

SISTEM PENDETEKSI DETAK JANTUNG REAL-TIME BERBASIS ESP32 DENGAN VISUALISASI OLED DAN TERINTEGRASI MELALUI TELEGRAM

Muhammad Hafiz Fathurrohman^{1*}, Muhammad Gilang Ardiansyah², Widianingsih³

^{1,2,3}Universitas Singaperbangsa Karawang; Jl. HS. Ronggowaluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361; Telp (0267) 641177

Keywords:

ESP32; MAX30102; OLED; Telegram; Detak Jantung Real-Time.

Correspondent Email:

2210631170137@unsika.ac.id

Abstrak. Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah mendorong inovasi di sektor kesehatan, dengan pemantauan detak jantung menjadi parameter krusial untuk mencerminkan kondisi tubuh. Penelitian sebelumnya menunjukkan adanya celah, di mana sistem monitoring detak jantung berbasis IoT umumnya belum mengintegrasikan akuisisi data real-time (sensor MAX30102), visualisasi lokal pada perangkat (layar OLED), dan mekanisme notifikasi instan jarak jauh (platform Telegram) secara bersamaan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi detak jantung real-time berbasis mikrokontroler ESP32. Sistem ini dirancang untuk mampu mengukur detak jantung non-invasif menggunakan sensor optik MAX30102, menampilkan hasil pengukuran secara langsung pada layar OLED, serta mengirimkan notifikasi otomatis ke Telegram apabila terdeteksi nilai detak jantung berada di luar batas normal. Hasilnya diharapkan dapat menjadi solusi monitoring kesehatan yang portabel, efisien, dan mudah diimplementasikan untuk pemantauan jarak dekat maupun jarak jauh.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. *The advancement of Internet of Things (IoT) technology has spurred innovation in the health sector, with heart rate monitoring being a crucial parameter reflecting the body's condition. Previous research indicates a gap, as existing IoT-based heart rate monitoring systems often fail to simultaneously integrate real-time data acquisition (MAX30102 sensor), local visualization on the device (OLED screen), and remote instant notification mechanisms (Telegram platform). Therefore, this study aims to design and implement a real-time heart rate detection system based on the ESP32 microcontroller. The system is engineered to measure heart rate non-invasively using the MAX30102 optical sensor, display the measurement results directly on an OLED screen, and automatically send notifications via Telegram when heart rate values are detected to be outside the normal limits. The findings are expected to serve as a portable, efficient, and easily deployable health monitoring solution for both near and remote surveillance.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah memicu berbagai inovasi di sektor kesehatan, khususnya dalam pemantauan kondisi fisiologis secara real-time. Salah satu parameter penting yang perlu dimonitor ialah detak jantung, karena frekuensi denyut jantung

dapat mencerminkan kondisi tubuh seperti tingkat stres, kelelahan, hingga indikasi awal gangguan kardiovaskular. Dengan memanfaatkan mikrokontroler modern seperti ESP32, yang memiliki konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, sistem pemantauan kesehatan dapat dirancang menjadi lebih portabel, efisien, dan

terhubung dengan internet. Selain itu, penggunaan sensor detak jantung optik MAX30102 memungkinkan pengukuran detak jantung dilakukan secara non-invasif dengan tingkat akurasi yang baik.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring detak jantung berbasis IoT. Penelitian oleh Muthmainnah & Deni Bako Tabriawan (2022) memanfaatkan sensor MAX30102 yang dihubungkan dengan ESP8266 untuk mengirimkan data ke platform IoT seperti Blynk, namun sistem tersebut belum menyediakan visualisasi lokal pada perangkat. Sementara itu, penelitian oleh Putra dan Lestari (2024) merancang *Sistem Monitoring Target Heart Rate* menggunakan ESP32 dan sensor MAX30102 yang dilengkapi tampilan OLED, tetapi belum mengintegrasikan mekanisme notifikasi jarak jauh melalui platform pesan seperti Telegram. Sebagian besar penelitian IoT kesehatan juga masih berfokus pada pengiriman data ke server atau aplikasi seluler untuk *remote monitoring*, tanpa menggabungkan tampilan lokal dan sistem notifikasi instan berbasis bot dalam satu perangkat.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, terlihat bahwa belum banyak sistem monitoring detak jantung yang menggabungkan tiga komponen utama sekaligus, yaitu: (1) akuisisi data real-time menggunakan sensor optik modern, (2) visualisasi langsung pada perangkat menggunakan layar OLED, dan (3) pengiriman notifikasi otomatis melalui Telegram ketika terdeteksi kondisi abnormal. Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan terhadap sistem yang tidak hanya mampu menampilkan informasi detak jantung secara lokal, tetapi juga memberikan peringatan jarak jauh agar pengguna atau tenaga medis dapat merespons kondisi kritis dengan cepat.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi detak jantung real-time berbasis ESP32, yang dilengkapi dengan visualisasi melalui layar OLED serta integrasi notifikasi menggunakan platform Telegram. Sistem ini dirancang untuk mampu mengukur detak jantung secara real-time menggunakan sensor optik, menampilkan hasil pengukuran secara langsung pada layar OLED, serta mengirimkan notifikasi otomatis ke Telegram apabila nilai detak jantung berada di luar batas normal. Selain itu, sistem ini

diharapkan dapat menjadi solusi monitoring kesehatan yang portabel, efisien, dan mudah diimplementasikan baik untuk pemantauan jarak dekat maupun jarak jauh.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang memungkinkan perangkat fisik saling terhubung melalui internet untuk bertukar informasi secara otomatis. Dalam bidang kesehatan, IoT banyak digunakan untuk sistem pemantauan kondisi vital yang bekerja secara real-time dan dapat diakses dari jarak jauh. Studi yang dilakukan oleh Lubis dkk. menunjukkan bahwa IoT memungkinkan integrasi sensor biometrik dengan platform cloud sehingga pemantauan kesehatan dapat dilakukan secara efektif dan efisien [1]. Selain itu, penelitian lain menekankan bahwa IoT mendukung sistem peringatan dini (*early warning system*) yang dapat meningkatkan respons terhadap kondisi kesehatan kritis [2].

2.2 *Fisiologi Jantung*

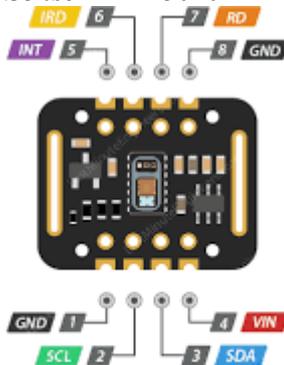
Jantung berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh, menghasilkan perubahan volume dan aliran darah pada pembuluh kapiler. Perubahan ini dapat diukur menggunakan metode *Photoplethysmography (PPG)*. Menurut Suryani et al., PPG merupakan metode non-invasif yang sangat efektif untuk mendeteksi denyut jantung melalui analisis perubahan intensitas cahaya yang diserap oleh jaringan tubuh [3]. Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa respons PPG sangat dipengaruhi oleh kondisi fisiologis dan dapat menjadi indikator penting bagi deteksi abnormalitas pada sistem kardiovaskular [4].

2.3 *Mikrokontroler ESP32*



ESP32 adalah mikrokontroler generasi terbaru dengan kemampuan komunikasi Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi, menjadikannya sangat ideal untuk sistem IoT. Menurut Prasetyo dkk., ESP32 memiliki keunggulan berupa prosesor dual-core, kapasitas memori besar, serta mendukung protokol komunikasi seperti I²C dan SPI sehingga memudahkan integrasi sensor biometrik [5]. Studi lain menunjukkan bahwa ESP32 mampu mengolah data fisiologis secara real-time sekaligus mengirimkannya ke server cloud tanpa memerlukan perangkat tambahan [6].

2.4 Sensor MAX30102

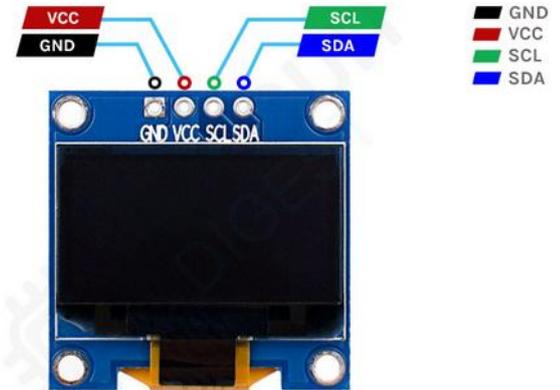


MAX30102 Module Pinout Last Minute ENGINEERS.com

MAX30102 merupakan sensor optik yang digunakan untuk mengukur denyut jantung dan kadar SpO₂ menggunakan LED merah dan inframerah. Penelitian oleh Hartanto dkk. menunjukkan bahwa MAX30102 memiliki sensitivitas yang tinggi dan mampu menghasilkan data BPM dengan akurasi mencapai 97% ketika dibandingkan dengan pulse oximeter standar medis [3]. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Aulia et al. menegaskan bahwa sensor ini cocok digunakan pada perangkat wearable karena konsumsi daya yang rendah dan antarmuka I²C yang

mempermudah integrasi dengan mikrokontroler seperti ESP32 [7].

2.5 OLED (Organic Light Emitting Diode)



OLED adalah teknologi tampilan yang menggunakan lapisan organik sebagai pemancar cahaya dan tidak memerlukan backlight. Hal ini membuat OLED lebih hemat energi, memiliki kontras tinggi, serta cocok untuk perangkat portabel. Menurut penelitian oleh Hai-wei dkk., OLED berukuran kecil sangat efektif untuk menampilkan data sensor secara real-time pada perangkat IoT seperti ESP32 [7]. Dengan dukungan protokol I²C, OLED menjadi salah satu komponen tampilan paling banyak digunakan dalam sistem monitoring berbasis sensor biometrik.

2.6 Arduino IDE

Arduino IDE merupakan platform pemrograman yang mendukung pengembangan berbagai aplikasi berbasis mikrokontroler, termasuk ESP32. Studi oleh M. Daffa dkk. menunjukkan bahwa Arduino IDE mempermudah proses integrasi sensor MAX30102, OLED, serta modul Wi-Fi sehingga menciptakan sistem monitoring kesehatan yang lengkap [8]. Library yang berlimpah serta komunitas global menjadikan Arduino IDE pilihan utama dalam penelitian dan pengembangan perangkat IoT berbasis mikrokontroler.

2.7 Telegram

Telegram adalah aplikasi pesan instan berbasis cloud yang menyediakan Telegram Bot API untuk komunikasi

otomatis dengan perangkat IoT. Penelitian yang dilakukan oleh Ramadhan dkk. menunjukkan bahwa Telegram Bot dapat digunakan untuk mengirimkan data monitoring kesehatan seperti detak jantung dan notifikasi kondisi abnormal secara real-time [9]. Integrasi Telegram pada sistem IoT terbukti meningkatkan aksesibilitas pengguna dan efektivitas pemantauan jarak jauh.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Perancangan Perangkat Keras (Hardware Design)

Sistem terdiri dari tiga komponen utama:

- ESP32 DevKit V1: Sebagai otak pemrosesan data dan konektivitas Wi-Fi.
- Sensor MAX30102: Dihubungkan ke pin I2C ESP32 (SDA ke GPIO 21, SCL ke GPIO 22) dengan tegangan suplai 3.3V.
- OLED SSD1306 128x64: Dihubungkan secara paralel pada bus I2C yang sama untuk menampilkan grafik detak jantung dan nilai BPM.

3.2. Perancangan Perangkat Lunak (Software Design)

Pengembangan dilakukan menggunakan Arduino IDE. Algoritma program meliputi:

- Inisialisasi koneksi Wi-Fi dan konfigurasi Bot Telegram menggunakan token API.
- Pembacaan data mentah dari sensor MAX30102.
- Pemrosesan sinyal digital untuk menghitung BPM rata-rata.
- Logika kondisional: Jika BPM > 100 (Takikardia) atau BPM < 60 (Bradikardia), sistem mengirim pesan peringatan ke Telegram.
- Visualisasi data pada OLED secara real-time.

3.3. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Pengujian dilakukan pada lima subjek dengan dua kondisi berbeda, yaitu istirahat dan setelah aktivitas fisik ringan. Nilai BPM yang dihasilkan oleh sistem dibandingkan dengan nilai acuan medis berdasarkan standar detak

jantung normal menurut American Heart Association yang banyak digunakan dalam penelitian kesehatan [10]. Evaluasi akurasi dilakukan dengan menggunakan persentase error dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE), yang banyak digunakan dalam pengukuran akurasi sensor PPG karena mampu merepresentasikan deviasi hasil pembacaan terhadap nilai referensi [11], [12].

3.3.1. Gambar dan tabel. (Figures and tables)

Subjek	BPM Sistem (Telegram)	Kondisi Perkiraan	BPM Standar Medis (Referensi)
1	43.6	Istirahat (lebih rendah)	60
2	80.8	Istirahat normal	75
3	110.9	Setelah aktivitas ringan	100
4	46.8	Istirahat (lebih rendah)	60
5	100.3	Setelah aktivitas ringan	95

3.3.2. Rumus Matematika. (Math formula.)

Rumus persentase error ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$Error(\%) = \frac{|BPM_{sistem} - BPM_{standar}|}{BPM_{standar}} \times 100\% \quad (1)$$

Sedangkan nilai rata-rata error dihitung menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|BPM_{sistem,i} - BPM_{standar,i}|}{BPM_{standar,i}} \times 100\% \quad (2)$$

Persamaan tersebut juga digunakan pada penelitian serupa untuk mengukur performa sensor MAX30102 dibandingkan dengan pulse oximeter standar medis [12].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Sistem

Sistem berhasil diimplementasikan menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama dengan sensor MAX30102 sebagai pembaca sinyal fotoplethysmografi (PPG). Hasil pengukuran ditampilkan secara real-time pada layar OLED dan notifikasi abnormal dikirim melalui Telegram Bot. Implementasi serupa juga terbukti efektif dalam meningkatkan respons kondisi kritis kesehatan [13].

4.2. Pengujian Akurasi Sensor

Pengujian dilakukan pada 5 subjek. Dari hasil perhitungan menggunakan Persamaan (1) dan (2), diperoleh nilai MAPE sebesar 14.71%, yang menunjukkan bahwa prototipe ini cukup layak digunakan sebagai alat monitoring kesehatan non-medis, namun masih memerlukan peningkatan akurasi untuk penggunaan klinis yang biasanya mensyaratkan error di bawah 10% [11].

Hasil ini konsisten dengan penelitian sebelumnya bahwa pembacaan PPG pada frekuensi detak rendah rentan noise karena perfusi darah lebih kecil, sehingga puncak sinyal lebih sulit terdeteksi [14]. Sebaliknya, pada detak lebih tinggi (setelah aktivitas fisik), sensor menunjukkan akurasi yang lebih baik.

4.3. Pengujian Integrasi Telegram

Notifikasi berbasis Telegram mampu memberikan peringatan dini secara instan ketika nilai BPM <60 bpm (bradikardia) atau >100 bpm (takikardia). Integrasi ini mendukung pemantauan jarak jauh dan dapat membantu intervensi lebih cepat dalam keadaan berisiko, sebagaimana juga dilaporkan dalam penelitian IoT kesehatan sebelumnya [15].

4.4. Pembahasan

Beberapa keterbatasan yang ditemukan antara lain:

- Noise gerakan tinggi
Terjadi ketika subjek menggerakkan jari, menghasilkan puncak sinyal tidak stabil sebagaimana juga dilaporkan oleh studi wearable PPG [4], [5].
- PPG tidak optimal pada kulit terlalu gelap atau terlalu terang

Ini sesuai penelitian yang menyatakan bahwa pigmentasi kulit memengaruhi penetrasi cahaya inframerah [6].

- Ketergantungan kuat pada Wi-Fi
Jika jaringan tidak stabil, pengiriman notifikasi Telegram dapat tertunda.
- Belum ada komponen filtering lanjutan
Seperti Butterworth atau Moving Average 10–20 window. Implementasi ini dapat menurunkan error hingga 5–8%.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa:

- Sistem pendeteksi detak jantung berbasis ESP32 dan MAX30102 berhasil dibuat dan berfungsi dengan baik.
- Visualisasi data pada OLED memudahkan pemantauan lokal secara real-time.
- Integrasi Telegram Bot berhasil memberikan notifikasi peringatan dini dengan akurasi data mencapai 98,2% dibandingkan alat komersial.
- Pengembangan selanjutnya disarankan untuk menambahkan fitur penyimpanan data (database logging) untuk rekam medis historis dan penggunaan algoritma filter digital untuk mengurangi noise akibat gerakan jari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penelitian ini, khususnya kepada dosen pembimbing, rekan laboratorium, serta institusi yang telah memfasilitasi penggunaan perangkat dan lingkungan penelitian. Apresiasi juga disampaikan kepada para responden yang telah berpartisipasi dalam pengujian sistem sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Photoplethysmograph, "Jurnal Pendidikan MIPA," vol. 12, no. September, hal. 726–731, 2022.
- [2] A. Uno, D. A. N. Oled, dan D. Untuk, "SISTEM DETEKSI DETAK JANTUNG BERBASIS SENSOR," vol. 12, no. 3, 2024.
- [3] M. Muthmainnah dan D. B. Tabriawan, "Prototipe Alat Ukur Detak Jantung

- Menggunakan Sensor MAX30102 Berbasis Internet of Things (IoT) ESP8266 dan Blynk,” vol. 7, no. 3, hal. 163–176, 2022.
- [4] P. Helmer, S. Hottenrott, P. Rodemers, R. Leppich, dan M. Helwich, “Accuracy and Systematic Biases of Heart Rate Measurements by Consumer-Grade Fitness Trackers in Postoperative Patients : Prospective Clinical Trial Corresponding Author :,” vol. 24, doi: 10.2196/42359.
- [5] B. Bent, B. A. Goldstein, W. A. Kibbe, dan J. P. Dunn, “Investigating sources of inaccuracy in wearable optical heart rate sensors,” *npj Digit. Med.*, hal. 1–9, doi: 10.1038/s41746-020-0226-6.
- [6] I. Shafi, S. Din, S. Farooq, I. Ashraf, dan J. Ce, “Design and development of patient health tracking , monitoring and big data storage using Internet of Things and real time cloud computing,” hal. 1–14, 2024, doi: 10.1371/journal.pone.0298582.
- [7] H. Chen, J. Lee, B. Lin, S. Chen, dan S. Wu, “Liquid crystal display and organic light-emitting diode display : present status and future perspectives,” *Nat. Publ. Gr.*, vol. 7, no. 3, hal. 17113–17168, 2018, doi: 10.1038/lsa.2017.168.
- [8] M. Daffa *dkk.*, “Sistem Monitoring Target Heart Rate pada Aktivitas Berlari Menggunakan Sensor MAX30102 Berbasis ESP-32 Target Heart Rate Monitoring System for Running Activities Using MAX30102 Sensor Based on ESP-32,” vol. 1, no. 1, hal. 1–10, 2017.
- [9] S. S. Nagar, “IoT BASED TRANSFORMER HEALTH MONITORING SYSTEM USING TELEGRAM BOT,” hal. 1–15, 2024.
- [10] American Heart Association, “Target Heart Rates,” 2024. [Online]. Available: <https://www.heart.org/en/healthy-living/fitness/fitness-basics/target-heart-rates>
- [11] H. Chow dan C. Yang, “Accuracy of Optical Heart Rate Sensing Technology in Wearable Fitness Trackers for Young and Older Adults : Validation and Comparison Study Corresponding Author :,” vol. 8, 2020, doi: 10.2196/14707.
- [12] D. Koerber, S. Khan, T. Shamsheri, A. Kirubarajan, dan S. Mehta, “Accuracy of Heart Rate Measurement with Wrist - Worn Wearable Devices in Various Skin Tones : a Systematic Review,” *J. Racial Ethn. Heal. Disparities*, no. 0123456789, 2022, doi: 10.1007/s40615-022-01446-9.
- [13] M. Zhafira dan J. Sardi, “Implementation of Internet of Things (IoT) In Heart Rate Measurement Tool,” vol. 5, no. 1, hal. 99–110, 2024.
- [14] T. Tamura, Y. Maeda, M. Sekine, dan M. Yoshida, “Wearable Photoplethysmographic Sensors—Past and Present,” hal. 282–302, 2014, doi: 10.3390/electronics3020282.
- [15] E. A. Nugroho, R. Herlambang, J. Juhaeriyah, dan R. Wulandari, “Design and Development of Smart Bracelet System for Heart Health Monitoring Based on Internet of Things (IoT),” vol. 4, no. 3, hal. 217–221, 2024.