



**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN DETAK  
JANTUNG MENGGUNAKAN SENSOR MAX30100 DAN  
ESP8266 BERBASIS ANDROID**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**Juwita Topista Wibowo  
201810201001**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI FISIKA  
JEMBER  
2023**



**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN DETAK  
JANTUNG MENGGUNAKAN SENSOR MAX30100 DAN  
ESP8266 BERBASIS ANDROID**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada  
program studi Fisika.*

**SKRIPSI**

**Oleh**

**Juwita Topista Wibowo  
201810201001**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI FISIKA  
JEMBER  
2023**

## PERSEMBAHAN

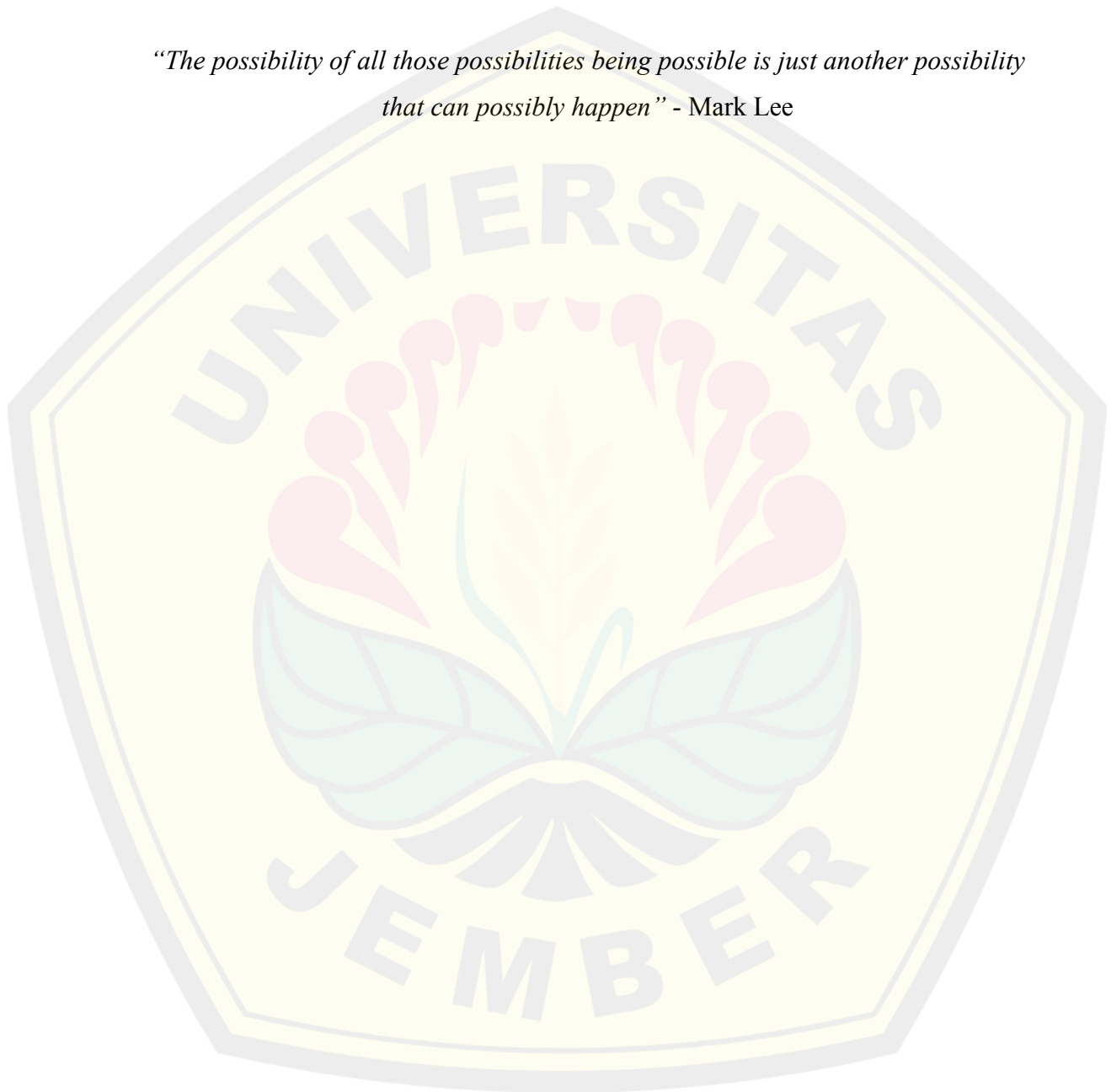
Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan ridha kepada saya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya, bapak Wibowo Hartanto dan ibu Lilis Suryani yang telah memberikan saya kesempatan untuk menempuh pendidikan saat ini dan memberikan dukungan, motivasi, do'a, maupun materi sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan lancar;
2. Saudara kandung saya Novan Adi Wibowo yang telah memberikan dukungan dan do'a kepada saya;
3. Para pendidik terutama dosen pembimbing dan penguji yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya;
4. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

**MOTTO**

Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan  
(terjemahan Surat Al-Insyirah ayat 6)\*)

*“The possibility of all those possibilities being possible is just another possibility  
that can possibly happen” - Mark Lee*



**PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Juwita Topista Wibowo

NIM : 201810201001

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *Rancang Bangun Sistem Pengukuran Detak Jantung Menggunakan Sensor MAX30100 dan Esp8266 Berbasis Android* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 Desember 2023

Yang menyatakan,

Juwita Topista Wibowo

NIM 201810201001

**HALAMAN PERSETUJUAN**

Skripsi berjudul *Rancang Bangun Sistem Pengukuran Detak Jantung Menggunakan Sensor MAX30100 dan Esp8266 Berbasis Android* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

Hari :  
Tanggal :  
Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Jember

DPU

DPA

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D  
NIP 197202101998021001

Prof. Nuryani, S.Si, M.Si  
NIP 196903032000031001

Penguji 1

Penguji 2

Dr. Sutisna, S.Si., M.Si  
NIP 197301152000031001

Dr. Ratna Dewi Syarifah, S.Pd., M.Si  
NIP 198803202019032011

**ABSTRACT**

*The heart is a vital organ with a normal heart rate ranging from 60 to 100 beats per minute (BPM). Despite technological advancements, manual heart rate measurement through wrist pulse detection remains common. This method is less accurate because the heart rate value cannot be detected properly. This study introduces a sophisticated heart rate monitoring device that measures heart rate through the fingertip. The device is Android-based, utilizing the MAX30100 sensor and Nodemcu Esp8266. The MAX30100 sensor, PPG sensor, measures oxygen saturation and heart rate simultaneously, while the Nodemcu Esp8266 incorporates a Wi-Fi module for Android connectivity. Additional components such as a battery, On/Off switch, PCB, jumper cables, and an enclosure complete the device. The Flutter-based application developed using Dart programming language provides a user-friendly interface for heart rate visualization. The study involved 25 samples of students in two states: resting and post-1-minute running. A comparative analysis was performed with a reference device, the pulse sensor. Results showed that resting heart rate measurements were lower than those after a 1-minute run, reflecting the expected post-exercise increase in heart rate due to heightened physical activity. Device characteristics, including standard deviation, accuracy, precision, and response time, were evaluated. Standard deviations for resting and post-run measurements were 2.272 and 3.243, respectively. Accuracy values were 97.308 and 97.918 for resting and post-run measurements, while precision values were 96.635 and 96.887. The time required to obtain a constant heart rate at rest and post-run conditions was 6 seconds and 6.24 seconds, respectively. This research introduces a portable, fingertip-based heart rate monitoring system with promising accuracy and precision for health assessment, offering a valuable alternative to conventional pulse detection methods. The device's compatibility with Android and its ability to measure both heart rate and oxygen saturation make it a versatile and effective tool for health monitoring.*

*Keywords: Heartrate, Internet of Things, MAX30100*

## RINGKASAN

Jantung merupakan organ yang memiliki peranan penting pada tubuh manusia. Jantung memiliki detak jantung batas normal sekitar 60-100 BPM. Teknologi saat ini semakin lama semakin canggih, namun pengukuran detak jantung masih banyak yang dilakukan secara manual, dimana pengukuran diketahui melalui denyut nadi pada pergelangan tangan. Metode tersebut kurang akurat karena nilai detak jantung tidak dapat terdeteksi dengan baik. Penelitian yang dikerjakan saat ini yaitu membuat suatu alat pengukuran detak jantung yang canggih, alat ini bekerja mengukur detak jantung hanya melalui jari. Selain itu, alat ini juga berbasis android yang dimana pada teknologi saat ini banyak sekali manusia yang menggunakan android. Alat ini terdiri dari dua komponen utama yaitu sensor MAX30100 dan Nodemcu Esp8266. Sensor MAX30100 merupakan suatu sensor yang berjenis PPG dan dapat mengukur dua keluaran yaitu saturasi oksigen dan detak jantung dalam satu sensor saja. Nodemcu Esp8266 merupakan sebuah mikrokontroler yang biasa digunakan oleh peneliti-peneliti berbasis IoT (*Internet of Things*) dikarenakan didalam Esp8266 sendiri terdapat modul wifi yang nantinya dapat terhubung dengan baik pada android. Komponen tambahan lainnya untuk membuat alat pengukuran detak jantung yaitu baterai, saklar On/Off, PCB, kabel jumper, wadah alat, dan lain-lainnya. Selain membuat suatu alat, peneliti juga membuat suatu aplikasi yang nantinya digunakan untuk tampilan detak jantung. Aplikasi yang dibuat menggunakan *software* yang dikembangkan oleh Google yaitu flutter yang memiliki bahasa pemrograman baru bernama Dart. Penelitian ini mengukur 25 sampel mahasiswa dengan masing-masing sampel memiliki 2 keadaan yaitu keadaan istirahat dan keadaan setelah berlari selama 1 menit. Selain itu, penelitian ini nantinya dibandingkan dengan alat pembanding yaitu *pulse sensor* yang berfungsi untuk mengetahui karakteristik dari alat yang telah dirancang. Hasil karakteristik dari sensor tersebut yaitu telah diketahui pengukuran detak jantung saat keadaan istirahat memiliki nilai yang cukup rendah dibandingkan dengan hasil pengukuran detak jantung yang diambil setelah melakukan lari selama 1 menit, hal tersebut dikarenakan manusia saat setelah berlari cenderung memiliki detak jantung



yang lebih cepat karena memiliki aktivitas yang lebih berat dibandingkan saat istirahat. Karakteristik alat yaitu standar deviasi, akurasi, presisi, dan waktu, standar deviasi dari pengukuran saat keadaan tenang dan pengukuran saat setelah berlari yaitu masing-masing 2,272 dan 3,243. Nilai akurasi pengukuran saat keadaan tenang dan setelah berlari masing-masing 97,308 dan 97,918. Nilai presisi pengukuran saat keadaan tenang dan setelah berlari yaitu masing-masing 96,635 dan 96,887. Nilai waktu yang dibutuhkan untuk mengetahui detak jantung yang konstan saat keadaan tenang dan keadaan setelah lari yaitu masing-masing 6s dan 6,24s.



## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pengukuran Detak Jantung Menggunakan Sensor MAX30100 dan Esp8266 Berbasis Android”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) dan Prof. Nuryani, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA), yang telah memberi ilmu, bimbingan, serta waktunya dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Sutisna, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji I dan Dr. Ratna Dewi Syarifah, S.Pd., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan, arahan, bimbingan, serta masukan bagi kesempurnaan skripsi ini;
3. Wenny Maulina, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan ilmu, arahan, dan bimbingannya untuk menyelesaikan masa studi di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
4. Seluruh Dosen Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi pendidikan strata satu (S-1) di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
5. Seluruh staff dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang telah membantu dalam penyelesaian administrasi maupun lainnya;

6. Moh. Nazib Abdulloh Yaqin NIM 201810201054 yang telah memberikan waktunya setiap saat dan siap membantu penulis beserta do'a dan dukungan yang selalu diberikan;
7. Teman seperjuangan Ajeng Dian, Adelia Pramesti, Hana Ilhami Aprilia, Desy, Clara, Tete, Gwen, dan Grup Celestine yang selalu ada untuk penulis beserta do'a dan dukungan yang selalu diberikan;
8. Anggota grup NCT dan Aespa terutama Mark Lee dan Ningning, beserta 28 anggota lainnya yang melalui karyanya secara tidak langsung memberikan motivasi kepada penulis;
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, dan turut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari skripsi ini. Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Jember, 1 Januari 2024

Penulis

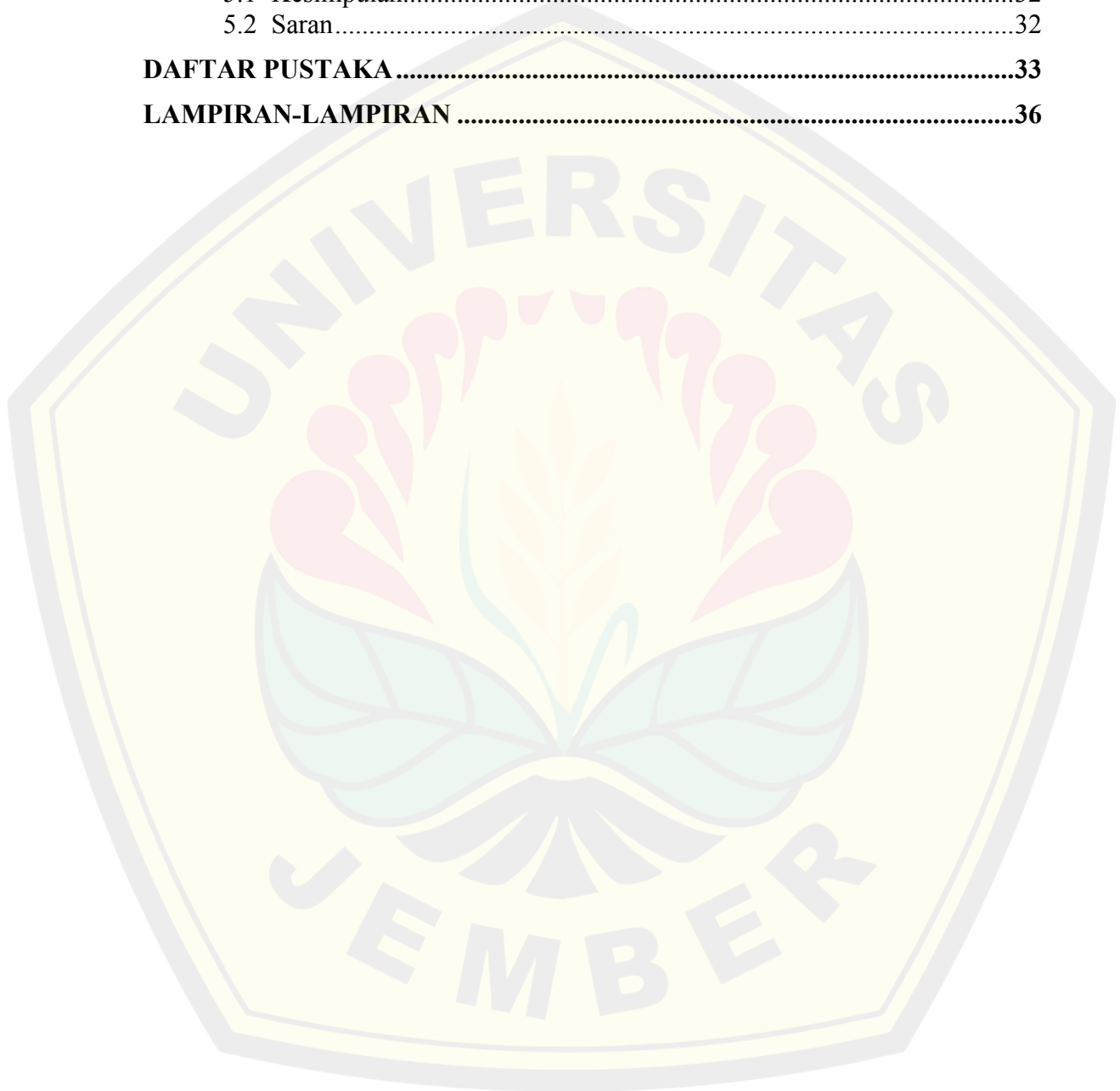
Juwita Topista Wibowo

NIM 201810201001

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO .....	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
RINGKASAN .....	viii
PRAKATA .....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Penelitian .....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Kajian Literatur .....	5
2.2 Pengembangan Hipotesis .....	6
2.2.1. <i>Detak Jantung</i> .....	7
2.2.2. <i>Photoplethysmography (PPG)</i> .....	8
2.2.3. <i>NodeMCU Esp8266</i> .....	10
2.2.4. <i>Sensor MAX30100</i> .....	11
2.2.5. <i>Arduino IDE</i> .....	12
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>14</b>
3.1 Alat dan Bahan .....	14
3.2 Prosedur Penelitian.....	14
3.3 Rancangan Hardware dan Software .....	15
3.4 Pengumpulan Data Penelitian .....	17
3.5 Metode Analisis.....	17
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>18</b>
4.1. Rancang Bangun Sistem Deteksi Detak Jantung .....	18
4.1.1. <i>Perancangan Hardware</i> .....	18

4.1.2. <i>Perancangan Software</i> .....	20
4.2. Pengukuran Detak Jantung.....	26
4.2.1. <i>Prinsip Kerja Sensor PPG</i> .....	26
4.2.2. <i>Pengukuran Sampel</i> .....	27
4.3. Karakteristik Alat.....	30
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>32</b>
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran.....	32
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>33</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b> .....	<b>36</b>



**DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1. Hasil Karakteristik Sensor MAX30100 ..... 30

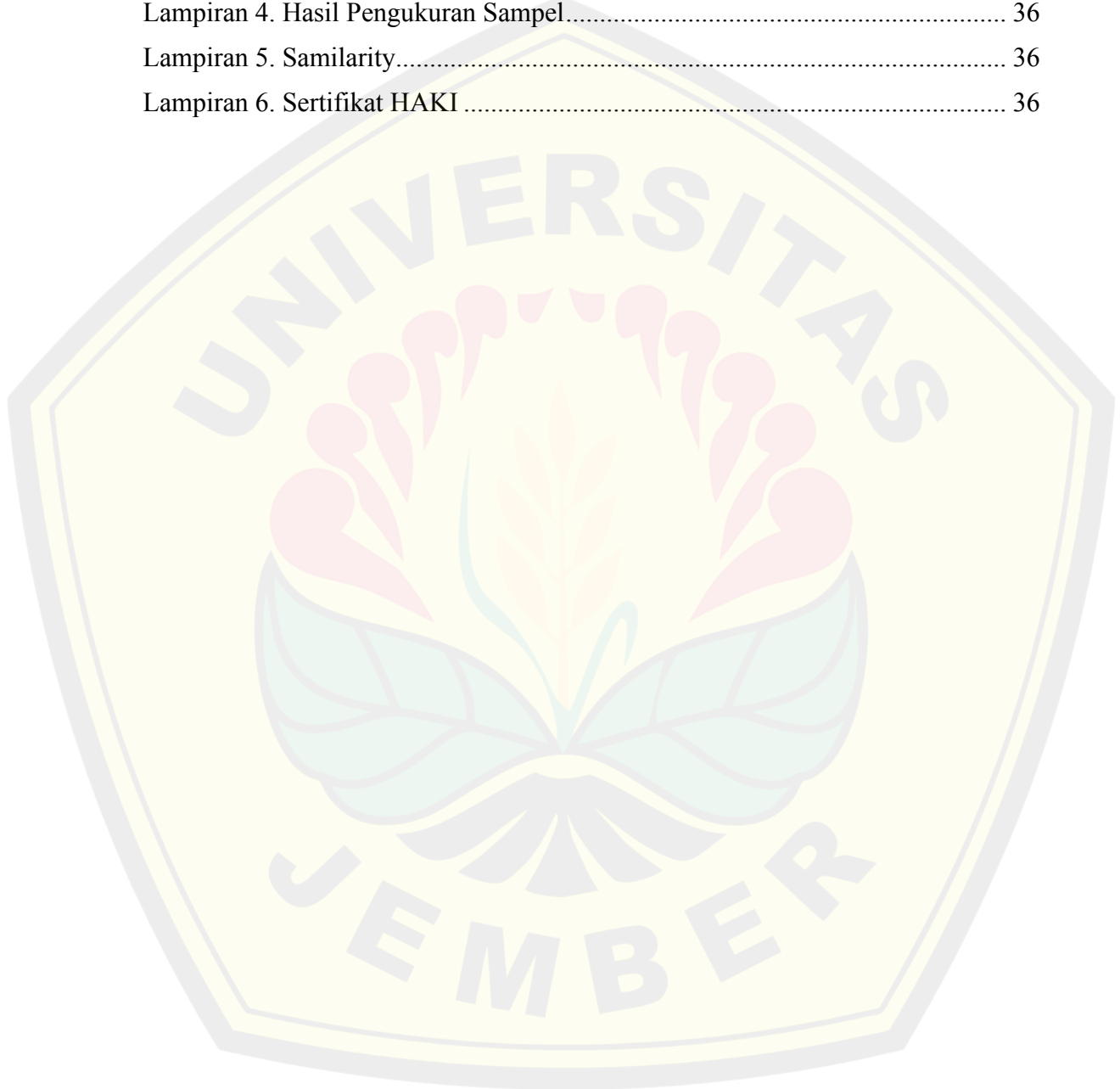


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sumber utama rangsangan listrik dalam jantung (Julisawaty & Saefudin, 2017) .....	8
Gambar 2.2. Ilustrasi jenis PPG (a) Transmitif (b) Reflektif (Tamura et al., 2014)9	
Gambar 2.3 Pin NodeMCU Esp8266 (Efendi, 2019). .....	11
Gambar 2.4. Sensor MAX301000 (Sunrom) .....	12
Gambar 2.5. Tampilan <i>Software</i> Arduino IDE .....	13
Gambar 3.1. Diagram Alir Prosedur Penelitian .....	15
Gambar 3.2. Skematik Rancangan <i>Hardware</i> .....	16
Gambar 3.3. <i>Flowchart</i> Rancangan <i>Software</i> .....	16
Gambar 4.1. Desain PCB Alat Deteksi Detak Jantung .....	19
Gambar 4.2. Tampilan Belakang PCB .....	19
Gambar 4.3. Tampilan Komponen Perangkat Keras .....	20
Gambar 4.4. Tampilan Alat Pengukuran Detak Jantung .....	20
Gambar 4.5. Tampilan Laman Arduino IDE .....	21
Gambar 4.6. Tampilan <i>Library</i> pada Arduino IDE .....	21
Gambar 4.7. Tampilan Program pada Arduino IDE .....	22
Gambar 4.8. Tampilan <i>Firebase</i> .....	23
Gambar 4.9. Tampilan Program pada Visual Studio Code .....	23
Gambar 4.10. Tampilan Debugging aktif .....	24
Gambar 4.11. Tampilan Logo Aplikasi pada Android .....	24
Gambar 4.12. Tampilan Aplikasi Android (a) <i>Splash Page</i> (b) <i>Login Page</i> (c) Halaman Utama .....	25
Gambar 4.13. Gambar Pengukuran Detak Jantung dengan Aplikasi .....	26
Gambar 4.14. Grafik Salah Satu Sampel saat Keadaan Tenang .....	28
Gambar 4.15. Grafik Salah Satu Sempel saat Keadaan setelah Berlari .....	29

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Code Pemrograman Sensor .....	36
Lampiran 2. Code Pemrograman Aplikasi.....	36
Lampiran 3. Tutorial Penggunaan Alat.....	36
Lampiran 4. Hasil Pengukuran Sampel.....	36
Lampiran 5. Samilarity.....	36
Lampiran 6. Sertifikat HAKI .....	36





## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Menjaga kesehatan merupakan suatu kewajiban yang harus dilakukan setiap manusia melalui pola makan dan olahraga teratur yang memiliki tujuan untuk menjaga stabilitas pernapasan dan detak jantung agar tetap sehat. Jantung memiliki peranan penting pada tubuh manusia, maka dari itu kesehatan jantung wajib dijaga tetap stabil. Jantung mengedarkan darah yang mengandung kaya akan oksigen ke seluruh tubuh manusia. Pemompaan jantung yang baik menyebabkan pengedaran darah berjalan dengan lancar. Jika pemompaan jantung tidak berjalan dengan baik, maka hal tersebut akan mempengaruhi kesehatan tubuh dan dapat juga berujung kepada kematian. Detak jantung yang tidak normal atau gangguan jantung merupakan salah satu penyakit yang dapat mengakibatkan kematian hampir mencapai 50% di berbagai negara yang berkembang.

Detak jantung merupakan faktor penting dalam menentukan kesehatan jantung seseorang. Detak jantung digunakan sebagai indikator oleh para medis untuk mengetahui jenis penyakit pada pasien. Detak jantung yang lambat atau cepat akan memberikan faktor buruk pada kesehatan manusia. Detak jantung normal orang dewasa memiliki frekuensi sekitar 60-100 BPM (*beats per minute*) sedangkan untuk detak jantung normal anak-anak frekuensinya sekitar 70-100 BPM. Frekuensi tersebut didapatkan ketika manusia dalam keadaan tenang atau istirahat. Jika seseorang dalam keadaan beraktivitas, maka frekuensi detak jantung akan berubah. Oleh karena itu, pengukuran detak jantung dilakukan saat pasien dalam kondisi tenang atau tidak beraktivitas. Salah satu penyakit detak jantung tidak normal atau tidak stabil yaitu penyakit aritmia. Aritmia merupakan penyakit detak jantung yang tidak stabil diakibatkan gangguan dari penjalaran impuls listrik pada jantung (Kalangi et al., 2016). Aritmia bukan penyakit yang mematikan, namun aritmia dapat membuat atau mengarah ke penyakit berbahaya contohnya *stroke* atau gagal jantung. Kelainan pada detak jantung yang memiliki frekuensi

kurang dari 60 itu disebut dengan *bradikardia*. Sedangkan kelainan detak jantung yang memiliki frekuensi lebih dari 100 BPM itu disebut dengan *takikardia* (Anugrah, 2016).

Menurut Rochmad (2022) pengukuran detak jantung kebanyakan dilakukan secara manual dengan mendeteksi denyut nadi pada pergelangan tangan. Namun metode tersebut kurang akurat karena tidak semua detak jantung dapat terdeteksi dengan baik. Umumnya dokter menggunakan alat-alat pada bidang medis untuk mendeteksi detak jantung dan mendiagnosa penyakit pada jantung. Pada zaman yang sudah berkembang ini, dibutuhkan teknologi canggih yang dapat digunakan untuk proses pengukuran detak jantung yang lebih akurat.

Sensor menjadi salah satu alternatif pada perkembangan teknologi yang canggih. Bidang medis atau bidang kedokteran menjadi bidang yang membutuhkan teknologi yang canggih, dikarenakan banyaknya metode pengukuran yang masih dilakukan secara manual dan mengakibatkan kurangnya keakuratan data yang dihasilkan, sehingga dibutuhkan teknologi yang canggih dan akurat. Android sering digunakan kebanyakan manusia pada era teknologi ini, salah satunya pada bidang medis. Banyak anak muda yang menggunakan android dalam penelitian, sehingga dapat mempermudah aktivitas dan pekerjaan. Selain itu, teknologi mikrokontroler juga dapat dimanfaatkan pada bidang medis, seperti pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wibisono et al. (2018) yang mengukur detak jantung berbasis mikrokontroler. Penelitiannya menggunakan mikrokontroler arduino uno yang dihubungkan ke sensor detak jantung (*pulse sensor*). Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Qahar (2018) menggunakan mikrokontroler arduino uno, namun beda dengan penelitian yang dilakukan oleh Wibisono et al. Penelitian Qahar menggunakan sensor IC MAX30100 dan menggunakan *bluetooth* yang nantinya dapat menghubungkan kepada android. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Savitri (2020) yaitu merancang gelang pengukur detak jantung dan suhu tubuh manusia dengan menggunakan sensor IC MAX3012, sama halnya dengan penelitian Qahar yaitu menggunakan mikrokontroler arduino nano dan *bluetooth* yang nantinya dihubungkan kepada android.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk membuat alat yang digunakan mengukur detak jantung berbasis android. Penelitian ini menggunakan IC MAX30100 yaitu sebuah sensor yang efektif dalam mendeteksi detak jantung pada tubuh manusia melalui jari. Namun, perbedaan utama dalam penelitian ini adalah penggunaan mikrokontroler yang dimana peneliti sebelumnya menggunakan arduino dan pada penelitian ini menggunakan nodeMCU Esp8266. Mikrokontroler nodeMCU Esp8266 memiliki keunggulan dalam hal konektivitas dengan perangkat android. Mikrokontroler ini telah dilengkapi dengan modul WiFi yang memungkinkan koneksi langsung ke perangkat android tanpa memerlukan komponen tambahan seperti *bluetooth*. Hal ini memberikan kelebihan dalam hal kemudahan penggunaan dan penghematan biaya, karena tidak diperlukan tambahan komponen untuk menghubungkan alat dengan perangkat android (Prasetyawan et al., 2021). Dengan menggunakan mikrokontroler Esp8266, peneliti dapat menghubungkan alat secara langsung dengan aplikasi yang telah dikembangkan di perangkat android. Hal ini memungkinkan pengguna untuk dengan mudah melihat dan merekam data detak jantung mereka secara *real-time*. Penggunaan mikrokontroler Esp8266 dalam penelitian ini memberikan keunggulan komunikasi yang efisien dan tanpa hambatan antara alat dan perangkat android. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi baru dalam pengembangan alat yang dapat digunakan untuk pengukuran detak jantung secara akurat dan praktis melalui perangkat android.

### 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana rancangan alat pengukuran detak jantung dengan menggunakan IC MAX30100 dan mikrokontroler Esp 8266 berbasis android?
- b. Bagaimana hasil pengukuran detak jantung saat keadaan istirahat dan keadaan setelah berlari?
- c. Bagaimana karakteristik pada rancangan alat pengukuran detak jantung dengan menggunakan IC MAX30100 dan mikrokontroler Esp8266 berbasis android?

### 1.3 Batasan Penelitian

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Alat dipergunakan untuk pengukuran detak jantung pada ruas distal pada jari.
- b. Alat dirancang untuk proses pemantauan detak jantung pada android.
- c. Alat dirancang hanya digunakan untuk pengukuran detak jantung.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Merancang alat pengukuran detak jantung dengan menggunakan IC MAX30100 dan mikrokontroler Esp8266 berbasis android.
- b. Mengetahui hasil pengukuran detak jantung saat keadaan istirahat dan keadaan setelah berlari.
- c. Mengetahui karakteristik pada rancangan alat pengukuran detak jantung yang telah dibuat.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Dapat digunakan sebagai alat pengukuran detak jantung untuk pemantauan kesehatan keluarga.
- b. Dapat menjadi acuan peneliti-peneliti lebih lanjut tentang sensor berbasis *smartphone*.
- c. Memperkaya referensi atau literatur dalam bidang sensor berbasis *smartphone*.

## BAB 2. TINJAUAN TEORI

### 2.1 Kajian Literatur

Sensor detak jantung telah banyak digunakan dalam penelitian yang berfungsi untuk mendeteksi detak jantung. Wibisono et al. (2018) melakukan penelitian pengukuran detak jantung menggunakan *pulse sensor* berbasis mikrokontroler. Penelitian tersebut menggunakan arduino uno yang digunakan sebagai sistem pengolahan data yang nantinya akan dihubungkan ke *software* arduino IDE. Arduino IDE digunakan untuk memprogramkan atau mengatur kode yang akan digunakan dalam penelitian. Selain itu, pada penelitiannya juga menggunakan monitoring berupa *buzzer* yang akan berbunyi jika detak jantung pada pasien lebih atau kurang dari detak jantung normal. Hasil dari penelitiannya terdapat presisi yang cukup besar yaitu 95% dari perbandingan sistem detak jantung perbandingan. Pada penelitian tersebut menggunakan mikrokontroler yang harus terhubung dengan laptop sehingga tidak mudah dibawa kemana saja.

Pengukuran detak jantung berbasis *smartphone* menjadi salah satu metode pengukuran yang mengikuti perkembangan zaman ini. Sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Qahar (2018) yang melakukan penelitian tentang pengukuran detak jantung dan saturasi oksigen menggunakan sensor MAX30100. Penelitian tersebut menggunakan mikrokontroler arduino nano yang nantinya akan diprogramkan melalui *software* arduino IDE. Penelitiannya yaitu berbasis android, sehingga membutuhkan tambahan komponen yaitu *bluetooth* yang nantinya digunakan untuk menghubungkan ke *smartphone* android. Penelitian tersebut dilakukan dengan dua metode yaitu metode pengukuran dengan alat otomatis atau metode A dan dengan metode pengukuran manual atau metode B. Pada hasil penelitian detak jantung memiliki keseluruhan rata-rata eror yang cukup besar.

Pengukuran detak jantung berbasis *smartphone* juga dilakukan oleh Nugroho et al. (2020). Mereka membuat alat yang hampir sama dengan Qahar yaitu menggunakan sensor MAX30100 serta menggunakan mikrokontroler arduino nano, Namun ada perbedaan dalam pengukurannya. Penelitian Nugroho et al. (2020)

melakukan pengukuran yang membandingkan antara alat *oxymeter portable* yang mereka buat (jenis PPG *reflectance*) dengan alat yang memiliki jenis PPG *transmittance*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa alat *oximeter portable* yang menggunakan metode PPG *reflectance* memiliki waktu responnya adalah 5 detik, memiliki ketelitian (presisi) pengukuran rata-rata 99% pada pengukuran saturasi oksigen, dan memiliki ketelitian pengukuran rata-rata 92,12% pada pengukuran detak jantung berdasarkan alat *oximeter* yang sudah ada. Sementara itu, hasil penelitian menggunakan sensor metode PPG *transmittance* memiliki ketelitian pengukuran rata rata sebesar 98,67% pada pengukuran saturasi oksigen dan 97% pada pengukuran detak jantung. Metode *reflectance* memberikan hasil pengukuran saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) yang lebih stabil daripada metode *transmittance*, sedangkan metode *transmittance* memberikan hasil pengukuran detak jantung (BPM) yang lebih stabil daripada metode *reflectance*.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini akan mengembangkan lebih lanjut rancang bangun sistem pengukuran detak jantung dengan menggunakan sensor MAX30100 yang memiliki metode PPG *reflectance*. Meskipun pada penelitian Nugroho et al. (2020) metode PPG *reflectance* memiliki presisi lebih rendah daripada metode PPG *transmittance* saat mengukur detak jantung, namun pada penelitian ini menggunakan PPG *reflectance* dikarenakan memiliki kelebihan yang tidak ada pada PPG *transmittance* yaitu tidak rentan terhadap gangguan cahaya dari luar. Perancangan sistem pengukuran detak jantung ini nantinya akan berbasis *smartphone* yang dapat mudah dibawa kemana saja. Perancangan sistem pengukuran detak jantung ini juga menggunakan mikrokontroler Esp8266 yang sudah terdapat modul wifi sehingga tidak ada tambahan komponen *bluetooth* untuk menghubungkan ke *smartphone* android.

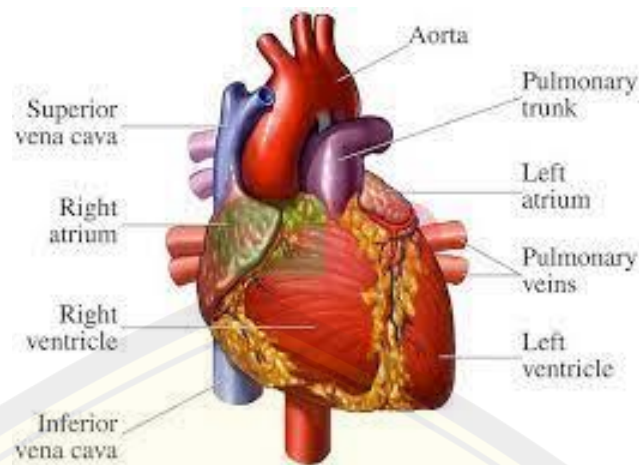
## 2.2 Pengembangan Hipotesis

Bagian ini merupakan bagian yang akan memuat teori-teori pendukung dari penelitian yang akan dilakukan dan menjadi beberapa sub bab.

### 2.2.1. Detak Jantung

Jantung merupakan organ yang memiliki peran paling krusial dalam tubuh manusia. Fungsi utamanya adalah untuk memompa darah dengan kekuatan yang cukup kuat sehingga darah dapat mengalir dan mencapai setiap sel tubuh secara efektif. Jantung memiliki dimensi yang relatif, dengan panjang sekitar 5 inci, lebar sekitar 3,5 inci, dan ketebalan sekitar 2,5 inci (Dafriani, 2019). Peran utama jantung sebagai organ pemompa darah sangat penting dalam mengalirkan oksigen dan nutrisi ke seluruh bagian tubuh. Proses pemompaan ini didorong oleh aktivitas otot jantung yang dilengkapi dengan node lokal yang mengatur pelepasan sinyal listrik. Sinyal listrik tersebut menjalar melalui jaringan otot jantung, memicu kontraksi otot yang bertanggung jawab dalam mengkoordinasikan proses pemompaan darah. Melalui kontraksi ini, jantung mampu memompa darah yang belum teroksigenasi ke paru-paru untuk dioksigenasi, kemudian mendistribusikannya ke seluruh sistem peredaran darah di dalam tubuh (Clifford, 2002).

Dalam jantung yang normal, setiap detak dimulai dengan rangsangan pada node sinoatrial (SA) yang terletak di atrium kanan (seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.1). Rangsangan ini menghasilkan depolarisasi pada otot jantung di wilayah atrium ini. Impuls kemudian menyebar dari node SA untuk mendepolarisasi atrium (bagian atas dua ruang jantung). Sinyal listrik tersebut kemudian mencapai *node atrioventricular* (AV) yang terletak di atrium sebelah kanan. Dalam kondisi ini, jantung berdetak dengan frekuensi antara 100 hingga 120 denyut per menit (BPM). Namun, jika impuls dari node SA tidak berhasil mencapai node AV, maka node AV akan mengambil peran sebagai pemacu jantung secara sebagian. Namun, frekuensi denyut jantung yang dihasilkan oleh node AV akan lebih rendah, yaitu antara 40 hingga 60 BPM.



Gambar 2.1. Sumber utama rangsangan listrik dalam jantung (Julisawaty & Saefudin, 2017)

Detak jantung merupakan fenomena yang dapat diamati ketika darah dipompa keluar dari jantung dan mengalir melalui arteri. Faktor-faktor seperti aktivitas fisik, konsumsi makanan, keadaan emosional, gaya hidup, dan usia dapat mempengaruhi detak jantung seseorang yang sehat. Pada kondisi istirahat, detak jantung normal berada pada kisaran 70 denyut per menit. Ketika darah dipompa oleh jantung, pembuluh darah di sekitarnya akan mengembang karena volume darah yang mengalir. Jika aliran balik dari pembuluh darah tidak seimbang dan ventrikel tidak mampu mengimbangi kapasitas pemompaan jantung, tekanan dalam pembuluh darah dapat meningkat dalam jangka waktu yang lama. Hal ini dapat menyebabkan pembengkakan pembuluh darah dan berpotensi mengganggu fungsi jantung sebagai pemompa darah (Syaifuddin, 2006).

### 2.2.2. *Photoplethysmography (PPG)*

Sensor MAX30100 menggunakan prinsip kerja *photoplethysmography*, yang merupakan metode optis sederhana dan ekonomis untuk mendeteksi perubahan volume darah yang terjadi secara *non-invasif* saat jantung berdetak di dalam pembuluh darah (Allen, 2007). Sensor ini menghasilkan sinyal yang disebut *photoplethysmogram*. *Photoplethysmogram* adalah sinyal yang dihasilkan oleh sensor dengan menggunakan metode *Photoplethysmography*. Sinyal ini berbentuk gelombang dan mencerminkan perubahan volume darah yang terjadi selama siklus



jantung. Gelombang PPG ini menggambarkan pola perubahan intensitas cahaya yang dipantulkan oleh jaringan saat aliran darah melewati sensor.

Dalam metode PPG, diperlukan cahaya dengan panjang gelombang yang dapat disesuaikan agar fotodetektor dapat mengubah radiasi cahaya menjadi sinyal yang mencerminkan perubahan volume darah yang mengalir. Sensor menggunakan LED merah untuk memancarkan gelombang cahaya ke dalam darah, di mana sebagian gelombang cahaya ini akan diserap oleh hemoglobin dalam darah. Sementara itu, sisa gelombang cahaya yang tidak diserap akan diteruskan dan diterima oleh fotodetektor. Sisa gelombang cahaya ini kemudian dibandingkan dengan nilai awal gelombang cahaya sebelum darah diserap. Setiap kali jantung memompa darah ke seluruh tubuh, denyut jantung akan menghasilkan gelombang pulsa yang merambat melalui pembuluh arteri hingga mencapai ujung pembuluh kapiler (Savitri, 2020).



Gambar 2.2. Ilustrasi jenis PPG (a) Transmitif (b) Reflektif (Tamura et al., 2014)

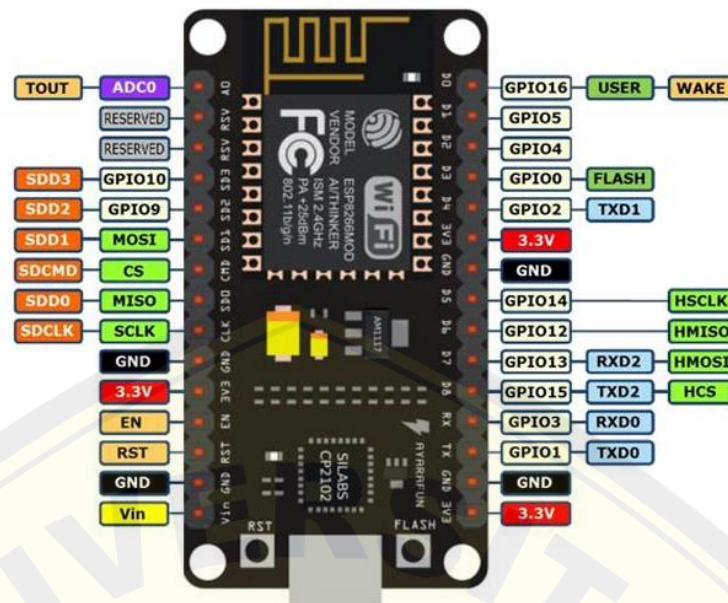
Penempatan sumber cahaya dan fotodetektor dalam metode PPG dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu PPG reflektif dan PPG transmisi yang dapat dilihat pada Gambar 2.2 (Tamura et al., 2014). Metode transmisi melibatkan penempatan LED dan fotodetektor yang berhadapan melintasi jaringan yang diukur, sedangkan metode reflektif melibatkan penempatan LED dan fotodetektor sejajar pada sisi yang sama. Metode reflektif lebih cocok untuk lokasi pengukuran dengan absorpsi cahaya yang signifikan dan memungkinkan pengukuran yang lebih akurat. Kedua metode ini dapat digunakan untuk mengukur perubahan volume

darah dalam jaringan dengan mempertimbangkan perbedaan penempatan LED dan fotodetektor.

### 2.2.3. NodeMCU Esp8266

NodeMCU merupakan sebuah platform dan kit pengembangan IoT *open source* yang memberikan kemudahan bagi para pembuat untuk menciptakan produk IoT. NodeMCU adalah hasil pengembangan dari modul ESP8266 yang telah dilengkapi dengan *firmware* berbasis e-Lua. Salah satu fitur yang membedakan NodeMCU adalah adanya konektor *micro* USB yang memungkinkan pengguna untuk melakukan pemrograman dan memberikan catu daya pada perangkat. Selain itu, NodeMCU juga dilengkapi dengan dua tombol tekan, satu untuk reset dan satu lagi untuk proses *flash firmware*. Bahasa pemrograman Lua menjadi bagian penting dalam paket ESP8266 yang digunakan oleh NodeMCU untuk memudahkan pengembangan aplikasi (Sana'Ramadhan, 2021).

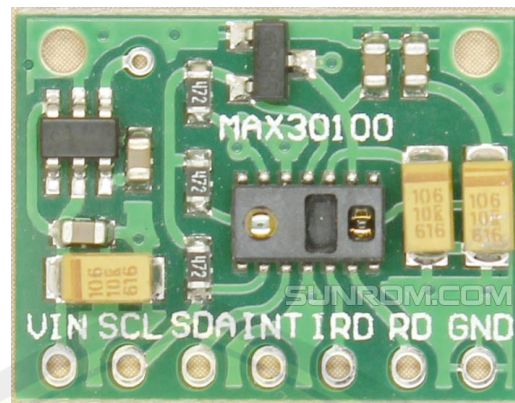
NodeMCU mendukung penggunaan Arduino IDE dengan beberapa penyesuaian tertentu. Dalam Arduino IDE, terdapat fitur *board manager* yang memungkinkan pengguna untuk menggunakan NodeMCU dengan mudah. Dalam hal fungsionalitas, NodeMCU sebanding dengan papan Arduino yang memiliki modul WiFi ESP8266 yang dapat dilihat pada Gambar 2.3. Perbedaannya, pemrograman langsung pada ESP8266 memerlukan pengkabelan yang lebih rumit dan modul USB tambahan untuk mengunduh aplikasi. Namun, NodeMCU telah mengatasi masalah ini dengan mengintegrasikan ESP8266 ke dalam sebuah *board* yang lebih kecil, namun tetap dapat terhubung ke jaringan WiFi dan menggunakan chip USB yang mirip dengan kabel data dan pengisian daya yang digunakan pada perangkat Android. Dengan demikian, NodeMCU memberikan kemudahan dan kenyamanan dalam pengembangan aplikasi IoT dengan ESP8266 (Dewi, 2019).



Gambar 2.3 Pin NodeMCU Esp8266 (Efendi, 2019).

#### 2.2.4. Sensor MAX30100

Sensor MAX30100 adalah perangkat yang menggabungkan pulse oximeter dan sensor monitor denyut jantung dalam satu solusi terintegrasi. Sensor MAX30100 dapat dilihat pada Gambar 2.4 yang dimana didalam sensor ini terdapat dua LED, fotodetektor, dan optik yang dioptimalkan untuk mendeteksi oksimetri denyut nadi dan sinyal denyut jantung. Selain itu, perangkat ini dilengkapi dengan pemrosesan sinyal analog *noise* rendah untuk hasil yang akurat. MAX30100 dapat beroperasi dengan catu daya antara 1.8V hingga 3.3V, dan dapat dimatikan melalui perangkat lunak. Perangkat ini juga memiliki arus siaga yang dapat diabaikan, sehingga memungkinkan catu daya tetap terhubung setiap saat. Dengan fitur-fitur ini, MAX30100 memberikan kemudahan penggunaan dan fleksibilitas dalam aplikasi monitorisasi denyut jantung (Budi et al., 2019). Perangkat ini telah dirancang untuk mengintegrasikan berbagai komponen penting dalam satu solusi yang efisien. Dengan demikian, pengguna dapat memantau tingkat oksigen dalam darah dan denyut jantung dengan mudah dan akurat menggunakan perangkat ini.



Gambar 2.4. Sensor MAX301000 (Sunrom)

### 2.2.5. Arduino IDE

Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membuat dan merancang program yang akan diterapkan pada Arduino dan juga bisa diterapkan pada nodeMCU Esp8266. Perangkat lunak ini bersifat *open source* dan dapat dijalankan di sistem operasi seperti MAC, Windows, dan Linux. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam Arduino IDE adalah Bahasa C dan C++. Dalam Arduino IDE, pengguna dapat menulis kode program dalam jendela editor. Kode program ini mencakup fungsi-fungsi yang akan dilakukan oleh Arduino ketika terhubung dengan komponen elektronik lainnya. Setelah kode program selesai ditulis, nodeMCU dapat dihubungkan ke laptop menggunakan kabel USB (Divya et al., 2020). Tampilan *software* Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 2.5 yang dimana dalam tampilan tersebut, pengguna dapat menulis kode program dan mengontrol komponen elektronik seperti sensor, motor, dan LED. Kelebihannya adalah kesederhanaan penggunaannya dan kompatibilitas dengan berbagai sistem operasi, memungkinkan pengembangan proyek elektronik yang mudah bagi pemula dan ahli dalam pemrograman.



```
sketch_jun13a | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help
sketch_jun13a
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
```

Gambar 2.5. Tampilan *Software* Arduino IDE

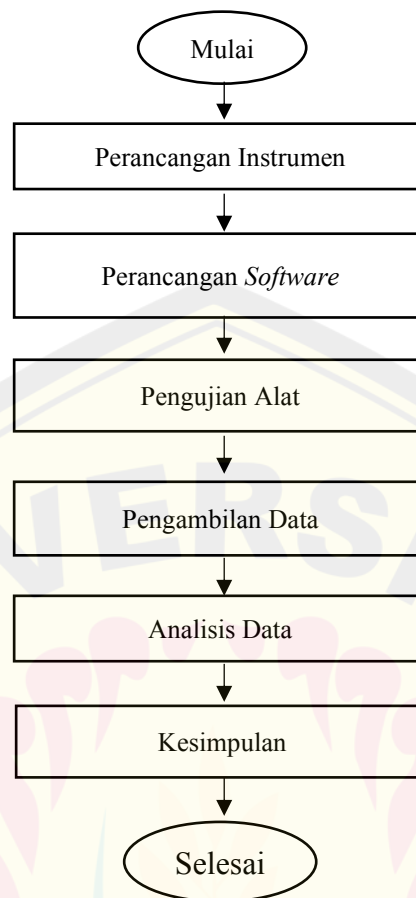
### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan dua jenis alat, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan yaitu sensor MAX30100 untuk mendeteksi detak jantung, mikrokontroler NodeMCU Esp8266 untuk pengolahan sinyal dan komunikasi nirkabel dengan perangkat Android, modul *charger* TP4056 untuk mengisi daya baterai, baterai Li-ion EvCoss 1000 mAh, *Printed Circuit Board* (PCB) sebagai penghubung komponen, saklar ON/OFF, kabel jumper, *smartphone* Realme 5, dan laptop Acer Core I3. Perangkat lunak yang digunakan termasuk Arduino IDE untuk pengolahan data dan penyusunan algoritma. Flutter yang merupakan sebuah *framework open-source* yang dikembangkan oleh Google untuk membangun aplikasi multiplatform (iOS, Android, web, dan desktop) dengan bahasa pemrograman Dart. Penggunaan flutter dimulai dengan menginstal *visual studio code* dan android studio, yang dimana *visual studio code* untuk membuat program dalam pembuatan aplikasi dan android studio digunakan sebagai emulator. EasyEda untuk merancang desain perangkat keras dan Excel digunakan untuk analisis data. Bahan penelitian ini meliputi data gelombang sinyal detak jantung dari 25 mahasiswa Universitas Jember.

#### 3.2 Prosedur Penelitian

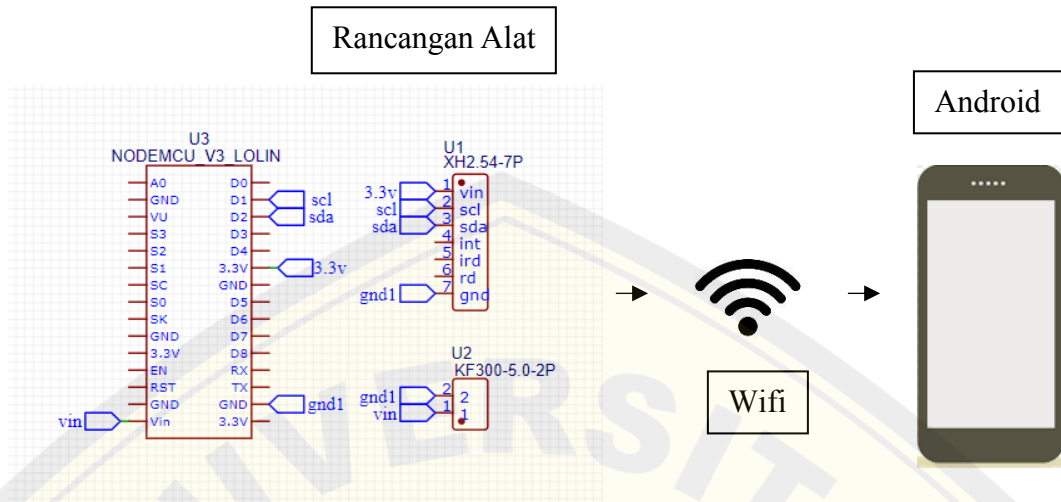
Prosedur penelitian ini melibatkan beberapa tahap yang harus dilakukan secara berurutan. Tahap pertama adalah pembuatan alat menggunakan perangkat keras yang disesuaikan dengan baik. Tahap kedua melibatkan pembuatan aplikasi Android sebagai media penyimpanan dan tampilan data pengguna. Tahap ketiga adalah uji coba performa alat untuk memastikan kinerjanya yang baik. Terakhir, dilakukan pengambilan data detak jantung pada beberapa sampel uji. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan alat pembanding yang standar dan juga dilakukan analisis data eksperimen yang diperoleh. Diagram alir prosedur dapat dilihat pada Gambar 3.1.



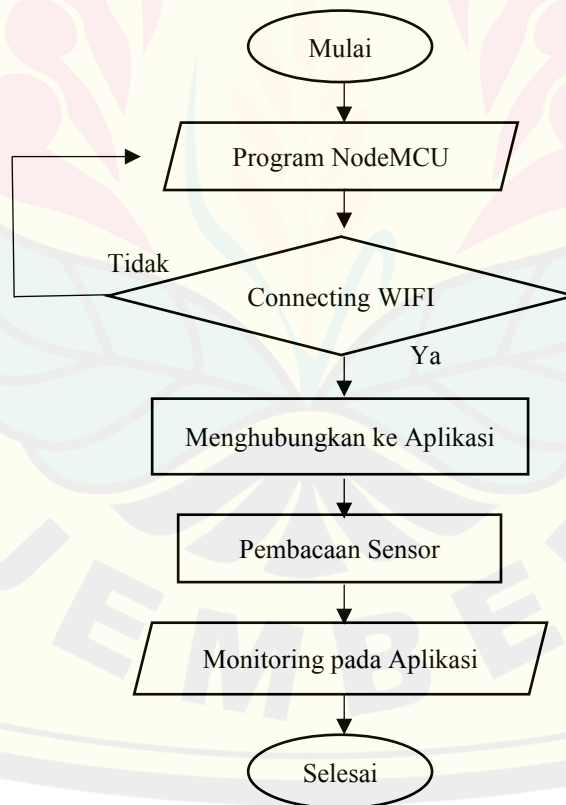
Gambar 3.1. Diagram Alir Prosedur Penelitian

### 3.3 Rancangan Hardware dan Software

Rancangan *hardware* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan rancangan *software* dapat dilihat pada Gambar 3.3. Rangkaian *hardware* dirancang menggunakan sumber daya dari baterai lithium-ion dengan tegangan kerja 3,7 V. Menurut Afif and Pratiwi (2015), baterai lithium-ion merupakan jenis baterai sekunder yang dapat diisi ulang. Proses pengisian ulang baterai dilakukan dengan bantuan modul charger TP-4056. Modul TP4056 memberikan keamanan selama proses pengisian daya dengan indikator LED yang akan berubah warna dari merah ke biru saat baterai telah penuh (Arrohman & Fikriyyah, 2018).



Gambar 3.2. Skematik Rancangan Hardware



Gambar 3.3. Flowchart Rancangan Software



### 3.4 Pengumpulan Data Penelitian

Penelitian ini mengambil data detak jantung dari 25 sampel orang dengan dua jenis alat, yaitu sensor MAX30100 dan *pulse oxymeter* sebagai pembanding. Pengambilan data dilakukan dengan 2 keadaan persampel yang dimana sampel nantinya diukur dalam keadaan tenang dan saat keadaan setelah lari ditempat selama 1 menit. Pengambilan data yaitu meletakkan sensor MAX30100 pada jari telunjuk, dan *pulse oxymeter* dipasang di jari tengah. Langkah pertama pengambilan data sensor MAX30100 dan *pulse oxymeter* yaitu memastikan objek dalam posisi duduk tenang dan menempelkan jari telunjuk pada sensor MAX30100 dan jari tengah pada *pulse oxymeter* selama 1 menit. Data dari sensor di catat untuk analisis selanjutnya. Langkah berikutnya yaitu pengukuran detak jantung saat sampel dalam kondisi setelah lari ditempat selama 1 menit, diukur menggunakan sensor MAX30100 dan dilanjutkan menggunakan alat pembanding. Data dicatat untuk analisis lebih lanjut.

### 3.5 Metode Analisis

Metode analisis data yaitu dilakukan uji akurasi alat guna mengevaluasi seberapa akurat alat yang telah dirancang. Uji akurasi dilakukan dengan menghitung nilai persentase kesalahan alat, yang membandingkan nilai alat pembanding dengan nilai alat yang telah dibuat yang diukur. Persamaan 3.1 digunakan untuk menghitung nilai persentase kesalahan alat (KA):

$$KA = \frac{\text{nilai alat pembanding} - \text{nilai alat yang dibuat}}{\text{nilai alat pembanding}} \times 100\% \quad (3.1)$$

Selanjutnya, untuk mendapatkan gambaran keseluruhan dari performa alat yang dirancang, dihitung nilai rata-rata persentase kesalahan alat ( $\overline{KA}$ ).

$$\overline{KA} = \frac{\sum KA}{n \text{ (jumlah data)}} \quad (3.2)$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai keakuratan alat, persamaannya yaitu:

$$\text{Akurasi} = 100\% - \overline{KA} \quad (3.3)$$

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

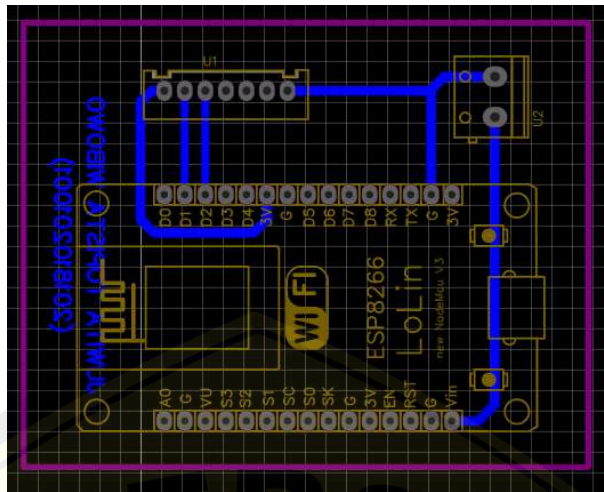
Hasil penelitian yang disajikan yaitu berupa rancang bangun sistem deteksi detak jantung, pengukuran detak jantung, dan pengolahan nilai karakteristik alat.

### 4.1. Rancang Bangun Sistem Deteksi Detak Jantung

Rancang bangun sistem deteksi detak jantung dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu sebagai berikut.

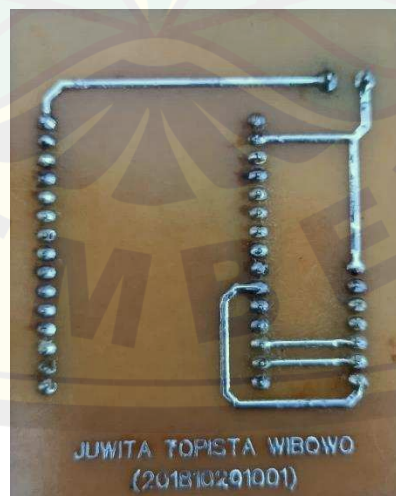
#### 4.1.1. Perancangan *Hardware*

Rancangan *hardware* deteksi detak jantung ini terdiri dari komponen-komponen yaitu sensor MAX30100, nodeMCU Esp8266, modul *charger*, baterai, kabel jumper, saklar on/off, PCB, dan kotak. Perancangan *hardware* sangat penting saat membuat suatu rancangan alat. Perancangan diawali dengan skema alat, yang dimana skema alat merupakan ilustrasi yang menggambarkan sambungan antar komponen elektronik dalam suatu perangkat atau sistem. Setelah skema sudah siap, langkah selanjutnya yaitu menggunakan skema sebagai dasar untuk membuat *Printed Circuit Board* (PCB). Pembuatan PCB bertujuan untuk memberikan kestabilan terhadap sambungan elektronik dalam setiap rangkaian. Hal ini penting agar saat alat mengalami pergerakan atau guncangan, tidak terjadi kerusakan pada sambungan elektronik, dan pengiriman data tetap dapat berjalan dengan lancar. Gambar 4.1 menunjukkan skematik PCB yang akan digunakan dalam alat penelitian ini.

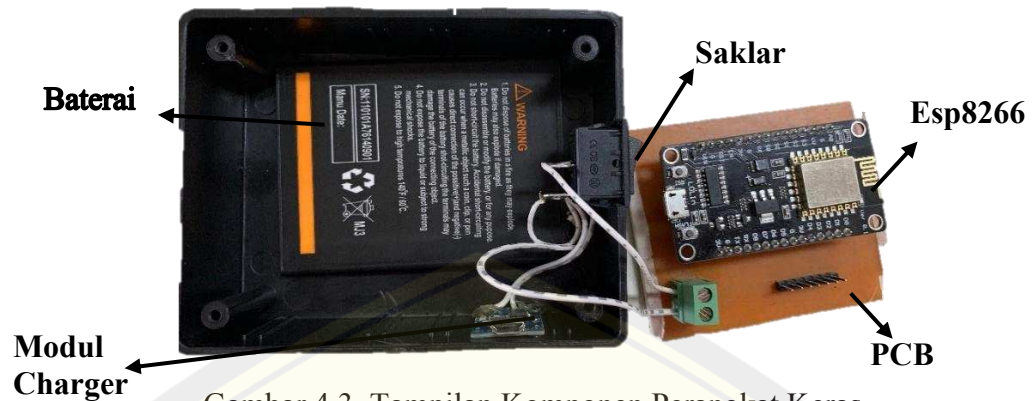


Gambar 4.1. Desain PCB Alat Deteksi Detak Jantung

Setelah perangkat keras untuk mengukur detak jantung telah berhasil dirancang menggunakan PCB, selanjutnya yaitu menghubungkan komponen-komponen elektronik. Gambar 4.2 merupakan gambar sambungan PCB, untuk membuat sambungan pada PCB yaitu merancang dan menggambar PCB, kemudian melanjutkan dengan proses soldering. Sambungan PCB memiliki fungsi untuk menghubungkan nodeMCU Esp8266, sensor MAX30100, dan terminal blok tanpa menggunakan kabel jumper. Gambar 4.3 merupakan gambar semua komponen yang telah terhubung. Semua komponen yang telah terhubung akan ditempatkan dalam sebuah kotak berukuran 9,5 cm x 7,2 cm x 3,5 cm, seperti yang terlihat dalam gambar 4.4.



Gambar 4.2. Tampilan Belakang PCB



Gambar 4.3. Tampilan Komponen Perangkat Keras



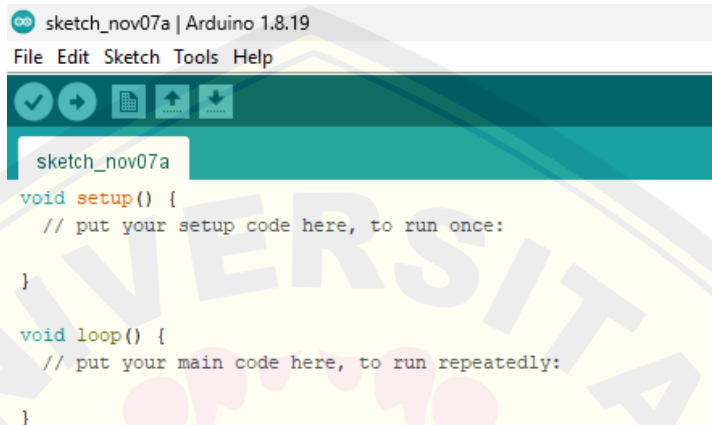
Gambar 4.4. Tampilan Alat Pengukuran Detak Jantung

#### 4.1.2. Perancangan *Software*

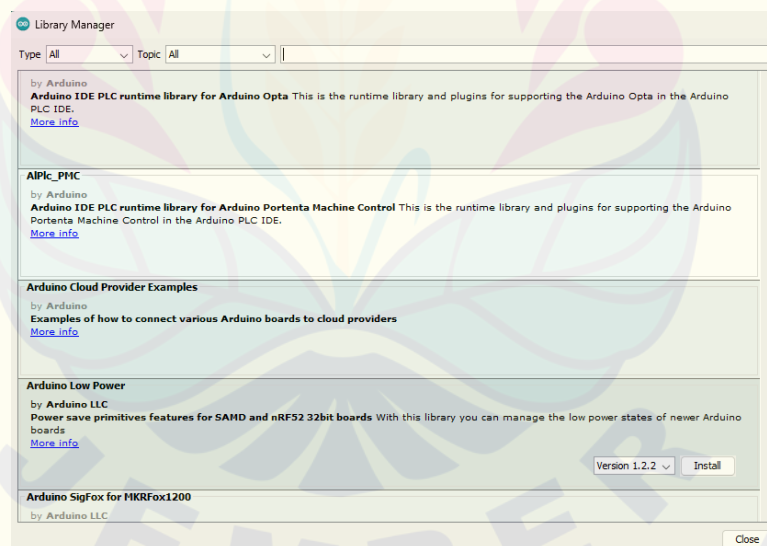
Perancangan *software* yang dilakukan untuk mengukur detak jantung menggunakan beberapa aplikasi yaitu arduino IDE digunakan untuk mengembangkan program pada sensor MAX30100 dan nodeMCU Esp8266 sehingga keduanya dapat berkomunikasi dan mentransfer data. Visual studio code digunakan untuk pembuatan aplikasi menggunakan flutter. Aplikasi terakhir yaitu android studio yang digunakan sebagai syarat menggunakan flutter serta digunakan sebagai emulator.

Sebelum mengembangkan program pada sensor MAX30100 dan nodeMCU Esp8266 yaitu menginstal *software* arduino IDE yang mudah didapatkan melalui

Google. Gambar 4.5 merupakan tampilan laman pada arduino IDE yang telah terinstal, kemudian menuju pada *library* untuk menginstal komponen yang nantinya dapat memanggil sensor MAX30100 dan nodeMCU Esp8266. Gambar 4.6 merupakan laman untuk menginstal komponen yang belum terunduh pada *library* arduino IDE.



Gambar 4.5. Tampilan Laman Arduino IDE



Gambar 4.6. Tampilan *Library* pada Arduino IDE

Setelah komponen telah diinstal pada *Library Manager*, langkah berikutnya adalah mengembangkan program untuk mengontrol sensor MAX30100 dan Esp8266 dan menghubungkannya dengan aplikasi yang telah dibuat. Untuk mengaktifkan koneksi ke android saat menjalankan program yaitu perlu

memasukkan kata sandi hotspot WiFi ke dalam kode pemrograman. Untuk mengintegrasikan kata sandi hotspot WiFi ke dalam kode pemrograman, dapat menggunakan konsep verifikasi sebelum program dijalankan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menambahkan fungsi atau bagian kode yang memeriksa apakah semua elemen yang diperlukan telah diatur dengan benar dan apakah tidak ada kesalahan yang mungkin terjadi. Tampilan kode pemrograman dalam software Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 4.7.



```
max30100_juwita | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help

max30100_juwita
#include <Wire.h>
#include <MAX30100_PulseOximeter.h>
#include <FirebaseESP8266.h>
#include <ESP8266WiFi.h>

#define REPORTING_PERIOD_MS 1000

//Wifi
char ssid[] = "jujuu";
char pass[] = "jujujuju";

//sediakan variabel untuk koneksi ke firebase
#define FIREBASE_HOST "monitoring-detak-jantung-72fa0-default-rtdb.firebaseio.com"
#define FIREBASE_AUTH "2I2B9M7YcPbFExpzW8u1M6G0ET1SrNngAaUShak0"

FirebaseData firebasedata;
FirebaseAuth auth;
FirebaseConfig config;

PulseOximeter pox;

unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long currentMillis = 0;
const long intervals[] = {1000,1500};
volatile boolean heartBeatDetected = false;

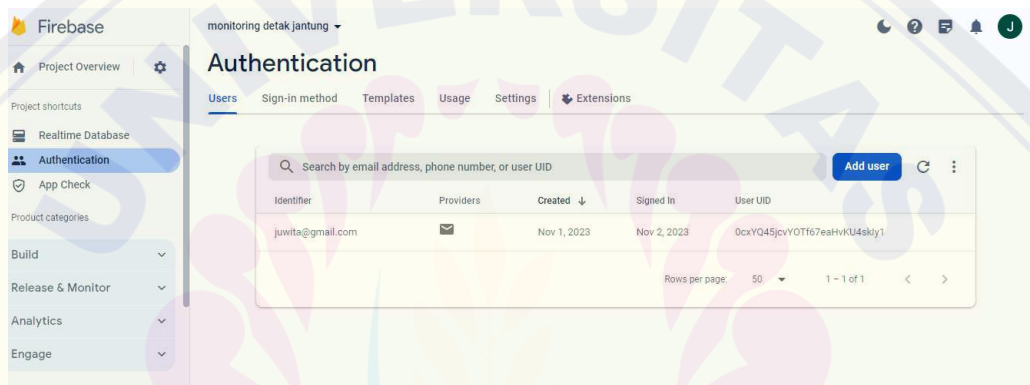
float bpm;
```

Gambar 4.7. Tampilan Program pada Arduino IDE

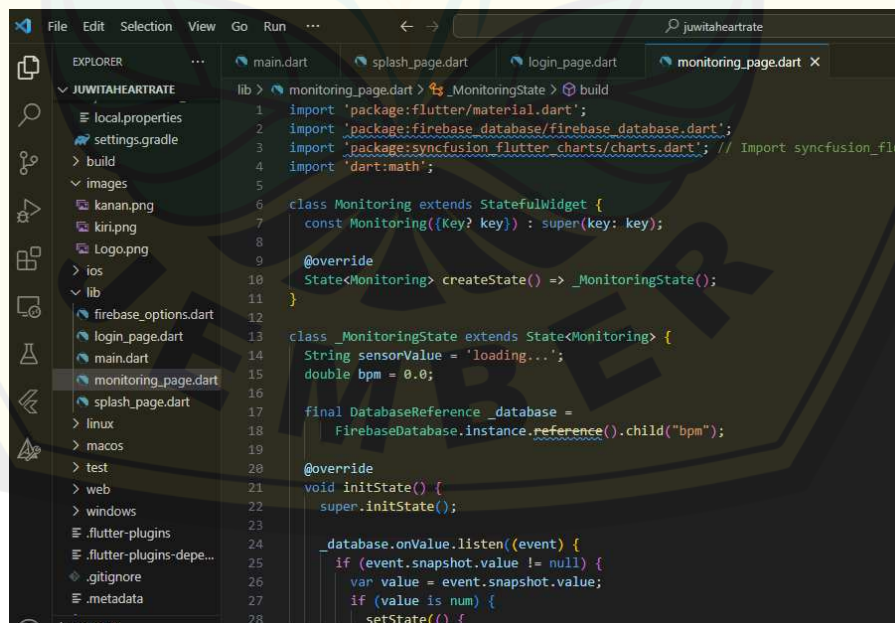
Program sensor dan mikrokontroler pada arduino IDE selesai, selanjutnya yaitu pembuatan aplikasi untuk menampilkan hasil detak jantung. Pembuatan aplikasi menggunakan flutter, flutter merupakan *software* yang dikembangkan oleh Google dan memiliki bahasa pemrograman Dart. Untuk syarat flutter yaitu menggunakan aplikasi visual studio code dan android studio. Setelah kedua aplikasi terinstal, kemudian menuju *library* visual studio code dan android studio untuk menginstal flutter, bahasa pemrograman dart, dan fitur-fitur pada flutter lainnya untuk menunjang aplikasi yang dirancang.

Langkah pembuatan aplikasi selanjutnya yaitu membuat proyek pada *firebase* yang terlihat pada Gambar 4.8. Firebase merupakan *platform*

pengembangan aplikasi yang dapat diintegrasikan pada aplikasi yang sedang dikerjakan. Pembuatan *firebase* ini menyediakan fitur autentikasi pengguna yang berfungsi untuk mengelola proses verifikasi identitas dan keamanan pengguna dalam aplikasi. Setelah pembuatan projek *Firebase*, selanjutnya membuat program aplikasi pada visual studio code. Tampilan aplikasi yang dirancang terdapat tiga bagian yaitu *splash page*, *login page*, dan halaman utama. Tampilan aplikasi yang dirancang memiliki program yang berbeda-beda. Gambar 4.9 merupakan tampilan program dari *splash page*, *login page*, dan halaman utama pada visual studio code.

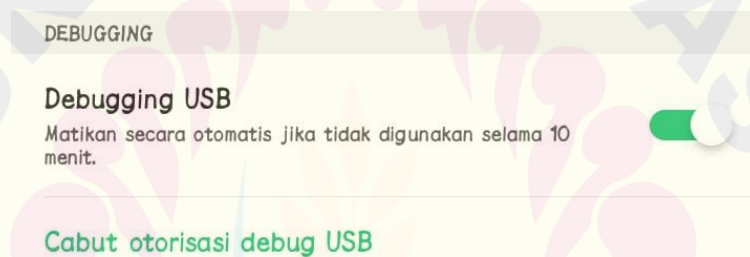


Gambar 4.8. Tampilan *Firebase*



Gambar 4.9. Tampilan Program pada Visual Studio Code

Sebelum program dijalankan, langkah yang dilakukan pertama yaitu menghidupkan Debugging pada android yang terdapat pada pengaturan opsi pengembang. Gambar 4.10 yaitu tampilan debugging diaktifkan. Setelah debugging aktif, selanjutnya menghubungkan android pada laptop untuk menjalankan program dan memunculkan aplikasi pada android. Jika program berhasil, maka aplikasi akan langsung muncul pada android (lihat pada Gambar 4.11). Tampilan aplikasi setelah dibuka terdapat pada Gambar 4.12 yaitu yang pertama *splash page* selama 5 detik. Setelah *splash page* yaitu menuju *login page*, untuk melewati *login page* maka harus memasukkan *username* dan *password* yang telah ditambahkan pada *firebase*. Setelah *login* yaitu menuju halaman utama yang nantinya memunculkan detak jantung dan grafik detak jantung.

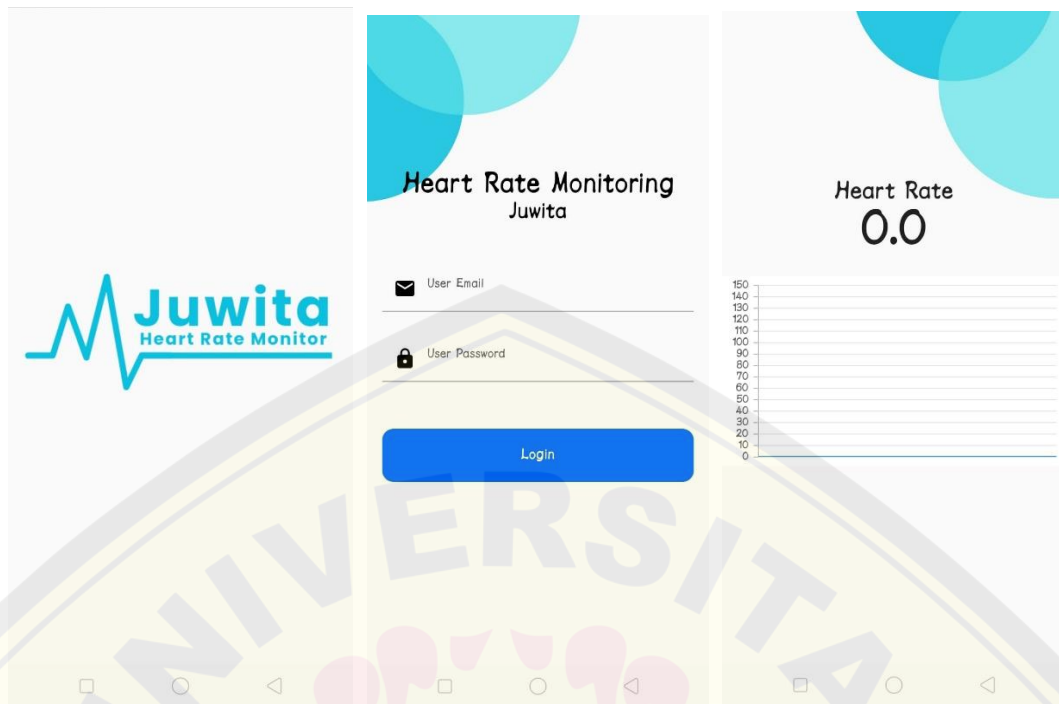


Gambar 4.10. Tampilan Debugging aktif



Gambar 4.11. Tampilan Logo Aplikasi pada Android

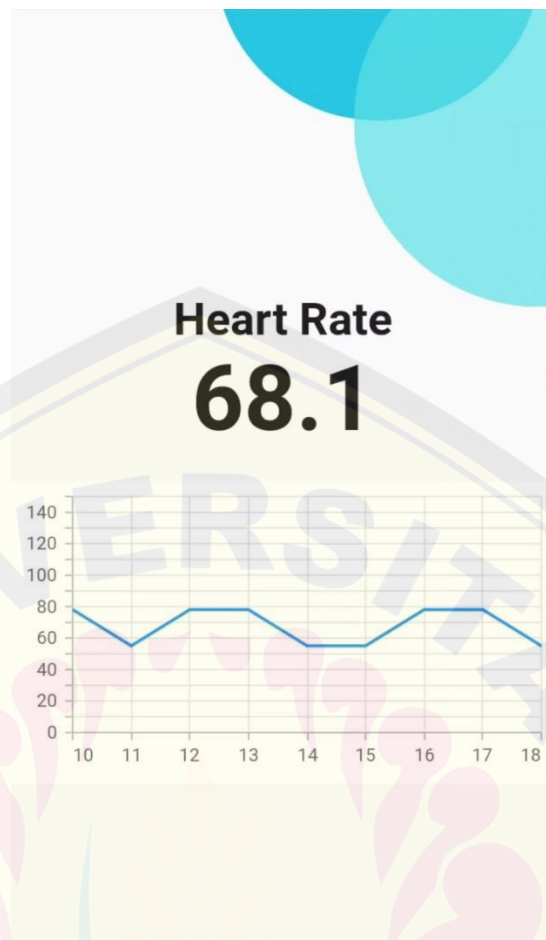




Gambar 4.12. Tampilan Aplikasi Android (a) *Splash Page* (b) *Login Page* (c) Halaman Utama

#### 4.1.1 Penghubungan *Hardware* dan *Software*

Penghubungan *hardware* dan *software* ini dimulai dengan menghidupkan *hotspot* yang nantinya ditangkap oleh mikrokontroler nodeMCU Esp8266 yang nantinya dapat mengolah sinyal dan komunikasi nirkabel pada android. Setelah sinyal *hotspot* ditangkap, selanjutnya membuka aplikasi yang telah dirancang dengan nama “juwita heart rate monitoring”. Setelah aplikasi dibuka, nantinya terdapat *splash page* atau halaman awal selama 5 detik sebelum menuju halaman lainnya. Selanjutnya menuju *login spage* yang nantinya mengisi e-mail dan kata sandi yang telah ditambahkan pada *firebase*. Halaman terakhir yaitu halaman utama yang nantinya terdapat angka dan grafik detak jantung saat digunakan. Setelah halaman terakhir, selanjutnya menempelkan jari pada alat yang telah dirancang dan melihat hasilnya pada aplikasi. Hasil pengukuran pada aplikasi terdapat pada Gambar 4.13 dimana hasil berupa angka yang bersatuan *beat per minute* (BPM) dan grafik hubungan detak jantung (BPM) terhadap waktu (s).



Gambar 4.13. Gambar Pengukuran Detak Jantung dengan Aplikasi

## 4.2. Pengukuran Detak Jantung

Pada pengukuran detak jantung ini terbagi menjadi dua yaitu prinsip kerja sensor dan pengukuran detak jantung dengan sempel.

### 4.2.1. Prinsip Kerja Sensor PPG

Sensor MAX30100 dan *pulse oximeter* adalah perangkat PPG yang dirancang untuk mengukur detak jantung dan tingkat oksigen dalam darah (SpO<sub>2</sub>). Komponen utama dari sensor ini melibatkan infra merah (IR) dan LED (*Light Emitting Diode*) yang menghasilkan cahaya dan fotodioda yang mendeteksi cahaya yang dipantulkan kembali setelah melewati jaringan tubuh, terutama kapiler di ujung jari. Sensor jenis PPG bekerja dengan menempelkan jari pada sensor dan membaca detak jantung serta saturasi oksigen berdasarkan perubahan serapan

cahaya darah teroksigenasi ( $\text{HbO}_2$ ) dan darah bebas oksigen (Hb). Darah yang banyak mengandung oksigen ( $\text{HbO}_2$ ) mempunyai sifat menyerap sinar inframerah (IR). Semakin tinggi nilai  $\text{HbO}_2$  maka semakin banyak cahaya IR yang diserap dan cahaya yang tidak diserap nantinya akan dipantulkan. Fotodetektor mendeteksi perubahan cahaya yang dipantulkan untuk menentukan nilai detak jantung (Qahar, 2018).

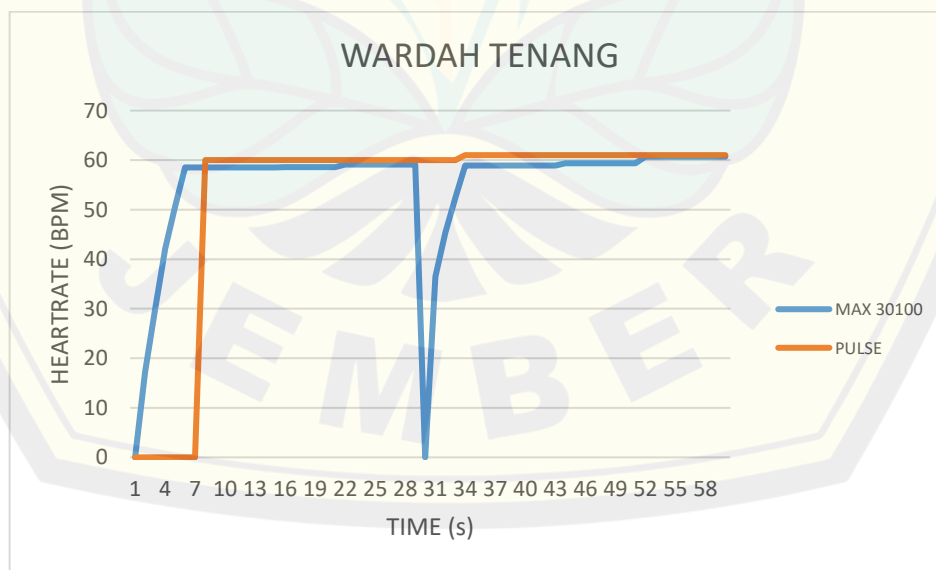
Penempatan sensor PPG di ujung jari memberikan akses yang mudah ke pembuluh darah permukaan karena jaringan kapiler di daerah ini mudah diakses. Hal ini memungkinkan cahaya untuk melewati pembuluh darah dengan mudah, meningkatkan efektivitas sensor PPG dalam mendeteksi perubahan volume darah yang terjadi selama siklus jantung. Selain itu, sifat optik khusus dari ujung jari memungkinkan penyerapan cahaya yang baik oleh hemoglobin. Hemoglobin, sebagai pigmen merah dalam darah, menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, dan penempatan sensor di ujung jari dapat memaksimalkan penyerapan ini, meningkatkan akurasi pengukuran detak jantung dan  $\text{SpO}_2$  (Nurmar'atin, 2021).

#### **4.2.2. Pengukuran Sampel**

Pengukuran detak jantung pada penelitian ini dilakukan dengan 25 mahasiswa sebagai sampel. Pengukuran dibagi menjadi 2 tahapan yaitu pengukuran detak jantung menggunakan alat yang telah dirancang (sensor MAX30100) dan menggunakan alat pembanding pulse oxymeter. Sensor MAX30100 dan pulse oxymeter merupakan alat yang bermetode PPG (Photoplethysmogram). Meskipun kedua alat memiliki metode yang sama, namun kedua alat tersebut memiliki jenis yang berbeda, dimana sensor MAX30100 merupakan jenis PPG reflectance dan pulse oxymeter merupakan jenis PPG transmittance. Pengukuran detak jantung dibagi menjadi 2, yaitu detak jantung saat keadaan tenang dan detak jantung saat keadaan setelah berlari 1 menit. Data detak jantung yang diperoleh dari pulse oxymeter ditulis secara manual, sedangkan data detak jantung dari sensor MAX30100 yang dihasilkan diekspor sebagai file excel. Pulse oxymeter dan MAX30100 mengukur detak jantung secara real time yang artinya setiap detik

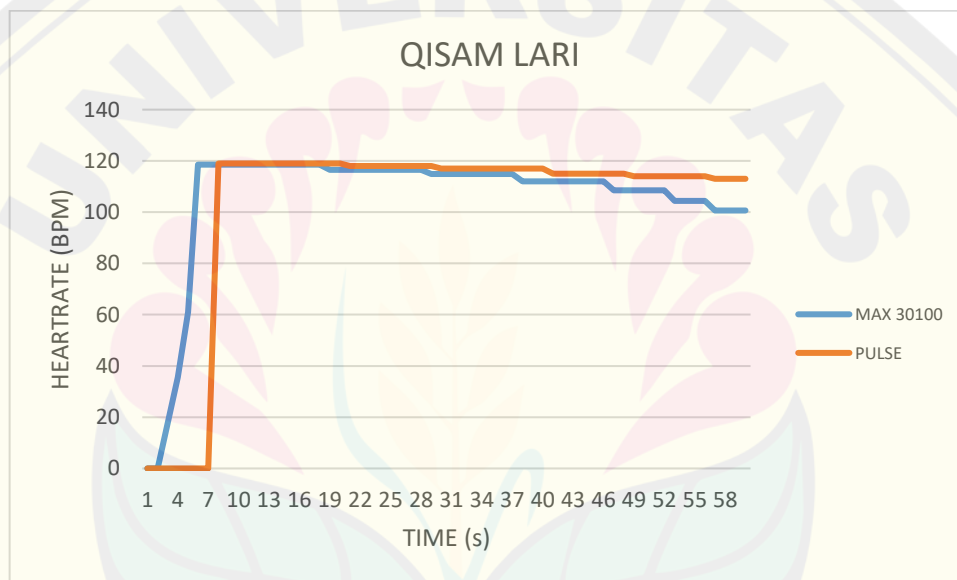
terdeteksi detak pada jantung dan langsung menghasilkan detak jantung dan merekam detak jantung.

Data detak jantung saat keadaan tenang dan setelah berlari memiliki perbedaan. Saat keadaan setelah berlari, cenderung memiliki detak jantung yang lebih tinggi dibandingkan dengan saat keadaan tenang. Menurut Handayani et al. (2016), Tekanan darah mengalami peningkatan setelah beraktivitas dibandingkan dengan tingkat tekanan darah saat istirahat karena adanya kebutuhan tambahan sel tubuh akan pasokan oksigen. Hal ini terjadi sebagai hasil dari percepatan metabolisme sel selama aktivitas fisik, yang bertujuan untuk menghasilkan energi lebih cepat dan mengakibatkan aliran darah di dalam pembuluh darah meningkat secara signifikan. Saat aliran darah meningkat, maka detak jantung cenderung meningkat sebagai respon fisiologis tubuh terhadap kebutuhan tambahan oksigen dan nutrisi selama aktivitas fisik. Hal tersebut yang mengakibatkan detak jantung setelah berlari memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan keadaan tenang. Pengukuran detak jantung dalam keadaan tenang memiliki beberapa kendala dikarenakan dalam keadaan tenang tersebut merupakan awal dari para sampel menggunakan alat, sehingga beberapa sampel saat pengukuran detak jantung menjadi kurang konstan. Gambar 4.14 merupakan salah satu sampel yang memiliki ketidakstabilan pada saat pengambilan data.



Gambar 4.14. Grafik Salah Satu Sampel saat Keadaan Tenang

Salah satu data sampel pada Gambar 4.13, dapat diketahui pada detik pertama yaitu 0 BPM dan mulai bertambah sampai detik ke-5. Pada detik ke-6 mulai konstan, alat tidak langsung mendeteksi hingga konstan dikarenakan sensor perlu memerlukan waktu hingga menuju detak jantung yang konstan. Selanjutnya pada detik ke-30, detak jantung kembali ke 0 BPM. Hal tersebut dikarenakan ada pergeseran jari sampel sehingga kembali mulai awal dan menaik lagi sehingga kembali konstan pada detik ke-35. Saat pengukuran detak jantung dengan *pulse sensor* dapat dilihat bahwa detak jantung konstan terjadi dari detik ke-8 hingga ke-60. Pengukuran detak jantung sampel saat keadaan setelah berlari 1 menit. Pada pengukuran ini, salah satu hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15. Grafik Salah Satu Sempel saat Keadaan setelah Berlari

Salah satu grafik sampel saat keadaan setelah berlari 1 menit yaitu terdapat pada Gambar 4.15, dapat terlihat pada pengukuran sensor MAX 30100 yaitu detik pertama hingga detik ke-6 masih belum konstan dan pada detik ke-7 dapat terlihat konstan dan pada pengukuran *pulse sensor* yaitu detik pertama hingga detik ke-7 masih bernilai 0 dan pada detik ke-8 terlihat konstan. Pada detik ke-19 mengalami penurunan terus menerus hingga detik ke-60 untuk sensor MAX30100 sedangkan untuk *pulse sensor* penurunan terus menerus terjadi pada detik ke-21 hingga ke-60, penurunan tersebut terjadi dikarenakan saat pengukuran setelah lari satu menit detak jantung akan mengalami peningkatan dari keadaan tenang dan setelah

pengukuran selama 1 menit yang dilakukan dengan keadaan istirahat, detak jantung akan mengalami penurunan. Maka dari itu grafik saat pengukuran setelah lari selama 1 menit akan mengalami penurunan seperti yang terlihat pada Gambar 4.15.

### 4.3. Karakteristik Alat

Karakteristik alat yang telah dibuat yaitu mengetahui standar deviasi, akurasi, presisi, dan waktu yang dibutuhkan untuk pengukuran detak jantung yang konstan. Standar deviasi merupakan salah satu ukuran statistik yang digunakan untuk mengukur sebaran atau variasi data dalam sampel (Hidayat et al., 2019). Akurasi merupakan besar nilai ketepatan hasil pengukuran terhadap angka sebenarnya (Wibowo, 2015). Presisi merupakan nilai yang menunjukkan seberapa mirip hasil pemeriksaan ketika dilakukan beberapa kali dengan sampel yang sama (Apriliana, 2019). Hasil dari karakteristik alat dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Karakteristik Sensor MAX30100

<b>KARAKTERISTIK MAX30100</b>				
<b>Keadaan</b>	<b>STDV</b>	<b>Akurasi (%)</b>	<b>Presisi (%)</b>	<b>Waktu (s)</b>
Tenang	2,272	97,308	96,635	6
Setelah Lari	3,243	97,918	96,887	6,24

Pada Tabel 4.1 yang merupakan data detak jantung saat sampel keadaan tenang dan keadaan setelah lari. Hasil tersebut memiliki nilai standar deviasi saat keadaan tenang sekitar 2,273 dan keadaan lari 3,243. Keadaan sekitar lari memiliki nilai standar deviasi yang lebih tinggi. Hal tersebut dikarenakan saat pengukuran setelah lari 1 menit, detak jantung sampel memiliki nilai yang kurang teratur dibandingkan dengan keadaan istirahat atau tenang, sehingga saat keadaan setelah lari memiliki nilai standar deviasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan keadaan istirahat. Hasil akurasi saat keadaan istirahat memiliki akurasi yang sedikit berbeda dengan saat keadaan setelah berlari selama 1 menit yaitu dengan nilai akurasi keadaan istirahat sebesar 97,308% dan akurasi setelah lari sebesar 97,918%. Meskipun perbedaannya kecil, hal tersebut dikarenakan saat pengukuran dengan keadaan istirahat adalah pengukuran pertama bagi sampel dan saat pengukuran

terjadi, beberapa sampel mendapati kesalahan saat menempelkan jari pada alat yang telah dirancang.

Nilai presisi pada analisis data ini dilakukan dengan membagi standar deviasi dan rata-rata detak jantung selama 1 menit kemudian dikalikan 100%. Hasil dari presisi tersebut yaitu saat keadaan tenang memiliki nilai 96,635% dan saat keadaan setelah berlari sebesar 96,887%. Akurasi dua keadaan memiliki perbedaan yang kecil, dimana presisi yang lebih tinggi setelah berlari dapat diartikan bahwa meskipun variasi detak jantung lebih tinggi, hasil pengukuran cenderung lebih konsisten dibandingkan dengan variasi detak jantung saat keadaan istirahat atau tenang. Hasil karakteristik yang terakhir yaitu waktu untuk sensor merespon untuk menghasilkan detak jantung stabil. Waktu yang dibutuhkan setiap sampel berbeda-beda, pada Tabel 4.1 merupakan hasil rata-rata dari 25 sampel saat keadaan lari dan keadaan istirahat. Rata-rata waktu sampel saat keadaan istirahat dan keadaan lari setelah 1 menit hanya memiliki perbedaan yang kecil yaitu masing-masing 6s dan 6,25s. Perbedaan tersebut dikarenakan masing-masing sampel memiliki jumlah waktu berbeda untuk mengetahui detak jantung yang konstan. Saat pengukuran sampel setelah berlari 1 menit memiliki waktu yang lebih bervariasi setiap sampelnya. Hal tersebut dikarenakan sampel memiliki perbedaan kekuatan setelah berlari, sehingga terjadinya kesalahan pengukuran di detik awal cukup besar yang disebabkan oleh ketremoran atau ketidakstabilan jari beberapa sampel.

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Rancang bangun alat pengukuran detak jantung terbagi menjadi dua yaitu *hardware* dan *software*. Perancangan *hardware* menggunakan beberapa komponen yaitu IC MAX30100, mikrokontroler nodeMCU ESP8266, modul *charger* TP4056, baterai Li-ion EvCoss 1000 mAh, PCB, saklar ON/OFF. Perancangan *software* menggunakan flutter yang memiliki bahasa pemrograman Dart. Hasil pengukuran detak jantung saat keadaan istirahat dan keadaan setelah berlari memiliki perbedaan yang cukup besar. Hasil detak jantung saat keadaan istirahat cenderung lebih rendah dibandingkan dengan hasil detak jantung saat keadaan setelah berlari. Karakteristik alat yaitu standar deviasi, akurasi, presisi, dan waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan detak jantung yang konstan. Standar deviasi dari pengukuran saat keadaan tenang dan pengukuran saat setelah berlari yaitu masing-masing 2,272 dan 3,243. Nilai akurasi pengukuran saat keadaan tenang dan setelah berlari masing-masing 97,308 dan 97,918. Nilai presisi pengukuran saat keadaan tenang dan setelah berlari yaitu masing-masing 96,635 dan 96,887. Nilai waktu yang dibutuhkan untuk mengetahui detak jantung yang konstan saat keadaan tenang dan keadaan setelah lari yaitu masing-masing 6s dan 6,24s.

### 5.2 Saran

Saran berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Perancangan alat yang lebih baik untuk pengukuran detak jantung, terutama pada bagian kabel jumper. Sebaiknya seluruh rangkaian memakai soldering, sehingga meminimalisir pergeseran komponen.
2. Mempelajari lebih lanjut mengenai algoritma detak jantung, sehingga dapat membuat suatu grafik detak jantung yang lebih baik.
3. Membuat suatu batasan pada sensor supaya jari yang diukur tidak mudah bergeser.



## DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M. T., & Pratiwi, I. A. P. (2015). Analisis Perbandingan Baterai Lithium-ion, Lithium-polymer, Lead Acid dan Nickel-metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik-review. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(2), 95-99.
- Allen, J. (2007). Photoplethysmography and Its Application in Clinical Physiological Measurement. *Physiological measurement*, 28(3), R1.
- Anugrah, D. (2016). Rancang Bangun Pengukur Laju Detak Jantung Berbasis PLC Mikro. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 1(3), 163-170.
- Apriliana, E. (2019). *Akurasi Dan Presisi Hasil Pemeriksaan Hematology Analyzer di Laboratorium Puskesmas Banjarharjo Kabupaten Brebes Universitas Muhammadiyah Semarang*].
- Arrohman, D. A., & Fikriyyah, N. A. (2018). Implementation of Micro Usb Charger TP4056 and Battery Indicator LED in Portable Solar Charge. *Journal of Natural Sciences and Mathematics Research*, 4(1), 6-10.
- Budi, D. B. S., Maulana, R., & Fitriyah, H. (2019). Sistem Deteksi Gejala Hipoksia Berdasarkan Saturasi Oksigen dan Detak Jantung Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis Arduino. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(2), 1925-1933. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/4608>
- Clifford, G. (2002). *Signal Processing Methods for Heart Rate Variability* Oxford University, UK].
- Dafriani, P. (2019). *Buku Ajar Anatomi & Fisiologi untuk Mahasiswa Kesehatan*. Padang: CV. Berkah Prima.
- Dewi, N. H. L., et al. (2019). *Prototype Smart Home dengan Modul Nodemcu Esp8266 Berbasis Internet of Things (IoT)* Universitas Islam Majapahit Mojokerto].
- Divya, M., Natarajan, S., Lee, Y.-S., & Aravindan, V. (2020). Achieving High-energy Dual Carbon Li-ion Capacitors with Unique Low and High Temperature Performance from Spent Li-ion Batteries. *Journal of Materials Chemistry A*, 8(9), 4950-4959.
- Efendi, M. Y. (2019). Implementasi Internet of Things Pada Sistem Kendali Lampu Rumah Menggunakan Telegram Messenger Bot Dan Nodemcu Esp 8266. *Global Journal of Computer Science and Technology*, 19, 15-25.

- Handayani, G., Lintong, F., & Rumampuk, J. F. (2016). Pengaruh Aktivitas Berlari Terhadap Tekanan Darah dan Suhu Pada Pria Dewasa Normal. *eBiomedik*, 4(1).
- Hidayat, R. N., Sabri, L., & Awaluddin, M. (2019). Analisis desain jaring GNSS berdasarkan fungsi presisi (studi kasus: titik geoid geometri Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 48-55.
- Julisawaty, E. A., & Saefudin, M. (2017). Aplikasi Visualisasi Penyakit Jantung Manusia Berbasis Augmented Reality Menggunakan Unity. *Prosiding Semnastek*.
- Kalangi, C. S., Jim, E. L., & Joseph, V. F. (2016). Gambaran Aritmia Pada Pasien Penyakit Jantung Koroner di RSUP Prof. Dr. RD Kandou Manado periode 1 Januari 2015–31 Desember 2015. *e-CliniC*, 4(2).
- Nugroho, C. R., Yuniarti, E., & Hartono, A. (2020). Alat Pengukur Saturasi Oksigen dalam Darah Menggunakan Metode Photoplethysmograph Reflectance. *Al-Fiziya: Journal of Materials Science, Geophysics Instrumentation, and Theoretical Physics*, 3, 84-93.
- Nurmar'atin, T. (2021). Deteksi Kadar Kolesterol Dalam Darah Secara Non-Invasive Menggunakan Sistem Telemedika Berbasis IOT. *Universitas Islam Negeri Walisongo*.
- Prasetyawan, P., Samsugi, S., & Prabowo, R. (2021). Internet of Thing Menggunakan Firebase dan Nodemcu untuk Helm Pintar. *Jurnal ELTIKOM: Jurnal Teknik Elektro, Teknologi Informasi Dan Komputer*, 5(1), 32-39.
- Qahar, A. N. (2018). *Desain Alat Ukur Denyut Jantung Dan Saturasi Oksigen Pada Anak Menggunakan Satu Sensor Universitas Islam Indonesia*].
- Rochmad, M. (2022). Deteksi Kadar Saturasi Oksigen Darah (SpO2) dan Detak Jantung Secara Non-invasiv dengan Sensor Chip MAX30100. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan (JNTT)*, 4(1).
- Sana'Ramadhan, A. (2021). Rancang Bangun Monitoring Detak Jantung (Heart Rate) Sebagai Indikator Kesehatan Berbasis Internet of Things (IoT).
- Sandi, I. N. (2016). Pengaruh Latihan Fisik terhadap Frekuensi Denyut Nadi. *Sport and Fitness Journal*, 4(2), 1-6.
- Savitri, D. E. (2020). *Gelang Pengukur Detak Jantung Dan Suhu Tubuh Manusia Berbasis Internet oh Things (IoT) Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta*].

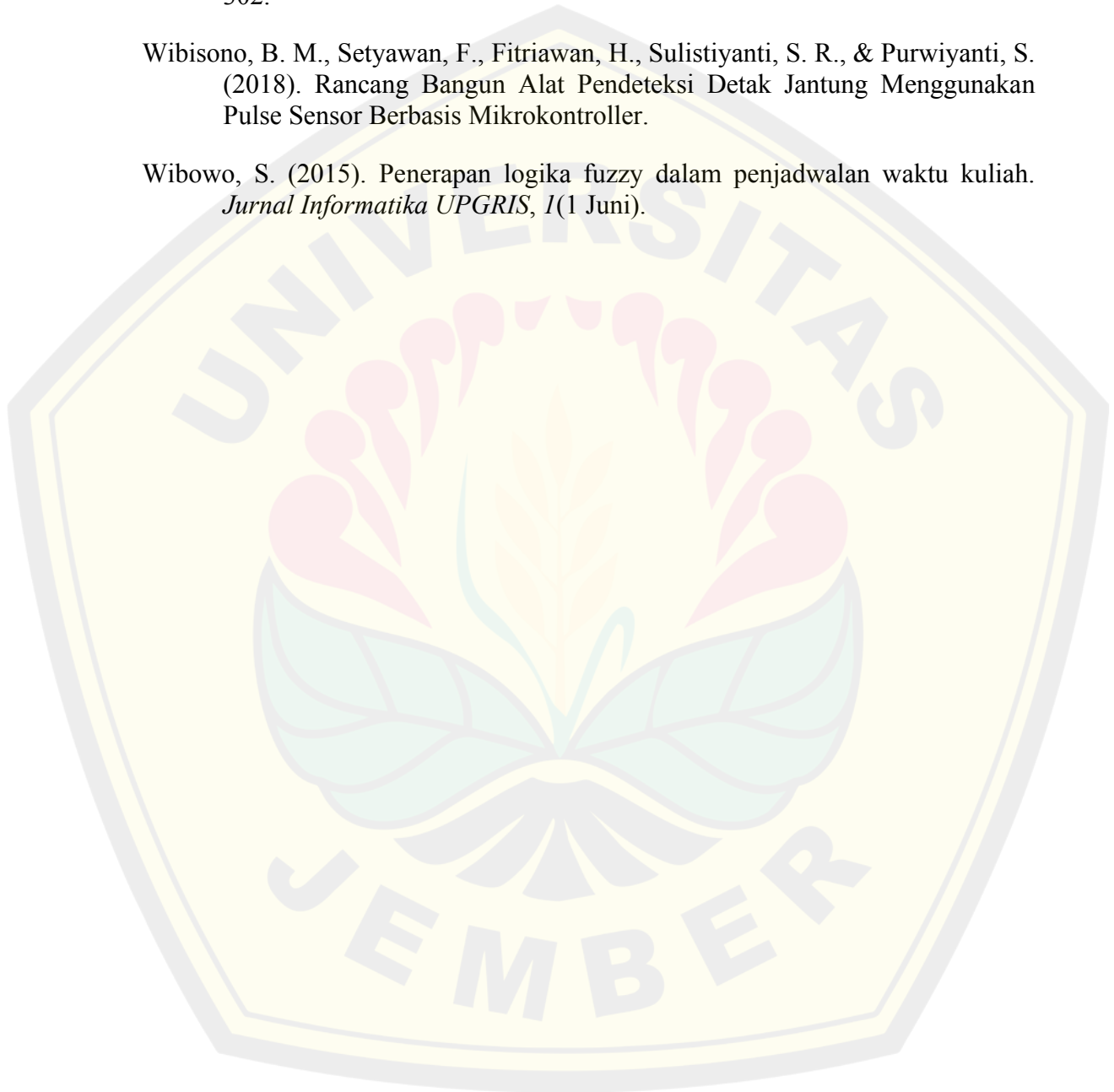
Sunrom. Pulse Oximeter SpO2 and Heart-Rate Sensor Module - I2C - MAX30100. <https://www.sunrom.com/p/pulse-oximeter-spo2-and-heart-rate-sensor-module-i2c-max30100>

Syaifuddin, H. (2006). *Anatomi Fisiologi untuk Mahasiswa Keperawatan* (3 ed.). Jakarta : EGC.

Tamura, T., Maeda, Y., Sekine, M., & Yoshida, M. (2014). Wearable Photoplethysmographic Sensors—Past and Present. *Electronics*, 3, 282-302.

Wibisono, B. M., Setyawan, F., Fitriawan, H., Sulistiyanti, S. R., & Purwiyanti, S. (2018). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Detak Jantung Menggunakan Pulse Sensor Berbasis Mikrokontroler.

Wibowo, S. (2015). Penerapan logika fuzzy dalam penjadwalan waktu kuliah. *Jurnal Informatika UPGRIS*, 1(1 Juni).



**LAMPIRAN-LAMPIRAN**

- Lampiran 1. [Code Pemrograman Sensor](#)
- Lampiran 2. [Code Pemrograman Aplikasi](#)
- Lampiran 3. [Tutorial Penggunaan Alat](#)
- Lampiran 4. [Hasil Pengukuran Sampel](#)
- Lampiran 5. [Samilarity](#)
- Lampiran 6. [Sertifikat HAKI](#)

