OPEN ACCESS
JOURNAL OF TELECOMMUNICATION, ELECTRONICS, AND CONTROL ENGINEERING (JTECE) ISSN: 2654-8275 (ONLINE)
JTECE. VOL. 07, NO. 02, PP.150-163, JULY 2025 DOI: 10.20895/JTECE.V7I2.1874

Analisis dan Implementasi Perangkat Elektrokardiogram (EKG) Berbasis Internet of Things

Analysis and Implementation Electrocardiogram (ECG) Device Based on Internet of Things

*[1]Arif Indras Novianto, [2]*Sevia Indah Purnama, [2]Irmayatul Hikmah*
[1]Department of Telecommunication Engineering,Telkom University
[2]Department of Biomedical Engineering,Telkom University
Jl. DI Panjaitan No.128, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53147

*Corresponding author: seviaindah@telkomuniversity.ac.id, irmayatulh@telkomuniversity.ac.id

Received on 11-06-2025, accepted on -07-2025, published on 30-07-2025

Abstrak

Berdasarkan pusat data dan informasi kementrian kesehatan republik Indonesia diketahui bahwa lebih dari 36 juta orang di dunia meninggal dunia dikarenakan penyakit pada jantung. Pemantauan kondisi jantung saat ini hanya mampu memberikan hasil sinyal jantung namun belum pada tahap diagnosis. Kondisi ini mendorong kebutuhan perangkat monitoring kondisi jantung yang dapat sekaligus memberikan diagnosis kondisi jantung. Diagnosis membutuhkan visualisasi elektrokardiogram yang sesuai agar dapat membaca pola kelainan pada sinyal jantung. Penelitian ini berfokus pada pembuatan perangkat monitoring kondisi jantung yang sekaligus diagnosis kondisi jantung serta mengirimkan hasil visualisasi sinyal jantung ke telegram. Perangkat yang dikembangkan memanfaatkan digital *Butterworth low pass* filter untuk mengolah sinyal jantung. Perangkat menggunakan mikrokontroler sebagai pengolah utama dan sensor elektrokardiogram untuk mengukur sinyal jantung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa filter *Butterworth* mampu menghasilkan sinyal PQRS dan T jantung dengan riak minimal pada frekuensi *cut off* 15hz. Perangkat memiliki nilai persentase akurasi sebesar 97,96% dalam membaca detak jantung per menit. Hasil visualsisasi sinyal beserta analisis kondisi sinyal juga dapat terkirim ke Telegram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat dapat digunakan untuk menjawab kebutuhan Elektrokardiogram yang akurat dan mampu mengirim visualisasi sinyal serta analisis kondisi jantung.

Kata kunci: Elektrokardiogram, Jantung, Pengolahan Sinyal, Visualisasi

Abstract

According to the Data and Information Center of the Ministry of Health of the Republic of Indonesia, more than 36 million people worldwide die from heart disease. Current heart condition monitoring can only provide heart signal results but not yet reach the diagnostic stage. This situation drives the need for heart condition monitoring devices that can also provide a diagnosis. Diagnosis requires appropriate electrocardiogram visualization to read the abnormal patterns in heart signals. This research focuses on creating a heart condition monitoring device that also diagnoses heart conditions and sends the visualized heart signal results to Telegram. The developed device utilizes a digital Butterworth low-pass filter to process heart signals. The device uses a microcontroller as the main processor and an electrocardiogram sensor to measure heart signals. The research results show that the Butterworth filter can produce heart PQRS and T signals with minimal ripples at a cutoff frequency of 15 Hz. The device has an accuracy percentage of 97.96% in reading heartbeats per minute. The visualized signal results along with signal condition analysis can also be sent to Telegram. The research findings indicate that the device can meet the need for accurate electrocardiograms and is capable of sending signal visualizations and heart condition analyses.

Keywords: Electrocardiogram, Heart, Signal Processing, Visualization

I. INTRODUCTION

Denyut Jantung merupakan jumlah ketukan jantung dalam satu menit. Jantung manusia yang berdetak digunakan sebagai parameter pada fungsi tubuh pada manusia, dimana detak jantung tersebut berkisar antara 60 sampai 100 detakan permenit pada usia 15 sampai 60 tahun [1]. Detak jantung yang kurang sehat dibagi menjadi dua klasifikasi antara lain bradikardia (detak jantung lemah) dan takikardia (detak jantung tinggi). Detak jantung lemah atau bradikardia merupakan sebutan untuk jumlah denyut jantung dibawah atau kurang dari 60 beats per menit (bpm). Sedangkan, Takikardia merupakan detak jantung melebihi 100 beats per menit (bpm). Denyut jantung yang tidak normal dapat menyebabkan aliran darah kurang lancar dalam mendistribusikan dengan baik ke seluruh tubuh dan dapat menimbulkan serangan jantung dan berakibat kematian [2,3].

Pada sistem data PTM berbasis web penyakit jantung mencapai 4.161 kasus, dimana angka terbanyak diperoleh kelompok wanita mencapai 2.247 kasus. Sebaliknya bagi kelompok usia, pada kasus ini rentang lanjut usia (usia ≥ 60 tahun) merupakan kasus terbesar berkisar 1.880 kasus [4]. Jumlah kasus penyakit jantung di Indonesia lebih banyak dialami oleh laki-laki yaitu sebesar 25.508 kasus daripada kelompok wanita yaitu sebesar 24.507 data. Pada rentang usia 45- 64 tahun merupakan rentang usia dengan kasus penyakit jantung terbanyak yaitu sebesar 24.283 kasus. Sebaliknya, jumlah orang meninggal akibat gagal jantung sebanyak 4.996 kasus. Provinsi Jawa Tengah merupakan provinsi dengan kasus penyakit jantung terbesar di Indonesia yaitu sebanyak 8. 658 kasus [5].

Beberapa peneliti dan Perusahaan di bidang medis telah melakukan pengembangan sistem yang digunakan untuk kebutuhan pengecekan kondisi jantung, dimana peneliti tersebut kurang adanya penjelasan mengenai sistem pengolahan sinyal jantung [6]. Terdapat beberapa metode dalam melakukan proses pengolahan sebuah sinyal pada jantung seperti pengolahan sinyal Low pass filter, High Pass Filter, Band Stop Filter, dan Band Pass Filter yang mendukung keakurasian alat tersebut dalam mengetahui kondisi jantung [7]. Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan diketahui adanya kebutuhan perangkat monitoring sinyal jantung yang sekaligus dapat memberikan diagnosis awal kondisi jantung. Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah mengembangkan sebuah perangkat monitoring kondisi jantung yang dapat memberikan diagnosis awal kondisi jantung.
Literature Review.

Penelitian mengenai klasifikasi sinyal abnormal pada electrocardiograf telah dilakukan sebelumnya [9]. Penelitian [9] bertujuan untuk mengklasifikasikan detak jantung normal dan abnormal menggunakan metode High Pass Filter (HPF) bertujuan untuk menghilangkan sinyal dibawah 25Hz dan memastikan sinyal detak jantung bersih dari noise. Data penelitian diperoleh dari database Arrythmia MIT-BIH. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa berbasis fitur mempunyai akurasi 90%, presisi 90%, dan sensitivitas 90% dalam mengklasifikasikan detak jantung normal dan abnormal.

Penelitian untuk pengenalan fitur elektrokardiogram dengan proses windowing dan ambang ba tas adaptif telah di lakukan oleh beberapa peneliti [10]. Pada penelitian tersebut membuat sistem pengenalan pengolahan sinyal menggunakan metode ambang batas adaptif untuk menentukan pola sinyal P, Q, R, S dan T. Pada penelitian [10] menggunakan database yang sama seperti penelitian [9] untuk mengetahui pola sinyal jantung dan menggunakan matlab sebagai pemrograman pengolahan sinyal tersebut. Penelitian ini menggunakan 48 sinyal EKG yang mengandung kelainan dan 18 sinyal EKG normal. Metode pengolahan sinyal yang dibahas mampu mengenali ciri-ciri kelainan pada sinyal jantung melalui pengolahan penapis sinyal.

Pada pendeteksian sinyal jantung PQRST dengan chip biopensial dan telepon seluler menggunakan sensor jantung tiga lead pada penelitian ini membuat aplikasi yang mampu untuk memonitoring dan menampilkan sinyal jantung pada sensor chip modul AD8232 [11]. Menggunakan bantuan arduino nano dan modul bluetooth dimana pada sistem alat ini dapat mengirimkan hasil dari pengukuran sinyal jantung ke telepon untuk ditampilkan dalam GUI (Ghraphical User Interface) pada layer telepon seluler, serta pemyimpanan data sinyal jantung pasien juga dilakukan pada telepon seluler

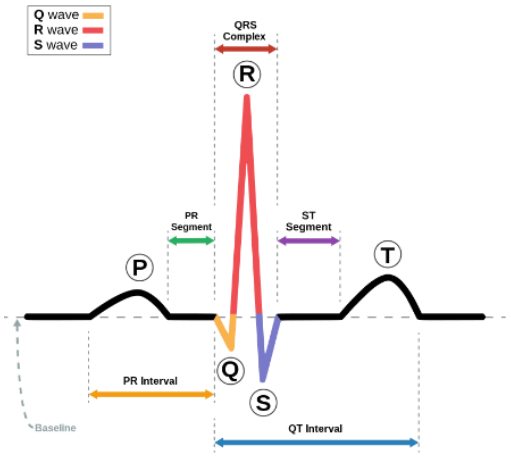
tersebut. Namun, kekurangannya pada penelitian ini masih menggunakan beberapa alat sekaligus yang membuat penelitian tersebut menjadi kurang fleksibel.

Implementasi alat kesehatan jantung dibuat berbasis internet of things (IoT) dan android pada penelitian ini membuat sistem perekaman detak jantung menggunakan sensor AD8232 dan Raspberry-Pi [12]. Hasil akhir setelah melakukan 30 kali pengujian berdasarkan nilai yang terbaca pada alat tersebut memiliki rata-rata tingkat akurasi sebesar 94,68%. dimana pada penelitian tersebut menggunakan platform ANTARES dengan output nilai bpm tanpa disertai grafik sinyal detak jantung tersebut. Saran untuk penelitian selanjutnya agar dapat meningkatkan output atau keluaran dari sensor tersebut dengan ditambahkan grafik sinyal jantung dan kategori pembacaan sinyal jantung.

Penelitian untuk monitoring sinyal elektrokardiogram (EKG) yang menggunakan software thingspeak cloud computing telah dilakukan oleh beberapa peneliti [13]. Pada penelitian ini menggunakan lima alat sekaligus antara lain modul sensor AD8232, micro SD card, arduino uno, Raspberry-Pi dan thnigSpeak cloud server. Penelitian ini menggabungkan beberapa alat tersebut menjadi satu bagian untuk mengetahui bagaimana bentuk sinyal jantung yang terekam pada sensor AD8232 tersebut. Penelitian ini juga meneliti mengenai visualisasi dan pengolahan sinyal jantung dengan bentuk sinyal sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Ketika melakukan uji coba didapatkan nilai error dan akurasi sinyal cukup akurat. Adapun peneliti selanjutnya diharapkan mampu untuk membuat alat tersebut menjadi lebih praktis dan mampu memvisualisasikan bentuk sinyal yang lebih akurat.

Beberapa penelitian mengenai sistem smart healthcare menggunakan sensor jantung AD8232 dengan menerapkan sistem internet of things sudah dilakukan oleh beberapa peneliti [14]. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah alat smart healthcare yang dapat melaporkan hasil nilai detak jantung menggunakan modul node mcu dan menghubungkan modul Raspberry-Pi dan sensor AD8232. Peneliti menggunakan platform blynk untuk membuat sistem berbasis IoT dan peneliti menggunakan oled LCD sebagai media untuk menampilkan gambar visualisasi grafik EKG karena platform Blynk tidak dapat menampilkan gambar grafik denyur jantung. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan mampu menggunakan platform lain untuk bisa menampilkan grafik denyut jantung dan nilai bpm jantung dan tidak memerlukan alat tambahan lain.

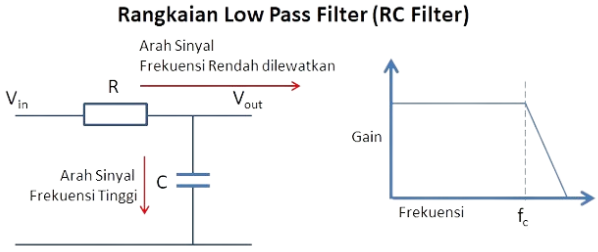
Penelitian tentang monitoring detak jantung sudah diminati oleh beberapa kalangan mahasiswa [8]. Pada penelitian tersebut membahas mengenai pembuatan alat monitoring denyut jantung berbasis IoT, dimana setelah melakukan penelitian menunjukkan persentase rata-rata error pada alat tersebut sebesar 1,12% serta pada penelitian tersebut hanya membahas mengenai pengukuran bpm pada jantung. Pada penelitian ini tidak membahas mengenai pengolahan sinyal jantung dan tidak membahas mengenai proses alur terbentuknya sinyal grafik EKG.



Gambar 1. Sinyal Jantung PQRST

Elektrokardiogram (EKG) merupakan salah satu metode perekaman jantung dengan menggambarkan aktifitas detak jantung dalam bentuk sinyal. Sinyal EKG berisi gelombang yang membentuk kurva spesifik hasil dari aktivitas jantung. Gelombang inilah yang akan merepresentasikan kegiatan jantung. Ketika jantung berkontraksi dan berdetak, aktivitas listrik yang dihasilkan oleh jantung direkam oleh mesin EKG dalam bentuk grafik yang disebut elektrokardiogram. Elektrokardiogram ini memberikan informasi tentang ritme jantung, kekuatan kontraksi, irama, dan gangguan listrik lainnya yang mungkin ada pada jantung. Ini adalah alat penting dalam diagnosis penyakit jantung, seperti aritmia, serangan jantung, dan gangguan irama jantung lainnya.

Low pass filter (LPF) atau tapis lolos bawah merupakan salah satu jenis rangkaian pemfilteran pada sebuah frekuensi. Setiap rangkaian yang ada pada filter frekuensi memiliki fungsi dan karakteristik masing-masing yang tentu berbeda dengan rangkaian filter lainnya. Bentuk rangkaian dari low pass filter dapat dilihat pada Gambar 2. Low pass filter merupakan sebuah rangkaian pemfilteran frekuensi yang berfungsi untuk membantu dalam meloloskan sinyal frekuensi rendah dan meredam pada sinyal frekuensi yang tinggi.

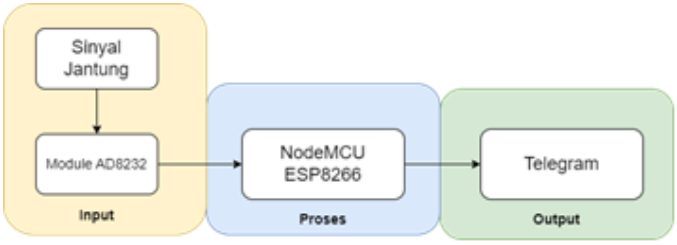


Gambar 2. Rangkaian *Low Pass Filter*

Fast fourier transform (FFT) merupakan bagian dari salah satu pengolahan sinyal baik sinyal analog maupun digital. Fast fourier transform (FFT) ditemukan oleh seorang ilmuan yang bernam Joseph Fourier. Teori transformasi fourier merupakan sebuah metode yang dapat digunakan dengan cara mendekomposisi bagian dari sebuah gelombang seismic yang menjadi beberapa gelombang harmonik sinusoidal. Gelombang harmonik sinusoidal merupakan jenis gelombang periodik yang memiliki sifat sinusoidal, yang artinya bentuk gelombangnya berupa fungsi sinus atau cosinus. Transformasi Fourier yang digunakan untuk analisis sebuah sinyal atau data analog sinyal yang tersimpan, memiliki tujuan supaya sebuah sinyal dari domain waktu bisa menjadi sebuah sinyal dalam domain frekuensi. Hal ini dilakukan supaya perhitungan menjadi lebih mudah, apabila masih domain waktu maka perhitungannya akan sulit. Salah satu bentuk Transformasi Fourier adalah Fast Fourier Transform (FFT).

II. RESEARCH METHOD

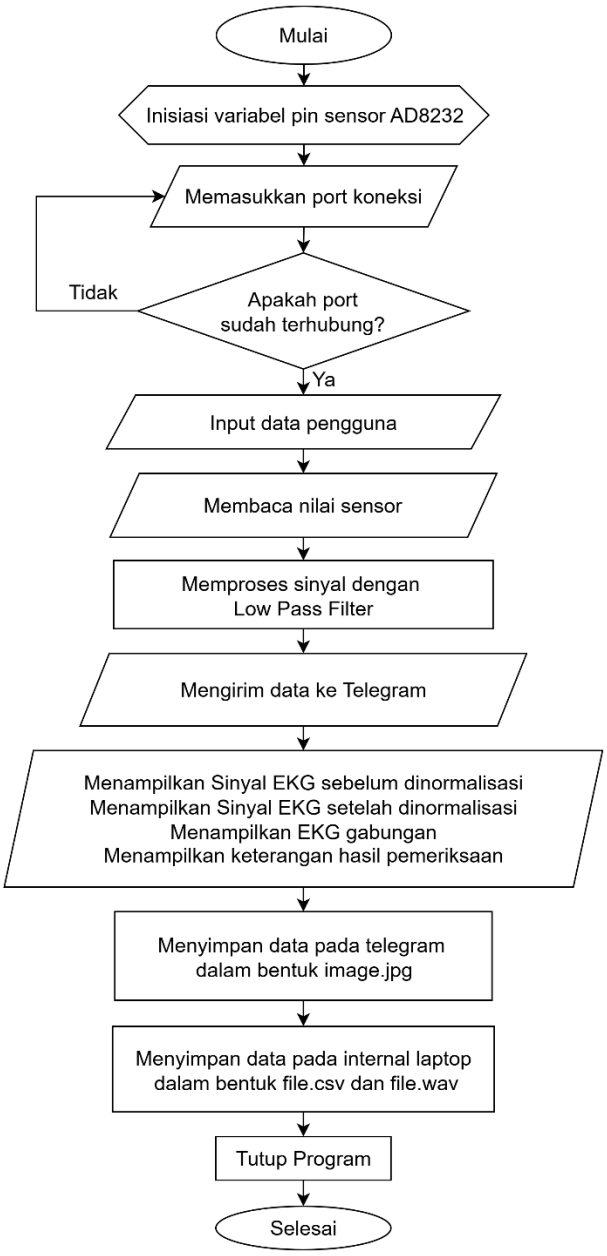
Perancangan sistem ini dimulai dari merancang alat, untuk mengambil sinyal EKG, lalu memprosesnya ke mikrokontroler untuk difilter, kemudian hasil sinyal tersebut dikirim ke telegram. Perancangan system bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok sistem pendeteksi sinyal jantung

Gambar 3 menunjukkan perancangan sistem di mana sinyal jantung menjadi input yang dibaca oleh modul AD8232. Selanjutnya ESP8266 akan memproses segala bentuk inputan yang di terima dari sensor AD8232 tersebut untuk di proses menggunakan pengolahan sinyal berupa Low pass filter. Data yang sudah diproses akan ditampilkan pada aplikasi telegram dan data akan tersimpan pada penyimpanan telegram. Pada diagram blok menjelaskan bahwa semua bagian sensor terhubung menjadi satu dan hasil dari pembacaan sensor akan tertampil secara langsung pada aplikasi telegram.

Pada Gambar 4 menampilkan *flowchart* perangkat lunak menjelaskan secara rinci alur sistem dari visualisasi pengolahan sinyal jantung. Tahap pertama merupakan inisiasi pin AD8232 ke laptop sebagai penghubung alat utama yang terhubung dengan laptop. Tahap berikutnya sensor AD8232 diletakkan pada objek dan titik tertentu sesuai dengan metode *einthovent*. Posisi elektroda tersebut harus sesuai dengan anjuran yang ada dan sensor AD8232 melakukan pembacaan sinyal jantung yang berupa sinyal analog, pada tahap berikutnya memilih port yang terhubung ke laptop untuk disesuaikan dengan port sensor.



Gambar 4. Flowchart Perangkat Lunak

Pada Gambar 4 *flowchart* perangkat lunak menjelaskan secara rinci alur sistem dari visualisasi pengolahan sinyal jantung. Tahap pertama pada perangkat lunak adalah inisialisasi pin kontroler yang digunakan pada sensor AD8232. Selanjutnya sistem perlu untuk memastikan bahwa saluran port sistem saling terhubung. Setelah semua terhubung pengguna diarahkan untuk mengisi data diri pada sistem yang telah dibuat. Setelah data diri lengkap, sensor pada perangkat akan mulai melakukan pengukuran sinya EKG. Posisi titik elektrode pada sensor harus sesuai dengan anjuran yang ada sehingga sensor AD8232 dapat melakukan pengukuran sinyal jantung. Pada tahap ini sistem akan melakukan proses normalisasi menggunakan metode *low pass filter* digital. Proses penapisan bertujuan untuk mengolah sinyal sensor hasil pengukuran dari sensor untuk mendapatkan karakteristik sinya PQRST dalam jantung. Sistem selanjutnya akan mengirimkan gambar visualisasi data hasil dari pengukuran. Gambar yang dikirimkan meliputi sinyal mentah sebelum normalisasi menggunakan *low pass filter*, sinyal setelah normalisasi, dan gabungan antara dua sinyal dalam satu penampang yang sama. Selanjutnya sistem akan menyimpan file gambar dalam aplikasi telegram pengguna sedangkan data mentah hasil pengukuran sensor akan disimpan pada komputer. Setelah itu sistem akan secara otomatis menutup program dan menyelesaikan pengukuran.

Tahap berikutnya adalah memilih port yang terhubung ke laptop untuk disesuaikan dengan port sensor. Pada tahapan awal dapat dilakukan dengan teliti untuk memastikan seluruh rangkaian dan port sudah terpasang seluruhnya. Setelah memastikan seluruh port terhubung dengan baik, langkah selanjutnya adalah menekan enter untuk memulai program dan memulai perekaman sensor. Pada proses ini electrode transducer mengirim data ke modul AD8232 dalam bentuk sinyal analog. Pada Gambar 2 dapat dilihat tahap selanjutnya setelah melakukan pengiriman data ke program maka akan dinormalisasikan dan melakukan proses pemfilteran menggunakan low pass filter, tahap selanjutnya setelah pengolahan sinyal maka akan mengirim hasil ke telegram dan menampilkan bentuk grafik sinyal jantung sebelum dinormalisasi dan tampilan sinyal EKG setelah dinormalisasi, pada tahap selanjutnya ini merupakan akhir dari pengolahan sinyal yaitu data akan diprint atau discreen capture tersimpan dalam bentuk jpg atau png yang tertampil pada aplikasi telegram dan data akan tersimpan pada penyimpanan internal laptop dan dapat digunakan sebagai acuan pembahasan penulis.

Penelitian ini menggunakan parameter *error* dan akurasi sebagai ukuran keberhasilan sistem dalam mengukur detak jantung. Kedua parameter ini penting untuk mendapatkan performa sistem dalam membaca detak jantung. Nilai *error* dan akurasi dihitung menggunakan persamaan berikut,

$$\% \, error = \left| \frac{\text{Nilai sensor} - \text{Nilai alat pembanding}}{\text{Nilai alat pembanding}} \right| \times 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ Akurasi} = 1 - \% \, error \quad (2)$$

Pengkur alat pembanding pada persamaan (1) menggunakan perangkat pulse oximeter yang umum digunakan oleh tenaga medis. Sedangkan nilai sensor didapatkan dari hasil pengukuran sensor. Sedangkan akurasi pada persamaan (2) menunjukkan ukuran ketepatan hasil dari perbandingan sistem dan perangkat pembanding. Persamaan 1 dan 2 digunakan untuk menghitung detak per menit dan tidak digunakan pada proses pengukuran EKG. Hal ini dikarenakan EKG berfokus pada pembentukan pola gelombang PQRST dan bukan pada ketepatan pengukuran sinyal jantung.

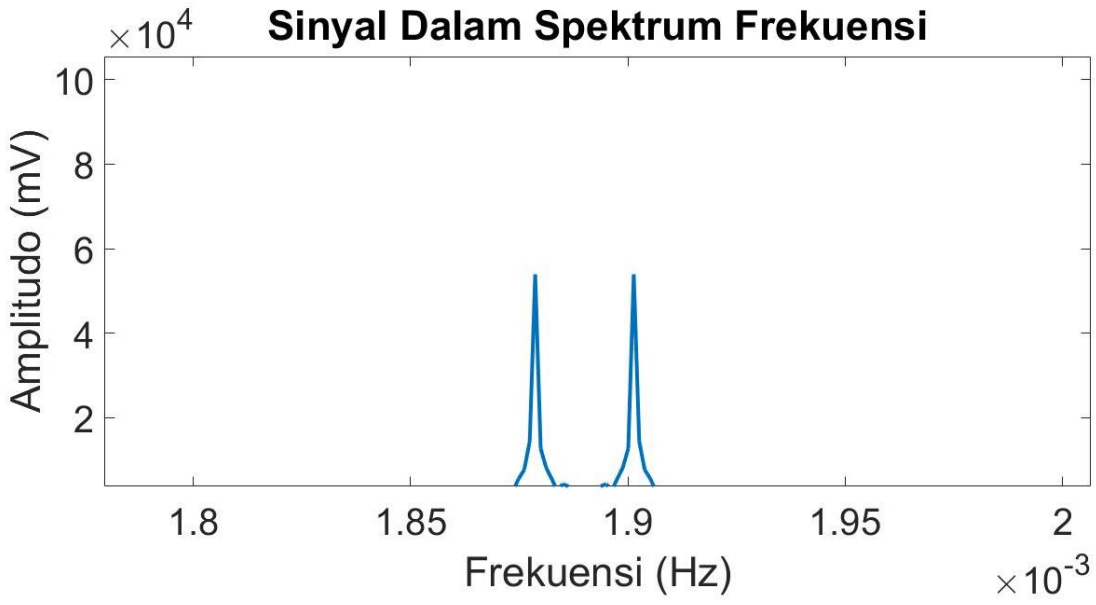
III. RESULTS AND DISCUSSION

Pada Gambar 5 merupakan hasil dari perangkaian alat penelitian ini yang secara utuh yang terhbung dengan laptop peneliti yang menjadi sebuah sistem tertanam. Alat tersebut terdiri dari beberapa komponen berupa box sensor, NodeMCU ESP8266, sensor AD8232, dan electrode transducer. Box sensor sebagai media pelindung dari sensor AD8232 dan ESP8266 dimana pada box sensor tersebut terbuat dari bahan plastik supaya dapat tahan air dan terhindar dari kerusakan atau terputusnya rangkaian kabel yang menghubungkan kedua komponen tersebut. Pada Gambar 6 merupakan grafik hasil dari proses pengujian fast fourier transform dimana pada proses ini melibatkan sample data sinyal EKG yang sudah tersimpan.



Gambar 5. Hasil komponen hardware tanpa laptop

Sinyal berupa data analog dengan jumlah data sebanyak 3000 data pada setiap sample data tersebut dan dilakukan proses pengujian FFT menggunakan aplikasi Matlab. Pada program FFT ini menggunakan 3000 data pada setiap sample data yang tersimpan pada format .csv dipindah ke bagian data variable baru pada matlab sebagai sumber data yang akan diproses. Transformasi dilakukan sesuai dengan fungsi pada matlab dan mendapatkan hasil bahwa sinyal dibangkitkan atau sinyal bekerja pada frekuensi rentang 1,88 – 1.9 Hz pada rentang frekuensi tersebut sinyal di loloskan dan dibawah atau diatas frekuensi tersebut sinyal dilemahkan. Maka didapatkan untuk rentang titik cut off pada sistem tersebut menggunakan pemfilteran jenis Low pass filter dengan titik cut off sebesar 1.9 Hz.



Gambar 6. Hasil Sampel Sinyal Dalam Spektrum Frekuensi

Pengujian grafik dengan pembacaan nilai Bpm dapat dilihat pada Gambar 7 Pada Gambar 7 merupakan sampel dari dokumentasi hasil perbandingan sensor AD8232 dengan alat ukur beats per minute (Bpm) pulse oximeter pada tubuh manusia.



Gambar 7. Pengujian sensor AD8232 pada kondisi 64 Bpm

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa hasil pengujian pada sensor AD8232 dengan pulse oximeter menunjukkan angka yang sama yaitu 64 Bpm. Pada pengujian ini dilakukan sebanyak 30 kali Adapun hasil dari pengujian ini akan dianalisis nilai persentase error dan persentase akurasi sensor tersebut. Pada perhitungan nilai persentase error serta akurasi sensor.

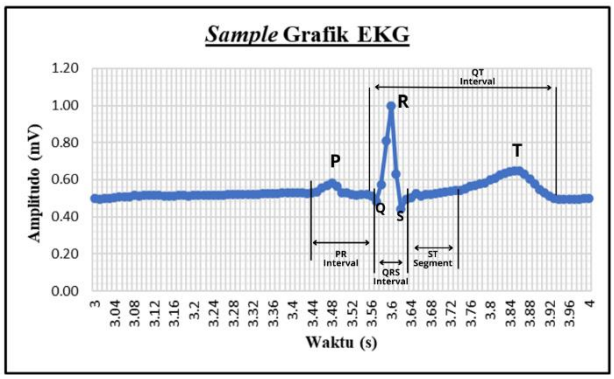
Tabel 1. Hasil pengujian sensor AD8232

No	Pulse Oximeter (Bpm)	Sensor Ad8232 (Bpm)	%Error	%Akurasi
1	72	72	0%	100%
2	66	65	1.5%	98.5%
3	66	66	0%	100%
4	73	72	1.4%	98.6%
5	73	72	1.4%	98.6%
6	74	68	8.1%	91.9%
7	69	66	4.3%	95.7%
8	68	66	2.9%	97.1%
9	67	67	0%	100%
10	67	66	1.5%	98.5%
11	66	65	1.5%	98.5%
12	65	64	1.5%	98.5%
13	65	65	0%	100%
14	64	64	0%	100%
15	64	65	1.6%	98.4%
16	64	62	3.1%	96.9%
17	64	64	0%	100%
18	64	67	4.7%	95.3%
19	67	64	4.5%	95.5%
20	68	62	8.8%	91.2%
21	67	67	0%	100%
22	66	66	0%	100%
23	73	71	2.7%	97.3%
24	72	72	0.0%	100.0%
25	74	73	1.4%	98.6%
26	69	67	2.9%	97.1%
27	68	66	2.9%	97.1%
28	67	66	1.5%	98.5%

29	67	67	0.0%	100.0%
30	69	67	2.9%	97.1%
Rata-rata	67.93	66.80	2.04%	97.96%

Pada Tabel 1 merupakan perbandingan antara nilai bpm pada sensor AD8232 dengan pulse oximeter. Pada hasil dari 30 data pengukuran ini terhitung nilai rata-rata dari nilai persentase error adalah 2,04%, Nilai rata-rata persentase akurasi sensor tersebut sebesar 97,96%. Pada hasil dari rata – rata pengambilan 30 data adapun perhitungan untuk menghitung nilai error, persentase error, dan persentase akurasi pada setiap data tersebut. Maka dari itu, berikut perhitungan nilai error, persentase error, dan persentase akurasi menggunakan data dari percobaan ke 30.

Dapat disimpulkan bahwa nilai persentase akurasi pada pengambilan data tersebut mendapatkan hasil yang baik dan sensor AD8232 dapat digunakan dengan baik dengan melihat nilai persentase akurasi yang cukup tinggi. Pada bagian analisis grafik sinyal elektrokardiogram (EKG) terdapat beberapa analisis terkait pembentukan dan gambar dari grafik sinyal EKG yang terbentuk. Pada Gambar 8 terdapat gambar dari sample grafik sinyal EKG yang terbentuk. Sample grafik diambil pada detik ke3 sampai ke-4 pada pengujian sinyal jantung pada kondisi normal.

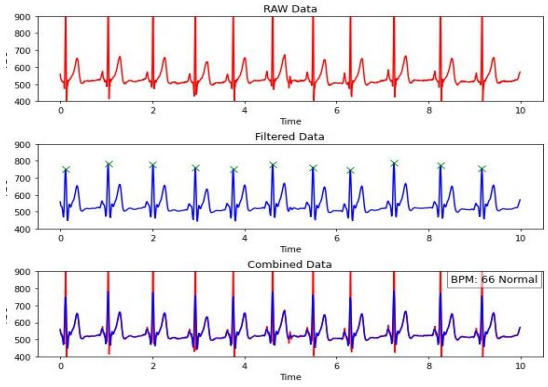


Gambar 8. Sample grafik sinyal EKG

Pada titik P merupakan gelombang yang terbentuk pertama kali berbentuk bulatan kecil pada titik gelombang pertama terjadi di garis positif (Upright) mengindikasikan sebuah depolarisasi pada otot dan kontraksi pada atrium otot jantung. PR interval merupakan jarak antara awal dari gelombang P sampai awal dari gelombang kompleks QRS, menggambarkan waktu yang terjadi pada perpindahan gelombang depolarisasi dari atrium ke ventrikel. QRS complex merupakan sebuah tiga defleksi setengah gelombang P, menandakan depolarisasi dan kontraksi ventrikel. Gelombang Q merupakan gelombang pertama yang defleksi negatif pada sebuah sinyal jantung yang dapat dilihat sebagai turunan pertama pada sebuah grafik sinyal. Gelombang R merupakan gelombang pertama yang defleksi posifit yang merupakan sebuah titik puncak dari sebuah sinyal EKG tersebut. Gelombang S merupakan bentuk gelombang yang defleksi negatif dari setengah gelombang R atau dapat dilihat sebagai turunan kedua dari sebuah sinyal jantung. ST segment merupakan jarak antara gelombang S yang terbentuk sampai dengan awal dari gelombang T, pada gelombang ini menggambarkan waktu depolarisasi ventrikel dan awal dari repolarisasi ventrikel dan bagian yang mulai melemahnya detak jantung dalam satu sinyal. T wave merupakan gelombang positif yang mengikuti QRS complex dan menggambarkan sebuah repolarisasi dari ventrikel. QT interval yang diukur dari awal QRS complex sampai dengan akhir dari sebuah gelombang T yang terbentuk pada grafik EKG, menggambarkan seluruh aktivitas dari ventrikel pada sebuah proses denyut jantung.

Pada bagian PR interval normal nya pada interval ini selalu sama, jika pada kondisi normal maka pada kondisi 0,12 – 0,20 detik. Pada interval QRS pada kondisi ini normal nya pada kondisi 0,06 – 0,10 detik jika lebih dari waktu tersebut disebut dengan wide QRS atau bisa di sebut sebagai bagian paling inti dalam sebuah grafik sinyal jantung. Pada bagian gelombang P setiap gelombang P harus diikuti dengan QRS. Pada gelombang P normal nya selalu positif dan bentuk nya sama. Jika tidak ada gelombang P maka disebut sebagai junctional rhytim. Gelombang T dengan bentuk gelombang yang

selalu positif yang mengikuti QRS complex. Jika di dapatkan gelombang T yang defleksinya negatif dalam sinyal tersebut menggambarkan adanya iskemiaa atau injury pada ventrikel. Interval QT dapat dihitung secar langsung dari awal mulainya gelombang R terbentuk sampai dengan akhir dari pada gelombang T tersebut. Segment ST dinilai untuk menggambarkan sebagai tempat terjadinya kelainan.



Gambar 9. Grafik data pada kondisi Normal

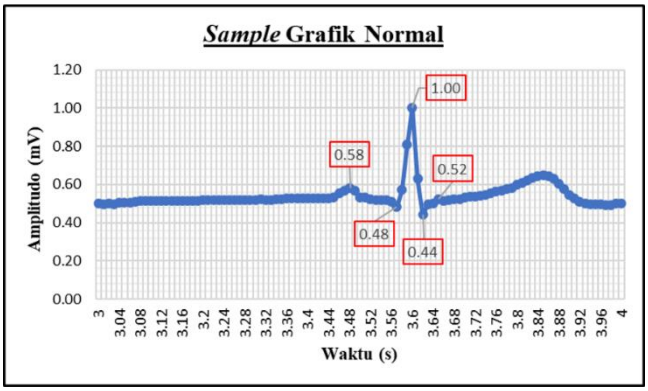
Pada Gambar 9 dapat dilihat pada bagian filtered data kondisi sinyal dengan nilai ADC yang lebih stabil pada ketentuan untuk titik puncak akan terdeteksi ketika nilai ADC lebih dari atau sama dengan nilai 700 atau threshold dengan nilai 0,7. Pada bagain combined data terdapat antara Raw data dimana data sebelum pemfilteran dan grafik filtered data yang telah digabung menjadi satu grafik, Raw data pada grafik tersebut diberi warna merah dan filtered data diberi warna biru untuk membedakan antara kedua sinyal tersebut.

Tabel 2. Sample data pengujian sistem kondisi Normal

Waktu (detik)	Nilai Amplitudo (mv)	Waktu (detik)	Nilai Amplitudo (mv)	Waktu (detik)	Nilai Amplitudo (mv)	Diagnosis
3.00	0.50	3.34	0.52	3.68	0.52	Normal
3.01	0.50	3.35	0.52	3.69	0.53	Normal
3.02	0.50	3.36	0.53	3.70	0.53	Normal
3.03	0.50	3.37	0.53	3.71	0.54	Normal
3.04	0.50	3.38	0.53	3.72	0.54	Normal
3.05	0.51	3.39	0.53	3.73	0.54	Normal
3.06	0.51	3.40	0.53	3.74	0.54	Normal
3.07	0.51	3.41	0.53	3.75	0.55	Normal
3.08	0.52	3.42	0.53	3.76	0.56	Normal
3.09	0.51	3.43	0.53	3.77	0.57	Normal
3.10	0.52	3.44	0.53	3.78	0.58	Normal
3.11	0.52	3.45	0.53	3.79	0.58	Normal
3.12	0.52	3.46	0.55	3.80	0.60	Normal
3.13	0.52	3.47	0.57	3.81	0.61	Normal
3.14	0.51	3.48	0.58	3.82	0.62	Normal
3.15	0.51	3.49	0.57	3.83	0.64	Normal
3.16	0.51	3.50	0.53	3.84	0.65	Normal
3.17	0.52	3.51	0.53	3.85	0.65	Normal

3.18	0.52	3.52	0.52	3.86	0.65	Normal
3.19	0.51	3.53	0.52	3.87	0.63	Normal
3.20	0.52	3.54	0.52	3.88	0.60	Normal
3.21	0.52	3.55	0.52	3.89	0.58	Normal
3.22	0.52	3.56	0.51	3.90	0.55	Normal

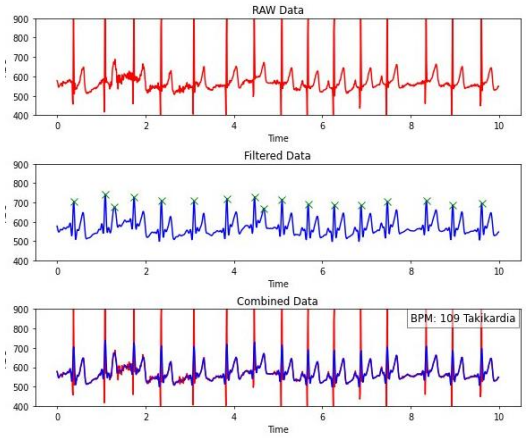
Pada Gambar 9 dapat dilihat pada kondisi ini terlihat bahwa sinyal pada Raw data yang masih terdapat banyak gangguan atau noise dari pihak lain kurang bisa terbaca untuk bentuk sinyal PQRST dikarenakan tidak adanya filter sinyal pada bagian grafik tersebut dan pada titik puncak pada Raw data masih terlalu tinggi dan belum terkena proses pemfilteran pada sinyal analog tersebut.



Gambar 10. Grafik data pada kondisi Normal

Dapat dilihat pada bagian filtered data yang sudah terlihat sudah berkurang gangguan sinyal dan sudah terjadi pemfilteran pada sinyal tersebut, maka dari sinyal grafik tersebut dapat terbaca untuk hasil pembacaan sinyal EKG tersebut, karena pada grafik tersebut sudah terdapat sinyal yang terbebas dari gangguan dan titik PQRST pada sinyal tersebut lebih terlihat. Sample data yang telah diambil dikonversi kesatuan millivolt supaya sesuai dengan ketentuan pada grafik sinyal EKG yaitu perbandingan antara nilai amplitudo dengan waktu. Pada sample data tersebut terdapat 101 data sample yang dapat dilihat pada Tabel 2. Pada Gambar 10 merupakan implementasi gambar grafik dari seluruh data analog pada pengambilan data oleh sistem. Pada data grafik tersebut dapat dilihat bahwa titik PQRST dapat terbentuk dengan baik.

Grafik data pada kondisi takikardia dapat dilihat pada Gambar 11. Pada bagian grafik ini terdapat bagian hasil grafik berupa Raw data, Filtered data, dan Combined data. Pada bagian pertama untuk grafik data takikardia terdapat Raw data, dimana pada Raw data tersebut berisi seluruh data analog pada perekaman sinyal jantung dengan kondisi tanpa terfilter atau dalam kondisi masih terdapat gangguan atau noise dalam satu grafik sinyal tersebut. Pada bagian filtered data berisi seluruh data analog Raw data yang sudah melewati proses pemfilteran menggunakan low pass filter dan menghasilkan gelombang sinyal yang terbebas dari gangguan sinyal, dan menghasilkan sinyal yang bersih dan dapat dianalisis lebih lanjut. Pada bagain sinyal tersebut terdapat beberapa titik puncak yang sudah diketahui dan dapat dihitung nilai Bpm berdasarkan jumlah titik puncak dalam satu grafik EKG.



Gambar 11. Grafik data pada kondisi Takikardia

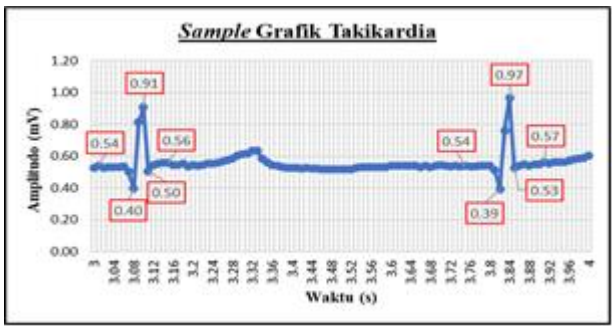
Grafik EKG pada sinyal tersebut memiliki jumlah nilai Bpm sebanyak 109, karena nilai Bpm lebih dari nilai normal yaitu berkisar 60 – 100 Bpm maka untuk kondisi tersebut masuk pada golongan Takikardia. Seluruh bagian data yang diterima dapat dilihat pada grafik tersebut untuk gambar grafik tersebut jumlah sinyal yang masuk lebih banyak dibanding dengan jumlah sinyal pada kondisi normal maupun bradikardia. Rata-rata jumlah sinyal yang masuk dalam satu detik berjumlah 2-3 sinyal dan lebih banyak dibandingkan dengan kondisi normal.

Tabel 3. Sample data pengujian sistem kondisi Takikardia

Waktu (detik)	Nilai Amplitudo (mv)	Waktu (detik)	Nilai Amplitudo (mv)	Waktu (detik)	Nilai Amplitudo (mv)	Diagnosis
3.00	0.53	3.34	0.59	3.68	0.53	Takikardia
3.01	0.54	3.35	0.57	3.69	0.54	Takikardia
3.02	0.53	3.36	0.55	3.70	0.54	Takikardia
3.03	0.53	3.37	0.54	3.71	0.54	Takikardia
3.04	0.53	3.38	0.53	3.72	0.54	Takikardia
3.05	0.53	3.39	0.53	3.73	0.54	Takikardia
3.06	0.54	3.40	0.53	3.74	0.54	Takikardia
3.07	0.50	3.41	0.53	3.75	0.54	Takikardia
3.08	0.40	3.42	0.52	3.76	0.54	Takikardia
3.09	0.81	3.43	0.53	3.77	0.54	Takikardia
3.10	0.91	3.44	0.52	3.78	0.54	Takikardia
3.11	0.50	3.45	0.52	3.79	0.54	Takikardia
3.12	0.55	3.46	0.52	3.80	0.54	Takikardia
3.13	0.56	3.47	0.52	3.81	0.51	Takikardia
3.14	0.56	3.48	0.52	3.82	0.39	Takikardia
3.15	0.56	3.49	0.52	3.83	0.76	Takikardia
3.16	0.55	3.50	0.52	3.84	0.97	Takikardia
3.17	0.55	3.51	0.52	3.85	0.53	Takikardia
3.18	0.55	3.52	0.52	3.86	0.54	Takikardia
3.19	0.53	3.53	0.53	3.87	0.55	Takikardia
3.20	0.55	3.54	0.53	3.88	0.54	Takikardia
3.21	0.54	3.55	0.53	3.89	0.55	Takikardia

3.22	0.55	3.56	0.53	3.90	0.55	Takikardia
3.23	0.55	3.57	0.53	3.91	0.57	Takikardia
3.24	0.55	3.58	0.53	3.92	0.55	Takikardia
3.25	0.56	3.59	0.53	3.93	0.56	Takikardia
3.26	0.57	3.60	0.54	3.94	0.56	Takikardia
3.27	0.58	3.61	0.54	3.95	0.57	Takikardia
3.28	0.59	3.62	0.54	3.96	0.57	Takikardia
3.29	0.60	3.63	0.54	3.97	0.58	Takikardia
3.30	0.61	3.64	0.54	3.98	0.58	Takikardia
3.31	0.62	3.65	0.54	3.99	0.59	Takikardia
3.32	0.63	3.66	0.53	4.00	0.60	Takikardia

Data yang tersimpan dari pengujian sistem tersebut dalam bentuk nilai ADC, setelah melakukan perekaman data dalam bentuk nilai ADC hasil tersebut di konversi ke nilai amplitudo dengan membagi nilai ADC dengan nilai 10 bit pada resolusi mikrokontroler ESP8266.



Gambar 12. Grafik data pada kondisi Takikardia

Pada kondisi grafik sinyal takikardia ini terdapat 2 sinyal dalam satu detik dengan titik puncak atau R pada sinyal satu dengan nilai amplitudo sebesar 0,91mV dan titik puncak kedua pada sinyal kedua dengan nilai amplitudo sebesar 0,97mV. Pada pengujian sistem dengan kondisi takikardia ini mengambil sample data amplitudo pada hasil penyimpanan sistem tersebut pada detik ke-3 sampai detik ke-4. Pada sample data tersebut terdapat 101 data sample yang dapat dilihat pada Tabel 3. Pada data grafik tersebut dapat dilihat bahwa titik PQRST dapat terbentuk dengan baik.

IV. CONCLUSION

Pada penelitian ini menggunakan sensor AD8232 dan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dapat memvisualisasikan sinyal EKG yang dikirim ke aplikasi telegram dan memberikan klasifikasi normal dan takikardia. Pada penelitian ini menggunakan metode fast fourier transform (FFT) dalam menentukan sebuah filter yang dipakai. Hasil pemfilteran tersebut diterapkan pada sistem dan setelah dilakukan pengujian 30 kali sistem memiliki persentase akurasi yang baik sebesar 97,96%. Pada pengambilan data 10 sinyal kategori normal dan 10 sinyal kategori takikardia, seluruh sinyal dapat terdeteksi sesuai dengan klasifikasi nya masing-masing.

REFERENCES

[1]. N. K. Hutabarat, D. R. Hulu, and Y. Laia, "Deteksi Detak Jantung Berbasis Web," Jurnal Sistem Informasi dan Ilmu Komputer Prima (JUSIKOM PRIMA), vol. 3, pp. 13–16, 2019

[2]. F. H. Sipayung, K. N. Ramadhani, dan A Arifianto, "Pengukuran Detak Jantung Menggunakan Metode Fotopletismograf," e-Proceeding of Engineering, vol. 5, pp. 3664–3670, 2018,

[3]. I. Prayogo, R. Alfita, and K. A. Wibisono, "Monitoring System for Heart Rate and Body Temperature as an IOT (Internet Of Thing)-Based Patient Health Level Indicator Using the Fuzzy Logic Method Using Android," Jurnal of Electrical and Compututer Engineering TRIAC, vol. 4, p 2, 2017.
[4]. H Kusuma Handari, M Kusumaningtyas, "Penyuluhan Kesehatan Jantung - Pembuluh Darah Di Desa Menjing, Pandeyan, Ngemplak, Boyolali," vol. 1, pp. 19–22, 2022.
[5]. F N Sidjabat, "Pengendalian Penyakit Tidak Menular Di Indonesia," Tuntas-Tuntas Riset Kesehatan TRIK, vol. 1, pp. 6–32, 2017
[6]. A W Nugraha, I Prasetyo, dan Taryudi, "Alat Monitoring Detak Jantung, Kadar Oksigen Dalam Darah Dan Suhu Tubuh Berbasis Internet of Things" Jurnal Otomasi, Kendali, dan Aplikasi Industri, vol. 7, pp. 42–48, 2021
[7]. M. Muhajirin and A. Ashari, "Perancangan Sistem Pengukur Detak Jantung Menggunakan Arduino Dengan Tampilan Personal Computer," J. Teknologi Informasi dan Komunikasi, vol. 8, p 32, 2018.
[8]. R. H. Ria Hariri, L. H. Lutfi Hakim, and R. F. L. Riska Fita Lestari, "Sistem Monitoring Detak Jantung Menggunakan Sensor AD8232," Jurnal Zetroem, vol. 2, p 166, 2020.
[9]. S. I. Purnama and M. A. Afandi, "Electrocardiogram Abnormal Classification Based on Abnormality Signal Feature," Jurnal Nasional Teknik Elektro, vol. 10, p 135, 2021.
[10]. S. I. Purnama, H. Kusuma, and T. A. Sardjono, "Electrocardiogram Feature Recognition Algorithm with Windowing and Adaptive Thresholding," Journal Physics: Conference Series, vol. 1201, pp. 1–2, 2019.
[11]. M. Rochmad, K. Kemalasari, and R. Sigit, "Pendeteksian Sinyal Jantung Pqrst Dengan Chip Biopotensial Dan Telepon Seluler Tiga Lead," Semnas Ristek (Seminar Nasional Ristek dan Inovasi Teknologi, vol. 7, pp. 210–216, 2023.
[12]. W. Yoga, R Munadi, S Astuti "Perancangan Dan Implementasi Alat Kesehatan Jantung (EKG) Berbasis Iot Dan Android Design And Implementation Of Iot And Android-Based Heart Health Devices (ECG)," e-Proceeding of Engineering, vol. 8, pp. 33–34, 2022.
[13]. A. A. Maggang, B. H. A. Manafe, S. O. Manu, and J. F. M. Bowakh, "Sistem Monitoring Sinyal Elektrokardiogram (Ekg) Menggunakan Thingspeak Cloud Computing," Jurnal Media Elektro, vol. X, pp. 1–7, 2021.
[14]. A. Arafat and W. Wagino, "Sistem Smart Healthcare Menggunakan Ad8232 Berbasis Berbasis Internet of Things," Technologia. Jurnal Ilmiah, vol. 10, p. 228, 2019.
[15]. I. M. Ambary and W. K. Raharja, "Purwarupa Alat Pendeteksi Detak Jantung Berbasis Atmega328," Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa, vol. 23, pp. 38–47, 2018.
[16]. F. Adrian, "PENGUKURAN DAN PENGAMATAN SINYAL ELECTROCARDIOGRAM MENGGUNAKAN RASPBERRY DENGAN TAMPILAN APLIKASI MOBILE," Jurnal Stikom Surabaya, vol. 561, pp. 53, 2019.
[17]. A. Cahyono, "Rancang Bangun Modul Ekg (Elektrokardiogram) Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Web," Jurnal Teknologi dan Komunikasi. vol 1, p. 65, 2016.
[18]. I. Pratiwi, Purnopo, "Letak Elektroda Elektromiografi pada Upper Extermity Muscle," TEKNOIN vol 1, pp. 10–27, 2014.
[19]. Angga Pratama. Yusnita Rahayu, "Sistem Pemantauan Detak Jantung Menggunakan Sensor 3 Lead," Jurnal FTEKNIK, Volume 3, pp. 1–5, 2006.
[20]. American Heart Association, "Fokus Utama Pembaruan Pedoman American Heart Association 2015 untuk CPR dan ECC," 2015, [Online]. Available: https://cpr.heart.org/-/media/cpr-files/cpr-guidelines-files/highlights/hghlghts_2020eccguidelines_indonesian.pdf [Accessed 15 August 2023]
[21]. M. Bravo-Zanoguera, D. Cuevas-González, J. P. García-Vázquez, R. L. Avitia, and M. A. Reyna, "Portable ECG System Design Using the AD8232 Microchip and Open-Source Platform," Proceedings, vol 1, p. 49, 2020.
[22]. Mariza Wijayanti, "Prototype Smart Home Dengan Nodemcu Esp8266 Berbasis Iot," Jurnal Ilmu Teknologi, vol. 1, pp. 101–107, 2022,
[23]. K. Thopate et al., "Enhancing Ultrasonic Sensor Goggles for Blinds Using Node MCU ESP8266 Microprocessor," International Journal Intelligent. System Applications in Engineering, vol. 12, pp. 611–618, 2024.
[24]. E. Supriyanto, A. Fitriyanto, and Y. Nurfaizah, "Rancang Bangun Modul Low Pass Filter (LPF) Orde 1 dan Orde 2 Sebagai Penunjang Prkatikum Rangkaian Elektronika dan Bengkel Elektronika Komunikasi," Integrated Lab Journal, vol. 11, pp. 23–24, 2023.
[25]. E. Suprapto and F. Eka Yandra, "Studi Analisis Spektrum Gelombang Petir Dengan Menggunakan Fast Fourier Transform," Jurnal Manajemen Pendidikan dan Ilmu Sosial (JMPIS), vol. 2, pp. 889–897, 2021.
[26]. A. N. Syahrudin and T. Kurniawan, "Input dan Output pada Bahasa Pemrograman Python," Jurnal Dasar Pemrograman Python STMIK, Vol 1, p 1-7 2018.
[27]. A. D. Mulyanto, "Pemanfaatan Bot Telegram Untuk Media Informasi Penelitian," Matics Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, vol. 12, p. 49, 2020.