



SISTEM MONITORING KINERJA JANTUNG UNTUK MENCEGAH SERANGAN JANTUNG

Tugas Akhir

**Oleh:
MUTIARA NURUL FATIHA (3232211051)**

**Program Studi Teknik Instrumentasi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2026**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : "*Sistem Monitoring Kinerja Jantung untuk Mencegah Serangan Jantung*" adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan** , dan **bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri**. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulissecara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 10 Januari 2026

A handwritten signature in black ink is positioned to the left of a rectangular Indonesian postage stamp. The stamp is yellow and orange, featuring the Garuda Pancasila emblem and the text '3000', 'METERAI TEMPEL', and the serial number '1A0X122018138'.

Mutiara Nurul Fatiha
NIM: 3232211051

Lembar Pengesahan

**Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Ahli Madya Teknik (AMd.T.)
di
Politeknik Negeri Batam**

**Oleh:
Mutlara Nurul Fatiha (3232211051)**

Tanggal Sidang: 22 Januari, 2026

Disetujui oleh:

1. Penguji I



**Adrian Budi Kusuma Atmaja, S.Tr, M.T
NIK: 214172**

1. Pembimbing I



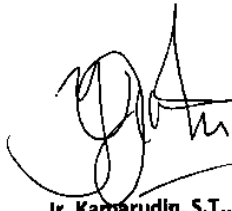
**Eka Mutia Lubis, S.Pd., M.Pd
NIK: 117186**

2. Penguji II



**Mu'thiana Gusnam, S.Kom, M.T
NIK: 123293**

2. Pembimbing II



**Ir. Kamarudin, S.T., M.T., IPM
NIK: 110071**

Sistem Monitoring Kinerja Jantung untuk Mencegah Serangan Jantung

Abstrak

Penyakit kardiovaskular, termasuk serangan jantung, merupakan penyebab utama kematian di dunia sehingga diperlukan sistem monitoring yang mampu mendeteksi kondisi jantung secara real-time dan praktis di luar lingkungan klinis. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan perangkat berbasis sensor MAX30102 yang dapat mengukur detak jantung (BPM) dan saturasi oksigen (SpO₂) menggunakan prinsip photoplethysmography (PPG). Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pengendali utama sekaligus penghubung data ke Firebase Realtime Database melalui koneksi Wi-Fi. Data hasil pengukuran ditampilkan pada layar OLED dan dapat dipantau melalui aplikasi Android yang dilengkapi fitur notifikasi dini ketika nilai BPM berada di luar ambang batas normal. Sistem ini diuji dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap smartwatch sebagai alat pembanding dengan hasil pengujian pada beberapa subjek, diperoleh rata-rata presentase eror untuk pengukuran jantung (BPM) sebesar 4,2% dan untuk pengukuran kadar oksigen sebesar 1,15% dan data rata-rata ini didapatkan dari menjumlahkan rata-rata kelima subjek dibagi dengan jumlah total subjek pengujian. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan data BPM dan SpO₂ secara real-time dengan tingkat kestabilan yang cukup baik untuk monitoring awal, dan masih diperlukan kalibrasi lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi agar mendekati standar perangkat komersial. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi monitoring jantung yang portabel, murah, dan mendukung upaya pencegahan serangan jantung.

Kata kunci: MAX30102, ESP32, BPM, SpO₂, Monitoring jantung, IoT.

Heart Rate Monitoring System for Heart Attack Prevention

Abstract

Cardiovascular diseases, including heart attacks, are the leading cause of death worldwide, highlighting the need for monitoring systems capable of detecting heart conditions in a real-time and practical manner outside clinical environments. This research designs and implements a monitoring device based on the MAX30102 sensor to measure heart rate (BPM) and blood oxygen saturation (SpO₂) using the photoplethysmography (PPG) principle. The ESP32 microcontroller is utilized as the main controller and as a data communication interface to the Firebase Realtime Database via a Wi-Fi connection. Measurement data are displayed on an OLED screen and can be monitored through an Android application equipped with an early warning notification feature when BPM values exceed normal threshold limits. The system was evaluated by comparing its measurement results with a smartwatch as a reference device. The experimental results show that the average percentage error for heart rate (BPM) measurement is 4.2%, while the average percentage error for blood oxygen saturation measurement is 1.15%. These average values were obtained by summing the average results of the five subjects and dividing them by the total number of test subjects. These results indicate that the system is capable of displaying BPM and SpO₂ data in real time with sufficient stability for preliminary monitoring purposes; however, further calibration is still required to improve accuracy and approach commercial device standards. This research is expected to provide a portable, low-cost heart monitoring solution that supports early prevention of heart attacks.

Keywords: MAX30102, ESP32, BPM, SpO₂, Heart Monitoring, IoT.

Kata Pengantar

Alhamdulillah, Puji dan Syukur penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala yang hanya kepada-Nya memohon pertolongan. Atas segala pertolongan, rahmat, dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Sistem Monitoring Kinerja Jantung untuk Mencegah Serangan Jantung". Shalawat dan salam kepada Rasulullah Shallallahu Alaihi Wassalam yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan terbaik untuk umat manusia.

Penulis menyadari bahwa selesainya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya serta mendoakan semoga Allah Subhanahu Wata'ala membalas segala kebaikan mereka dengan pahala yang berlipat. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Ir. Bambang Hendrawan, ST., MSM., CIPMP. Selaku Direktur Politeknik Negeri Batam.
2. Bapak Dr. Ir. Indra Hardian Mulyadi, M.Eng., IPM. Selaku Ketua Jurusan Elektro Politeknik Negeri Batam.
3. Bapak Muhammad Jaka Wimbang Wicaksono, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Instrumentasi.
4. Ibu Eka Mutia Lubis, S.Pd., M.Pd., selaku Pembimbing Tugas Akhir
5. Bapak Kamarudin, S.T., M.T., IPM., selaku Pembimbing Tugas Akhir.
6. Dosen-dosen Prodi Instrumentasi Politeknik Negeri Batam.
7. Orang tuaku yang tercinta, Bapak Musno Hardi dan Ibu Hasneri, dan kakak, adik serta pasangan yang selama ini membimbing serta memberikan semangat belajar.

Terimakasih juga penulis haturkan untuk semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Akhir kata, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang terdapat di dalamnya. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan menjadi referensi bagi pengembangan penelitian di masa mendatang. Segala kebenaran datang dari Allah Subhanahu Wata'ala, dan segala kekurangan berasal dari diri penulis. Semoga Allah Subhanahu Wata'ala senantiasa melimpahkan rahmat dan ridho-Nya kepada kita semua.

Batam, 10 Januari 2026

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Mutiara Nurul Fatiha', with a stylized, cursive script.

Mutiara Nurul Fatiha

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Abstrak	iii
Abstract	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	x
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan.....	2
Bab 2. Tinjauan Pustaka	3
2.1. Landasan Teori.....	3
2.2. Penelitian Terdahulu	4
2.3. Teknologi yang digunakan	5
2.3.1. Teknologi Hardware	5
2.3.1.1. Sensor MAX30102	5
2.3.1.2. ESP32	5
2.3.1.3. Baterai Lippo 3.7volt	6
2.3.1.4. Modul Charger TP4056	6
2.3.1.5. Display Oled Blue	7
2.3.2. Teknologi Software	7
2.3.2.1. Android Studio	7
2.3.2.2. Firebase Console	7

2.3.2.3. Autodesk Inventor Professional	8
2.3.2.4. KiCad	8
2.3.2.5. EasyEDA	8
Bab 3. Metode Pelaksanaan	8
3.1. Teknik dan Pelaksanaan	8
3.1.1. Perancangan	8
3.1.1.1. Perancangan Desain Elektrikal.....	9
3.1.1.2. Perancangan Desain Mekanikal	10
3.1.1.3. Perancangan Program Mikrokontroler.....	11
3.1.1.4. Pembuatan Aplikasi.....	12
3.1.1.5. Perancangan Desain PCB.....	14
3.2. Alat dan Bahan.....	15
3.3. Pengujian	16
3.3.1. Pengujian Sensor.....	16
3.3.2. Pengujian Internet Of Things	17
3.3.3. Pengujian Display Oled Blue.....	18
3.3.4. Cara Mendapatkan % eror	18
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	18
4.1. Data Hasil Pengujian	18
4.1.1. Perancangan Sensor MAX30102	18
4.1.2. Pengujian Komunikasi WiFi ESP32	20
4.2. Pembahasan	21
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	23
5.1. Kesimpulan	23
5.2. Saran	23
Daftar Pustaka	23
Biodata	27
Lampiran.....	28

Daftar Gambar

Gambar 1. Sensor MAX30102	5
Gambar 2. ESP32	6
Gambar 3. Baterai Lippo 3.7volt	6
Gambar 4. Modul Charger TP4056.....	6
Gambar 5. Display Oled Blue	7
Gambar 6. Flowchart Pengerjaan Proyek.....	9
Gambar 7. 2D Desain Elektrikal.....	10
Gambar 8. 3D Desain Elektrikal.....	10
Gambar 9. <i>Desain Mekanikal</i>	11
Gambar 10. Program ESP32	11
Gambar 11. Use Case Program	12
Gambar 12. Tampilan Aplikasi	13
Gambar 13. Use Case Aplikasi.....	14
Gambar 14. 2D Desain PCB	14
Gambar 15. 3D Desain PCB	15
Gambar 16. Denah Area Lokasi Pengujian	20

Daftar Tabel

Tabel 1. Perbandingan Sistem yang sudah ada dengan sistem yang diajukan.....	4
Tabel 2. Alat dan Bahan.....	15
Tabel 3. Hasil Pengujian Data BPM Sensor MAX30102	18
Tabel 4. Hasil Pengujian Data SpO2 Sensor MAX30102.....	19
Tabel 5. Hasil Pengujian terhadap pasien yang memiliki riwayat hipertensi	19
Tabel 6. Hasil Pengujian terhadap pasien normal.....	20
Tabel 7. Hasil Pengujian Komunikasi Via WiFi di tempat terbuka	21
Tabel 8. Hasil Pengujian Komunikasi Via WiFi di tempat tertutup	21

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Landasan Teori

Jantung merupakan organ vital yang berfungsi sebagai pemompa darah utama untuk memenuhi kebutuhan oksigen dan nutrisi seluruh tubuh. Gangguan kecil pada kinerja jantung dapat menimbulkan dampak serius terhadap kesehatan dan aktivitas sehari-hari seseorang [1]. Secara global, penyakit kardiovaskular, termasuk serangan jantung, masih menjadi penyebab kematian tertinggi di dunia [2]. Kondisi ini menegaskan pentingnya upaya pencegahan serta deteksi dini terhadap penurunan fungsi jantung.

Salah satu parameter utama untuk mengetahui kondisi jantung adalah laju detak jantung (*heart rate*) yang diukur dalam satuan *beats* per menit (bpm). Pada orang dewasa, detak jantung normal saat istirahat berada pada kisaran 60–100 bpm [3]. Namun, detak jantung dapat meningkat selama aktivitas fisik, stres, atau kondisi tertentu. Apabila detak jantung terus berada di atas batas aman, kondisi tersebut dapat memicu gangguan irama jantung (aritmia) yang berpotensi menyebabkan serangan jantung mendadak.

Pemantauan detak jantung secara *real time* sangat penting terutama bagi individu yang aktif melakukan kegiatan fisik atau memiliki riwayat penyakit jantung. Namun, metode pemantauan kinerja jantung yang umum digunakan, seperti Elektrokardiogram (ECG), masih memiliki keterbatasan karena bersifat klinis, tidak portabel, memerlukan tenaga ahli, dan biayanya relatif tinggi [4]. Kondisi ini membuat masyarakat sulit melakukan pemantauan jantung secara mandiri dan berkelanjutan di luar fasilitas kesehatan.

Melihat permasalahan tersebut, diperlukan sebuah solusi teknologi yang bersifat portabel, akurat, dan mampu melakukan pemantauan secara kontinu. Sistem monitoring jantung berbasis mikrokontroler dengan sensor optik seperti MAX30102 dapat menjadi alternatif yang efektif karena mampu mengukur detak jantung secara non invasif dan *real time*. Selain itu, integrasi dengan internet melalui mikrokontroler ESP32 memungkinkan data dikirim ke cloud untuk disimpan, dianalisis, dan ditampilkan melalui aplikasi mobile.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji “*Sistem Monitoring Kinerja Jantung untuk Mencegah Serangan Jantung*” yang mampu memberikan hasil pengukuran secara real-time, mendeteksi kondisi abnormal berdasarkan ambang batas detak jantung, serta memberikan notifikasi dini kepada pengguna.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana implementasi dan kinerja sensor MAX30102 dalam memonitoring detak jantung secara efektif sebagai upaya deteksi dini terhadap gejala serangan jantung?

2. Bagaimana proses integrasi sistem monitoring kinerja jantung dengan aplikasi mobile Android dan cloud Firebase untuk memungkinkan pemantauan real-time oleh pengguna?

1.3. Tujuan

Beberapa tujuan dari pengerjaan proyek ini ialah sebagai berikut :

1. Merancang dan mengimplementasikan perangkat keras monitoring kinerja jantung berbasis sensor MAX30102 yang dapat menampilkan hasil pengukuran melalui LCD.
2. Mengembangkan sistem terintegrasi dengan memanfaatkan modul Wi-Fi pada ESP32 untuk mengirimkan data detak jantung secara real-time ke cloud Firebase serta menghadirkan aplikasi mobile Android sebagai antarmuka pengguna.
3. Merancang sistem notifikasi dini berdasarkan ambang batas detak jantung untuk upaya deteksi awal berpotensi mengarah pada serangan jantung.
4. Menguji tingkat akurasi sensor MAX30102 dengan membandingkan hasil pengukurannya terhadap alat standar serta menguji fungsionalitas notifikasi dini berdasarkan ambang batas detak jantung.

1.4. Manfaat

Adapun manfaat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kemudahan bagi pengguna dalam memantau kondisi jantung secara real-time tanpa harus menggunakan perangkat medis profesional di fasilitas kesehatan.
2. Menjadi alat bantu deteksi dini yang dapat mendukung tenaga medis dalam melakukan pemantauan awal terhadap potensi gejala serangan jantung.
3. Menjadi referensi dan dasar pengembangan penelitian selanjutnya, terutama dalam peningkatan akurasi dan efisiensi sistem monitoring.
4. Meningkatkan kesadaran pengguna terhadap kondisi jantungnya sehingga dapat mengambil tindakan pencegahan dengan cepat apabila terdeteksi kondisi di luar batas normal.

1.5. Batasan

1. Sistem komunikasi data menggunakan koneksi Wi-Fi melalui mikrokontroler ESP32 dan Firebase sebagai platform cloud database.
2. Aplikasi Android hanya digunakan untuk menampilkan data detak jantung dan notifikasi peringatan, tanpa fitur analisis lanjutan atau integrasi langsung dengan sistem rumah sakit.
3. Perangkat menggunakan baterai lithium isi ulang dengan durasi operasional bergantung pada kapasitas baterai.
4. Pengiriman data secara real-time bergantung pada kestabilan jaringan Wi-Fi atau hotspot, apabila koneksi tidak stabil, proses pengiriman data dapat terhambat.

5. Penentuan indikasi awal risiko serangan jantung pada sistem ini hanya didasarkan pada batas ambang detak jantung normal berdasarkan kategori usia, tanpa mempertimbangkan kondisi fisiologis atau aktivitas khusus pengguna seperti saat tidur, atlet, tingkat kebugaran, stres, maupun faktor klinis lain yang dapat memengaruhi variasi detak jantung.
6. Pengujian sistem dilakukan pada subjek dengan kondisi normal dan subjek dengan riwayat hipertensi, sehingga hasil pengujian belum dapat mewakili seluruh kondisi klinis pasien serangan jantung dan masih memerlukan pengujian lanjutan dengan variasi subjek yang lebih luas.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Landasan Teori

Alat monitoring detak jantung merupakan perangkat yang berfungsi untuk memantau denyut detak jantung manusia secara berkala. Detak jantung merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kondisi kesehatan kardiovaskular seseorang. Frekuensi denyut detak jantung yang terlalu tinggi dan terlalu rendah dapat menjadi indikator adanya gangguan pada sistem peredaran darah atau fungsi jantung. Oleh sebab itu, sistem pemantauan detak jantung menjadi alat yang penting dalam upaya deteksi dini penyakit jantung[5].

Perkembangan alat monitoring detak jantung telah mengalami kemajuan yang pesat seiring dengan meningkatnya teknologi elektronik dan internet of things (IoT). Sejumlah penelitian sebelumnya telah merancang sistem monitoring detak jantung dengan berbagai pendekatan, seperti Sistem Perekaman Detak Jantung Berbasis Pulse Heart Rate Sensor pada Jari Tangan[6], Sistem Monitoring Detak Jantung menggunakan sensor MAX30102[7], Rancang Bangun Alat Monitor Detak Jantung dan Suhu Tubuh Berbasis Android[8], serta Sistem Deteksi Detak Jantung berbasis Web[9]. Masing-masing penelitian tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan, baik dari sisi metode pengukuran, antarmuka pengguna, maupun media komunikasi data.

Kebanyakan sistem terdahulu masih bersifat secara mandiri dan belum memanfaatkan integrasi cloud untuk pemantauan jarak jauh secara real-time. Selain itu, sistem-sistem tersebut umumnya belum dilengkapi dengan notifikasi dini ketika detak jantung pengguna berada diluar batas normal. Hal ini menjadi dasar perlunya pengembangan sistem baru yang lebih lengkap dan cerdas, yang dapat menampilkan secara real-time, serta terhubung ke aplikasi mobile dan cloud database agar pemantauan dapat dilakukan kapan pun dan dimana pun.

Dalam penelitian ini digunakan sensor MAX30102, yaitu sensor optik yang bekerja dengan prinsip photoplethysmography (PPG). Teknologi PPG memanfaatkan cahaya merah dan inframerah untuk mendeteksi perubahan volume darah pada pembuluh kapiler di bawah permukaan kulit. Saat jantung berdetak, volume darah berubah secara periodik, sehingga intensitas cahaya yang dipantulkan ke sensor juga berubah.

Perubahan ilmiah yang kemudian diubah jadi data digital untuk menghitung beats per minute (BPM)[10]. Teknologi wearable serupa juga digunakan pada smartwatch, yang menempatkan LED pada bagian belakang bodi perangkat untuk mengukur cahaya yang dipantulkan dari kulit[11].

Dengan menggabungkan sensor MAX30102, mikrokontroler ESP32, cloud database Firebase, serta aplikasi Android sebagai antarmuka paengguna, sistem yang dirancang diharapkan dapat memberikan pemantauan detak jantung secara real-time, penyimpanan data otomatis di cloud, dan peringatan dini terhadap kondisi jantung yang tidak normal.

2.2. Penelitian Terdahulu

Sebagai dasar pengembangan sistem, berikut disajikan beberapa penelitian terdahulu yang relevan dan perbandingan dengan sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini:

Tabel 1 Perbandingan sistem yang sudah ada dengan sistem yang diajukan

Macam-macam sistem	Fitur dan Sistem Alat			
	Mengguna kan sistem database	Monitoring secara real-time	Monitoring menggunakan aplikasi smartphone	Dapat digunakan saat beraktifitas
Sistem perekaman detak jantung berbasis Pulse Heart Rate Sensor pada Jari Tengah (2018)	✓	✓	X	X
Sistem Monitoring detak Jantung menggunakan Sensor AD8232 (2020)	✓	✓	X	X
Rancangan bangun alat monitoring Detak Jantung dan Suhu Tubuh berbasis Android (2019)	✓	✓	✓	X
Deteksi Detak Jantung berbasis Web (2019)	✓	✓	X	X
Sistem yang diajukan	✓	✓	✓	✓

Tabel diatas menunjukan bahwa sebagian besar penelitian sebelumnya belum menghubungkan sistem monitoring dengan cloud database dan aplikasi android

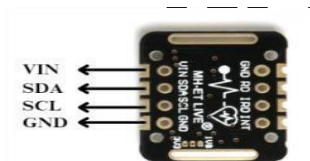
yang menampilkan data secara real-time dan memberikan peringatan dini terhadap adanya kinerja jantung diluar ambang batas normal. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus untuk maenggabungkan seluruh keunggulan tersebut dalam satu sistem terintegrasi berbasis IoT dan mobile application.

2.3. Teknologi yang digunakan

2.3.1. Teknologi Hardware

2.3.1.1. Sensor MAX30102

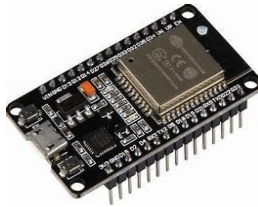
Sensor MAX30102 adalah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi detak jantung dan saturasi oksigen. Sensor MAX30102 ini mengirimkan data berupa nilai yang didapat dari perubahan denyut nadi yang terdeteksi[12]. Prinsip kerja dari sensor MAX30102 ini adalah Photoplethysmography (PPG) dengan cara memancarkan cahaya LED merah dan infra merah ke permukaan kulit dan ketika jantung memompa, volume darah di kapiler berubah sehingga jumlah cahaya yang diserap atau dipantul juga berubah. Fotodioda pada sensor mengukur variasi dari perubahan intensitas cahaya yang dipantulkan, variasi periodik ini yang digunakan untuk mempresentasikan kinerja dari denyut detak jantung, sedangkan komponen DC mewakili kondisi jaringan dan cahaya ambient. Data dari variasi sinyal ini yang kemudian diproses untuk menghitung nilai BPM dan dapat diproses juga lebih lanjut untuk estimasi nilai SpO₂[13].



Gambar 1. Sensor MAX30102

2.3.1.2. ESP32

Esp32 berfungsi sebagai otak sistem yang memproses dan mengirimkan data sensor ke cloud server secara real-time melalui koneksi Wi-Fi[14]. Mikrokontroler ini menerima data dari sensor MAX30102, lalu di proses oleh mikrokontroler, setelah pemrosesan, mikrokontroler membandingkan data dengan ambang batas. Jika detak jantung yang terdeteksi berada diluar ambang batas normal, maka mikrokontroler akan mengirimkan data ke server, lalu pada server cloud akan terkoneksi ke aplikasi android, dan aplikasi android memunculkan peringatan dini terhadap kondisi detak jantung.



Gambar 2. ESP32

2.3.1.3. Baterai Lippo 3.7volt

Pemilihan baterai sebagai sumber energi utama yang menawarkan fleksibilitas. Dengan menggunakan Baterai Lithium adalah jenis baterai yang dapat diisi ulang kembali setelah habis daya[15]. Baterai Lithium Polymer yang digunakan pada node IoT dengan pengaturan pengiriman data reguler dapat bertahan dari beberapa jam hingga beberapa hari tergantung konsumsi daya dan frekuensi transmisinya[16].



Gambar 3. Baterai LiPo 3.7volt

2.3.1.4. Modul Charger TP4056

Modul Charger TP4056 merupakan rangkaian pengendali pengisian baterai lithium yang berfungsi menjaga kestabilan tegangan dan arus selama proses pengisian agar baterai tidak rusak akibat overcharger[17]. Modul ini juga digunakan untuk mengisi baterai pada sistem monitoring kesehatan berbasis IoT agar perangkat dapat beroperasi secara mobile dan tetap aman selama proses pengisian[18].



Gambar 4. Modul TP4056

2.3.1.5. Display Oled Blue

Oled Blue 128 x 64 merupakan jenis layar tampilan yang memiliki resolusi 128 piksel secara horizontal dan 64 piksel secara vertikal, sedangkan istilah blue merujuk pada warna dasar tampilan layar. Layar ini umumnya berukuran kecil (0.96 inci) dan berkomunikasi menggunakan protokol I²C atau SPI, menjadikannya sangat hemat daya dan mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32. Pada alat monitoring kinerja jantung ini oled blue digunakan sebagai antarmuka visual untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor, karena memiliki kontras tinggi dan konsumsi daya yang rendah, sehingga cocok untuk perangkat portabel[19].



Gambar 5. Oled Blue 128 x 64

2.3.2. Teknologi Software

2.3.2.1. Android Studio

Android Studio adalah perangkat lunak yang digunakan untuk merancang, menulis, dan menguji aplikasi android dengan tampilan antarmuka yang mudah dipahami dan dilengkapi dengan library bawaan untuk mempercepat proses pengembangan aplikasi[20]. Pada aplikasi android studio menggunakan dua bahasa pemrograman yaitu Java dan Kotlin. Pada proyek IoT Android Studio berfungsi sebagai alat utama dalam pembuatan aplikasi mobile yang dapat berkomunikasi dengan sistem IoT melalui layanan cloud yang terhubung ke Firebase, sehingga data dari perangkat keras dapat ditampilkan secara real-time kepada pengguna[21]. Aplikasi Android yang dirancang dilengkapi dengan sistem notifikasi yang dapat digunakan oleh pengguna, seperti keluarga, pelatih, tenaga medis, bahkan pengguna alat itu sendiri untuk menerima peringatan apabila denyut detak jantung berada di luar batas ambang normal. Sistem ini merupakan sistem terpenting dalam alat ini, dikarenakan sistem ini merupakan fitur utama yang digunakan sebagai pendukung untuk mencegah resiko terjadinya serangan jantung atau penyakit kelainan jantung.

2.3.2.2. Firebase Console

Firebase Console adalah platform berbasis web yang disediakan oleh Google untuk mengelola seluruh layanan Firebase seperti Realtime Database, Authentication, Storage, dan Cloud Messaging dalam satu antarmuka terpusat[22]. Pada proyek alat monitoring detak jantung layanan Firebase Console yang digunakan adalah Realtime Database dan Authentication. Layanan Authentication digunakan sebagai layanan autentikasi pengguna berbasis cloud yang

memungkinkan proses login menggunakan email, password, nama, atau data diri lainnya secara aman dan efisien[23]. Sedangkan layanan Realtime Database merupakan layanan basis data yang disediakan oleh Google, yang menyimpan data dalam format JSON dan memperbarui informasi secara real-time ke semua klien yang terhubung[24].

2.3.2.3. Autodesk Inventor Professional

Autodesk Inventor Professional merupakan perangkat lunak Computer Aided Design (CAD) tiga dimensi yang digunakan untuk membuat, memvisualisasikan, mensimulasikan model produk mekanik secara presisi[25]. Perangkat ini yang digunakan untuk mendesain mekanikal yang akan digunakan sebagai casing dari komponen-komponen yang akan dipakai.

2.3.2.4. KiCad

KiCad adalah perangkat lunak open-source untuk perancangan skematik dan papan sirkuit cetak (PCB) yang mendukung desain elektronik tingkat profesional[26]. Perangkat lunak KiCad pada proyek ini digunakan untuk mendesain layout elektrikal yang sudah dirangkai untuk dicetak ke papan sirkuit cetak (PCB).

2.3.2.5. EasyEDA

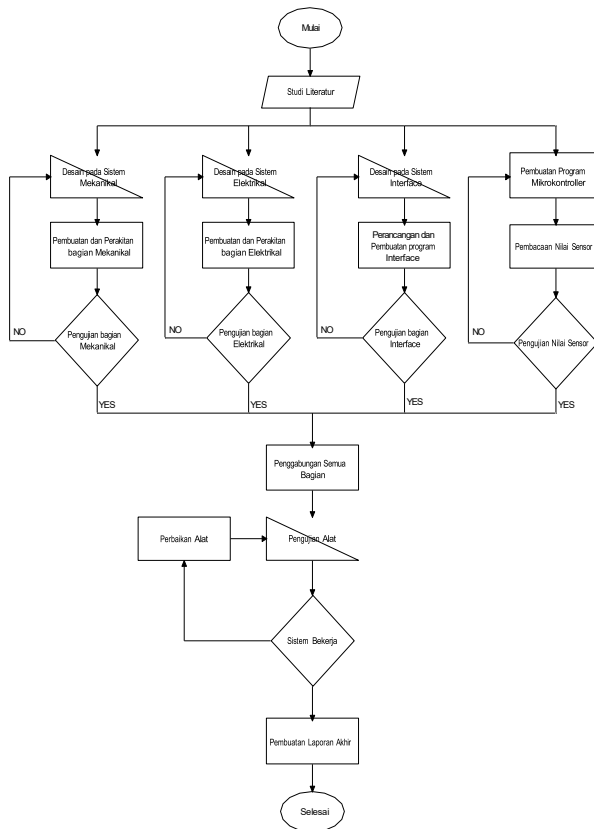
EasyEDA adalah platform berbasis web untuk merancang rangkaian elektronik, mensimulasikan sirkuit, dan menghasilkan desain PCB secara online[27]. Pembuatan desain elektrikal menggunakan platform ini, yang dimana komponen-komponen yang digunakan yaitu sensor MAX30102, ESP32, Modul Charger TP4056, Baterai LiPo, dan Oled Blue dirangkat menjadi satu sistem yang dapat digunakan untuk membuat alat yang dapat memonitoring kinerja jantung untuk mencegah serangan jantung.

Bab 3. Metode Pelaksanaan

3.1. Teknik dan Pelaksanaan

3.1.1. Perancangan

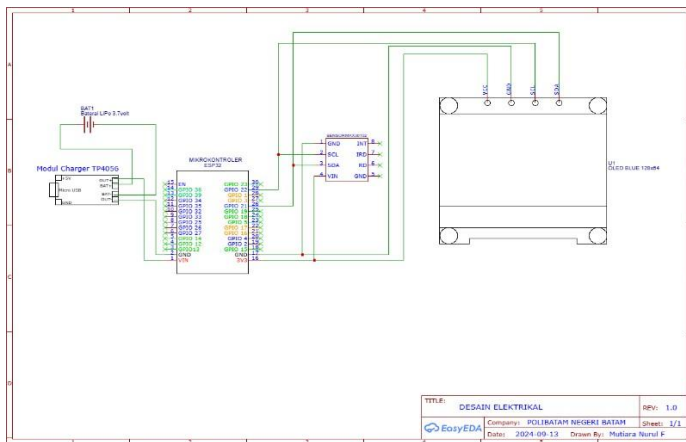
Tahap perancangan sistem dapat dilihat pada gambar 3.1 yang menjelaskan secara umum urutan pelaksanaan yang akan dilakukan.



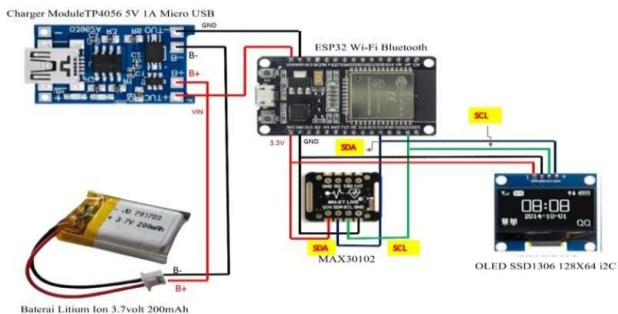
Gambar 6. Flow Chart Pengerjaan Proyek

3.1.1.1. Perancangan Desain Elektrikal

Pembuatan desain elektrikal dibuat melalui *software EasyEDA*, yang dimana komponen-komponen yang digunakan MAX30102, ESP32, Modul Charger TP4056, LiPo Baterai 3.7volt, dan Oled Blue dirangkai menjadi suatu sistem pada alat monitoring kinerja jantung untuk mencegah serangan jantung. Pada desain elektrikal ini sensor max30102 dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama dan dilanjutkan dengan pemasangan power supply dari baterai LiPo yang dilengkapi dengan modul charger TP4056 dan wiring terakhir dihubungkan ke Oled Blue sebagai layar tampilan visual untuk menampilkan nilai denyut detak jantung (BPM).



Gambar 7. 2D Desain Elektrikal



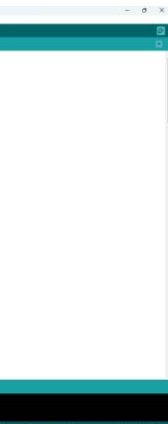
Gambar 8. 3D Desain Elektrikal

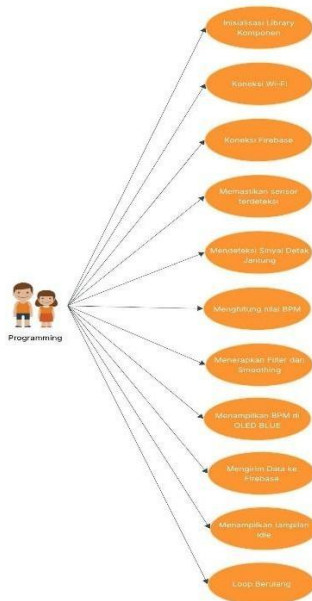
3.1.1.2. Perancangan Desain Mekanikal

Setelah perancangan desain elektrikal diperlukan sebuah perangkat keras yang digunakan untuk casing dari komponen-komponen yang digunakan. Casing ini berbentuk sebuah kotak yang komponennya diletakkan dengan rapi agar tidak berantakan. Bentuk dari desain mekanikal ukurannya juga harus sesuai dengan total ukuran komponen yang akan dipakai. Untuk membuat perancangan desain mekanikal diperlukan sebuah *software*, *software yang digunakan untuk membuat alat monitoring kinerja jantung untuk mencegah serangan jantung ini adalah Autodesk Inventor Professional 2025.*

Perancangan program pada penelitian ini menggunakan *software Arduino IDE* yang digunakan untuk memprogram ESP32. Mikrokontroler ini bertugas untuk memproses input dari sensor detak jantung dan mengolah datanya untuk dijadikan nilai BPM dan menghubungkan nya ke aplikasi android melalui sistem Wi-Fi ke Firebase Console.

Perancangan program pada penelitian ini menggunakan *software Arduino IDE* yang digunakan untuk memprogram ESP32. Mikrokontroler ini bertugas untuk memproses input dari sensor detak jantung dan mengolah datanya untuk dijadikan nilai BPM dan menghubungkan nya ke aplikasi android melalui sistem Wi-Fi ke Firebase Console.



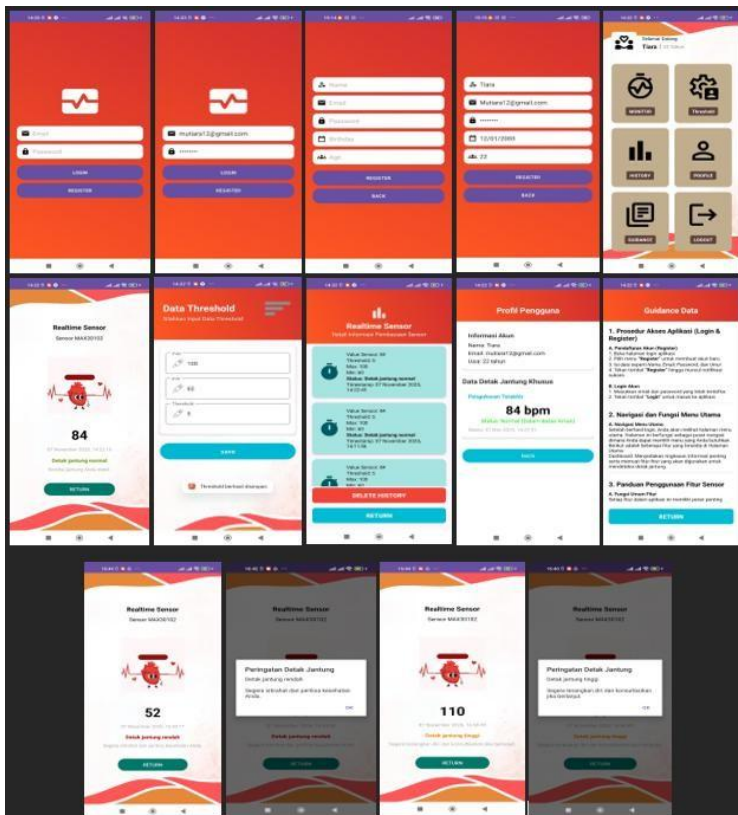


Gambar 11. Use case Program

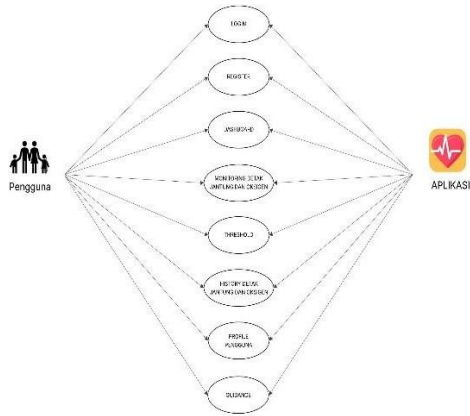
3.1.1.4. Pembuatan Aplikasi

Saat melakukan monitoring pada kinerja detak jantung diperlukan *interface* yang dimana berguna untuk menampilkan dan menyimpan hasil dari data detak jantung secara real-time. *Interface* yang digunakan yaitu aplikasi android menggunakan software Android Studio. Pada gambar 3.8 ini terdapat beberapa fitur aplikasi, seperti fitur monitor, threshold, history, profile, guidance, dan logout. Dan untuk halaman awal pada aplikasi yaitu dimulai dari halaman login, dimana pengguna diminta untuk memasukkan Email dan Password. Apabila pengguna belum memiliki email dan password, maka pengguna di sarankan untuk melakukan register terlebih dahulu, yaitu dengan mendaftarkan akun dengan menginput nama, email, password, dan tanggal lahir. Setelah register dilakukan maka pengguna akan masuk ke halaman dashboard, yang berisi fitur-fitur yang dapat mendukung monitoring detak jantung. Pada fitur monitoring ini berisi halaman yang digunakan untuk memonitoring denyut detak jantung secara real-time, dan dilengkapi dengan status denyut detak jantung, beserta waktu kejadiannya monitoring denyut detak jantung, dan apabila saat sedang monitoring denyut detak jantung, ketika nilai BPM berada di luar ambang batas maka akan muncul notifikasi peringatan, dan saran agar jantung dapat dalam keadaan stabil kembali. Fitur threshold ini adalah fitur yang sangat penting yaitu fitur yang menjadi acuan dalam menentukan ambang batas normal denyut detak jantung, pada fitur ini terhubung

dengan data tanggal lahir dari halaman register , yang dimana apabila pengguna tidak tau berapa ambang batas normal detak jantungnya, maka aplikasi ini secara otomatis akan membuat ambang batas denyut detak jantungnya sesuai dengan kategori umur yang didukung data nya dari standar umum yang digunakan di dunia tenaga medis dan kesehatan. Fitur selanjutnya dalah history, history ini dapat digunakan sebagai data untuk jangka panjang, pengamatan, dan analisa terhadap kinerja detak jantung seseorang. Apabila terjadi kelainan irama detak jantung maka history akan menyimpan data yang dihasiikan. Fitur selanjutnya adalah profile, profile merupakan fitur yang digunakan sebagai halaman yang berisi data diri lengkap pengguna dengan data pengukuran terakhir detak jantung pengguna yang terukur. Selanjutnya adalah fitur guidance, guidance adalah fitur yang digunakan sebagai panduan dan prosedur penggunaan aplikasi. Terakhir adalah fitur logout digunakan untuk keluar dari halaman dashboard dan kembali ke halaman login.



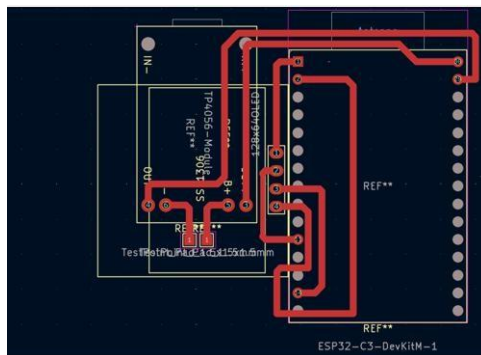
Gambar 12. Tampilan Aplikasi



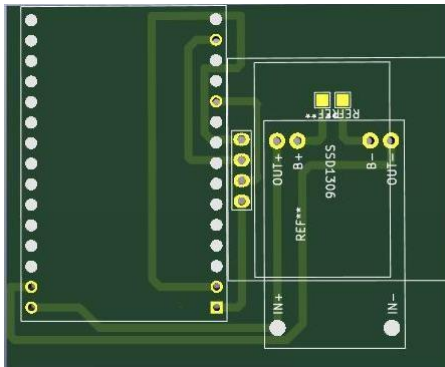
Gambar 13. Use case Aplikasi

3.1.1.5. Perancangan Desain PCB

Pembuatan desain PCB dibuat menggunakan *software KiCad*, yang dimana komponen-komponen yang digunakan MAX30102, ESP32, Modul Charger TP4056, LiPo Baterai 3.7volt, dan Oled Blue disusun dan ditata jalur sambungan elektrikal nya pada papan sirkuit agar lebih rapi dan lebih teratur. Pada desain PCB ini layout PCB yang sudah di desain di print dalam kertas A4. Setelah itu, di cetak pada papan PCB polos menggunakan teknik manual dengan autan.



Gambar 14. 2D Desain PCB



Gambar 15. 3D Desain PCB

3.2. Alat dan Bahan

Dalam pelaksanaan pembuatan proyek ini dibutuhkan alat dan bahan yang dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 2. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan	Banyaknya	Harga Satuan (Rp)	Keterangan
<i>Sensor MAX30102</i>	1 buah	245.000	Sensor Detak Jantung
<i>Mikrokontroler ESP32</i>	1 buah	100.000	Mikrokontroler
<i>Modul Charger TP4056</i>	1 buah	50.000	Manajemen Daya
<i>Baterai LiPo 3.7volt</i>	1 buah	17.500	Catu Daya
<i>OLED BLUE 128x64</i>	1 buah	55.000	Interface
<i>Papan PCB</i>	1 buah	10.000	Wadah Komponen
<i>Baut 3mm</i>	4 buah	2.000	Perangkat Pendukung
<i>Baut 2mm</i>	6 buah	3.000	Perangkat Pendukung
<i>Strip Jam</i>	1 pasang	35.000	Strip Jam

<i>Kabel Jumper</i>	2mm	4.000	Kabel Penghubung
<i>Casing/ Filamen PLA</i>	Secukupnya	230.000	Casing

Alat Pengerjaan (tools)	Banyaknya	Harga Satuan (Rp)	Deskripsi
Solder dan Timah	1 buah	95.000	Penyolderan
Tang potong dan Tang Kupas	1 buah	36.000	Pemotong Kabel
Multimeter Digital	1 buah	80.000	Pengukuran
Laptop	1 buah	4.500.000	Pendukung Program dan Desain
3D Printer	1 buah	3.500.000	Pencetakan
Kabel Data Micro USB	1 buah	25.000	Programmer
Kabel Data Type C	1 buah	35.000	Programmer

3.3. Pengujian

Pengujian pada proyek ini ialah pengujian pada sensor, aplikasi, dan display oled untuk mengetahui keberhasilan proyek yang dilakukan sesuai dengan rencana awal, dan berfungsi sesuai dengan fungsi nya. Sistem yang telah dirancang, kemudian dilakukan pengujian secara satu persatu dan menyeluruh.

3.3.1. Pengujian Sensor

Pengujian Sensor dilakukan untuk memastikan kinerja sensor dan tingkat keakurasian nilai sensor dalam sistem pendeteksi detak jantung untuk mencegah serangan jantung yang telah di rencanakan. Tujuan nya dari pengujian ini adalah untuk memastikan agar kinerja sensor MAX30102 dapat bekerja maksimal, akurat, dan stabil sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan dalam sistem yang akan digunakan. Tahapan yang akan dilakukan dalam pengujian sensor ini meliputi:

1. Menghubungkan sensor MAX30102 dengan ESP32 untuk menguji instalasi elektrikal, apakah sensor hidup atau tidak, jika diberikan tegangan positif dan negatif.

2. Membuat program sederhana pada Arduino IDE untuk memastikan apakah sensor dapat mengukur detak jantung BPM (Beat Per Minute) dan SpO₂ (kadar oksigen dalam darah) yang ditransfer melalui kabel micro USB dari laptop ke ESP32 dengan cara menempelkan sensor di pergelangan tangan dengan bersamaan dengan menganalisa nilai BPM dan SpO₂ pada smartwatch sebagai alat pembanding.
3. Melakukan kalibrasi pada alat yang dirancang dan penyetelan awal sesuai dengan panduan penggunaan sensor MAX30102, memastikan penempatan sensor sudah tepat untuk mengukur BPM dan SpO₂.
4. Memastikan dan mencatat nilai BPM dan SpO₂ pada sistem yang dirancang, dengan alat pembanding Smartwatch, apakah nilai yang dihasilkan pada sistem yang dirancang sudah bagus dan stabil dan dicatat secara berkala, sebagai data sensor.
5. Melakukan pengujian berulang dalam kondisi yang sama sebanyak beberapa kali guna menilai konsistensi dari pembacaan sensor MAX30102.

Setelah seluruh data dikumpulkan dilakukan evaluasi hasil pengukuran data dengan menghitung presentasi eror dari pembacaan nilai sensor max30102 dan data referensi dari alat pembanding smartwatch untuk mengetahui tingkat keakuratan sensor.

3.3.2. Pengujian Internet Of Things

Pengujian Internet Of Things dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen IoT yang meliputi sistem yang dirancang, Firebase Realtime Database dan Authentication, dan Aplikasi Android dapat berfungsi dan terintegrasi dengan baik yang dengan demikian, data yang ditampilkan untuk dimonitoring pada Aplikasi dapat ditampilkan secara akurat dan tepat waktu. Pengujian pada Internet Of Things meliputi :

1. Memastikan koneksi antara perangkat pengirim (transmitter) yang terhubung ke sensor MAX30102 dan perangkat penerima (receiver/gateway) berjalan dengan baik menggunakan komunikasi I2C pada ESP32, serta gateway mampu mengirimkan data dari Sistem yang dirancang ke Firebase Realtime Database lalu ke Aplikasi Android.
2. Menguji proses pengiriman data dari Sistem yang dirancang ke Firebase Realtime Database secara real-time melalui program yang dibuat di Arduino IDE, dan kemudian di pastikan data yang di tampilkan benar pada Aplikasi Android.
3. Memverifikasi respons sistem saat terjadi perubahan nilai detak jantung dan kadar oksigen. Aplikasi harus mampu menampilkan pembaruan data secara tepat, dan notifikasi kepada pengguna apabila ada keadaan abnormal terhadap kinerja jantung.
4. Melakukan pengujian kestabilan jaringan, baik pada komunikasi sistem alat

yang dirancang dan koneksi internet gateway ke aplikasi android. Pengujian dilakukan dalam berbagai kondisi termasuk lokasi tertutup dan terbuka, untuk memastikan tidak terjadi keterlambatan atau kehilangan data selama proses pengiriman.

3.3.3. Pengujian Display Oled Blue

Pengujian display Oled Blue bertujuan agar data yang dihasilkan dapat di tampilkan pada alat yang dirancang secara realtime dan tepat waktu dan dapat dibaca oleh pengguna. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengirimkan program tampilan display yang dibuat di Arduino IDE lalu di transfer ke sistem yang dirancang melalui ESP32 untuk ditampilkan hasil dari nilai detak jantung BPM dan SpO₂ ke oled blue dengan dilengkapi animasi detak jantung dan keterangan detak jantung terdeteksi atau tidak.

3.3.4. Cara Mendapatkan %Error

Sistem diuji dengan mengambil data detak jantung dan kadar oksigen dari beberapa orang. Hasilnya dibandingkan dengan smartband xiaomi 9 untuk mengetahui % error alat yang buat dengan alat pembanding.

$$\% \text{ Error} = \text{ABS} \frac{(\text{Sensor} - \text{Pembanding})}{\text{Pembanding}} \times 100$$

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Hasil Pengujian

4.1.1. Pengujian Sensor MAX30102

a. Pengujian Sensor dengan Alat Pembanding

Dibawah ini adalah data pengujian nilai BPM dan SpO₂ dari sensor yang diambil sebanyak 10 kali pengukuran dengan perbandingan berdasarkan nilai BPM dan SpO₂ pada smartwatch xiaomi smartband 9.

Tabel 3. Hasil Pengujian Data BPM Sensor MAX30102

NO	SUBJEK 1			SUBJEK 2			SUBJEK 3			SUBJEK 4			SUBJEK 5		
	SENSOR MAX30102	SMARTWATCH	ERROR	SENSOR MAX30102	SMARTWATCH	ERROR	SENSOR MAX30102	SMARTWATCH	ERROR	SENSOR MAX30102	SMARTWATCH	ERROR	SENSOR MAX30102	SMARTWATCH	ERROR
1	88	87	1.1%	75	70	7.1%	99	95	4.2%	99	95	4.2%	99	95	4.2%
2	86	87	1.1%	74	71	4.2%	99	97	2.1%	86	93	7.5%	99	97	2.1%
3	86	83	3.6%	77	78	1.3%	103	93	10.8%	88	92	4.3%	103	93	10.8%
4	98	95	3.2%	74	74	0.0%	88	88	0.0%	86	87	1.1%	88	88	0.0%
5	88	90	2.2%	71	73	2.7%	90	92	2.2%	81	87	6.9%	90	92	2.2%
6	91	93	2.2%	73	74	1.4%	91	93	2.2%	85	90	5.6%	91	93	2.2%
7	97	94	3.2%	67	76	11.8%	104	94	10.0%	90	91	1.1%	104	94	10.0%
8	102	92	10.9%	73	77	5.2%	92	92	0.0%	88	90	2.2%	92	92	0.0%
9	99	90	10.0%	75	82	8.5%	94	95	1.1%	91	92	1.1%	94	95	1.1%
10	97	89	9.0%	76	82	7.3%	95	95	0.0%	86	95	9.5%	99	95	4.2%
Rata-Rata	93	90	4.6%	74	75.7	5.0%	96	93.4	3.3%	88	91.2	4.4%	96	93.4	3.7%

Tabel 4. Hasil Pengujian Data SpO2 Sensor MAX30102

NO	SUBJEK 1			SUBJEK 2			SUBJEK 3			SUBJEK 4			SUBJEK 5		
	SENSOR MAX30102	SMARTWATCH	EROR	SENSOR MAX30102	SMARTWATCH	EROR	SENSOR MAX30102	SMARTWATCH	EROR	SENSOR MAX30102	SMARTWATCH	EROR	SENSOR MAX30102	SMARTWATCH	EROR
1	97	97	0.0%	97	96	1.0%	98	98	0.0%	96	97	1.0%	98	99	1.0%
2	97	97	0.0%	97	96	1.0%	98	98	0.0%	96	96	0.0%	97	98	1.0%
3	96	97	1.0%	97	96	1.0%	96	98	2.0%	95	96	1.0%	97	98	1.0%
4	95	97	2.1%	95	96	1.0%	97	98	1.0%	95	95	0.0%	96	98	2.0%
5	94	97	3.1%	96	97	1.0%	95	99	4.0%	95	94	1.1%	95	97	2.1%
6	93	97	4.1%	97	97	0.0%	94	99	5.1%	97	96	1.0%	95	97	2.1%
7	92	98	6.1%	97	98	1.0%	98	99	1.0%	94	97	3.1%	94	98	4.1%
8	95	98	3.1%	98	98	0.0%	97	98	1.0%	95	97	2.1%	95	98	3.1%
9	97	98	1.0%	98	98	0.0%	97	98	1.0%	97	96	1.0%	97	98	1.0%
10	97	98	1.0%	98	98	0.0%	97	98	1.0%	93	94	1.1%	97	98	1.0%
Rata-Rata	95	97.4	2.2%	97	97	0.6%	97	98.3	1.6%	95	95.8	1.1%	96	97.9	1.8%

b. Pengujian Sensor terhadap Pasien

Dibawah ini adalah data pengujian sensor terhadap pasien yang memiliki riwayat penyakit yang rentan terkena serangan jantung, hal ini bertujuan untuk melihat apakah ada perbedaan dari detak jantung orang normal dengan detak jantung pasien yang memiliki riwayat penyakit berisiko terkena nya serangan jantung. Profil pasien yang dijadikan pengujian adalah laki-laki berusia 52 tahun dengan riwayat penyakit hipertensi, dan dilakukan pengujian dalam keadaan normal dan setelah beraktifitas.

Tabel 5. Hasil Pengujian terhadap pasien yang memiliki Riwayat hipertensi usia 52 Tahun

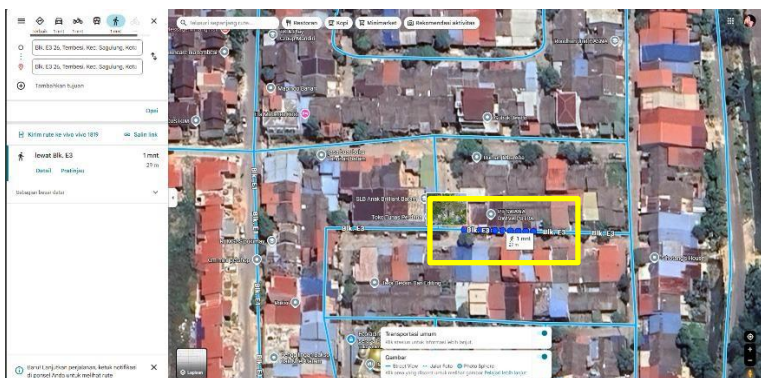
NO	Beat Per Minute (BPM)		Kadar Oksigen (SpO2)	
	Normal	Setelah Beraktifitas	Normal	Setelah Beraktifitas
1	88	112	97	96
2	87	114	97	95
3	85	116	96	95
4	86	117	97	95
5	84	118	96	94
6	83	119	96	94
7	82	121	95	94
8	84	122	96	94
9	86	123	96	93
10	88	124	97	93
11	89	125	96	93
12	91	124	95	93
13	92	123	95	93
14	90	122	95	93
15	89	121	96	94
16	90	121	96	94
17	92	120	95	94
18	93	119	95	95
19	94	118	94	95
20	92	117	95	95

Tabel 6. Hasil Pengujian terhadap pasien normal usia 51 Tahun

NO	Beat Per Minute (BPM)		Kadar Oksigen (SpO2)	
	Normal	Setelah Beraktifitas	Normal	Setelah Beraktifitas
1	74	92	98	96
2	74	94	97	95
3	73	96	97	93
4	73	97	97	95
5	72	99	97	96
6	71	100	96	97
7	75	102	96	97
8	77	103	97	97
9	79	104	97	97
10	80	105	97	97
11	81	105	98	97
12	77	104	98	97
13	76	103	98	98
14	77	101	98	97
15	75	100	99	97
16	74	99	99	98
17	73	98	99	98
18	75	97	99	98
19	77	96	98	97
20	79	94	98	97

4.1.2. Pengujian Komunikasi WiFi ESP32

Pada pengujian komunikasi WiFi ini dilakukan untuk mengetahui respon komunikasi dari Wifi pada ESP32 dalam mengirimkan nilai BPM dan SpO₂ ke Aplikasi Android dari jarak pengirimannya. Pengujian ini dilakukan berdasarkan tempat terbuka dan dan tempat yang ada penghalangnya. Tempat yang dilakukan sebagai area pengujian adalah dari rumah saya perumahan villa muka kuning blok E 2/12 sampai ke titik rumah bu ana perumahan villa muka kuning blok E 2/8 untuk tempat terbuka, dan untuk area tertutup nya adalah area dalam rumah sampai keluar rumah pribadi saya sesuai pada gambar 4.2.



Gambar 16. Denah Area Lokasi Pengujian

Pada tabel 4.3. dan 4.4. merupakan hasil dari pengujian komunikasi Wifi di tempat terbuka dan tertutup untuk melihat sejauh mana jarak pengiriman yang dapat dijangkau untuk memonitoring detak jantung dan kadar oksigen pada pengguna.

Tabel 7. Hasil Pengujian Komunikasi Via WiFi di tempat terbuka

No	Jarak	Data dikirim dari sensor MAX30102		Data diterima di smartphone		Keterangan
		Beat Per Minute (BPM)		Kadar Oksigen (SpO2)		
1	2 meter	77	77	96	96	Terkirim
2	4 meter	74	74	96	96	Terkirim
3	6 meter	76	76	97	97	Terkirim
4	8 meter	78	78	97	97	Terkirim
5	10 meter	80	80	98	98	Terkirim
6	12 meter	81	81	98	98	Terkirim
7	14 meter	83	83	98	98	Terkirim
8	16 meter	86	86	99	99	Terkirim
9	18 meter	84	84	98	98	Terkirim
10	20 meter	88	88	98	98	Terkirim
11	22 meter	90	90	99	99	Terkirim
12	24 meter	92	92	98	98	Terkirim
13	26 meter	94	94	98	98	Terkirim
14	28 meter	99	99	97	97	Terkirim
15	29 meter	100	-	98	-	Tidak Terkirim

Tabel 8. Hasil Pengujian Komunikasi Via WiFi di tempat tertutup

NO	JARAK	Data dikirim dari sensor MAX30102	Data diterima di smartphone	Data dikirim dari sensor MAX30102	Data diterima di smartphone	Keterangan
		Beat Per Minute (BPM)		Kadar Oksigen (SpO2)		
1	2 meter	86	86	97	97	Terkirim
2	4 meter	84	84	97	97	Terkirim
3	6 meter	81	81	98	98	Terkirim
4	8 meter	80	80	96	96	Terkirim
5	10 meter	83	83	97	97	Terkirim
6	12 meter	85	-	98	-	Tidak Terkirim

4.2. Pembahasan

Dari hasil pengujian di atas, pada tabel 4.1. dan 4.2. terdapat beberapa data yang diperoleh dari hasil pengujian sensor max30102 yang membaca nilai detak jantung dan kadar oksigen dalam tubuh. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali dalam waktu berurutan pada 5 subjek manusia. Dari data yang di hasilkan di lihat bahwa pada sistem yang dirancang nilai detak jantung dan kadar oksigen nya hampir mendekati dengan nilai detak jantung dan kadar oksigen pada alat pembanding yaitu smartwatch xiaomi smartband 9. Pada data nilai detak jantung (BPM) rata-rata %error dari kelima subjek adalah 4,2% dengan nilai kesalahan tertinggi sebesar 11,8% dan nilai kesalahan terendah sebesar 0%, dan untuk data nilai kadar oksigen (SpO2) rata-rata %error nya dari kelima subjek adalah 1,5% dengan nilai kesalahan tertinggi sebesar 6,1% dan nilai kesalahan terendah sebesar 0%. Rata-rata nilai detak jantung dan kadar oksigen di dapatkan dari rumus berikut:

$$\text{Rata-rata error \%} = \frac{\text{rata-rata error subjek1} + \text{rata-rata error subjek2} + \text{rata-rata error subjek3} + \text{rata-rata error subjek4} + \text{rata-rata error subjek5}}{5}$$

Beberapa data yang lumayan jauh perbedaannya antara sistem monitoring detak jantung untuk mencegah serangan jantung dengan alat pembanding, hal itu kemungkinan dari adanya kondisi yang tidak stabil seperti pergerakan, posisi

sensor, dan noise yang terdeteksi yang menyebabkan pembacaan sensor pada sistem menjadi tidak akurat atau kurang stabil juga. Pada pengujian ini juga dilakukan beberapa kondisi seperti bernafas kencang dan menahan nafas untuk mengetahui apakah sensor berfungsi sesuai dengan kondisinya, ketika menahan nafas maka nilai detak jantung dan kadar oksigen akan turun, dan ketika nafas naik maka nilai detak jantung dan kadar oksigen akan ikut naik juga.

Tingkat ke akuratan dari alat yang dirancang berada pada tingkat yang cukup baik di rata-rata 4, dengan eror paling tinggi di selisih nilai 10. Hal ini menunjukkan bahwa pada sistem yang dirancang cukup baik untuk digunakan dalam memonitoring kondisi denyut detak jantung. Namun, harus ada beberapa yang perlu di perhatikan seperti posisi sensor, pergerakan badan, dan beberapa hal lain yang dapat menyebabkan tinggi nya noise yang dihasilkan dan menyebabkan terjadinya hasil nilai detak jantung dan kadar oksigen yang kurang stabil.

Pada tabel 4.3. merupakan tabel pengujian sensor pada subjek yang memiliki riwayat penyakit yang rentan terkena jantung, hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan antara kondisi jantung untuk orang normal, dengan orang yang memiliki riwayat penyakit jantung. Pengujian ini dilakukan pada 2 kondisi berbeda yaitu kondisi ketika normal atau tidak beraktifitas, dan setelah beraktifitas, yaitu berupa lari selama 5 menit. Pada kondisi normal sebelum beraktifitas nilai detak jantung pada pasien lumayan tinggi di bandingkan orang normal pada umumnya di usianya dengan kondisi sehat. Hal ini dikarenakan tinggi nya detak jantung itu merupakan bentuk dari adanya gangguan pada kondisi jantung. Penyakit hipertensi yang di derita membuat jantung bekerja lebih keras, hormon stres lebih tinggi, fungsi pengatur jantung terganggu, elastisitas jantung menurun, dan pembuluh darah lebih sempit, hal itu lah yang membuat kondisi jantung pada pasien rentan terkena serangan jantung. Dan pasien yang memiliki kondisi ini disarankan untuk tidak melakukan kegiatan atau olahraga yang cukup keras di karenakan berbahaya terhadap kondisi tubuhnya.

Selanjutnya adalah pengujian pada koneksi pengiriman komunikasi WiFi di ESP32 ke aplikasi android berdasarkan jarak jauh pengirimannya. Pengujian yang dilakukan dengan cara menjauhkan aplikasi dari alat yang dirancang. Aplikasi digunakan sebagai alat monitoring untuk memantau kondisi detak jantung dan kadar oksigen secara realtime baik untuk pengguna, keluarga, bahkan dokter. Namun, pada sistem yang dirancang ini hanya menggunakan komunikasi WiFi pada mikrokontroler ESP32 nya saja, hal itu membuat jangkauan pada koneksi pengiriman data terbatas, tergantung dari seberapa jauh koneksi dari WiFi itu sendiri tersambung. Pada pengujian ini dilakukan sejauh 29 meter ketika di tempat terbuka, alat masih bisa mengirimkan data nilai detak jantung dan kadar oksigen ke Aplikasi, setelah 29 meter WiFi terputus alat sudah tidak mengirimkan lagi data dan berhenti di nilai terakhir detak jantung dan kadar oksigen. Pada kondisi area yang tertutup jauh lebih kecil jarak nya yaitu 10 meter, hal itu dikarenakan pada kondisi tertutup dari dalam rumah ke luar rumah ada beberapa penghalang berupa tembok beton dan pintu yang membuat koneksi WiFi semakin lama melemah dan akhirnya terputus dan membuat alat tidak mengirimkan lagi data nilai detak

jantung dan kadar oksigen ke aplikasi.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring detak jantung untuk mencegah serangan jantung ini telah berhasil dirancang dan diimplementasikan di kehidupan sehari-hari. Sistem ini mampu memonitoring dan mengukur nilai detak jantung (BPM) dan kadar oksigen (SpO2) dalam darah melalui sensor MAX30102 yang terhubung dengan ESP32 dan dikirim datanya ke Firebase Realtime Database lalu di tampilkan di Aplikasi Android yang dilengkapi dengan sistem notifikasi berupa chat yang menampilkan kondisi detak jantung, dan saran yang harus dilakukan apabila kondisi jantung dalam keadaan abnormal. Dan dari data detak jantung yang diambil dan dibandingkan dengan smartband xiaomi 9, untuk nilai detak jantungnya (BPM) %error nya didapatkan sebesar 4,2% dan untuk kadar oksigen (SpO2) didapatkan %error nya sebesar 1,15% dan data rata-rata ini didapatkan dari menjumlahkan rata-rata kelima subjek dibagi dengan jumlah total subjek pengujian. Dan dari hasil pengujian sensor untuk kondisi detak jantung pasien yang memiliki riwayat penyakit hipertensi, nilai detak jantungnya jauh lebih tinggi dibandingkan orang normal pada usianya saat dalam kondisi istirahat/normal dan kondisi setelah beraktifitas. Selanjutnya, untuk hasil pengujian koneksi WiFi yang dilakukan untuk mengirimkan data nilai detak jantung dan kadar oksigen dapat disimpulkan bahwa pengiriman data tergantung dari seberapa jauh koneksi Wifi tersambung. Pada kondisi luar ruangan, koneksi WiFi jauh lebih bagus jarak pengirimannya dibandingkan di dalam ruangan hal itu dikarenakan tidak adanya penghalang pada koneksi WiFi itu sendiri.

5.2. Saran

Adapun saran yang ingin kami sampaikan adalah sebagai berikut :

- a. Kami menyarankan adanya peningkatan dari segi keakuratan nilai dari detak jantung dan kadar oksigen pada sensor dengan cara pengujian dan kalibrasi lebih lanjut.
- b. Sistem yang dirancang menggunakan mekanikal yang cukup besar, di sarankan untuk meningkatkan kembali posisi dan penempatan dari beberapa komponen, agar sistem yang dirancang lebih fleksibel.
- c. Penggunaan modul tambahan pada sistem agar jarak pengiriman data dapat jauh lebih besar.

Daftar Pustaka

- [1] Sherwood, L. (2011). *Fundamentals of Human Physiology*. 4th ed. Cengage Learning.

- [2] World Health Organization (WHO). Cardiovascular diseases (CVDs). [Online]. Tersedia: <https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases>. (Diakses: November 2025).
- [3] American Heart Association (AHA). Target Heart Rates Chart. [Online]. Tersedia: <https://www.heart.org/en/healthy-living/fitness/fitness-basics/target-heart-rates>. (Diakses: November 2025).
- [4] Baker, S. B., & Xiang, W., 2022. Wearable sensors for continuous cardiac monitoring: A review of current technologies and challenges. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 69(1), pp.295–310.
- [5] Wibowo, S., 2020. Analisis Detak Jantung sebagai Indikator Kesehatan Kardiovaskular. *Jurnal Kesehatan*, 8(2), pp.45–52.
- [6] Setiawan, A., 2019. Sistem Perekam Detak Jantung Berbasis Pulse Heart Rate Sensor pada Jari Tangan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro*, pp.112–118.
- [7] Nugraha, R., 2021. Perancangan Sistem Monitoring Detak Jantung Menggunakan Sensor MAX30102. *Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, 9(1), pp.23–30.
- [8] Hidayat, M., 2022. Rancang Bangun Alat Monitor Detak Jantung dan Suhu Tubuh Berbasis Android. *Jurnal Inovasi Teknologi*, 5(1), pp.15–22.
- [9] Prasetyo, D., 2021. Sistem Deteksi Detak Jantung Berbasis Web. *Jurnal Informatika dan Komputer*, 7(3), pp.101–108.
- [10] Maxim Integrated., 2020. *Datasheet MAX30102: Integrated Pulse Oximetry and Heart-Rate Sensor*.
- [11] Lee, S., et al., 2019. Photoplethysmography-Based Heart Rate Monitoring Using Wearable Devices. *IEEE Sensors Journal*, 19(19), pp.9126–9133.
- [12] Susanthi, Y., Darmawan, A., & Suryadi, S. B., 2024. Alat Pengenal Gerakan Tangan Menggunakan Algoritma Artificial Neural Network Berbasis ESP32 dan Platform Edge Impulse. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 23(1), pp.77–94.
- [13] Muthmainnah, F., Prasetyo, D. E., & Rahman, A., 2023. Karakterisasi Sensor MAX30102 untuk Deteksi Detak Jantung dan Saturasi Oksigen (SpO₂) Berbasis Photoplethysmography (PPG). *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer (JTEK)*, 12(2), pp.45–52.
- [14] Rahmawati, N., & Rinaldi, A., 2020. Implementasi ESP32 pada Sistem IoT untuk Monitoring Data Sensor. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 8(2), pp.75–82.

- [15] Azahra, L., Nurhayati, Q. M., Parsa, N., Hafidz, A. I., & Fu'adin, A., 2024. Alat bantu baca tunanetra berbasis teknologi text-to-speech dan optical character recognition. *Kohesi: Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(2), pp.1–10.
- [16] Yazid, M. A., Rahman, N. H., & Zakaria, N. A., 2022. A method for preserving battery life in wireless sensor nodes. *Journal of Electrical Systems*, 18(3), pp.452–460.
- Fafoutis, X., Elsts, A., & Oikonomou, G., 2018. On predicting the battery lifetime of IoT devices: Experiences from the field. *Proceedings of the 2018 IEEE Global Internet of Things Summit (GloTS)*, pp.1–6. IEEE.
- [17] Ramadhani, F., Prasetyo, D., & Haryanto, A., 2021. Perancangan Modul Pengisi Daya Otomatis Menggunakan TP4056 pada Sistem Daya Portabel. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer (JTEK)*, 9(2), pp.55–62.
- [18] Ardian, D., & Hidayat, M., 2022. Implementasi Modul TP4056 pada Sistem Monitoring Kesehatan Berbasis IoT. *Jurnal Inovasi Elektronika dan Komputer Terapan (JIEKT)*, 3(1), pp.12–19.
- [19] Rizky, M. F., Pratama, D. A., & Widodo, A., 2023. Perancangan Sistem Monitoring Detak Jantung Menggunakan Sensor MAX30102 dan OLED Display Berbasis IoT. *Jurnal Elektronika dan Instrumentasi Terapan (JEIT)*, 5(1), pp.23–30.
- [20] Sari, D. A., Putra, H. R., & Wahyuni, N., 2020. Pemanfaatan Android Studio dalam Pengembangan Aplikasi Mobile Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer (JTik)*, 7(1), pp.34–42.
- [21] Lestari, F., & Firmansyah, D., 2023. Integrasi Android Studio dan Firebase untuk Aplikasi Pemantauan Kesehatan Berbasis IoT. *Jurnal Inovasi Teknologi dan Rekayasa (JITERA)*, 6(1), pp.25–33.
- [22] Pratama, R. D., & Nugroho, A. P., 2021. Perancangan Aplikasi Mobile Monitoring Kesehatan Berbasis Android Studio dan Firebase. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi (JTSI)*, 9(2), pp.88–96.
- [23] Rizki, M. F., & Firmansyah, D., 2022. Penerapan Firebase Authentication pada Aplikasi IoT Monitoring untuk Validasi Data Pengguna. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer Terapan (JTik)*, 10(1), pp.65–72.
- [24] Rahmadani, F., & Fikri, A., 2023. Implementasi Firebase Authentication dan Realtime Database pada Aplikasi Monitoring Detak Jantung Berbasis Android. *Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika (JTIE)*, 6(2), pp.71–79.
- [25] Siregar, R., & Ardiansyah, M., 2024. Pemanfaatan Autodesk Inventor untuk Desain dan Simulasi Produk Mekanik Presisi. *Jurnal Teknik Mesin dan Manufaktur (JTM)*, 11(2), pp.89–97.

- [26] Hidayat, F., Ramli, D., & Supriadi, M., 2022. Perancangan PCB Menggunakan KiCad pada Sistem Monitoring Berbasis IoT. *Jurnal Inovasi Elektronika dan Instrumentasi (JIEI)*, 5(1), pp.42–49.
- [27] Putra, Y. A., & Rahman, I., 2023. Perancangan dan Simulasi Rangkaian Elektronika Menggunakan EasyEDA Berbasis Web. *Jurnal Teknologi Elektro dan Komputer Terapan (JTEKT)*, 7(3), pp.55–63.

Biodata



Nama : Mutiara Nurul Fatiha
TTL : Batam, 12 Januari 2003
Agama : Islam
Alamat : Villa Muka Kuning Blok E2/12
Email : tiaracnt121@gmail.com
Riwayat Pendidikan SMA/SMK : SMK N 1 Batam
SMP : SMP Negeri 26 Batam

Lampiran

Lampiran 1. Program untuk Mikrokontroler ESP32

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include "MAX30105.h"
#include "heartRate.h"

// ===== Tambahan untuk WiFi dan Firebase =====
#include <WiFi.h>
#include <Firebase_ESP_Client.h>
#include "addons/TokenHelper.h"
#include "addons/RTDBHelper.h"

// Ganti sesuai jaringan kamu
#define WIFI_SSID "iPhone"
#define WIFI_PASSWORD "12345678"

// Ganti sesuai data Firebase kamu
#define API_KEY "AlzaSyB_INMVATzAJ7h98JfrzjioJUgw5GFOVMw"
#define DATABASE_URL "https://myapplicationtir-default-rt
db.firebaseio.com"

FirebaseData fbdo;
FirebaseAuth auth;
FirebaseConfig config;

// Waktu update Firebase (ms)
unsigned long lastUpload = 0;
const unsigned long uploadInterval = 3000; // kirim data tiap 3 detik
// =====

#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET -1
```

```
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT,  
&Wire, OLED_RESET);
```

```
MAX30105 particleSensor;
```

```
// ***** PERUBAHAN PARAMETER FILTER BPM  
(RESPONSIVITAS) *****
```

```
// 1. Mengembalikan alpha ke 0.20 (lebih responsif)
```

```
float alpha = 0.20;
```

```
float lowPassBPM = 80.0;
```

```
float lastCorrectedBPM = 80.0;
```

```
// 2. Mengembalikan Window Size ke 5 (lebih responsif)
```

```
#define WINDOW_SIZE 5
```

```
float bpmWindow[WINDOW_SIZE] = {80.0};
```

```
int windowIndex = 0;
```

```
// =====
```

```
// ===== Tambahan: Watchdog & waktu hidup =====
```

```
unsigned long lastAliveTime = 0;
```

```
const unsigned long WATCHDOG_TIMEOUT = 30000; // reset jika  
macet 30 detik
```

```
// =====
```

```
// ===== Tambahan: global path Firebase =====
```

```
String globalBPMPath = "/ESP32/HeartRate/BPM";
```

```
String globalSpO2Path = "/ESP32/HeartRate/SpO2";
```

```
// =====
```

```
// Gambar detak
```

```
static const unsigned char PROGMEM heartSmall_bmp[] = {  
  0x03, 0xC0, 0xF0, 0x06, 0x71, 0x8C, 0x0C, 0x1B, 0x06, 0x18, 0x0E,  
  0x02,  
  0x10, 0x0C, 0x03, 0x10, 0x04, 0x01, 0x10, 0x04, 0x01, 0x10, 0x40,  
  0x01,  
  0x10, 0x40, 0x01, 0x10, 0xC0, 0x03, 0x08, 0x88, 0x02, 0x08, 0xB8,  
  0x04,
```

```

    0xFF, 0x37, 0x08, 0x01, 0x30, 0x18, 0x01, 0x90, 0x30, 0x00, 0xC0,
    0x60,
    0x00, 0x60, 0xC0, 0x00, 0x31, 0x80, 0x00, 0x1B, 0x00, 0x00, 0x0E,
    0x00,
    0x00, 0x04, 0x00,
};

```

```

static const unsigned char PROGMEM heartBig_bmp[] = {
    0x01, 0xF0, 0x0F, 0x80, 0x06, 0x1C, 0x38, 0x60, 0x18, 0x06, 0x60,
    0x18,
    0x10, 0x01, 0x80, 0x08, 0x20, 0x01, 0x80, 0x04, 0x40, 0x00, 0x00,
    0x02,
    0x80, 0x00, 0x00, 0x02, 0xC0, 0x00, 0x08, 0x03, 0x80, 0x00, 0x08,
    0x01,
    0x80, 0x00, 0x18, 0x01, 0x80, 0x00, 0x1C, 0x01, 0x80, 0x00, 0x14,
    0x00,
    0x80, 0x00, 0x14, 0x00, 0x80, 0x00, 0x14, 0x00, 0x40, 0x10, 0x12,
    0x00,
    0x40, 0x10, 0x12, 0x00, 0x7E, 0x1F, 0x23, 0xFE, 0x03, 0x31, 0xA0,
    0x04,
    0x01, 0xA0, 0xA0, 0x0C, 0x00, 0xA0, 0xA0, 0x08, 0x00, 0x60, 0xE0,
    0x10,
    0x00, 0x20, 0x60, 0x20, 0x06, 0x00, 0x40, 0x60, 0x03, 0x00, 0x40,
    0xC0,
    0x01, 0x80, 0x01, 0x80, 0x00, 0xC0, 0x03, 0x00, 0x00, 0x60, 0x06,
    0x00,
    0x00, 0x30, 0x0C, 0x00, 0x00, 0x08, 0x10, 0x00, 0x00, 0x06, 0x60,
    0x00,
    0x00, 0x03, 0xC0, 0x00, 0x00, 0x01, 0x80, 0x00
};

```

```

float getSmoothedBPM(float newVal) {
    bpmWindow[windowIndex] = newVal;
    windowIndex = (windowIndex + 1) % WINDOW_SIZE;

    float sum = 0;
    for (int i = 0; i < WINDOW_SIZE; i++) {

```

```

        sum += bpmWindow[i];
    }
    return sum / WINDOW_SIZE;
}

```

```

float spo2Window[WINDOW_SIZE] = {98.0};
float getSmoothedSpO2(float newVal) {
    spo2Window[windowIndex] = newVal;
}

```

```

float sum = 0;
for (int i = 0; i < WINDOW_SIZE; i++) {
    sum += spo2Window[i];
}
return sum / WINDOW_SIZE;
}
float lastCorrectedSpO2 = 98.0;

```

```

void tampilkanDetak(bool besar, int bpm, int spo2) {
    display.clearDisplay();
    if (besar) {
        display.drawBitmap(0, 0, heartBig_bmp, 32, 32, WHITE);
    } else {
        display.drawBitmap(5, 5, heartSmall_bmp, 24, 21, WHITE);
    }
}

```

```

display.setTextSize(1);
display.setCursor(40, 0);
display.println("DETECTED");

```

```

display.setTextSize(2);
display.setCursor(40, 16);
display.print("BPM:");
display.setCursor(88, 16);
display.print(bpm);

```

```

display.setTextSize(2);
display.setCursor(20, 40);

```

```

display.print("SpO2:");
display.setCursor(88, 40);
display.print(spo2);
display.print("%");

display.display();
}

void tampilkanIdle() {
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);
  display.setCursor(0, 10);
  display.println("    Welcome");
  display.setCursor(0, 20);
  display.println("  Sistem Pendeteksi");
  display.setCursor(0, 30);
  display.println(" Detak Jantung untuk");
  display.setCursor(0, 40);
  display.println("  Mencegah Serangan");
  display.setCursor(0, 50);
  display.println("    Jantung");
  display.display();
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Wire.begin();

  if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
    Serial.println(F("OLED tidak ditemukan"));
    while (1);
  }

  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
  display.setCursor(0, 30);

```

```

display.println("    Starting...");
display.display();

if (!particleSensor.begin()) {
    Serial.println("Sensor MAX30102 tidak ditemukan.");
    while (1);
}

particleSensor.setup();
particleSensor.setPulseAmplitudeRed(0x0A);
particleSensor.setPulseAmplitudeGreen(0);
particleSensor.setPulseAmplitudeIR(0x0A);

WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
Serial.print("Menghubungkan ke WiFi");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println();
Serial.println("Terhubung ke WiFi!");
Serial.println(WiFi.localIP());

config.api_key = API_KEY;
config.database_url = DATABASE_URL;
Firebase.signUp(&config, &auth, "", "");
Firebase.begin(&config, &auth);
Firebase.reconnectWiFi(true);
Serial.println("Firebase siap!");

lastAliveTime = millis();
}

void loop() {
    long irValue = particleSensor.getIR();
    long redValue = particleSensor.getRed();

```

```

if (irValue > 10000) {
    lastAliveTime = millis();
}

static unsigned long lastBeat = 0;
static bool hatiBesar = false;
static float displayBPM = 80.0;
static float displaySpO2 = 98.0;

if (irValue > 10000 && checkForBeat(irValue)) {
    unsigned long delta = millis() - lastBeat;
    lastBeat = millis();

    float bpm = 60.0 / (delta / 1000.0);

    if (bpm > 40 && bpm < 150) {
        lowPassBPM = (alpha * bpm) + ((1 - alpha) * lowPassBPM);

        float correctedBPM = lowPassBPM + 25.0;
        if (correctedBPM > 120.0) correctedBPM = 120.0;
        if (correctedBPM < 60.0) correctedBPM = 60.0;

        float smoothBPM = getSmoothedBPM(correctedBPM);
        if (smoothBPM < 65) smoothBPM = 65;
        lastCorrectedBPM = smoothBPM;

        float maxChangePerUpdate = 5.0;
        if (smoothBPM > displayBPM + maxChangePerUpdate) {
            displayBPM += maxChangePerUpdate;
        } else if (smoothBPM < displayBPM - maxChangePerUpdate) {
            displayBPM -= maxChangePerUpdate;
        } else {
            displayBPM = smoothBPM;
        }

        Serial.print("BPM (final): ");
        Serial.println((int)displayBPM);
    }
}

```

```

float R_ratio = 0.0;
if (irValue > 0 && redValue > 0) {
    R_ratio = (float)redValue / (float)irValue;
}

float calculatedSpO2 = 110.0 - (R_ratio * 18.0);

calculatedSpO2 += 4.0;
if (calculatedSpO2 > 99.0) calculatedSpO2 = 99.0;
if (calculatedSpO2 < 90.0) calculatedSpO2 = 90.0;

float smoothSpO2 = getSmoothedSpO2(calculatedSpO2);
lastCorrectedSpO2 = smoothSpO2;

float maxChangeSpO2 = 1.0;
if (smoothSpO2 > displaySpO2 + maxChangeSpO2) {
    displaySpO2 += maxChangeSpO2;
} else if (smoothSpO2 < displaySpO2 - maxChangeSpO2) {
    displaySpO2 -= maxChangeSpO2;
} else {
    displaySpO2 = smoothSpO2;
}

Serial.print("SpO2 (final): ");
Serial.println((int)displaySpO2);

hatiBesar = !hatiBesar;
tampilkanDetak(hatiBesar, (int)displayBPM, (int)displaySpO2);

if (Firebase.ready() && (millis() - lastUpload > uploadInterval)) {
    lastUpload = millis();

    if (Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, globalBPMPATH.c_str(),
(int)displayBPM)) {
        Serial.println("BPM dikirim ke Firebase!");
    } else {

```

```

        Serial.print("Gagal kirim BPM: ");
        Serial.println(fbdo.errorReason());
    }

    if (Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, globalSpO2Path.c_str(),
(int)displaySpO2)) {
        Serial.println("SpO2 dikirim ke Firebase!");
    } else {
        Serial.print("Gagal kirim SpO2: ");
        Serial.println(fbdo.errorReason());
    }
}

delay(20);
return;
}
}

if (millis() - lastAliveTime > WATCHDOG_TIMEOUT) {
    Serial.println("Sistem diam terlalu lama, reset otomatis...");
    ESP.restart();
}

if (irValue < 10000) {
    tampilkanIdle();
    displayBPM = 80.0;
    displaySpO2 = 98.0;
}

delay(10);
}

```

Lampiran 2. Foto Pengujian Alat dan Smartwatch



Lampiran 3. Foto Pengujian Alat dan Aplikasi

