

**RANCANG BANGUN PENGUKUR DENYUT JANTUNG,
KADAR OKSIGEN DALAM DARAH & BERAT BADAN
SERTA TINGGI BADAN BERBASIS IoT**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan Diploma III di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.



Disusun Oleh:

Galang Samudra

NIM: 0032239

M.Fauzul Azhim

NIM: 0032219

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR

RANCANG BANGUN PENGUKUR DENYUT JANTUNG, KADAR
OKSIGEN DALAM DARAH & BERAT BADAN SERTA TINGGI BADAN
BERBASIS IoT

Oleh:

Galang Samudra/0032239

M.Fauzul Azhim/0032219

Laporan akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan
Diploma III di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Menyetujui,

Pembimbing 1



Zanu Saputra, M. Tr. T

Pembimbing 2



Ni Luh Eta Yuspita, S. Kel., M. Si

Penguji 1



Evvin Faristasari, M.Sc

Penguji 2



DR. Parulian Silalahi, M.Pd.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Galang Samudra NIM: 0032239

Nama Mahasiswa 2 : M.Fauzul Azhim NIM: 0032219

Dengan Judul : RANCANG BANGUN PENGUKUR DENYUT
JANTUNG, KADAR OKSIGEN DALAM DARAH &
BERAT BADAN SERTA TINGGI BADAN BERBASIS
IoT.

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil karya kami sendiri dan tidak mengandung unsur plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan jujur, dan jika di kemudian hari terbukti melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 5 Maret 2025

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1.Galang Samudra


.....

2.M.Fauzul Azhim


.....

ABSTRAK

Kemajuan teknologi digital telah mendorong munculnya inovasi dalam bidang kesehatan, khususnya dalam pengembangan alat yang memungkinkan individu untuk memantau kondisi fisiknya secara mandiri. Proyek akhir ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan alat pemantau kesehatan berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mengukur denyut jantung, kadar oksigen dalam darah (SpO_2), berat badan, dan tinggi badan dalam satu sistem terintegrasi. Alat ini menggunakan sensor MAX30100 untuk membaca data denyut jantung dan SpO_2 , sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur tinggi badan, serta sensor Load Cell yang dipadukan dengan modul HX711 untuk pengukuran berat badan. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai unit kendali utama yang mengelola proses akuisisi dan pemrosesan data dari seluruh sensor, menampilkan hasil pengukuran pada layar OLED, serta mengirimkan data secara real-time ke server Firebase melalui koneksi Wi-Fi. Berdasarkan hasil pengujian, alat ini menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi, dengan rata-rata akurasi sebesar 98,83% dan nilai kesalahan rata-rata 1,17% jika dibandingkan dengan alat ukur medis standar. Selain ditampilkan pada OLED, data hasil pengukuran juga dapat diakses melalui dashboard berbasis web yang terhubung dengan Firebase, sehingga pengguna dapat memantau indikator kesehatannya secara mudah dan efisien. Alat ini diharapkan dapat membantu masyarakat dalam melakukan pemantauan kondisi kesehatan secara mandiri sekaligus menjadi sarana deteksi dini terhadap potensi gangguan kesehatan.

Kata kunci: ESP 32, HC-SR04, IoT, LOADCELL, MAX 30100.

ABSTRACT

The advancement of digital technology has driven innovation in the healthcare sector, particularly in the development of devices that enable individuals to monitor their physical condition independently. This study aims to design and implement a health monitoring device based on the Internet of Things (IoT) that can measure heart rate, blood oxygen saturation (SpO_2), body weight, and height within an integrated system. The device utilizes the MAX30100 sensor to capture heart rate and SpO_2 data, the HC-SR04 ultrasonic sensor to measure height, and a Load Cell sensor combined with the HX711 module for body weight measurement. The ESP32 microcontroller serves as the main control unit, managing data acquisition and processing from all sensors, displaying the measurement results on an OLED screen, and transmitting the data in real-time to a Firebase server via Wi-Fi connection. Based on the testing results, the device demonstrated high accuracy, with an average accuracy rate of 98.83% and an average error of 1.17% compared to standard medical measurement tools. In addition to being displayed on the OLED, the measurement results can also be accessed through a web-based dashboard connected to Firebase, allowing users to conveniently and efficiently monitor their health indicators. This device is expected to assist the public in self-monitoring their health conditions and serve as an early detection tool for potential health issues.

Keywords: ESP 32, HC-SR04, IoT, LOADCELL, MAX 30100.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami haturkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Pengukur Denyut Jantung, Kadar Oksigen dalam Darah, Berat Badan, dan Tinggi Badan Berbasis IoT” dapat diselesaikan dengan baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pemantau kesehatan yang dapat beroperasi secara otomatis dan real-time. Alat ini memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) serta beberapa sensor, seperti MAX30100, Load Cell, dan HC-SR04, untuk membantu pengguna dan tenaga medis dalam memantau kondisi fisik dengan cara yang praktis dan efisien.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki beberapa keterbatasan, sehingga masukan berupa kritik dan saran sangat diharapkan untuk penyempurnaan di masa yang akan datang. Diharapkan laporan ini dapat memberikan kontribusi yang positif serta menjadi referensi bagi pengembangan lebih lanjut di bidang teknologi kesehatan. Penulis juga ingin menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dan mendukung dalam proses penyusunan proyek akhir ini.

1. Dengan izin dan bantuan Allah SWT, proyek akhir ini dapat diselesaikan.
2. Kepada orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan semangat, doa, dan dukungan selama masa kuliah serta dalam proses pembuatan proyek akhir.
3. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D, yang menjabat sebagai Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Zanu Saputra, M.Tr. T, yang merupakan Kepala Jurusan Rekayasa Elektro dan Industri Pertanian di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Ibu Novitasari, M.Pd, yang menjabat sebagai Kepala Program Studi D-III Teknik Elektronika di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Zanu Saputra, S.T., M.Tr.T, sebagai Dosen Pembimbing 1, yang

selalu meluangkan waktu untuk memberikan saran dan masukan dalam pelaksanaan pembuatan proyek akhir.

7. Ibu Ni Luh Eta Yuspita, S.Kel., M.Si, sebagai Dosen Pembimbing 2, yang juga meluangkan waktu untuk memberikan saran dan masukan dalam pembuatan proyek akhir ini.
8. Bapak Zanu Saputra, S.T., M.Tr.T, yang berperan sebagai Wali Dosen 3 EB.
9. Kepada semua rekan-rekan yang sedang berjuang dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Dan kepada semua pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa laporan proyek akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, baik dari segi isi maupun penulisan, sehingga masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas segala kekhilafan yang mungkin terdapat dalam laporan ini.

Sebagai penutup, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan masukan selama proses penyusunan proyek akhir ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan keberkahan dan kesuksesan bagi penulis maupun para pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Sungailiat, 14 Maret 2025

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 Pemantauan Kesehatan	4
2.1.1 Denyut Jantung	4
2.1.2 Kadar Oksigen	5
2.1.3 Indeks Masa Tubuh	6
2.1.4 Tinggi Badan.....	7
2.1.5 Berat Badan	7
2.2 Konsep dan Komponen Sistem Berbasis IoT	7
2.2.1 Modul LM2596.....	8
2.2.2 ESP 32	8
2.2.3 Sensor MAX 30100.....	9
2.2.4 Sensor Ultrasonik.....	9
2.2.5 Sensor LoadCell.....	11
2.2.6 HX711 Amplifier	12
2.2.7 OLED.....	13
2.2.8 Internet of Things (IoT)	13

2.3	Konsep dan Perancangan Pengembangan Sistem Kesehatan Berbasis IoT	14
2.3.1	Integrasi Perangkat Keras.....	14
2.3.2	Pengiriman dan Penyimpanan Data	15
BAB III METODE PELAKSANAAN		16
3.1	Analisis Kebutuhan.....	17
3.2	Studi Literatur dan Pengolahan Data	17
3.3	Perancangan Sistem Alat.....	18
3.3.1	Perancangan Mekanik.....	18
3.3.2	Perancangan Rangkaian Elektrikal	19
3.3.3	Perancangan Software Tampilan Pada OLED	20
3.3.4	Perancangan Software Tampilan Web dan Firebase	21
3.4	Pengembangan Alat.....	22
3.5	Pengujian Alat.....	22
3.6	Evaluasi dan Perbaikan.....	23
3.7	Analisis Data	23
3.8	Penyusunan Laporan Proyek Akhir	24
BAB IV PEMBAHASAN		25
4.1	Hasil Perancangan Kontruksi Secara Mekanik	25
4.2	Hasil Perancangan Rangkaian Kontrol Denyut Jantung, Kadar Oksigen dan Tinggi Badan serta Berat Badan.	26
4.3.1	Rangkaian Pengukuran Denyut Jantung dan Kadar Oksigen.....	26
4.3.2	Rangkaian Pengukuran Berat Badan.....	26
4.3.3	Rangkaian Pengukuran Tinggi Badan	27
4.3.4	Rangkaian Keseluruhan Sensor	27
4.3	Hasil Pengembangan Software tampilan IoT Pada Web dan Firebase.	28
4.4	Pengujian Kontrol Sensor	28
4.5.1	Pengujian Kalibrasi Berat Badan.....	29
4.5.2	Pengujian Tinggi Badan.....	30
4.5.3	Pengujian Denyut Jantung dan Kadar Oksigen	32
4.5	Pengujian Alat Secara Keseluruhan	33
4.6.1	Pengujian Alat Keseluruhan Denyut Jantung, Kadar Oksigen dan Tinggi Badan Serta Berat Badan.....	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		41

<i>5.1 Kesimpulan</i>	41
<i>5.2 Saran</i>	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	45
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	45



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2. 1 Detak Jantung Per menit Berdasrkan Usia.	4
2. 2 Batas Ambang IMT di Indonesia	6
4. 1 Hasil Pengukuran Keseluruhan Alat	36



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1 Modul LM2596 https://shorturl.at/GYvSk	8
2. 2 ESP 32	9
2. 3 Sensor Max 30100.....	9
2. 4 Sensor HC-SR04 Ultrasonic	10
2. 5 Konfigurasi Pin Sensor.....	10
2. 6 Snesor Loadcell.....	11
2. 7 Loadcell Ketika Tidak ada Beban [19].....	12
2. 8 Loadcell Ketika ada Beban [19]	12
2. 9 Modul HX711 [19].....	13
2. 10 OLED 0.96 128 x 86 [20].....	13
2. 11 Konsep IoT [21]	14
3. 1 Tahap Pelaksanaan	16
3. 2 Rancangan Keseluruhan Kontruksi.....	19
3. 3 Blok Diagram Perancangan Rangkaian.....	20
3. 4 Tampilan Pada OLED	20
3. 5 (a) Tampilan Pada Web Dashboard, (B) Tampilan Pada Database.	22
4. 1 Blok Diagram.....	Error! Bookmark not defined.
4. 2 Hasil Pembuatan Kontruksi Secara Mekanik	25
4. 3 Skematik Rangkaian Pengukuran Denyut Jantung dan Kadar Oksigen.	26
4. 4 Skematik Rangkaian Berat Badan.....	27
4. 5 Skematik Rangkaian Tinggi Badan.....	27
4. 6 Skematik Rangkaian Keseluruhan Sensor.....	28
4. 7 Hasil Pengukuran Pada Web Dashboard dan Realtime Database.....	28
4. 8 Diagram Blok Proses Kalibrasi Loadcell	29
4. 9 Hasil Pengujian Loadcell.....	30
4. 10 Diagram Blok Proses Kalibrasi HC-SR04.....	31
4. 11 Hasil Pengujian Tinggi Badan.	31
4. 12 Hasil Pengujian Denyut Jantung dan Kadar Oksigen.	32
4. 13 Pengujian Keseluruhan Alat Ukur	36
4. 14 Grafik Hasil Pengukuran Keseluruhan Alat dan Alat Ukur Acuan	40

DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran Daftar Riwayat Hidup..... 44



BAB 1

PENDAHULIAN

1.1 Latar Belakang

Kesehatan merupakan aspek fundamental dalam kehidupan manusia dan perlu mendapat perhatian dari setiap individu. Detak jantung memiliki peran vital dalam menjaga fungsi tubuh, sehingga kondisinya harus dipantau secara berkala. Demikian pula, kadar oksigen dalam darah penting untuk diperhatikan, dengan nilai normal berada pada rentang 95–100%, sementara angka di bawah 95% dianggap tidak normal [1]. Tidak hanya itu, kondisi fisik seperti berat dan tinggi badan juga menjadi indikator penting dalam menilai status kesehatan. Berat badan ideal ditentukan melalui hubungan antara berat badan dan tinggi badan, sehingga pengukuran terhadap kedua aspek tersebut diperlukan untuk mengetahui proporsi tubuh yang sehat [2]. Namun, masih terdapat banyak tugas dan aktivitas manusia yang dilakukan secara manual atau belum diotomatisasi, dan salah satu contohnya adalah proses pengukuran. Pengukuran tinggi dan berat badan seseorang masih banyak dilakukan dengan cara manual. Saat ini, pemeriksaan dilakukan di fasilitas medis menggunakan alat konvensional seperti oximeter, stadiometer, dan timbangan digital, yang meskipun akurat, masih memiliki keterbatasan dalam hal akses dan kurangnya integrasi digital [3].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, pemantauan pembacaan detak jantung dan kadar oksigen yang dihasilkan dari pembacaan sensor max 30100, yang dibaca oleh mikrokontroler NodeMCU ESP8266 [1], dan penelitian Rancang Bangun Alat Pengukur Tinggi Badan dan Berat Badan Otomatis menggunakan Sensor Ultrasonik berbasis Internet of Things (IoT), masih terdapat kekurangan di mana kedua alat ini masih terpisah antara pembacaan detak jantung dan kadar oksigen dengan pengukuran Tinggi Badan dan Berat Badan dalam proses pengukurannya[4]. Dalam upaya mengatasi permasalahan tersebut, pengembangan alat pemantauan kesehatan berbasis mobile menjadi solusi inovatif. Alat ini

dirancang untuk mendeteksi Denyut Per Menit (DPM), kadar oksigen dalam darah (oximeter), serta mengukur tinggi dan berat badan secara efisien. Dengan teknologi mobile, data kesehatan dapat dipantau secara real-time dan diakses dengan mudah, sehingga mempermudah individu dalam menjaga kesehatannya serta mendukung tenaga medis dalam melakukan diagnosis lebih awal.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan alat pemantauan kesehatan berbasis digital. Misalnya, smartwatch yang mampu mengukur DPM dan SpO₂ secara otomatis serta timbangan digital yang terhubung dengan aplikasi mobile. Alat-alat ini memanfaatkan sensor PPG untuk mendeteksi perubahan aliran darah, sensor beban untuk berat badan, dan sensor ultrasonik untuk tinggi badan. Beberapa kelemahan alat sejenis yang ditemukan meliputi keterbatasan akurasi dibandingkan dengan perangkat medis profesional, ketergantungan pada daya baterai, serta potensi gangguan konektivitas yang dapat memengaruhi kinerja alat. Selain itu, integrasi berbagai sensor dalam satu perangkat masih menjadi tantangan yang memerlukan pengembangan lebih lanjut

Sejumlah peneliti telah berupaya untuk mengembangkan alat pengukur tinggi dan berat badan, salah satunya adalah Fadli yang merancang dan memproduksi alat untuk pengukuran tinggi badan dan berat badan dengan memanfaatkan mikrokontroler [6]. Kemudian Thomas dan rekannya melakukan pengembangan sistem pengukuran berat beserta tinggi badan dengan menggunakan mikrokontroler AT89S51. Penelitian sebelumnya telah mengembangkan perangkat digital untuk mengukur tinggi dan berat badan, namun alat tersebut hanya menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk teks pada layar LCD [7]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat yang berjudul **“Rancang Bangun Alat Pengukur Denyut Jantung, Kadar Oksigen, Tinggi Badan, Serta Berat Badan Berbasis Internet of Things (IoT)”**. Sistem ini akan memanfaatkan sensor MAX30100 untuk memantau kadar oksigen dan detak jantung, sensor load cell untuk pengukuran berat badan, serta sensor HC-SR04 untuk mengukur tinggi badan. Hasil pembacaan dari sensor akan ditampilkan melalui layar OLED dan ditampilkan di web server dan hasil disimpan di firebase database.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, fokus utama dari permasalahan yang akan dikaji dalam proyek akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang dan mengembangkan alat yang dapat mengukur denyut jantung (DPM), kadar oksigen dalam darah (SpO₂), tinggi badan, dan berat badan secara terintegrasi?.
2. Bagaimana sistem dapat mengirimkan dan menampilkan data hasil pengukuran secara real-time melalui platform web berbasis IoT serta menyimpannya di Firebase?
3. Apakah sistem yang dikembangkan mampu bekerja secara akurat dan stabil dalam kondisi penggunaan nyata?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mencapai beberapa hal yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Merancang serta merealisasikan sistem pengukuran kesehatan berbasis IoT yang terintegrasi untuk mendeteksi denyut jantung (BPM), kadar oksigen dalam darah (SpO₂), tinggi badan, dan berat badan secara real-time.
2. Mengembangkan sistem web dan koneksi Firebase untuk menampilkan data hasil pengukuran secara real-time dan menyimpannya ke dalam basis data cloud.
3. Menerapkan sistem yang tepat agar perangkat bekerja akurat, stabil, dan mendukung pemantauan kesehatan mandiri melalui OLED dan internet.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pemantauan Kesehatan

Pemantauan kesehatan merupakan proses penting untuk mengetahui kondisi tubuh secara dini. Parameter seperti denyut jantung, kadar oksigen dalam darah, dan indeks massa tubuh (IMT) dapat digunakan untuk menilai status kesehatan seseorang. Dengan bantuan teknologi dan sistem berbasis IoT, data ini dapat diukur dan dipantau secara real-time, baik secara lokal maupun melalui internet.[8]

2.1.1 Denyut Jantung

Detak jantung merupakan proses alami dalam tubuh manusia yang berfungsi untuk memompa darah ke seluruh bagian tubuh melalui pembuluh darah arteri. Ketika jantung memompa darah, pembuluh arteri akan mengalami perubahan ukuran, baik pelebaran maupun penyempitan. Detak jantung dapat diukur melalui pembuluh arteri dengan menggunakan metode photoplethysmography (PPG).

Nilai detak jantung saat istirahat bervariasi berdasarkan usia. Pada bayi, detak jantung berkisar antara 100–180 BPM, pada balita 100–130 BPM, anak-anak 80–100 BPM, dan remaja 60–100 BPM. BPM (beats per minute) adalah satuan yang digunakan untuk mengukur jumlah denyut jantung dalam satu menit. Penelitian juga menunjukkan bahwa detak jantung cenderung menurun seiring bertambahnya usia [9]. Berikut adalah jumlah detak jantung per menit berdasarkan usia yang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Detak Jantung per menit Berdasarkan Usia.

Usia	Minimal (BPM)	Maksimal (BPM)	Rata-Rata
Baru Lahir	100	180	140
1 Bulan sampai 1 tahun	80	160	120
1 tahun sampai 3 tahun	80	130	105
3 tahun sampai 6 tahun	80	120	100

6 tahun sampai 12 tahun	65	100	83
12 tahun sampai 19 tahun	60	90	85
19 tahun sampai 69 tahun	60	100	80
>70 tahun	60	100	80

Tabel 2.1 menunjukkan frekuensi detak jantung per menit yang bervariasi sesuai dengan usia, mulai dari masa neonatal hingga usia dewasa. Sinyal PPG merupakan intensitas cahaya yang terdeteksi mengalami perubahan akibat dari fase sistolik dan diastolik jantung, yang juga dikenal sebagai fluktuasi detak jantung. Durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan salah satu siklus ini disebut sebagai variabilitas detak jantung.

2.1.2 Kadar Oksigen

Saturasi oksigen dalam pembuluh darah arteri didefinisikan sebagai rasio antara HbO_2 (oksihemoglobin) dan Hb (deoksihemoglobin), sebagaimana ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$\text{Saturasi Oksigen} = \frac{HbO_2}{Hb + HbO_2} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

Hemoglobin yang sepenuhnya terikat dengan oksigen disebut sebagai HbO_2 (oksihemoglobin), sedangkan hemoglobin yang belum sepenuhnya mengikat oksigen dikenal sebagai Hb (deoksihemoglobin). Saturasi oksigen dalam pembuluh darah arteri dikenal dengan istilah SaO_2 , sementara SpO_2 merujuk pada saturasi oksigen yang diukur menggunakan pulse oximeter. Dalam kondisi normal, kadar hemoglobin yang mengangkut oksigen dalam arteri berkisar antara 95% hingga 100%. Jantung berfungsi sebagai pompa dalam sistem sirkulasi darah, pembuluh darah berperan sebagai saluran distribusi, dan darah berfungsi sebagai cairan yang mengalir di dalamnya [10].

2.1.3 Indeks Masa Tubuh

Indeks Massa Tubuh (IMT) berfungsi sebagai salah satu parameter untuk mengevaluasi proporsi lemak tubuh individu. Nilai IMT berperan dalam mengklasifikasikan kondisi fisik seseorang, apakah tergolong kurus, memiliki berat badan normal, mengalami kelebihan berat badan, atau menderita obesitas. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia [11], perhitungan IMT dilakukan dengan cara membagi berat badan dalam kilogram dengan kuadrat tinggi badan dalam meter, seperti yang dijelaskan dalam rumus berikut.

$$IMT = \frac{\text{Berat badan (Kg)}}{\text{Tinggi Badan (m)}^2} \dots \dots \dots (2)$$

Batas ambang Indeks Massa Tubuh (IMT) di Indonesia menunjukkan perbedaan antara wanita dan pria. Batas ambang IMT yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 2 Batas Ambang IMT di Indonesia

Jenis Kelamin	Kategori	Deskripsi	Nilail IMT(Kg/m ²)
Pria	Kurus	Berat badan dibawah normal	Kurang dari 18
	Normal	Berat badan ideal	18 - 25
	Gemuk	Kelebihan berat badan	Di atas 25 hingga 27
	Obesitas	Berat badan berlebihan	Lebih dari 27
Wanita	Kurus	Berat badan di bawah normal	Kurang dari 17
	Normal	Berat badan ideal	17 – 23
	Gemuk	Kelebihan berat badan	Di atas 23 hingga 27
	Obesitas	Berat badan berlebihan	Lebih dari 27

2.1.4 Tinggi Badan

Tinggi badan seseorang dipengaruhi oleh kombinasi faktor genetik dan kondisi lingkungan. Berdasarkan pengukuran antropometri, tinggi badan manusia menunjukkan variasi yang cukup luas. Jika terdapat perbedaan tinggi sekitar 20% dari nilai rata-rata populasi, kondisi tersebut dapat dikategorikan sebagai gigantisme (postur tubuh sangat tinggi) atau dwarfisme (postur tubuh sangat pendek). Namun, selama selisihnya tidak melebihi ambang tersebut, tinggi badan masih dianggap berada dalam batas normal. Rata-rata tinggi badan juga menunjukkan perbedaan yang signifikan antara laki-laki dan perempuan, di mana pria dewasa cenderung memiliki tinggi badan yang lebih besar dibandingkan wanita dewasa. Selain itu, perbedaan tinggi badan juga dapat dijumpai antar kelompok etnis yang berbeda [12].

2.1.5 Berat Badan

Berat badan merupakan jumlah total massa tubuh yang dapat diukur menggunakan sensor elektronik. Salah satu sensor yang umum digunakan adalah load cell, yaitu sensor yang bekerja dengan cara mengubah tekanan menjadi sinyal listrik. Sinyal ini kemudian diperkuat dan dibaca oleh mikrokontroler seperti ESP32. Menurut Wahyudi dkk. (2023), sensor load cell mampu memberikan hasil pengukuran yang akurat dan dapat dibandingkan dengan timbangan manual. Karena itu, sensor ini cocok digunakan dalam sistem pengukuran berat badan otomatis berbasis mikrokontroler dan Internet of Things (IoT) [13].

2.2 Konsep dan Komponen Sistem Berbasis IoT

Sistem ini menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama yang terhubung dengan beberapa sensor. Sensor MAX30100 digunakan untuk mengukur denyut jantung dan kadar oksigen, HC-SR04 untuk tinggi badan, dan load cell untuk berat badan. Data hasil pengukuran ditampilkan di layar OLED dan halaman web, serta disimpan ke Firebase untuk pemantauan secara online.

2.2.1 Modul LM2596

Pada proyek akhir ini, modul LM2596 step-down DC-DC converter digunakan untuk menurunkan tegangan dari sumber daya (seperti adaptor 12V atau power bank) menjadi 5V yang dibutuhkan oleh komponen utama seperti ESP32, sensor MAX30100, HX711 (Load Cell), dan OLED. Modul ini berperan penting dalam menjaga kestabilan suplai tegangan, sehingga seluruh sensor dapat bekerja secara optimal dan akurat.

LM2596 bekerja dengan prinsip *buck converter* dan menggunakan metode PWM (Pulse Width Modulation) untuk mengatur tegangan output sesuai kebutuhan sistem. Dengan kemampuan arus hingga 3A dan efisiensi tinggi, modul ini memastikan pengukuran dari setiap sensor tetap stabil meskipun terjadi fluktuasi pada tegangan input. Penggunaan LM2596 dalam penelitian ini terbukti efektif dalam mendukung sistem pemantauan kesehatan berbasis IoT yang dirancang[14].



Gambar 2. 1 Modul LM2596 <https://shorturl.at/GYvSk>

2.2.2 ESP 32

Dalam proyek akhir ini, mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai unit kontrol pusat yang mengelola proses akuisisi data dari sensor, pemrosesan data, tampilan hasil pada layar OLED, dan transmisi data ke server melalui koneksi WiFi. ESP32 dipilih karena kemampuan WiFi dan Bluetooth yang terintegrasi, prosesor yang cepat, serta dukungan GPIO yang memadai untuk menghubungkan beberapa sensor secara bersamaan. ESP32 adalah mikrokontroler System on Chip (SoC) yang mengintegrasikan WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai periferal. Ini adalah chip yang sangat komprehensif, dilengkapi dengan prosesor, penyimpanan, dan akses ke General Purpose Input Output (GPIO). ESP32 dapat

berfungsi sebagai pengganti sirkuit Arduino dan memiliki kemampuan untuk terhubung langsung ke Wi-Fi [15]. Sensor-sensor seperti MAX30100 (deteksi detak jantung dan SpO₂), HC-SR04 (pengukuran tinggi), dan HX711 + Load Cell (pengukuran berat) terhubung ke GPIO dari ESP32. Data dari sensor diproses di dalam ESP32, ditampilkan pada SSD1306 OLED, dan dikirim ke server web lokal untuk disimpan dalam basis data. Sistem ini juga dilengkapi dengan tombol reset untuk menghapus tampilan data tanpa menghapus riwayat penyimpanan data.



Gambar 2. 2 ESP 32

2.2.3 Sensor MAX 30100

Sensor MAX30102 berfungsi sebagai modul untuk mengukur detak jantung serta konsentrasi oksigen dalam darah, dilengkapi dengan LED merah, LED inframerah, dan dioda foto yang mampu mengubah energi cahaya menjadi arus listrik. Selain itu, terdapat amplifier yang berfungsi untuk memperkuat sinyal yang dihasilkan oleh dioda foto. Sensor ini memanfaatkan komunikasi I2C, di mana driver bus I2C bersifat open drain dan memerlukan resistor pull-up pada I2C SDA dan SCL agar data keluaran sensor dapat terbaca saat sinyal berada pada level rendah 0 volt dan level tinggi [16].

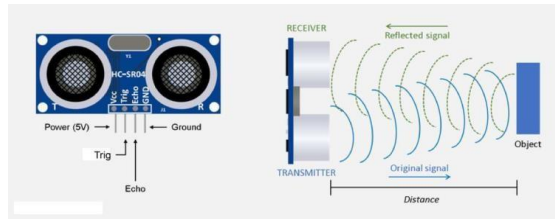


Gambar 2. 3 Sensor Max 30100

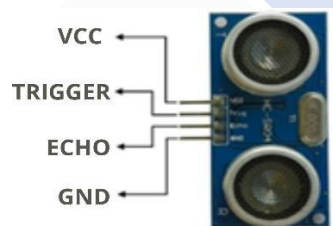
2.2.4 Sensor Ultrasonik

Dalam proses perancangan alat ini, sensor ultrasonik dimanfaatkan untuk melakukan pengukuran tinggi badan pengguna. Prinsip kerja sensor ini

mengandalkan pantulan gelombang suara, di mana sensor memancarkan gelombang ultrasonik dan kemudian menangkap gelombang yang dipantulkan oleh objek di bawahnya. Selisih waktu antara pengiriman dan penerimaan gelombang tersebut menjadi dasar perhitungan jarak. Disebut sensor ultrasonik karena memanfaatkan gelombang suara berfrekuensi tinggi dalam proses deteksinya [17].



Gambar 2. 4 Sensor HC-SR04 Ultrasonic



Gambar 2. 5 Konfigurasi Pin Sensor

Dalam proyek akhir ini, sensor ultrasonik HC-SR04 dimanfaatkan untuk mengukur tinggi badan dengan mengacu pada prinsip pantulan gelombang suara. Ketika diberi tegangan, sensor ini memancarkan gelombang ultrasonik melalui bagian pemancarnya. Pada saat pemancaran dimulai, sensor menghasilkan sinyal logika tinggi (TTL high) sebagai indikator bahwa proses penghitungan waktu telah dimulai. Ketika gelombang tersebut mengenai objek (seperti kepala pasien) dan dipantulkan kembali, bagian penerima sensor menangkap pantulan tersebut dan menghentikan penghitungan waktu, lalu mengubah sinyal menjadi logika rendah (TTL low). Dengan mengetahui waktu tempuh gelombang yang dinyatakan sebagai t dan kecepatan rambat suara di udara yang sebesar 340 m/s, maka jarak antara sensor dan objek dapat dihitung menggunakan rumus yang relevan.

$$s = t \times \frac{340 \text{ m/s}}{2} \dots\dots\dots(3) .$$

Keterangan:

s = Jarak antara sensor dan objek (dalam meteran)

t = Waktu tempuh gelombang (dalam detik)

Dalam proyek akhir ini, sensor HC-SR04 dipilih karena memiliki karakteristik teknis yang mendukung kebutuhan pengukuran jarak secara presisi. Sensor ini mampu mengukur jarak dengan akurasi tinggi, yakni mulai dari 2 cm hingga 400 cm, dengan tingkat ketelitian hingga 0,3 cm. Selain itu, desainnya yang ringkas serta kemampuannya untuk beroperasi pada level tegangan TTL menjadikan sensor ini cocok untuk diintegrasikan dalam sistem berbasis mikrokontroler.

2.2.5 Sensor LoadCell

Dalam proyek akhir ini, load cell berfungsi sebagai alat ukur elektronik yang mengubah gaya menjadi sinyal listrik. Proses konversi ini tidak berlangsung secara langsung, melainkan melalui beberapa tahap mekanis. Load cell merespons perubahan gaya atau tekanan yang diterimanya, sehingga dapat mendeteksi kondisi yang berubah dari normal menjadi tidak normal. Mekanisme ini memungkinkan alat untuk mengukur berat badan dengan mengubah tekanan (gaya berat tubuh) menjadi sinyal listrik yang dapat dibaca dan diproses oleh mikrokontroler ESP32.



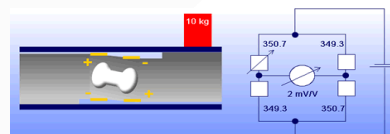
Gambar 2. 6 Sensor Loadcell

Dalam proyek akhir ini, strain gauge berperan sebagai komponen utama dari load cell yang mendeteksi perubahan bentuk mekanis akibat gaya atau beban. Perubahan ini mengakibatkan perubahan hambatan listrik pada kawat konduktor dalam strain gauge, yang selanjutnya dikonversi menjadi sinyal listrik.

Umumnya, strain gauge disusun dalam konfigurasi Jembatan Wheatstone dengan satu hingga empat elemen, yang menghasilkan sinyal listrik bertegangan rendah (dalam milivolt). Sinyal ini perlu diperkuat oleh penguat instrumentasi agar dapat dibaca dengan akurat oleh mikrokontroler. Strain gauge digunakan dalam pengukuran presisi seperti gaya, berat, tekanan, torsi, dan perpindahan. Ketika gaya diterapkan, resistansinya berubah secara proporsional terhadap tekanan. Secara keseluruhan, load cell mengubah gaya mekanis menjadi sinyal listrik untuk pemantauan dan pengukuran digital secara real-time [19]. Gambar di bawah ini menunjukkan prinsip kerja load cell.



Gambar 2. 7 Loadcell Ketika Tidak ada Beban [19]



Gambar 2. 8 Loadcell Ketika ada Beban [19]

2.2.6 HX711 Amplifier

Dalam proyek akhir ini, HX711 berfungsi sebagai komponen utama untuk membaca sinyal dari load cell. HX711 adalah konverter analog ke digital (ADC) dengan presisi 16-bit yang dirancang secara terintegrasi oleh Avia Semi Conductor. Komponen ini dikembangkan khusus untuk aplikasi timbangan digital dalam sistem kontrol industri dan digunakan bersama sensor tipe jembatan seperti strain gauge.

Mekanismenya, sinyal listrik bertegangan sangat rendah (dalam milivolt) yang dihasilkan oleh strain gauge akan diperkuat dan dikonversi oleh HX711 menjadi data digital yang dapat dibaca dan diolah oleh mikrokontroler ESP32 untuk ditampilkan atau disimpan sebagai data pengukuran [19].



Gambar 2. 9 Modul HX711 [19]

2.2.7 OLED

Modul OLED I2C 0.96' merupakan sebuah tampilan grafik dengan ukuran 0.96 inci dan memiliki resolusi 128 x 64 piksel yang memanfaatkan teknologi OLED. Modul OLED umumnya terbuat dari karbon dan hidrogen. Pemrograman modul OLED dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler Arduino yang berkomunikasi melalui I2C, memanfaatkan 2 pin yaitu pin SDA dan pin SCK, sehingga dapat menghemat penggunaan pin [20]. Gambar modul oled dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 10 OLED 0.96 128 x 86 [20].

2.2.8 Internet of Things (IoT)

Dalam proyek akhir ini, penerapan konsep Internet of Things (IoT) dilakukan dengan mengintegrasikan sejumlah sensor, seperti MAX30100, HC-SR04, dan load cell, ke dalam mikrokontroler ESP32 yang memiliki kemampuan koneksi internet. Sistem ini memungkinkan pengukuran data fisiologis, seperti denyut jantung, kadar oksigen dalam darah, tinggi badan, dan berat badan, yang kemudian secara otomatis dikirimkan ke halaman web dan disimpan di Firebase. Pemanfaatan IoT memungkinkan perangkat fisik terhubung ke jaringan internet guna mendukung komunikasi dan pertukaran data secara otomatis. ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama sekaligus pengirim data, sementara web dan Firebase berperan sebagai media untuk menampilkan serta menyimpan informasi

secara real-time. Dengan sistem ini, proses pemantauan kesehatan dapat dilakukan secara efisien tanpa interaksi manual, sehingga lebih praktis dan efektif [21].



Gambar 2. 11 Konsep IoT [21]

2.3 Konsep dan Perancangan Pengembangan Sistem Kesehatan Berbasis IoT

Sistem pemantauan kesehatan berbasis IoT dikembangkan dengan menggabungkan beberapa sensor ke dalam satu perangkat yang mampu bekerja secara otomatis dan terhubung ke internet. Konsep utama dari sistem ini adalah melakukan pengukuran data kesehatan seperti denyut jantung, kadar oksigen dalam darah, tinggi badan, dan berat badan secara real-time menggunakan sensor, kemudian menampilkan serta menyimpan data tersebut melalui platform berbasis web dan cloud.

Pengembangan sistem ini memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang terhubung dengan berbagai sensor. Data yang dihasilkan oleh sensor diproses oleh ESP32 dan dikirim melalui koneksi WiFi ke web server serta Firebase Realtime Database. Dengan pendekatan ini, sistem dapat menampilkan informasi secara langsung kepada pengguna dan secara bersamaan menyimpan data untuk kebutuhan pemantauan berkelanjutan[21].

2.3.1 Integrasi Perangkat Keras

Sistem ini dikembangkan dengan menggabungkan beberapa sensor ke dalam satu rangkaian terintegrasi yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Sensor MAX30100 digunakan untuk mengukur denyut jantung dan kadar oksigen dalam darah, HC-SR04 digunakan untuk mengukur tinggi badan, sedangkan sensor load cell dengan modul HX711 digunakan untuk mengukur berat badan. Semua komponen dihubungkan ke ESP32 melalui jalur komunikasi digital seperti I2C atau input analog, sehingga data dari setiap sensor dapat dibaca dan diproses secara otomatis. ESP32 berperan sebagai unit pusat yang mengoordinasikan

seluruh proses akuisisi data sensor, pengolahan, dan pengiriman data ke sistem web dan Firebase[22].

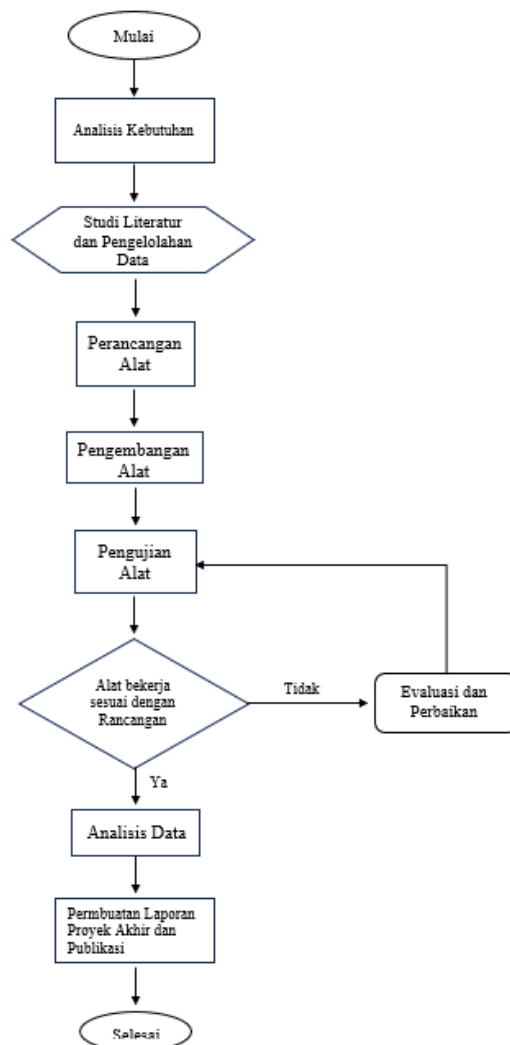
2.3.2 Pengiriman dan Penyimpanan Data

Setelah data sensor diproses oleh ESP32, hasil pengukuran dikirim melalui koneksi WiFi ke antarmuka web dan Firebase Realtime Database. Web digunakan untuk menampilkan data secara langsung dalam bentuk visual yang mudah dibaca oleh pengguna. Sementara itu, Firebase digunakan sebagai media penyimpanan cloud yang mencatat seluruh data secara otomatis. Dengan sistem ini, pengguna dapat memantau data kesehatan secara real-time dan memastikan data tersimpan untuk keperluan dokumentasi atau analisis lebih lanjut. Mekanisme ini mendukung sistem monitoring yang praktis dan efisien tanpa perlu penyimpanan lokal atau pengolahan manual [22].

BAB III

METODE PELAKSANAAN

Dalam implementasi proyek akhir yang berjudul "Rancang Bangun Alat Pengukur Denyut Jantung, Kadar Oksigen, Tinggi Badan, dan Berat Badan Berbasis IoT", berbagai tahapan penelitian telah dilakukan secara terstruktur. Setiap tahap dirancang untuk memastikan kelancaran serta efektivitas dalam proses perancangan dan pembangunan alat yang dimaksud.



Gambar 3. 1 Tahap Pelaksanaan

3.1 Analisis Kebutuhan

Langkah awal dalam pembuatan alat pengukur denyut jantung, kadar oksigen, tinggi badan, dan berat badan berbasis IoT adalah melakukan analisis kebutuhan. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengetahui apa saja spesifikasi dan komponen yang harus disiapkan agar alat dapat berfungsi sesuai dengan rencana.

Analisis dilakukan dengan menelusuri berbagai sumber seperti artikel, jurnal, dan referensi proyek lain yang sejenis. Dari situ, diperoleh gambaran tentang cara kerja alat kesehatan, jenis sensor yang sesuai, serta teknologi pendukung seperti IoT dan mikrokontroler.

Berdasarkan hasil pencarian tersebut, kebutuhan utama alat ini mencakup:

- Kemampuan alat untuk mengukur denyut jantung, kadar oksigen (SpO₂), tinggi, dan berat badan secara akurat.
- Fitur konektivitas IoT untuk mengirimkan data secara otomatis ke server atau platform digital.
- Layar tampilan langsung (seperti OLED) agar hasil pengukuran bisa langsung dilihat oleh pengguna.
- Penggunaan sensor yang tepat dan kompatibel dengan ESP32, serta menghasilkan data yang stabil.
- Kemudahan penggunaan dan perakitan, dengan komponen yang mudah ditemukan dan tidak rumit untuk dirakit.

3.2 Studi Literatur dan Pengolahan Data

Setelah dilakukan analisis kebutuhan, tahap selanjutnya adalah studi literatur dan pengolahan data. Studi literatur dilakukan untuk memperoleh informasi dan pemahaman yang lebih mendalam mengenai sistem yang akan dikembangkan. Informasi diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, jurnal ilmiah, artikel online, dan dokumentasi proyek sejenis yang relevan dengan topik.

Melalui studi ini, diperoleh landasan teori yang mendukung, seperti prinsip kerja sensor denyut jantung dan SpO₂, sensor ultrasonik untuk tinggi badan, sensor

berat badan (load cell), serta penggunaan mikrokontroler ESP32 dan teknologi IoT. Setelah data dan informasi terkumpul, dilakukan analisis untuk menentukan parameter dan acuan teknis yang sesuai dengan kebutuhan sistem. Tahap ini penting sebagai dasar dalam proses perancangan, pengembangan alat, dan penyusunan laporan proyek akhir.

3.3 Perancangan Sistem Alat

Perancangan alat ini mencakup tiga aspek utama, yaitu perancangan mekanik, elektrik, dan perangkat lunak, yang meliputi tampilan pada OLED, dasbor web, serta integrasi dengan Firebase sebagai basis data base.

Perancangan mekanik berfokus pada pengembangan struktur fisik alat yang sesuai dengan kebutuhan pengukuran dan kenyamanan pengguna. Perancangan elektrik melibatkan penyusunan rangkaian komponen elektronik serta integrasi sistem koneksi antar sensor.

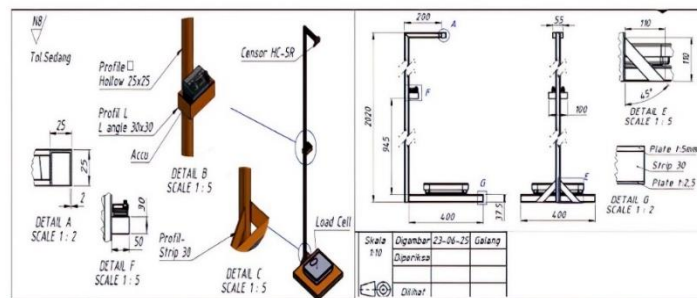
Sementara itu, perancangan perangkat lunak mencakup pengembangan antarmuka pengguna, baik pada layar OLED maupun melalui sistem IoT, agar hasil pengukuran dapat ditampilkan secara real-time dan informatif.

3.3.1 Perancangan Mekanik

Tahapan pertama dalam perancangan alat pada proyek akhir ini dimulai dengan menyusun rancangan desain konstruksi fisik menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor*. Desain ini mencakup struktur alat untuk mengukur denyut jantung, kadar oksigen dan tinggi badan, serta berat badan. Perancangan dilakukan agar semua sensor dapat terintegrasi dengan baik serta menjamin kenyamanan dan keamanan pengguna saat pengukuran.

Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan alat ini terdiri dari tiang hollow berukuran 2,5 x 2,5 cm yang berfungsi sebagai rangka utama, membentang dari bagian bawah tempat load cell hingga bagian atas tempat sensor ultrasonic dipasang. Pada bagian dasar, digunakan plat besi dengan ketebalan 1 cm sebagai pondasi yang kokoh, sedangkan plat atas memiliki ketebalan 5 mm. Untuk bagian penopang kaki di atasnya terdapat sensor load cell, digunakan plat strip bodi samping dengan ketebalan 1 mm. Kotak penyimpanan (toolbox) untuk komponen elektrik terdapat ada beberapa

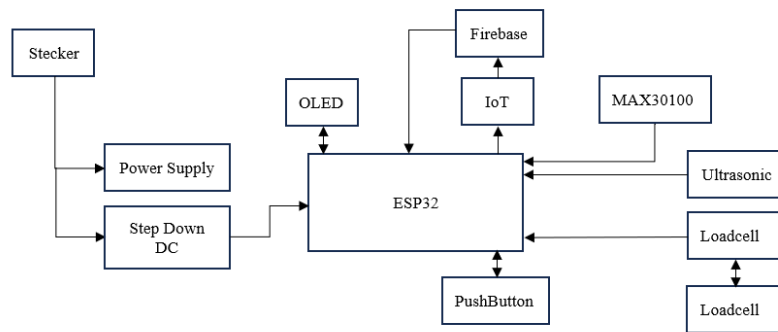
komponen seperti sensor max30100, OLED, power supply, step down DC , HX711, push button dibuat menggunakan plat siku berukuran 3 x 3 cm. Desain konstruksi ini mempertimbangkan dimensi setiap komponen agar sesuai dengan kebutuhan fungsional dan kekuatan struktural, sehingga mampu menopang berat pengguna dengan aman. Posisi pemasangan sensor ultrasonik untuk pengukuran tinggi badan dirancang berada tepat di atas modul pengukur berat badan. Dengan konfigurasi ini, proses pengukuran tinggi dan berat badan dapat dilakukan secara terpadu dan efisien. Rincian mengenai desain dan dimensi alat dapat dilihat pada gambar 3.2 (ukuran dimensi dengan satuan cm dengan ketebalan mm) sebagai berikut.



Gambar 3. 2 Rancangan Keseluruhan Kontruksi

3.3.2 Perancangan Rangkaian Elektrikal

Tahap perencanaan sistem kontrol dalam penelitian ini dilaksanakan dengan memanfaatkan aplikasi simulasi Wokwi. Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk memvisualisasikan dan mengidentifikasi konfigurasi wiring atau jalur kelistrikan yang diperlukan dalam desain rangkaian elektronik. Rangkaian ini akan digunakan untuk melakukan pengukuran terhadap parameter fisiologis, seperti denyut jantung, kadar oksigen dalam darah dan tinggi badan serta berat badan. Untuk memberikan gambaran yang komprehensif mengenai sistem kelistrikan yang dirancang, berikut ini disajikan skema blok diagram yang merepresentasikan hubungan antar komponen dalam alat proyek akhir ini.



Gambar 3. 3 Blok Diagram Perancangan Rangkaian

3.3.3 Perancangan Software Tampilan Pada OLED

Pada tahap ini, desain antarmuka tampilan pada layar OLED dilaksanakan untuk memudahkan pengguna, terutama pasien, dalam proses pengisian data awal sebelum pengukuran dilakukan. Selain itu, desain tampilan OLED juga bertujuan untuk menyajikan hasil pengukuran secara langsung dan informatif, sehingga pasien dapat lebih mudah memahami data yang diperoleh. Proses perancangan tampilan OLED yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. 4 Tampilan Pada OLED

Keterangan:

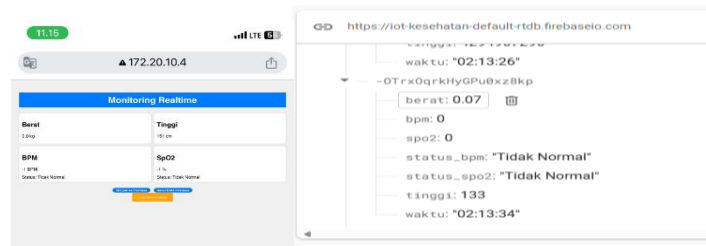
1. Berat (kg): 60.0
 - Berat badan pengguna adalah 60 kilogram.
 - Data ini diperoleh dari sensor load cell (HX711) yang telah dikalibrasi.
2. Tinggi (cm): 163
 - Tinggi badan pengguna adalah 163 cm.

- Diukur menggunakan sensor ultrasonic HC-SR04 yang mengukur jarak dari kepala ke sensor.
3. BPM (Beats Per Minute): 122 – Tidak Normal
- Denyut jantung pengguna adalah 122 detak per menit.
 - Termasuk dalam kategori tidak normal dikarenakan pengukuran dalam posisi berdiri. Untuk orang dewasa saat istirahat (rentang normal: 60–100 BPM).
 - Diukur menggunakan sensor MAX30100.
4. SpO₂: 98% - Normal
- Kadar oksigen dalam darah adalah 98 persen.
 - Termasuk dalam kategori normal (rentang normal: 95–100%).
 - Juga diukur menggunakan sensor MAX30100.

3.3.4 Perancangan Software Tampilan Web dan Firebase

Web berfungsi sebagai media untuk menampilkan seluruh hasil pengukuran yang diperoleh dari alat. Setelah pengguna menyelesaikan proses pengukuran, hasil data akan terlebih dahulu ditampilkan pada layar OLED. Selanjutnya, data tersebut secara otomatis dikirim dan ditampilkan pada halaman web, baik dalam mode lokal maupun online.

Selain ditampilkan, seluruh data pengukuran juga disimpan dalam firebase realtime database, yang memungkinkan pengguna atau pengelola sistem untuk mengakses dan memantau hasil pengukuran secara real-time melalui jaringan internet. Dengan integrasi ini, sistem menjadi lebih fleksibel dan efisien dalam proses pemantauan data. Tampilan antarmuka web serta tampilan data di Firebase yang menunjukkan hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar berikut.



(a) (b)
Gambar 3. 5 (a) Tampilan Pada Web Dashboard, (B) Tampilan Pada Database.

3.4 Pengembangan Alat

Pengembangan sistem alat ini melibatkan dua aspek utama, yaitu perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Proses pengembangan perangkat keras meliputi perakitan unit pengukuran denyut jantung, kadar oksigen dalam darah, berat badan, serta tinggi badan, termasuk juga konstruksi fisik keseluruhan perangkat. Di sisi lain, pengembangan perangkat lunak mencakup pengolahan data dari masing-masing individu melalui mikrokontroler, berdasarkan output yang diperoleh dari hasil perhitungan sensor (denyut jantung, SpO₂, tinggi badan, dan berat badan). Selain itu, pembuatan antarmuka dilakukan untuk memungkinkan input data pengguna serta menampilkan hasil pengukuran melalui layar OLED dan tampilan IoT, yang ditransmisikan ke web dashboard berbasis Firebase Hosting agar dapat disimpan secara real-time dalam database. Seluruh proses pembuatan dilakukan berdasarkan desain sistem perangkat keras alat ukur denyut jantung, kadar oksigen, tinggi badan, dan berat badan berbasis IoT yang telah dirancang sebelumnya.

3.5 Pengujian Alat

Pengujian alat ukur denyut jantung, kadar oksigen, tinggi badan, dan berat badan yang berbasis IoT dilakukan untuk menilai efisiensi serta akurasi kinerjanya. Proses pengujian ini difokuskan pada empat aspek utama yang menjadi parameter penilaian alat.

1. Membandingkan hasil alat ukur berat badan dengan timbangan.
2. Membandingkan hasil alat ukur tinggi badan dengan meteran.

3. Membandingkan hasil denyut jantung(BPM) dengan alat pulse oximeter.
4. Membandingkan hasil kadar oksigen (SpO₂) dengan alat pulse oximeter.

Dengan melaksanakan pengujian pada keempat aspek tersebut, informasi mengenai tingkat akurasi dan margin kesalahan dari alat ukur yang dikembangkan dapat diperoleh. Selain itu, tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengidentifikasi potensi kekurangan sistem demi perbaikan yang lebih lanjut. Semua hasil perbandingan data akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan analisis.

3.6 Evaluasi dan Perbaikan

Setelah tahap pengujian alat, dilakukan proses evaluasi untuk menilai apakah alat telah bekerja sesuai dengan spesifikasi dan fungsi yang dirancang. Evaluasi mencakup pengamatan terhadap keakuratan sensor, kestabilan sistem, kecepatan respons, tampilan data pada web dan OLED, serta kemampuan pengiriman dan penyimpanan data ke Firebase.

Jika dari hasil pengujian ditemukan bahwa alat belum bekerja sesuai dengan rancangan, maka dilakukan proses perbaikan. Perbaikan dapat berupa:

- Penyesuaian rangkaian atau wiring antar komponen,
- Kalibrasi ulang sensor,
- Pengaturan ulang logika pemrograman mikrokontroler,
- Optimalisasi koneksi WiFi dan pengiriman data ke web/Firebase.

Setelah dilakukan perbaikan, alat kembali diuji hingga memenuhi kriteria yang telah ditentukan. Proses ini dilakukan secara iteratif sampai alat berfungsi dengan baik dan layak untuk masuk ke tahap analisis data dan pelaporan.

3.7 Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah sistem dinyatakan berfungsi sesuai dengan spesifikasi perancangan. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menilai tingkat keakuratan, kestabilan, dan keandalan dari sistem pemantauan kesehatan berbasis IoT yang telah dikembangkan. Proses analisis dimulai dengan validasi data yang diperoleh dari sensor, yakni MAX30100, HC-SR04, dan load cell, dengan cara

membandingkan hasil pengukuran terhadap alat ukur standar guna mengetahui kesesuaian data yang dihasilkan.

Selain validasi, analisis juga mencakup evaluasi kestabilan pembacaan sensor melalui pengukuran berulang, untuk mengidentifikasi konsistensi data yang ditampilkan pada OLED dan antarmuka web. Bila terdapat nilai yang fluktuatif atau tidak wajar, maka perlu dilakukan peninjauan ulang terhadap pemrograman dan penerapan metode penyaringan data. Selanjutnya, dilakukan pengukuran terhadap waktu respons sistem, yaitu lama waktu yang dibutuhkan dari proses akuisisi data hingga data muncul pada web atau Firebase, guna menilai efisiensi kinerja sistem secara real-time. Analisis turut mencakup pengecekan keberhasilan penyimpanan data pada Firebase Realtime Database, untuk memastikan bahwa data dari ESP32 dapat tersimpan dengan baik dan tersedia saat dibutuhkan. Aspek antarmuka sistem juga ditinjau, baik pada tampilan OLED maupun web, untuk menilai sejauh mana informasi hasil pengukuran dapat dibaca dan dipahami oleh pengguna. Secara keseluruhan, hasil analisis ini menjadi dasar evaluatif dalam menarik kesimpulan serta menentukan tingkat keberhasilan sistem dalam mencapai tujuan proyek akhir.

3.8 Penyusunan Laporan Proyek Akhir

Tahap penutup dalam pelaksanaan proyek ini adalah penyusunan laporan proyek akhir serta publikasi hasil pengembangan alat. Seluruh data, hasil analisis, simpulan, serta masukan yang diperoleh selama proses perancangan dan pengujian alat disusun secara sistematis untuk memberikan gambaran menyeluruh terkait perangkat yang telah dibuat. Isi laporan meliputi uraian latar belakang, tujuan, rumusan masalah, kajian teori, metodologi pelaksanaan, hasil dan pembahasan, serta simpulan dan rekomendasi. Publikasi laporan ini juga merupakan bagian dari persyaratan akademik untuk menyelesaikan program tugas akhir.

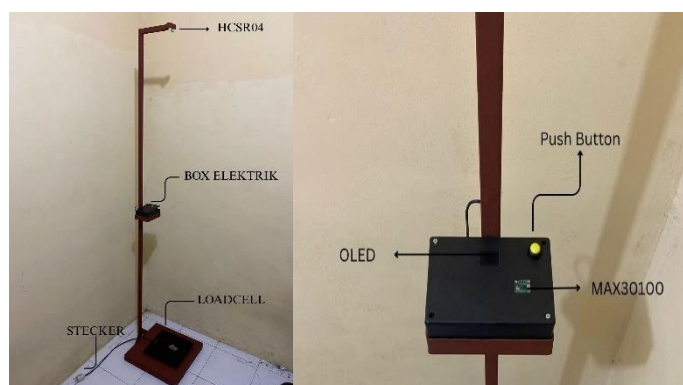
BAB 1V

PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan secara komprehensif langkah-langkah pelaksanaan proyek akhir, yang mencakup proses desain dan pembuatan konstruksi fisik alat, diikuti dengan perancangan dan penerapan sistem kendali, kemudian dilanjutkan dengan tahap pengujian menyeluruh terhadap alat yang telah dibuat, serta analisis data hasil pengujian yang dilakukan secara sistematis.

4.1 Hasil Perancangan Kontruksi Secara Mekanik

Langkah awal dalam merakit sistem ini dimulai dari rancangan konstruksi yang sudah disusun secara terstruktur. Pada tahap ini, perhatian utama difokuskan pada pemilihan bahan yang sesuai serta ketelitian dalam proses penyusunan agar hasil akhir sesuai dengan ukuran dan spesifikasi teknis yang telah direncanakan. Proses ini mencakup pembuatan struktur vertikal untuk pemasangan sensor tinggi badan, perakitan bagian utama perangkat, serta penyusunan kotak penyimpanan (toolbox) sebagai tempat instalasi komponen elektronik. Tahapan ini menghasilkan bentuk fisik dari alat pemantau denyut jantung, kadar oksigen, tinggi badan, dan berat badan berbasis Internet of Things (IoT), yang ditunjukkan pada gambar berikut.



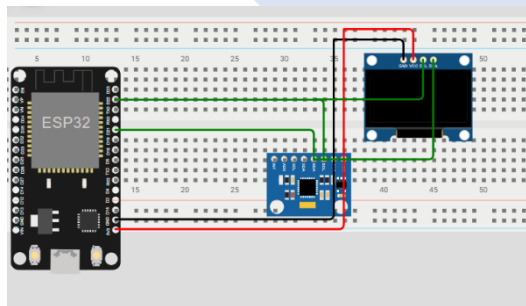
Gambar 4. 1 Hasil Pembuatan Kontruksi Secara Mekanik

4.2 Hasil Perancangan Rangkaian Kontrol Denyut Jantung, Kadar Oksigen dan Tinggi Badan serta Berat Badan.

Bagian ini membahas proses desain dan pembuatan sistem kendali untuk alat pengukur berat badan, alat pengukur tinggi badan, serta pengukuran denyut jantung dan kadar oksigen. Uraian berikut menjelaskan tahapan dalam perancangan dan implementasi kontrol tersebut.

4.2.1 Rangkaian Pengukuran Denyut Jantung dan Kadar Oksigen.

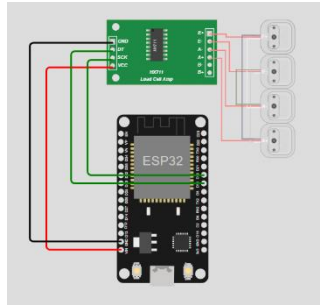
Langkah pertama dalam proses pembuatan alat dilakukan berdasarkan desain yang telah dirancang sebelumnya. Pada tahap ini, aspek penting yang harus diperhatikan meliputi pemilihan material yang sesuai serta ketelitian dalam proses perakitan agar sesuai dengan dimensi yang telah ditetapkan dalam tahap perancangan. Aktivitas pembuatan konstruksi mencakup pembuatan tiang untuk sistem pengukuran tinggi badan, perakitan kerangka keseluruhan alat, serta pembuatan kotak penyimpanan (toolbox) yang berfungsi sebagai tempat untuk merangkai dan menempatkan komponen elektronik. Hasil akhir dari proses konstruksi alat ukur berbasis IoT ini, yang mencakup pengukuran denyut jantung, kadar oksigen, tinggi badan, dan berat badan, ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4. 2 Skematik Rangkaian Pengukuran Denyut Jantung dan Kadar Oksigen.

4.2.2 Rangkaian Pengukuran Berat Badan

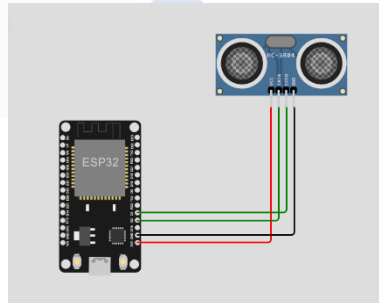
Pembuatan rangkaian pengukur berat badan ini bertujuan untuk mempermudah proses perakitan serta penempatan setiap komponen. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali sistem, sedangkan pengukuran berat dilakukan menggunakan sensor *load cell* yang dihubungkan melalui modul HX711. Rangkaian ini disusun agar praktis dan mendukung integrasi alat secara efisien. Berikut merupakan gambar dari rangkaian elektrikal pengukur berat badan:



Gambar 4. 3 Skematik Rangkaian Berat Badan.

4.2.3 Rangkaian Pengukuran Tinggi Badan

Sistem pengukuran tinggi badan dirancang untuk mempermudah proses perakitan serta integrasi komponen. Mikrokontroler ESP32 berperan sebagai pusat kendali sistem, sementara sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dan objek, yaitu kepala pengguna. Nilai jarak yang diperoleh kemudian dikonversikan menjadi informasi tinggi badan. Perancangan rangkaian ini dilakukan dengan mempertimbangkan efisiensi serta kemudahan dalam penyatuan dengan sistem keseluruhan.

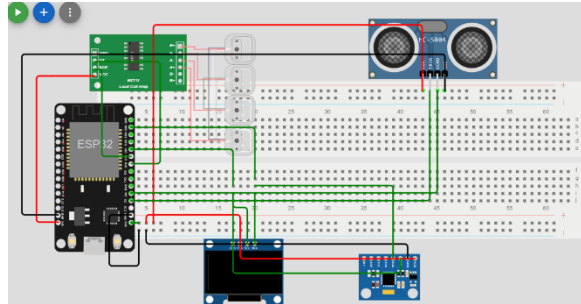


Gambar 4. 4 Skematik Rangkaian Tinggi Badan.

4.2.4 Rangkaian Keseluruhan Sensor

Rangkaian sensor ini terdiri dari ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang mengendalikan dan mengolah data dari tiga sensor utama: MAX30100 untuk mengukur denyut jantung dan kadar oksigen darah, load cell yang dipasangkan dengan modul HX711 untuk mengukur berat badan dengan presisi, serta sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur tinggi badan dengan menghitung jarak. Data hasil pengukuran kemudian diproses oleh ESP32 dan ditampilkan secara real-time pada layar OLED, memberikan informasi lengkap tentang kondisi kesehatan

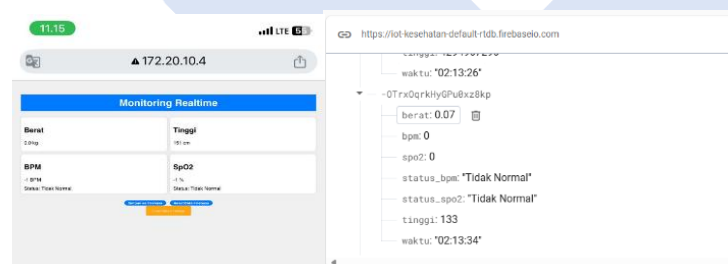
pengguna secara praktis dan terintegrasi. Selain itu, rangkaian ini juga dapat dilengkapi dengan tombol push button untuk reset semua sensor agar pengukuran mudah digunakan.



Gambar 4. 5 Skematik Rangkaian Keseluruhan Sensor

4.3 Hasil Pengembangan Software tampilan IoT Pada Web dan Firebase.

web berfungsi sebagai sarana untuk menampilkan keseluruhan hasil pengukuran dari alat yang telah dirancang. Setelah proses pengukuran selesai dilakukan oleh pasien, data hasil pengukuran akan langsung ditampilkan pada layar OLED. Secara otomatis, data tersebut juga akan tersimpan ke dalam Realtime Database. Sebelumnya, telah diuraikan tahapan pembuatan tampilan web serta proses integrasi dengan Realtime Database. Adapun tampilan hasil pengukuran pada web dan database ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4. 6 Hasil Pengukuran Pada Web Dashboard dan Realtime Database.

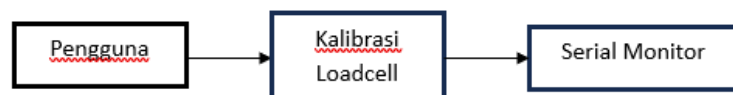
4.4 Pengujian Kontrol Sensor

Pengujian sistem kontrol dilakukan secara terpisah untuk setiap komponen sensor, meliputi pengujian sensor denyut jantung, kadar oksigen dalam darah, dan berat badan, serta pengujian sensor yang digunakan untuk mengukur tinggi badan.

4.4.1 Pengujian Kalibrasi Berat Badan

Proses pengujian dan kalibrasi alat pengukur berat badan dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh bagian dari sistem, termasuk sensor, rangkaian elektronik, dan tampilan output, dapat berfungsi secara maksimal sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Selain itu, pengujian ini juga bertujuan untuk mengukur tingkat ketepatan alat dalam mendeteksi dan menampilkan nilai berat badan, sehingga dapat menghasilkan data yang akurat.

Gambar di bawah ini adalah diagram blok yang menunjukkan alur proses pengujian pada alat ukur berat badan.

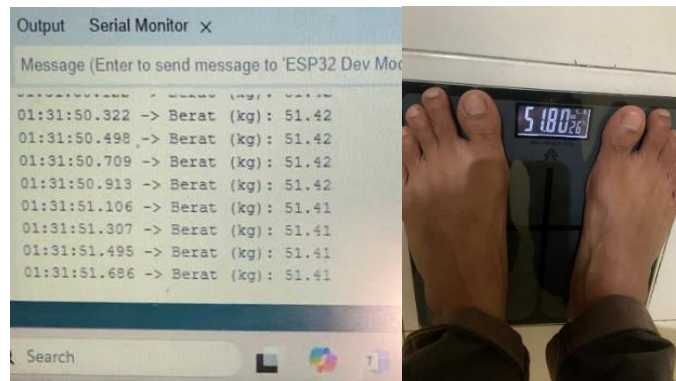


Gambar 4. 7 Diagram Blok Proses Kalibrasi Loadcell

Pengujian awal terhadap alat pengukur berat badan dilakukan melalui proses kalibrasi untuk memastikan akurasi hasil pengukuran. Kalibrasi ini dilaksanakan dengan membandingkan hasil pengukuran dari alat yang dirancang dengan hasil pengukuran dari alat ukur manual sebagai acuan.

Seluruh proses pengujian dilakukan menggunakan aplikasi Arduino IDE, di mana data hasil pengukuran ditampilkan melalui serial monitor. Dalam pelaksanaannya, subjek diminta untuk berdiri tepat di atas sensor pengukur berat badan. Data yang diperoleh kemudian dicatat dan dibandingkan dengan hasil dari alat ukur standar.

Gambar berikut menampilkan tahapan pengujian dan kalibrasi alat pengukur berat badan, yang dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran dari perangkat rancangan dengan alat ukur manual sebagai acuan.



Gambar 4. 8 Hasil Pengujian Loadcell

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan, dapat dihitung bahwa proses pengukuran berat badan secara manual dengan menggunakan alat yang dirancang menghasilkan nilai persentase kesalahan (*error*) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Persentase Error} &= \left| \frac{\text{Pengukuran} - \text{Nilai acuan}}{\text{Nilai acuan}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{51,80 - 51,42}{51,42} \right| \times 100\% = 0,73 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh persentase kesalahan sebesar 0,73% pada pengukuran berat badan. Nilai error ini diduga disebabkan oleh koneksi kabel sensor load cell yang belum disolder secara permanen, sehingga masih menimbulkan gangguan (*noise*) pada pembacaan data.

Meskipun demikian, nilai kesalahan tersebut masih berada dalam batas toleransi dan dianggap telah memenuhi standar pengukuran. Dengan demikian, alat pengukur berat badan yang telah dirancang dinyatakan berfungsi dengan baik dan layak digunakan sebagai perangkat pengukuran.

4.4.2 Pengujian Tinggi Badan

Pengujian terhadap alat ukur tinggi badan dilakukan guna memastikan bahwa seluruh komponen dalam sistem bekerja secara optimal dan sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Selain itu, pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa sensor dalam mengukur tinggi badan secara akurat dan andal.

Gambar di bawah ini memperlihatkan diagram blok dari proses pengujian alat ukur tinggi badan.



Gambar 4. 9 Diagram Blok Proses Kalibrasi HC-SR04

Pengujian awal terhadap alat pengukur tinggi badan dilakukan melalui proses kalibrasi untuk memastikan akurasi pengukuran. Proses kalibrasi ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari alat yang dikembangkan dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur manual sebagai acuan. Seluruh proses pengujian dan pengumpulan data dilakukan menggunakan platform pemrograman Arduino IDE yang terintegrasi dengan sistem pengukuran. Pengujian dilakukan dengan meminta pengguna untuk berdiri tepat di bawah sensor ultrasonik, sehingga nilai tinggi badan dapat terbaca dan ditampilkan melalui serial monitor. Hasil pengukuran ini kemudian dibandingkan dengan pengukuran manual sebagai acuan kalibrasi. Ilustrasi pengujian ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 4. 10 Hasil Pengujian Tinggi Badan.

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, dapat dihitung persentase kesalahan (error) antara hasil pengukuran berat badan menggunakan alat buatan dengan hasil pengukuran manual, seperti ditunjukkan pada perhitungan berikut.

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{\text{Pengukuran} - \text{Nilai acuan}}{\text{Nilai acuan}} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{161 - 161}{161} \right| \times 100\% = 0,0 \%$$

Berdasarkan hasil pengujian terhadap pengukuran berat badan, diperoleh nilai persentase kesalahan sebesar 0,00%. Hal ini menunjukkan bahwa alat telah bekerja dengan baik dan sesuai standar yang diharapkan. Dengan demikian, alat pengukur berat badan ini layak digunakan sebagai instrumen dalam proses pengukuran.

4.4.3 Pengujian Denyut Jantung dan Kadar Oksigen

Pengujian terhadap alat ukur denyut jantung dan kadar oksigen bertujuan untuk memverifikasi kinerja seluruh komponen sistem, memastikan bahwa alat beroperasi sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Selain itu, pengujian ini juga dimaksudkan untuk mengevaluasi tingkat akurasi sensor dalam mengukur nilai BPM (beats per minute) dan SpO₂ (saturasi oksigen dalam darah). Ilustrasi proses pengujian alat tersebut ditampilkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. 11 Hasil Pengujian Denyut Jantung dan Kadar Oksigen.

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan, hasil menunjukkan bahwa BPM mencapai 123 dan SpO₂ berada di angka 98%, dengan status "Tidak Normal". Meskipun kadar oksigen masih dalam batas normal, BPM tergolong tinggi dengan status tidak normal, kemungkinan disebabkan oleh pengukuran yang dilakukan dalam posisi berdiri atau tidak dalam keadaan istirahat. Oleh karena itu, disarankan agar pengukuran dilakukan dalam posisi duduk yang tenang untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Dapat dihitung bahwa pengukuran denyut jantung dan kadar oksigen menggunakan alat yang telah dirancang memiliki persentase kesalahan sebagai berikut.

$$\text{Persentase Error BPM} = \left| \frac{\text{Pengukuran} - \text{Nilai acuan}}{\text{Nilai acuan}} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{123 - 123}{123} \right| \times 100\% = 0,0 \text{ BPM}$$

$$\text{Persentase Error SpO}_2 = \left| \frac{\text{Pengukuran} - \text{Nilai acuan}}{\text{Nilai acuan}} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{98 - 99}{99} \right| \times 100\% = 1,01 \text{ SpO}_2 \%$$

Berdasarkan persentase kesalahan/error yang diperoleh dari pengujian pengukuran denyut jantung dan kadar oksigen ini, dapat disimpulkan bahwa alat pengukur denyut jantung dan kadar oksigen masih terdapat persentase error pada spO₂ 1.01% alat ini telah memenuhi standar dan berfungsi dengan baik. Oleh karena itu, alat pengukur denyut jantung, kadar oksigen ini dapat digunakan dalam pengukuran alat.

4.5 Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Setelah proses implementasi perangkat keras dan perangkat lunak selesai, tahap pengujian secara menyeluruh menjadi sangat penting untuk evaluasi tingkat akurasi dan presisi dari alat ukur yang telah dikembangkan.

Pengujian ini meliputi pengambilan data parameter fisiologis, yaitu denyut jantung, kadar oksigen dalam darah, tinggi badan, dan berat badan. Setiap pengujian dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing-masing responden, kemudian hasilnya dirata-ratakan guna memperoleh nilai pengukuran yang lebih representatif. Berikut adalah langkah-langkah yang harus diikuti untuk melakukan pengujian terhadap alat ukur:

1. Sambungkan stecker ke sumber.
2. Tekan push button untuk tare kan beban ketika ada noise.
3. Setelah perangkat diaktifkan dan kondisi load cell berada dalam keadaan tanpa

beban, setiap responden diminta untuk berdiri di atas platform yang telah disiapkan untuk melakukan proses pengukuran dengan menggunakan alat tersebut.

4. Setiap individu diminta untuk berdiri dengan tegak dan stabil di atas platform selama beberapa waktu agar proses pengukuran denyut jantung, kadar oksigen dalam darah, tinggi badan, dan berat badan dapat dilakukan secara optimal.

5. Untuk melakukan pengukuran denyut jantung cukup tempelkan jari pada sensor max30100 pada box elektrik.

6. Pada saat melakukan pengukuran denyut jantung, kadar oksigen dan tinggi badan, berat badan akan ditampilkan pada layar OLED dan Web lalu data akan disimpan di realtime database.

7. tekan push button tare untuk reset beban dan untuk pengulangan pengukuran.

Setelah proses pencatatan data selesai dilakukan dengan alat yang telah dirancang, setiap peserta selanjutnya akan diukur menggunakan instrumen perbandingan. Tujuan dari langkah ini adalah untuk menganalisis dan mengevaluasi tingkat akurasi sistem yang telah dikembangkan.

Penting untuk dipahami bahwa tingkat ketepatan hasil pengukuran memiliki kecenderungan berkebalikan dengan besarnya kesalahan yang terjadi. Dengan dasar pemahaman ini, proses penghitungan dilakukan menggunakan beberapa formula yang akan dibahas pada bagian selanjutnya."

a. Rata-rata (Mean)

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Keterangan:

- $\bar{x}$ adalah nilai rata-rata dari hasil pengukuran alat.
- $\sum x_i$ adalah jumlah seluruh data hasil pengukuran.
- n adalah banyaknya data atau jumlah pengukuran yang dilakukan.

b. Nilai Kekeliruan (Error)

Nilai kesalahan digunakan untuk mengetahui selisih antara hasil pengukuran alat dengan nilai acuan. Rumus perhitungannya adalah

$$Error = \bar{x} - AV$$

Keterangan :

- $\bar{x}$ adalah nilai rata-rata dari hasil pengukuran menggunakan alat yang diuji.
- AV (Accepted Value) adalah nilai acuan yang diperoleh dari alat ukur standar atau komersial.

c. Persentase Kesalahan (%Error)

$$\% Error = \frac{Error}{Av} \times 100\%$$

Keterangan:

- Error adalah selisih antara hasil pengukuran alat dengan nilai dari alat acuan.
- AV (Accepted Value) adalah nilai acuan yang diperoleh dari alat ukur standar atau komersial.

d. Persentase Akurasi

$$\% Akurasi = 100\% - \% Kesalahan$$

Keterangan:

Persentase kesalahan (% Kesalahan) menunjukkan besarnya penyimpangan antara hasil pengukuran alat yang diuji dengan nilai acuan atau standar pembanding, yang dalam penelitian ini diperoleh dari alat komersial. Nilai ini mencerminkan sejauh mana hasil pengukuran menyimpang dari nilai yang dianggap benar.

4.5.1 Pengujian Pengukuran Alat Keseluruhan Denyut Jantung, Kadar Oksigen dan Tinggi Badan Serta Berat Badan

Pengujian dilakukan terhadap sepuluh responden yang berbeda untuk menilai tingkat akurasi alat pengukur denyut jantung, kadar oksigen, tinggi badan, dan berat badan yang telah dirancang. Setiap individu diukur sebanyak tiga kali untuk memastikan konsistensi hasil pengukuran. Setiap sesi pengukuran diberi kode sebagai P1 (Pengukuran 1), P2 (Pengukuran 2), dan P3 (Pengukuran 3). Hasil pengukuran dari alat ini kemudian dibandingkan dengan alat komersial yang digunakan sebagai standar pembanding.

Pengukuran dilakukan dalam keadaan tenang berdiri, tanpa adanya aktivitas berat sebelum pengambilan data. Nilai denyut jantung dicatat dalam satuan BPM (Beats Per Minute), kadar oksigen dalam darah dicatat dalam satuan persen (% SpO₂), serta ditampilkan apakah berada dalam kondisi normal atau tidak. Tinggi badan dicatat dalam sentimeter (cm), dan berat badan dalam kilogram (kg). Sebelum dilakukan pengambilan data, seluruh responden telah memberikan persetujuan (informed consent) terkait partisipasi mereka dalam pengujian ini, termasuk persetujuan atas penggunaan dan perlindungan data pribadi yang dikumpulkan selama proses pengujian. Berikut ini adalah dokumentasi yang diambil selama proses pengukuran denyut jantung, kadar oksigen, tinggi badan, dan berat badan berlangsung.



Gambar 4. 12 Pengujian Keseluruhan Alat Ukur

Tabel berikut menyajikan hasil pengujian denyut jantung, kadar oksigen dan tinggi badan serta pengukuran berat badan dengan menggunakan alat yang telah dirancang, yang selanjutnya dibandingkan dengan hasil dari alat ukur standar sebagai referensi.

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Keseluruhan Alat

No	Nama Responden	Parameter	Percobaan			Rata-rata	Nilai Acuan	% Error	% Akurasi
			1	2	3				
1	Gs	Denyut Jantung (bpm)	123	128	119	123.33 bpm	123 bpm	0.27%	99.73%

		SpO ₂ (%)	98	99	98	98.33 sp02	99 sp02	0.67%	99.33%
		Tinggi (cm)	163	163	163	163.0 cm	163 cm	0.00%	100%
		Berat (kg)	60.5	60.2	60.8	60.50 kg	60 kg	0.83%	99.17%
2	Az	Denyut Jantung (bpm)	111	110	114	111.67 bpm	116 bpm	3.74%	96.26%
		SpO ₂ (%)	96	96	96	96.00 sp02	97 sp02	1.03%	98.97%
		Tinggi (cm)	167	167	167	167.0 cm	168 cm	0.60%	99.40%
		Berat (kg)	50.9	50.8	51.1	50.93 kg	51 kg	0.13%	99.87%
3	Al	Denyut Jantung (bpm)	87	85	86	86.00 bpm	87 bpm	1.15%	98.85%
		SpO ₂ (%)	99	99	98	98.67 sp02	99 sp02	0.33%	99.67%
		Tinggi (cm)	155	155	154	154.67 cm	155 cm	0.21%	99.67%
		Berat (kg)	59.9	60.1	59.8	59.93 cm	59 kg	1.58%	98.42%
4	so	Denyut Jantung (bpm)	110	110	105	108.33 bpm	106 bpm	2.20%	97.80%
		SpO ₂ (%)	98	97	97	97.00 sp02	97 sp02	0.34%	99.66%
		Tinggi (cm)	162	162	161	161.67 cm	161 cm	0.42%	99.58%
		Berat (kg)	62.8	62.8	63.7	63.10 kg	63 kg	0.16%	99.84%
5	In	Denyut Jantung (bpm)	110	112	117	113.00 bpm	112 bpm	0.89%	99.11%
		SpO ₂ (%)	95	95	95	95.0 sp02	94 sp02	1.06%	98.94%
		Tinggi (cm)	154	155	155	154.67 cm	155 cm	0.21%	99.79%
		Berat (kg)	60.8	60.2	60.5	60.50 kg	60k kg	0.83%	99.17%
6	Aw	Denyut Jantung (bpm)	88	89	102	93.00 Bpm	104 Bpm	10.58%	89.42%
		SpO ₂ (%)	98	95	95	96.00 Sp02	95 Sp02	1.05%	98.95%
		Tinggi (cm)	176	175	176	175.67 cm	176 cm	0.19%	99.81%
		Berat (kg)	69.9	69.5	70.3	69.90 kg	70 kg	0.14%	99.86%
7	Fz	Denyut Jantung (bpm)	105	108	110	107.67Bpm	113bpm	4.72%	95.28%
		SpO ₂ (%)	99	98	99	98.67Sp02	99 Sp02	0.33%	99.67%
		Tinggi (cm)	176	175	175	175.33cm	175 cm	0.19%	99.81%
		Berat (kg)	62.5	62.1	62.0	62.20kg	62 kg	0.32%	99.68%
8	Fp	Denyut Jantung (bpm)	125	117	115	119.0Bpm	119 Bpm	0,00%	100.0%
		SpO ₂ (%)	99	99	98	98.67Sp02	99 Sp02	0.33%	99.67%
		Tinggi (cm)	165	165	165	165.00cm	165 cm	0.00%	100.0%
		Berat (kg)	69.8	70.2	70.6	70.20kg	70 kg	0.29%	99.71%
9	Bm	Denyut Jantung (bpm)	123	120	119	120.67Bpm	117 Bpm	3.14%	96.86%
		SpO ₂ (%)	97	97	98	97.33Sp02	99 Sp02	1.69%	98.92%
		Tinggi (cm)	168	168	168	168.0cm	168 cm	0.00%	100.0%

		Berat (kg)	62.8	62.4	62.8	62.67kg	62 kg	1.08%	98.92%
10	DI	Denyut Jantung (bpm)	99	100	110	103.08Bpm	108 Bpm	4.63%	95.37%
		SpO ₂ (%)	99	99	98	98.67Bpm	98 SpO ₂	0.68%	99.32%
		Tinggi (cm)	171	170	170	170.33cm	170 cm	0.19%	99.81%
		Berat (kg)	65.5	65.1	65.0	65.20Kg	65 kg	0.31%	99.69%
Rata-Rata								1.17%	98.83%

Setelah proses pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat yang telah dirancang serta alat ukur standar sebagai referensi, langkah berikutnya adalah menganalisis hasil yang diperoleh. Analisis ini bertujuan untuk menghitung tingkat keakuratan dan tingkat kesalahan (error) dari alat yang telah dikembangkan. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus persentase error dan persentase akurasi. Untuk memperjelas proses perhitungan tersebut, disajikan juga contoh penerapannya pada dua subjek pengukuran yang berbeda.

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{\text{Pengukuran} - \text{Nilai acuan}}{\text{Nilai acuan}} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ Akurasi} = 100\% - \% \text{ Kesalahan}$$

- Perhitungan bpm pada responden 1

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{123 \text{ bpm} - 123 \text{ bpm}}{123 \text{ bpm}} \right| \times 100\% = 0\%$$

$$\% \text{ Akurasi} = 100\% - 0\% \text{ Error} = 100\%$$

- Perhitungan spO₂ pada responden 1

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{98.33 \text{ spO}_2 - 99 \text{ spO}_2}{99 \text{ spO}_2} \right| \times 100\% = 0.67\%$$

$$\% \text{ Akurasi} = 100\% - 0.67\% \text{ Error} = 99,33\%$$

- Perhitungan tinggi badan pada responden 1

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{163 \text{ cm} - 163 \text{ cm}}{163 \text{ cm}} \right| \times 100\% = 0.0\%$$

$$\% \text{ Akurasi} = 100\% - 0.00\% \text{ Error} = 100\%$$

- Perhitungan berat badan pada responden 1

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{60.50 \text{ kg} - 60 \text{ kg}}{60 \text{ kg}} \right| \times 100\% = 0.83\%$$

$$\% \text{ Akurasi} = 100\% - 0.83\% \text{ Error} = 99,17\%$$

- Perhitungan bpm pada responden 2

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{111.67\text{bpm} - 116\text{bpm}}{116\text{bpm}} \right| \times 100\% = 3.73\%$$

$$\% \text{ Akurasi} = 100\% - 3.73\% \text{ Error} = 96.27\%$$

- Perhitungan spO2 pada responden 2

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{96 \text{ spO}_2 - 97 \text{ spO}_2}{97 \text{ spO}_2} \right| \times 100\% = 1.04\%$$

$$\% \text{ Akurasi} = 100\% - 1.04\% \text{ Error} = 98.96\%$$

- Perhitungan tinggi badan pada responden 2

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{167\text{cm} - 168\text{cm}}{168\text{cm}} \right| \times 100\% = 0.60\%$$

$$\% \text{ Akurasi} = 100\% - 0.60\% \text{ Error} = 99.4\%$$

- Perhitungan berat badan pada responden 2

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{50.93\text{kg} - 51\text{kg}}{51\text{kg}} \right| \times 100\% = 0.13\%$$

$$\% \text{ Akurasi} = 100\% - 0.13\% \text{ Error} = 99.87\%$$

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada pasien 1 dan 2, diperoleh bahwa denyut jantung, kadar oksigen dan pengukuran tinggi badan serta berat badan menggunakan alat yang dirancang menunjukkan tingkat akurasi sebesar 99,31% jika dibandingkan dengan pengukuran menggunakan alat ukur standar.

Adapun nilai kesalahan (error) yang tercatat adalah sebesar 0,83%.

Nilai akurasi dan kesalahan tersebut menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan memiliki kinerja yang cukup baik dan layak digunakan untuk melakukan pengukuran tinggi badan. Perbandingan antara hasil pengukuran alat ini dengan alat ukur acuan disajikan pada grafik berikut.



Gambar 4. 13 Grafik Hasil Pengukuran Keseluruhan Alat dan Alat Ukur Acuan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pelaksanaan proyek akhir dan pengujian, alat “Rancang Bangun Alat Pengukur Denyut Jantung, Kadar Oksigen dalam Darah, Tinggi Badan, dan Berat Badan Berbasis IoT” berhasil berfungsi sesuai tujuan. Sensor MAX30100, HC-SR04, dan Load Cell dengan HX711 mampu mengukur denyut jantung, kadar oksigen, tinggi badan, dan berat badan secara akurat dan stabil. Hasil pengukuran ditampilkan melalui OLED dan dikirim secara real-time ke Firebase, lalu disajikan dalam antarmuka web yang informatif dan mudah digunakan. Validasi alat menunjukkan akurasi rata-rata 98,83% dengan tingkat kesalahan 1,17%. Dengan demikian, proyek ini berhasil menjawab rumusan masalah, yaitu: (1) bagaimana merancang dan mengembangkan alat yang dapat mengukur denyut jantung (BPM), kadar oksigen dalam darah (SpO_2), tinggi badan, dan berat badan secara terintegrasi; (2) bagaimana sistem dapat mengirimkan dan menampilkan data hasil pengukuran secara real-time melalui platform web berbasis IoT serta menyimpannya di Firebase; dan (3) apakah sistem yang dikembangkan mampu bekerja secara akurat dan stabil dalam kondisi penggunaan nyata.

5.2 Saran

1. Untuk meningkatkan akurasi lebih lanjut, disarankan untuk melakukan kalibrasi ulang sensor secara berkala, terutama untuk Load Cell.
2. Perlu penambahan fitur penyimpanan data secara lokal maupun cloud agar riwayat data pengguna dapat dilacak dalam jangka waktu tertentu.
3. Pengembangan selanjutnya dapat mencakup integrasi sensor tambahan, seperti suhu tubuh atau tekanan darah, untuk membuat alat lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul Haris Kuspranoto dkk, “MONITORING DETAK JANTUNG DAN KADAR OKSIGEN BERBASIS ANDROID”, Teknik Elektromedik Polbitrada 2022
- [2] Sofiana Wanti, “ Perancangan dan Realisasi Alat Pengukur Berat dan Tinggi Badan Manusia dengan Keluaran Suara Berbasis Mikrokontroler AVR Atmega 8535,” Open Library Telkom University, 2010.
- [3] A. A. Sofyan, P. Puspitorini, and D. Baehaki, “Sistem Keamanan Pengendali Pintu Otomatis Berbasis Radio Frequency Identification (RFID) Dengan Arduino Uno R3,” J. Sisfotek Glob., vol. 7, no. 1, pp. 35–41, 2017.
- [4] Muhammad Rifqie Noor Fadillah dkk, “ Rancang Bangun Alat Pengukur Tinggi Badan Dan Berat Badan Otomatis Dengan Sensor Ultrasonic Berbasis Internet Of Things (Iot)” , Universitas Telkom Bandung, Indonesia
- [5] Kadir, Abdul. (2014). *Buku Pintar Pemrograman Arduino Tutorial Mudah dan Praktis Membuat Perangkat Elektronik Berbasis Arduino*. Jakarta : PT BUKUSERU
- [6] Fadli (2013). Rancang Bangun Alat Ukur Tinggi dan Berat Badan Berbasis Mikrokontroler (Hardware). Tugas Akhir. Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [7] Thomas, Johan K.W, dan Henhy (2015). Sistem Pengukur Berat dan Tinggi Badan Menggunakan Mikrokontroler AT89S51. Jurnal Tesla.
- [8] Fajar Suryani, Nurchim, dan Ian Putra Prasetya, “Perancangan IoT-Based Sport Health Assistant untuk Monitoring Kesehatan Saat Berolahraga,” *Jurnal Sains, Nalar, dan Aplikasi Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 2, hlm. 190–199, 2025. ISSN: 2807-5935.
- [9] Hermansyah, A., R. Hardiyanti, dan A. P. P. Prasetyo “Sistem Perekam Detak Jantung Berbasis Internet Of Things (IoT) dengan Menggunakan

- Pulse Heart Rate Sensor,” JTEV Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional, vol. 8, no. 2, 2022.
- [10] T. K. Mishra and P. K. Rath. (2011). “Pivotal role of heart rate in health and disease”. Journal Indian Acad, Clin. Med., vol. 12, no. 4, pp. 297–302.
- [11] A. , Mr. (12 Januari 2020). [Online]. Diakses pada tanggal : 25 April 2020 dari Diakses pada 10 Mei 2020 dari <https://how2electronics.com/max30100-pulse-oximeter-with-esp8266/>
- [12] .P. K. RI, "Bagaimana Cara Mengukur Indeks Massa Tubuh (IMT) / Berat Badan Normal?," Kemenkes RI, 1 Juli 2021. [Online]. Available: <https://p2ptm.53.kemkes.go.id/infographic-p2ptm/obesitas/bagaimana-cara-mengukur-indeks-massa-tubuh-imt-berat-badan-normal>.
- [13] Rancang Bangun Alat Ukur Berat Badan Dan Tinggi Badan Berbasis Arduino Gian Akmal¹ , Muhammad Yusro² , dan Pitoyo Yuliatmojo³ ^{1,2,3} Pendidikan Teknik Elektronika, Universitas Negeri Jakarta
- [14] Wahyudi, Y., Apriansyah, I., & Ramadhan, A. (2023). *Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell pada Alat Penyortir Buah Otomatis terhadap Timbangan Manual*. **Jurnal Elkomika**, 11(1), 12–18. <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/elkomika/article/view/1473>
- [15] Mahardi, R., M. Et.al. 2024. Desain Perancangan *Buck Converter* Berbasis IS LM2596. Jurnal Sains dan Ilmu Terapan, Vol. 7no.2.
- [16] Wagyana, A., & Rahmat. 2019. Prototype Modul Praktik Untuk Pengembangan Aplikasi Internet Of Things (Iot). Jurnal Ilmiah Setrum, 240-241.
- [17] Adrian, M. A., M. R. Widiarto and R. S. Kusumadiarti, “Health Monitoring System dengan Indikator Suhu Tubuh, Detak Jantung dan Saturasi Oksigen Berbasis Internet of Things (IoT),” Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi, vol. 7, no. 2, 2021.

- [18] .K. G. Suastika, M. Nawir, and P. Yunus, "Sensor Ultrasoniik Sebagai Alat Pengukur Kecepatan Aliran Udara Dalam Pipa", Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, August. 2014.
- [19] .American College Sport of Medicine, "Biar Selalu Sehat, Ini Komposisi Lemak yang Baik untuk Tubuh," Halodoc, 24 Juli 2018. [Online]. Available: <https://www.halodoc.com/artikel/biar-selalu-sehat-ini-komposisi-lemak-yang-baik-untuk-tubuh>.
- [20] Dirman Nurlette, Toni Kusuma Wijaya, "Perancangan Alat Pengukur Tinggi Dan Berat Badan Berbasis Arduino", Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam
- [21] Gayuh Wahyu Nugroho dan Rusdhianto Effendi, Rancang Bangun Sistem Pengukuran Luas Permukaan Kulit Menggunakan Konveyor dan Sensor Optik Berbasis Arduino, Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- [22] K. Abdurrohman, M. I. Farid, dan Bijanto, "Monitoring Data untuk Sistem Stasiun Cuaca Berbasis IoT Menggunakan Firebase," *Jurnal EDU Elektromatika (JEE)*, vol. 4, no. 2, hlm. –, Desember 2023. ISSN: 3024-9503.
- [23] Y. Efendi, "Internet of Things (IOT) Sistem Pengendali Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *Jurnal Ilmiah Komputer*, vol.4, no 1, 2018, [Online]. Available: <http://ejournal.fikom-unasman.ac.id>

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama : Galang Samudra
Tempat, Tanggal ,Lahir : Mentok, 20 – Maret - 2004
Alamat : Lp.Golf, Kelurahan Sungaibaru, Muntok, Kabupaten Bangka Barat, Provinsi Bangka Belitung
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Agama : Islam
Sosial Media : Ig: galangsmadra
Alamat Gmail : galangmentok2019@gmail.com



2 Riwayat Pendidikan

SD : SD 22 Negeri Muntok
SMP : SMP 3 Negeri Muntok
SMK : SMK 1 Bina Karya Muntok

3 Riwayat Magang

Nama Perusahaan : PT.Gunung Sawit Bina Lestari
PT.Vertech Perdana

1. Data Pribadi

Nama : M.Fauzul Azhim
Tempat, Tanggal
,Lahir : Sungailiat, 31 – Januari - 2003
Alamat : Jl, Raya Kenanga Kel.Kenanga
NO.199,RT.08/RW.0, Kenanga
Sungailiat



Jenis Kelamin : Laki – Laki
Agama : Islam
Sosial Media : Ig: m.fauzul.azhim
Alamat Gmail : fauzulazhim182@gmail.com

2 Riwayat Pendidikan

SD : SD Negeri 16 Sungailiat
SMP : SMK 4 NEGERI Sungailiat
SMK : SMK 1 Negeri Sungailiat

3 Riwayat Magang

Nama Perusahaan : Radio Republik Indonesia Sungailiat
PT.Vertech Perdana