

IMPLEMENTASI SISTEM TELEMEDICINE UNTUK MONITORING DETAK JANTUNG BERBASIS SENSOR AD8232

Firman Maulana Rosidi

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Trunojoyo Mandura, Bangkalan

Email: firmanmaulana1100@gmail.com

Abstract - The implementation of heart health monitoring that can be accessed remotely based on the Internet of Things is still relatively low, especially during the COVID-19 pandemic, which makes it difficult to monitor health, especially heart disease. Besides the cost of medical equipment is very expensive, the use of electrocardiograph is not flexible to be done independently. Therefore it is necessary to have a telemedicine system that allows for independent monitoring of heart health and the results can be consulted with a doctor. This research is a research development of a human heart rate monitoring tool using an Electrocardiogram (ECG) implanted in a Telemedicine system that allows users to record heart rate independently. This tool uses the AD8232 sensor as a heart rate sensor and ESP32 as a microcontroller for data processing. The data obtained is sent to a smartphone via a Bluetooth Low Energy (BLE) connection. To ensure data security, this system is equipped with AES 256 bit encryption with a static key. The results showed that the accuracy of the tool to record heart rate was 98.94% compared to the Omron digital sphygmomanometer which also has a function to detect heart rate.

Keywords — *Telemedicine, Internet of Things, heart rate, Electrocardiogram, AD8232 sensor*

Abstrak— Implementasi monitoring kesehatan jantung yang bisa diakses dari jarak jauh berbasis Internet of Things masih tergolong sangat rendah, terlebih lagi pada kondisi pandemi covid-19 yang menjadikan monitoring kesehatan terutama penyakit jantung sulit untuk dilakukan. Selain biaya peralatan kesehatan sangat mahal, penggunaan elektrokardiograf tidak fleksibel untuk dilakukan secara mandiri. Oleh karena itu diperlukan adanya suatu sistem telemedicine yang memungkinkan untuk monitoring kesehatan jantung secara mandiri dan hasilnya dapat dikonsultasikan ke dokter. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan alat monitoring denyut jantung manusia dengan menggunakan Elektrokardiogram (EKG) yang ditanamkan dalam sistem Telemedicine yang memungkinkan pengguna untuk melakukan perekaman detak jantung secara mandiri. Alat ini menggunakan sensor AD8232 sebagai sensor detak jantung dan ESP32 sebagai mikrokontroler untuk pemrosesan datanya. Data yang diperoleh dikirim ke smartphone melalui koneksi Bluetooth Low Energy (BLE). Untuk menjamin keamanan data, sistem ini sudah dilengkapi enkripsi AES 256 bit dengan kunci statis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat akurasi alat untuk merekam detak jantung mencapai 98,94% dibandingkan dengan alat tensimeter digital omron yang juga memiliki fungsi untuk mendeteksi detak jantung.

Kata Kunci— *Telemedicine, Internet of Things, Detak jantung, Elektrokardiogram, Sensor AD8232*

I. PENDAHULUAN

Jantung merupakan organ tubuh manusia yang memiliki fungsi penting, yaitu mempunyai peran dalam sistem peredaran darah, apabila fungsi jantung mengalami gangguan maka bisa menyebabkan kematian [1]. Terlebih lagi dengan adanya pandemi Coronavirus 2019 (COVID-19) semakin memperburuk kondisi penderita penyakit jantung. Selain itu COVID-19 juga membatasi interaksi antar manusia, sehingga akan mempersulit penderita dalam melakukan perawatan.

Pemeriksaan kondisi terkini pada jantung menggunakan alat elektrokardiograf [2], Elektrokardiografi merupakan proses perekaman aktifitas listrik pada jantung yang diambil dengan menggunakan sensor yang diletakan pada permukaan kulit pada bagian tubuh tertentu. Elektrokardiografi dapat terjadi karena jantung bekerja berdasarkan kontraksi sel otot jantung yang dibagi menjadi dua, yaitu sel kontraktil dan sel otoritmik. Sel kontraktil akan melakukan kerja secara mekanis, sedangkan sel otoritmik akan mencetuskan potensial untuk sel kontraktil agar dapat bekerja[3]. Potensial listrik yang ditimbulkan oleh kedua sel ini akan merambat ke permukaan kulit, sehingga dapat dideteksi. Hasil dari elektrokardiografi merupakan keelektrokardiogram (EKG) yang merupakan hasil perekaman aktifitas listrik pada jantung[4].

$$\text{Heart rate} = \frac{60000\text{ms}}{R-R \text{ interval}} \quad (1)$$

Pada persamaan 1 merupakan rumus untuk menghitung detak jantung per menit yang dihitung dalam satuan millisecond.

Alat yang digunakan untuk mengubah sinyal detak jantung menjadi sinyal elektrik dapat menggunakan sensor AD8232 yang merupakan sensor dengan pengkondisi sinyal yang sudah terintegrasi dan dikhususkan untuk EKG[5]. Untuk menghitung detak jantung dapat menggunakan pendeteksian puncak gelombang R pada hasil EKG. Hal ini karena gelombang R memiliki puncak tertinggi dari puncak gelombang lainnya, sehingga akan sangat mudah untuk dideteksi[6].

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang memungkinkan setiap mesin dapat berinteraksi dengan mesin lainnya[7]. Berdasarkan kecenderungan teknologi, IoT dapat dikategorikan menjadi tiga kategori, yaitu kontrol dan

monitoring, big data dan bisnis analisis, dan pertukaran informasi[8].

Advanced Encryption Standard (AES) merupakan algoritma kriptografi dengan pertukaran kunci simetris berjenis block cipher yang setiap blok memiliki panjang kunci 128bit[9]. Kunci simetris merupakan jenis pertukaran kunci dengan menggunakan sebuah kunci yang sama pada proses enkripsi dan dekripsinya. AES digunakan untuk mengenkripsi data yang masih berupa plain text, sedangkan data setelah dienkripsi disebut cipher text[10].

Mikrokontroler merupakan sebuah perangkat keras yang memiliki Central processing Unit (CPU), Random Access Memory (RAM), dan Flash Memory yang sudah terintegrasi dalam sebuah paket kecil yang terintegrasi. Sebagai antarmuka chip, mikrokontroler dilengkapi dengan beberapa pin General Purpose Input/Output (GPIO) dan juga beberapa pin untuk menuliskan program kedalam Flash Memory nya. Selain perangkatnya yang ringkas, mikrokontroler juga memiliki keterbatasan yaitu kemampuan pemrosesan yang rendah. ESP32 merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang sudah dibekali dengan WiFi dan juga Bluetooth dalam sebuah chip kecil terintegrasi. Mikrokontroler ESP32 didesain untuk mendapatkan efisiensi daya dan performa radio yang baik[11].

Dari uraian diatas bahwasannya implementasi sistem telemedicine untuk monitoring detak jantung, akan mempermudah penderita dalam melakukan perawatan dan konsultasi. Sistem ini juga menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) yang dilengkapi dengan keamanan berupa enkripsi AES.

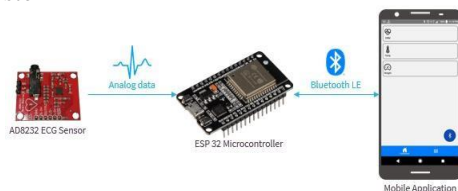
II. METODE PENELITIAN

A. Metode

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap yaitu perancangan alat, pengujian alat dan menganalisis hasil untuk ditarik kesimpulan..

B. Gambar dan Tabel

Desain Sistem

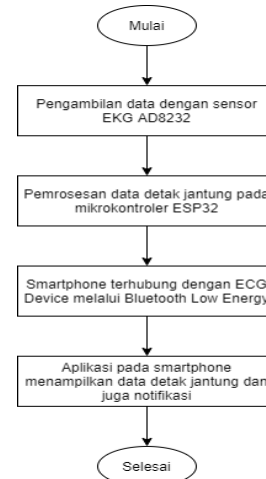


Gambar 1. Desain sistem

Pada gambar 1 menunjukkan desain sistem monitoring detak jantung untuk mendeteksi adanya kelainan detak jantung dengan notifikasi berupa alert yang akan muncul pada aplikasi. Data detak jantung yang diperoleh dari sensor EKG AD8232 yang berupa sinyal analog akan diubah menjadi sinyal digital pada mikrokontroler ESP32. Pada mikrokontroler ESP32 akan dilakukan proses penghitungan

detak jantung dalam satuan beat per minutes (bpm) dengan menggunakan perhitungan perhitungan puncak R-R pada gelombang detak jantung, klasifikasi detak jantung dan juga enkripsi data untuk dikirimkan ke smartphone melalui BLE. Selanjutnya apabila algoritma pada mikrokontroler mendeteksi adanya kelainan detak jantung, maka mikrokontroler akan mengirimkan peringatan ke aplikasi, sehingga aplikasi akan menampilkan notifikasi kepada pengguna berupa alert.

Diagram alir



Gambar 2. Diagram Alir Sistem Telemedicine Monitoring Detak Jantung

Pada gambar 5 menunjukkan proses kerja pada mikrokontroler yang diawali dengan inialisasi Bluetooth, selanjutnya melakukan pendeteksian puncak gelombang R untuk dapat dihitung detak jantungnya. Tahapan selanjutnya yaitu mengklasifikasi detak jantung, apabila detak jantung turun dibawah 50bpm maka detak jantung terlalu lemah, sehingga akan memunculkan pesan Bradycardia, apabila detak jantung lebih dari 100bpm detak jantung terlalu cepat, sehingga akan memunculkan pesan Tachycardia, dan selain dua kondisi tersebut maka detak jantung dalam keadaan normal. Selanjutnya data tersebut dienkripsi dengan algoritma enkripsi AES 256bit beserta sinyal detak jantungnya untuk dapat dikirim ke smartphone melalui BLE.

Desain Perangkat Keras

Sebagai implementasi dari perangkat lunak yang dibuat dalam penelitian ini maka dibutuhkan perangkat keras yang memiliki kapabilitas untuk memenuhi keperluan dalam penelitian.

Perangkat Keras	Spesifikasi yang Dibutuhkan
Mikrokontroler	<ul style="list-style-type: none"> • Analog to Digital Converter (ADC) • Pin Analog • Pin Digital • Konektivitas Bluetooth Low Energy • Konektivitas WiFi • Konsumsi Daya Rendah
	<ul style="list-style-type: none"> • Pembacaan Heart Rate

Sensor	<ul style="list-style-type: none"> Konsumsi Daya Rendah Low Pass Filter
Baterai	<ul style="list-style-type: none"> Tegangan lebih dari 3,3volt Dapat diisi ulang

Tabel 1. Spesifikasi Perangkat Keras yang Dibutuhkan

Kebutuhan perangkat keras yang akan digunakan dalam sistem monitoring detak jantung ini berupa sensor EKG AD8232 dan juga mikrokontroler ESP32 yang telah memenuhi spesifikasi minimum yang dibutuhkan sistem monitoring detak jantung ini.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melakukan pengujian tingkat akurasi penulis membandingkan data detak jantung yang diperoleh dari alat dalam satuan bpm dengan data detak jantung dari alat tensimeter digital yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi detak jantung. Penilaian akurasi menggunakan *Root Mean Square Error (RMSE)*

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (2)$$

Selanjutnya untuk mendapatkan nilai akurasi dapat menggunakan persamaan 3

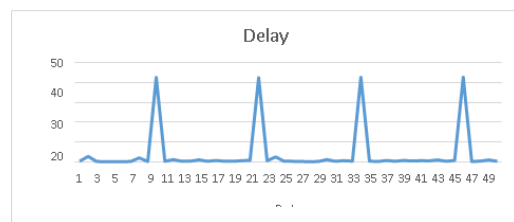
$$Accuracy = 100 - RMSE \quad (3)$$

Tingkat akurasi

Dalam penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan akurasi alat dari *moving average 5* hingga *moving average 15*. Hal ini terjadi karena semakin besar nilai *moving average* nya maka data yang diambil semakin banyak, sehingga dapat meningkatkan akurasi alat. Namun apabila data yang diambil terlalu banyak juga memiliki dampak negatif, yaitu sistem menjadi lambat untuk beradaptasi dengan suatu perubahan nilai.

Delay

Penulis melakukan pengujian delay pada masing-masing *moving average* dan pada data yang dienkripsi maupun yang tidak dienkripsi. Pada pengujian *moving average delay* yang dihasilkan tidak memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Hal ini terjadi karena data yang dimasukkan kedalam *moving average* berjalan berdasarkan sistem *First-In-First-Out (FIFO)*, sehingga tidak membebani mikrokontroler. Sedangkan pada skenario pengujian dengan data yang dienkripsi dan tidak dienkripsi juga tidak terdapat perbedaan delay yang signifikan. Hasil yang tidak jauh berbeda ini disebabkan karena pada kedua skenario percobaan mikrokontroler tetap melakukan enkripsi walaupun data yang dikirim berupa data yang dienkripsi maupun data tanpa enkripsi hanya saja panjang data yang dikirimkan sedikit berbeda. Sedangkan pada maksimum delay terjadi cukup signifikan dibandingkan rata-rata delay.



Gambar 3. pola delay

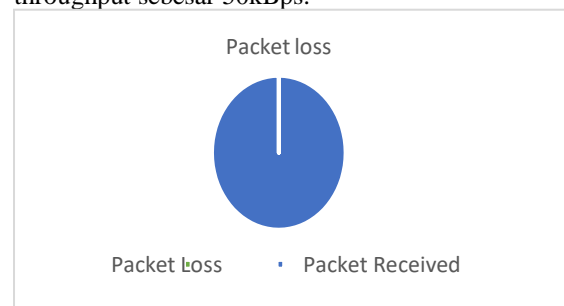
Pada sistem yang dibuat memiliki lonjakan *delay* dengan rata-rata nilai maksimum *delay* nya sebesar 43,01 ms. Nilai maksimum ini dimungkinkan karena adanya *buffer* pada Bluetooth, karena dari data *delay* tersebut nilai maksimum yang terjadi memiliki pola yang cukup jelas. Namun hal tersebut masih *bisa* ditoleransi karena belum dianggap mengganggu proses pengiriman data dan notifikasi pada *smartphone*.

Throughput

bahwa *throughput* tertinggi terjadi pada pengiriman data yang dienkripsi yaitu sebesar 6293,41 Bytes/s. Hal ini terjadi karena data yang dienkripsi memiliki panjang paket sebesar 32 Byte, sedangkan data yang tidak dienkripsi hanya memiliki panjang paket 16 Byte. Pada grafik tersebut juga menunjukkan bahwa *throughput* data yang dienkripsi tidak tepat 2x lebih besar daripada data yang dikirimkan tanpa enkripsi. Hal ini terjadi karena pada skenario tanpa enkripsi waktu pengiriman yang lebih singkat yaitu sebesar 2,04 detik, sedangkan pada skenario dengan enkripsi memerlukan waktu lebih lama, yaitu 2,54 detik.

Packet Loss

diketahui bahwa seluruh paket yang dikirimkan oleh mikrokontroler ESP32 dapat diterima dengan baik oleh *smartphone* dalam keadaan paket dapat diterima 100%. Hal ini diakibatkan karena maksimal *throughput* dari sistem masih dibawah *throughput* standar dari BLE yang memiliki *throughput* sebesar 50kBps.



Gambar 4. Diagram Packet Loss

I. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian dan analisis terhadap sistem yang dirancang, maka penulis dapat menarik kesimpulan bahwa:
 1. Desain dan implementasi sistem telemedicine untuk monitoring detak jantung dapat diterapkan dengan baik

2. Cara kerja monitoring detak jantung diawali dengan pengambilan data oleh sensor AD8232 yang selanjutnya data akan diolah dengan mikrokontroler ESP32 dan mengirimkan notifikasinya ke smartphone.
3. Tingkat akurasi pengukuran detak jantung cukup tinggi jika dibandingkan dengan tensimeter digital
4. Hasil pengujian sistem menunjukkan hasil yang memuaskan dengan delay yang kecil, dan juga throughput yang masih bisa ditangani oleh BLE, sehingga tidak terjadi packet loss.

II. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lestari, M. 2015. Penerapan Alogaritma Klasifikasi Nearest Neighbor (K-NN) Untuk Mendeteksi Penyakit jantung. *Faktor Exacta*, 366-371.
- [2] K. Wise, "Electrocardiography (ECG)," *Int. Encycl. Commun. Res. Methods*, pp. 1–15, 2017, doi: 10.1002/9781118901731.iecrm0078.
- [3] A. D. Inc, "Single-Lead, Heart Rate Monitor Front End," p. 28, 2018.
- [4] I. Lee and K. Lee, "The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises," *Bus. Horiz.*, vol. 58, no. 4, pp. 431–440, 2015, doi: 10.1016/j.bushor.2015.03.008.
- [5] Espressif System, "ESP32 Series Datasheet," *Espr. Syst.*, pp. 1–61, 2019.
- [6] K. Mekki, E. Bajic, F. Chaxel, and F. Meyer, "Concept and Hardware Considerations for Product-Service System Achievement Concept and Hardware Considerations for ProductService System Achievement in Internet of Things," no. April, pp. 19–22, 2019, doi: 10.1109/WITS.
- [7] Prayogo, I. (2017). Sistem Monitoring Denyut Jantung dan Suhu Tubuh sebagai Indikator Level Kesehatan Pasien Berbasis IOT (Inernet Of Thing) dengan Metode Fuzzy Logic Menggunakan Android. Program studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo: Univeristas Trunojoyo.
- [8] B. K. S. Rajaram and N. Krishna Prakash, "Secure mqtt using aes for smart homes in iot network," *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 8, no. 5s, pp. 483–485, 2019.
- [9] Espressif System, "ESP32 Series Datasheet," *Espr. Syst.*, pp. 1–61, 2019.