

Sistem Pemantauan Detak Jantung Berbasis ESP32 Menggunakan Sensor AK90 Dengan Antarmuka Web

Aqsa Chalik¹, Hidayatul Rohman², Luthfia Rosdiansyah³, Alief Fazrian⁴, and Hidayat^{5*}

¹ Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia; aqsachalik@gmail.com

² Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia; dadahidayat107@gmail.com

³ Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia; luthfiarosdiansyah@gmail.com

⁴ Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia; alieffazriansyah@gmail.com

⁵ Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia; hidayat@email.unikom.ac.id

* Korespondensi: hidayat@email.unikom.ac.id

Info Artikel:

Dikirim: 06 September 2025

Direvisi: 20 November 2025

Diterima: 21 November 2025

Abstract: Heart rate monitoring plays a crucial role in maintaining cardiovascular health, enabling early detection of disorders such as arrhythmia. This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-based heart rate monitoring system using the AK90 sensor and ESP32 microcontroller integrated with a web interface to support real-time monitoring and digital data storage. The system was developed using the Waterfall approach, consisting of requirement analysis, system design, implementation, testing, and deployment in a Posyandu environment. The AK90 sensor utilizes the principle of photoplethysmography to detect heart rate, with data processed by the ESP32, displayed on an OLED screen, and stored via a local web server. Testing on four subjects showed that the system was able to record heart rates within the normal range (60–100 BPM) after a 10-second sensor stabilization period, although initial readings often showed a value of 0 due to the initialization process. This system offers a practical, affordable, and standalone solution for heart health monitoring, with potential for future enhancements such as notifications and historical data analysis to support medical diagnosis.

Keywords: heart rate; IoT; photoplethysmography; real-time monitoring; web server.

Intisari: Pemantauan detak jantung memiliki peran krusial dalam menjaga kesehatan kardiovaskular, memungkinkan deteksi dini gangguan seperti aritmia. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pemantauan detak jantung berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor AK90 dan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan antarmuka web untuk mendukung pemantauan real-time dan penyimpanan data digital. Sistem ini dikembangkan melalui pendekatan Waterfall, mencakup tahap analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, dan penerapan di lingkungan Posyandu. Sensor AK90 memanfaatkan prinsip photoplethysmography untuk mendeteksi detak jantung, dengan data diolah oleh ESP32, ditampilkan pada layar OLED, dan disimpan melalui webserver lokal. Hasil pengujian pada empat subjek menunjukkan sistem mampu merekam detak jantung dalam rentang normal (60-100 BPM) setelah stabilisasi sensor selama 10 detik, meskipun data awal sering menunjukkan nilai 0 akibat proses inisialisasi. Sistem ini menawarkan solusi praktis, terjangkau, dan mandiri untuk memantau kesehatan jantung, dengan potensi pengembangan fitur tambahan seperti notifikasi dan analisis data historis untuk mendukung diagnosis medis.

Kata Kunci: detak jantung; IoT; photoplethysmography; pemantauan real-time; webserver.

1. Pendahuluan

Kesehatan jantung memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Denyut jantung berfungsi sebagai tanda awal untuk memahami kondisi fisik dan mental seseorang. Oleh karena itu, memantau detak jantung sangatlah penting, baik secara rutin maupun dalam situasi darurat. BPM (denyut per menit) adalah satuan yang digunakan untuk mengukur detak jantung dalam satu menit. Nilai BPM yang normal untuk individu dewasa berkisar antara 60 hingga 100 denyut per menit[1]. Apabila BPM berada di bawah 60, kondisi ini dikenal sebagai bradikardia, sedangkan jika lebih dari 100, disebut takikardia[2]. Kedua keadaan ini dapat menandakan adanya masalah pada sistem kardiovaskular yang memerlukan penanganan medis. Hingga kini, pengukuran detak jantung masih sering dilakukan dengan cara manual, yaitu menghitung denyut nadi pada pergelangan tangan[3].

Teknologi pemantauan detak jantung berbasis IoT menggunakan ESP32 dan sensor seperti AK90 atau sejenisnya telah banyak diimplementasikan dalam berbagai proyek kesehatan[4], [5], [6], terutama dalam penelitian dan pengembangan alat kesehatan berbiaya rendah. Sebagai contoh, proyek serupa telah dilakukan dengan menggunakan ESP32 yang diintegrasikan dengan sensor MAX30100/MAX30102 atau AD8232[7], [8] untuk memantau detak jantung dan saturasi oksigen (SpO2) secara real-time, dengan data ditransmisikan ke platform cloud seperti ThinkSpeak[8] untuk visualisasi dan analisis jarak jauh. Misalnya, sebuah studi pada tahun 2022 mengembangkan sistem pemantauan kesehatan berbasis ESP32 dengan sensor MAX30100 untuk memantau detak jantung dan SpO2, menampilkan data pada antarmuka web dan aplikasi seluler, dengan akurasi hingga 96% dibandingkan alat medis standar[7]. Proyek-proyek ini umumnya menawarkan solusi portabel dan terjangkau untuk pemantauan kesehatan, mirip dengan fitur deteksi detak jantung pada smartwatch modern[9]. tetapi dengan fokus pada fleksibilitas open-source dan biaya rendah untuk lingkungan dengan sumber daya terbatas.

Alat ini dibuat dan dirancang di Kampung Tegalcaang, Desa Parungserab, Kecamatan Soreang, Kabupaten Bandung. Sebagai respons terhadap keadaan fasilitas kesehatan di area ini, terutama dalam aspek pemantauan Kesehatan jantung. Dari pengamatan yang dilakukan di Lokasi, kegiatan posyandu yang secara rutin diadakan di Kawasan ini masih sangat terbatas dalam melakukan pemeriksaan detak jantung, baik manual maupun menggunakan perangkat digital. Hal ini menjadi alasan utama untuk mengembangkan alat ukur detak jantung yang sederhana, agar dapat digunakan sebagai tambahan dalam pemeriksaan Kesehatan di Tingkat desa, terutama bagi warga lanjut usia dan kelompok yang rentan. Implementasi sistem ini diharapkan membawa berbagai manfaat signifikan, baik bagi individu maupun tenaga medis. Dengan adanya sistem ini, deteksi dini gangguan irama jantung seperti aritmia bisa dilakukan lebih cepat dan akurat.

2. Metode

Model Waterfall adalah pendekatan pengembangan sistem yang terdiri dari tahapan berurutan, di mana setiap tahap harus diselesaikan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya[10]. Pendekatan ini digunakan dalam pengembangan sistem pemantauan detak jantung berbasis ESP32 untuk memastikan proses yang terorganisir dan terdokumentasi dengan baik. Berikut adalah gambaran tahapan Waterfall, beserta penjelasan masing-masing tahap:

4.1. Analisis Kebutuhan

Tahap awal dalam model *Waterfall* adalah analisis kebutuhan, di mana semua kebutuhan sistem diidentifikasi secara mendetail. Dalam proyek ini, kami menganalisis kebutuhan seperti pemilihan sensor detak jantung AK90 yang sesuai, kebutuhan antarmuka visual seperti layar OLED dan indikator LED, serta metode input data oleh pengguna, baik secara manual maupun melalui webserver. Proses ini melibatkan diskusi dengan pemangku kepentingan untuk memastikan sistem dapat memenuhi tujuan utama, yaitu pemantauan detak jantung secara real-time dan penyimpanan data secara digital.

4.2. Desain Sistem

Setelah kebutuhan teridentifikasi, tahap desain sistem dilakukan untuk merancang arsitektur sistem secara menyeluruh. Pada tahap ini, kami merancang diagram blok yang menggambarkan interaksi antara sensor AK90, mikrokontroler ESP32, layar OLED, dan webserver. Selain itu, rancangan skematik rangkaian dibuat untuk menjelaskan koneksi fisik antar komponen, seperti sambungan sensor ke ESP32 dan distribusi catu daya. Diagram alur juga disusun untuk memvisualisasikan alur kerja sistem, mulai dari inisialisasi hingga penyimpanan data.

4.3. Implementasi dan Pengkodean

Tahap implementasi melibatkan pengembangan perangkat lunak dan integrasi perangkat keras. Kode untuk mikrokontroler ESP32 ditulis menggunakan bahasa pemrograman C++ untuk mengolah data dari sensor AK90 dan mengirimkannya ke webserver lokal. Antarmuka webserver dikembangkan menggunakan HTML dan CSS untuk menampilkan data detak jantung secara visual. Seluruh komponen perangkat keras, seperti sensor, layar OLED, dan LED, diintegrasikan dengan ESP32 untuk memastikan sistem berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh.

4.4. Pengujian

Setelah implementasi selesai, sistem menjalani tahap pengujian untuk memverifikasi fungsionalitas dan akurasi. Pengujian dilakukan secara modular, mencakup pengujian sensor AK90 untuk memastikan pembacaan detak jantung yang akurat, pengujian mikrokontroler ESP32 untuk pemrosesan data, dan pengujian layar OLED untuk tampilan real-time.

Sensor AK90 diuji untuk memastikan akurasi pembacaan detak jantung berdasarkan prinsip photoplethysmography[11]. Hasilnya menunjukkan bahwa sensor memerlukan waktu stabilisasi 5-10 detik, ditandai dengan nilai BPM 0 pada awal pengukuran, sebelum menghasilkan data valid dalam rentang fisiologis. Mikrokontroler ESP32 diuji untuk memverifikasi pemrosesan data tanpa penundaan, menggunakan algoritma deteksi puncak untuk menghitung BPM dari sinyal analog sensor.

Komunikasi melalui protokol I2C antara ESP32 dan layar OLED terbukti stabil, dengan data BPM ditampilkan secara real-time tanpa kesalahan signifikan. LED indikator juga berfungsi dengan baik untuk menunjukkan status operasional sistem. Pengujian modular ini memastikan bahwa setiap komponen bekerja secara optimal sebelum integrasi penuh. Sistem juga diuji dalam kondisi nyata dengan melibatkan beberapa subjek untuk memastikan data BPM yang dihasilkan konsisten dan sesuai dengan rentang normal. Setiap masalah yang ditemukan selama pengujian diperbaiki untuk meningkatkan keandalan sistem.

4.5. Penerapan

Tahap penerapan melibatkan penggunaan sistem di lingkungan nyata, yaitu di Posyandu di rumah Bapak RT untuk pengumpulan data detak jantung masyarakat. Pada tahap ini, sistem dioperasikan untuk merekam data secara langsung, dengan hasil pengukuran ditampilkan pada layar OLED dan disimpan melalui webserver. Data yang terkumpul akan dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem dan mengidentifikasi potensi penyempurnaan di masa depan, memastikan sistem dapat digunakan secara efektif untuk pemantauan kesehatan masyarakat.

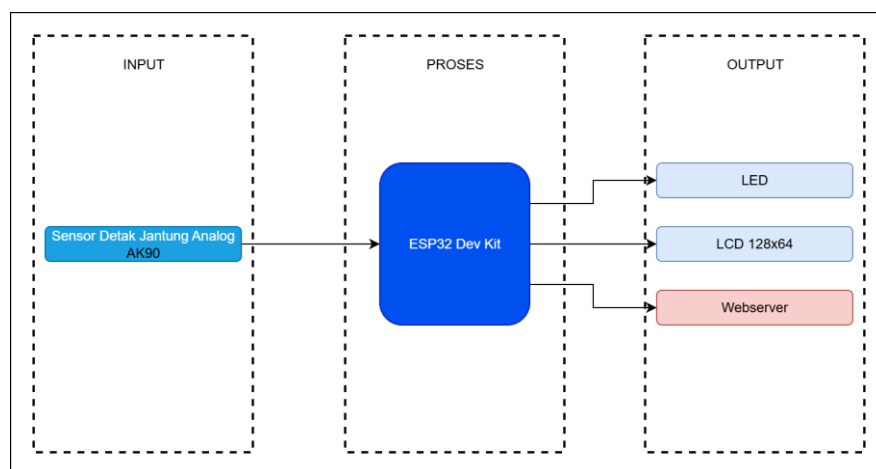
3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pemantauan detak jantung berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor AK90 dan mikrokontroler ESP32, dengan antarmuka web untuk penyimpanan dan visualisasi data. Sistem ini dirancang untuk memberikan solusi terjangkau dan mandiri bagi pemantauan kesehatan jantung, khususnya di lingkungan seperti Posyandu. Hasil pengujian pada empat subjek (usia 12-20 tahun) menunjukkan bahwa sistem mampu merekam detak jantung secara real-time setelah stabilisasi sensor selama 5-10 detik, dengan nilai BPM yang konsisten dengan rentang: 60-100 BPM untuk dewasa dan 70-120 BPM untuk anak-anak[12]. Data disimpan dalam format CSV melalui webserver lokal[13], mendukung analisis historis untuk keperluan medis. Temuan ini mendukung hipotesis bahwa sistem dapat memberikan pengukuran detak jantung yang akurat dan praktis untuk lingkungan komunitas.

Dari perspektif penelitian sebelumnya, sistem ini memperluas penerapan IoT dalam pemantauan kesehatan. Berbeda dengan pendekatan berbasis smartwatch yang bergantung pada perangkat komersial, sistem ini menawarkan solusi berbasis mikrokontroler yang lebih hemat biaya, cocok untuk lingkungan dengan sumber daya terbatas seperti Posyandu. Penerapan sistem di Posyandu menunjukkan potensinya sebagai alat bantu mandiri untuk kelompok rentan, seperti lansia, yang memerlukan pemantauan rutin untuk deteksi dini gangguan kardiovaskular, seperti aritmia[14]. Penyimpanan data digital melalui webserver lokal mendukung analisis historis. Selain itu, antarmuka grafis pada webserver dan OLED memungkinkan visualisasi data secara real-time, memperkuat kegunaan sistem dibandingkan pendekatan tanpa visualisasi grafis.

Sistem ini menawarkan alternatif hemat biaya dibandingkan alat medis konvensional, yang sering kali mahal dan memerlukan tenaga terlatih. Dengan desain portabel dan antarmuka yang sederhana, sistem ini dapat meningkatkan aksesibilitas pemantauan jantung di komunitas pedesaan atau fasilitas kesehatan primer, mendukung upaya deteksi dini penyakit kardiovaskular[14]. Selain itu, sistem ini berpotensi sebagai alat pembelajaran teknologi kesehatan, memperkenalkan konsep IoT dan sensor kepada mahasiswa teknik atau kedokteran. Namun, keterbatasan sistem, seperti waktu stabilisasi sensor, ketergantungan pada jaringan Wi-Fi lokal, dan kurangnya fitur notifikasi untuk BPM abnormal, membatasi kemampuan deteksi kondisi kritis secara langsung.

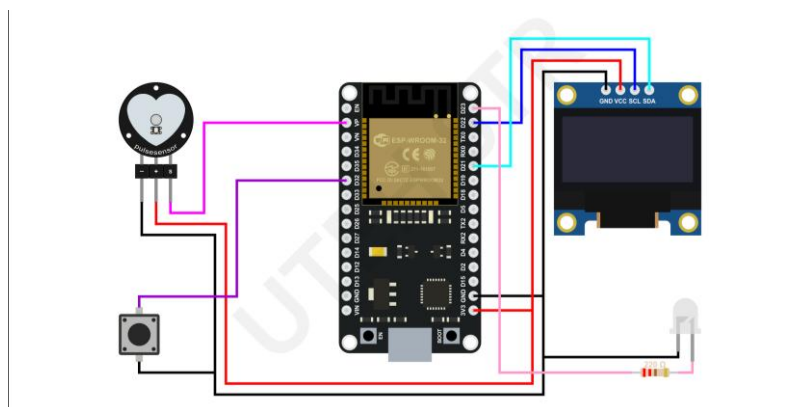
Untuk penelitian di masa depan, beberapa penyempurnaan dapat dipertimbangkan. Pertama, optimisasi algoritma deteksi sinyal dapat meminimalkan waktu stabilisasi sensor, meningkatkan akurasi awal pengukuran. Kedua, penambahan fitur notifikasi otomatis untuk BPM di luar rentang normal (misalnya, <60 BPM untuk bradikardia atau >100 BPM untuk takikardia) akan meningkatkan kemampuan deteksi aritmia. Ketiga, integrasi dengan platform berbasis cloud dapat memungkinkan akses data jarak jauh oleh tenaga kesehatan, memperluas cakupan aplikasi sistem. Keempat, pengujian dengan jumlah subjek yang lebih besar dan durasi lebih lama diperlukan untuk memvalidasi keandalan sistem di berbagai kondisi fisiologis dan lingkungan. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan teknologi IoT untuk kesehatan, membuka peluang untuk sistem pemantauan jantung yang lebih canggih, terjangkau, dan mudah diakses di tingkat global.



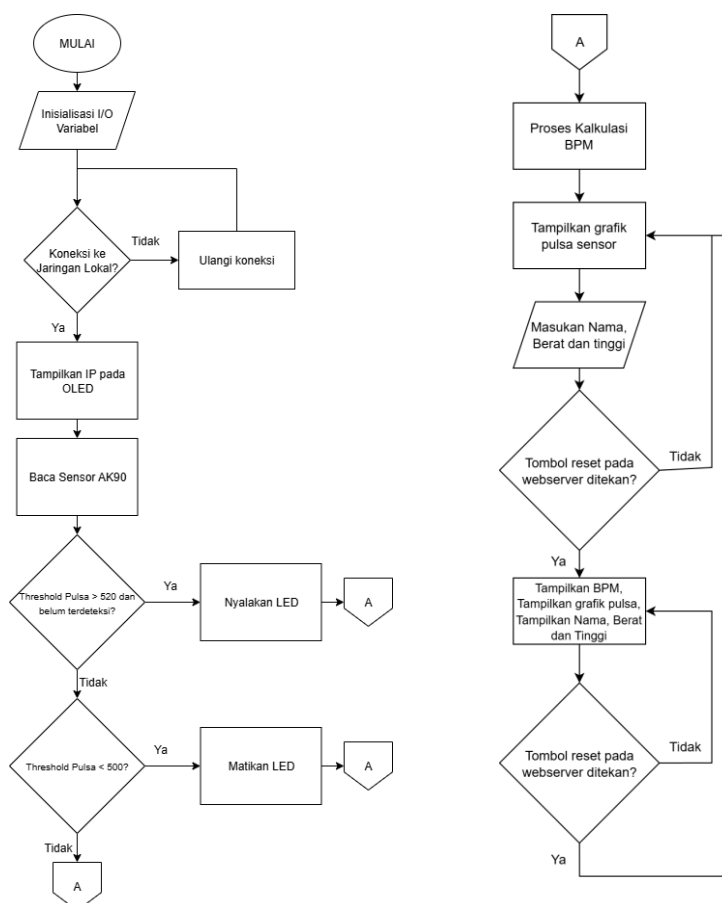
Gambar 1. Diagram blok secara keseluruhan

Berikut ini merupakan keterangan dari tiap fungsi pada diagram blok:

1. ESP32 Dev Kit mengolah sinyal dari sensor dan mengendalikan tampilan data.
2. Sensor Detak Jantung Analog AK90 digunakan untuk mengukur denyut nadi melalui perubahan volume darah
3. OLED 128x64 digunakan untuk menampilkan informasi detak jantung secara langsung
4. Indikator LED digunakan untuk memberikan tanda visual denyut nadi
5. Webserver digunakan untuk menyimpan dan menampilkan data detak jantung dari sensor

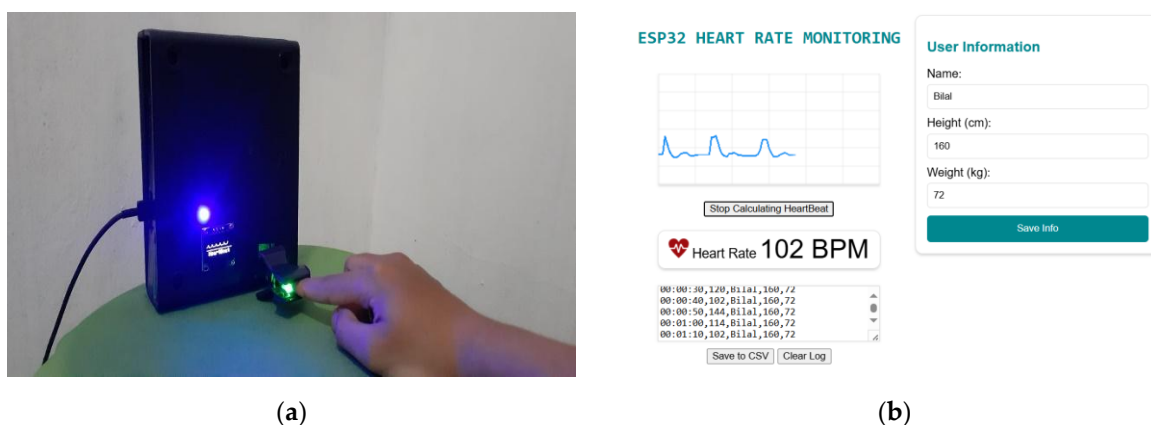


Gambar 2. Rangkaian Skematik



Gambar 3. Diagram Alir

Sistem pemantauan detak jantung berbasis ESP32 dengan sensor AK90 berhasil dikembangkan dan diuji untuk merekam detak jantung secara real-time. Sistem ini terdiri dari sensor AK90, mikrokontroler ESP32, layar OLED 0.96 inci, dan antarmuka webserver lokal, dirancang untuk portabilitas dan kemudahan penggunaan.



Gambar 4. (a) Tampilan alat dan penggunaan; (b) Tampilan Webserver

Pengujian dilakukan pada empat subjek dengan karakteristik berbeda (usia 12-20 tahun) untuk mengevaluasi akurasi dan stabilitas sistem.

Tabel 1. Data pengujian

Waktu	Nama	Usia	BPM
00:00:00	Rama	20	0
00:00:10	Rama	20	42
00:00:20	Rama	20	30

00:00:30	Rama	20	36
00:00:40	Rama	20	102
00:00:00	Rama	20	0
00:00:10	Rama	20	60
00:00:20	Rama	20	90
00:00:30	Rama	20	72
00:00:00	Rifki	17	0
00:00:10	Rifki	17	36
00:00:20	Rifki	17	72
00:00:30	Rifki	17	66
00:00:10	Rizqi	12	30
00:00:20	Rizqi	12	120
00:00:30	Rizqi	12	90
00:00:40	Rizqi	12	78
00:00:00	Nazla	15	0
00:00:10	Nazla	15	24

Pada pengujian terhadap Rama (usia 20 tahun), kami mengamati adanya fluktuasi yang cukup signifikan dalam pembacaan detak jantung. Data awal menunjukkan BPM 0, yang mungkin mengindikasikan bahwa sensor sedang dalam proses inisialisasi atau penempatan awalnya belum sempurna. Setelah itu, angka BPM bervariasi, mulai dari yang cukup rendah (30-42 BPM) hingga mencapai 102 BPM. Pembacaan yang sangat rendah (30-36 BPM) ini diakibatkan oleh pembacaan sensor yang tidak stabil salah satunya oleh posisi pembacaan sensor yang kurang tepat pada pasien. Namun, pada sesi pengujian kedua, pembacaan terlihat lebih stabil dan mendekati rentang normal, yaitu 60 BPM, 90 BPM, dan 72 BPM.

Data pengujian untuk Rifki (usia 17 tahun) juga memperlihatkan variasi, dimulai dari 0 BPM pada detik pertama. Pembacaan selanjutnya meningkat dari 36 BPM menjadi 72 BPM, lalu sedikit menurun ke 66 BPM. Peningkatan cepat dari nilai yang sangat rendah menuju rentang normal (72 BPM dan 66 BPM) dalam waktu singkat menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi detak jantung setelah periode penyesuaian awal. Angka 0 BPM di awal kemungkinan besar disebabkan oleh penempatan sensor yang belum stabil, namun kemudian sistem berhasil memperoleh pembacaan yang lebih realistis dan konsisten dalam rentang normal untuk individu seusianya.

Pengujian terhadap Rizqi (usia 12 tahun) menunjukkan pola pembacaan yang dinamis. Dimulai dengan 30 BPM, kemudian melonjak tajam ke 120 BPM, lalu menurun ke 90 BPM dan 78 BPM. Meskipun 120 BPM tergolong tinggi, nilai ini masih dapat terjadi pada anak usia 12 tahun, terutama jika ada aktivitas fisik atau kondisi tertentu. Variasi cepat dari 30 BPM ke 120 BPM dalam rentang waktu 10 detik mungkin menunjukkan respons sensor terhadap perubahan kondisi atau adanya gangguan sinyal pada awal pengukuran. Namun, pembacaan 90 BPM dan 78 BPM yang berada dalam rentang normal detak jantung anak-anak mengindikasikan kemampuan sistem dalam merekam nilai yang valid setelah stabil.

Data pengujian untuk Nazla (usia 15 tahun) relatif singkat, hanya mencakup dua titik data. Pembacaan dimulai dengan 0 BPM pada detik awal, yang diakibatkan oleh inisialisasi sensor serta posisi penempatan yang belum tepat. Kemudian, tercatat 24 BPM pada detik ke-10. Nilai 24 BPM ini tergolong sangat rendah dan berada di luar rentang detak jantung normal yang sehat. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem mungkin kesulitan dalam mendapatkan sinyal yang akurat dan stabil dari Nazla, atau pengujian terhenti sebelum sensor berhasil mengunci detak jantung secara konsisten. Diperlukan pengujian lebih lanjut dengan durasi yang lebih panjang dan memastikan penempatan sensor yang optimal untuk mendapatkan data yang lebih representatif dari pasien ini. Data terbatas Nazla (24 BPM) kemungkinan dipengaruhi oleh inisialisasi sensor, sehingga memerlukan pengujian lebih lanjut. Temuan ini sejalan dengan [15], yang menyatakan bahwa variasi detak jantung lebih dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti aktivitas fisik daripada umur pada usia muda.

Fluktuasi awal pada pengukuran, seperti nilai BPM 0 atau rendah (misalnya, 30-42 BPM pada Rama dan 30 BPM pada Rizqi), disebabkan oleh waktu stabilisasi sensor photoplethysmography, yang memerlukan penyesuaian posisi jari yang optimal. Namun, data terbatas pada subjek Nazla (0 dan 24 BPM) mengindikasikan perlunya durasi pengujian yang lebih panjang untuk memastikan akurasi, kemungkinan akibat posisi jari yang tidak konsisten.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pemantauan detak jantung berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor AK90 dan mikrokontroler ESP32 dengan antarmuka web, yang dirancang untuk memberikan solusi praktis dan terjangkau dalam pemantauan kesehatan jantung. Sistem ini mampu merekam detak jantung secara real-time dengan akurasi memadai setelah stabilisasi sensor selama 5-10 detik, menghasilkan data yang konsisten dalam rentang (60-100 BPM untuk dewasa, 70-120 BPM untuk anak-anak). Data disimpan melalui webserver lokal, mendukung untuk keperluan medis berlanjut.

Meskipun sistem menunjukkan performa yang baik, keterbatasan seperti waktu stabilisasi sensor dan kurangnya fitur notifikasi untuk BPM abnormal perlu diperhatikan. Arah pengembangan selanjutnya mencakup optimisasi waktu stabilisasi sensor, penambahan fitur notifikasi otomatis untuk deteksi aritmia, dan integrasi dengan platform berbasis cloud untuk akses data jarak jauh. Penelitian ini berkontribusi pada penerapan teknologi IoT dalam kesehatan, membuka peluang untuk pengembangan sistem pemantauan jantung yang lebih canggih, mudah diakses serta terjangkau.

Daftar Pustaka

- [1] S. Supriyono and M. Magdalena, "Hubungan antara Aktivitas Fisik, Denyut Nadi dan Status Gizi Peserta Pelatihan Dasar Calon Pegawai Negeri Sipil Provinsi Jawa Tengah," *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, vol. 12, no. 05, pp. 337–345, Sep. 2023, doi: 10.33221/jikm.v12i05.1864.
- [2] Z. F. Reza and T. Suryana, "Aplikasi Monitoring Kesehatan Dengan Memanfaatkan Smartwatch Berbasis Android," *Jurnal Penelitian Mahasiswa Teknik dan Ilmu Komputer (JUPITER)*, vol. 2, no. 2, pp. 85–92, Nov. 2022, doi: 10.34010/jupiter.v2i2.8873.
- [3] D. Benhans *et al.*, "Deteksi Gangguan Kesehatan Melalui Analisis Suara: Pendeteksian Gejala Pernapasan Abnormal dan Suara Jantung tidak sehat menggunakan Kecerdasan Buatan," *Journal of Information System and Technology*, vol. 4, no. 3, pp. 435–438, Nov. 2023, doi: 10.37253/joint.v4i3.8477.
- [4] Sujono Sujono and Ahmad Daud Al-Faatih, "Monitoring Detak Jantung pada Web Server Menggunakan Sensor Oximeter 30102 dan Nodemcu," *Router : Jurnal Teknik Informatika dan Terapan*, vol. 3, no. 2, pp. 16–23, May 2025, doi: 10.62951/router.v3i2.417.
- [5] R. P. Hudhajanto, I. H. Mulyadi, and A. A. Sandi, "Wearable Sensor Device berbentuk Face Shield untuk Memonitor Detak Jantung berbasis IoT," *Journal of Applied Informatics and Computing*, vol. 6, no. 1, pp. 87–92, Jun. 2022, doi: 10.30871/jaic.v6i1.4105.
- [6] R. Ahmad, H. M. Kaidi, M. N. Nordin, A. F. Ramli, M. A. Abu, and Y. Kadase, "Development of Blood Oxygen Level, Heart Rate And Temperature Monitoring System by Using ESP32," in *2022 4th International Conference on Smart Sensors and Application (ICSSA)*, IEEE, Jul. 2022, pp. 167–172. doi: 10.1109/ICSSA54161.2022.9870943.
- [7] 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, Jul. 2023, doi: 10.33795/elkolind.v10i2.3062.
- [8] 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, Jul. 2023, doi: 10.26740/jte.v12n2.p14-22.
- [9] S. S. Alegavi, B. Nemade, V. Bharadi, S. Gupta, V. Singh, and A. Belge, "Revolutionizing Healthcare through Health Monitoring Applications with Wearable Biomedical Devices," *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, vol. 11, no. 9s, pp. 752–766, Aug. 2023, doi: 10.17762/ijritcc.v11i9s.7890.
- [10] Y. Erdani, R. A. Pratama, B. A. Ahad, and G. I. F. Fadila, "Desain Sistem Kontrol Container Station Menggunakan Metode Waterfall Berbasis Internet of Things (IoT)," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 8, no. 3, pp. 1415–1430, Jul. 2024, doi: 10.33379/gtech.v8i3.4315.

- [11] P. A. Kyriacou and S. Chatterjee, "The origin of photoplethysmography," in *Photoplethysmography*, Elsevier, 2022, pp. 17–43. doi: 10.1016/B978-0-12-823374-0.00004-9.
- [12] A. A. Mahesta, M. Arief Hidayat, and B. Nurul W, "Rancang Bangun Alat Ukur Detak Jantung Dengan Sensor Easy Pulse Plugin Berbasis Arduino Uno," *MEDIKA TRADA*, vol. 3, no. 1, Jul. 2022, doi: 10.59485/jtemp.v3i1.6.
- [13] S. Fitriani, M. R. Sholahuddin, and S. D. Setiarini, "Rancang Bangun REST API Aplikasi Sistem Informasi Gardu Distribusi berbasis Android dan Web," *Journal of Information System Research (JOSH)*, vol. 4, no. 1, pp. 219–226, Oct. 2022, doi: 10.47065/josh.v4i1.2362.
- [14] M. U. Jannah, A. C. Nur'aidha, and D. Y. H. Kumarajati, "Sistem Deteksi Detak Jantung Berbasis Sensor MAX30102, Arduino Uno, Dan Oled Display untuk Pemantauan Detak Jantung Secara Real-Time," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, Aug. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4528.
- [15] Rahmat Widadi, "Telemonitoring Denyut Jantung Dan Suhu Tubuh Terintegrasi Android Smartphone Berbasis Internet of Things (IoT)," *Electrician*, vol. 16, no. 1, pp. 102–109, Jan. 2022, doi: 10.23960/elc.v16n1.2232.