

**RANCANG BANGUN PURWARUPA SENSOR AKTIVITAS
TUBUH PORTABEL UNTUK PEMANTAUAN KESEHATAN
YANG KONTINYU**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Oleh :

CESARIUS ADI ANGGARA KUSTAMTOMO

NIM. I0715008

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2019

HALAMAN SURAT PENUGASAN



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jalan. Ir. Sutami nomor 36 A Kentingan Surakarta 57126
Telepon: 0271 647069 psw 438, faksimili: 0271 662118

SURAT TUGAS

Nomor : 051/TA/TE/2019

Kepala Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
memberikan tugas kepada :

Nama	: Cesarius Adi Anggara Kustamtomo
NIM	: I0715008
Bidang peminatan	: Sistem Mekatronika (SM)
Pembimbing Utama	: Sutrisno. Ph.D NIP. 1987050620180701
Pembimbing Pendamping	: Nanang Wiyono, dr., M.Kes NIP. 197605302002121002
Mata kuliah pendukung	: 1. Mekatronika 2. Sistem Berbasis Mikroprosesor 3. Sistem Kontrol Terintegrasi

untuk mengerjakan dan menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

**Rancang Bangun Purwarupa Sensor Aktivitas Tubuh Portabel untuk
Pemantauan Kesehatan yang Kontinyu**

Surat tugas ini dibuat untuk dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.



Surakarta, 28 Agustus 2019

Kepala Program Studi

Feri Adriyanto, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197004041996031002

Tembusan:

1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA
3. Koordinator TA
4. Arsip

PERNYATAAN INTEGRITAS PENULIS

Saya mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Elektro Universitas Sebelas Maret yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cesarius Adi Anggara Kustamtomo
NIM : I0715008
Judul tugas akhir : Rancang Bangun Purwarupa Sensor Aktivitas Tubuh
Portabel Untuk Pemantauan Kesehatan Yang Kontinyu

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya susun tidak mencontoh atau melakukan plagiat dari karya tulis orang lain. Jika terbukti tugas akhir yang saya susun tersebut merupakan hasil plagiat dari karya orang lain maka tugas akhir yang saya susun tersebut dinyatakan batal dan gelar sarjana yang saya peroleh dengan sendirinya dibatalkan atau dicabut.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan apabila dikemudian hari terbukti melakukan kebohongan maka saya sanggup menanggung segala konsekuensinya.

Surakarta, 5 Desember 2019

Cesarius Adi Anggara Kustamtomo

NIM. I0715008

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN PURWARUPA SENSOR AKTIVITAS TUBUH PORTABEL UNTUK PEMANTAUAN KESEHATAN YANG KONTINYU

Disusun oleh
CESARIUS ADI ANGGARA KUSTAMTOMO
NIM. I0715040

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Sutrisno S.T., M.Sc, Ph.D.
NIP. 1987050620180701

Nanang Wiyono, dr., M.Kes
NIP. 197605302002121002

Telah dipertahankan di hadapan Tim Dosen Penguji pada hari Kamis tanggal 30 Juli 2020

1. Sutrisno S.T., M.Sc, Ph.D.
NIP. 1987050620180701
2. Nanang Wiyono, dr., M.Kes
NIP. 197605302002121002
3. Dr. Eng. Faisal Rahutomo, S.T., M.Kom.
NIP. 197711162005011008
4. Hari Maghfiroh M.Eng.
199104132018031001

	Mengetahui,
Kepala Prodi Teknik Elektro	Koordinator Tugas Akhir

Feri Adriyanto, Ph.D.
NIP. 196801161999031001

Muhammad Hamka Ibrahim, S.T., M.Eng.
NIP. 1988122920161001

RANCANG BANGUN PURWARUPA SENSOR AKTIVITAS TUBUH PORTABEL UNTUK PEMANTAUAN KESEHATAN YANG KONTINYU

Cesarius Adi Anggara Kustamtomo

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Email : 08.cesarius@gmail.com

ABSTRAK

Menurut WHO penyebab kematian paling banyak di dunia adalah karena penyakit kardiovaskular. Pada tahun 2016 sekitar 17,9 juta orang meninggal karena penyakit kardiovaskular, mewakili 31% kematian di dunia. Dari kematian ini, 85% disebabkan oleh serangan jantung dan stroke. Gaya hidup masyarakat yang tidak sehat dapat menyebabkan stress yang merupakan salah satu penyebab serangan jantung. Salah satu metode untuk menguji kondisi kesehatan dari individu dapat dilakukan dengan mengukur tekanan darah, denyut jantung dan suhu tubuh. Untuk orang yang dalam kondisi rawat jalan perlu diadakan pemantauan kesehatan secara berkala oleh pihak dokter untuk mengetahui kondisi pasien semakin membaik atau tidak. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat alat yang dapat mengetahui kesehatan jantung pasien secara realtime melalui aplikasi *smartphone* tanpa perlu berada disamping pasien, sehingga dapat menghemat waktu dan biaya. Parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kesehatan jantung pasien dalam penelitian ini adalah suhu tubuh dan denyut jantung. Nilai parameter tersebut dikirimkan ke aplikasi Blynk melalui internet. Perangkat ini berhasil mengukur suhu tubuh, jumlah denyut jantung, serta dapat memantau aktifitas listrik jantung dalam bentuk elektrokardiogram, yang kemudian data dapat dilihat melalui aplikasi Blynk oleh mereka yang telah diberikan kode otentifikasi untuk mengaksesnya.

Kata kunci : Pemantau kesehatan, Jantung, ECG, IoT

PORTABLE BODY ACTIVITY SENSOR FOR CONTINUOUS HEALTH MONITORING PROTOTYPE DESIGN

Cesarius Adi Anggara Kustamtomo

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,

Sebelas Maret University

Email : 08.cesarius@gmail.com

ABSTRACT

According to WHO the most common cause of death in the world is due to Cardiovascular Disease. In 2016 around 17,9 million people died of Cardiovascular Disease, representing the 31% of deaths in the world. Of these deaths, 85% are caused by heart attacks and strokes. Unhealthy people's lifestyles can cause of heart attacks. One method to test the health condition of an individual can be done by measuring the blood pressure, heart rate, and body temperature. For people who are in an ambulatory condition it is necessary to hold regular health monitoring by the doctor to find out whether the patient's condition is getting better or not. The purpose of this study is to create a tool that can determine the patient's heart health in realtime through a smartphone application without the need to be beside the patient, so as to save time and money. The parameters used to determine the level of heart health of patients in this study are body temperature and heart rate. The parameter values are sent to the Blynk application via the internet. This device successfully measures body temperature, heart rate, and also can monitor the electrical activity of the heart in the form of an electrocardiograph, which then data can be viewed through the Blynk application by those who have been given an authentication code to access it.

Keywords: Health monitor, heart, ECG, IoT

KATA PENGANTAR

Tugas akhir ini bukanlah sekedar syarat untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik, namun melalui tugas akhir ini penulis banyak belajar. Semakin banyak kesalahan yang dibuat, semakin keras usaha untuk memperbaikinya, sehingga akan semakin banyak ilmu yang bisa didapatkan. Dalam menghadapi sebuah kegagalan, haruslah dihadapi dengan lapang dada, karena dibalik sebuah kegagalan itu terdapat sebuah pembelajaran. Konsisten merupakan satu-satunya jalan dalam mencapai keberhasilan. Berprasangka baik adalah langkah awal dalam mencapai konsistensi itu.

Menyelesaikan tugas akhir ini tidaklah mudah, ada banyak pihak yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini. Melalui kata pengantar ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Sutrisno, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Pembimbing I yang telah memberikan ide, saran, arahan, bimbingan, dan motivasi selama perkuliahan di Teknik Elektro, terutama selama mengerjakan tugas akhir ini hingga selesai.
2. Bapak Nanang Wiyono, dr., M.Kes., selaku Pembimbing II yang telah memberikan ide, saran, arahan, bimbingan, dan motivasi selama mengerjakan tugas akhir ini hingga selesai.
3. Bapak Feri Adriyanto, Ph.D. selaku Kepala Prodi Teknik Elektro yang telah memberikan ide, saran, arahan, bimbingan, dan motivasi selama mengerjakan tugas akhir ini hingga selesai.
4. Bapak Dr. Ir. Augustinus Sujono M.T. selaku Dosen pembimbing akademik yang telah memberikan inspirasi, motivasi dan saran dalam perkuliahan.
5. Bapak Muhammad Hamka Ibrahim S.T., M.Eng. selaku koordinator tugas akhir atas bimbingan dan bantuan yang telah diberikan.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, motivasi, dan inspirasi yang luar biasa selama menjalani masa perkuliahan selama kurang lebih 4 tahun ini.

7. Seluruh teman-teman Teknik Elektro Universitas Sebelas Maret Surakarta dan teman-teman lainnya yang telah memberikan bantuan dan forum diskusi.
8. Segenap keluarga yang telah memberikan doa, dukungan dan kasih sayang kepada penulis.

Melalui tugas akhir ini penulis berharap dapat memberi manfaat, wawasan, dan inspirasi bagi siapa saja yang membacanya. Namun, penulis juga menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan di dalam skripsi ini, sehingga penulis juga mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar karya tulis berikutnya dapat lebih baik lagi. Penulis juga memohon maaf apabila terdapat kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat menghasilkan laporan yang bermanfaat bagi banyak pihak.

Surakarta, 5 Desember 2019

Cesarius Adi Anggara K.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN SURAT TUGAS	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Penyakit Kardiovaskular	6
2.3 Perangkat Sensor Cerdas	7
2.3.1 Modul ESP32	7
2.3.2 Sensor Denyut Jantung.....	11
2.3.3 Sensor Suhu DS18B20.....	13
2.3.4 Sensor Electrocardiograph (ECG) AD8232.....	14
2.4 Antarmuka Menggunakan Aplikasi Blynk.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Perancangan Desain Sistem	20
3.2 Karakterisasi Sensor	21
3.2.1 Sensor Suhu DS18B20.....	22
3.2.2 Sensor Denyut Jantung.....	23
3.2.3 Sensor ECG AD8232	24
3.3 Pengolahan Data.....	24
3.2.1 Sensor Suhu DS18B20.....	24
3.2.2 Sensor Denyut Jantung.....	24
3.2.3 Sensor ECG AD8232	25
3.4 Pembuatan Purwarupa Alat.....	25
3.4.1 Pembuatan Perangkat Lunak.....	25
3.4.2 Pembuatan Perangkat Keras.....	33

3.5 Pengujian Alat	37
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	
4.1 Pengujian Performa Sensor	40
4.1.1 Pengujian Sensor Suhu DS18B20.....	40
4.1.2 Pengujian Sensor Denyut Jantung.....	41
4.1.3 Pengujian Sensor ECG AD8232	41
4.2 Penggunaan Daya	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN.....	50
Lampiran 1. Koding ESP32	51
Lampiran 2. Konfigurasi Pin ESP32.....	55
Lampiran 3. Dokumentasi	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian yang Relevan.....	4
Tabel 2.2 Parameter Penyakit Jantung.....	7
Tabel 3.1 Alat Pembuatan Rangkaian.....	34
Tabel 3.2 Bahan Pembuatan Rangkaian.....	34
Tabel 3.3 Harga Komponen	39
Tabel 3.4 Perbandingan dengan Produk di Pasaran	39
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20	40
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor Denyut Jantung	41
Tabel 4.3 Penggunaan Daya.....	44
Tabel 4.4 Spesifikasi Powerbank yang Digunakan.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Modul ESP32	7
Gambar 2.2 Arsitektur ESP32.....	8
Gambar 2.3 Susunan ESP32	9
Gambar 2.4 Grafik ADC ESP32	10
Gambar 2.5 Sensor Denyut Jantung (a) bagian depan dan (b) bagian belakang...	11
Gambar 2.6 Skematik Diagram Sensor Denyut	11
Gambar 2.7 Sensor Suhu DS18B20	13
Gambar 2.8 Skematik Sederhana Sensor DS18B20	14
Gambar 2.9 Sensor ECG AD8232	14
Gambar 2.10 Skematik Sensor ECG AD8232	15
Gambar 2.11 Lokasi Sadapan Sensor ECG AD8232.....	16
Gambar 2.12 Contoh Gelombang ECG	16
Gambar 3.1 Prosedur Penelitian.....	20
Gambar 3.2 Rancangan Sistem Keseluruhan	21
Gambar 3.3 Skematik Rangkaian Pengujian Sensor DS18B20	22
Gambar 3.4 Pengujian Sensor Suhu DS18B20	23
Gambar 3.5 Rangkaian Pengujian Sensor Denyut Jantung.....	23
Gambar 3.6 Rangkaian Pengujian Sensor ECG AD8232	24
Gambar 3.7 Alur Pembuatan Perangkat Lunak.....	25
Gambar 3.8 Diagram Alir Perangkat	26
Gambar 3.9 Pembuatan Sketch pada Arduino IDE.....	27
Gambar 3.10 Pembuatan Proyek Baru	28
Gambar 3.11 Kode Otentifikasi Blynk.....	29
Gambar 3.12 Widget Blynk yang Digunakan	29
Gambar 3.13 Widget Super Chart.....	30
Gambar 3.14 Widget LED	31
Gambar 3.15 Widget Value Display	31
Gambar 3.16 Widget Level H	32
Gambar 3.17 Widget Button	33
Gambar 3.18 Alur Pembuatan Perangkat Keras	33
Gambar 3.19 Skematik Rangkaian Perangkat Keras	34
Gambar 3.20 Penempatan Rangkaian	35
Gambar 3.21 Hasil Pemasangan Rangkaian	36
Gambar 3.22 Hasil Pengemasan Perangkat	36
Gambar 3.23 Tampilan Pengukuran pada LCD	37
Gambar 3.24 Tampilan Pengukuran pada Aplikasi Blynk	38
Gambar 3.25 Tampilan History Graph yang Dikirim Melalui Email	38
Gambar 4.26 Hasil Pengujian Sensor ECG AD8232.....	42
Gambar 4.27 Hasil Pengujian Sensor Denyut Jantung	42

Gambar 4.28 Grafik Noise Sensor Sebelum Diberi Filter	43
Gambar 4.29 Grafik Noise Sensor Setelah Diberi Filter.....	43
Gambar 4.30 Pengukuran Arus	44

DAFTAR SINGKATAN

ADC	: <i>Analog to digital converter</i>
CVD	: <i>Cardiovascular Disease</i>
DAC	: <i>Digital to analog converter</i>
DC	: <i>Direct current</i>
ECG	: <i>Electro Cardio Graph</i>
GPIO	: <i>General Purpose Input/Output</i>
IC	: <i>Integrated Circuit</i>
IDE	: <i>Integrated development environment</i>
IoT	: <i>Internet of Things</i>
IR	: <i>Infra Red</i>
LCD	: <i>Liquid Crystal Display</i>
PPG	: <i>Photoplethysmogram</i>
SMS	: <i>Short Message Service</i>
USB	: <i>Universal serial bus</i>
VCC	: <i>Voltage Common Collector</i>
VCSIR	: <i>Variable-Centered Intelligent Rule System</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyak orang terlalu sibuk bekerja hingga lupa menjaga kesehatan mereka. Jam kerja yang berlebih juga berakibat pada gaya hidup tidak sehat seperti, pola makan yang tidak teratur dan malas berolahraga karena lelah seharian duduk di kantor. Gaya hidup yang tidak sehat tersebut dapat menyebabkan stress yang merupakan salah satu penyebab serangan jantung. Memang stress bukan penyebab langsung serangan jantung, tapi stress meningkatkan tekanan darah secara drastis. Menurut WHO penyebab kematian paling banyak di dunia adalah karena penyakit kardiovaskular. Pada tahun 2016 sekitar 17,9 juta orang meninggal karena penyakit kardiovaskular, mewakili 31% kematian di dunia. Dari kematian ini, 85% disebabkan oleh serangan jantung dan stroke [1]. Di Indonesia sendiri penyakit jantung merupakan penyebab utama kematian pada tahun 2012. Angka kematian akibat penyakit kardiovaskular semakin meningkat sebesar 37% penduduk Indonesia [2].

Salah satu metode untuk menguji kondisi kesehatan dari individu dapat dilakukan dengan mengukur tekanan darah, denyut jantung dan suhu tubuh. Untuk orang yang dalam kondisi rawat jalan perlu diadakan pemantauan kesehatan secara berkala oleh pihak dokter untuk mengetahui kondisi pasien semakin membaik atau tidak. Karena faktor jarak dan waktu, komunikasi antara dokter dan pasien akan terganggu [6]. Sedangkan jika tinggal di rumah sakit untuk perawatan medis dan menunggu kesehatan pulih dapat menjadi sangat membosankan, monoton, dan biayanya juga mahal.

Pada banyak negara berkembang, kesehatan manusia seringkali menjadi permasalahan utama. Hanya 8% dari populasi yang dapat memiliki akses ke 20% dari sumber daya medis negara. Ketidakmampuan untuk mengakses layanan kesehatan yang layak untuk populasi pedesaan yang berbanding lurus dengan tingkat penyakit kardiovaskular yang meningkat dengan cepat merupakan masalah serius [5].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah, maka rumusan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana cara membuat alat yang dapat memantau kesehatan jantung?
2. Bagaimana cara membuat sistem pengukuran detak jantung dan suhu tubuh untuk pemantauan kesehatan jantung?
3. Bagaimana kalibrasi setiap sensor yang digunakan dalam penelitian ini?
4. Bagaimana metode pengambilan data hasil pemantauan kesehatan oleh alat?
5. Bagaimana tingkat keberhasilan pengiriman dan penerimaan data antar perangkat (*smartphone* dan purwarupa perangkat) dalam sistem komunikasinya yang menggunakan *wifi*?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Merealisasikan perangkat sensor aktivitas tubuh yang cerdas, portabel, dan murah sebagai pemantau kesehatan.
2. Mengintegrasikan sensor detak jantung dan suhu sebagai perangkat instrumentasi pemantauan tingkat kesehatan berbasis mikroprosesor ESP32.
3. Memberikan alternatif bagi masyarakat untuk memudahkan dalam pemantuan kesehatan.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Perangkat ini diharapkan dapat menjadi alat pembantu dalam bidang kesehatan dengan memantau detak jantung dan suhu tubuh untuk deteksi dini gejala penyakit jantung.
2. Perangkat ini diharapkan menjadi solusi bagi para peneliti khususnya dibidang kesehatan untuk mengukur detak jantung, tekanan darah, dan suhu tubuh karena dapat mengambil *sampling* data secara teratur dan data *sampling* tersebut dapat langsung diolah.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan penelitian yang dilaksanakan adalah sebagai berikut:

Bab I adalah pendahuluan. Pada bab ini diberikan penjelasan singkat mengenai latar belakang penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan laporan penelitian.

Bab II adalah tinjauan pustaka. Pada bab ini dijelaskan tentang uraian tinjauan pustaka dan masalah mengenai pemantau aktivitas jantung, algoritma yang digunakan dalam sistem ini dan komunikasi antar-piranti, serta menjelaskan tentang landasan teori yang berhubungan dengan penelitian.

Bab III adalah metodologi penelitian. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tahap-tahap dan prosedur penelitian yang dilakukan. Prosedur penelitian digambarkan dengan diagram alir yang dimulai dari persiapan, pengujian sensor, pembuatan alat, dan pembuatan antarmuka aplikasi.

Bab IV adalah hasil dan pembahasan. Pada bab ini akan dijelaskan tentang hasil dan analisa dari sistem pemantau aktivitas jantung yang terdiri dari pengujian sensor, pengambilan data, dan analisa.

Bab V adalah penutup. Pada bab ini terdapat kesimpulan dan saran, sebagai hasil dari penelitian mengenai pembuatan sistem pemantauan aktivitas jantung yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Beberapa jurnal maupun skripsi yang relevan dan mendukung landasan teori dalam penelitian ini antara lain:

Tabel 2.1 Penelitian yang Relevan

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Sensor	Output
A. Johan, Dkk. [4]	<i>Alat Pengukur Tekanan Darah Otomatis Berbasis Mikroprosesor Untuk Pasien</i>	<ul style="list-style-type: none"> Blood Pressure Meter 	<ul style="list-style-type: none"> LCD SMS otomatis melalui modul GSM
F. Zennifa, Dkk. [6]	<i>Prototipe Alat Deteksi Dini dan Mandiri Penyakit Jantung Menggunakan Sistem Pakar VCSIR, Arduino dan Handphone Android</i>	<ul style="list-style-type: none"> Pulse Oxymetry Sensor Pulse Sensor 	<ul style="list-style-type: none"> Aplikasi Android
R. Eddy, Dkk. [8]	<i>Perancangan Pengukur Detak Jantung dan Suhu Tubuh Berbasis Arduino Serta Smartphone Android</i>	<ul style="list-style-type: none"> Pulse Sensor Sensor Suhu DS18B20 	<ul style="list-style-type: none"> LCD Aplikasi Android melalui koneksi bluetooth
S. Gowrishankar, Dkk. [5]	<i>IoT based Heart Attack Detection, Heart Rate and Temperature Monitor</i>	<ul style="list-style-type: none"> Pulse Sensor Sensor Suhu LM35 	<ul style="list-style-type: none"> Offline data: LCD Online data: IoT database ThinkSpeak
S. K. Ridho, Dkk. [11]	<i>Prototipe Alat Monitoring Kesehatan Jantung Berbasis IoT</i>	<ul style="list-style-type: none"> Pulse Sensor 	<ul style="list-style-type: none"> Offline data: LCD Online data: Berbasis server cloud webpage system

Diantara penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan topik penelitian kali ini. Penelitian yang dilakukan oleh Fadilla Zennifa dkk pada tahun 2013 yang mengembangkan prototipe alat deteksi dini dan mandiri penyakit jantung menggunakan sistem pakar Variable-Centered Intelligent Rule System (VCIRS). Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil diagnosis perangkat dengan hasil diagnosis dokter untuk menghasilkan jawaban yang sama. Tujuan utamanya

adalah untuk memudahkan pengguna dalam membantu mengenali gejala penyakit jantung secara dini dan mandiri [6].

Penelitian berikutnya oleh Hamdan Heruryanto pada tahun 2014, yang mengembangkan sistem pengukuran detak jantung berbasis mikrokontroller Atmega8535 [7]. Adiluhung mengembangkan alat pengukur tekanan darah otomatis berbasis mikroprosesor untuk pasien rawat jalan yang dihubungkan dengan SMS gateway. Penelitian yang belakangan banyak yang mencoba menghubungkan alat sensor tubuh dengan *smartphone* (Android) sehingga lebih mudah diakses dan dianalisa datanya dari manapun. Contohnya yang dilakukan Riyanto dkk. pada tahun 2006. Sebagian peneliti juga juga menggunakan Internet of Things (IoT) [8].

Penelitian lain yang relevan dilakukan oleh Gowrishankar dkk. pada tahun 2017 yang berjudul “IoT based Heart Attack Detection, Heart Rate and Temperature Monitor”. Pada penelitian tersebut Gowrishankar menggunakan Pulse Sensor dan Sensor suhu LM35 dan memiliki output informasi (secara *offline*) pada LCD dan (secara *online*) pada IoT database ThinkSpeak [5].

Namun kebanyakan produk penelitian yang dilakukan sebatas *proof of concept* atau proyek percobaan yang tujuan utamanya menunjukkan bahwa konsep desain yang dilakukan layak dan mampu dikembangkan. Masih perlu banyak pengembangan untuk dipakai secara luas atau menjadi produk komersial. Sedangkan dalam penelitian ini dibuat sebuah purwarupa sensor aktivitas tubuh menggunakan sensor suhu DS18B20 dan sensor denyut jantung selain itu juga ditambahkan sensor ECG AD8232 untuk meningkatkan akurasi pemantauan parameter kesehatan jantung. Purwarupa penelitian ini dirancang untuk pengemasan yang ringkas dan portabel agar mudah dibawa dan mudah digunakan untuk pemantauan kesehatan yang kontinyu. Tidak seperti penelitian sebelumnya yang ditunjukkan pada tabel 2.1, purwarupa sensor aktivitas tubuh portabel untuk pemantauan kesehatan yang kontinyu dalam penelitian kali ini dapat diakses secara *mobile* dengan memanfaatkan jaringan internet melalui *smartphone* android yang sudah dimiliki mayoritas penduduk Indonesia.

2.2 Penyakit Kardiovaskular

Penyakit Kardiovaskular merupakan beberapa penyakit yang disebabkan karena permasalahan pada jantung dan pembuluh darah. Komplikasi penyakit kardiovaskular (CVD) yang melemahkan dan seringkali fatal biasanya terlihat pada para lanjut usia. Namun, aterosklerosis - proses patologis utama yang mengarah ke penyakit arteri koroner, penyakit arteri serebral dan penyakit arteri perifer - dimulai sejak usia muda dan berkembang secara bertahap melalui masa remaja dan dewasa awal (15-17 tahun). Biasanya tidak bergejala untuk waktu yang lama.

Tingkat perkembangan aterosklerosis dipengaruhi oleh faktor risiko kardiovaskular: konsumsi rokok, diet yang tidak sehat dan jarang beraktivitas fisik, tekanan darah tinggi (hipertensi), lipid darah abnormal (dislipidaemia) dan peningkatan glukosa darah (diabetes). Paparan berkelanjutan terhadap faktor-faktor risiko ini mengarah pada perkembangan aterosklerosis lebih lanjut, yang mengakibatkan plak aterosklerotik yang tidak stabil, penyempitan pembuluh darah dan penyumbatan aliran darah ke organ-organ vital, seperti jantung dan otak. Beberapa penyakit yang termasuk Kardiovaskular antara lain:

- Jantung koroner (Pada pembuluh darah ke otot jantung)
- Cerebrovascular (Pada pembuluh darah ke otak)
- Peripheral arterial (Pada pembuluh darah ke tangan dan kaki)
- Jantung rematik (Pada otot jantung dan katup jantung karena demam rematik)
- Congenital heart (Kecacatan jantung dari lahir)
- Deep vein thrombosis and pulmonary embolism (Penggumpalan darah di vena kaki, yang dapat terlepas dan bergerak ke jantung dan paru-paru)

Faktor penyebab penyakit jantung dan stroke adalah pola makan yang tidak sehat, kurang beraktivitas, serta konsumsi rokok dan alkohol. Perilaku hidup yang tidak sehat tersebut dapat mengakibatkan naiknya tekanan darah, naiknya gula darah, naiknya kadar lemak dalam darah (*Blood lipids*) serta obesitas yang dapat mengarah ke penyakit jantung.

Tidak semua penyakit jantung dapat dideteksi, beberapa parameter yang dapat diukur untuk mengetahui penyakit jantung ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Parameter Penyakit Jantung

No.	Parameter	Kondisi Normal	Keterangan
1.	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	35-38 $^{\circ}\text{C}$	>38 $^{\circ}\text{C}$ = Demam <35 $^{\circ}\text{C}$ = Hipotermia
2.	Detak Jantung	60-100 Bpm	Berbeda pada setiap orang tergantung usia, kesehatan, suhu udara, posisi tubuh, ukuran tubuh, dan obat2an yang sedang digunakan.

Sumber: Edward R. Laskowski, M. D. (2018)

2.3 Perangkat Sensor Cerdas

Rangkaian sistem yang dibutuhkan memerlukan piranti yang terdiri dari sensor denyut, sensor ECG, sensor suhu, layar LCD dan modul ESP32. Selanjutnya pengunggahan program kedalam mikroprosesor.

2.3.1 Modul ESP32

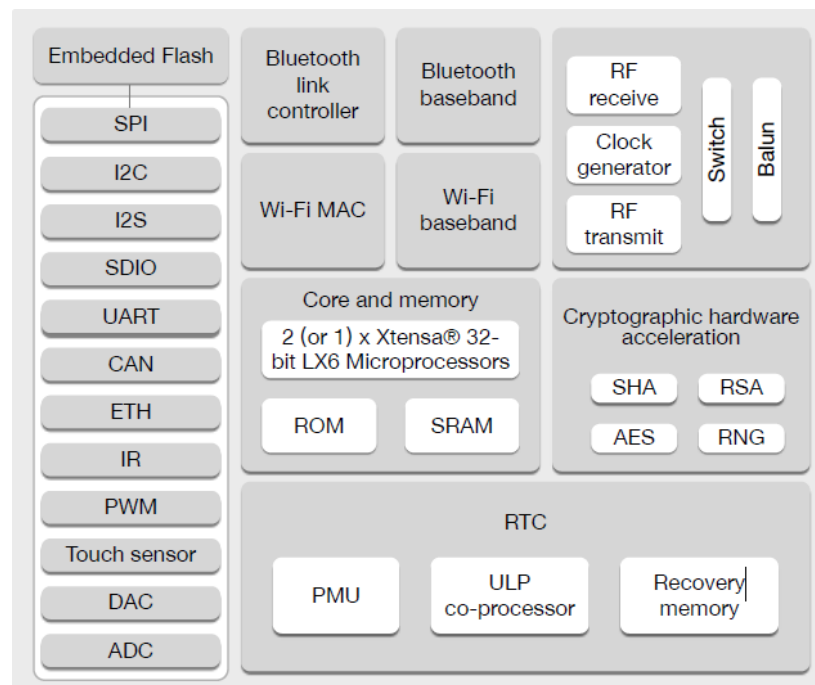
Mikroprosesor dalam sistem ini menggunakan modul Espressif 32 atau ESP32 yang dibuat oleh Espressif Systems, ESP32 adalah pengembangan dari ESP8266 yang telah cukup populer untuk aplikasi. ESP32 merupakan mikroprosesor dua inti (*dual-core*) dengan 2.4 GHz WiFi dan Bluetooth yang telah tertanam didalamnya.



Gambar 2.1 Modul ESP32

ESP32 digunakan karena merupakan mikrokontroler *open source* berdaya rendah dan murah yang didesain mendukung kemampuan WiFi dan Bluetooth sekaligus. Beberapa keunggulan mikroprosesor ini dibidang IoT diantaranya seperti rancangan antena yang terintegrasi, komunikasi berbasis frekuensi radio, *power amplifier* terintegrasi, *low-noise receive amplifier*, *filters*, dan modul manajemen daya.

Desain ESP32 menggunakan teknologi 40 nm TSMC *Ultra-Low-Power* sehingga kebutuhan daya yang digunakan mikroprosesor dapat efisien. Daya yang dibutuhkan ESP32 adalah 3,3 VDC dengan minimal arus 0,2 μ A. Berikut ini merupakan arsitektur dari ESP32:



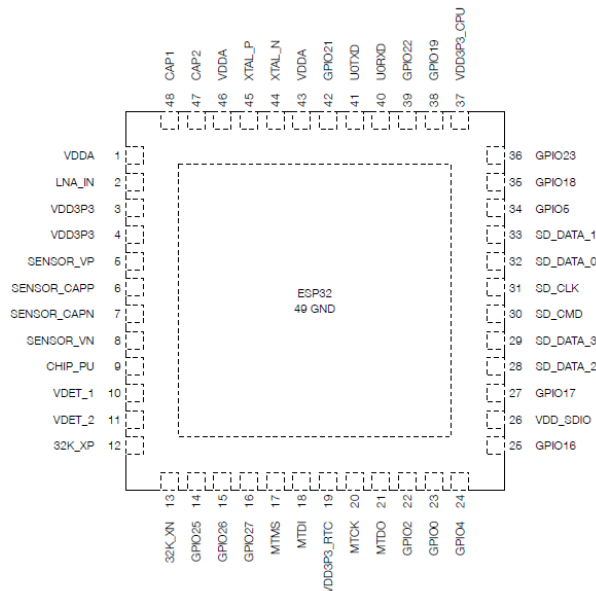
Gambar 2.2 Arsitektur ESP32

Mikroprosesor ESP32 ini fitur fitur berupa:

- ESP32 VVC Range : 2,2 V – 3,6 V *with regulator output* 600 mA ketika ESP32 bekerja penuh.
- WiFi 802.11 b/g/n/e/i WPA/WPA2
- Bluetooth 4.2/*Bluetooth Low Energy* (BLE)
- Dual-core* Xtensa 32-bit LX6 *up to* 240 MHz
- 448 KB ROM
- 520 KB *internal* SRAM
- 4 MB *external* flash
- 18 x *Analog to Digital Converter* (ADC)
- 3 x *Serial Peripheral Interface* (SPI)
- 3 x *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter* (UART)

- k. 2 x *Inter-integrated Circuit* (I2C)
- l. 2 x *Inter-IC Sound* (I2S)
- m. 16 x *Pulse Width Modulation* (PWM)
- n. 2 x *Digital to Analog Converter* (DAC)
- o. 10 x sensor sentuh
- p. *ACD Preamp* 12-bit low noise
- q. *Hall sensor*
- r. *Infrared remote controller* (TX/RX, 8 channels)
- s. 5 μ A deep sleep current
- t. *Individual power domain for RTC*
- u. *Ultra low power analog pre-amplifier*
- v. 12 bit ADC
- w. 8 bit DAC
- x. 512 bytes EEPROM *flash memory*

Seluruh fitur yang telah dijabarkan diatas terdapat pada satu *Integrated Circuit* (IC) 48 pin dengan susunan seperti berikut:

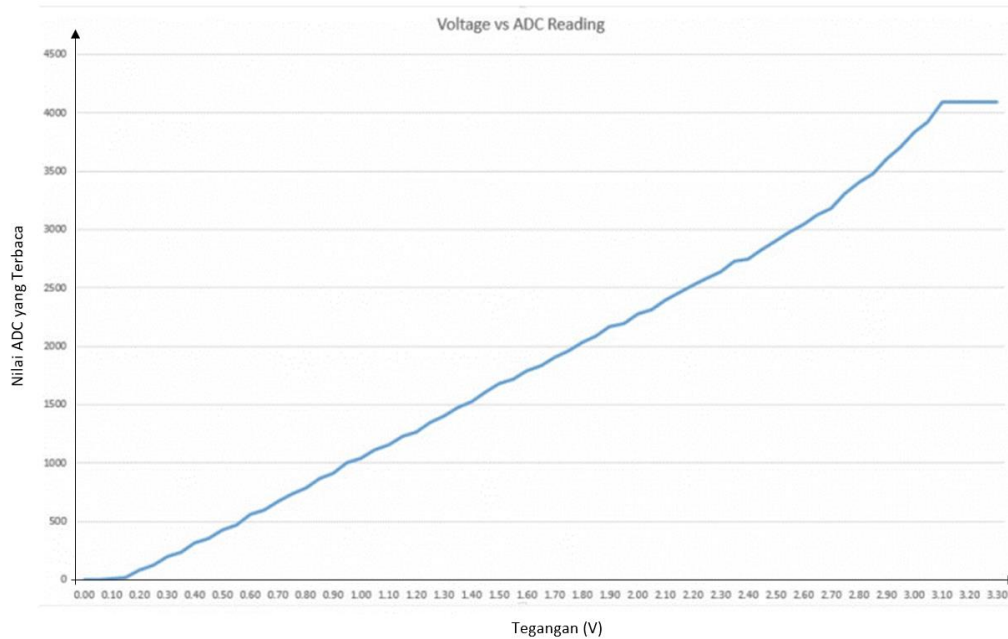


Gambar 2.3 Susunan ESP32

Dalam modul ESP32 18 pin yang dapat digunakan sebagai *Analog to Digital Converter* (ADC). ADC dapat digunakan untuk membaca nilai input analog dan mengubahnya ke dalam nilai digital. Akurasi sinyal analog yang dihasilkan ditentukan oleh tingkat resolusi ADC. ADC yang banyak digunakan saat ini merupakan ADC dengan resolusi 8 bit yang berarti memiliki 8 bit data digital yang apabila dinyatakan dalam bentuk desimal nilai maksimumnya adalah 255. Resolusi ADC yang terdapat pada modul ESP32 adalah 12 bit sehingga menghasilkan nilai desimal antara 0 dan 4095. Tegangan referensi pada ADC

ESP32 sebesar 3.3 V. Sehingga input tegangan sebesar 3.3 V akan menghasilkan nilai desimal 4095.

Idealnya nilai pembacaan ADC adalah linier, tetapi pada modul ESP32 pembacaannya tegangannya akan terlihat seperti pada grafik berikut:



Gambar 2.4 Grafik ADC ESP32

Grafik diatas berarti ESP32 tidak dapat membedakan 3,3 V dengan 3,2 V yang kemudian akan menghasilkan nilai yang sama yaitu 4095. Hal yang sama juga berlaku untuk tegangan yang sangat rendah, pada pembacaan 0 V dan 0,1 V nilai yang dihasilkan adalah 0.

Nilai dapat juga menunjukkan tingkat perbandingan akurasi yang terbaca, dimana nilai ADC dikalikan dengan nilai tegangan terukur, kemudian dibagi dengan nilai tegangan sumber. Sehingga dapat ditulis persamaanya sebagai berikut.

$$ADC = \frac{ADC_{maks} \times V_{out}}{V_{in}} \quad (2.1)$$

Dimana :

- ADC = nilai ADC yang terbaca
- ADCmaks = nilai ADC maksimum (4095)
- Vout = tegangan yang terbaca
- Vin = Tegangan sumber

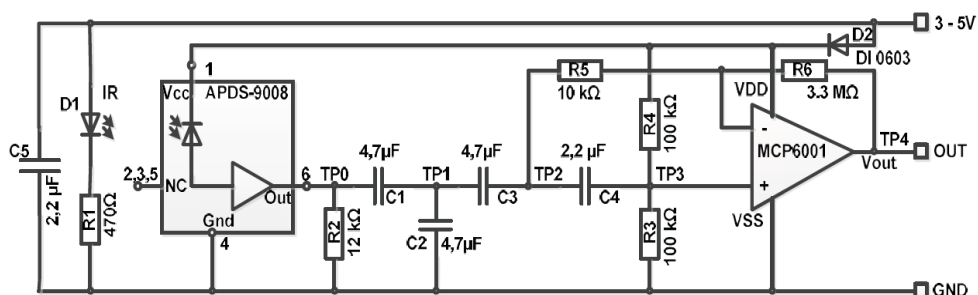
2.3.2 Sensor Denyut Jantung

Sensor denyut jantung yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sensor photoplethysmogram (PPG) *open source* buatan World Famous Electronics. Dalam modul sensor ini telah diintegrasikan sensor *infrared*, detektor cahaya, rangkaian filter, rangkaian penguat sinyal dan komponen proteksi rangkaian.



Gambar 2.5 Sensor Denyut Jantung (a) bagian depan dan (b) bagian belakang

Pulse heart rate sensor pada dasarnya menggunakan prinsip kerja photoplethysmography, dimana merupakan metoda optis yang relatif sederhana dan murah untuk mendeteksi secara *non-invasive* perubahan volume darah setiap jantung berdetak pada jaringan pembuluh darah (Allen, 2007). Sinyal yang dihasilkan oleh sensor menghasilkan gelombang PPG seperti yang ditunjukkan pada gambar PPG dalam dunia medis digunakan untuk pengukuran *respiratory rate* (pernafasan) dan *heart rate* (detak jantung). Saat jantung memompa darah ke seluruh tubuh, setiap denyut yang terjadi disertai dengan munculnya gelombang pulsa seperti gelombang kejut yang merambat melalui arteri hingga ke lapisan kapiler tangan (jari) tempat pulse heart rate sensor dipasang. Skematik diagram sederhana modul sensor denyut ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.6 Skematik Diagram Sensor Denyut

Photodiode yang sudah terintegrasi dalam komponen APDS 9008 digunakan sebagai penangkap gelombang cahaya yang dipancarkan oleh Infra Red (IR). Metoda pengukuran detak jantung pada pembuluh darah jari tangan pada sistem ini menggunakan metoda refleksi, dimana IR sebagai sumber cahaya dipasangkan sejajar dengan Photodiode sebagai sensor cahaya. Sinyal atau perubahan yang diterima oleh Photodiode adalah pantulan cahaya dari IR. Photodiode mengubah besarnya intensitas cahaya yang diterima menjadi arus listrik. Besar kecilnya cahaya yang diterima berdasarkan pantulan cahaya dari IR yang dipancarkan ke pembuluh darah pada jari tangan.

Arus listrik yang dihasilkan oleh komponen APDS-9008 kemudian diubah menjadi tegangan listrik di titik TP0 dengan menggunakan sebuah resistor 12 k Ω . Tegangan listrik ini kemudian disaring untuk menghilangkan tegangan DC dan diperkecil tegangannya dengan menggunakan kapasitor C1 dan C2. Sinyal ini kemudian dihubungkan rangkaian *differensiator* op-amp dengan frekuensi *cut-off* 3,38 Hz yang dihasilkan oleh kapasitor C3 dan R5. Rangkaian *differensiator* ini akan berfungsi ganda yaitu sebagai *differensiator* dan sebagai penguat *inverting*. Rangkaian akan berfungsi sebagai *differensiator* jika frekuensi sinyal input pada TP1 lebih kecil dari frekuensi *cut-off* atau rangkaian akan berfungsi sebagai penguat *inverting* jika frekuensi sinyal input pada TP1 lebih besar dari frekuensi *cut-off*. Sinyal pada TP1 kemudian dihubungkan dengan komponen C4 dan resistor R3 untuk difilter kembali dengan frekuensi *cut-off* 0,72 Hz. Dengan kata lain, rangkaian ini akan menfilter sinyal sesuai dengan detak jantung manusia pada umumnya yaitu lebih kurang 43 sampai dengan 200 beat per minute (bpm).

Komponen resistor R3 dan R4, berfungsi juga sebagai pembagi tegangan untuk menghasilkan tegangan bias untuk sinyal TP1 sehingga memiliki sinyal dengan tegangan *offset* sebesar setengah dari tegangan catu daya (VCC) yang diberikan. Sinyal tersebut kemudian dikondisikan dengan rangkaian *differensiator* op-amp sesuai dengan frekuensi sinyal input yang mengalir pada rangkaian. Jika rangkaian *differensiator* ini berfungsi sebagai penguat, maka akan menghasilkan penguat *inverting* dengan penguatan sebesar 330 kali. Tegangan keluaran (Vout) dari modul ini berupa level tegangan DC yang memenuhi persyaratan untuk diproses lebih lanjut oleh mikroprosesor ESP32 melalui pin ADC.

Modul sensor ini juga dilengkapi dengan pengaman berupa dioda D2 untuk mencegah terbaliknya polaritas catu daya yang diberikan agar menghindari kerusakan pada komponen. Dioda D2 akan bersifat *forward bias* jika polaritas catu daya dalam posisi yang benar, sedangkan Dioda D2 akan bersifat *reverse bias* jika polaritas catu daya dalam posisi yang salah.

2.3.3 Sensor Suhu DS18B20

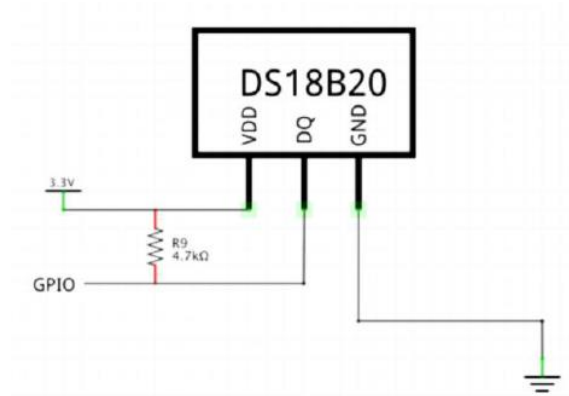
DS18B20 merupakan sensor suhu digital yang dihubungkan ke mikroprosesor lewat antarmuka one-wire. Sensor ini dikemas tahan air sehingga cocok digunakan dalam perangkat luar ruangan. Protokol one-wire membutuhkan sebuah kabel koneksi guna mentransmisikan data sehingga lebih praktis dalam penggunaannya. Fitur-fitur DS18B20 adalah sebagai berikut:

- a. Penggunaan protokol one-wire hanya membutuhkan sebuah kabel untuk berkomunikasi ataupun mentransmisikan data.
- b. Hanya memerlukan sebuah resistor *pull-up* guna mentransmisikan data.
- c. Rentang suhu yang dapat dibaca oleh DS18B20 adalah -550 °C hingga 1250 °C dengan tingkat akurasi 0,50 °C pada suhu -100 °C hingga +850 °C.
- d. Kecepatan waktu sampel suhu pada resolusi maksimum < 750 ms.



Gambar 2.7 Sensor Suhu DS18B20

Skematik rangkaian penggunaan sensor DS18S20 melalui koneksi one-wire dapat dilihat pada gambar 2.7:



Gambar 2.8 Skematik Sederhana Sensor DS18B20

Sensor DS18B20 dipilih dalam penelitian ini untuk mendeteksi suhu tubuh karena sensor ini mempunyai fitur tahan air sehingga lebih memudahkan dalam penggunaannya dalam purwarupa ini ketika subjek berkeringat. Dalam aplikasinya dipurwarupa ini, sensor DS18B20 dihubungkan dengan pin GPIO ESP32 yang mendukung protokol komunikasi *one-wire*.

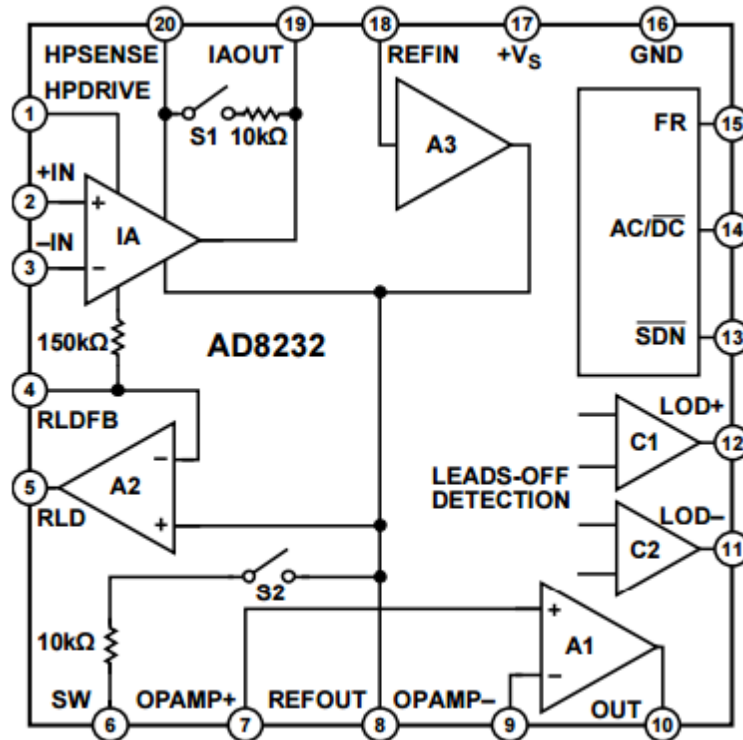
2.3.4 Sensor Electrocardiograph (ECG) AD8232

AD8232 adalah modul pengkondisi sinyal terintegrasi untuk ECG dan aplikasi pengukuran biopotensial lainnya. Modul ini dirancang untuk mengekstraksi, memperkuat, dan menyaring sinyal biopotensial yang kecil pada kondisi banyak *noise*, seperti yang disebabkan oleh pergerakan atau penempatan elektroda yang jauh. Desain ini memungkinkan konverter ADC daya rendah atau mikrokontroler tertanam untuk memperoleh sinyal output dengan mudah. AD8232 berfungsi untuk mendeteksi aktivitas listrik otot jantung dan akan mengirimkan hasil pengukuran tersebut dalam bentuk sinyal analog. Pada modul AD8232 terdapat pin GND, 3,3 V, output, LO-, LO+ dan SDN. Selain itu modul AD8232 telah terintegrasi LED yang akan menyala sesuai dengan irama denyut jantung.



Gambar 2.9 Sensor ECG AD8232

Modul Sensor ECG AD8232 dengan *lead* tunggal bertindak sebagai sebuah OP-Amp dengan penguatan 100 kali untuk membantu mendapatkan sinyal yang jelas dari PR dan QT interval dan memiliki kemampuan untuk melakukan *filtering high-pass* 2 kutub. Skematik rangkaian modul AD8232 dapat dilihat pada gambar berikut:



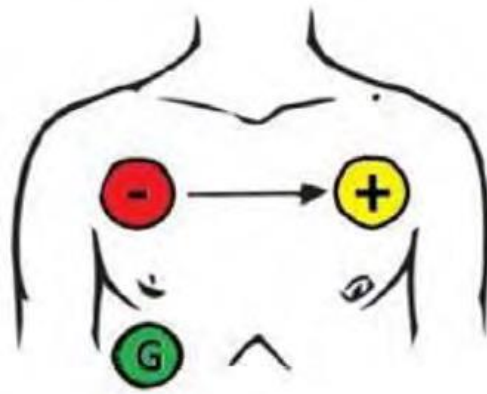
Gambar 2.10 Skematik Sensor ECG AD8232

Untuk dapat mengukur sinyal listrik otot jantung Modul Sensor ECG AD8232 menggunakan elektroda yang ditempelkan pada tubuh. Elektroda yang ditempelkan pada tubuh merupakan suatu sadapan. Salah satu macam sadapan yaitu sadapan bipolar atau biasa disebut pula sadapan standar. Sadapan bipolar digunakan untuk mengukur beda potensial antara 2 elektroda pada permukaan tubuh. Sandapan disebut juga sandapan standar yang ditandai dengan I, II, dan III.

Sadapan I : Elektroda positif yang dihubungkan dengan LA (Left Arm) dan elektroda negatif dengan RA (Right Arm).

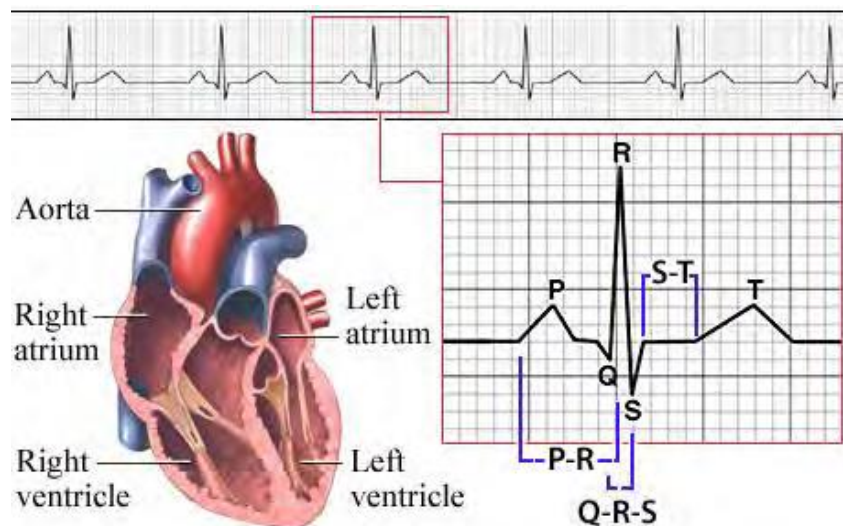
Sadapan II : Elektroda positif yang dihubungkan dengan LL (Left Leg) dan elektroda negatif dengan RA.

Sadapan III : Elektroda positif yang dihubungkan dengan LA dan elektroda negatif dengan LL.



Gambar 2.11 Lokasi Sadapan Sensor ECG AD8232

Dari pengukuran oleh modul AD8232 akan dihasilkan kurva ECG normal terdiri dari gelombang P, Q, R, S dan T serta kadang terlihat gelombang U.



Gambar 2.12 Contoh Gelombang ECG

Berikut adalah penjelasan dari masing-masing gelombang:

a. Gelombang P

Gelombang P merupakan depolarisasi atrium kanan dan kiri yang merupakan perjalanan impuls dari impuls Sinoatrial (SA). Gambaran P yang normal:

- Lebar kurang dari 3 mm (0,12 detik)
- Tinggi kurang dari 3 mm (0,3 mv)

b. Gelombang QRS

Merupakan gambaran dari proses depolarisasi ventrikel kanan dan kiri. Gelombang QRS normal:

- Lebar 0,06 – 0,12 detik
- Tinggi tergantung lead

c. Gelombang Q

Gelombang Q menggambarkan awal dari depolarisasi ventrikel.

Gelombang Q yang normal:

- Lebar kurang dari 0,04
- Tingginya/ dalamnya kurang 1/3 tinggi R (25% amplitude gelombang R)

d. Gelombang R

Defleksi positif pertama dari kompleks QRS. Gelombang R menggambarkan fase depolarisasi ventrikel.

e. Gelombang S

Defleksi negatif sesudah gelombang R. gelombang S menggambarkan fase depolarisasi ventrikel.

f. Gelombang T

Proses repolarisasi ventrikel kanan dan kiri. Amplitudo normal:

- Kurang dari 10 mm di sadapan dada
- Kurang dari 5 mm di sadapan ekstremitas
- Minimum 1 mm

g. Gelombang U

Gelombang U adalah gelombang yang timbul setelah gelombang T dan sebelum gelombang P berikutnya[12].

Pengambilan data ECG pada pasien dilakukan dalam kondisi santai, tenang dan berbaring terlentang. Badan yang berminyak atau kotor harus dibersihkan terlebih dahulu dan tidak boleh dalam keadaan terlalu kenyang atau terlalu lapar.

Selain itu juga harus menanggalkan semua benda-benda yang terbuat dari logam yang menempel pada tubuh karena hal ini akan mempengaruhi elektroda-elektroda ECG. Ruang pengukuran ECG harus sejuk, tenang dan nyaman. Tidak boleh berdekatan dengan alat-alat X-Ray, mesin bermotor atau mesin bertegangan tinggi. Selama perekaman berlangsung, benda-benda elektronik sebaiknya

dimatikan. Tempat tidur sebaiknya dari kayu atau bahan non konduktor dan jangan bersentuhan dengan dinding yang mengandung kabel aliran listrik [12]. Ketika data ECG diambil dari pasien, pasien diminta untuk bersantai, bernapas normal dan diam (tidak bicara) [24]. Tiga jenis utama ECG, meliputi [20]:

- a. Resting ECG - pasien berbaring. Selama tes pasien tidak diperbolehkan bergerak dan pengukuran dilakukan selama 5-10 menit.
- b. Ambulatory ECG - atau Holter dilakukan dengan menggunakan alat perekam portabel yang dipakai setidaknya selama 24 jam. Pasien bebas untuk bergerak secara normal sementara monitor terpasang.
- c. Tes stres jantung - tes ini digunakan untuk merekam ECG pasien sementara pasien menggunakan alat seperti sepeda atau berjalan diatas treadmill. Jenis ECG ini membutuhkan waktu sekitar 15-30 menit.

2.4 Antarmuka Menggunakan Aplikasi Blynk

Blynk adalah aplikasi layanan server untuk iOS dan OS Android untuk mengontrol Arduino, Raspberry Pi, Esp32 dan sejenisnya melalui Internet. Blynk merupakan dasbor digital dengan fasilitas antarmuka grafis dalam pembuatan proyeknya. Penambahan komponen pada aplikasi Blynk dengan cara *drag and drop* sehingga memudahkan dalam penambahan komponen *input/output* tanpa perlu kemampuan pemrograman Android ataupun iOS.

Aplikasi Blynk dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat keras, menampilkan data sensor, menyimpan data, visualisasi data, dan lain-lain. Aplikasi Blynk memiliki tiga komponen utama, antara lain:

- a. Aplikasi

Aplikasi Blynk memungkinkan untuk membuat antarmuka untuk proyek IoT menggunakan berbagai macam komponen input output tersedia untuk pengiriman maupun penerimaan data serta merepresentasikan data sesuai dengan komponen yang dipilih. Representasi data dapat berbentuk visual angka maupun grafik.

- b. Server

Blynk Server berfungsi untuk mengatur komunikasi antara aplikasi smartphone dengan perangkat keras. Kemampun untuk menangani puluhan hardware pada saat yang bersamaan semakin

memudahkan bagi para pengembang sistem IoT. Blynk Server juga tersedia dalam bentuk *local server* apabila digunakan pada lingkungan tanpa internet. Blynk Server local bersifat *open source* dan telah dapat diimplementasikan pada berbagai perangkat yang kompatibel seperti Raspberry Pi.

c. Libraries

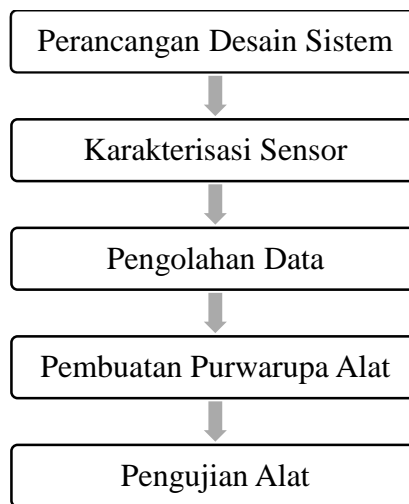
Blynk Libraries dapat digunakan untuk membantu pengembangan kode. Blynk libraries tersedia pada banyak platform perangkat keras sehingga semakin memudahkan para pengembang IoT dengan fleksibilitas perangkat keras yang didukung oleh Blynk.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur penelitian merupakan langkah ataupun metode yang ditempuh oleh peneliti dalam menjalankan penelitiannya agar mencapai hasil yang diinginkan. Tujuan dibuatnya prosedur penelitian guna menuntun peneliti dalam melakukan penelitiannya agar langkah yang dikerjakan dapat efektif serta efisien.

Pada penelitian kali ini dilakukan dalam berbagai tahapan seperti yang disajikan pada gambar 3.1.



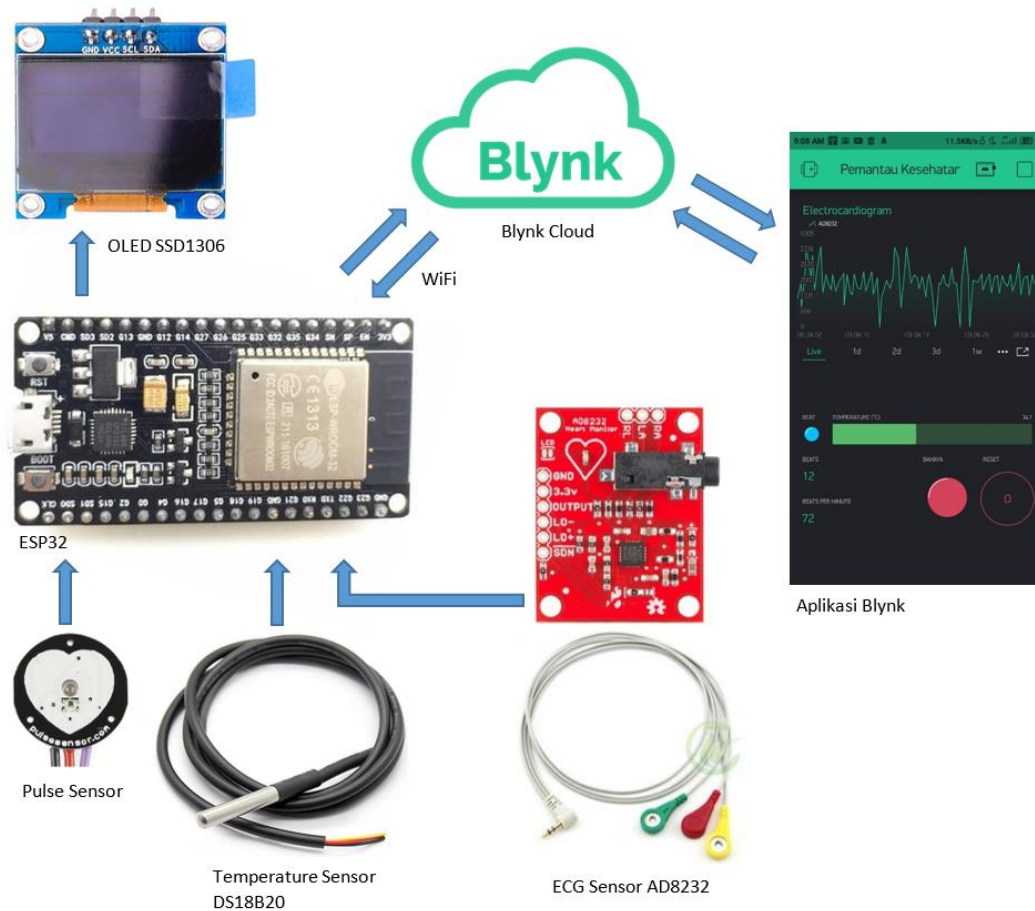
Gambar 3.1 Prosedur Penelitian

Setiap tahapan dari penelitian sebagaimana telah ditunjukkan pada gambar 3.1 dapat dijelaskan sebagai poin-poin sebagai berikut:

3.1 Perancangan Desain Sistem

Desain sistem merupakan tahap dimana gambaran umum sistem dirancang, yang juga merupakan tahapan perencanaan akan persiapan kebutuhan-kebutuhan dari rancang bangun yang diimplementasikan pada suatu sistem. Perancangan ini ditujukan guna memberi gambaran secara keseluruhan dari sistem yang dibuat guna memudahkan peneliti dalam menentukan tahapan penelitian selanjutnya.

Dalam perancangan sistem purwarupa penelitian ini, gambarannya tertuang dalam gambar berikut:



Gambar 3.2 Rancangan Sistem Keseluruhan

Rancangan sistem purwarupa dalam penelitian ini menggunakan ESP32 sebagai mikroprosesor yang berperan mengolah masukan sensor suhu, sensor denyut jantung, dan sensor ECG menjadi nilai yang dapat terbaca oleh pengguna melalui smartphone dengan aplikasi yang dibuat guna menampilkan nilai masing-masing sensor. Keluaran ESP32 menggunakan basis komunikasi WiFi sebagai modul komunikasi 2 arah antara smartphone dan perangkat melalui *cloud server* Blynk, sehingga pengguna dapat mengaktifkan perangkat dari jarak jauh melalui smartphone tanpa perlu berada di tempat yang sama dengan perangkat sehingga dapat lebih efektif dalam penggunaannya. Sebaliknya perangkat dapat mengirimkan data nilai keluaran sensor menjadi tampilan dalam smartphone.

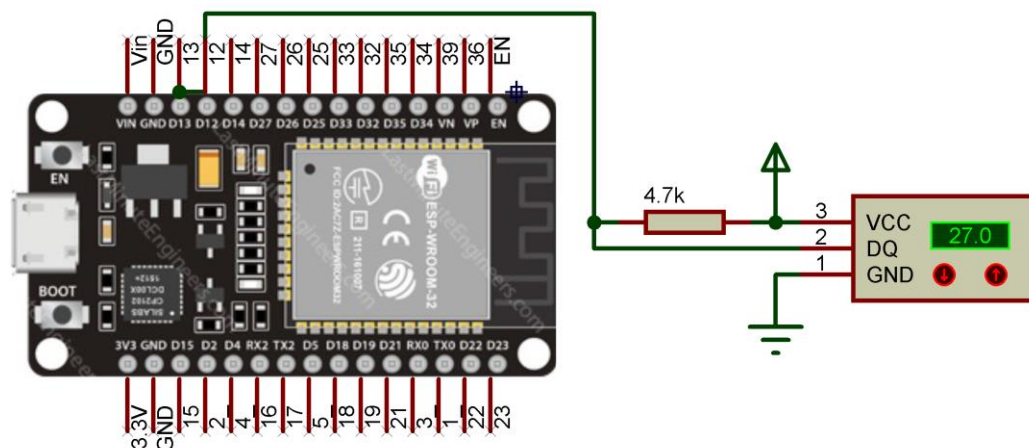
3.2 Karakterisasi Sensor

Dalam tahapan karakterisasi sensor ini ditujukan untuk menguji beberapa karakteristik sensor saat pengukuran seperti koefisien korelasi linier, sensitivitas,

dan akurasi. Sifat sensor akan diketahui setelah karakteristik sensor diketahui sehingga pada proses pengolahan data akan didapat hasil yang lebih maksimal.

3.2.1 Sensor Suhu DS18B20

Pengujian karakteristik sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan membandingkan nilai sensor yang muncul dengan sensor suhu berbasis *thermocouple* pada multimeter digital. Pembandingan ini digunakan untuk mengetahui perbedaan maupun persamaan sensor DS18B20 dengan *thermocouple* sehingga didapatkan data suhu yang lebih akurat. Pengujian sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan merangkai sensor dengan ESP32 menggunakan skematik rangkaian berikut:



Gambar 3.3 Skematik Rangkaian Pengujian Sensor DS18B20

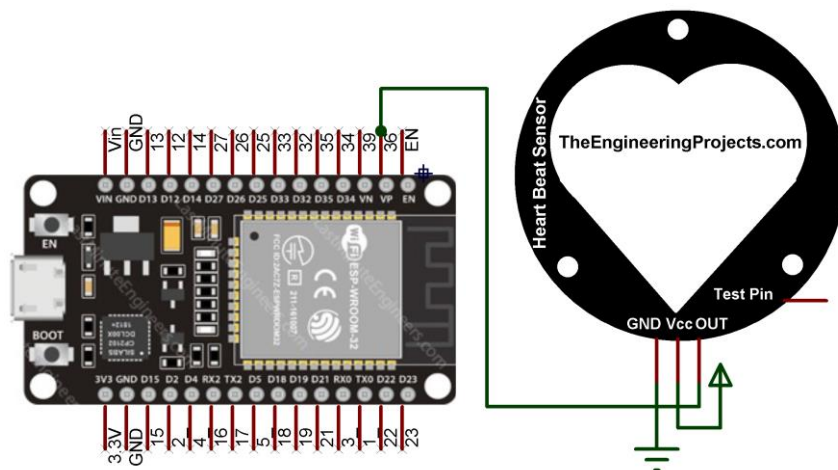
Pengujian dilakukan dengan mengambil 10 data dengan selang waktu 1 detik. Pengujian menunjukkan bahwa sensor suhu DS18B20 menghasilkan nilai yang stabil dan akurat dibandingkan dengan sensor suhu berbasis *thermocouple* sehingga tidak perlu dilakukan konversi ulang.



Gambar 3.4 Pengujian Sensor Suhu DS18B20

3.2.2 Sensor Denyut Jantung

Pengujian karakteristik sensor denyut jantung dilakukan dengan membandingkan nilai sensor yang muncul dengan deteksi manual denyut nadi pada leher menggunakan jari tangan. Pembandingan ini digunakan untuk mengetahui akurasi sensor denyut jantung sehingga didapatkan data denyut jantung yang sesuai. Berikut merupakan skematik rangkaian pengujian sensor denyut jantung:



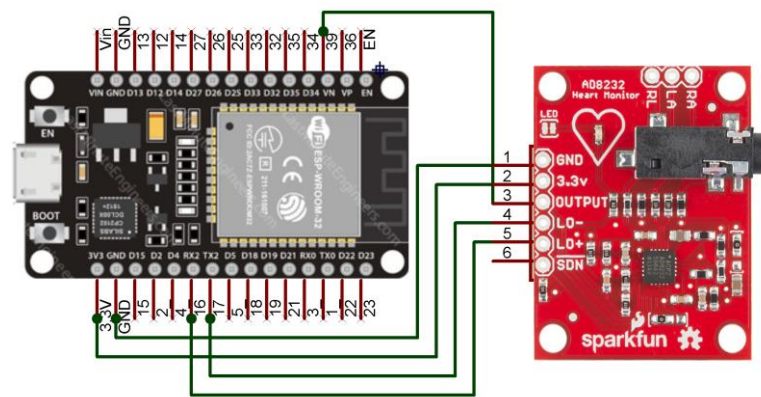
Gambar 3.5 Rangkaian Pengujian Sensor Denyut Jantung

Pengujian dilakukan 10 kali masing-masing dalam kurun waktu 10 detik. Pengujian menunjukkan bahwa sensor denyut jantung dapat mendeteksi denyut

nadi dengan tepat sesuai dengan yang dideteksi manual menggunakan jari tangan, sehingga tidak perlu dilakukan konversi ulang.

3.2.3 Sensor ECG AD8232

Pengujian karakteristik sensor denyut jantung dilakukan dengan membandingkan grafiik sensor yang muncul dengan grafik sensor denyut jantung. Pembandingan ini digunakan untuk mengetahui posisi ketiga *lead* yang tepat, sehingga sensor dapat mendeteksi aktivitas listrik otot jantung. Berikut merupakan skematik rangkaian penguji sensor denyut jantung:



Gambar 3.6 Rangkaian Pengujian Sensor ECG AD8232

3.3 Pengolahan Data

Setelah diketahui karakteristik dari masing-masing sensor, kemudian dilakukan pengolahan data dari hasil keluaran sensor tersebut. Data mentah dari keluaran sensor yang terhubung ke ADC diolah agar memenuhi skala yang telah distandarisasi sehingga pengguna alat dapat secara langsung melihat hasil pengukurannya.

3.2.1 Sensor Suhu DS18B20

Data dari sensor suhu DS18B20 telah memenuhi standar skala suhu yang ada sehingga tidak dilakukan olah data nilai sensor suhu.

3.2.2 Sensor Denyut Jantung

Berdasarkan karakteristik sensor denyut jantung telah dapat memenuhi *threshold* akurasi yang dibuat melalui program sehingga tidak dilakukan olah data nilai sensor denyut jantung.

3.2.3 Sensor ECG AD8232

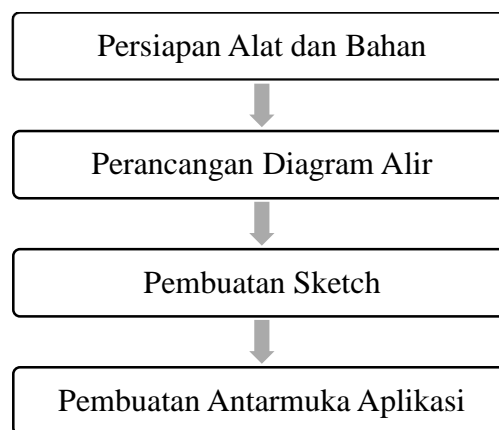
Berdasarkan karakteristik sensor ECG AD8232 telah dapat menghasilkan grafik ecg sesuai dengan denyut jantung sehingga tidak dilakukan olah data nilai sensor ECG.

3.4 Pembuatan Purwarupa Alat

Pembuatan purwarupa alat meliputi pembuatan skematik alat dan desain alat serta pemrograman mikroprosesor agar semua sensor dapat diintegrasikan secara bersamaan. Integrasi sensor dibutuhkan untuk mengkombinasikan sensor-sensor yang digunakan menjadi data nilai akhir yang siap dikirimkan ke ponsel pengguna melalui koneksi internet. Tahapan pembuatan purwarupa alat meliputi:

3.4.1 Pembuatan Perangkat Lunak

Pembuatan perangkat lunak dilakukan terlebih dahulu guna memudahkan meningkatkan efektifitas serta efisiensi dalam pembuatan perangkat keras. Mikroprosesor yang digunakan adalah ESP32 namun pembuatan programnya dapat menggunakan *software* Arduino IDE. Sementara pembuatan antarmuka aplikasi android menggunakan aplikasi Blynk yang didapatkan gratis dari Playstore Android. Tahap pembuatan perangkat lunak ditunjukkan seperti berikut:



Gambar 3.7 Alur Pembuatan Perangkat Lunak

Tahap-tahap pembuatan perangkat lunak pada Gambar 3.15 dijelaskan sebagai berikut:

3.4.1.1 Persiapan Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan perangkat lunak penelitian ini meliputi:

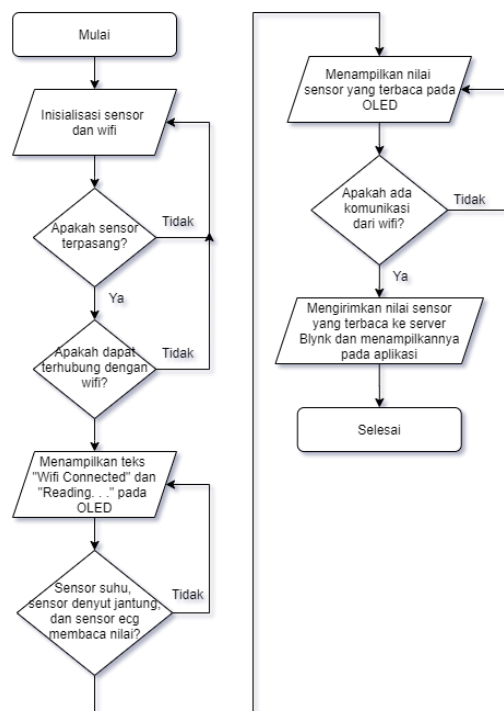
- d. *Personal Computer* (PC)
- e. *Software* Arduino IDE
- f. Kabel Micro USB
- g. *Smartphone* Android
- h. Aplikasi Blynk

3.4.1.2 Perancangan Diagram Alir

Perancangan diagram alir sistem perangkat ini dilakukan untuk memudahkan peneliti dalam menulis program sesuai dengan algoritma yang diinginkan yang nantinya akan dimasukkan kedalam mikroprosesor dan dijalankan oleh mikroprosesor.

Diagram alir terdiri dari berbagai macam proses yang berurutan agar mikroprosesor berjalan sesuai dengan yang diinginkan, dimulai dari start-up mikroprosesor, menginisialisasi mikroprosesor dan parameter lainnya, proses jalannya algoritma, hingga logika-logika tertentu yang dimasukan kedalam algoritma mikroprosesor itu sendiri.

Dalam perangkat pemantauan kesehatan jantung ini, diagram alir yang dirancang adalah sebagai berikut:



Gambar 3.8 Diagram Alir Perangkat

3.4.1.3 Pembuatan Sketch

Pembuatan *sketch* ditujukan untuk memprogram ESP32 agar dapat bekerja sesuai diagram alir yang telah dirancang sebelumnya. Sehingga berdasarkan pada diagram alir tersebut, dapat ditentukan algoritma-algoritma yang hendak digunakan dalam pengkodeannya. *Sketch* yang dibuat ditulis menggunakan *software* Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++ sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut:



```

tes_final_final | Arduino 1.8.12
File Edit Sketch Tools Help
tes_final_final
15 #include <OneWire.h>
16 #include <DallasTemperature.h>
17 #include <WiFi.h>
18 #include <WiFiClient.h>
19 #include <BlynkSimpleEsp32.h> // Library Blynk
20 #include <Wire.h> // Library i2c
21 #include <Adafruit_SSD1306.h> // Library LCD OLED SSD1306
22
23 #define BLYNK_PRINT Serial
24 #define SCREEN_WIDTH 128 // Lebar OLED dalam satuan pixels
25 #define SCREEN_HEIGHT 64 // Tinggi OLED dalam satuan pixels
26 #define OLED_RESET -1 // Reset pin OLED
27 Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
28
29 char auth[] = "oL-d9cVrPay3jCoUTPsqaImzLlH_8zSm"; // Auth Token Blynk App
30 char ssid[] = "realme C11"; // SSID WiFi
31 char pass[] = "theresiaerlinal"; // Password WiFi
32
33 const int oneWireBus = 13; // Pin DS18B20
34 const int PulseSensorPin = 36; // Pin Pulse Sensor
35 const int ledPin = 2; // On-board ESP32 LED
36
37 int Signal = 0; // Menyimpan nilai Pulse Sensor
38 int Threshold = 2050; // Menentukan besar sinyal yang dihitung sebagai denyut
39 int bpm = 0; // Menyimpan nilai bpm
40 int detak = 0; // Menyimpan nilai detak
41 int iteration = 100; // Jumlah iterasi untuk mengurangi noise
42 float temperatureC; // Menentukan nilai temperatur sebagai tipe data float
43 unsigned long waktu = 0;
44 unsigned long waktusebelum = 0;
45 unsigned long waktuberjalan = 0;
46 unsigned long waktutarget = 15000; // 15 detik
47
Done Saving.
Leaving...
Hard resetting via RTS pin...
12 DOIT ESP32 DEVKIT V1 on COM4

```

Gambar 3.9 Pembuatan Sketch pada Arduino IDE

Setelah kode program ditulis, kode diunggah ke mikroprosesor Esp32 yang sebelumnya dikoneksikan ke PC menggunakan kabel Micro USB. Sebelum kode diunggah, ditentukan terlebih dahulu papan mikroprosesor yang digunakan yaitu "DOIT ESP32 DEVKIT V1". Selanjutnya menentukan *port* koneksi yang digunakan dalam papan mikroprosesor tersebut, dalam aplikasi peneliti digunakan

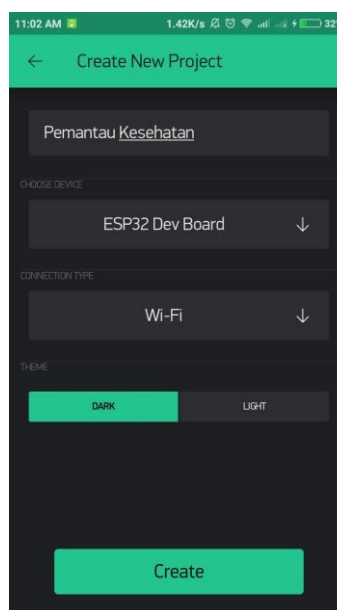
COM4. Setelah papan mikroprosesor dan *port* koneksi ditentukan, kode program dapat diunggah ke mikroprosesor. Selesaiannya pengunggahan kode program dapat diketahui dengan adanya indikator tulisan "Done uploading" pada bagian bawah *software* Arduino IDE.

3.4.1.4 Pembuatan Antarmuka Aplikasi

Pembuatan antarmuka aplikasi Android menggunakan aplikasi Blynk, dilakukan dengan terlebih dulu menyiapkan aplikasi Blynk yang telah diunduh dari Playstore Android.

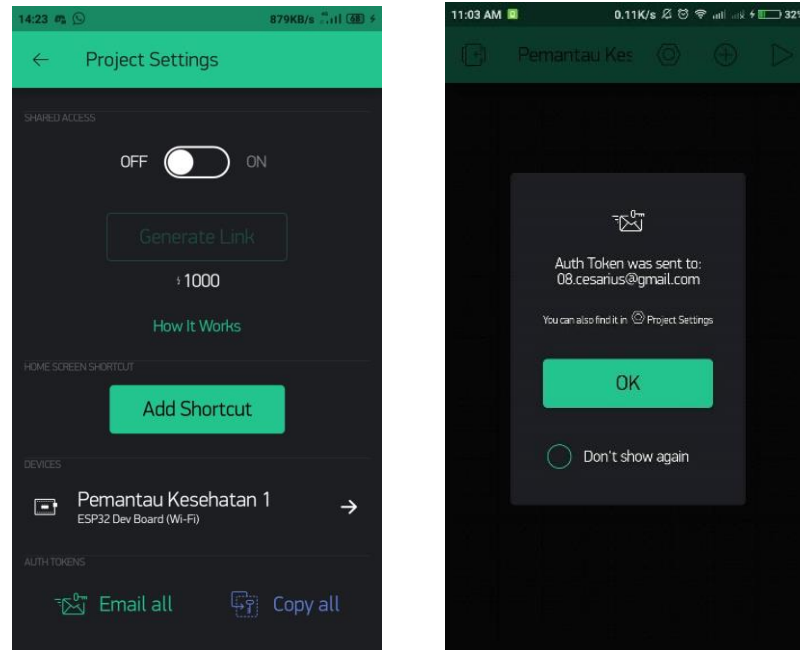
Pembuatan antarmuka dengan aplikasi Blynk dalam perangkat ini terdiri dari 3 tahap, yaitu:

- (a.) *Create New Project* untuk membuat proyek baru. Dalam tahap ini dipilih papan mikroprosesor yang akan digunakan yaitu "ESP32 Dev Board", serta dipilih metode koneksinya yaitu WiFi.



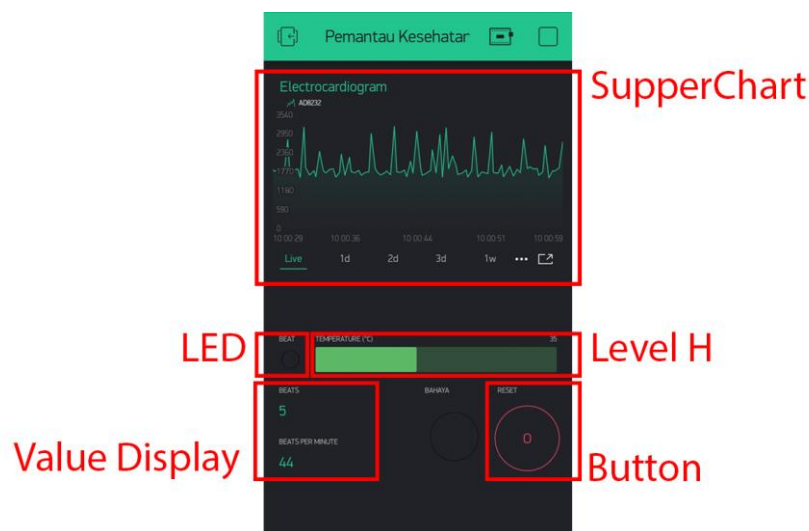
Gambar 3.10 Pembuatan Proyek Baru

Setelah proyek dibuat, untuk mengakses perangkat melalui antarmuka aplikasi Blynk tersebut perlu kode otentifikasi. Kode autentifikasi aplikasi Blynk dapat dikirim ke *email* pembuat proyek melalui menu *setting* lalu klik *send to email*. *Auth Token* berfungsi sebagai kode verifikasi untuk menghubungkan antara perangkat dengan aplikasi Blynk agar tidak semua orang bisa mengakses ataupun mengendalikan perangkat tersebut.



Gambar 3.11 Kode Otentifikasi Blynk

- (b.) Pembuatan *Widget* dilakukan melalui *Widget Box* yang berisi berbagai macam *widget* aktif dan pasif yang dapat berfungsi sebagai *input* atau *output* untuk antarmuka aplikasi Blynk yang dibuat. Dalam penelitian kali ini digunakan 7 *widget*, *widget* yang digunakan antara lain : SuperChart, LED, Level H, Value Display, dan Button.



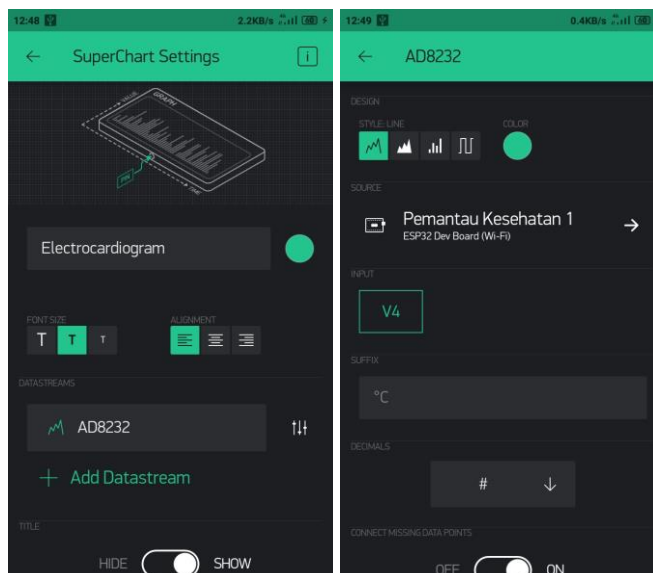
Gambar 3.12 Widget Blynk yang Digunakan

- (c.) *Widget Setting* dilakukan untuk menentukan alamat pin mikroprosesor yang terhubung dengan *Widget* Blynk, dalam hal ini Blynk juga

menyediakan pin *virtual* (hingga 255 pin) yang dapat digunakan sebagai pengganti pin mikroprosesor yang telah digunakan. Dalam tahap ini juga diatur metode pengaktifan, skala, nilai kondisi normal, warna, dan teks keterangan *widget*. Pada penelitian kali ini pengaturan *widget* nya sebagai berikut:

- SuperChart

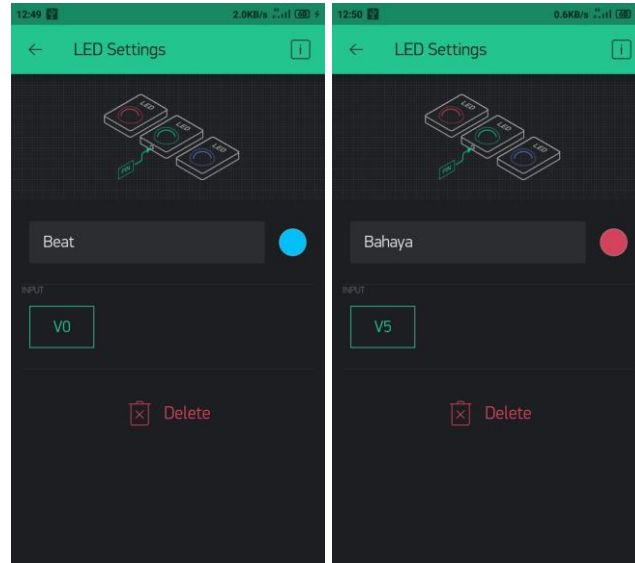
Berfungsi untuk menampilkan grafik ECG. Agar dapat menampilkan grafik hasil deteksi oleh sensor AD8232 perlu memilih *virtual pin* untuk menghubungkan antara perangkat dengan aplikasi dengan menekan *widget* SuperChart, lalu pilih *add datastream*, pilih *virtual pin* yang terhubung dengan hasil deteksi sensor AD8232. Dalam penelitian ini *virtual pin* yang digunakan adalah V4.



Gambar 3.13 Widget Super Chart

- LED

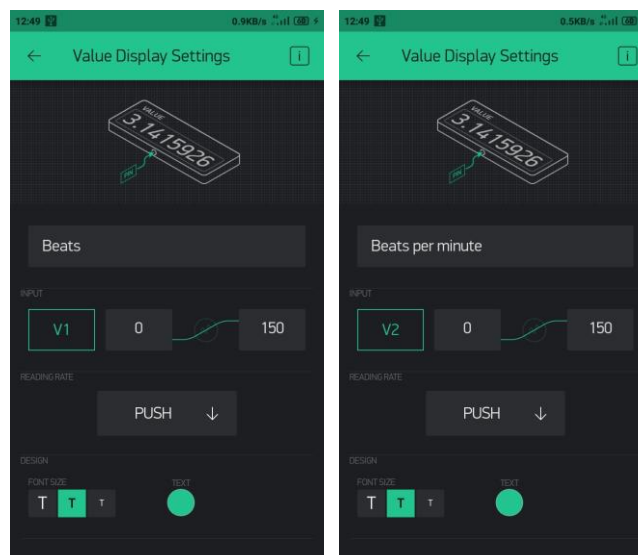
Berfungsi untuk menampilkan *virtual* led pada antarmuka aplikasi. Untuk menghubungkan antara perangkat dengan aplikasi, perlu memilih *virtual pin* dengan menekan *widget* LED, lalu pilih *virtual pin* yang akan dihubungkan melalui program. Dalam penelitian ini *virtual pin* yang digunakan adalah V0 untuk menampilkan LED sesuai irama denyut jantung dan V5 untuk menampilkan LED tanda bahaya.



Gambar 3.14 Widget LED

- Value Display

Berfungsi untuk menampilkan nilai denyut jantung yang terdeteksi dan jumlah *beats per minute* nya. Untuk menghubungkan antara perangkat dengan aplikasi dapat dikonfigurasi dengan menekan *widget* Value Display lalu pilih *virtual pin* yang akan dihubungkan melalui program. Dalam penelitian ini *virtual pin* yang digunakan adalah V1 untuk menampilkan "Beats" dan V2 untuk menampilkan "Beats per minute".



Gambar 3.15 Widget Value Display

- Level H

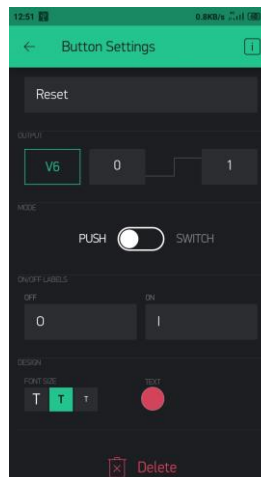
Berfungsi untuk menampilkan grafik batang dari suhu yang terdeteksi. Untuk menghubungkan antara perangkat dengan aplikasi dapat dikonfigurasi dengan menekan *widget* Level H lalu pilih *virtual pin* yang akan dihubungkan melalui program. Dalam penelitian ini *virtual pin* yang digunakan adalah V3.



Gambar 3.16 Widget Level H

- Button

Berfungsi untuk mereset nilai sensor saat ini menjadi 0 kembali. Untuk menghubungkan antara perangkat dengan aplikasi dapat dikonfigurasi dengan menekan *widget* Button lalu pilih *virtual pin* yang akan dihubungkan melalui program. Dalam penelitian ini *virtual pin* yang digunakan adalah V6.



Gambar 3.17 Widget Button

3.4.2 Pembuatan Perangkat Keras

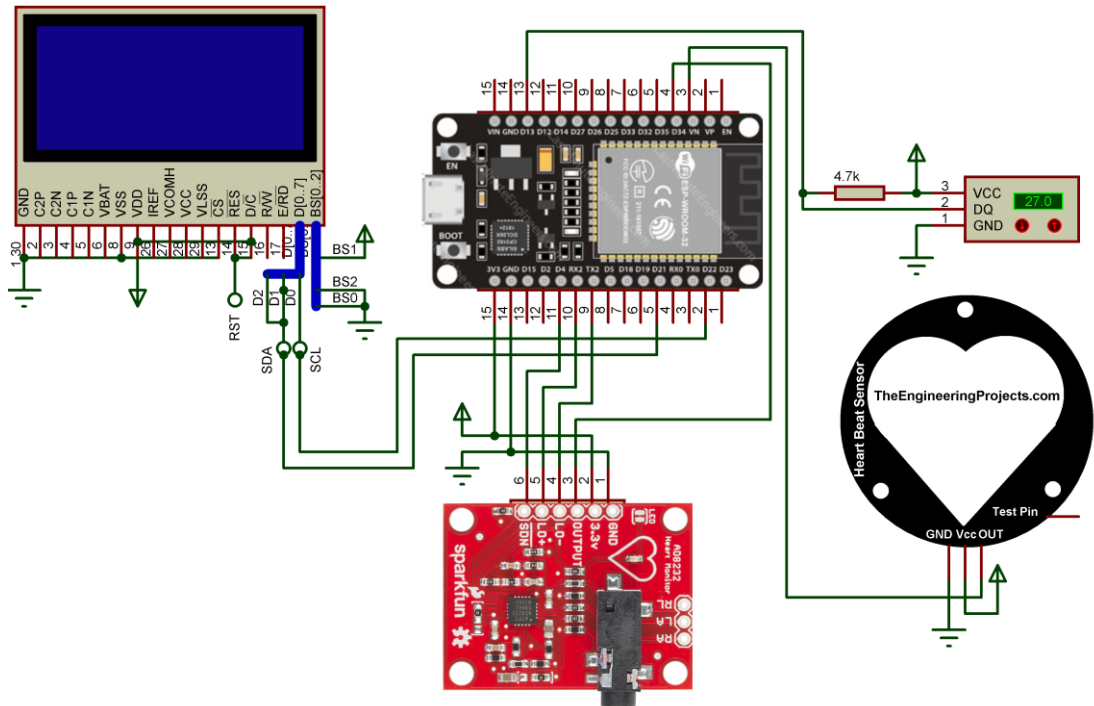
Pembuatan perangkat keras merupakan pembuatan alat secara keseluruhan menjadi satu sistem yang dapat dijalankan secara serentak dengan perangkat lunaknya. Perancangan sistem perangkat keras disusun sebagaimana diagram berikut:



Gambar 3.18 Alur Pembuatan Perangkat Keras

3.4.2.1 Pembuatan Skema Rangkaian

Skematik rangkaian perangkat dirancang menggunakan aplikasi Proteus. Skematik ini menyesuaikan dengan skema rancangan sistem yang telah dibuat sebelumnya. Penyesuaian rangkaian perangkat keras dan perangkat lunak ditujukan agar dalam proses perangkaian komponen dapat diketahui pin masukan maupun pin keluaran dari mikroprosesor yang dipakai. Dalam perangkat keras ini, penggunaan sensor dipermudah dengan dibuat menjadi sistem *plug and play*, dengan rancangan tersebut akan memudahkan pengguna dalam mengoperasikan perangkat ini juga memudahkan dalam mobilitas karena perangkat menjadi lebih ringkas dan sederhana sehingga mudah dibawa. Sistem *plug and play* yang dimaksud adalah penggunaan *jack* audio 3,5mm dan ¼inch sebagai slot masukan kedalam perangkat. Berikut merupakan skematik rangkaian yang dirancang:



Gambar 3.19 Skematik Rangkaian Perangkat Keras

3.4.2.2 Persiapan Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan perangkat keras penelitian ini meliputi:

Tabel 3.1 Alat Pembuatan Rangkaian

No.	Jenis Alat	Jumlah
1.	Laptop	1 unit
2.	Solder	1 buah
3.	Timah	Secukupnya
4.	Penyedot timah	1 buah
5.	Tang jepit	1 buah
6.	Obeng	1 buah

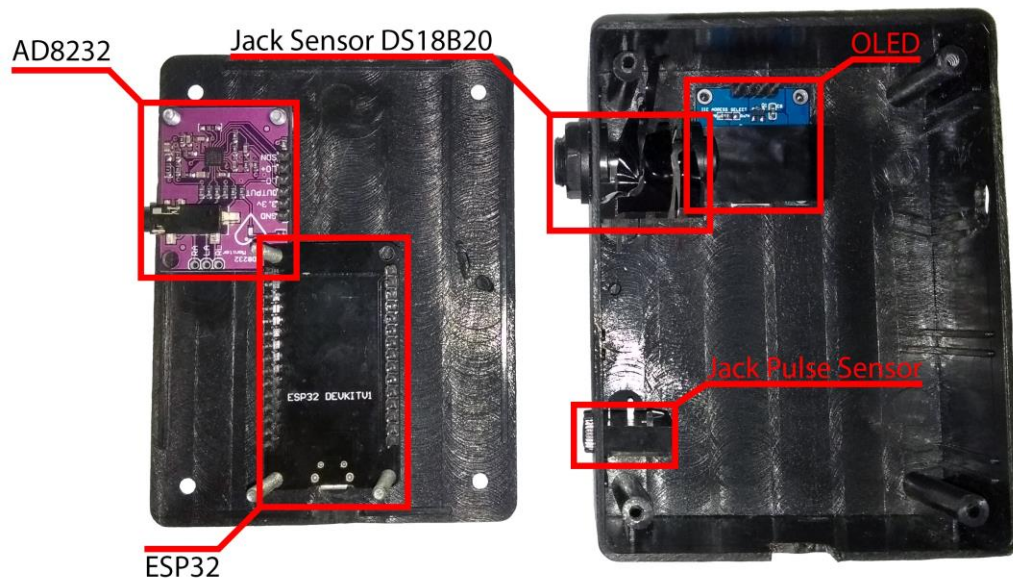
Tabel 3.2 Bahan Pembuatan Rangkaian

No.	Jenis Alat	Jumlah
1.	Modul ESP32	1 buah
2.	Modul OLED SSD1306	1 buah
3.	Sensor DS18B20	1 buah
4.	Sensor Denyut Jantung	1 buah

5.	Sensor ECG	1 buah
6.	Resistor 4,7k Ohm	1 buah
7.	Jack audio 3,5 mm stereo (male)	2 buah
8.	Jack audio 3,5 mm stereo (female)	2 buah
9.	Jack audio ¼ inch stereo (male)	1 buah
10.	Jack audio ¼ inch stereo (female)	1 buah
11.	Kabel Jumper	Secukupnya
12.	Timah	Secukupnya
13.	Pin header	Secukupnya
14.	Baut	8 buah

3.4.2.3 Pemasangan Rangkaian

Setelah alat dan bahan disiapkan, dilakukan pemasangan rangkaian dengan beberapa tahap yang terdiri dari penyolderan pin header, penyolderan *jack* dengan sensor, pemosisian komponen, pengkoneksian jalur, dan pemasangan baut. Pemasangan komponen perlu diperhatikan lebih khusus karena posisi komponen harus seideal mungkin agar menghasilkan rangkaian yang ringkas sehingga mudah dibawa. Berikut merupakan hasil tahap pemasangan rangkaian:



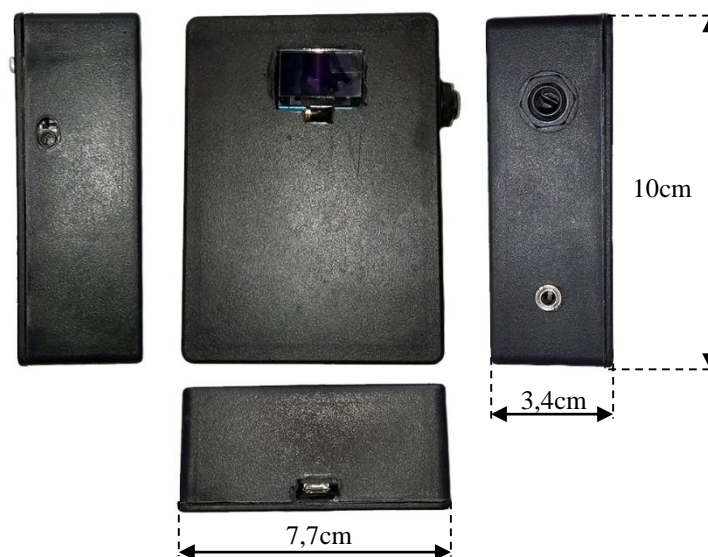
Gambar 3.20 Penempatan Rangkaian



Gambar 3.21 Hasil Pemasangan Rangkaian

3.4.2.4 Pengemasan Perangkat

Pengemasan perangkat merupakan tahap akhir pembuatan perangkat keras yang menghubungkan perangkat keras rangkaian dengan perangkat keras body perangkat sehingga perangkat pemantauan kesehatan jantung mudah digunakan dan mudah dibawa. Rangkaian secara langsung terhubung dengan sensor seperti yang telah dirancang sebelumnya. Rangkaian dan alat tersebut disatukan dalam sebuah wadah. Berikut tampilan hasil pengemasan rangkaian dari sisi kiri, atas, kanan, dan bawah:



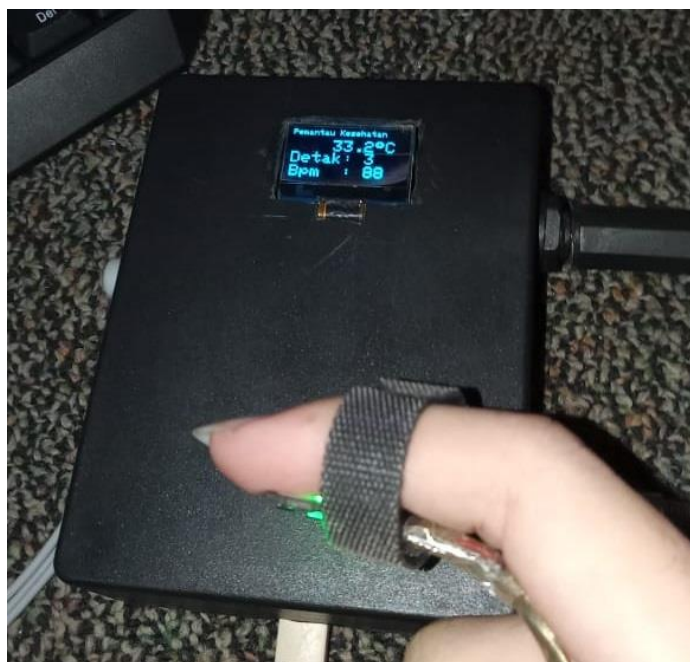
Gambar 3.22 Hasil Pengemasan Perangkat

3.5 Pengujian Alat

Pengujian alat bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat yang telah dibuat dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan algoritma yang telah dibuat pada perancangan. Pengujian perangkat ini meliputi beberapa pengujian yaitu pengujian kecepatan respon aplikasi dengan perangkat, akurasi sensor, presisi sensor, serta pengujian langsung di tubuh penulis.

Pengujian dilakukan dengan menempelkan sensor suhu di lengan, menempelkan sensor denyut jantung di jari telunjuk, dan menempelkan elektroda sensor ECG di posisi yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah semua sensor terpasang dengan benar, perangkat pemantauan kesehatan jantung diaktifkan dengan menghubungkan perangkat dengan catu daya 5V. Perangkat akan memulai koneksi dengan jaringan WiFi yang telah diatur sebelumnya pada kode *sketch*. Setelah LCD mulai menampilkan data-data, dapat dikatakan perangkat telah dalam kondisi aktif.

Data hasil pemantauan dapat langsung dilihat melalui LCD perangkat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.23 berikut:



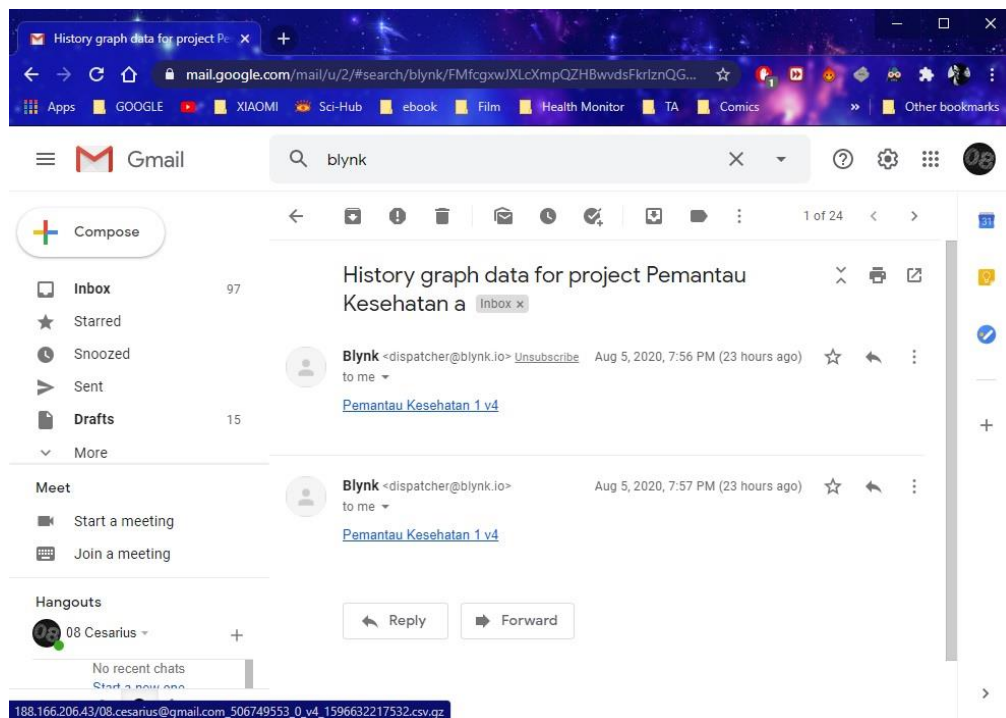
Gambar 3.23 Tampilan Pengukuran pada LCD

Selain dari LCD data hasil pemantauan juga dapat dilihat melalui aplikasi Blynk pada *smartphone* Android seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.24 berikut:



Gambar 3.24 Tampilan Pengukuran pada Aplikasi Blynk

Data pemantauan sensor AD8232 dapat disimpan *history* nya dalam bentuk ".CSV" dan dapat dikirimkan ke email melalui aplikasi.



Gambar 3.25 Tampilan History Graph yang Dikirim Melalui Email

3.6 Perbandingan dengan Produk yang Sudah Ada di Pasaran

Setelah dilakukan pemilihan bahan komponen melalui salah satu *e-commerce* di Indonesia, diketahui komponen-komponen utama yang digunakan dalam penelitian kali ini memiliki harga sebagai berikut:

Tabel 3.3 Harga Komponen

No	Nama Komponen	Harga
1	ESP32	Rp 80.000
2	AD8232	Rp 112.000
3	Pulse Sensor	Rp 31.000
4	DS18B20	Rp 18.000
5	SSD1306	Rp 40.000
6	Lain lain	Rp 20.000
Total		Rp 301.000

Berdasarkan eksplorasi penulis di *e-commerce* yang ada di Indonesia, diketahui beberapa produk yang sudah ada dipasaran dengan harga dan fitur sebagai berikut:

Tabel 3.4 Perbandingan dengan Produk di Pasaran

No	Nama Alat	Harga	Sensor Suhu	Sensor Denyut	Sensor ECG	Fitur Online
1	Sensor Aktivitas Tubuh Portabel untuk Pemantauan Kesehatan yang Kontinyu	Rp 301.000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Pelvifine Portable Mini wearable ECG Monitor Measurement Machine Real-time heart Support	Rp 1.225.000			<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Heal Force Prince PC-80b	Rp 2.750.000			<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Xiaomi Mi Band 3	Rp 399.000		<input checked="" type="checkbox"/>		
5	Magene H64	Rp 300.000		<input checked="" type="checkbox"/>		

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS

Setelah dilakukan perancangan dan pembuatan rangkaian alat dan *software*, pada bab ini akan dipaparkan mengenai pengujian masing-masing sub sistem dan analisa hasil pengambilan data.

4.1 Pengujian Performa Sensor

Pengujian dilakukan setelah sensor dikalibrasi untuk mengetahui apakah hasil pengukuran sensor sama dengan alat ukur atau tidak. Jika terdapat perbedaan pengukuran yang melebihi batas toleransi dengan alat ukur maka kesalahan pengukuran tersebut digunakan untuk pemrograman dan pengolahan data.

4.1.1 Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan sebuah termometer berbasis *thermocouple* yang terdapat pada sebuah multimeter digital sebanyak 10 kali pencuplikan data. Berdasarkan pengujian tersebut didapat data pengukuran sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Data	Termometer (⁰ C)	DS18B20 (⁰ C)	Presentase Kesalahan (%)
1	10	10,21	2,1
2	8	8,43	5,38
3	5	5,49	9,8
4	5	4,82	3,6
5	3	2,69	10,33
6	2	2,47	23,5
7	2	1,90	5
8	31	31,29	0,94
9	32	31,86	0,44
10	31	31,44	1,42
Rata - rata			2,38

Dari hasil pengujian yang telah disajikan dalam tabel 4.1, nilai pengukuran yang dihasilkan oleh sensor suhu memiliki kesalahan pengukuran yang sangat kecil. Maka dapat dikatakan bahwa sensor suhu DS18B20 yang digunakan

memiliki tingkat akurasi yang baik dalam pegujian ini sehingga sudah mampu untuk mengukur suhu selama pemantauan.

4.1.2 Pengujian Sensor Denyut Jantung

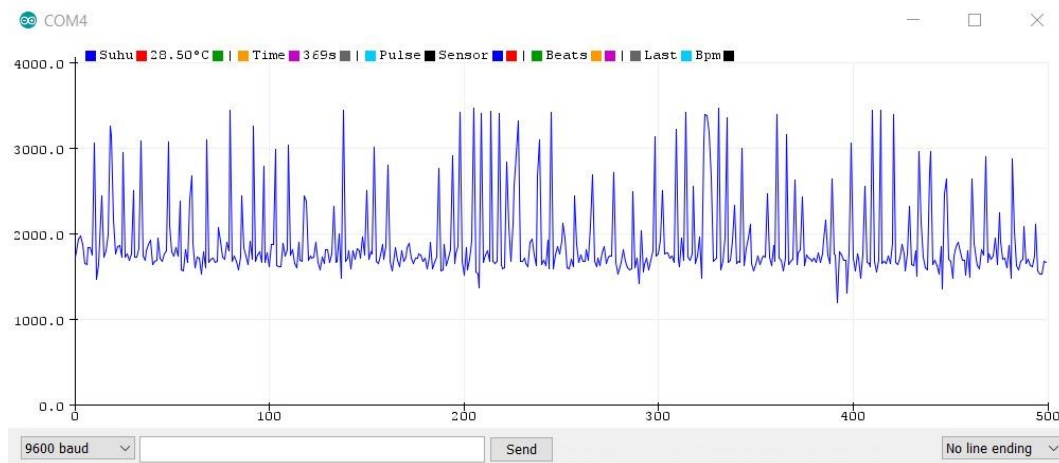
Pengujian sensor denyut jantung (*Pulse Sensor*) dilakukan dengan membandingkan nilai sensor yang muncul dengan deteksi manual denyut nadi pada leher menggunakan jari tangan dengan rentang waktu 15 detik selama 10 kali. Pengujian dilakukan ketika subjek pada keadaan duduk rileks. Dari hasil perbandingan tersebut dapat diketahui berapa besar presentase kesalahannya, sehingga dapat dilakukan penyesuaian *threshold* untuk mengkalibrasi sensor agar dapat menjadi lebih akurat. Berdasarkan pengujian tersebut didapat data pengukuran sebagai berikut :

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Sensor Denyut Jantung

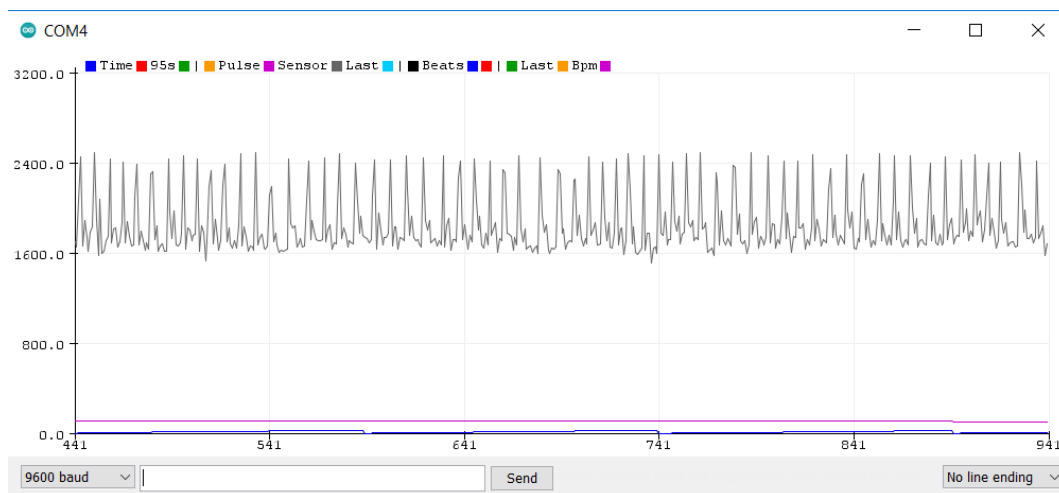
Data	Deteksi manual	Sensor Denyut	Persentase kesalahan (%)
1	20	17	15
2	18	19	5,56
3	19	19	0
4	17	17	0
5	18	18	0
6	18	16	11,11
7	22	20	9,09
8	23	22	4,35
9	20	18	10
10	19	21	10,53
Rata - rata			6,56

4.1.3 Pengujian Sensor ECG AD8232

Pengujian sensor ECG AD8232 dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor ECG AD8232 dengan sensor denyut jantung buatan World Famous Electronics.



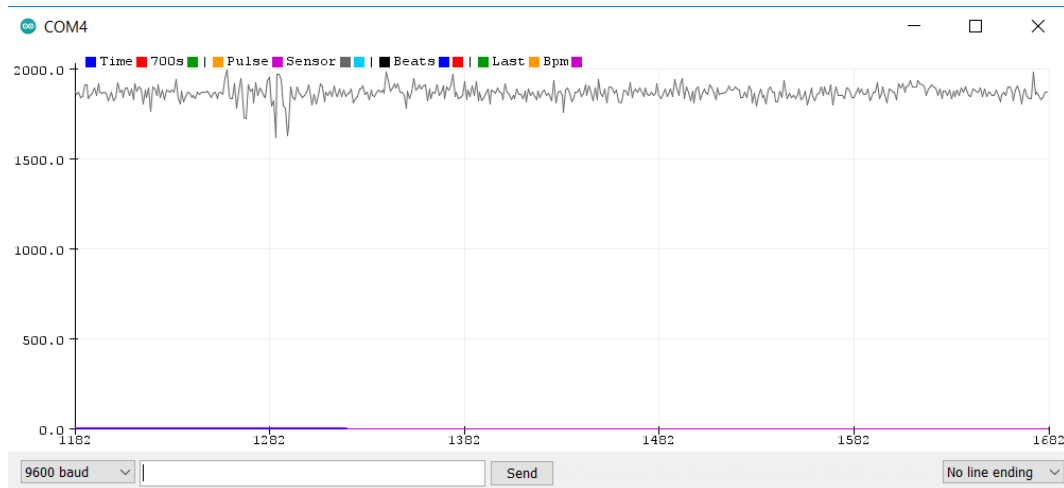
Gambar 4.26 Hasil Pengujian Sensor ECG AD8232



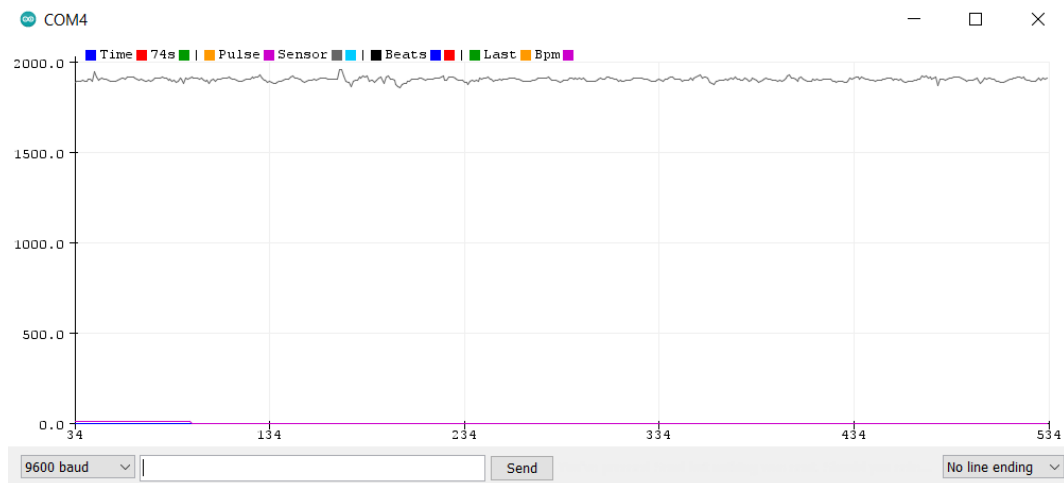
Gambar 4.27 Hasil Pengujian Sensor Denyut Jantung

Dari hasil pengujian yang telah disajikan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 diatas dapat diketahui bahwa grafik hasil pengujian sensor ECG tidak akurat dan masih terlalu banyak noise sehingga sensor ECG AD8232 tidak dapat digunakan sebagai acuan pengukuran medis, hanya sebagai pemantauan apakah kesehatan jantung pasien membaik atau memburuk.

Setelah diketahui bahwa grafik yang dihasilkan masih menghasilkan banyak *noise*, dilakukan penyesuaian program dan menambah rangkaian filter, kemudian dilakukan pengujian *noise*, dan didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 4.28 Grafik Noise Sensor Sebelum Diberi Filter



Gambar 4.29 Grafik Noise Sensor Setelah Diberi Filter

Dari hasil pengujian yang telah disajikan pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 diatas dapat diketahui bahwa grafik hasil pengujian noise sensor ECG sudah cukup berpengaruh, diharapkan *filter noise* yang diaplikasikan dapat meningkatkan akurasi pendeteksian sensor secara jangka panjang.

4.2 Penggunaan Daya

Hasil pengujian penggunaan daya pada perangkat berguna agar dapat mengetahui seberapa lama perangkat dapat bekerja ketika terhubung pada catu daya portabel seperti *powerbank*. Karena catu daya yang digunakan adalah powerbank maka pengujian penggunaan daya dilakukan dengan menggunakan pengukur tegangan dan arus khusus bernama USB Charger Doctor buatan Adafruit yang dipasang seperti pada gambar 4.3. Dari situs resmi Adafruit, USB

Charger Doctor diketahui memiliki resolusi 10mV/10mA, yang berarti alat tersebut dapat mengukur tegangan terkecil hingga 10mV dan mengukur arus terkecil hingga 10Ma.



Gambar 4.30 Pengukuran Arus

Setelah hasil pengukuran arus diketahui, maka penggunaan daya dapat dihitung menggunakan rumus:

$$daya = tegangan \times arus \quad (4.2)$$

Sehingga dapat diketahui penggunaan daya perangkat sebagai berikut:

Tabel 4.7 Penggunaan Daya

Parameter	Nilai
Arus (Ampere)	0,14
Tegangan (Volt)	4,95
Daya (Watt)	0,693

Jika misalnya pada penelitian ini menggunakan *powerbank* dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 4.8 Spesifikasi Powerbank yang Digunakan

Keterangan	Nilai
Kapasitas (mAh)	12500
Tegangan (Volt)	5
Daya per jam (Wh)	62,5

Maka dapat diketahui seberapa lama perangkat dapat bekerja secara portabel berdasarkan data penggunaan daya diatas menggunakan rumus:

$$Waktu\ kerja = \frac{Daya\ per\ jam}{Daya} \quad (4.3)$$

Sehingga dapat diketahui perangkat dapat bekerja penuh menggunakan catu daya portable selama:

$$Waktu\ kerja = \frac{62,5}{0,693} = 90,19\ jam$$

Jadi alat pemantau kesehatan yang diteliti dapat bekerja penuh selama 90,19 jam jika menggunakan *powerbank* berkapasitas 12500mAh.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah beberapa pengujian dan pengambilan data yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah berhasil dibuat alat yang mampu memantau kesehatan pasien berdasarkan parameter suhu dan aktifitas jantung secara bersamaan yang bersifat murah, mudah serta praktis dalam penggunaannya, dengan diimplementasikannya sistem *plug and play* untuk sensor DS18B20, sensor denyut jantung, dan sensor AD8232.
2. Telah berhasil dibuat suatu sistem pemantauan kesehatan pasien yang mampu mengukur suhu dan aktifitas jantung. Dari hasil pembacaan sensor tersebut sudah dapat ditampilkan dengan layar *oled* pada perangkat serta ditampilkan secara online melalui antarmuka aplikasi Blynk.
3. Pemantauan parameter kesehatan jantung berhasil dilakukan menggunakan sensor DS18B20 dengan presentase kesalahan rata-rata 2,38%, sensor denyut jantung buatan World Famous Electronics dengan presentase kesalahan rata-rata 6,56%, dan sensor ECG AD8232.
4. Grafik yang dihasilkan dari sensor ECG AD8232 tidak dapat selalu akurat sehingga alat ini hanya dapat dijadikan sebagai pemantau apakah kesehatan pasien membaik atau memburuk serta tidak dapat dijadikan acuan pengukuran secara medis.
5. Alat pemantau kesehatan jantung dalam penelitian ini menggunakan daya 0,693 Watt ketika bekerja penuh (*On-line*), sehingga jika menggunakan catu daya portabel dengan kapasitas 12500 mAh, perangkat dapat bekerja penuh selama 90,19 jam dalam sekali charge.
6. Pemegang aplikasi Blynk dapat mengakses data pemantauan kesehatan pasien secara *mobile* dengan memanfaatkan jaringan internet. Data hasil pemantauan pasien secara otomatis dikirimkan ke server Blynk menggunakan jaringan internet. Data tersebut lalu dapat diakses oleh pemegang aplikasi Blynk yang telah memiliki kode otentifikasi.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa saran sebagai berikut :

1. Sensor ECG AD8232 dipilih dalam penelitian ini untuk menekan biaya agar nantinya alat dapat terjangkau oleh kelas menengah ke bawah, oleh karena itu grafik yang dihasilkan oleh sensor ECG AD8232 tidak terlalu bagus. Grafik yang dihasilkan tidak selalu akurat dan masih terlalu banyak noise. Sebaiknya digunakan sensor ECG lain yang lebih akurat agar perangkat pemantau kesehatan ini dapat difungsikan sekaligus sebagai acuan pengukuran secara medis.
2. Perlu adanya penambahan algoritma pada kode sistem pembacaan sensor agar tingkat presisi serta akurasi dapat lebih baik dan juga pengembangan antarmuka Blynk yang lebih baik lagi sehingga dapat lebih banyak pemanfaatan fungsinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Cardiovascular Disease (CVDs),” World Health Organization, [Online]. Available: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)). [Diakses 23 August 2019].
- [2] “NCD Profiles Indonesia,” World Health Organization, 2014. [Online]. Available: <https://www.who.int/nmh/publications/ncd-profiles-2014/en/>. [Diakses 17 August 2019].
- [3] F. Adochiei, C. Rotariu, R. Ciobotariu dan H. Costin, “A Wireless Low-Power Pulse Oximetry System for Patient Telemonitoring,” dalam *Advanced Topic in Electrical Engineering*, Bucharest, 2011.
- [4] J. Adiluhung, M. Rochmad dan F. Arifin, “Alat Pengukur Tekanan Darah Otomatis Berbasis Mikrokontroler Untuk Pasien Rawat Jalan dengan SMS Gateway,” *EEPIS Repository*, Surabaya, 2011.
- [5] S. Gowrishankar, Y. Prachita dan A. Prakash, “IoT based Heart Attack Detection, Heart Rate and Temperature Monitor,” *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)*, vol. 170, pp. 26-30, 2017.
- [6] Z. Fadilla, “Prototipe Alat Deteksi Dini dan Mandiri Penyakit Jantung Menggunakan Sistem Pakar VCSIR, Arduino dan Handphone Android,” Universitas Andalas, 2013.
- [7] H. Heruryanto, “Sistem Pengukuran Detak Jantung Berbasis Mikrokontroler Atmega8535,” Universitas Hasanuddin, Makasar, 2014.
- [8] E. Riyanto, H. Supriyono dan U. Fadhillah, “Perancangan Pengukur Detak Jantung dan Suhu Tubuh Berbasis Arduino Serta Smartphone Android,” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.
- [9] R. Adiputra, S. Hadiyoso dan Y. Sun Hariyani, “Internet of Things: Low Cost and Wearable SpO2 Device for Health Monitoring,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 8, no. 2, pp. 939-945, April 2018.
- [10] R. P. Vikramsingh, Y. T. Akesh dan D. G. Pooja, “Heartbeat and Temperature Monitoring System for Remote Patients using Arduino,” *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*

- (IJAERS), vol. 4, no. 5, pp. 55-58, May 2017.
- [11] R. S. Kusuma, F. Akbaruddin, U. Fadlilah dan M. Pamungkasty, "Prototipe Alat Monitoring Kesehatan Jantung Berbasis IoT," *Jurnal Emitter*, vol. 18, no. 01, pp. 18-22, 2018.
- [17] Wicaksana, Angga Satria. "Perancangan Alat Ukur Kekeruhan Pada Air Kolam Menggunakan Optocoupler." Skripsi, Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya, 2018.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Koding ESP32

```
// TUGAS AKHIR TEKNIK ELEKTRO UNS
// -----
// RANCANG BANGUN PURWARUPA SENSOR AKTIVITAS TUBUH PORTABEL
// UNTUK PEMANTAUAN KESEHATAN YANG KONTINYU
// -----
// Nama : Cesarius Adi Anggara Kustamtomo
// NIM ``: I0715008
// Prodi : Teknik Elektro
// -----
// Dibuat : 25-08-2019
// Diedit : 05-08-2020
// Email : cesar@student.uns.ac.id
// -----

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h> // Library Blynk
#include <Wire.h> // Library i2c
#include <Adafruit_SSD1306.h> // Library LCD OLED SSD1306

#define BLYNK_PRINT Serial
#define SCREEN_WIDTH 128 // Lebar OLED dalam satuan pixels
#define SCREEN_HEIGHT 64 // Tinggi OLED dalam satuan pixels
#define OLED_RESET -1 // Reset pin OLED
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire,
OLED_RESET);

char auth[] = "oL-d9cVrPay3jCoUTPsqaImzLIH_8zSm"; // Auth Token Blynk App
char ssid[] = "sancrez"; // SSID WiFi
char pass[] = "snrcz12345678"; // Password WiFi

const int oneWireBus = 13; // Pin DS18B20
const int PulseSensorPin = 36; // Pin Pulse Sensor
const int ledPin = 2; // On-board ESP32 LED

int Signal = 0; // Menyimpan nilai Pulse Sensor
int SignalECG = 0; // Menyimpan nilai sensor ECG
int Threshold = 2050; // Menentukan besar sinyal yang dihitung sebagai denyut
int bpm = 0; // Menyimpan nilai bpm
int detak = 0; // Menyimpan nilai detak
int iteration = 100; // Jumlah iterasi untuk mengurangi noise
float temperatureC; // Menentukan nilai temperatur sebagai tipe data float
unsigned long waktu = 0;
unsigned long waktusebelum = 0;
unsigned long waktuberjalan = 0;
unsigned long waktutarget = 15000; // 15 detik

BlynkTimer timer; // Announcing the timer
```

```

OneWire oneWire(oneWireBus);          // Mengatur library OneWire agar dapat terhubung
dengan perangkat OneWire
DallasTemperature sensors(&oneWire);    // Menyalurkan referensi oneWire ke Dallas
Temperature sensor

void myTimerEvent(){                   // Program Blynk untuk dijalankan tiap satuan waktu
timer yang diatur
    Blynk.virtualWrite(V1, detak);      // Menampilkan nilai detak pada Blynk
    Blynk.virtualWrite(V2, bpm);        // Menampilkan nilai bpm pada Blynk
    Blynk.virtualWrite(V3, temperatureC); // Menampilkan nilai temperatur pada Blynk
    Blynk.virtualWrite(V4, SignalECG);  // Menampilkan nilai ECG pada Blynk
}

void setup() {
    pinMode(ledPin,OUTPUT); // pin led esp sebagai output
    pinMode(26, INPUT);    // Leads off detection LO + sensor AD8232
    pinMode(25, INPUT);    // Leads off detection LO - sensor AD8232

    Serial.begin(115200); // Menentukan kecepatan pengiriman dan penerimaan data melalui
port serial
    sensors.begin();      // Mengaktifkan sensor DS18B20
    delay(10);

    display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C); // Alamat I2C
    display.clearDisplay();                     // Mengosongkan tampilan

    Serial.print("Connecting to ");
    Serial.println(ssid);
    WiFi.begin(ssid, pass);
    int wifi_ctr = 0;
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }
    Serial.println("WiFi connected");
    Blynk.begin(auth, ssid, pass);
    timer.setInterval(1, myTimerEvent); // Mengatur timer program transfer data ke Blynk
}

void loop(){
    Blynk.run(); // Memulai program Blynk

    Signal = analogRead(PulseSensorPin); // Membaca nilai Pulse sensor dan menempatkan
nilainya ke variabel "Signal"

    if(Signal > Threshold){              // Ketika Sinyal melebihi treshold maka
        digitalWrite(ledPin,HIGH);       // Menyalakan On-Board Led ESP32
        Blynk.virtualWrite(V0, 1023);    // Menyalakan led pada aplikasi Blynk
        detak++;                         // Menambahkan nilai 1 pada variabel detak
    }else {
        digitalWrite(ledPin,LOW);
        Blynk.virtualWrite(V0, 0);
    }
}

```

```

    waktu = millis(); // Menjalankan waktu internal setiap milli seconds pada
    Arduino secara independent
    waktuberjalan = waktu - waktusebelum;
    if(waktuberjalan > waktutarget){ // Setiap waktu melebihi waktu target
        bpm = detak * 4 ; // Nilai detak yang terdeteksi dalam periode tersebut diolah
        menjadi nilai bpm
        detak = detak - detak; // Nilai detak menjadi 0 kembali
        waktusebelum = waktu;
    }

    sensors.requestTemperatures(); // Mengambil nilai sensor DS18B20
    float temperatureC = sensors.getTempCByIndex(0); // Nilai sensor DS18B20 diambil
    berdasarkan index IC pertama

    if (temperatureC < 29 || temperatureC > 38){ // Parameter suhu tubuh jika jantung
    abnormal
        if (bpm < 40 || bpm > 80){ // Parameter bpm jantung abnormal
            Blynk.virtualWrite(V5, 1023); // Menyalakan led pada aplikasi Blynk
        }
    } else {
        Blynk.virtualWrite(V5, 0);
    }

    SignalECG = analogRead(36);
    if((digitalRead(26) == 1)|| (digitalRead(25) == 1)){ // Mendeteksi lead lo+ dan lo- sensor
    AD8232
        Serial.println("!");
    } else{
        Serial.println(analogRead(36)); // Mengambil nilai lead output sensor AD8232
    }

    for (int i = 0; i <= itteration; i++){
        SignalECG = SignalECG + analogRead(36);
    }
    SignalECG = SignalECG / itteration; // Untuk mengurangi noise
    delay(1);

    timer.run(); // Menjalankan timer Blynk untuk mengirim data ke aplikasi

    display.clearDisplay(); // mengosongkan tampilan

    display.setTextSize(1); // set ukuran huruf
    display.setTextColor(WHITE); // set warna huruf
    display.setCursor(0,0); // sett posisi tampilan (kolom (h), baris (v))
    display.println("Pemantau Kesehatan"); // Menampilkan karakter pada OLED

    display.setTextSize(2);
    display.setCursor(47,14);
    display.print(temperatureC,1); // Menampilkan nilai temperatur pada OLED
    display.print((char)247); // Menampilkan simbol derajat pada OLED
    display.print("C");

    display.setTextSize(2);
    display.setCursor(0,30);
    display.print("Detak: ");

```

```

display.println(detak);          // Menampilkan nilai detak pada OLED

display.setTextSize(2);
display.setCursor(0,48);
display.print("Bpm : ");
display.println(bpm);           // Menampilkan nilai detak pada OLED
display.display();              // Mengaktifkan OLED berdasarkan karakter yang sudah
disimpan

Serial.print("Suhu: ");
Serial.print(temperatureC);
Serial.print("°C |");
Serial.print(" Time: ");
Serial.print(waktu/1000);       // Mengubah milisecond menjadi second.
Serial.print("s |");
Serial.print(" Pulse Sensor: ");
Serial.print(Signal);
Serial.print(" |");
Serial.print(" Beats: ");
Serial.print(detak);
Serial.print(" |");
Serial.print(" Last Bpm: ");
Serial.println(bpm);
delay(10);
}

// -----END-----

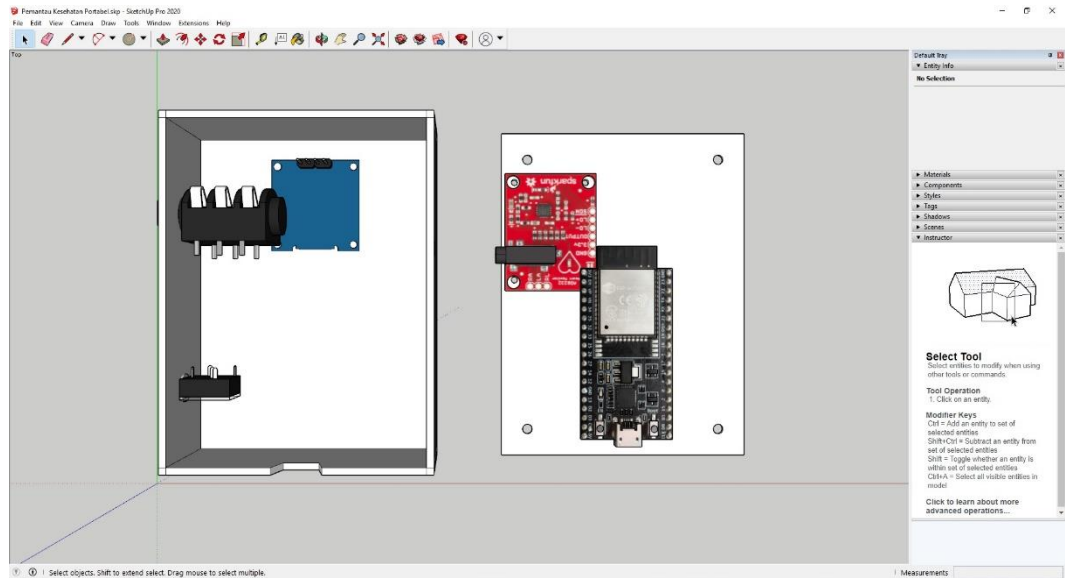
```

Lampiran 2. Konfigurasi Pin ESP32

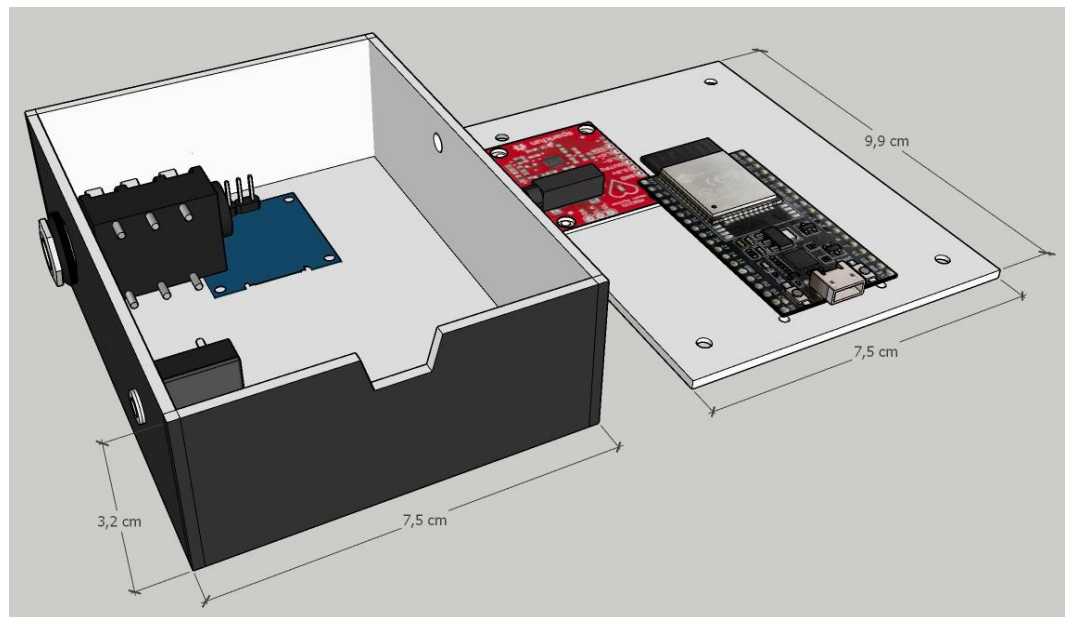
Pin	Fungsi
3.3 V	VCC 3,3 Volt
5 V	VCC 5 Volt dari USB
CLK	GPIO06, spiCLK
CMD	GPIO11, SDcmd, HSIcmd
GND	Ground
RST	Pin Reset / Enable
RxD	GPIO3, Clock Out 2, Program P
SD2	GPIO09, SDdata, FlashD2
SD3	GPIO10, TxD, ADC1, Sddata
SDI	GPIO08, Sddata, SPDI
SDO	GPIO07, Sddata0, SPI
SVN	GPIO39, RTC03, ADC3, Sensor Potensial Negatif
SVP	GPIO36, RTC00, ADC1, Sensor Potensial Positif
TCK	GPIO13, ADC4, Touch Sensor, SDdata
TDI	GPIO12, TxD3, Touch Sensor, RTC015
TDO	GPIO15, RxD3, ADC3, Touch Sensor, SDcmd
TMS	GPIO14, Tx2, ADC6, RTC016, Touch Sensor, CLK
TxD	GPIO1, RxD2, Clock Out3, Program Port
0	GPIO0, ADC_1, Touch Sensor, RTC011
2	GPIO2, ADC_2, Touch Sensor, RTC012
4	GPIO4, ACD_0, Touch Sensor, RTC010
5	GPIO05, spi_SS
16	GPIO16, CLKOUT, HSIdata4
17	GPIO17, HSIdata5
18	GPIO18, spi_SCK
19	GPIO19, TxD0, spi_MISO
21	GPIO21, Wire SDA
22	GPIO22, TxD1, Wire SCL
23	GPIO23, spi_MOSI
25	GPIO25, ADC_8, DAC_1
26	GPIO26, DAC2, ADC2
27	GPIO17, ADC_7, Touch Sensor
32	GPIO32, ADC_4, Touch Sensor, RTC09
33	GPIO33, Touch Sensor, XTAL32, ADC5
34	GPIO34, ADC6, RTC04
35	GPIO35, ADC7, RTC5

Lampiran 3. Dokumentasi

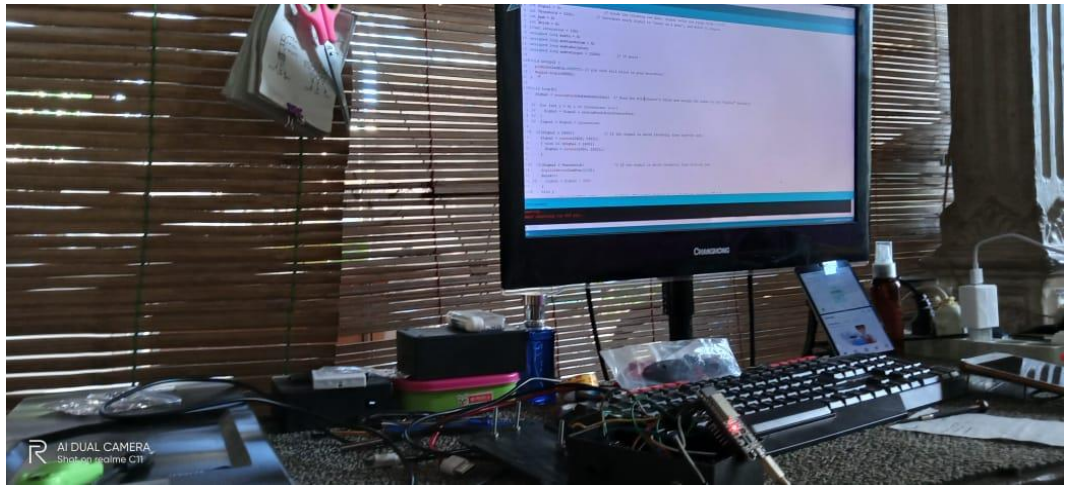
1. Perancangan desain 3D menggunakan software Sketchup.



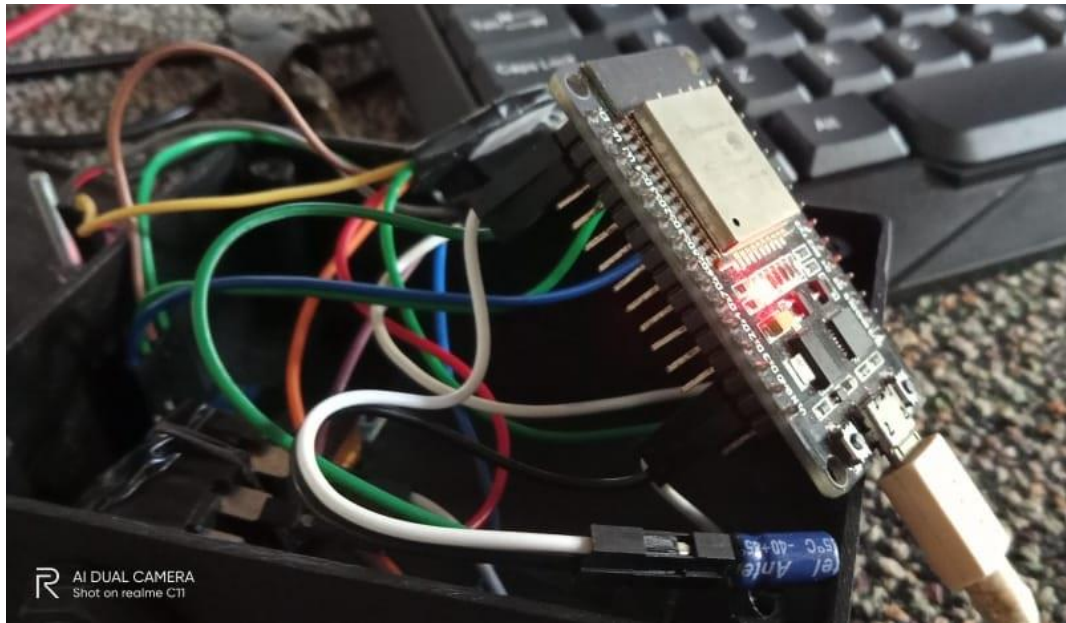
2. Perangkat pemantau kesehatan dalam bentuk 3D dilengkapi dengan keterangan ukuran.



3. Pemrograman ESP32 menggunakan software Arduino IDE.



4. Penambahan kapasitor agar dapat mengupload program tanpa membuka kemasan perangkat.



5. Pengujian rangkaian *filter noise* sensor.



6. Pemasangan sensor denyut jantung.



7. Pemasangan sensor suhu.



8. Pemasangan sensor ECG.



9. Pemasangan catu daya dengan kabel micro usb.

