


Rancang Bangun Sistem Monitoring BMI Otomatis dengan Tracking Grafik melalui Website

Catur Putra Aprilianto¹, Ratnasari Nur Rohmah²

¹ Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan, Kartasura, Sukoharjo, Indonesia

 Email korespondensi: cattur2019@gmail.com

Abstrak. Perkembangan teknologi di bidang kesehatan mendorong terciptanya sistem pemantauan kondisi tubuh yang lebih efisien. Salah satu indikator penting dalam menilai status kesehatan adalah *Body Mass Index* (BMI), yaitu perbandingan antara berat badan dan tinggi badan. Namun, pengukuran secara manual masih umum dilakukan, sehingga rentan terhadap kesalahan pencatatan dan kurang praktis untuk pemantauan rutin. Penelitian ini bertujuan merancang sistem Monitoring BMI otomatis yang dilengkapi fitur *tracking* grafik berbasis website. Sistem ini dirancang agar dapat digunakan secara mandiri, akurat, dan mudah diakses oleh pengguna. Perangkat keras sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor *Load cell* dengan modul HX711 untuk mengukur berat badan, serta sensor ultrasonik untuk tinggi badan. Hasil pengukuran dikalkulasi secara otomatis menjadi nilai BMI, kemudian ditampilkan pada LCD I2C dan dikirim ke Firebase Realtime Database. Modul RFID PN532 digunakan untuk identifikasi pengguna, memastikan bahwa hasil pengukuran bersifat personal dan terintegrasi. Website menampilkan data BMI pengguna yang telah teregistrasi, termasuk grafik riwayat perubahan BMI secara visual dan informatif. Pengujian menunjukkan sistem memiliki waktu respon kurang dari lima detik dan akurasi yang baik, dengan rata-rata error 0,35% untuk berat badan, 0,38% untuk tinggi badan, dan 1,06% untuk BMI. Sistem ini memberikan solusi praktis dan otomatis dalam pemantauan kesehatan, khususnya dalam pencatatan serta pelacakan BMI yang terintegrasi secara digital dan *real-time*.

Kata kunci: BMI; *Load cell*; sensor Ultrasonik; ESP32; Firebase



PENDAHULUAN

Perkembangan zaman saat ini telah membawa perubahan signifikan terhadap pola dan gaya hidup manusia, terutama dalam hal aktivitas fisik serta konsumsi pangan yang semakin beragam. Kemudahan yang ditawarkan oleh era digital, seperti layanan pesan antar makanan, menyebabkan penurunan aktivitas fisik karena individu hanya perlu menunggu makanan datang tanpa perlu bergerak [1]. Tren konsumsi makanan cepat saji dan minuman manis yang tinggi kalori semakin marak, sementara kesadaran akan kandungan gizi sering kali diabaikan. Selain itu, pola tidur yang tidak teratur turut memperburuk kondisi kesehatan tubuh. Perubahan gaya hidup ini berdampak langsung pada meningkatnya kasus berat badan berlebih di berbagai negara [2].

Akibat pola hidup yang berantakan ini menyebabkan gangguan metabolisme pada tubuh dan asupan kalori harian berlebih yang tidak terbakar menyebabkan terjadinya penumpukkan lemak yang akan berdampak pada postur tubuh seseorang [3]. Obesitas menjadi masalah pada kesehatan global yang banyak terjadi pada negara maju maupun negara berkembang. Karena obesitas tidak memandang umur dari balita sampai orang tua semua bisa terjadi dan digambarkan dengan seseorang yang memiliki postur badan yang relevan gemuk [4].

Mengetahui kondisi tubuh seseorang dalam postur badan ideal atau tidak, bisa dilakukan dengan metode yang umum digunakan, yaitu perhitungan *Body Mass Index* (BMI). BMI merupakan rasio antara berat badan (Kg) dengan kuadrat tinggi badan (m^2) yang di kategorikan dalam 4 kelompok, kurus, ideal, berat berlebih dan obesitas [5]. BMI merupakan indikator yang bisa digunakan secara umum, *Body Mass Index* (BMI) merupakan indikator yang umum digunakan untuk menilai kondisi tubuh berdasarkan berat dan tinggi badan. Namun, interpretasi BMI tidak bersifat mutlak karena tidak membedakan antara massa otot dan lemak tubuh. Pada individu dengan massa otot besar seperti atlet, hasil BMI bisa menunjukkan kelebihan berat badan secara keliru. Selain itu, usia dan jenis kelamin juga memengaruhi klasifikasi BMI, terutama pada anak-anak dan remaja yang masih dalam masa pertumbuhan. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pemantauan BMI secara berkala untuk memberikan gambaran kondisi tubuh yang lebih akurat dan mencerminkan keadaan fisik yang sebenarnya.

Kemajuan teknologi dalam bidang digital saat ini membawa dampak besar dalam dunia medis, terutama dalam pengembangan sistem pengukuran dan pencatatan data pasien yang lebih modern dan efisien. Pemanfaatan teknologi digital memungkinkan proses pemeriksaan dilakukan secara otomatis dan hasilnya dapat langsung disimpan serta ditampilkan melalui media digital seperti website [6]. Sistem ini mendukung pemantauan kondisi kesehatan secara lebih efisien, mengurangi risiko kesalahan input data, dan menyajikan informasi dalam bentuk visual seperti grafik perubahan BMI dari

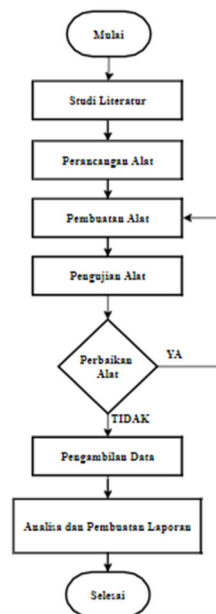


waktu ke waktu. Visualisasi data semacam ini memudahkan pengguna maupun tenaga medis dalam memahami tren kondisi tubuh pasien secara menyeluruh [7] .

Salah satu bentuk inovasi yang sudah dikembangkan adalah alat ukur berat badan dan tinggi badan otomatis. Namun yang tersedia di pasaran tidak dilengkapi dengan grafik data perubahan komposisi tubuh pasien. Sehingga data yang disimpan tidak bisa diakses dari lagi melainkan hanya data yang disimpan dari hasil pengukuran yang dilakukan oleh tenaga medis, dan kebanyakan dalam dunia medis masih banyak yang menggunakan secara manual sehingga bisa terjadi kesalahan dalam pengukuran [8] . Oleh karena itu, pengembangan sistem yang terintegrasi dengan website dan dilengkapi dengan fitur visualisasi data dibutuhkan agar pemeriksaan dan pelacakan kondisi tubuh dapat dilakukan secara otomatis, efisien, dan akurat.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengukuran tinggi dan berat badan otomatis yang dapat menghitung nilai BMI secara *Real time* dan menampilkannya melalui website. Sistem ini dirancang secara khusus menggunakan konfigurasi empat titik sensor *Load cell* untuk menjamin akurasi dan stabilitas hasil pengukuran berat badan. Sistem ini dilengkapi fitur pelacakan perubahan BMI pengguna, serta visualisasi dalam bentuk grafik untuk memudahkan pemahaman terhadap kondisi tubuh. Dengan demikian, alat ini diharapkan dapat menjadi solusi Monitoring kesehatan yang praktis dan informatif, khususnya dalam mendeteksi dan mencegah potensi obesitas secara dini.

METODE



Gambar 1. Flowchart Penelitian



Pembuatan alat ukur berat badan dan tinggi badan otomatis ini menggunakan langkah-langkah yang tertera pada gambar *flowchart* Penelitian 1. Langkah pertama dari pembuatan alat ini dimulai dari studi literatur untuk memahami konteks masalah yang akan diangkat. Selanjutnya, dilakukan perancangan alat sebagai gambaran dari alat dan sistem yang akan dibuat serta diterapkan pada proses pembuatan. Tahap berikutnya adalah pengujian alat, untuk memastikan apakah alat sudah dapat digunakan atau belum. Jika alat belum berfungsi sebagaimana mestinya, maka proses kembali ke tahap pembuatan alat. Namun, jika alat sudah berjalan dengan baik, maka dilakukan pengambilan data dari alat dan penyusunan laporan yang berisi analisis terhadap alat yang telah berhasil dibuat.

Persiapan Alat dan Bahan

Perancangan Alat ukur berat badan dan tinggi badan secara otomatis ini menggunakan sensor Ultrasonik dan modul HX711 dengan *Load cell* 50Kg. Alat dirancang untuk menyelesaikan masalah pada tenaga medis yang terkadang masih melakukan pengukuran tinggi badan dan berat badan menggunakan metode manual, Alat ini juga dengan fitur Monitoring yang bisa dilakukan pada website yang bisa dilihat perbedaan grafik dari pengukuran yang dilakukan secara berkala. Alat penunjang dari pembuatan alat ini ada seperti, bor, gerinda, tang, solder dan obeng. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan	Jumlah
Mikrokontroler ESP 32	1
Ultrasonik	1
Modul HX711	1
Sensor Load cell Half Bridge 50Kg	4
LCD I2C 20x4	1
RFID PN532	1
Push Button	2
Stepdown XL4005	1
Jack DC Female	1
Saklar ON/OFF	1
Besi Hollow	6 Meter

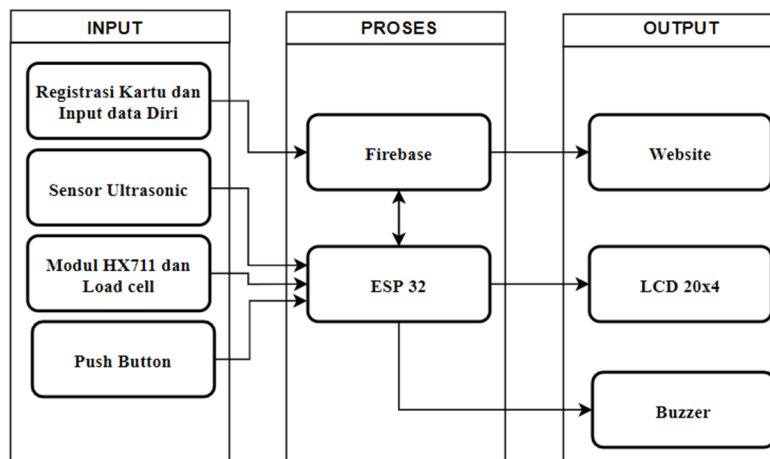
Perancangan alat dilakukan tidak hanya menggunakan perangkat keras melainkan melibatkan perangkat lunak yaitu, Arduino IDE untuk memprogram sensor dengan



koneksi mikrokontroler, Visual Code Studio untuk memprogram *interface* website, EasyEda Editor untuk merancang tata letak komponen sensor yang digunakan pada *Print Circuit Board* (PCB), dan TingkerCad untuk membuat gambaran desain 3D dari alat yang akan dibuat.

Perancangan Sistem

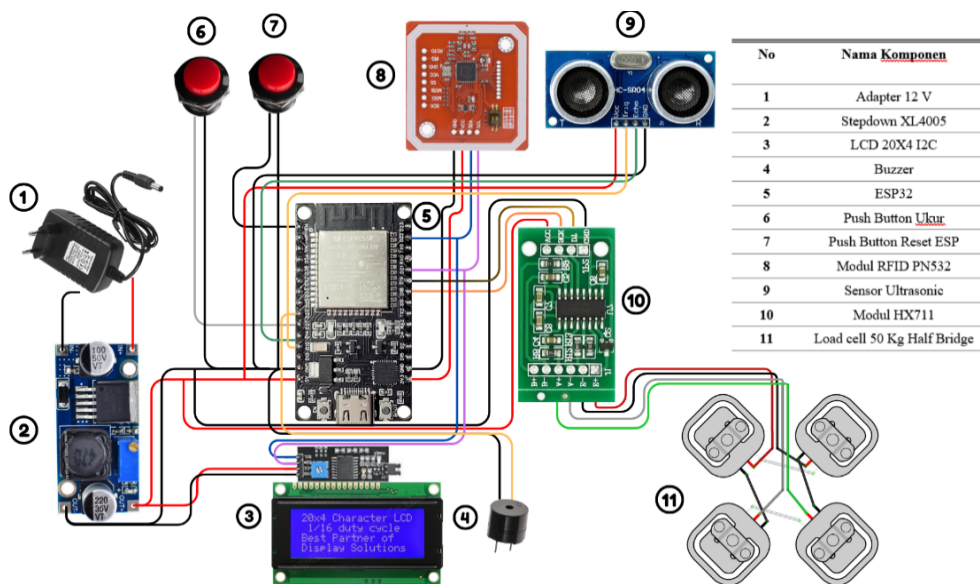
Alat ini dirancang untuk pengukuran secara otomatis untuk membantu mengurangi error pada sistem manual yang ditulis dalam kertas atau hasil pengukuran berat badan dan tinggi badan di cetak dalam struk kertas. Sistem ini menggunakan Mikrokontroler ESP32 yang dikoneksikan dengan beberapa sensor, seperti Ultrasonik yang digunakan untuk mengukur tinggi badan, lalu modul HX711 yang digunakan untuk mengolah nilai dari empat buah sensor *Load cell Half-Bridge* 50Kg yang disusun pada setiap sudut pijakan dan dikonfigurasi menjadi sebuah rangkaian Jembatan Wheatstone (*Wheatstone Bridge*) tipe *full-bridge*. Pemilihan konfigurasi ini bertujuan untuk meningkatkan sensitivitas dan akurasi pembacaan berat secara signifikan. Dengan adanya empat titik sensor, sistem mampu mengakomodasi distribusi beban yang tidak terpusat, sehingga pengguna tidak harus berdiri pada posisi yang sempurna untuk mendapatkan hasil yang akurat.. dan sensor *Radio Frequency Identification* (RFID) PN532 yang digunakan untuk user login dan mendaftarkan kartu yang di sediakan atau menggunakan ktp,sim atau apapun dengan kartu yang menggunakan chip. Hasil dari pembacaan nilainya akan dikirimkan ke website oleh ESP32 sebagai perantara antara sensor dan website, Selain ditampilkan di website, *Liquid Crystal Display* (LCD) 20x4 juga berperan untuk menampilkan hasil dari pengukuran.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem



Gambar 2 merupakan Blok Diagram dari sistem alat ukur berat badan dan tinggi badan secara otomatis yang dibuat dari 3 bagian, seperti input, proses dan output. Semua bagian memiliki fungsi masing-masing. Pada bagian input dimana berfungsi untuk input data diri dalam *form registasi* di website, sensor yang terhubung dengan mikrokontroler. Proses dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 sebagai pengolahan hasil dari pembacaan sensor yang saling terhubung dengan Firebase selaku penyedia layanan *database*. Hasil dari pembacaan nilai dari sensor lalu diproses oleh mikrokontroler dan di outputkan pada LCD 20x4 dan website. Sistem ini membutuhkan catu daya DC untuk koneksi mikrokontroler dan sensor, sedangkan website membutuhkan internet yang terhubung dengan mikrokontroler.

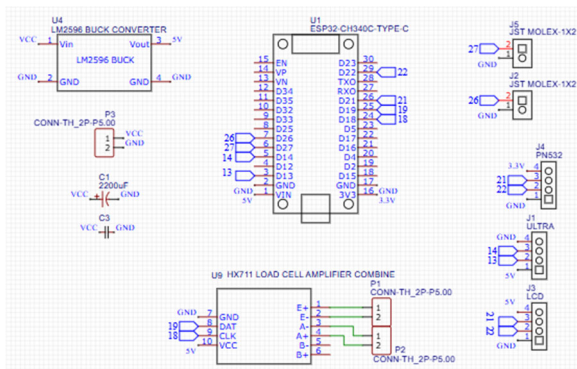


Gambar 3. Wiring Diagram

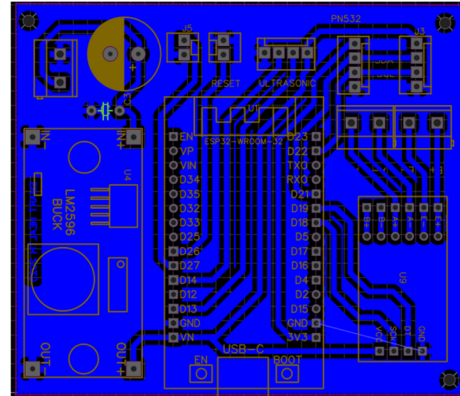
Gambar 3 adalah *wiring diagram* yang digunakan sebagai gambaran keseluruhan sistem elektronika dari alat ukur berat badan dan tinggi badan secara otomatis. *Wiring diagram* ini bertujuan untuk memberikan visual dari koneksi daya terhadap mikrokontroler dan sensor yang saling terhubung.

Perancangan Elektronika dilakukan dengan menggunakan *software* EasyEDA yang digunakan untuk membuat jalur *Schematic* dari rangkaian seperti pada gambar 4a dan 4b. Tahapan ini adalah untuk membuat rangkaian *Print Circuit Board* yang memudahkan penggunaan dan penataan letak dari mikrokontroler dan sensor.





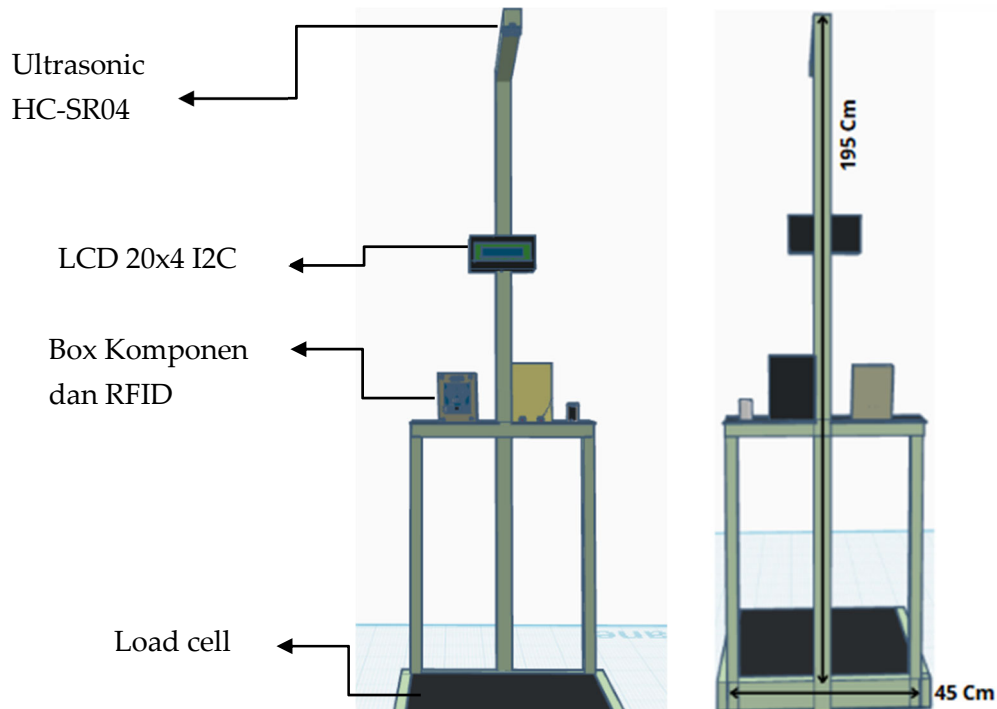
Gambar 4a. Schematic Rangkaian



Gambar 4b. Desain PCB

Gambar 4a adalah *schematic* dari rangkaian yang di susun dengan konfigurasi pin sesuai dengan kebutuhan sensor dan perancangan daya untuk menyuplai daya ke mikrokontroler dan Gambar 4b adalah desain PCB yang sudah di rangkai untuk membantu komunikasi sensor dengan mikrokontroler.

Rancangan Desain Alat



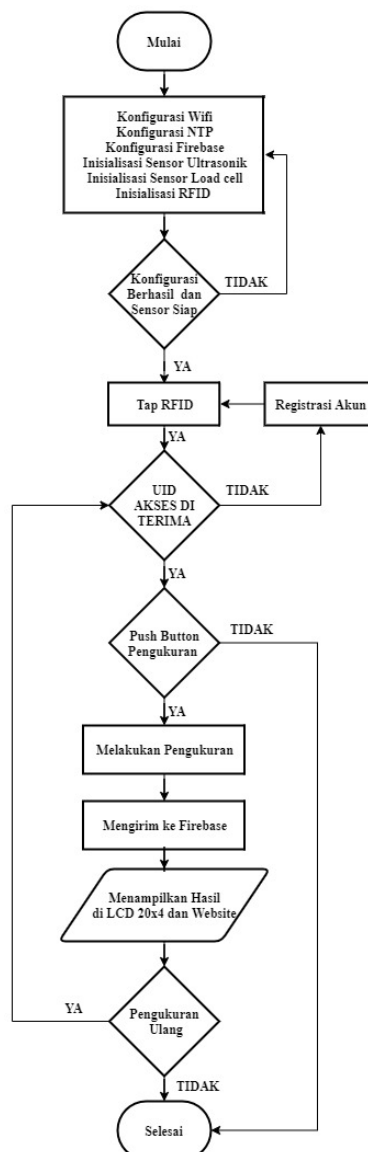
Gambar 5. Desain 3D Alat Pengukur Tinggi dan Berat Badan Otomatis

Gambar 5 menunjukkan rancangan desain alat ukur tinggi badan dan berat badan otomatis yang dibuat menggunakan *software Tinkercad*. Rancangan ini memiliki dimensi tinggi 195 cm dan lebar 45 cm, yang dirancang agar mampu mengakomodasi postur tubuh



pengguna secara umum di negara Indonesia. Desain alat ini disusun secara vertikal dengan kerangka utama sebagai penopang seluruh komponen. Pada bagian atas terdapat tempat pemasangan sensor pengukur tinggi badan, sedangkan bagian bawah dirancang sebagai pijakan pengguna yang dilengkapi dengan sensor untuk pengukuran berat badan. Di bagian tengah alat box elektronika terdapat LCD sebagai penampil hasil pengukuran. Yang tempatkan pada sisi kiri kerangka alat. Sedangkan pada sisi kanan alat tersedia 2 *push button* dan RFID. Rancangan ini menjadi acuan dalam proses perakitan fisik alat secara menyeluruh, mulai dari penyesuaian ukuran, kestabilan struktur, hingga efisiensi tata letak komponen agar alat dapat digunakan secara praktis dan sesuai dengan fungsinya.

Rancangan Software



Gambar 6. Flowchart



Gambar 6 menunjukkan *flowchart* sistem perangkat lunak pada alat pengukur tinggi badan dan berat badan otomatis. *Flowchart* ini menggambarkan alur logika dari program mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali seluruh sistem. Proses dimulai dari tahap konfigurasi, yang meliputi pengaturan koneksi WiFi, konfigurasi waktu melalui NTP, koneksi Firebase, serta inisialisasi sensor-sensor yang digunakan, yaitu sensor ultrasonik, *Load cell*, dan RFID. Jika seluruh konfigurasi berhasil dan sensor dalam keadaan siap, sistem akan masuk ke tahap berikutnya, yaitu menunggu pengguna melakukan tap kartu RFID. Setelah pengguna men-tap kartu, sistem akan memeriksa apakah UID kartu tersebut apakah sudah terdaftar. Jika belum, sistem akan mengarahkan pengguna untuk melakukan proses registrasi akun terlebih dahulu. Namun jika UID sudah terdaftar, maka sistem akan menunggu tombol pengukuran ditekan. Jika tombol pengukuran ditekan, alat akan mulai melakukan proses pengukuran tinggi dan berat badan secara otomatis. Setelah pengukuran selesai, hasilnya akan diproses oleh mikrokontroler, ditampilkan pada LCD 20x4, dan dikirim ke Firebase untuk mengirim data pada website. Pengguna kemudian diberi pilihan untuk melakukan pengukuran ulang atau mengakhiri proses. Jika memilih pengukuran ulang, sistem akan kembali ke tahap tap kartu rfid lalu penekanan *push button*, sedangkan jika tidak, maka proses akan selesai.

Desain Pengujian Alat

Setelah alat ukur tinggi dan berat badan otomatis berhasil dirancang dan dibuat, tahap selanjutnya adalah pengujian sistem untuk memastikan alat berfungsi dengan semestinya. Pengujian pertama dilakukan pada sensor *Load cell* untuk mengetahui apakah mampu menimbang beban dengan benar. Hasil pengukuran dibandingkan dengan timbangan pabrikan, jika terdapat selisih yang signifikan, dilakukan kalibrasi ulang hingga hasil mendekati akurat. Selanjutnya, pengujian sensor Ultrasonik dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran tinggi badan dengan alat ukur manual seperti meteran. Sensor RFID juga diuji untuk memastikan dapat membaca UID dari berbagai kartu. Jika UID tidak terbaca, maka perlu dilakukan pengecekan ulang pada program dan perangkat keras. Setelah seluruh sensor diuji, sistem secara keseluruhan diuji untuk memastikan komunikasi antara mikrokontroler dan sensor berjalan baik. Mikrokontroler kemudian mengirimkan data ke Firebase, dan dilakukan verifikasi apakah data seperti berat badan, tinggi badan, dan UID kartu berhasil tersimpan di database. Jika data belum muncul, perlu dilakukan pengecekan pada koneksi maupun konfigurasi Firebase.

Pengambilan data dan Analisis

Pengambilan data dan analisis data sebagai salah satu langkah pada penelitian alat ukur berat badan dan tinggi badan otomatis, Data yang berhasil diperoleh dari pengujian alat akan di kumpulkan menjadi 1 dan di olah lagi untuk mendapatkan error alat agar bisa dilakukan evaluasi alat. Pengambilan data dilakukan dengan pendeteksian objek



menggunakan sinyal yang dikirim oleh trig dan di terima oleh echo dari Ultrasonik. Dan pembacaan perubahan resistansi oleh *Load cell* dan nilai pembacaanya diolah oleh modul HX711. RFID membaca chip kartu dengan frekuensi tertentu. Ketepatan dan responsif alat yang dipakai dalam pengukuran. Pengambilan data dan Analisis ini digunakan sebagai *performa* sistem apakah dapat bekerja secara maksimal sesuai dengan yang ditargetkan. Perhitungan nilai bisa di cari dengan mencari selisih antara nilai asli dengan nilai yang dibaca oleh sensor. Lalu dibagi dengan nilai asli dan dikalikan 100% maka hasil yang di peroleh akan keluar dalam bentuk persen.

$$Error = \frac{|Nilai\ asli - Nilai\ pembacaan|}{Nilai\ asli} \times 100\% \quad (1)$$

Nilai rata-rata diperoleh dari hasil penjumlahan data error, lalu dibagi dengan total jumlah data yang di uji.

$$Rata - rata\ error(\%) = \frac{Penjumlahan\ semua\ data\ uji}{Jumlah\ data\ uji} \quad (2)$$

Rumus untuk menghitung *Body Mass Index* (BMI) sebagai salah satu alat ukur untuk mengetahui status gizi seseorang berdasarkan berat dan tinggi badan.

$$Index\ Massa\ Tubuh\ (IMT) = \frac{Berat\ Badan}{(Tinggi\ Badan)^2} \quad (3)$$

Berdasarkan rumus tersebut terdapat pembagian golongan BMI sebagai berikut :

1. Jika BMI < 18,5 maka termasuk golongan berat badan kurus.
2. Jika BMI \geq 18,5 dan BMI < 24,9 maka termasuk golongan berat badan normal atau ideal.
3. Jika BMI \geq 25 dan BMI < 29,9, maka termasuk golongan berat badan berlebihan.
4. jika BMI \geq 30, maka termasuk golongan berat badan obesitas.

Pengukuran tinggi badan dilakukan dengan mengurangkan jarak hasil pembacaan sensor ultrasonik dari tinggi posisi sensor. Rumus yang digunakan yaitu:

$$Tinggi = Tinggi\ Sensor_{cm} - Jarak\ Pembacaan \quad (4)$$

HASIL

Pengujian sensor Ultrasonik

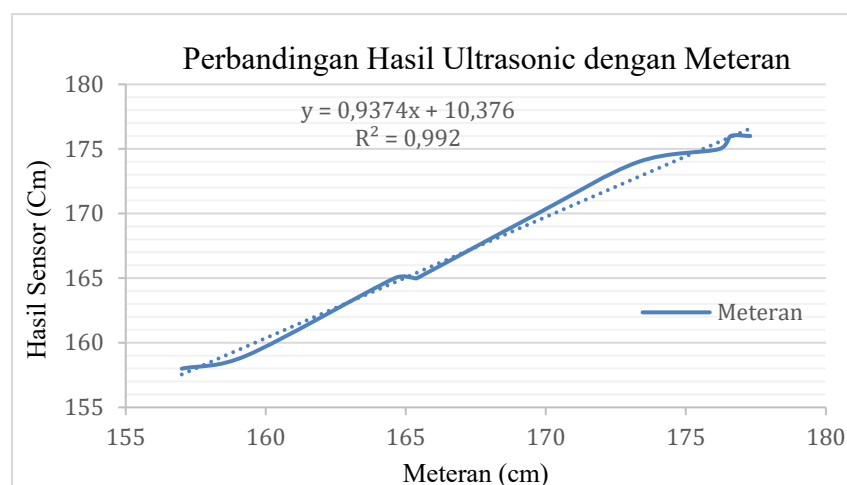
Pengujian sensor Ultrasonik pada alat ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari data yang dihasilkan dari pembacaan sensor Ultrasonik, Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui selisih perbedaan dari pembacaan Ultrasonik dengan Pengukuran secara manual menggunakan meteran. Data yang sudah di dapatkan lalu di bandingkan untuk mengetahui selisih error untuk mendapatkan persentase error dari pengujian Ultrasonik.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik dengan Pengukuran Manual



No	Hasil Sensor (Cm)	Meteran (Cm)	Selisih (Cm)	Error (%)
1	157	158	1	0.63
2	159.3	159	0.3	0.19
3	164.6	165	0.4	0.24
4	165.3	165	0.3	0.18
5	165.4	165	0.4	0.24
6	169.7	170	0.3	0.18
7	173.3	174	0.7	0.40
8	176.2	175	1.2	0.69
9	176.6	176	0.6	0.34
10	177.3	176	1.3	0.74
Rata-Rata			0.38	

Tabel 2 merupakan hasil pengujian sensor ultrasonik yang dibandingkan dengan pengukuran manual menggunakan meteran sebagai acuan. Data menunjukkan nilai pengukuran tinggi badan dari sensor dan meteran, selisih antar keduanya, serta nilai error dalam bentuk persentase. Dengan dilakukan 10 kali pengujian, nilai selisih berkisar antara 0,1 cm hingga 2 cm, dengan error terkecil sebesar 0,06% dan error terbesar mencapai 0,74%. Rata-rata nilai error dari seluruh pengujian adalah 0,38%, yang menunjukkan tingkat akurasi sensor cukup baik untuk pengukuran tinggi badan. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor ultrasonik mampu memberikan hasil pengukuran yang mendekati nilai referensi dengan deviasi yang relatif kecil.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Pengujian Ultrasonik dengan Meteran



Gambar 7. merupakan Grafik menunjukkan hubungan antara hasil pengukuran sensor dan hasil pengukuran manual. Berdasarkan grafik, diperoleh garis regresi dengan persamaan: $y=0,9376x+10,376$ dan nilai R^2 sebesar 0,952. Artinya, hasil sensor cukup mendekati hasil pengukuran manual dan bisa digunakan untuk mengukur tinggi badan dengan baik.

Pengujian sensor *Load Cell*

Pengujian sensor *Load cell* pada alat ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari data berat badan yang dihasilkan oleh sistem. Sensor *Load cell* berfungsi sebagai komponen utama dalam mendeteksi massa tubuh pengguna ketika alat digunakan. Untuk mengukur keakuratan sensor, dilakukan serangkaian pengujian dengan cara membandingkan hasil pembacaan dari sensor *Load cell* dengan alat ukur pembanding, yaitu timbangan berat badan digital. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengidentifikasi sejauh mana perbedaan atau selisih antara nilai yang ditampilkan oleh sensor *Load cell* dan nilai yang sebenarnya dari alat pembanding. Selisih ini kemudian digunakan untuk menghitung nilai error dalam bentuk persentase, dengan menggunakan rumus error absolut atau persentase error. Semakin kecil nilai error yang dihasilkan, maka semakin akurat sensor tersebut dalam melakukan pengukuran.

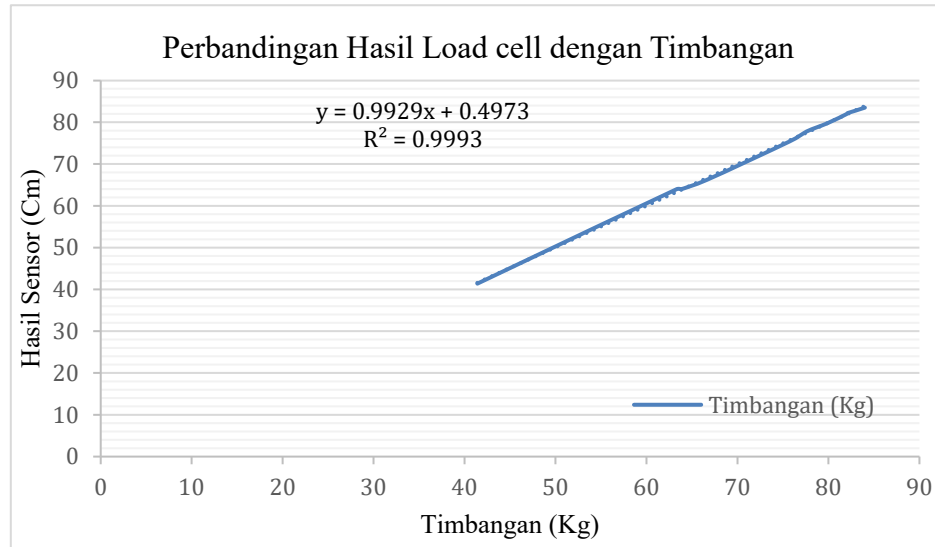
Data yang diperoleh dari beberapa kali pengujian dicatat secara sistematis, kemudian dilakukan perhitungan rata-rata error untuk mengetahui konsistensi performa sensor. Hasil pengujian ini menjadi dasar penilaian apakah sensor *Load cell* bisa digunakan dalam sistem pemantauan BMI secara otomatis, serta sebagai bahan evaluasi untuk proses kalibrasi lebih lanjut apabila diperlukan

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor *Load cell* dengan Timbangan Berat Badan

No	Hasil Sensor (Kg)	Timbangan (Kg)	Selisih (Kg)	Error (%)
1	41.4	41.39	0.01	0.02
2	63.3	64	0.7	1.09
3	63.8	64	0.2	0.31
4	66.6	66.2	0.4	0.60
5	75.7	75.4	0.3	0.40
6	77.6	77.8	0.2	0.26
7	79.9	79.8	0.1	0.13
8	82	82	0	0.00
9	82.1	82.2	0.1	0.12
10	84	83.5	0.5	0.60
Rata-Rata				0.35



Tabel 3 menampilkan hasil pengujian sensor *Load cell* yang dibandingkan dengan hasil dari timbangan manual. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan berat badan yang berbeda-beda. Dari hasil tersebut, didapatkan nilai selisih antara hasil sensor dan timbangan berkisar antara 0,01 kg hingga 1,00 kg. Persentase error juga bervariasi, dengan nilai terkecil sebesar 0,02% dan yang terbesar 1,09%. Rata-rata error dari seluruh pengujian adalah 0,35%, yang menunjukkan bahwa sensor *Load cell* memiliki tingkat akurasi yang cukup baik.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Pengujian *Load cell* dengan Timbangan

Gambar 8. menyajikan grafik hubungan antara hasil pengukuran berat badan menggunakan sensor *load cell* dan timbangan manual. Garis regresi linear yang ditampilkan memiliki persamaan $y = 0,9929x + 0,4973$ dengan nilai koefisien determinasi R^2 sebesar 0,9993. Nilai tersebut menunjukkan tingkat keakurasian yang sangat tinggi antara kedua metode pengukuran, sekaligus mengindikasikan bahwa sensor mampu memberikan hasil yang akurat dan konsisten. Keakuratan ini bisa dihasilkan karena menggunakan empat sensor *Load cell half-bridge* yang dirangkai dalam konfigurasi Jembatan Wheatstone, yang secara efektif mengurangi pengaruh distribusi beban yang tidak merata. Dengan demikian, sistem mampu memberikan hasil pengukuran yang stabil.

Pengujian Body Mass Index

Pengujian *Body Mass Index* (BMI) dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat menghitung nilai BMI dengan benar berdasarkan data tinggi dan berat badan yang diperoleh dari sensor. Selain itu, pengujian ini juga bertujuan untuk mencocokkan hasil perhitungan sistem dengan perhitungan manual menggunakan data dari pengukuran manual dari meteran dan timbangan. yang dilakukan menggunakan Microsoft Excel,

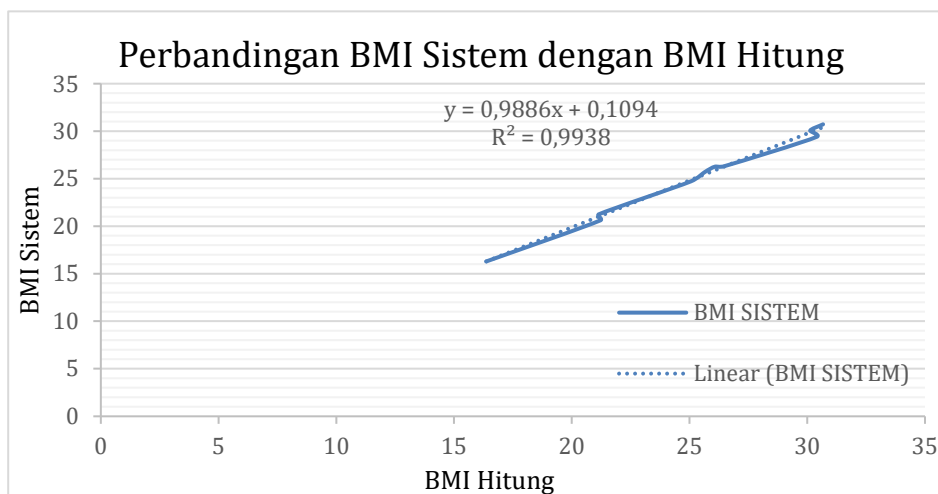


sehingga dapat diketahui tingkat ketelitian perhitungan dan klasifikasi kondisi tubuh yang ditampilkan oleh sistem.

Tabel 4. Hasil Pengujian Body Mass Index Terhadap Berat badan dan Tinggi Badan

No	UID RFID	BMI Sistem	BMI Hitung	Selisih	Error (%)
1	58B20D930D10	16.29	16.37	0.08	0.5
2	588CC724B10	20.63	21.22	0.59	2.88
3	99CDACB2	21.24	21.14	0.1	0.48
4	26FCC734200	24.72	25.05	0.33	1.34
5	98CFCE24910	25.7	25.64	0.06	0.25
6	2BADD1211790	26.29	26.09	0.2	0.76
7	5870E864B20	26.32	26.47	0.15	0.58
8	58B3C7FAC910	29.42	30.41	0.99	3.38
9	85E02EBC	30.06	30.12	0.06	0.2
10	58B3C7FAC910	30.73	30.67	0.06	0.19
Rata-Rata					1.06

Tabel 4 merupakan hasil perbandingan nilai *Body Mass Index* (BMI) antara sistem yang dikembangkan dengan perhitungan manual dan sistem. Berdasarkan Data pada tabel mencakup 10 sampel dengan masing-masing UID RFID. Selisih antara kedua metode serta persentase error juga ditampilkan untuk menunjukkan sejauh mana perbedaan yang terjadi. Dari hasil pengujian, diperoleh rata-rata error sebesar 1,06%. Nilai error yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa sistem pengukuran otomatis yang dikembangkan mampu menghasilkan data yang cukup mendekati hasil pengukuran manual.



Gambar 9. Grafik Perbandingan nilai BMI Sistem dan

Gambar 9 menunjukkan grafik hubungan antara nilai BMI dari sistem dan hasil perhitungan manual. Titik-titik pada grafik mewakili pasangan data dari kedua metode,



sedangkan garis regresi linier menunjukkan pola keterkaitannya. Dari grafik diperoleh persamaan regresi $y = 0,9886x + 0,1094$ dengan nilai $R^2 = 0,9938$. Nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan bahwa hasil sistem sangat mendekati hasil manual, sehingga sistem dinilai cukup akurat dan dapat dijadikan alternatif praktis untuk menghitung BMI.

Pengujian sensor RFID PN532

Sensor *Radio Frequency Identification* (RFID) PN532 pada penelitian ini digunakan sebagai media autentikasi untuk mengakses sistem pengukuran tinggi badan dan berat badan. Pengujian terhadap sensor RFID PN532 dilakukan dalam dua tahap, guna mengevaluasi kemampuan sistem dalam membedakan UID RFID yang telah terdaftar dan yang belum terdaftar.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor RFID PN532 Sebelum

No	Uid RFID	Tahap Pengujian	Status Pembacaan	Status UID di Sistem
1	26FCC7E4200	Sebelum Registrasi	Terbaca	Belum Terdaftar
2	5870E864B20	Sebelum Registrasi	Terbaca	Belum Terdaftar
3	588CC724B10	Sebelum Registrasi	Terbaca	Belum Terdaftar
4	58B3C7FAC910	Sebelum Registrasi	Terbaca	Belum Terdaftar
5	58CFCE224910	Sebelum Registrasi	Terbaca	Belum Terdaftar
6	85E02EBC	Sebelum Registrasi	Terbaca	Belum Terdaftar
7	99CDACB2	Sebelum Registrasi	Terbaca	Belum Terdaftar

Tabel 5 merupakan hasil pengujian yang sudah dilakukan. Tahap awal sebelum registrasi, tujuh kartu RFID diuji dengan cara ditempelkan ke sensor. Hasilnya menunjukkan bahwa seluruh UID berhasil terbaca, namun tidak diberikan akses login karena status UID masih belum terdaftar dalam sistem. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu menolak akses secara otomatis terhadap UID asing atau yang belum dikenali.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor RFID PN532 Setelah

No	Uid RFID	Tahap Pengujian	Status Pembacaan	Status UID di Sistem
1	26FCC7E4200	Setelah Registrasi	Terbaca	Terdaftar
2	5870E864B20	Setelah Registrasi	Terbaca	Terdaftar
3	588CC724B10	Setelah Registrasi	Terbaca	Terdaftar
4	58B3C7FAC910	Setelah Registrasi	Terbaca	Terdaftar
5	58CFCE224910	Setelah Registrasi	Terbaca	Terdaftar
6	85E02EBC	Setelah Registrasi	Terbaca	Terdaftar
7	99CDACB2	Setelah Registrasi	Terbaca	Terdaftar



Tabel 6 merupakan hasil pengujian yang sudah dilakukan, Tujuh kartu RFID diuji dengan cara ditempelkan ke sensor. Hasilnya menunjukkan bahwa seluruh UID berhasil terbaca dan login berhasil dilakukan. Berdasarkan hasil pengujian gabungan ini, dapat disimpulkan bahwa sistem autentikasi RFID telah bekerja sesuai dengan alur yang dirancang. Sistem mampu membedakan status UID secara akurat, menolak akses bagi pengguna yang belum terdaftar, dan memberikan akses secara otomatis bagi pengguna yang telah terverifikasi.

Pengujian Tampilan Hasil Pengukuran Website

Tampilan halaman hasil pengukuran pada website dirancang untuk menampilkan informasi lengkap yang dibutuhkan pengguna secara *Real time* setelah proses pengukuran dilakukan. Pada bagian atas halaman, terdapat navbar utama yang menyajikan data pengukuran terakhir berupa berat badan, tinggi badan, nilai BMI, dan kondisi tubuh berdasarkan kategori BMI. Data ini diambil langsung dari hasil pembacaan sensor yang dikirim ke Firebase dan ditampilkan otomatis pada website.



Gambar 10. Tampilan halaman Website



Gambar 10 memperlihatkan tampilan halaman hasil pengukuran yang juga memuat biodata pengguna, termasuk nama, umur, jenis kelamin, alamat, dan UID RFID yang telah terdaftar sebelumnya. Sistem menyajikan grafik riwayat BMI yang merekam perubahan nilai BMI pengguna dari waktu ke waktu. Grafik ini berfungsi untuk membantu pengguna memantau perkembangan kondisi tubuhnya secara visual. Selain itu, website juga menyertakan catatan berdasarkan hasil klasifikasi BMI pengguna. Sebagai contoh, jika pengguna termasuk dalam kategori “Obesitas Kelas I”, maka sistem akan menampilkan saran untuk melakukan konsultasi medis serta program penurunan berat badan.

Sebagai tambahan, halaman ini juga dilengkapi dengan beberapa menu edukatif yang disesuaikan dengan kondisi tubuh pengguna. Menu tersebut mencakup informasi mengenai bahaya obesitas, rekomendasi menu makanan rendah kalori, serta jenis olahraga yang disarankan untuk menjaga kebugaran dan kesehatan tubuh.

PEMBAHASAN

Alat ukur berat badan dan tinggi badan otomatis ini memiliki dimensi tinggi 195cm dengan lebar 45 cm, menggunakan papan triblok untuk *Load cell* dengan tambahan frame *Load cell* menggunakan 3D print berbahan filament PLA+, Stand alat menggunakan hollow ukuran 2,5x2,5. Tempat penyimpanan mikrokontroler dan sensor menggunakan box elektronika yang berbahan 3D Print. Bentuk alat seperti pada Gambar 11.



11a. Tampak Depan

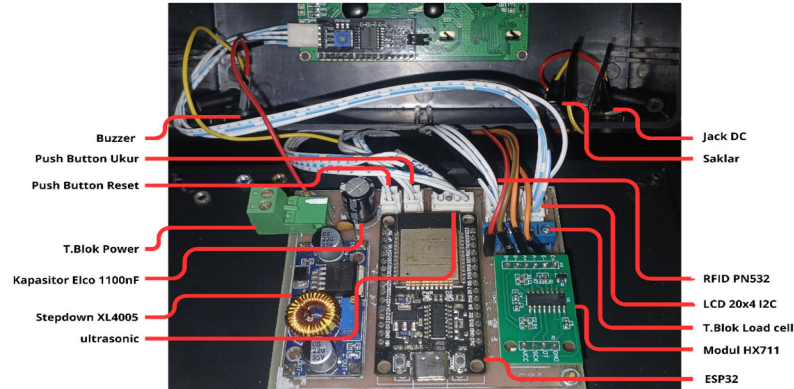


11b. Tampak Atas

Perangkat keras Box Elektronika sebagai tempat menyimpan komponen didalamnya berisi mikrokontroler ESP32, modul HX711 dan modul RFID PN532. Selebihnya didalam hanya menyimpan papan PCB untuk komunikasi dengan sensor menggunakan kabel pita. Tujuan modul RFID dipasang pada box adalah agar pengguna dapat lebih mudah



untuk mengakses RFID sehingga saat ingin memulai pengukuran pada alat semua akses mudah di gapai dan agar alat bisa mudah di gunakan oleh pengguna tanpa harus ada bantuan dari orang lain. Gambar keseluruhan alat bisa dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Visualisasi Rangkaian

Gambar 12 menunjukkan visualisasi alat saat digunakan, di mana pengguna berdiri di atas alat dan men-tap kartu RFID untuk melakukan registrasi (jika belum memiliki akun) atau login (jika sudah terdaftar). Setelah login berhasil, pengguna dapat melakukan pengukuran dengan menekan tombol "Ukur" pada alat. Hasil pengukuran akan langsung ditampilkan pada LCD 20x4 yang terpasang, dan secara bersamaan juga dapat dilihat melalui tampilan antarmuka website. Website tersebut menampilkan data diri pengguna, hasil pengukuran berat dan tinggi badan, nilai BMI beserta kategorinya, serta saran berupa video edukasi yang dapat ditonton langsung.



Gambar 13a. Posisi Sejajar dengan Ultrasonik



Gambar 13b. Pengguna menggunakan Alat

Gambar 13a dan 13b merupakan Gambaran pengguna disaat menggunakan alat untuk mengukur tinggi, berat dan melihat hasil BMI dari hasil kondisi badan pengguna.



KESIMPULAN

Sistem pengukuran BMI otomatis berbasis mikrokontroler berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan menggunakan sensor *Load cell* untuk mengukur berat badan, sensor ultrasonik untuk mengukur tinggi badan, serta modul RFID PN532 untuk verifikasi akses pengguna. Hasil pengukuran sensor dibandingkan dengan metode manual menunjukkan selisih yang kecil dan masih berada dalam batas toleransi error, yaitu rata-rata sebesar 0,35% untuk berat badan, 0,38% untuk tinggi badan, dan 1,06% untuk nilai BMI. Sistem pengukuran ini juga didukung oleh koneksi internet yang menghubungkan perangkat dengan Firebase, yang digunakan sebagai media penyimpanan data pengguna dan hasil pengukuran yang telah dilakukan. Hasil BMI yang diperoleh dapat langsung dikelompokkan ke dalam kategori *underweight*, *normal/ideal*, *overweight*, dan *obesitas*, sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi tubuhnya secara langsung berdasarkan klasifikasi tersebut. Pengujian sistem dilakukan dalam berbagai kondisi tubuh, mulai dari pengguna dengan berat badan ideal hingga obesitas, dengan cara pengguna bergantian melakukan pengukuran. Website yang telah dikembangkan juga sudah dapat menampilkan data hasil pemeriksaan, meskipun terkadang mengalami keterlambatan dan perlu dilakukan refresh karena kondisi jaringan internet yang kurang stabil. Dalam implementasinya, digunakan empat sensor *Load cell* half-bridge yang dirangkai dalam konfigurasi Jembatan Wheatstone, yang dipilih karena mampu memberikan distribusi beban lebih merata di empat titik pijakan. Konfigurasi ini juga membantu meminimalkan kesalahan pengukuran akibat posisi pengguna yang tidak tepat di tengah alat. Selain itu, kombinasi empat sensor half-bridge dinilai lebih ekonomis dan fleksibel dibandingkan dengan penggunaan satu sensor *Load cell* full-bridge yang memiliki harga relatif lebih mahal. Oleh karena itu, sistem ini mampu memberikan hasil pengukuran berat badan yang lebih stabil dan akurat secara keseluruhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan kesehatan sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini. Dengan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada:

- 1) kepada Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kekuatan, dan kemudahan dalam setiap langkah hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
- 2) Kedua orang tua yang senantiasa memberi do'a dan dukungan materi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.



- 3) Dr. Ratnasari Nur Rohmah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan.
- 4) Kepada teman-teman Robot Research 2021 dan Elektro 2021 yang telah kebersamai dari awal perkuliahan hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- 5) Terima kasih kepada Robot Research terkhusus tim KRI (Kontes Robot Indonesia) yang telah memberikan banyak pengalaman dan sebagai wadah pengembangan ilmu yang didapatkan di bangku perkuliahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Shovianti, B. Y. Simanjuntak, dan Y. Okfrianti, "Frekuensi menggunakan aplikasi delivery food dan indeks massa tubuh (IMT) pada mahasiswa Poltekkes Bengkulu," *SAGO Gizi dan Kesehat.*, vol. 5 (2) 446-, no., hal. 446–455, 2024.
- [2] R. O. Banjarnahor, F. F. Banurea, J. O. Panjaitan, R. S. P. Pasaribu, dan I. Hafni, "Faktor-faktor risiko penyebab kelebihan berat badan dan obesitas pada anak dan remaja: Studi literatur," *Trop. Public Heal. J.*, vol. 2, no. 1, hal. 35–45, 2022, doi: 10.32734/trophico.v2i1.8657.
- [3] D. P. Delima dan R. T. Prasetyo, "Sistem Pakar Diagnosa Komplikasi Obesitas Pada Remaja Menggunakan Metode Certainty Factor," *eProsiding Sist. Inf.*, vol. 2, no. 1, hal. 51–60, 2021.
- [4] M. Blüher, "Obesity: global epidemiology and pathogenesis," *Nat. Rev. Endocrinol.*, vol. 15, no. 5, hal. 288–298, 2019, doi: 10.1038/s41574-019-0176-8.
- [5] A. Widiatmoko, "RANCANG BANGUN ALAT DAILY CHECK UP OTOMATIS (DCU) MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIC DAN LOAD CELL BERBASIS ESP32 Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Oleh: ARON WIDIATMOKO," 2024.
- [6] D. G. Leo *et al.*, "Interactive Remote Patient Monitoring Devices for Managing Chronic Health Conditions: Systematic Review and Meta-analysis," *J. Med. Internet Res.*, vol. 24, no. 11, 2022, doi: 10.2196/35508.
- [7] R. D. Rusnawati dan T. S. Hariyati, "Implementasi Internet of Things Pada Layanan Kesehatan," *J. Innov. Reseach Knowl.*, vol. 3471, no. 8, hal. 569–574, 2022.
- [8] M. R. A. Putra, B. Yulianti, dan Sumpena, "Rancang Bangun Alat Pengukur Berat dan Tinggi Badan Ideal dengan Metode BMI (Body Mass Index) Berbasis IOT," *J. Teknol. Ind.*, vol. 12, no. 2, hal. 1–11, 2023.

