

Integrasi Sistem *Hardware* Pada Alat *Real-Time Heart Rate Variability Monitor* Menggunakan *Pulse Sensor Max30102*

1st Fredy Pratama
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

fredyprtm@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Achmad Rizal
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

achmadrizal@telkomuniversity.ac.id

3rd Muhammad Hablul Barri
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

mhbbarri@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Jantung adalah organ penting bagi tubuh yang berfungsi untuk memompa darah ke seluruh tubuh dan memastikan bahwa jumlah oksigen didistribusikan secara merata untuk memenuhi kebutuhan organ lainnya. Oleh karena itu, menjaga kesehatan jantung setiap saat karena penyakit jantung adalah salah satu penyakit yang paling mematikan di dunia. Dalam penelitian ini, *sensor pulse* digunakan untuk mengukur volume darah yang mengalir melalui infra merah, yang digunakan untuk mengidentifikasi kelainan dalam detak jantung. Metode *time-domain analysis* digunakan untuk mengidentifikasi kelainan ritme dalam detak jantung. Alat ini menggunakan sensor MAX30102 untuk mendeteksi kelainan pada detak jantung dengan membaca perubahan aliran volume darah pada jari, dan akan diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32-C3 untuk mengolah dan menghasilkan nilai yang sesuai. Selain itu, alat ini dirancang seringkam mungkin dan mampu membaca dan menampilkan data dengan *delay* yang minimum, sehingga pengguna dapat selalu mengetahui kelainan ritme pada jantung. Diharapkan bahwa alat ini akan membantu orang dengan masalah jantung.

Kata kunci— Detak Jantung, Kesehatan jantung, Sensor Pulse, Mikrokontroler ESP32-C3

I. PENDAHULUAN

Jantung merupakan organ vital pada tubuh, jantung berfungsi untuk memompa darah dan oksigen keseluruh tubuh. Kondisi jantung yang sehat sangat penting untuk tubuh, dikarenakan penyakit jantung salah satu penyakit mematikan di dunia. Berdasarkan survey dari *sample Registration System (SRS)* menyebutkan bahwa sebanyak 12.9% penyakit yang menyebabkan kematian berasal dari penyakit jantung [1]. Umumnya detak jantung manusia normal per menit berkisar antara 60 sampai 100 BPM, penyakit jantung dapat diindikasikan melalui irama denyut jantung, umumnya ketidaknormalan jantung dapat dirasakan dari denyut jantung dengan irama denyut yang cepat, lambat, atau tidak teratur. Jika jantung berdetak di bawah 60 atau diatas 100 BPM tidak selalu dianggap tidak normal, maka oleh itu dilakukan pengukuran dengan metode tertentu untuk mengetahui apakah detak jantung masih tergolong normal

atau tidak [2]. Secara umum, kelainan detak jantung atau aritmia terbagi menjadi dua kelompok utama: bradikardia, yang ditandai dengan detak jantung yang terlalu lambat (kurang dari 60 kali per menit), dan takikardia, yang ditandai dengan detak jantung yang terlalu cepat (lebih dari 100 kali per menit) [3]. Umumnya cara mudah untuk menghitung detak jantung dengan mengecek denyut nadi pada pergelangan tangan lalu menghitung detak yang dirasakan selama satu menit, namun sering kali terjadi ketidakakuratan pada perhitungan secara manual. Pendekatan manual untuk pemeriksaan jantung masih umum dilakukan yakni dengan teknik palpasi, auskultasi, dan pengukuran tanda vital secara langsung oleh tenaga medis [4]. Oleh karena itu diperlukan alat otomatis yang mampu mengukur detak jantung dan mampu menampilkan hasil pengukuran secara akurat.

Pada penelitian ini membahas tentang perancangan alat monitoring variabilitas detak jantung secara akurat dengan menggunakan *pulse sensor* MAX30102 yang memiliki sensitivitas yang tinggi untuk membaca perubahan volume darah yang mengalir pada jari. Alat ini akan memudahkan untuk secara akurat dan mendeteksi kelainan ritme pada jantung.

II. KAJIAN TEORI

A. Kelainan detak jantung

Fungsi utama jantung adalah memompa darah dan mengalirkan oksigen keseluruh tubuh agar organ tubuh mendapatkan nutrisi yang cukup. Umumnya manusia dewasa rentan terkena berbagai penyakit, terutama penyakit jantung yang mematikan. Salah satu penyakit jantung yang diketahui adalah aritmia yakni gangguan irama detak jantung yang disebabkan adanya ketidaknormalan laju detak jantung yang terlalu lambat, cepat, dan tidak teratur. Pada tahun 2011 tercatat 2,1 juta kasus aritmia di Indonesia dan diprediksi akan terus meningkat [5]. Pada umumnya detak jantung manusia normal berkisar 60-100 BPM, sehingga jika diukur dan berada diluar batas normal maka diketahui ada masalah terkait kondisi jantung. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi ketidaknormalan detak jantung seperti kolestrol, merokok, tekanan darah yang tinggi, kegemukan,

dan stres yang dapat berujung pada kematian [1]. Akan tetapi, jantung yang berdetak diluar batas normal manusia tidak selalu dianggap gangguan detak jantung, diperlukan pengukuran yang lebih akurat untuk mendeteksi apakah jantung tersebut dalam kondisi normal atau tidak normal.

B. Mikrokontroler Xiao ESP32-C3



GAMBAR 1
Mikrokontroler Xiao ESP32-C3

Xiao ESP32-C3 merupakan mikrokontroler yang sangat kecil dengan ukuran 21 x 17.8 mm. mikrokontroler ini adalah pengembangan mini IoT yang berbasis pada chip dual mode *Bluetooth/Wifi* dari espressif ESP32-C3. Mikrokontroler Xiao ESP32-C3 memiliki performa radio yang sangat baik, mendukung IEEE 802.11 b/g/n WiFi dan *Bluetooth Low Energy* (BLE). Xiao ESP32-C3 juga memiliki 11 pin digital dan 3 pin analog serta mendukung *serial interfaces* seperti UART, SPI, dan, I2C. Xiao ESP32-C3 juga mendukung manajemen *charge* dan *discharge* pada baterai sehingga mikrokontroler ini mampu berfungsi dengan sumber daya dari baterai. Pada alat yang dirancang [6], Xiao ESP32-C3 merupakan komponen yang berfungsi untuk melakukan pengambilan data, pengolahan data, serta pengiriman data.

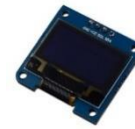
C. Pulse sensor MAX30102



GAMBAR 2
Pulse Sensor MAX30102

Pulse sensor MAX30102 merupakan sensor pulsa yang berfungsi untuk mendeteksi detak jantung dan *oximeter*. Dengan spesifikasi sumber tegangan sebesar 3,3 Volt dan memiliki 4 pin yakni VCC, GND, SDA, dan SCL [7]. Cara kerja dari sensor ini dengan mengukur perubahan volume darah di pembuluh darah di bawah kulit menggunakan Cahaya IR lalu akan dipantulkan ke fotodioda. Volume darah akan berubah seiring detak jantung yang menyebabkan variasi pada jumlah Cahaya yang dipantulkan. Dari variasi tersebut akan diolah dan memiliki nilai IR yang nantinya akan diolah di mikrokontroler untuk dilakukan analisis.

D. LCD OLED SSD1306



GAMBAR 3
LCD OLED SSD1306

LCD OLED SSD1306 merupakan display pada alat yang dirancang. Dengan ukuran 0.96 inch dengan resolusi 128x64 pixel dengan konsumsi daya yang rendah yakni sekitar 0.08 Watt dan mendukung *interface I2C* [8]. LCD OLED ini tidak hanya bisa menampilkan karakter angka dan huruf tetapi juga bisa menampilkan gambar, dan grafik sehingga menjadi pilihan untuk di pasang pada alat yang dirancang.

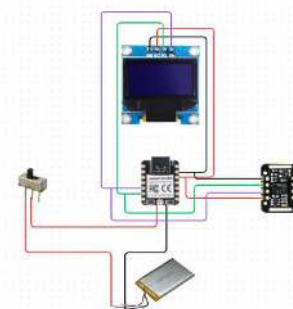
E. Baterai Lithium Polymer 3,7 Volt



GAMBAR 4
Baterai Lithium Polymer 3,7 Volt

Baterai Lithium Polymer merupakan baterai dengan kapasitas 3,7 volt sering digunakan pada perangkat elektronik yang memerlukan daya tinggi dan bobot ringan. Baterai lithium polymer juga bisa diisi ulang dan memiliki konektor JST untuk penghubung daya [9]. Dengan dimensi yang kecil yakni 37 x 15,7 mm menjadi pilihan utama untuk alat yang dirancang dengan ringkas.

F. Skematik Rangkaian



GAMBAR 5
Skematik rangkaian system

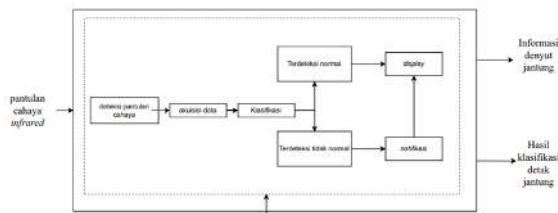
Gambar 5 menunjukkan skema rangkaian lengkap dari sistem ini, di mana Xiao ESP32-C3 berfungsi sebagai pemroses data yang diperoleh dari sensor MAX30102 dan menampilkan hasil pemrosesan tersebut pada layar OLED. Layar dan sensor terhubung secara paralel dengan mikrokontroler melalui komunikasi I2C (SDA & SCL). Baterai *Lithium Polymer* digunakan sebagai sumber daya utama, memberikan pasokan listrik ke mikrokontroler dan komponen lainnya, sehingga memungkinkan perangkat ini beroperasi secara

nirkabel tanpa sambungan kabel karena menggunakan baterai sebagai sumber daya. Sistem ini juga dilengkapi dengan saklar *on/off* yang berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan perangkat. Modul manajemen daya pada mikrokontroler memungkinkan perangkat ini untuk melakukan pengisian (*charge*) dan pengosongan (*discharge*) daya baterai, serta mengatur tegangan yang disuplai ke komponen-komponen agar tetap stabil.

III. METODE

Jurnal ini membahas metode yang digunakan dalam sistem *Real-time Heart Rate Variability Monitor*, di mana sensor MAX30102 digunakan sebagai input untuk mendeteksi perubahan volume darah pada jari yang mencerminkan perubahan detak jantung. Hasil pembacaan sensor akan diproses oleh mikrokontroler dan ditampilkan secara *real-time* pada layar OLED, seiring dengan pemrosesan data yang berlangsung dari sensor ke mikrokontroler. Mikrokontroler memproses pembacaan dengan mendeteksi ritme detak jantung melalui perubahan volume darah. Hasil yang ditampilkan pada layar OLED mencakup status keteraturan detak jantung (teratur/tidak teratur) serta jumlah BPM pengguna [10].

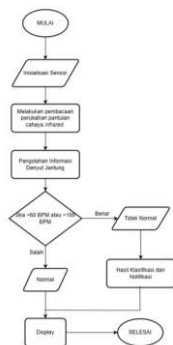
A. Diagram Blok



GAMBAR 6 Diagram Blok system

Gambar 6 menunjukkan diagram fungsi dari alat *Real-Time Heart Rate Variability Monitor*, yang menggambarkan alur proses pengolahan data. Proses dimulai dengan pengambilan data oleh sensor, yang kemudian diklasifikasikan oleh unit kontrol. Hasil klasifikasi yaitu status keteraturan detak jantung (teratur/tidak teratur) akan ditampilkan pada layar untuk pengguna [10].

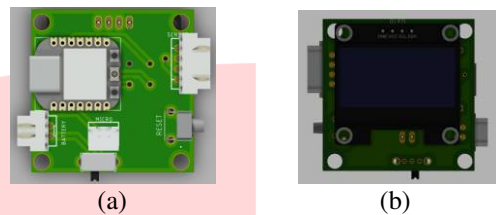
B. Flowchart



GAMBAR 7 Flowchart system

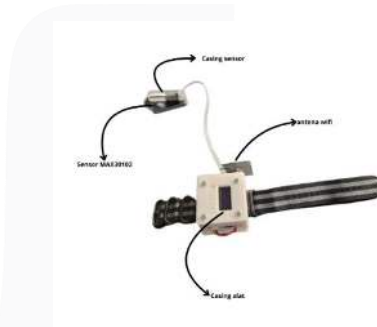
Gambar 7 adalah *flowchart* dari sistem yang menggambarkan bagaimana pengguna menggunakan alat *Real-time Heart Rate Variability Monitor* sebagai input sistem. Setelah pengguna memulai, alat akan mulai membaca detak jantung dan mengklasifikasikan jika ada ketidaknormalan. Hasil klasifikasi detak jantung akan menunjukkan apakah detak jantung teratur atau tidak teratur. keteraturan ini didasarkan pada sinyal data aritmia yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah klasifikasi selesai, sistem akan mengirimkan data ke display.

C. Desain alat



GAMBAR 8 Hasil desain PCB: (a) top side; (b) bottom side

Gambar 8 merupakan hasil desain PCB dengan dimensi 4 x 4 cm. Dengan ukuran yang ringkas dan banyaknya komponen yang akan dipasang, PCB dirancang menggunakan model *double layer*. Desain ini memastikan alat tetap ringkas tanpa mengurangi jumlah komponen *hardware* yang diperlukan.



GAMBAR 9 Desain akhir alat

Gambar 9 merupakan hasil akhir integrasi alat berukuran 5 x 5 cm dengan desain mirip jam tangan. Alat ini dilengkapi layar LCD OLED SSD1306, saklar power, tombol reset, antena Wi-Fi, konektor JST XH, dan mikrokontroler Xiao ESP32-C3. Material filamen digunakan sebagai pelindung.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada jurnal ini membahas hasil pengujian yang dilakukan pada alat *Real-time Heart Rate Variability Monitor* dengan menguji akurasi pembacaan sensor serta delay tampilan data dari sensor ke layar.

A. Akurasi pembacaan sensor

Pengujian dilakukan untuk mencari nilai akurasi dengan membandingkan nilai BPM antara *pulse oximeter* SO811 dan alat *Real-time Heart Rate Variability Monitor* [10]. Adapun persamaan untuk mencari nilai akurasi adalah sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{Nilai\ Oxymeter\ SO811}{Nilai\ alat\ HRV\ Monitor} \times 100\%$$

Pengujian dilakukan ke 5 subjek dengan masing-masing dilakukan 10 pengujian, per subjek. Didapatkan hasil sebagai berikut:

TABEL 1
Subjek 1

No	Pulse Oximeter	Real-time Heart Rate Variability Monitor	Akurasi
1	88	81	92%
2	85	85	100%
3	84	82	97%
4	82	80	97%
5	78	72	92%
6	86	83	96%
7	87	82	94%
8	89	85	95%
9	90	87	97%
10	85	84	99%
Rata-rata akurasi			95,9%

TABEL 2
Subjek 2

No	Pulse Oximeter	Real-time Heart Rate Variability Monitor	Akurasi
1	97	95	97%
2	80	75	93%
3	73	69	94%
4	72	69	95%
5	92	91	98%
6	88	85	96%
7	77	72	94%
8	90	88	98%
9	85	83	97%
10	78	74	95%
Rata-rata akurasi			95,7%

TABEL 3
Subjek 3

No	Pulse Oximeter	Real-time Heart Rate Variability Monitor	Akurasi
1	100	96	96%
2	98	95	95%
3	97	95	97%
4	104	95	98%
5	98	95	93%
6	99	94	95%
7	101	96	95%
8	96	93	96%
9	103	95	97%
10	100	97	97%
Rata-rata akurasi			96%

TABEL 4
Subjek 4

No	Pulse Oximeter	Real-time Heart Rate Variability Monitor	Akurasi
1	99	101	98%
2	100	99	99%
3	97	98	99%
4	100	94	94%

No	Pulse Oximeter	Real-time Heart Rate Variability Monitor	Akurasi
5	103	94	91%
6	98	97	96%
7	102	100	98%
8	96	95	97%
9	99	98	97%
10	101	100	99%
Rata-rata akurasi			96,8%

TABEL 5
Subjek 5

No	Pulse Oximeter	Real-time Heart Rate Variability Monitor	Akurasi
1	80	80	100%
2	81	79	98%
3	81	77	95%
4	84	77	92%
5	82	78	95%
6	83	79	95%
7	85	80	94%
8	79	75	95%
9	82	77	94%
10	80	78	98%
Rata-rata akurasi			95,6%

TABEL 6
Ringkasan hasil pengujian

Subjek ke-	Akurasi (%)
1	95,9%
2	95,7%
3	96%
4	96,8%
5	95,6%
Rata-rata akurasi	96%

Berdasarkan tabel hasil pengujian yang dilakukan terhadap 5 subjek, di mana setiap subjek menjalani 10 pengujian, dilakukan perbandingan antara *pulse oximeter* dan alat *Real-time Heart Rate Variability Monitor*. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata akurasi sebesar 96%, yang menandakan bahwa alat ini mampu membaca dan memantau variabilitas detak jantung secara real-time dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi.

B. delay tampilan data dari sensor ke layar.

Pengujian ini bertujuan untuk menguji delay tampilan data pada layar LCD OLED SSD1306. Pada alat yang digunakan, waktu pembacaan akan ditampilkan di layar dengan durasi maksimal 20 detik [10]. Hasil pengujian layar dilakukan sebanyak 30 kali dengan hasil sebagai berikut:

TABEL 7
Hasil pengujian delay

No	Waktu	Durasi
1	16.58.14	11,61 detik
2	16.59.15	13,00 detik
3	17.00.00	14,22 detik

No	Waktu	Durasi
4	17.00.48	15,44 detik
5	17.01.05	14,54 detik
6	17.02.00	14,00 detik
7	17.03.07	14,54 detik
8	17.04.00	15,78 detik
9	17.05.56	17,03 detik
10	17.08.00	16,60 detik
11	17.10.06	16,18 detik
12	17.11.15	15,67 detik
13	17.12.33	15,13 detik
14	17.14.00	16,23 detik
15	17.15.46	17,33 detik
16	17.17.00	17,00 detik
17	17.18.10	16,50 detik
18	17.19.20	15,90 detik
19	17.20.30	16,80 detik
20	17.21.40	17,20 detik
21	17.22.50	16,30 detik
22	17.24.00	16,40 detik
23	17.25.10	15,80 detik
24	17.26.20	16,90 detik
25	17.27.30	16,50 detik
26	17.28.40	17,10 detik
27	17.29.50	16,00 detik
28	17.31.00	15,50 detik
29	17.32.10	17,30 detik
30	17.33.20	17,40 detik

Hasil pengujian menunjukkan variasi kecil dalam durasi yang tercatat, dengan durasi terendah 11,61 detik dan tertinggi 17,33 detik, yang mengindikasikan fluktuasi yang mungkin disebabkan oleh kondisi lingkungan atau respon waktu sistem.

V. KESIMPULAN

Pengujian yang dilakukan terhadap delapan subjek menunjukkan bahwa alat pengukur detak jantung memiliki tingkat akurasi yang cukup baik, dengan variasi antara 92,82% hingga 96,24%. Rata-rata akurasi mencapai 94,78%, yang menandakan bahwa alat ini mampu memberikan hasil yang konsisten dan sebanding dengan alat pembanding yang digunakan.

Selain akurasi, pengujian juga mencatat fluktuasi dalam durasi operasi, dengan rentang waktu yang tercatat antara 11,61 detik hingga 17,33 detik. Meskipun variasi ini

tergolong kecil, hal ini menunjukkan adanya ketergantungan durasi operasi pada faktor eksternal seperti kondisi lingkungan atau respon waktu sistem. Variasi tersebut menekankan pentingnya mempertimbangkan faktor-faktor eksternal dalam evaluasi kinerja sistem secara keseluruhan. Meskipun demikian, alat ini secara umum tetap dapat dianggap akurat dan andal dalam pengukurannya, dengan mempertimbangkan faktor-faktor eksternal yang mungkin mempengaruhi hasil akhir.

REFERENSI

- [1] D. A. Ryfai, "Klasifikasi Tingkat Resiko Serangan Penyakit Jantung," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. VI, pp. 4071-4072, 2022.
- [2] "PRIMAYA HOSPITAL," MEDICAL, [Online]. Available: <https://primayahospital.com/jantung/detak-jantung-normal/>. [Accessed 5 August 2024].
- [3] Y. Yuniadi, "mengatasi Aritmia, mencegah kematian mendadak," vol. V, p. 139, 2017.
- [4] R. M. Jones, "Prinsip dan Metode Pemeriksaan Fisik dasar," *Medical Journal*, Vols. -, no. 4, pp. 39-60, 2009.
- [5] D. Sukaman, "pjnkh.go.id," MEDICAL, 3 October 2019. [Online]. Available: <https://pjnkh.go.id/artikel/mengenal-gangguan-irama-jantung-aritmia-serta-bagaimana-pencegahan-dan-penanganannya>. [Accessed 16 8 2024].
- [6] "Seed Studio," Microcontroller, 14 August 2024. [Online]. Available: https://wiki.seeedstudio.com/XIAO_ESP32C3_Getting_Started/. [Accessed 17 August 2024].
- [7] M. Integrated, "MAX30102," *MAX30102 Datasheet*, pp. 1-12.
- [8] T. Suryana, *Menghubungkan Layar OLED SSD1306 Dengan Antarmuka NodeMCU*, pp. 1-10, 2021.
- [9] MikroElektronika, "Li-Po Battery Datasheet," pp. 1-14, 2013.
- [10] F. Pratama, *Real-Time Heart Rate Variability monitor*, Bandung: Capstone Design, 2024.