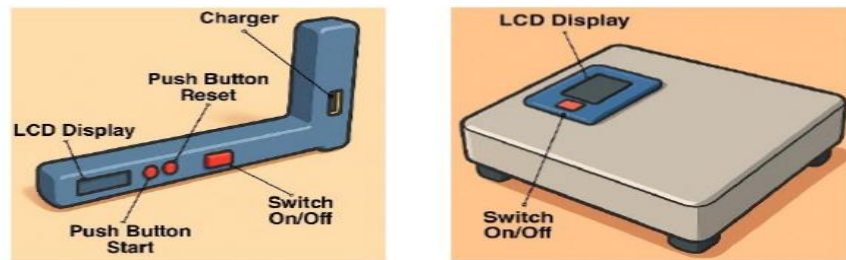
B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rancang bangun (*design and development*) untuk merancang dan mengimplementasikan alat pengukur tinggi dan berat badan berbasis mikrokontroler ESP32 dengan komunikasi nirkabel ESP-NOW. Sistem terdiri atas sensor TOF400C untuk mengukur tinggi badan dan empat buah *load cell* yang terhubung ke modul HX711 untuk mengukur berat badan, serta mikrokontroler ESP32 yang mengolah data, menghitung Indeks Massa Tubuh (IMT) sesuai standar WHO (2023), dan mengirimkan hasilnya ke tampilan OLED/TFT maupun aplikasi mobile. Perangkat dirakit di papan *breadboard* dengan sumber daya baterai Li Po dan Li ion 18650, dan skematik rangkaian disiapkan menggunakan perangkat lunak EDA.

Prosedur pengujian meliputi uji fungsi dasar untuk memastikan setiap komponen bekerja, diikuti pengujian akurasi dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap stadiometer standar dan timbangan laboratorium pada 10 subjek dewasa (19–70 tahun) di lingkungan *indoor* (Kemenpora RI, 2022). Data dianalisis menggunakan persentase *error*, *mean error*, dan simpangan baku, dengan kriteria keberhasilan akurasi $\leq \pm 1$ cm untuk tinggi dan $\leq \pm 0,5$ kg untuk berat (Susanto & Lestari, 2021; Yamada et al., 2020). Pengujian *repeatability* dan *reliability* juga dilakukan untuk mengevaluasi konsistensi dan keandalan alat, serta rekomendasi perbaikan disusun berdasarkan hasil analisis.

1. Desain Fisik Alat

Casing alat dirancang menggunakan 3D printing (ketebalan 2 mm, PLA) untuk memastikan ringan dan tahan lama. Berikut adalah Gambar 1 dari desain alat:

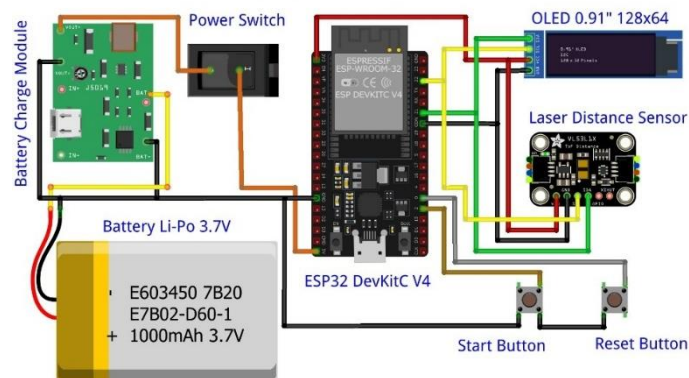


Gambar 1 Desain Alat Pengukur Tinggi dan Berat Badan

Gambar 1 menunjukkan desain dari Alat Pengukur Tinggi dan Berat Badan, dimana bentuk dari desain dibuat agar ergonomis bagi pengguna

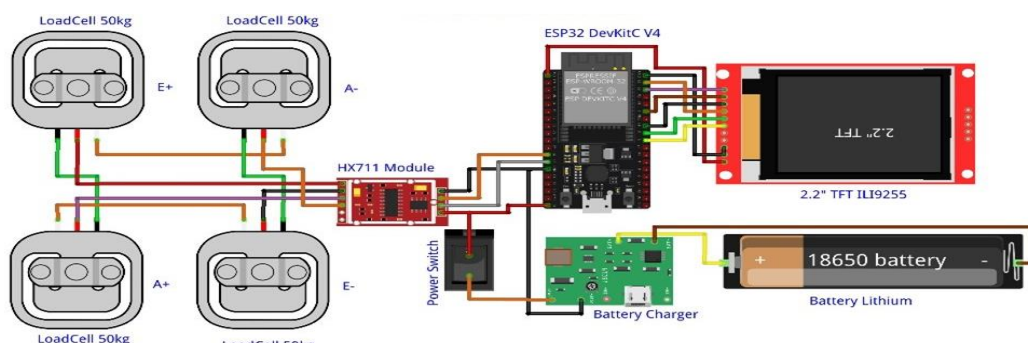
2. Rangkaian Elektrik Alat

Sistem skematik tiap modul terbagi menjadi dua modul terpisah yang saling terhubung via ESP-NOW. Rangkaian kedua modul dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3:



Gambar 2 Blok Diagram Alat Pengukur Tinggi Badan

Wiring diagram pada Gambar 2 menunjukkan rangkaian sistem pengukur tinggi badan berbasis ESP32. Sistem ini menggunakan sensor jarak laser TOF400C untuk mengukur tinggi, dan menampilkan hasilnya pada layar OLED 0.91" 128x64. Tegangan disuplai oleh baterai Li-Po 3.7V yang dihubungkan ke modul pengisian daya. Tombol *start* dan *reset* terhubung ke pin digital ESP32 untuk mengontrol proses pengukuran.

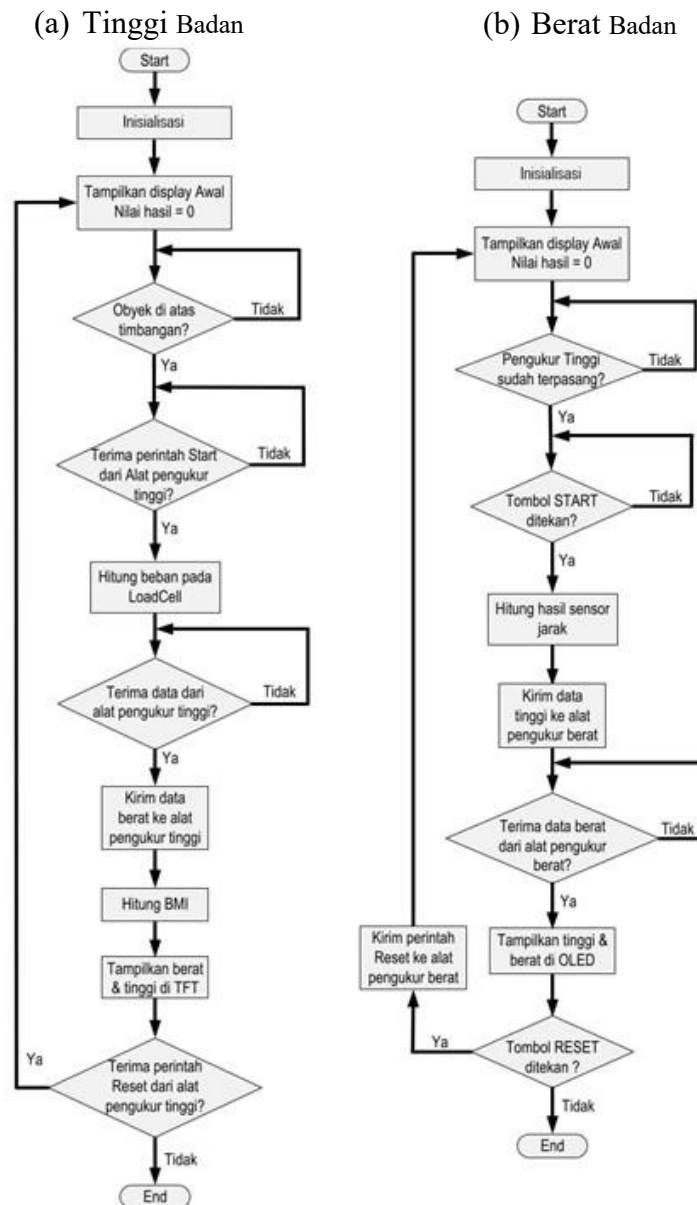


Gambar 3 Blok Diagram Alat Pengukur Berat Badan

Wiring diagram pada Gambar 3 menunjukkan rangkaian timbangan digital berbasis ESP32. Empat buah load cell 50 kg dikonfigurasi dalam bentuk jembatan dan terhubung ke modul HX711 untuk mengubah sinyal analog menjadi digital. Modul HX711 kemudian terhubung ke ESP32 untuk pemrosesan data. Hasil pengukuran ditampilkan pada layar TFT 2,2 inci. Daya didapat dari baterai lithium 18650 melalui modul charger dan saklar daya sebagai pengendali on/off.

3. Diagram Alir Sistem

Proses pengukuran tiap modul digambarkan dalam satu alur: inisialisasi ESP32 dan display menampilkan "0"; pengecekan objek dan tombol *Start* dilanjutkan dengan pengukuran sensor; penampilan hasil pengukuran; pengiriman data tinggi dari modul tinggi ke modul berat melalui ESP-NOW; perhitungan IMT pada modul berat; dan penantian *reset* untuk kembali ke tahap awal. Berikut Gambar 4 merupakan diagram alir alat:



Gambar 4 Diagram Alir Alat

4. Klasifikasi Status Gizi

Klasifikasi nilai Indeks Massa Tubuh (IMT) digunakan untuk menilai status gizi seseorang berdasarkan perbandingan antara berat badan dan tinggi badan. Rentang IMT di bawah 18,5 dikategorikan sebagai kurus (gizi kurang), 18,5–24,9 sebagai berat badan ideal (gizi baik), 25,0 – 29,9 sebagai gemuk (gizi lebih), dan $IMT \geq 30,0$ sebagai obesitas (gizi sangat berlebih). Batasan klasifikasi ini hanya berlaku bagi individu berusia antara 19 hingga 70 tahun, dengan struktur tulang belakang normal, bukan binaragawan, serta bukan ibu hamil atau menyusui (WHO, 2023; Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2022).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tampilan Prototipe Alat

Hasil rancangan fisik alat pengukur tinggi dan berat badan *wireless* terlihat pada Gambar 5 dan Gambar 6. Kedua modul (tinggi dan berat) dirancang ergonomis untuk memastikan stabilitas dan kemudahan penggunaan.



Gambar 5 Alat Tinggi Badan



Gambar 6 Alat Berat Badan

2. Pengujian Tegangan dan Analisis Kesalahan

Setiap titik kritis catu daya dan modul elektronik diuji tegangan keluarannya menggunakan multimeter digital. Hasil rata-rata pengukuran dibandingkan dengan nilai *datasheet*, lalu dihitung persentase kesalahannya sebagaimana pada Susanto & Lestari (2021).

a. Tegangan ESP32 Modul Tinggi

Hasil pengukuran tegangan input ESP32 modul tinggi ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1 Masukan ESP32 Modul Tinggi

No.	Hasil Pengukuran (Volt)	Rata - Rata (Volt)	<i>Datasheet</i> (Volt)
1.	4,96 VDC	4,96 VDC	5 VDC
2.	4,96 VDC		
3.	4,96 VDC		

Dari tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran tegangan masukan modul ESP32 sebesar 4,96 VDC dalam tiga kali pengukuran berurutan. Dibandingkan dengan spesifikasi *datasheet* yaitu 5 VDC, terdapat error 0,8% yang masih dalam batas toleransi. Hal ini menunjukkan bahwa suplai daya stabil dan aman untuk mendukung sensor TOF400C (Susanto & Lestari, 2021).

b. Tegangan Modul HX711

Hasil pengukuran tegangan input modul HX711 ditunjukkan pada Tabel 2

Tabel 2 Masukan Modul HX711

No.	Hasil Pengukuran (Volt)	Rata - Rata (Volt)	Datasheet (Volt)
1.	4,96 VDC	4,96 VDC	5 VDC
2.	4,96 VDC		
3.	4,96 VDC		

Pada tabel 2 menunjukkan tegangan input modul HX711 sebesar 4,96 VDC secara konsisten, dengan rata-rata error 0,8% dari spesifikasi datasheet yaitu 5 VDC. Nilai ini masih dalam kisaran aman, sehingga tidak memengaruhi akurasi pengukuran berat badan (Hutama, 2021; Luthfan & Yendri, 2018).

c. Tegangan ESP32 Modul Berat

Hasil pengukuran tegangan input ESP32 modul berat ditunjukkan pada Tabel 3

Tabel 3 Masukan ESP32 Modul Berat

No.	Hasil Pengukuran (Volt)	Rata - Rata (Volt)	Datasheet (Volt)
1.	4,99 VDC	4,99 VDC	5 VDC
2.	4,99 VDC		
3.	4,99 VDC		

Tabel 3 menunjukkan output tegangan ESP32 sebesar 4,99 VDC dengan error 0,2% dari spesifikasi 5 VDC. Nilai ini mencerminkan efisiensi daya dan kestabilan suplai yang baik untuk pengolahan data berat badan dan perhitungan IMT (Hercog et al., 2023).

d. Tegangan LCD OLED

Hasil pengukuran tegangan LCD OLED ditunjukkan pada Tabel 4

Tabel 4 Masukan LCD OLED

No.	Hasil Pengukuran (Volt)	Rata - Rata (Volt)	Datasheet (Volt)
1.	3,338 VDC	3,338 VDC	3,3 VDC
2.	3,338 VDC		
3.	3,338 VDC		

Tabel 4 menunjukkan tegangan input OLED sebesar 3,338 VDC dengan error 1,16% dari spesifikasi datasheet 3,3 VDC. Meskipun masih wajar dan tidak mengganggu tampilan.

e. Tegangan Sensor TOF400C

Hasil pengukuran tegangan Sensor TOF400C ditunjukkan pada Tabel 5

Tabel 5 Masukan Sensor TOF400C

No.	Hasil Pengukuran (Volt)	Rata - Rata (Volt)	Datasheet (Volt)
1.	3,340 VDC	3,340 VDC	3,3 VDC
2.	3,340 VDC		
3.	3,340 VDC		

Tabel 5 menunjukkan tegangan input sensor TOF400C sebesar 3,340 VDC dengan error 1,2% dari datasheet yaitu 3,3 VDC. Meski kecil, sensor ToF sensitif terhadap pasokan daya, sehingga disarankan penggunaan regulator presisi seperti LDO untuk menjaga performa optimal (He et al., 2017; Yamada et al., 2020).

Semua titik pengukuran menunjukkan error $\leq 1,2\%$, masih dalam batas toleransi datasheet masing-masing modul dan tidak memengaruhi kinerja keseluruhan sistem.

3. Uji Fungsi Alat

Uji fungsi dilakukan pada 10 subjek dewasa (usia 19–70 tahun), membandingkan hasil pengukuran tinggi dan berat badan prototipe dengan stadiometer dan timbangan digital standar. Data uji fungsi alat dengan 10 responden ditampilkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6 Uji Fungsi Alat

Percobaan	Tinggi Badan Asli (cm)	Pembacaan Alat Tinggi (cm)	Berat Badan Asli (kg)	Pembacaan Alat Berat (kg)	Nilai Hasil IMT	Klasifikasi	Status Gizi
1.	165.7	165.0	57.5	56.6	20	Ideal	Gizi Baik
2.	180.2	179.5	60.5	59.5	18	Ideal	Gizi Baik
3.	168.0	167.3	58.6	57.6	20	Ideal	Gizi Baik
4.	170.5	169.7	80.4	79.0	27	Gemuk	Gizi Lebih
5.	172.4	171.7	65.3	64.2	21	Ideal	Gizi Baik
6.	170.9	170.2	67.5	66.3	23	Ideal	Gizi Baik
7.	175.9	175.2	91.1	89.6	29	Gemuk	Gizi Lebih
8.	162.5	161.9	60.2	59.2	22	Ideal	Gizi Baik
9.	150.7	150.0	40.6	39.8	17	Kurus	Gizi Kurang
10.	168.3	167.7	111.2	109.5	38	Obesitas	Gizi Sangat Berlebih

Semua nilai IMT yang dihitung prototipe sesuai dengan klasifikasi WHO (WHO, 2023).

D. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan serangkaian tahapan penelitian dimulai dari studi literatur, perancangan desain, pembuatan perangkat, hingga pengumpulan dan analisis data uji coba dapat disimpulkan bahwa alat pengukur tinggi dan berat badan berbasis sensor *Time-of-Flight* (LiDAR) dan *load cell* dengan mikrokontroler ESP32 telah berhasil dirancang dan diimplementasikan. Alat ini mampu mengukur tinggi badan menggunakan sensor TOF400C dan menampilkan hasilnya pada layar OLED, serta mengukur berat badan menggunakan *load cell* yang terhubung ke modul HX711 dan menampilkan hasilnya pada

layar TFT. Mikrokontroler ESP32 kemudian mengolah data tinggi dan berat badan tersebut untuk menghitung Indeks Massa Tubuh (IMT) sesuai rumus standar, dan menampilkan nilai IMT pada layar TFT timbangan. Hasil uji fungsi pada sepuluh subjek menunjukkan bahwa perangkat beroperasi dengan baik tanpa kendala pembacaan nilai tinggi dan berat badan serta mampu menentukan status gizi sesuai klasifikasi IMT tanpa perbedaan signifikan dibanding alat standar.

Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan agar alat dilengkapi dengan fitur penyimpanan dan manajemen riwayat pengukuran melalui aplikasi mobile berbasis Internet of Things (IoT). Dengan menambahkan modul komunikasi seperti Wi-Fi atau *Bluetooth Low Energy* yang terintegrasi ke dalam aplikasi, data tinggi, berat, dan IMT pengguna dapat diarsipkan secara otomatis, memudahkan pemantauan tren status gizi seiring waktu. Fitur ini juga memungkinkan profesional kesehatan melakukan analisis longitudinal dan intervensi gizi yang lebih tepat berdasarkan catatan pengukuran sebelumnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Patrisius Kusi Olla, S.T., M.T., selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang, atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama proses studi. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Imam Tri Harsoyo, S.Pd., M.Si., selaku dosen pembimbing I, yang telah dengan penuh kesabaran meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, nasihat, serta koreksi yang sangat berharga selama penyusunan tugas akhir ini. Tak lupa, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Pramesti Kusumaningtyas, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II, atas arahan, masukan, dan motivasi yang terus diberikan sehingga penulisan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- Bezerra, G. M. F., Feitosa, E. S. de L., Catunda, J. G. V., Graça, C. N. S., Aquino, P. L. de, Neto, A. G. B., & Junior, G. B. da S. (2022). Telemedicine Application and Assessment During the COVID-19 Pandemic. *Stud Health Technol Inform*, Jun 6(290), 854–857.
- Centers for Disease Control and Prevention*. (2022). About Adult BMI. https://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/bmi/adult_bmi/index.html
- Darwito, P. A., Raditya, M., Sa'diyah, H., & Cikadiarta, A. (2019). Comparative Study of Burst And Beams Types Ultrasonic Sensor For Distance Measurements. *2019 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*.
- Dell'Isola, G. B., Cosentini, E., Canale, L., Ficco, Gi., & Dell'Isola, M. (2021). Noncontact Body Temperature Measurement: Uncertainty Evaluation and Screening Decision Rule to Prevent the Spread of COVID-19. *Sensor2*, 21(2), 346.
- He, Y., Liang, B., Zou, Y., He, J., & Yang, J. (2017). Depth errors analysis and correction for time-of-flight (ToF) cameras. *Sensors (Switzerland)*, 17(1). <https://doi.org/10.3390/s17010092>
- Hercog, D., Lerher, T., Truntič, M., & Težak, O. (2023). Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices. *Sensors*, 23(15). <https://doi.org/10.3390/s23156739>
- Hutama, M. A. S. (2021). *Rancang Bangun Alat Ukur Tinggi dan Berat Badan dengan Informasi BMI Menggunakan Sensor VL53L0X dan Load Cell*. Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto.
- Jeyakumar, V., Nirmala, K., & Sarate, S. G. (2022). Chapter 5 - Non-contact measurement system

- for COVID-19 vital signs to aid mass screening—An alternate approach. *Cyber-Physical Systems*, 75–92.
- Kemenkes RI. (2018). *Riset Kesehatan Dasar Tahun 2018*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan.
- Kemenpora RI. (2022). *Pedoman Antropometri*. Kemenpora RI.
- Lestari, P. I. (2024). *Efektivitas Edukasi Gizi dengan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Android terhadap Peningkatan Pengetahuan tentang Makanan Jajanan Sehat Pada Siswa MIN 1 Jakarta*. 4, 90–101.
- Luthfan, M., & Yendri, D. (2018). *Rancang Bangun Alat Pengukur Tinggi Badan dengan Metode Broca Berbasis Mikrokontroler*. Universitas Andalas.
- Mamdiwar, S. D., Akshith, R., Shakruwala, Z., Chadha, U., Srinivasan, K., & Chang, C. Y. (2021). Recent advances on iot-assisted wearable sensor systems for healthcare monitoring. *Biosensors*, 11(10), 1–37. <https://doi.org/10.3390/bios11100372>
- Perdana, G. P. (2010). *Perancangan program aplikasi pengelolaan data antropometri sebagai pendukung berbasis ergonomi*. Universitas Sebelas Maret.
- Susanto, A., & Lestari, N. (2021). Development of Anthropometric Measurement System Using Smart Sensors for Healthcare Applications. *Journal of Medical Engineering*, 45(3), 125–132.
- Wan, J., A. A. H. Al-awlaqi, M., Li, M. S., O'Grady, M., Gu, X., Wang, J., & Cao, N. (2018). Wearable IoT enabled real-time health monitoring system. *Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking*, 298(1). <https://doi.org/10.1186/s13638-018-1308-x>
- Weishaupt, I., Mages-Torluoglu, J., Kunze, C., Weidmann, C., Steinhausen, K., & Bailer, A. C. (2022). Mobile Digital Health Intervention to Promote Nutrition and Physical Activity Behaviors Among Long-term Unemployed in Rural Areas: Protocol for a Randomized Controlled Trial. *JMIR Res Protoc*, 11(11).
- WHO. (2023). [https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/topic-details/GHO/body-mass-index-\(bmi\)](https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/topic-details/GHO/body-mass-index-(bmi))
- Yamada, T., Fujimoto, K., & Kuroda, S. (2020). Accurate body measurement using digital sensor-based systems in clinical settings. *Biomedical Sensor Journal*, 18(4), 233–24.
- Yazhini, A., & Saravanan, K. (2023). IoT based Siddha diagnosis for human health monitoring. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 22(4), 717–726.
- Yunidar, Y., Arnia, F., Melinda, M., & Away, Y. (2024). Pemanfaatan Alat Ukur Status Gizi Otomatis Berbasis Mikrokontroler di Posyandu Meulati Gampong Blang Krueng Kecamatan Baitussalam , Aceh Besar. *Jurnal Pengabdian Rekayasa Dan Wirausaha*, 1(1), 1–5.