

Rancang Bangun Piranti Keras Sistem Deteksi Detak Jantung Berbasis IoT

1st Emmanuel Juan Patrick Hapsoro

Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

emmanueljuanpatrick@student.telkomu
niversity.ac.id

2nd Gita Indah Hapsari

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

gitaindahhapsari@telkomuniversity.ac.i
d

3rd Muhammad Ikhsan Sani

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ikhkansani@telkomuniversity.ac.id

Jantung berfungsi untuk memompa darah keseluruh bagian tubuh. Sangat penting untuk menjaga kesehatan jantung, karena penyakit jantung merupakan penyebab utama kematian didunia dengan angka mencapai 17,9 juta jiwa atau 32% dari keseluruhan. Oleh karena itu penulis melakukan penelitian deteksi detak jantung dengan berbasis IoT. Penelitian ini bertujuan mendeteksi sinyal PQRST yang didapat dari detak jantung dan dapat dikirim ke internet melalui perangkat IoT sehingga memudahkan dalam melakukan diagnosis kelainan detak jantung. Setiap kali jantung memompa darah akan menghasilkan detak dan irama jantung yang akan menghasilkan arus listrik sehingga memungkinkan elektroda menerima aliran listrik. Setiap detak atau irama jantung normal maupun abnormal akan terekam oleh elektroda yang mampu membantu melihat kelainan sinyal yang didapat jika terdapat detak jantung abnormal.

Kata Kunci: Jantung, Sinyal, IoT.

I. PENDAHULUAN

Jantung merupakan salah satu organ vital pada manusia yang terletak pada rongga dada bagian kiri letaknya di antara paru-paru kanan dan paru-paru kiri yang memiliki massa kurang lebih sebesar 300 gram. Pada dasarnya fungsi jantung adalah memompa darah keseluruh bagian tubuh dan menampungnya kembali. Untuk menjalankan fungsinya dengan baik jantung akan mengumpulkan darah yang tidak memiliki cukup oksigen kepada paru-paru, yang menyebabkan pertukaran oksigen dengan karbondioksida terjadi pada paru-paru kemudian kembali ke jantung dan menyuplai ke seluruh jaringan pada tubuh manusia[1].

Setiap menit jantung normal dapat menghasilkan detak berkisar 60 – 100 kali permenit pada orang dewasa. Berbeda halnya dengan bayi yang memiliki detak jantung lebih cepat, bayi di bawah 1 tahun memiliki detak jantung 70 – 190 permenit[2]. Detak jantung yang tidak teratur disebut gangguan kesehatan Aritmia yang meyebabkan detak jantung lebih lambat maupun lebih cepat. Ketika detak jantung yang dihasilkan kurang dari 60 bpm, memiliki gangguan irama jantung bradikardia. Sedangkan jika melebihi 100 bpm, memiliki gangguan irama jantung takikardia[3].

Salah satu kelainan jantung adalah Cardiovascular Diseases, merupakan penyebab utama kematian di dunia. Data dari WHO menyebutkan 17,9 Juta jiwa atau 32% kematian di seluruh dunia disebabkan oleh CVDs setiap tahunnya. Penyakit jantung koroner, penyakit serebrovaskular, penyakit jantung rematik, dan penyakit jantung lainnya merupakan kelompok dari CVDs[4].

Pada saat bergerak, jantung akan memberikan kontraksi yang bisa disebut denyut jantung. Pada saat itu, jantung

berkontraksi dan serambi akan secara bersamaan mengembang dan mengempis, pada bilik pun serupa namun tidak bergerak bersamaan dengan serambi. Kejadian tersebut disebabkan karena jantung memiliki mekanisme untuk mengalirkan listrik untuk berkontraksi dan relaksasi. Arus listrik yang ada akan dihantarkan ke seluruh tubuh melalui cairan-cairan yang dikandung pada tubuh. Sehingga memungkinkan Electrokardiogram (EKG) merekam aktivitas aliran listrik yang ada dikarenakan rangsangan oleh jantung. Dengan itu EKG dapat merekam denyut jantung yang abnormal, gangguan irama jantung, dan kerusakan otot jantung[5].

Pasien yang memiliki penyakit atau memiliki gejala kelainan jantung dapat melakukan medical check up ke dokter spesialis jantung yang ada dengan menggunakan alat yang tersedia. Namun, kurangnya tenaga medis spesialis di Indonesia dengan rasio 1 : 250.000 penduduk[6]. Maka dari itu alat kami dibuat dengan tujuan mempermudah pasien yang memiliki atau mengalami kelainan jantung untuk memeriksakan jantung mereka..

II. TINJAUAN LITERATUR

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan menggunakan pembacaan waktu sinyal elektorkardiograf yang digunakan untuk mendapatkan hasil diagnosis kelainan pada jantung[7].

Komponen EKG yang digunakan pada saat penelitian dapat menghasilkan nilai error sebesar 9,67% saat melakukan perekaman detak jantung[8]. Kemudian pada penelitian lain menunjukkan modul AD620 dapat memperkuat sinyal sehingga dapat diolah oleh mikrokontroler yang dijadikan sinyal digital dengan resolusi 8 bit, pemrosesan dapat dilakukan secara realtime karena hanya membutuhkan 12,2% waktu total yang dibutuhkan untuk memproses[9].

Mikrokontroler mampu melakukan deteksi aritmia bradikardi, normal, dan aritmia takikardi tanpa terjadinya error[5]. Penelitian dengan memakai algoritma FFT yang terbukti efisien untuk mendapatkan R peak sinyal dari EKG yang dapat menentukan heart rate pengguna[10]. Tidak hanya AD620 yang dapat menerima aliran listrik biopotensial namun pulse sensor juga mampu. Pulse sensor dan bluetooth sebagai alat komunikasi dapat menghasilkan bias rata-rata berkisar antara 6-8 bpm dan dengan waktu yang bervariasi yaitu 0-7 detik bergantung dengan jarak[11].

III. METODE

Sistem yang telah dipakai di berbagai macam rumah sakit dapat mendeteksi detak jantung dengan baik, namun harus dilakukan oleh dokter spesialis untuk bisa melakukan diagnosis secara dini. Sistem yang ada sekarang mengharuskan pasien mendatangi rumah sakit untuk melakukan pengecekan, tidak bisa dilakukan secara online melainkan onsite.

Penelitian ini memanfaatkan detak jantung sebagai unsur utama. Jantung yang terus memompa darah keseluruh tubuh mampu menghasilkan aliran listrik biopotensial yang dapat direkam atau diterima oleh elektroda.

Penelitian ini menggunakan elektroda sebagai penerima hasil deteksi detak jantung atau aliran listrik yang dikirimkan jantung. Dengan cara memasang elektroda pada bagian permukaan kulit. Elektroda yang digunakan ada 3 yang setiap elektroda memiliki fungsinya masing-masing. 3 elektroda tersebut dipasang menggunakan teori segitiga *Einthoven*[12].

Sensor AD8232 digunakan pada penelitian ini dikarenakan modul ini mampu memperkuat, menyaring dan mengekstrak sinyal biopotensial yang didapat dari tubuh. Teori pemasangan elektroda pada tubuh yaitu segitiga *Einthoven* merupakan teori untuk mendapatkan sinyal biopotensial dari tubuh. Elektroda berwarna kuning sebagai kutub positif, elektroda berwarna merah sebagai kutub negatif dan elektroda berwarna hijau sebagai ground dengan hasil berupa sinyal analog[13].

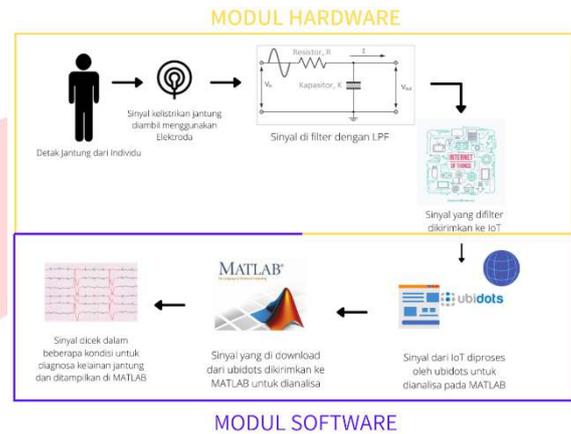
Pada sensor AD8232 bentuk sinyal suda bisa diterima namun perlu menambahkan fitur berupa filter LPF. Filter LPF atau *Low Pass Filter* merupakan penyaring sinyal yang bertujuan memisahkan sinyal berfrekuensi tinggi dengan sinyal berfrekuensi rendah dengan menggunakan frekuensi *cut off*. Frekuensi *cut off* merupakan pembatas yang dibuat untuk meloloskan sinyal berfrekuensi rendah[14].

Tujuan akhir dari penelitian ini adalah mengirimkan bentuk sinyal yang diterima menuju internet dan menampilkan bentuk sinyal yang telah diterima, maka dari itu Nodemcu ESP8266 digunakan. Dengan adanya port ADC (*Analog to Digital Converter*) maka tujuan dari penelitian ini dapat diwujudkan. ESP8266 juga berperan sebagai penyimpanan program. Pada penggunaan ESP8266 untuk mengirimkan data digunakan protokol MQTT[15].

MQTT atau *Message Queue Telemetry Transport* merupakan sebuah protokol sederhana dan ringan yang cocok dalam penggunaan IoT. Protokol MQTT berjalan pada protokol TCP/IP dan berbasis *publish-subscribe*. *Publish-subscribe* merupakan cara pengiriman pesan yang dikirim dari satu sumber menuju banyak client. Komunikasi yang dilakukan memungkinkan berkomunikasi dari banyak *client* dan dapat membedakan pengirim informasi tersebut dengan melakukan *publish*, dan *client* melakukan *subscribe*[16], [17].

Penelitian ini menggunakan platform IoT untuk menampilkan hasil bentuk sinyal PQRST yang telah diolah sebelumnya. Penelitian ini menggunakan Ubidots sebagai platformnya. Ubidots merupakan sebuah platform berbasis web yang bisa digunakan untuk konsep IoT. Ubidots mampu menerima input dan menghasilkan output sehingga dapat memonitoring sebuah sensor. Terdapat database pada ubidots sehingga memungkinkan untuk melihat data-data terdahulu[18].

Arduino IDE atau *Integrated Development Environment* digunakan pada penelitian ini untuk menyimpan dan menjalankan program yang sesuai dengan kebutuhan. Arduino IDE merupakan sebuah perangkat lunak yang membantu dalam memasukan program pada board. Fitur yang cukup lengkap pada Arduino IDE memungkinkan pengguna untuk melakukan penulisan kode program, melakukan compile, dan mengunggahnya ke board. Dengan bahasa pemrograman yang hampir sama dengan bahasa C. Kode program pada Arduino disebut dengan sketch dan disimpan dalam bentuk file ino[19], [20].



Gambar III-1 Gambaran sistem

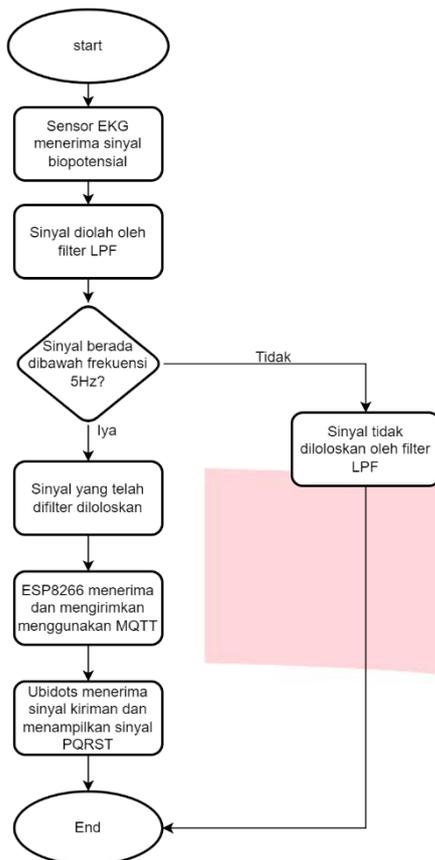
Penelitian ini menggunakan metode *Prototype*. Penelitian ini berfokus mengolah bentuk sinyal yang didapatkan oleh elektroda dan menampilkannya pada platform IoT.

Penelitian ini terbagi menjadi 2 bagian *hardware* dan *software*, dengan tujuan mampu menampilkan sinyal PQRST detak jantung dan melakukan diagnosis terhadap BPM yang didapat. Dijelaskan flowchart mengenai modul hardware lebih mendetail mengenai yang dibuat, pada bagian tubuh terdapat elektroda 3 warna yang merupakan penanda penempatan sensor EKG pada tubuh, pada bagian badan elektroda berwarna kuning ditempelkan pada bagian dada kiri, kemudian elektroda berwarna merah pada bagian dada kanan. Keduanya bertujuan untuk menerima arus kelistrikan pada tubuh, sedangkan pada elektroda berwarna hijau ditempatkan pada perut kanan bagian atas bertugas untuk menjadi ground.

Kemudian keluaran dari sensor AD8232 akan diolah oleh filter LPF untuk melakukan filtering terhadap sinyal yang melebihi frekuensi cut off dan membiarkan sinyal yang tidak melebihi frekuensi cut off lewat. Komputer atau laptop digunakan sebagai pemuat program untuk mengoperasikan nodemcu ESP8266, berfungsi menerima dan mengirimkan sinyal yang telah diolah oleh filter LPF. Transmisi data dari ESP8266 menuju internet menggunakan protokol MQTT. Alasannya, karena protokol MQTT ini sangat ringan dalam berkomunikasi.

Setelah berhasil terkirim oleh ESP8266 maka hasil akhir berada pada web ubidots untuk menampilkan bentuk sinyal yang telah diolah dan dikirimkan sebelumnya, lalu membentuk bentuk sinyal PQRST.

Berikut merupakan Flowchart sistem yang telah dibuat:



Gambar III-2 Flowchart sistem

Frekuensi *cut off* yang digunakan pada penelitian ini adalah 5Hz dengan memanfaatkan resistor dan kapasitor untuk menghasilkan frekuensi *cut off* yang bertujuan mengurangi *noise* yang dihasilkan. Berikut merupakan rumus implementasi filter LPF

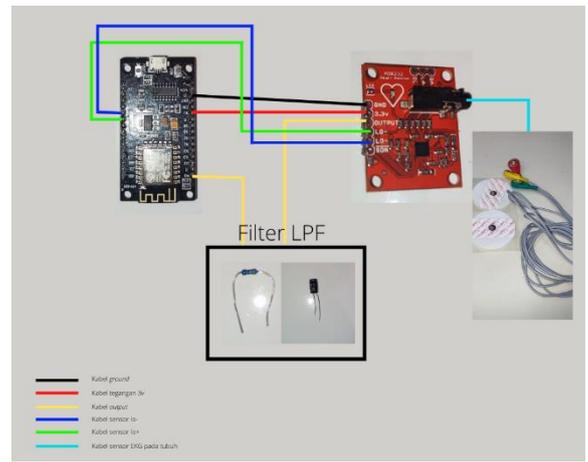
$$F = \frac{1}{2\pi RC} \tag{1}$$

- F* : Frekuensi dengan satuan Hz.
- R* : Resistor dengan satuan ohm.
- C* : Kapasitor dengan satuan farads.

Besaran resistor yang digunakan adalah 330 ohm dan kapasitor sebesar 100 μF. Dengan demikian *noise* yang dihasilkan berkurang sehingga bentuk sinyal PQRST terlihat lebih jelas. Berikut hasil perhitungan untuk menghasilkan frekuensi *cut off*.

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{1}{2.3,14.330 \text{ ohm}. 100 \mu\text{F}} = \frac{1}{0,20724} \\
 &= \frac{1}{\frac{5181}{25000}} = \frac{25000}{5181} = 4 \frac{4276}{5181} = 4,82 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

(2)



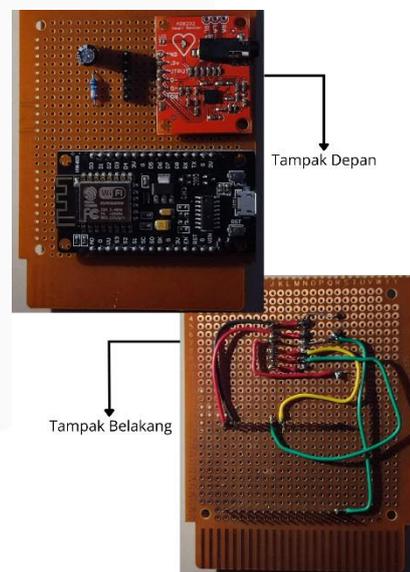
Gambar III-3 Wiring komponen

Diatas merupakan rangkaian skematik yang telah disusun untuk pengimplementasian alat, dengan sumber arus utama berasal dari ESP8266 yang terhubung langsung dengan laptop sebesar 3,3v.

IV. HASIL DAN DISKUSI

Sistem yang telah dibuat akan melalui beberapa tahapan pengujian untuk mengoptimalkan setiap rangkaian dan fitur yang digunakan pada perancangan alat. Beberapa contohnya adalah pengujian terhadap posisi tubuh dan aktivitas yang telah dilakukan sebelumnya oleh responden.

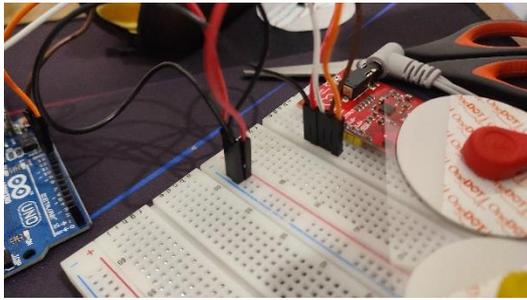
Pengujian terhadap rangkian dengan contoh pengujian penggunaan filter LPF, memperlihatkan hasil sinyal PQRST yang lebih baik dibandingkan dengan tidak menggunakan filter LPF. Adapun pengujian untuk membandingkan bentuk sinyal PQRST yang dihasilkan dengan osiloskop.



Gambar IV-1 Implementasi Rangkaian

A. Pengujian Terhadap Sensor AD8232

Tujuan pengujian ini adalah melakukan uji coba terhadap sensor yang digunakan apakah mampu menerima sinyal biopotensial pada tubuh. Dikarenakan sinyal biopotensial tubuh hanya menghasilkan 0,5 mv – 3 v.



Gambar IV-2 Rangkaian Pengujian Sensor

Pengujian dilakukan dengan memasang 3 elektroda pada tubuh dengan memanfaatkan teori segitiga *Einthoven*, kemudian dihubungkan langsung dengan sensor AD8232 dan Arduino untuk menginstal program dan menampilkan hasil deteksi yang diterima sensor oleh AD8232.



Gambar IV-3 Pengujian Terhadap Sensor

Pengujian dilakukan terhadap 6 responden dan menghasilkan bahwa sensor AD8232 mampu menerima sinyal biopotensial yang dihasilkan pada tubuh, namun kurang maksimal. Sinyal biopotensial yang dihasilkan masih memiliki noise, namun bentuk sinyal PQRST dapat terlihat. Dibeberapa kasus pengujian noise yang dihasilkan membentuk sinyal yang kurang jelas sehingga sinyal PQRST sulit dibaca secara langsung.

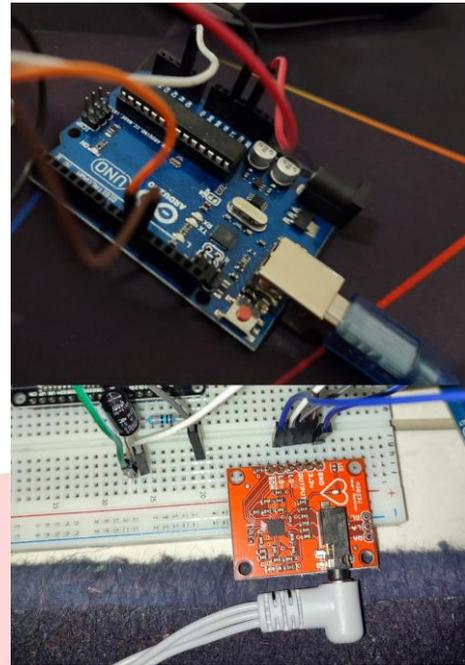


Gambar IV-4 Hasil pengujian terganggu dengan noise

Berdasarkan pengujian yang dilakukan diketahui bahwa sinyal biopotensial berada pada frekuensi rendah. Gerakan-gerakan yang dilakukan relawan juga dapat mempengaruhi bentuk sinyal yang dihasilkan. Ketika sumber arus yaitu laptop sedang di *charge* maka sinyal yang dihasilkan juga berpengaruh terhadap bentuk sinyal.

B. Pengujian Terhadap Filter LPF (*Low pass Filter*)

Tujuan pengujian ini adalah membuktikan bahwa sinyal biopotensial yang dihasilkan berada dibawah frekuensi *cut off* yaitu sebesar 5 Hz dan mampu menyaring *noise* yang dihasilkan.



Gambar IV-5 Rangkaian Pengujian Filter LPF

Pengujian dilakukan dengan menambahkan resistor dan kapasitor sebagai rangkaian LPF pada rangkaian yang telah dibuat pada pengujian sebelumnya. *Output* dari sensor AD8232 akan melalui filter LPF dengan begitu menyaring frekuensi sinyal melebihi frekuensi *cut off*. Tujuan akhir yaitu Arduino dengan menginstal program dan menampilkan hasil sinyal PQRST pada Arduino.



Gambar IV-6 Pengujian Terhadap Filter LPF

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan membuktikan bahwa sinyal biopotensial tubuh berada dibawah frekuensi *cut off*, sehingga menghasilkan bentuk sinyal PQRST yang jelas terbaca dan mengurangi *noise* yang sebelumnya terdapat pada sinyal PQRST.

Penempatan elektroda pada tubuh juga dapat mempengaruhi bentuk sinyal yang dihasilkan, jika kurang tepat dalam penempatan maka sinyal PQRST dapat berubah atau tidak mampu dibaca. Gerakan serta aktivitas yang dilakukan relawan juga mempengaruhi bentuk sinyal PQRST yang dihasilkan.

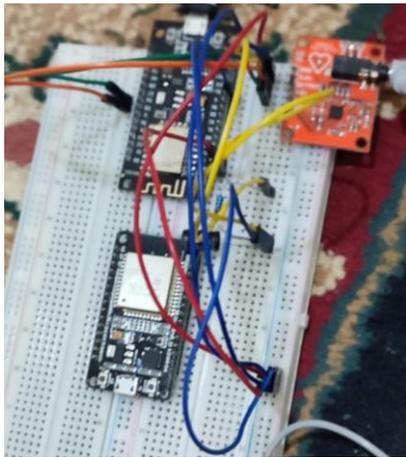


Gambar IV-7 Bentuk Sinyal Dikarenakan Gerakan yang Dilakukan

C. Pengujian Menggunakan Nodemcu ESP8266

Tujuan pengujian ini merupakan mengirimkan data atau hasil yang telah diterima oleh sensor AD8232 menuju internet melalui ESP8266 dengan adanya konversi data atau

perubahan data dari yang semula berupa analog menjadi digital untuk dikirimkan menuju platform IoT.



Gambar IV-8 Rangkaian Pengujian Nodemcu ESP8266

Pengujian dilakukan dengan penempatan ESP8266 menggantikan Arduino yang sebelumnya sebagai titik akhir. ESP8266 akan menginstal program dan mengirimkan hasil bentuk sinyal menuju internet. Dengan memanfaatkan protokol MQTT untuk mentransmisikan data.

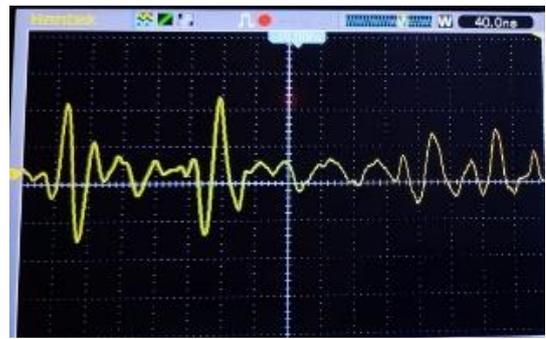


Gambar IV-9 Sinyal PQRST Pada Platform IoT

Berdasarkan pengujian ESP8266 dapat mengirimkan data sepersekian detik menuju platform IoT sehingga memungkinkan mengonversi data menjadi bentuk grafik pada platform. Namun, dengan adanya perubahan data dari analog menjadi digital nilai data berubah dan mempengaruhi bentuk sinyal PQRST yang dihasilkan namun tetap masih bisa terbaca. Seperti pada pengujian sebelumnya penempatan elektroda pada tubuh dapat mempengaruhi bentuk sinyal serta gerakan dan aktivitas yang dilakukan relawan dapat mempengaruhi bentuk sinyal.

D. Pengujian Kalibrasi Pada Platform dan Osiloskop

Tujuan pengujian ini merupakan membandingkan hasil keluaran pada platform dengan hasil keluaran pada osiloskop. Osiloskop akan terhubung langsung dengan *output* yang dihasilkan yang telah melalui filter LPF.



Gambar IV-10 Tampilan Pada Osiloskop

Pada osiloskop sinyal PQRST dapat terlihat dengan jelas dan bentuk sinyal dinamis.



Gambar IV-11 Tampilan Pada Platform

Bentuk sinyal yang dihasilkan memiliki kesamaan namun pada osiloskop lebih dinamis dibandingkan pada platform.

E. Pengujian Sinyal PQRST Terhadap Posisi Relawan

Pengujian ini bertujuan untuk menemukan dan menentukan posisi terbaik saat melakukan pengujian alat berdasarkan posisi tubuh relawan. Posisi tubuh yang ditentukan yaitu duduk dan tidur, untuk menampilkan bentuk sinyal yang jelas.

Relawan akan ada di posisi tidur dan duduk. Serta dipasangkan elektroda pada tubuh relawan sesuai dengan teori segitiga *Einthoven*. Pada posisi tidur elektroda dipasangkan pada dada bagian kiri dan kanan serta pada perut kanan bagian atas. Sedangkan, pada posisi duduk elektroda dipasangkan pada tangan kanan, tangan kiri dan pada kaki kanan.



Gambar IV-12 Posisi Duduk Relawan

Pada posisi ini gerakan pada tangan dan kaki dapat mempengaruhi bentuk sinyal PQRST yang dihasilkan.



Gambar IV-13 Sinyal PQRST Posisi Duduk

Pada bentuk sinyal peak yang dihasilkan sangat tinggi, namun bentuk sinyal PQRST masih dapat dan dilihat dengan jelas.



Gambar IV-14 Posisi Tidur Relawan

Pada posisi ini relawan diminta untuk rileks dan tidak melakukan gerakan secara spontan, dikarenakan akan mempengaruhi elektroda yang dipasangkan pada tubuh.



Gambar IV-15 Sinyal PQRST Posisi Tidur

Bentuk sinyal posisi ini lebih stabil dibandingkan dengan posisi duduk, hanya perlu meningkatkan akurasi dalam menempatkan elektroda pada tubuh.

Setelah melewati pengujian ini, ditemukan bahwa posisi tidur lebih baik digunakan ketika melakukan pengujian alat, dibandingkan dengan posisi duduk. Dikarenakan hasil pada posisi duduk memberikan peak sangat tinggi yang akan mempengaruhi dalam mengonversi data pada tahapan selanjutnya. Bentuk sinyal yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh kondisi fisik relawan.

F. Pengujian Tegangan Pada *Output* Rangkaian

Pengujian ini bertujuan untuk melihat tegangan yang dihasilkan oleh sensor AD8232 ketika elektroda terpasang pada tubuh,

Pengujian dilakukan dengan cara memasang multimeter pada rangkaian. Multimeter dipasangkan pada *output* filter LPF.



Gambar IV-16 Pengujian Tegangan

Hasil pengujian menunjukkan, tegangan yang dihasilkan oleh multimeter akan sama dengan bentuk sinyal PQRST. Ketika tegangan bernilai tinggi maka pada grafik akan bernilai tinggi dan ketika nilai tegangan bernilai rendah maka pada grafik akan bernilai rendah. Dari pengujian yang dilakukan tegangan tertinggi yang didapat adalah 2.41 v dan nilai terendah tegangan adalah 1.37 v. Tegangan yang dihasilkan merupakan keluaran dari kelistrikan dari jantung ketika berdetak.

V. KESIMPULAN

Dari serangkaian pengujian alat yang telah dilalui dimulai dari pengujian terhadap sensor AD8232, penggunaan filter LPF, terhadap Nodemcu ESP8266, perbandingan antara hasil pada platform dan osiloskop, posisi tubuh relawan, dan tegangan yang dihasilkan maka dapat disimpulkan bahwa.

Elektroda dapat menerima aliran listrik biopotensial yang dihasilkan jantung dan direkam untuk mengubahnya menjadi sinyal PQRST.

Nodemcu ESP 8266 mampu mengirimkan data analog yang dikonversi ke digitak menuju platform dengan menggunakan protokol MQTT yang membantu melakukan transmisi data.

Sinyal PQRST dapat ditampilkan pada platform IoT dan dapat direkam dikarenakan pada platform terdapat database sehingga mampu menampilkan data yang sebelumnya pernah direkam.

REFERENSI

- [1] "Jantung Manusia : Pengertian, Fungsi, Struktur dan Bagian." <https://www.gurupendidikan.co.id/jantung-manusia/> (accessed Jun. 28, 2021).
- [2] Aprinda Puji, "Apakah Detak Jantung Anda Normal? Begini Cara Hitungannya." <https://hellosehat.com/jantung/detak-jantung-normal/>.
- [3] S. J. dr. Faizal Pamewa, "Penyakit Gangguan Irama Jantung, Gejala dan Cara Mengobatinya." <https://primayahospital.com/jantung/penyakit-gangguan-irama-jantung/#:~:text=Bradikardia adalah gangguan irama jantung,ritme detak jantung tak teratur.>
- [4] S. F. Peek and S. Buczinski, "Cardiovascular Diseases," 2018. doi: 10.1016/B978-0-323-39055-2.00003-6.
- [5] M. Ketidaknormalan Jantung Fendy Purwanda, W.

- K. Ratnayanti, P. S. Studi, D. Fisika, and F. Sains dan, "Rancang Bangun Elektrokardiograf Menggunakan Mikrokontroler Untuk."
- [6] "Kementerian Kesehatan Republik Indonesia." <https://www.kemkes.go.id/article/view/1452/menkes-akses-masyarakat-terhadap-pelayanan-kesehatan-jantung-meningkat.html> (accessed Jun. 28, 2021).
- [7] A. Franz, I. Muhimmah, T. Yuwono, and E. Marfianti, "Pembacaan Waktu sebagai ekstraksi EKG pada Diagnosis Penyakit Jantung," pp. 22–28, 2017.
- [8] F. Ugm and F. Ugm, "Sistem Rekayasa Balik Sinyal Elektrokardiogram (EKG)," *IJEIS - Indones. J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 4, no. 2, pp. 157–166, 2014, doi: 10.22146/ijeis.7116.
- [9] T. W. Hendrata, A. Arifin, F. Hikmah, A. Aktivitas, and K. Fisik, "Berbasis Aplikasi Android," vol. 5, no. 2, pp. 1–7, 2016.
- [10] T. Namun, "DENOISING SINYAL ELEKTROKARDIOGRAM (EKG) MENGGUNAKAN METODE FAST FOURIER TRANSFORM PADA SISTEM DETEKSI KANTUK DENOISING OF ELECTROCARDIOGRAM (ECG) SIGNAL USING FAST FOURIER TRANSFORM METHOD IN DROWSINESS," vol. 7, no. 1, pp. 789–796, 2020.
- [11] M. I. Sani, G. A. Mutiara, and R. S. D. W. Putra, "FITNES: Wearable bracelet for heart rate monitoring," *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.)*, vol. 17, no. 1, pp. 392–399, 2019, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v17i1.11611.
- [12] T. Wijaksana Isma *et al.*, "Efektifitas Sensor Elektrokardiograf (EKG) AD8232 Untuk Mendeteksi Kelelahan Pada Saat Penggunaan SMARTPHONE," *Elektron J. Ilm.*, vol. 12, 2020.
- [13] R. H. Ria Hariri, L. H. Lutfi Hakim, and R. F. L. Riska Fita Lestari, "Sistem Monitoring Detak Jantung Menggunakan Sensor AD8232," *J. Zetroem*, vol. 2, no. 2, 2020, doi: 10.36526/ztr.v2i2.1017.
- [14] "√ LOW PASS FILTER (LPF) : Pengertian, Cara Kerja dan Jenis-Jenisnya." <https://pintarelektro.com/low-pass-filter-adalah/> (accessed Jul. 27, 2022).
- [15] J. A. Hall, "NodeMCU ESP8266," *ウイルス*, vol. 52, no. 1, pp. 1–5, 2002.
- [16] C. Hasiholan, R. Primananda, and K. Amron, "Implementasi Konsep Internet of Things pada Sistem Monitoring Banjir menggunakan Protokol MQTT," *Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 12, pp. 6128–6135, 2018, [Online]. Available: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/download/3529/1389/>.
- [17] A. Wibowo and M. Mahrus Zain, "Pemanfaatan ReactJS dan Protokol MQTT untuk Visualisasi Sinyal Lampu dan Notifikasi secara Waktu Nyata pada Sistem Pemonitor APILL di Kota Pekanbaru," *J. Komput. Terap.*, vol. 7, no. Vol. 7 No. 2 (2021), pp. 314–328, 2021, doi: 10.35143/jkt.v7i2.5108.
- [18] A. T. Putra and R. Risfendra, "Penggunaan Aplikasi Ubidots untuk Sistem Kontrol dan Monitoring pada Gudang Gula Berbasis Arduino UNO," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 2, no. 1, pp. 40–48, 2021, doi: 10.24036/jtein.v2i1.120.
- [19] I. G. M. N. Desnanjaya and I. B. A. I. Iswara, "Trainer Atmega32 Sebagai Media Pelatihan Mikrokontroler Dan Arduino," *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 1, no. 1, pp. 55–64, 2018, doi: 10.31598/jurnalresistor.v1i1.266.
- [20] S. V. O. L. I. No, M. Sugeno, M. Arduino, and D. A. N. Sms, "Monitoring Suhu Ruangan Server Dengan Fuzzy Logic Metode Sugeno Menggunakan Arduino dan SMS," *J. SWABUMI*, vol. 1, no. 1, 2014.