

**RANCANG BANGUN DAN EVALUASI
ELEKTROKARDIOGRAF PORTABEL BERBASIS
SENSOR AD8232, MIKROKONTROLER ESP32, DAN
*MESSAGE QUEUING TELEMETRY TRANSPORT (MQTT)***

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh Sarjana S-1
Program Studi Fisika



Diajukan oleh
Muhammad Habib Kurnianto
19106020013

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2023

LEMBAR PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2252/Un.02/DST/PP.00.9/08/2023

Tugas Akhir dengan judul : Rancang Bangun dan Evaluasi Elektrokardiograf Portabel Berbasis Sensor AD8232, Mikrokontroler ESP32, dan Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MUHAMMAD HABIB KURNIANTO
Nomor Induk Mahasiswa : 19106020013
Telah diujikan pada : Rabu, 16 Agustus 2023
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 64e438309b5d5



Penguji I
Dr. Widayanti, S.Si. M.Si.
SIGNED

Valid ID: 64e46f0f6ddab



Penguji II
Nia Maharani Raharja, M.Eng.
SIGNED

Valid ID: 64e46d5183f5a



Yogyakarta, 16 Agustus 2023
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 64e5e2304d6e1

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Habib Kurnianto
NIM : 19106020013
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Rancang Bangun Dan Evaluasi Elektrokardiograf Portabel Berbasis Sensor AD8232, Mikrokontroler ESP32, Dan *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT)” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 10 Agustus 2023

Penulis



Muhammad Habib Kurnianto

NIM. 19106020013

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Muhammad Habib Kurnianto
NIM : 19106020013
Judul Skripsi : Rancang Bangun Dan Evaluasi Elektrokardiograf Portabel Berbasis Sensor AD8232, Mikrokontroler ESP32, Dan *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 10 Agustus 2023

Pembimbing II

Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 19830614 200901 2 009

Pembimbing I

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc
NIP. 19780510 200501 1 003

**RANCANG BANGUN DAN EVALUASI
ELEKTROKARDIOGRAF PORTABEL BERBASIS
SENSOR AD8232, MIKROKONTROLER ESP32, DAN
MESSAGE QUEUING TELEMETRY TRANSPORT (MQTT)**

**Muhammad Habib Kurnianto
19106020013**

INTISARI

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kurangnya ketersediaan elektrokardiograf di fasilitas kesehatan Indonesia. Tujuannya adalah untuk merancang, membuat, dan menguji elektrokardiograf portabel berbasis sensor AD8232, mikrokontroler ESP32, dan message queuing telemetry transport (MQTT). Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap, yaitu perancangan, pembuatan, dan pengujian sistem. Sistem dirancang menggunakan Blender untuk desain keseluruhan dan Fritzing untuk skema rangkaian. Pembuatan sistem meliputi perangkat keras dan perangkat lunak, termasuk pembuatan blok sistem dan casing. Perangkat lunak yang dibuat mencakup tampilan pada IoT OnOff dan PlotJuggler. Pengujian dilakukan untuk mencari nilai akurasi dan presisi repeatability dengan parameter gelombang PQRST. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki akurasi sebesar 66,3%, 0%, dan 72,9% untuk parameter amplitudo gelombang P, QRS, dan T. Sementara itu, untuk interval waktu gelombang QRS, P-R, Q-T, dan R-R, akurasi mencapai 99,4%, 99,4%, 90,2%, dan 50,4%. Nilai presisi keterulangan adalah 97,69%, 98,966%, dan 94,31% untuk parameter gelombang P, QRS, dan T, serta 92,21%, 89,27%, dan 83,98% untuk interval waktu QRS, P-R, Q-T, dan R-R. Meskipun demikian, hasil pengujian menunjukkan bahwa parameter sistem ini belum sepenuhnya mencapai pengukuran akurat dan konsisten sesuai IEC 60601-2-25. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dalam bidang telemedis dan dapat digunakan untuk pengukuran di daerah terpencil.

Kata Kunci: Elektrokardiograf portabel, AD8232, ESP32, MQTT, PlotJuggler, IoT OnOff

**DESIGN AND EVALUATION
PORTABLE ELECTROCARDIOGRAPH BASED ON
AD8232 SENSOR, ESP32 MICROCONTROLLER, AND
MESSAGE QUEUING TELEMETRY TRANSPORT (MQTT)**

**Muhammad Habib Kurnianto
19106020013**

ABSTRACT

This research is motivated by the lack of availability of electrocardiographs in Indonesian healthcare facilities. The aim is to design, build, and test a portable electrocardiograph based on AD8232 sensor, ESP32 microcontroller, and message queuing telemetry transport (MQTT). The study is conducted in three stages: design, construction, and system testing. The system is designed using Blender for overall design and Fritzing for circuit schematics. The construction phase involves both hardware and software development, including creating system blocks and casing. The software includes display on IoT OnOff and PlotJuggler. Testing is carried out to determine accuracy and repeatability precision with parameters PQRST waves. The test results show that the system has accuracy of 66,3%, 0%, and 72,9% for the amplitude of P, QRS, and T waves, respectively. Meanwhile, for the interval of QRS, P-R, Q-T, and R-R waves, the accuracy is 99,4%, 99,4%, 90,2%, and 54,5%, respectively. The repeatability precision values are 97.69%, 98.966%, and 94.31% for the P, QRS, and T waves, and 92.21%, 89.27%, and 83.98% for the QRS, P-R, Q-T, and R-R intervals. Nevertheless, the test results indicate that the system parameters have not fully achieved accurate and consistent measurements as per IEC 60601-2-25 standards. This research is expected to provide a positive contribution to the field of telemedicine and enable measurements in remote areas.

Keywords: *Electrocardiograph portable, AD8232, ESP32, MQTT, PlotJuggler, IoT OnOff*

HALAMAN MOTTO

"Beberapa orang terlahir dengan nasib yang baik. Beberapa lainnya mengubah nasib buruknya menjadi baik dengan kerja keras, tekad, dan ketekunan."

- Muhammad Habib Kurnianto

"I have no special talent. I am only passionately curious."

- Albert Einstein

"The only way to deal with this life, any life, is to find out what you're interested in and be passionate about it."

- Richard Feynman



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Allah SWT

Kedua orang tua penulis Ibu Juniaty dan Bapak Marijuyantara

Fisika 2019

Study Club Fisika Instrumentasi

Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas berkat rahmat-Nya lah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi atau tugas akhir merupakan persyaratan wajib yang harus dipenuhi oleh mahasiswa Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, guna menyelesaikan tingkat pendidikan strata S1. Shalawat serta salam tidak lupa tercurahkan selalu kepada Nabi yang insyaa Allah akan memberi syafaat ialah Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan para umatnya.

Alhamdulillah berkat dukungan dari berbagai pihak penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Karenanya penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Kedua orangtua penulis, Ibu Juniaty dan Bapak Marijuyantara, yang selalu memberikan semangat, motivasi dan doa-doanya kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Ibu Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Fisika dan selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan pengarahan dalam tugas akhir ini. Semoga keberkahan selalu tercurah kepada beliau dan semoga selalu memberikan yang terbaik untuk generasi fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan pengarahan dalam tugas akhir ini. Serta, selaku dosen pendamping akademik yang membimbing penulis sejak sah statusnya

sebagai mahasiswa fisika. Semoga senantiasa dimudahkan segala urusannya dan keberkahan selalu tercurah kepada beliau

4. Seluruh dosen Fisika maupun luar fisika yang pernah memberikan ilmunya kepada penulis, semoga mendapat balasan kebaikan dari Allah.
5. Danish selaku rekan penelitian saya, terima kasih telah memberikan semangat, dukungan, kesabaran dalam mendengarkan keluhan, dan menyediakan waktu untuk berbagi ilmu selama penelitian ini.
6. Ditya terima kasih telah memberikan semangat, dukungan, kesabaran dalam mendengarkan keluhan, dan menyediakan waktu untuk berbagi ide.
7. Tsalis, Fiqar, Bima, Fisika Instrumentasi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, dan teman-teman Fisika 2019 kalian luar biasa.
8. Serta semua pihak yang memberikan bantuan tulus dan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak disebutkan satu persatu.

Dengan segala keterbatasan, penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna oleh karena itu diharapkan kritik dan saran demi kemajuan dan peningkatan tugas akhir ini. Semoga penelitian ini bermanfaat untuk semuanya.

Yogyakarta, 8 Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iv
INTISARI	v
ABSTRACT	vi
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Batasan Penelitian	7
1.5 Manfaat Penelitian	8
BAB II STUDI PUSTAKA	9
2.1 Studi Pustaka.....	9
2.2 Landasan Teori.....	13
2.2.1 Jantung	13
2.2.2 Elektrokardiogram.....	15
2.2.3 Kertas EKG	22
2.2.4 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)	23
2.2.5 Sensor AD8232	25
2.2.6 Elektroda	27
2.2.7 GE Responder 2000 Defibrillator	28

2.2.8 Modul Charger USB TP4056.....	30
2.2.9 ESP32	31
2.2.10 Arduino IDE.....	32
2.2.11 Karakteristik Alat Ukur.....	36
2.2.12 Wawasan Islam Tentang Kesehatan.....	39
BAB III METODE PENELITIAN	41
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	41
3.1.1 Waktu Penelitian	41
3.1.2 Tempat Penelitian.....	41
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	42
3.2.1 Alat Perancangan Sistem.....	42
3.2.2 Alat dan Bahan Pembuatan Sistem	42
3.2.3 Alat Pengujian Sistem	43
3.3 Prosedur Penelitian.....	43
3.3.1 Perancangan Sistem	45
3.3.2 Pembuatan Sistem	46
3.3.3 Pengujian Sistem	59
3.4 Pembahasan Hasil Penelitian	63
3.4.1 Pembahasan Hasil Perancangan dan Pembuatan Sistem	63
3.4.2 Pembahasan hasil pengujian sistem	64
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	65
4.1 Hasil Penelitian	65
4.1.1 Hasil Perancangan Sistem.....	65
4.1.2 Hasil Pembuatan Sistem.....	66
4.1.3 Hasil Pengujian Sistem	71

4.2 Pembahasan.....	73
4.2.1 Pembahasan hasil perancangan dan pembuatan sistem	73
4.2.2 Pembahasan hasil pengujian sistem	75
4.3 Integrasi-Interkoneksi	80
BAB V PENUTUP.....	82
5.1 Kesimpulan	82
5.2 Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....	88
LAMPIRAN.....	88



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian sebelumnya.....	9
Tabel 2.2 Parameter normal EKG	20
Tabel 2.3 Perbandingan <i>latency broker</i>	25
Tabel 2.4 Fitur Modul AD8232.....	27
Tabel 2.5 Pin Modul TP4056	30
Tabel 2.6 Perbandingan antara EPS 32 DevKit dan ESP8266.....	32
Tabel 3.1 Alur waktu penelitian	41
Tabel 3.2 Alat perancangan sistem.....	42
Tabel 3.3 Alat pembuatan sistem	42
Tabel 3.4 Bahan pembuatan sistem	42
Tabel 3.5 Alat pengujian sistem	43
Tabel 3.6 Daftar <i>library</i> yang digunakan	50
Tabel 3.7 Data untuk pengujian akurasi parameter waktu	60
Tabel 3.8 Data untuk pengujian akurasi parameter amplitudo.....	61
Tabel 3.9 Data untuk pengujian presisi parameter waktu	61
Tabel 3.10 Data untuk pengujian presisi parameter amplitudo.....	61
Tabel 3.11 Hasil Pengujian akurasi sistem.....	62
Tabel 3.12 Hasil Pengujian presisi keterulangan sistem	63
Tabel 4.1 Hasil pengujian akurasi	72
Tabel 4.2 Hasil Pengujian presisi keterulangan	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rongga mediastinum dan lokasi jantung (newportcts.com).....	14
Gambar 2.2 Hantaran Listrik di Sel Miokardium.....	15
Gambar 2.3 Grafik Sinyal EKG (Clutter dan Patricia, 2015).....	16
Gambar 2.4 Proses urutan terjadinya sinyal EKG (Sherwood, L. 2008).....	17
Gambar 2.5 Metode Einhoven (Clutter dan Patricia. 2015).....	21
Gambar 2.6 Kertas EKG.....	23
Gambar 2.7 Prinsip Kerja MQTT.....	24
Gambar 2.8 Skema Penguat Op-Amp AD8232.....	26
Gambar 2.9 AD8232 Kabel elektroda tiga sadapan.....	26
Gambar 2.10 Elektroda.....	28
Gambar 2.11 GE Responder 2000 Defibrillator.....	29
Gambar 2.12 TP4056.....	30
Gambar 2.13 GPIO ESP32 (circuits4you.com).....	31
Gambar 2.14 Perangkat lunak Arduino IDE.....	33
Gambar 3.1 Tahapan penelitian.....	44
Gambar 3.2 Diagram blok sistem.....	45
Gambar 3.3 Pengunduhan aplikasi di playstore.....	51
Gambar 3.4 Penambahan dashboard.....	52
Gambar 3.5 Pembuatan nama dashboard.....	53
Gambar 3.6 Menambahkan widget graph.....	53
Gambar 3.7 Pengaturan widget graph.....	54
Gambar 3.8 Pengaturan <i>timeline periode</i> dan <i>number of lines</i>	54
Gambar 3.9 Pengaturan <i>topic</i> MQTT.....	55
Gambar 3.10 Konfigurasi MQTT broker.....	55
Gambar 3.11 Penyambungan dengan broker Mosquitto.....	56
Gambar 3.12 Pengunduhan PlotJuggler.....	57
Gambar 3.13 Pengaturan tampilan Plot Area.....	57
Gambar 3.14 Pengaturan streaming penyambungan <i>broker</i> Mosquitto.....	58

Gambar 3.15 Pengaturan koneksi MQTT penyambungan <i>broker</i> Mosquitto dan <i>Message Serialization Protocol</i>	59
Gambar 4.1 Desain rancangan <i>casing</i> tampak luar	65
Gambar 4.2 Skema rangkaian sistem	66
Gambar 4.3 Perangkat keras keseluruhan.....	67
Gambar 4.4 Tampilan gelombang EKG di IoT OnOff pada subjek 1.....	68
Gambar 4.5 Tampilan gelombang EKG di PlotJuggler pada subjek 1.....	68
Gambar 4.6 Tampilan gelombang EKG di Responder 2000 pada subjek 1..	69
Gambar 4.7 Tampilan gelombang EKG di IoT OnOff pada subjek 2.....	69
Gambar 4.8 Tampilan gelombang EKG di PlotJuggler pada subjek 2.....	70
Gambar 4.9 Tampilan gelombang EKG di Responder 2000 pada subjek 2..	70
Gambar 4.10 Tampilan gelombang EKG di IoT OnOff pada subjek 3.....	70
Gambar 4.11 Tampilan gelombang EKG di PlotJuggler pada subjek 3.....	71
Gambar 4.12 Tampilan gelombang EKG di Responder 2000 pada subjek 3.71	



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit kardiovaskular merupakan salah satu jenis Penyakit Tidak Menular (PTM) yang mematikan dan menelan banyak korban jiwa. Berdasarkan data dari *World Health Organization* (WHO), penyakit kardiovaskular merupakan penyebab kematian nomor satu di dunia dan 32% dari seluruh penyebab kematian di dunia (WHO, 2019). Penyakit tersebut lebih banyak terjadi pada negara-negara dengan penghasilan rendah dan sedang (82%), termasuk Indonesia. Berdasarkan data di Indonesia, penyakit kardiovaskular merupakan penyebab lebih dari 30% kematian pada semua usia dengan proporsi kematian akibat: (i) stroke sebesar 15,4%, (ii) hipertensi sebesar 6,8%, (iii) penyakit jantung koroner sebesar 5,1%, dan (iv) penyakit jantung sebesar 4,6%. Diperkirakan, jika tidak dilakukan tindakan pencegahan terhadap faktor risiko penyakit kardiovaskular, maka pada tahun 2030 jumlah orang yang meninggal akan meningkat sampai 23,6 juta, dan peningkatan jumlah kematian terbanyak akan terjadi di wilayah Asia Tenggara (Setiadi dan Halim, 2018).

Salah satu jenis penyakit kardiovaskular adalah aritmia. Aritmia merupakan kelainan irama jantung yang mengacu pada ketidaknormalan dalam denyut jantung. Pada kondisi normal, denyut jantung harus teratur dan berirama dengan konsisten, namun pada seseorang dengan aritmia, irama jantung bisa menjadi terlalu cepat, terlalu lambat, atau tidak teratur. Apabila aritmia tidak ditangani segera, dapat memicu komplikasi penyakit jantung lebih serius seperti stroke atau gagal jantung.

Faktor penyebab utama masalah jantung di Indonesia adalah perubahan pola makan yang tidak sehat, gaya hidup tidak aktif, merokok, serta lingkungan yang buruk seperti polusi udara. Tingginya angka kejadian penyakit jantung di Indonesia juga dipengaruhi oleh adanya ketidakmerataan akses terhadap layanan kesehatan dan keterbatasan pengetahuan masyarakat tentang menjaga kesehatan jantung (Sukma dkk, 2018)

Menjaga kesehatan jantung sangatlah penting karena perannya yang vital dalam tubuh manusia. Jika kesehatan jantung yang terjaga maka manusia terhindar dari kebinasaan. Islam mengajarkan untuk tidak berbuat hal yang menjatuhkan dalam kebinasaan, seperti yang tertulis dalam surah al-Baqarah ayat 195:

الْتَهْلُكَةَ إِلَىٰ بِأَيْدِيكُمْ تُلْقُوا وَلَا

Artinya: “...dan janganlah kamu menjatuhkan dirimu sendiri ke dalam kebinasaan...” (Kemenag RI)

Menurut ayat di atas, manusia diperintahkan untuk tidak menjerumuskan diri ke dalam kebinasaan, salah satunya adalah dengan tidak membahayakan diri sendiri. Oleh karena itu, menjaga kesehatan jantung merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah hal tersebut dan memastikan fungsi organ jantung terjaga dalam jangka waktu yang panjang. Selain itu, dengan menjaga kesehatan jantung, manusia dapat mensyukuri nikmat sehat dari Allah dan lebih beribadah kepada-Nya.

Salah satu cara untuk mengurangi risiko kematian akibat penyakit kardiovaskular adalah dengan menjaga kesehatan jantung dan melakukan pemeriksaan kesehatan jantung menggunakan alat pengukur aktivitas jantung. Pemeriksaan kesehatan jantung dilakukan untuk mencegah terjadinya gangguan

kesehatan jantung yang lebih serius sehingga dapat meminimalkan risiko kematian. Semakin dini seseorang mengetahui tanda atau gejala masalah kesehatan, semakin besar peluangnya untuk sembuh. Tahap awal dalam mencegah penyakit jantung adalah dengan memeriksa aktivitas jantung menggunakan elektrokardiograf. Pemeriksaan ini dilakukan sebelum melakukan diagnosis dan menentukan penanganan yang tepat.

Elektrokardiograf adalah alat yang digunakan untuk mengukur aktivitas jantung. Prinsip kerjanya didasarkan pada aktivitas jantung dalam memompa darah yang menghasilkan aktivitas listrik atau bioelektrik. Aktivitas listrik yang dihasilkan oleh jantung direkam dan diinterpretasikan dalam bentuk gelombang elektrokardiogram. Gelombang-gelombang ini, yaitu gelombang P, Q, R, S, dan T, mencerminkan aktivitas listrik yang terjadi saat jantung berkontraksi dan berelaksasi secara periodik untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Gelombang-gelombang tersebut terekam pada kertas elektrokardiogram atau ditampilkan pada layar monitor. Interpretasi gelombang-gelombang ini memberikan informasi tentang ritme jantung, kondisi pembuluh darah, dan kemungkinan adanya gangguan atau penyakit jantung.

Permasalahan yang dihadapi oleh masyarakat saat ini adalah terbatasnya aksesibilitas elektrokardiograf, terutama di daerah yang jauh dari fasilitas kesehatan, dan harga perangkat yang masih tergolong mahal. Hal ini mengakibatkan tidak semua fasilitas kesehatan memiliki elektrokardiograf (Ananto, 2019). Menurut Budi Gunadi Nasikin (2023), jumlah elektrokardiograf yang tersedia di puskesmas hanya mencapai 2.000 dari total 10.000 puskesmas di

Indonesia. Selain itu, saat ini hasil elektrokardiograf hanya dapat ditampilkan di tempat pengukuran dan belum dapat dilakukan secara jarak jauh atau melalui telemedis. Akibatnya, masyarakat yang tinggal di daerah jauh dari fasilitas kesehatan menghadapi kesulitan dalam melakukan pengecekan aktivitas jantung.

Upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan aksesibilitas elektrokardiograf dengan mengurangi harga perangkat atau mencari solusi alternatif yang lebih terjangkau dan mudah diakses. Selain itu, diperlukan peningkatan jumlah elektrokardiograf di puskesmas, terutama di daerah terpencil, agar masyarakat dapat dengan mudah mengakses pemeriksaan aktivitas jantung. Selanjutnya, perlu didorong pengembangan teknologi elektrokardiograf yang memungkinkan dilakukannya pengecekan jarak jauh atau melalui telemetri. Hal ini akan memungkinkan masyarakat yang tinggal di daerah terpencil untuk mengecek aktivitas jantung mereka dan mendapatkan interpretasi hasil elektrokardiogram dari tenaga medis yang terlatih.

Saat ini era teknologi berkembang sangat pesat, salah satu dari bukti nyatanya adalah *Internet of Things* (IoT). IoT memungkinkan interaksi melalui jaringan internet tanpa perantara manusia dan dapat dipantau ataupun dikendalikan dari manapun (Ida, 2018). Dalam mengimplementasikan IoT, terdapat setidaknya lima komponen penting yang menjadi penyusun sistem yang terhubung, yaitu perangkat sensor, perangkat pemrosesan data, jaringan komunikasi, platform cloud, dan aplikasi berbasis IoT. Dalam konteks kesehatan, teknologi IoT dapat dimanfaatkan untuk pengiriman data aktivitas jantung secara jarak jauh, di mana data tersebut akan diterima oleh dokter atau tenaga medis yang ahli dalam jantung. Penggunaan

teknologi ini membuka peluang baru dalam pemantauan kesehatan jarak jauh dan memberikan layanan yang lebih cepat dan tepat kepada pasien, terutama bagi mereka yang tinggal di daerah sulit dijangkau oleh fasilitas kesehatan.

Pemanfaatan teknologi IoT saat ini memungkinkan pengembangan sistem telemedis yang memungkinkan pengukuran denyut jantung dari jarak jauh melalui jaringan internet (Amin, 2021). Terdapat berbagai protokol dalam lingkungan IoT, seperti HTTP, UPnP, CoAP, dan MQTT. Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan dalam konteks telemedis adalah *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). MQTT merupakan protokol yang sangat ringan sehingga dapat digunakan oleh perangkat pengukur dan pemantauan terkecil sekalipun, serta mampu mengirimkan data melalui jaringan yang berjauhan, bahkan dalam kondisi yang sering terputus-putus. Selain itu, MQTT bersifat *open source*, sehingga mudah untuk disesuaikan dengan berbagai kebutuhan perpesanan dan komunikasi (Dessyanto, 2020). Protokol MQTT juga menjadi pilihan utama dalam perangkat IoT yang beroperasi di jaringan dengan bandwidth rendah atau latensi tinggi (Ida, 2018). MQTT bekerja dengan menggunakan konsep komunikasi *publish-subscribe* (PUB-SUB) antar perangkat. Berdasarkan hal tersebut, dikembangkanlah sistem telemetri medis yang memanfaatkan teknologi IoT dan protokol komunikasi MQTT untuk memberikan informasi dan pemantauan aktivitas jantung secara jarak jauh.

Selain IoT, perkembangan teknologi di bidang mikrokontroler dan sensor juga mengalami perkembangan yang pesat. Mikrokontroler dan sensor saat ini memiliki harga yang murah namun memiliki kemampuan spesifikasi yang andal. Mengintegrasikan perkembangan IoT, mikrokontroler, dan sensor tersebut

memungkinkan untuk pembuatan elektrokardiograf portabel, sehingga elektrokardiograf dapat dibuat dengan harga yang relatif terjangkau dan dapat mengurangi keterbatasan jumlah elektrokardiograf saat ini.

Elektrokardiograf portabel pada penelitian ini dibuat menggunakan komponen mikrokontroler, sensor, dan penampil data. Mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini adalah ESP32. ESP32 dipilih karena memiliki harga yang cukup terjangkau, sudah dilengkapi modul *Wi-Fi*, dapat bekerja pada daya yang rendah, dan memiliki spesifikasi yang lebih baik dari generasi sebelumnya yaitu ESP8266. Kemudian, sensor yang digunakan pada penelitian ini untuk membaca impuls listrik jantung adalah AD8232. AD8232 dipilih karena sudah terintegrasi rangkaian untuk mengesktrak, amplifikasi, dan filter sinyal impuls listrik jantung dan ketersediannya umum di pasaran sedangkan untuk protokol pengiriman data sinyal EKG, digunakan MQTT. MQTT dipilih karena memiliki kemampuan yang andal dalam melakukan pengiriman data dalam rentang waktu *millisecond*, sehingga tidak terjadi banyak *loss* pengiriman data dari sensor AD8232 ke MQTT.

Berdasarkan uraian di atas, maka diperlukan pengembangan lanjut alat elektrokardiograf portabel yang ukurannya relatif kecil, portabel, dan dapat diakses melalui internet. Dengan dibuatnya elektrokardiograf portabel tersebut maka diharapkan elektrokardiograf portabel dapat tersedia di berbagai fasilitas kesehatan untuk pendeteksian awal aktivitas jantung.

Tahapan awal pengembangan elektrokardiograf portabel berbasis sensor AD8232, mikrokontroler ESP32, dan MQTT dilakukan perancangan sistem agar pada saat pembuatan sistem menjadi lebih mudah dan baik. Setelah rancangan

sistem selesai, pembuatan sistem dapat berpedoman pada desain yang telah dirancang. Setelah sistem berhasil dibuat, diperlukan evaluasi kinerja elektrokardiograf yang telah dibuat. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan alat tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang, rumusan masalah yang akan diteliti di penelitian ini adalah:

1. Bagaimana rancangan elektrokardiograf portabel berbasis sensor AD8232, mikrokontroler ESP32, dan *message queuing telemetry transport* (MQTT)?
2. Bagaimana hasil pembuatan elektrokardiograf portabel berbasis sensor AD8232, mikrokontroler ESP32, dan *message queuing telemetry transport* (MQTT)?
3. Bagaimana hasil kinerja elektrokardiograf portabel yang telah dibuat?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian ini adalah:

1. Merancang elektrokardiograf portabel berbasis sensor AD8232, mikrokontroler ESP32, dan *message queuing telemetry transport* (MQTT).
2. Membuat elektrokardiograf portabel berbasis sensor AD8232, mikrokontroler ESP32, dan *message queuing telemetry transport* (MQTT).
3. Mengevaluasi kinerja elektrokardiograf portabel yang telah dibuat.

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini hanya dilakukan pada hal-hal sebagai berikut:

1. Broker yang digunakan untuk MQTT adalah Mosquitto.

2. Grafik EKG ditampilkan pada aplikasi IoT OnOff dan PlotJuggler.
3. Pengujian sistem terbatas pada lingkungan laboratorium.
4. Pengujian sistem dilakukan terhadap tiga manusia dewasa (pria) dengan usia 21-23 tahun dalam keadaan sehat
5. Pengujian sistem dilakukan dengan mengkondisikan subjek sesaat setelah berolahraga
6. Karakterisasi sistem yang dilakukan sebatas uji akurasi dan presisi keterulangan.

1.5 Manfaat Penelitian

Dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat diperoleh manfaat, antara lain:

1. Terciptanya elektrokardiograf portabel berbasis sensor AD8232, mikrokontroler ESP32, dan *message queuing telemetry transport* (MQTT) dapat menambah jumlah elektrokardiograf agar tersedia di fasilitas kesehatan yang tidak memiliki elektrokardiograf.
2. Terciptanya elektrokardiograf portabel berbasis sensor AD8232, mikrokontroler ESP32, dan *message queuing telemetry transport* (MQTT) dapat mempermudah dokter dalam menentukan diagnosis awal terkait penyakit jantung yang dialami pasien.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil dirancang, dibuat, dan diuji. Berdasarkan hasil penelitian serta pembahasannya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Elektrokardiograf portabel berbasis sensor AD8232, mikrokontroler ESP32, dan MQTT telah berhasil dirancang menggunakan perangkat lunak Blender dan Fritzing. Hasil perancangan berupa desain keseluruhan sistem dan skema rangkaian sistem.
2. Elektrokardiograf portabel berbasis sensor AD8232, mikrokontroler ESP32, dan MQTT telah berhasil dibuat. Hasil dari pembuatan berupa perangkat keras dan perangkat lunak sistem. Perangkat keras sistem terdiri dari blok catu daya yang tersusun dari modul TP4056, modul *DC step-Up Boost Converter*, baterai Li-Ion 18650 dan *casing*. Pada blok input, proses, dan output terdiri dari sensor AD8232 dan ESP32, sedangkan perangkat lunak sistem terdiri dari kode program perintah sistem dan tampilan berupa perangkat lunak IoT OnOff dan PlotJuggler
3. Elektrokardiograf portabel berbasis sensor AD8232, mikrokontroler ESP32, dan MQTT telah berhasil diuji. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa elektrokardiograf portabel yang sudah dibuat belum dapat diterapkan sebagai perangkat portabel pengganti alat rekam jantung elektrokardiograf. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan nilai akurasi akurasi 66,3%, 0%, dan 72,9% untuk parameter amplitudo gelombang P, QRS, dan T. Adapun

untuk akurasi 99,4%, 99,4%, 90,2%, dan 54,4% dalam mengukur interval waktu gelombang QRS, P-R, Q-T, dan R-R. Sedangkan, nilai presisi keterulangan 97,69%, 98,966%, 94,31%, dan 95,53% untuk parameter gelombang P, QRS, dan T dan 92,21%, 89,27%, dan 83,98% untuk parameter interval waktu QRS, P-R, Q-T, dan R-R.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kekurangan pada alat yang perlu diperbaiki pada penelitian selanjutnya. Berikut adalah sarana peneliti terhadap penelitian yang dapat dilakukan selanjutnya.

1. Memastikan area sekitar permukaan kulit yang akan ditempelkan elektroda bersih dari kotoran dan rambut.
2. Pemilihan mikrokontroler selain ESP32 atau menggunakan modul konverter ADC dengan resolusi yang lebih baik dari ESP32 yakni diatas 12-bit seperti modul konverter ADC ADS1115 16-bit atau mikrokontroler STM32 32-bit. Jumlah bit yang tinggi diharapkan mampu untuk membaca perubahan nilai tegangan kelistrikan yang sangat kecil pada jantung.
3. Karakteristik sensor AD8232 perlu diketahui untuk menentukan nilai amplitudo sebelum digunakan, hal ini diperlukan untuk keperluan konversi nilai ADC agar output dari sensor AD8232 menghasilkan outputnya tepat. Kalibrasi perlu dilakukan untuk menentukan titik *zero* sinyal yang dikeluarkan.

4. Penelitian ini dapat dikembangkan untuk membuat GUI yang mampu menampilkan data dengan *delay millisecond* dan grafik yang menyerupai gratikul kertas EKG.



DAFTAR PUSTAKA

- Andang Novianta, M., dan Dan Subandi. 2017. Perancangan Monitoring Sinyal EKG (Elektrokardiografi) Jantung Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Android Sebagai Penampil Sinyal Dengan Memanfaatkan Komunikasi Bluetooth. *Jurnal Elektrikal* 4(2):54–63.
- Araz Rawshani. 2017. The ECG leads: electrodes, limb leads, chest(precordial) leads, 12-Lead ECG (*EKG*). Diakses 10 April 2023 dari <https://EKGwaves.com/topic/ekg-EKG-leads-electrodes-systems-limb-chest-precordial/>
- Arifin, Jaenal, dan Amalia Norma. 2019. Image Processing on the Ekg Signal. *Media ElektriKa* 11(1):27–33.
- Budioko, Totok. 2016. Sistem Monitoring Suhu Jarak Jauh Berbasis Internet Of Things Menggunakan Protokol MQTT. *Seminar Riset Teknologi Informasi (SRITI) tahun 353–58*.
- Budi Gunadi Nasikin, 2023. Menkes Budi Bakal Pasang EKG Jantung di Seluruh Indonesia. Diakses 2 Juli 2023 dari <https://www.liputan6.com/health/read/5195581/menkes-budi-bakal-pasang-ekg-jantung-di-seluruh-puskesmas>
- Chooruang, Komkrit, dan Pongpat Mangkalakeeree. 2016. Wireless Heart Rate Monitoring System Using MQTT. *Procedia Computer Science* 86(March):160–63. doi: 10.1016/j.procs.2016.05.045.
- Chooruang, Komkrit, dan Pongpat Mangkalakeeree. 2016. Wireless Heart Rate Monitoring System Using MQTT. *Procedia Computer Science* 86(May):160–63. doi: 10.1016/j.procs.2016.05.045.
- Clutter, Pat. 2015. *EKG for Nursing Demystified*. New York: McGraw-Hill Education.
- Dupre, Anthony, Sarah Vincent, dan Paul A. Iaizzo. 2005. *Basic ECG Theory, Recordings, and Interpretation*. Handbook of Cardiac Anatomy, Physiology, and Devices, disunting oleh P. A. Iaizzo. Totowa, NJ: Humana Press.
- Fraden, Jacob. 2016. *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*. Cham: Springer International Publishing.
- Goldberger, Ary Louis, Zachary D. Goldberger, dan Alexei Shvilkin. 2013. *Goldberger's Clinical Electrocardiography: A Simplified Approach*. 8. ed. Philadelphia, PA: Elsevier/Saunders.

- Güvenç, Halil. 2020. Wireless ECG Device with Arduino. *TIPTEKNO 2020 - Tip Teknolojileri Kongresi - 2020 Medical Technologies Congress, TIPTEKNO 2020*. doi: 10.1109/TIPTEKNO50054.2020.9299248.
- HUD. 2022. HOME Program. *Programs of HUD* 78(4).
- Isma, Teguh Wijaksana, Milda Yuliza, Tuti Angraini, dan Roza Susanti. 2020. Efektifitas Sensor Elektrokardiograf (EKG) AD8232 Untuk Mendeteksi Kelelahan Pada Saat Penggunaan Smartphone. *Elektron : Jurnal Ilmiah* 12(1):7–11. doi: 10.30630/eji.12.1.148.
- Maggang, Amin Ajajib, Beby H. A. Manafe, Sarlince O. Manu, dan Johanis F. M. Bowakh. 2021. Sistem Monitoring Sinyal Elektrokardiogram (Ekg) Menggunakan Thingspeak Cloud Computing. *Jurnal Media Elektro X*(1):1–7. doi: 10.35508/jme.v0i0.3838.
- Meek, S. 2002. *ABC of Clinical Electrocardiography: Introduction. II Basic Terminology*. *BMJ* 324(7335):470–73.
- Mishra, Biswajeeban, Biswaranjan Mishra, dan Attila Kertesz. 2021. Stress-testing mqtt brokers: A comparative analysis of performance measurements. *Energies* 14(18):1–20. doi: 10.3390/en14185817.
- Morris, S. M. 2002. *ABC of Clinical electrocardiography. Introduction. II-Basic terminology*. *BMJ*.
- MSN, Firmansyah, Azis Muhajar, Abdul Chobir, dan Andri Ulus Rahayu. 2022. Sistem Kendali dan Monitoring Infus Berbasis Internet of Things. *Journal of Applied Electrical Engineering* 6(1):10–16. doi: 10.30871/jaee.v6i1.4017.
- N, Azhar A., dan Suyanto Suyanto. 2009. Identifikasi Sinyal Ecg Irama Myocardial Ischemia Dengan Pendekatan Fuzzy Logic. *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi* 7(4):191. doi: 10.12962/j24068535.v7i4.a89.
- Prasad, Anitha S., dan N. Kavanashree. 2019. ECG Monitoring System Using AD8232 Sensor. *Proceedings of the 4th International Conference on Communication and Electronics Systems, ICCES 2019 (Icces)*:976–80. doi: 10.1109/ICCES45898.2019.9002540.
- Price, Dallas, Consultant Cardiologist, St Mary, dan Isle Wight. 2010. How to read an electrocardiogram (ECG). Part 1: Basic principles of the ECG. The normal ECG. *Southern Sudan medical journal* 3(2).
- Riyanto. 2014. *Validasi & Verifikasi Metodi Uji*. Yogyakarta: Deepublish.

- Rizal, Achmad, dan Vera Suryani. 2008. Pengenalan Signal EKG Menggunakan Dekomposisi Paket Wavelet dan K-Means Clustering. *Proceeding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Inofrmasi 2008(SNATI 2008) 2008(Snati):5–8.*
- Setiadi, Adji Prayitno, Halim, Steven Victoria. 2018. *Penyakit Kardiovaskular: Seri Pengobatan Rasional* . Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Thaler, M. 2014. *Satu-satunya Buku EKG yang Anda Perlukan (Kedelapan ED.)*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran: (EGC).
- Sun, Yan, Kap Luk Chan, dan Shankar Muthu Krishnan. 2002. ECG signal conditioning by morphological filtering. *Computers in Biology and Medicine* 32(6):465–79. doi: 10.1016/S0010-4825(02)00034-3.
- Syauqy, Dahnial, dan Rakhmadhany Primananda. 2019. Implementasi Protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) Untuk Monitoring Infus Pasien Secara Terpusat. *Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* 3(2):1366–71.
- Sutikno, S., Syauqy, D., dan Primananda, R. 2018. Implementasi Protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) Untuk Monitoring Infus Pasien Secara Terpusat. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(2), 1366-1371.
- Tso, C., Currie, G. M., Gilmore, D., dan Kiat, H. 2015. Electrocardiography: A technologist's guide to interpretation. *Journal of Nuclear Medicine Technology*. 43(4), 247– 252.
- Wijaksana Isma, T., Yuliza, M., Angraini, T., dan Susanti, R. 2020. Efektifitas Sensor Elektrokardiograf (EKG) Ad8232 Untuk Mendeteksi Kelelahan Pada Saat Penggunaan Smartphone. *Elektron Jurnal Ilmiah*, 12.
- William, Lipincott. dan Wilkins. (2011). *EKG interpretation made incredibly easy!* 5 th ed. Philadelphia. Wolters Kluwer Health.
- WHO. 2021. cardiovascular diseases (CVDs). Diakses 30 Januari 2023 dari [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))