

Rompi Dengan Alat Pendeteksi Detak Jantung Dan Suhu Tubuh Berbasis Esp32

Moch Yasin Candra Pratama¹, Suolistiyanto², Juvinal Ximenes Guterres³

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Nurul Jadid, Indonesia

Teknik Informatika, Universidade Oriental Timor Lorosa'e

Email : soelis@unuja.ac.id

Article Info

Article history:

Received Oktober 27, 2025

Revised Oktober 28, 2025

Accepted Oktober 29, 2025

Keywords:

Detak jantung,
suhu tubuh,
ESP32,
IoT,
Puskesmas

ABSTRAK

Kesehatan merupakan aspek vital dalam kehidupan manusia, dan pemantauan detak jantung serta suhu tubuh menjadi indikator utama untuk menilai kondisi fisiologis seseorang. Namun, keterbatasan alat dan tenaga medis di fasilitas layanan primer seperti Puskesmas Pembantu Desa Sentul masih menjadi kendala dalam pemantauan kesehatan yang cepat dan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan rompi pendeteksi detak jantung dan suhu tubuh berbasis mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi dengan sensor MAX30102 dan MLX90614 serta terintegrasi dengan platform Internet of Things (IoT) Ubidots. Metode penelitian meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian akurasi sensor, serta evaluasi kinerja sistem secara *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MLX90614 memiliki tingkat kesalahan rata-rata sebesar 0,65% untuk pengukuran suhu tubuh, sedangkan sensor MAX30102 menunjukkan kesalahan sebesar 6,12% untuk detak jantung. Sistem berbasis IoT mampu mengirimkan data secara stabil melalui konektivitas Wi-Fi menggunakan ESP32, meskipun daya baterai hanya bertahan sekitar 40 menit dalam pengoperasian berkelanjutan. Berdasarkan hasil tersebut, sistem ini dinilai efektif untuk pemantauan kesehatan dasar dan berpotensi membantu tenaga medis di wilayah dengan sumber daya terbatas. Pengembangan selanjutnya direkomendasikan untuk meningkatkan kapasitas baterai dan mengintegrasikan algoritma *machine learning* guna meningkatkan akurasi analisis data kesehatan.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Corresponding Author Name,

Affiliation, Address, City and Postcode, Country

Email: xxxxxx@education.edu.my

1. PENDAHULUAN

Kesehatan merupakan aspek penting dalam kehidupan manusia, di mana pemantauan kondisi fisiologis secara berkelanjutan memiliki peran besar dalam menjaga kesejahteraan individu. Detak jantung dan suhu tubuh adalah dua parameter vital yang mencerminkan kondisi fisik seseorang [1]. Namun, di banyak fasilitas kesehatan, terutama di daerah pedesaan, proses pemantauan masih dilakukan secara manual sehingga memperlambat penanganan pasien dan menurunkan efektivitas pelayanan, khususnya dalam kondisi darurat. Peningkatan jumlah penduduk yang tidak diimbangi dengan ketersediaan tenaga medis dan infrastruktur yang memadai juga memperburuk efektivitas sistem pelayanan kesehatan [2].

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT) dalam sistem pemantauan kesehatan. Ramadhan et al. [3] mengembangkan sistem pemantauan berbasis IoT namun belum memperhatikan aksesibilitas bagi masyarakat di daerah terpencil. Setyawan et al. [4] merancang alat deteksi kelainan jantung menggunakan sensor AD8232 dan analisis machine learning, namun akurasi dan keandalannya masih perlu diuji lebih lanjut. Penelitian lain oleh Amame et al. [5] hanya berfokus pada aspek kebugaran tanpa memperluas penerapan pada pemantauan tanda vital, sementara Vidyastari et al. [6] mengembangkan alat berbasis Arduino namun belum diuji dalam konteks layanan

kesehatan masyarakat. Aji dan Utami [7] juga meneliti sistem pemantauan detak jantung dengan sensor MAX30102, tetapi belum memanfaatkan analisis cerdas berbasis algoritma pembelajaran mesin.

Dari berbagai penelitian tersebut, masih terdapat kesenjangan penelitian (research gap) berupa kebutuhan akan perangkat pemantauan kesehatan yang ekonomis, mudah digunakan, dan mampu bekerja secara real-time di fasilitas kesehatan dengan sumber daya terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada pengembangan perangkat wearable dengan biaya tinggi atau pengujian terbatas di lingkungan laboratorium. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan baru yang tidak hanya inovatif tetapi juga relevan untuk digunakan di tingkat pelayanan kesehatan dasar seperti Puskesmas Pembantu.

Penelitian ini mengusulkan pengembangan alat pemantau detak jantung dan suhu tubuh berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan rompi sebagai perangkat wearable. Sistem ini dirancang agar mampu memantau kondisi kesehatan pengguna secara real-time, mengirimkan data secara nirkabel kepada tenaga medis, serta dapat diimplementasikan dengan biaya yang terjangkau. Inovasi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pemantauan kesehatan, mengurangi beban kerja tenaga medis, dan mendukung peningkatan kualitas layanan kesehatan di wilayah pedesaan seperti Puskesmas Pembantu Desa Sentul. Sistem ini mengintegrasikan sensor MAX30102 untuk detak jantung dan DS18B20 untuk suhu tubuh, dengan mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai pengolah data dan modul komunikasi nirkabel melalui Wi-Fi atau Bluetooth, sehingga memungkinkan pemantauan secara real-time dari perangkat medis jarak jauh.

2. METHOD

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan sistematis yang dirancang untuk memastikan alat pendeteksi detak jantung dan suhu tubuh berbasis Internet of Things (IoT) dapat berfungsi secara optimal sesuai dengan tujuan penelitian. Gambar 1 berikut menampilkan alur penelitian yang menggambarkan tahapan proses mulai dari studi pendahuluan hingga tahap akhir evaluasi dan kesimpulan. Setiap tahapan dalam alur tersebut dijelaskan secara rinci pada bagian ini.



Gambar 1. Diagram alur Penelitian

Tahapan awal penelitian ini diawali dengan studi pendahuluan untuk mengidentifikasi permasalahan dan memahami latar belakang yang mendasari proyek pengembangan alat pendeteksi detak jantung berbasis Internet of Things (IoT). Studi ini bertujuan untuk mengenali kebutuhan sistem, lingkungan operasional, serta batasan teknis dalam implementasi alat [8]. Setelah itu dilakukan penelusuran literatur untuk memperoleh teori, konsep, dan penelitian terdahulu yang relevan sebagai landasan ilmiah dalam perancangan sistem [9], [10].

Berdasarkan hasil studi dan literatur tersebut, tahap selanjutnya adalah perancangan sistem. Kegiatan ini meliputi penyusunan diagram blok, perancangan rangkaian elektronik, serta penentuan spesifikasi komponen utama seperti mikrokontroler ESP32, sensor detak jantung, dan modul komunikasi nirkabel. Pemilihan komponen dilakukan dengan mempertimbangkan efisiensi daya, kecepatan transmisi data, serta kompatibilitas terhadap sistem IoT berbasis cloud [11].

Tahap berikutnya adalah pembuatan dan perakitan alat. Pada tahap ini, seluruh komponen dirakit sesuai desain yang telah ditetapkan. Sistem kemudian diuji untuk memastikan kinerja perangkat berjalan sesuai fungsi yang dirancang. Pengujian meliputi akuisisi data detak jantung dan transmisi data secara real-time menggunakan jaringan Wi-Fi yang diintegrasikan dalam mikrokontroler ESP32 [12].

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen melalui observasi langsung terhadap hasil pengujian perangkat. Observasi dilakukan untuk memperoleh data performa sistem dalam kondisi operasional nyata, termasuk tingkat keakuratan sensor dan kestabilan transmisi data [13]. Data hasil pengujian dianalisis secara kuantitatif guna mengevaluasi efisiensi dan keandalan sistem. Hasil analisis tersebut menjadi dasar dalam penarikan kesimpulan mengenai keberhasilan sistem dalam memenuhi tujuan penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain dan Realisasi Alat

Penelitian ini menghasilkan sistem pemantauan detak jantung dan suhu tubuh berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan Internet of Things (IoT). Alat ini dirancang untuk memberikan kemudahan bagi tenaga medis dalam melakukan pemantauan kondisi pasien secara real-time melalui platform Ubidots.

Desain fisik alat terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor MLX90614 untuk pengukuran suhu tubuh, sensor MAX30102 untuk deteksi detak jantung, NodeMCU ESP32 sebagai pusat kendali, LCD OLED untuk tampilan data, push button start, modul charger, dan baterai Li-ion sebagai sumber daya.

Gambar 2, menunjukkan tampilan fisik perangkat hasil perancangan,



Gambar 2. Fisik perangkat hasil perancangan

sedangkan Gambar 3. Merupakan desain rompi dengan Sensor Detak jantung dan Suhu. memperlihatkan rancangan desain alat menggunakan aplikasi *EasyEDA*,



Gamar 3. Desain Rompi dengan Sensor Detak jantung dan Suhu

yang kemudian diaplikasikan pada rompi wearable sehingga pengguna dapat memakainya secara praktis. Desain ini memungkinkan pemantauan suhu dan detak jantung secara nirkabel, mendukung konsep *wearable healthcare device* [14], [15].

3.2. Pengujian Sensor Suhu MLX90614

Pengujian dilakukan untuk mengetahui akurasi dan stabilitas sensor MLX90614 dalam membaca suhu tubuh manusia. Sensor dihubungkan dengan ESP32, dan hasil pengukuran ditampilkan pada LCD serta dikirim ke Ubidots Cloud secara *real-time*. Sebagai pembanding, digunakan termometer digital standar medis.

Tabel 1 menampilkan hasil pengujian sensor MLX90614 terhadap 20 sampel dengan perbandingan terhadap alat pembanding.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor MLX90614

No	Subjek	Hari dan tanggal	Termometer digital °C	Alat skripsi °C	Selisih	Error
1	Ny.A	Senin, 16 june 2025	33,7	33,4	0,3	0,8
2	Tn.E	Senin, 16 june 2025	33,5	33,2	0,3	0,2
3	Tn.D	Senin, 16 june 2025	33,6	33,2	0,4	1,1
4	Tn.R	Senin, 16 june 2025	33,9	33,7	0,2	0,5
5	Tn.A	Senin, 16 june 2025	33,7	33,6	0,1	0,2
6	Tn.B	Selasa, 17 june 2025	33,8	33,6	0,2	0,5
7	Tn.A	Selasa, 17 june 2025	35,6	35,4	0,2	0,5
8	Ny.F	Selasa, 17 june 2025	36,7	36,4	0,3	0,8
9	Ny.D	Selasa, 17 june 2025	35,8	35,7	0,1	0,2
10	Tn.A	Selasa, 17 june 2025	35,6	35,4	0,2	0,5
11	Ny.I	Rabu, 18 june 2025	36,9	36,8	0,1	0,2
12	Tn.R	Rabu, 18 june 2025	36,3	36,0	0,3	0,8
13	Tn.D	Rabu, 18 june 2025	36,4	36,3	0,1	0,2
14	Ny.C	Rabu, 18 june 2025	35,7	35,5	0,2	0,5
15	Tn.H	Rabu, 18 june 2025	37,6	37,5	0,1	0,2

16	Tn.J	Kamis, 19 June 2025	36,6	36,4	0,2	0,5
17	Tn.A	Kamis, 19 June 2025	35,5	34,4	1,1	0,3
18	Tn.W	Kamis, 19 June 2025	36,4	35,2	1,2	3,2
19	Tn.F	Kamis, 19 June 2025	35,8	35,4	0,4	1,1
20	Ny.I	Kamis, 19 June 2025	37,8	37,8	0	0
Rata-rata <i>error</i>						0,65 %

. Adapun perhitungan persentase *error* dan rata rata *error* dari pengukuran sensor MLX90614 suhu tubuh sebagai berikut :

$$\%error = x = \frac{\text{Nilai Termometer} - \text{Suhu tubuh}}{\text{Nilai termometer}} \times 100$$

Berdasarkan rumus yang tertulis diatas, dari hasil perhitungan yang di dapatkan:

Perhitungan dibawah ini menggunakan data nomor 1 dengan sebuah data :

Suhu tubuh = 33,4

Nilai termometer = 33,7

$$\%error = \frac{33,7 - 33,4}{33,7} \times 100\%$$

$$\%error = \frac{0,3}{33,7} \times 100\%$$

$$\%error = 0,008 \times 100\%$$

$$\%error \times = 0,8\%$$

Dari nilai selisih pada tabel 1, maka dapat ditentukan standar deviasi dari alat yang telah di rancang dengan menggunakan persamaan, dapat dilihat pada rumus sebagai berikut :

x = Rata rata *error*

Σxi = Total nilai *error*

n = Jumlah sampel data

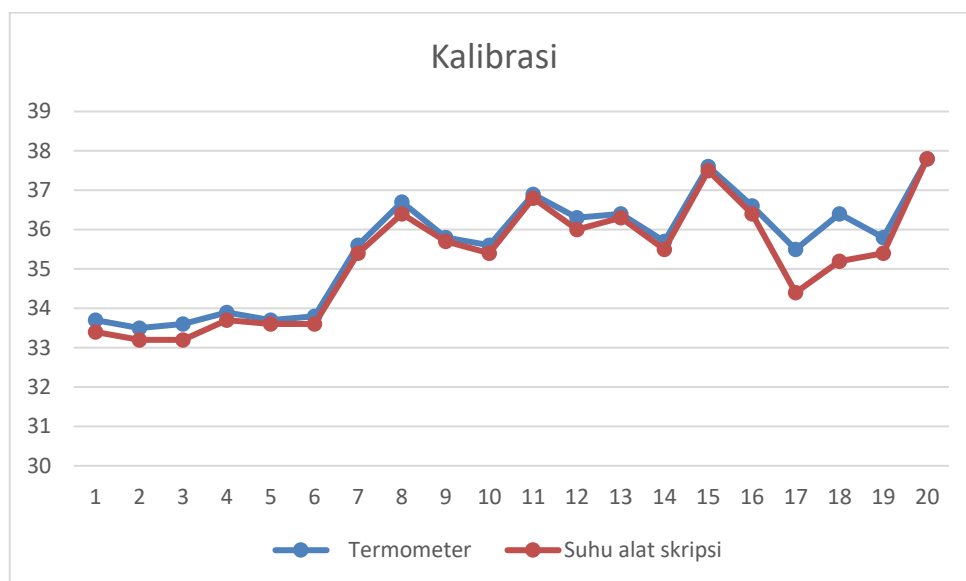
$$x = \frac{\Sigma xi}{n}$$

$$x = \frac{13}{20}$$

$$x = 0,65\%$$

Perhitungan di atas menunjukan bahwa kesalahan pengukuran suhu adalah 0,65% selisih pengukuran tersebut kemungkinan disebabkan beberapa faktor diantaranya:

1. Sensor yang di gunakan tidak memiliki posisi yang tepat sehingga pembacaan sensor kurang akurat.
2. Rangkain yang masih kurang rapi dan pengkabelan terlalu panjang.



Gambar 1. Kalibrasi hasil uji alat

3.2 Pengujian Sensor Detak Jantung MAX30102

Sensor **MAX30102** berfungsi untuk membaca denyut nadi (BPM) dengan teknologi optik berbasis *Photoplethysmography (PPG)*. Sensor ini dihubungkan ke ESP32, dan hasilnya ditampilkan melalui LCD serta dikirimkan ke **Ubidots Cloud** secara *real-time*.

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap **oximeter medis** sebagai alat pembanding. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor MAX30102

No	Subjek	Hari dan tanggal	Oximeter BPM	BPM alat	Selisih	error
1	Ny.A	Senin, 16 June 2025	60	55	5	8,3
2	Tn.E	Senin, 16 June 2025	80	73	7	8,7
3	Tn.D	Senin, 16 June 2025	80	75	5	6,2
4	Tn.R	Senin, 16 June 2025	81	75	6	7,4
5	Tn.A	Senin, 16 June 2025	79	75	4	0,5
6	Tn.B	Selasa, 17 June 2025	70	65	5	7,1
7	Tn.A	Selasa, 17 June 2025	79	72	7	8,8
8	Ny.F	Selasa, 17 June 2025	80	76	4	0,5
9	Ny.D	Selasa, 17 June 2025	109	104	5	4,5
10	Tn.A	Selasa, 17 June 2025	60	56	4	6,6
11	Ny.I	Rabu, 18 June 2025	71	67	4	5,6
12	Tn.R	Rabu, 18 June 2025	73	69	4	5,4
13	Tn.D	Rabu, 18 June 2025	107	101	6	5,6
14	Ny.c	Rabu, 18 June 2025	86	83	3	3,4
15	Tn.H	Rabu, 18 June 2025	90	82	8	8,8
16	Tn.J	Kamis, 19 June 2025	85	79	6	7,5

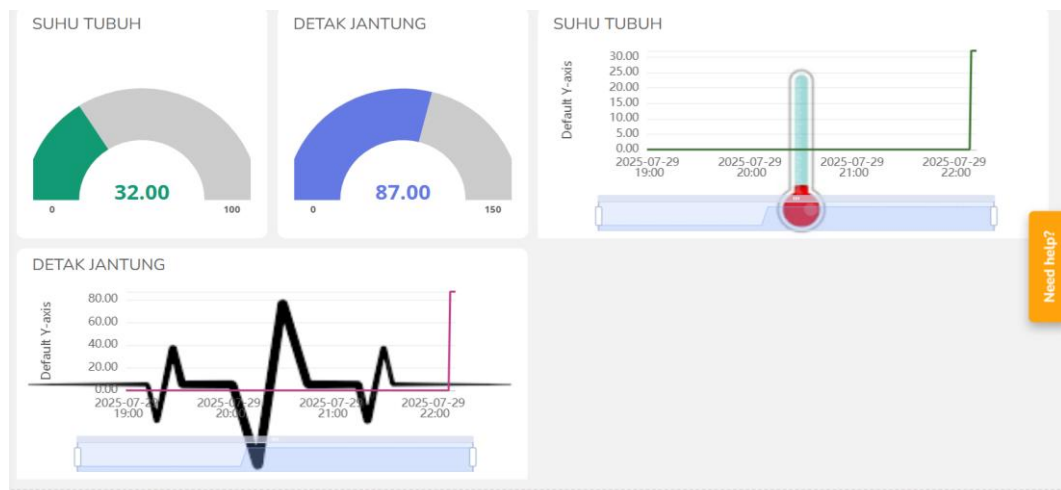
17	Tn.A	Kamis,19June2025	107	98	9	8,4
18	Tn.W	Kamis,19June2025	86	81	5	5,8
19	Tn.F	Kamis,19June2025	90	84	6	6,6
20	Ny.I	Kamis,19June2025	102	95	7	6,8
Rata-rata error						6,12%

Rata-rata error yang diperoleh sebesar **6.12%**, dengan perhitungan menggunakan Persamaan (2):

$$\%Error = \frac{(BPM_{ref} - BPM_{sensor})}{BPM_{ref}} \times 100$$

Nilai error tersebut masih berada dalam batas wajar untuk sistem pemantauan *wearable* [5]. Perbedaan hasil disebabkan oleh pergerakan subjek saat pengujian dan posisi jari pada sensor yang tidak konstan.

3.3. Display Aplikasi Ubidots



Gambar 2. Antarmuka di ubidots

Gambar 2, Diatas menampilkan antarmuka pemantauan suhu tubuh dan detak jantung yang terhubung dengan platform Internet of Things (IoT). Terdapat dua panel utama berbentuk meteran (gauge) yang menunjukkan hasil pengukuran, yaitu suhu tubuh sebesar 32,00°C dan detak jantung sebesar 87,00 BPM. Terdapat grafik suhu tubuh yang divisualisasikan dalam bentuk termometer. Grafik ini menunjukkan perubahan suhu tubuh berdasarkan waktu, dan tampak adanya kenaikan suhu secara signifikan di akhir pengukuran. Sementara itu, grafik detak jantung ditampilkan menyerupai sinyal EKG, memperlihatkan fluktuasi denyut jantung dari waktu ke waktu dengan beberapa puncak aktivitas. Di bagian akhir grafik terlihat adanya lonjakan nilai, yang menandakan peningkatan detak jantung atau batas akhir sesi pengukuran.

Secara keseluruhan, visualisasi ini bertujuan untuk memberikan kemudahan dalam memantau kondisi tubuh secara real-time melalui data yang dikirim langsung dari sensor ke dashboard monitoring.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem rompi pendeteksi detak jantung dan suhu tubuh berbasis ESP32 yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem ini berhasil berfungsi dengan baik sesuai tujuan penelitian. Sensor MLX90614 menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik dengan

Moch Yasin Candra Pratama: Rompi Dengan Alat Pendeteksi ...

rata-rata kesalahan 0,65%, sedangkan sensor MAX30102 memiliki performa yang cukup baik dengan rata-rata kesalahan 6,12%. Secara kualitatif, sistem mampu menampilkan data secara real-time, responsif, dan mudah diakses melalui platform IoT Ubidots, sehingga memberikan kemudahan bagi tenaga medis dalam melakukan pemantauan kondisi pasien. Secara keseluruhan, sistem ini dinilai layak untuk digunakan sebagai alat bantu monitoring kesehatan, meskipun diperlukan peningkatan pada efisiensi daya guna memperpanjang waktu operasional perangkat.

Ucapan Terimakasih

Penulis ucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penelitian ini seperti pengurus Puskesmas Pembantu Desa Sentul yang telah dengan terbuka membantu dalam pengambilan data untuk uji coba alat ini. Juga kepada dosen pembimbing bapak Sulistiyanto, ST, MT

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Al-Khazraji, M. Y. Jasim, and A. A. Al-Saedi, "Design and Implementation of IoT-Based Health Monitoring System," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 11, no. 6, pp. 233–240, 2020.
- [2] M. Z. Islam et al., "Wearable IoT Health Monitoring System for Early Disease Detection," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 98749–98759, 2021.
- [3] N. Singh and A. Kumar, "Temperature Measurement Using Infrared Sensor MLX90614," *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 345–348, 2020.
- [4] S. Patel and M. Park, "Accuracy Analysis of Non-Contact Temperature Sensors," *Sensors*, vol. 20, no. 8, pp. 1–10, 2020.
- [5] J. D. Lee, "Performance Evaluation of MAX30102 Heart Rate Sensor," *IEEE Sensors Journal*, vol. 22, no. 4, pp. 3890–3898, 2022.
- [6] T. Nguyen et al., "IoT-Based Real-Time Health Monitoring via Cloud," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 8, no. 12, pp. 9871–9882, 2021.
- [7] A. Rahman and D. Widodo, "ESP32-Based Wireless Patient Monitoring System," *Journal of Electronics and Communications*, vol. 17, no. 3, pp. 145–152, 2023.
- [8] L. Kamajaya, A. Pracoyo, L. N. Palupi, and A. R. Hidayat, "Sistem Telemonitoring Kesehatan Berbasis IoT," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 10, no. 2, pp. 137–145, 2023. doi: 10.33795/elkolind.v10i2.3062
- [9] T. M. J. Kulon, H. I. R. Mosey, and V. A. Suoth, "Pemantauan Suhu Tubuh dan Detak Jantung Berbasis IoT dan Terintegrasi ThingSpeak, SMS dan Telegram," *Jurnal MIPA*, vol. 13, no. 1, pp. 23–28, 2023. doi: 10.35799/jm.v13i1.51280
- [10] T. Moller, Y. Georgie, M. Voss, and L. Kaltwasser, "An Arduino Based Heartbeat Detection Device (ArdMob-ECG) for Real-Time ECG Analysis," in *Proc. IEEE Signal Processing in Medicine and Biology Symposium (SPMB)*, 2022, pp. 1–26. doi: 10.1109/SPMB55497.2022.10014819
- [11] S. F. Nadirah et al., "Narrative Review: Penerapan Internet of Things dalam Monitoring Kesehatan Pasien Jarak Jauh," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Siliwangi*, vol. 3, no. 1, pp. 16–23, 2025.
- [12] I. W. Ramadhan et al., "Penerapan IoT dalam Sistem Monitoring Kesehatan: Inovasi dan Implementasi," *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, vol. 23, no. 4, pp. 763–772, 2024.
- [13] D. Salsabila, A. T. Hanuranto, and A. I. Irawan, "Sistem Monitoring Denyut Jantung Berbasis IoT Menggunakan Protokol XMPP," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 2, no. 2, pp. 171–178, 2022.
- [14] T. R. Setyawan, T. K. Wibowo, A. Hidayatno, and E. Handoyo, "Analisis Hasil EKG Berbasis Machine Learning," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 13, no. 2, pp. 52–57, 2024.
- [15] Sunardi and D. G. Mudzakkir, "Monitoring Detak Jantung dan Menampilkan Suhu Tubuh Menggunakan MLX90614 Berbasis Android," *Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 7, pp. 1899–1908, 2023.
- [16] I. R. Vidyastari, N. M. Rohma, and M. Mohsin, "Alat Monitoring Detak Jantung dan Suhu Tubuh Berbasis Arduino sebagai Upaya Menjaga Kesehatan Pasca Pandemi," *CYCLOTRON: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 74–76, 2023. [Online]. Available: <https://journal.um-surabaya.ac.id/cyclotron/article/view/19444>
- [17] I. Y. Zaki and L. Anifah, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Detak Jantung, Suhu Tubuh, dan Cairan Infus Berbasis Internet of Things," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 12, no. 2, pp. 14–22, 2023. doi: 10.26740/jte.v12n2.p14-22

- [18] Sulistiyanto S, Imaduddin I, Nadhiroh AY, Widoretno S, Fahmi MH, Mukhlison M, Zuhair A, Pawening RE. IoT-based model for real-time monitoring of new and renewable energy systems. EUREKA: Physics and Engineering. 2025 Mar 31(3):36-48.
- [19] Sulistiyanto S, Mawardi I. Portable Smart Biogas Digester Using Pressure Sensor and Safety Valve Based on Internet of Things. Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM). 2024 May 1;6(1):243-51.