

Desain Prototype Sistem Monitoring Detak Jantung Dan Saturasi Oksigen Berbasis IOT Menggunakan ESP32 Dan Telegram

¹Defa Aldori, ²Teguh Yuwono

¹Teknik Elektro, Universitas Teknologi Ronggolawe

²Teknik Elektro, Universitas Teknologi Ronggolawe

E-mail: ¹defa.alldori1234@gmail.com, ²ridalutfiah@gmail.com

Penulis Korespondens : Defa Aldori

Abstrak—Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring detak jantung dan kadar oksigen dalam darah (SpO_2) berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mendukung pemantauan kesehatan atlet. Sistem ini memanfaatkan sensor untuk mendeteksi parameter vital, mikrokontroler sebagai pengolah data, serta media tampilan dan notifikasi digital agar hasil pengukuran dapat diakses secara real-time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat mampu bekerja dengan baik. Pada mode normal, detak jantung berada pada kisaran 70–85 BPM dengan kadar oksigen 95–100%, sedangkan pada mode latihan detak jantung meningkat menjadi 112–144 BPM dengan kadar oksigen tetap stabil di kisaran 95–97%, serta mengirimkan notifikasi otomatis ketika hasil pengukuran berada di luar batas normal. Dengan demikian, sistem ini dapat membantu atlet dan pelatih dalam memantau kondisi fisik selama latihan, meningkatkan efektivitas latihan, serta mengurangi risiko gangguan kesehatan akibat aktivitas berat.

Kata Kunci— Monitoring, Detak Jantung, SpO_2 , *Internet of Things* (IoT), Atlet

Abstract—This study designs and implements an *Internet of Things* (IoT)-based heart rate and blood oxygen (SpO_2) monitoring system to support athlete health monitoring. This system utilizes sensors to detect vital parameters, a microcontroller as a data processor, and digital display and notification media so that measurement results can be accessed in real-time. The results show that the device is able to work well. In normal mode, the heart rate is in the range of 70–85 BPM with oxygen levels of 95–100%, while in training mode the heart rate increases to 112–144 BPM with oxygen levels remaining stable at 95–97%, and sends automatic notifications when measurement results are outside the normal range. Thus, this system can help athletes and coaches monitor their physical condition during training, increase training effectiveness, and reduce the risk of health problems due to strenuous activity.

Keywords— Monitoring, Heart Rate, SpO_2 , *Internet of Things* (IoT), Athletes

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Jantung dan paru-paru merupakan bagian alat yang paling vital dalam tubuh manusia dan saling berkaitan satu sama lain, jantung ialah salah satu organ pada tubuh manusia yang

berperan dalam sistem peredaran darah sesuai fungsinya yaitu mengedarkan darah ke seluruh tubuh [1]. Sedangkan paru-paru ialah salah satu organ pada sistem pernapasan (respirasi) dan berhubungan dengan sistem peredaran darah (sirkulasi) yang berfungsi untuk mengeluarkan karbondioksida (CO₂) dan untuk menyediakan oksigen sebagai bahan bakar untuk metabolisme tubuh manusia [2]. Semakin besar metabolisme pada suatu organ, maka semakin besar aliran darahnya sehingga denyut jantung akan mempercepat denyutannya, detak jantung dan kadar oksigen dalam darah pada manusia sangat penting untuk dimonitoring karena keduanya merupakan salah satu alat vital sign yang penting [3].

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang besar di bidang kesehatan dan kebugaran, khususnya dalam pemantauan kondisi fisik secara real-time [4]. Dalam dunia olahraga, pemantauan ini sangat relevan untuk menjaga performa atlet sekaligus mencegah risiko cedera maupun gangguan kesehatan [5]. Persatuan Drum Band Indonesia (PDBI) Kabupaten Blora merupakan organisasi yang menaungi atlet marching band dengan aktivitas fisik intens seperti baris-berbaris, memainkan alat musik sambil bergerak, hingga mengikuti lomba. Aktivitas tersebut menuntut kondisi fisik yang prima dan stabil, terutama bagi atlet yang mayoritas berada pada rentang usia 13–20 tahun [6].

Detak jantung dan Saturasi Oksigen menjadi indikator utama kondisi fisik atlet [7]. Ketidakwajaran dalam dua parameter ini dapat menjadi tanda adanya kelelahan ekstrem, dehidrasi, atau gangguan kesehatan serius. Namun, pemantauan kondisi fisik atlet PDBI Blora masih dilakukan secara manual dan tidak berkesinambungan, sehingga kurang efektif terutama pada latihan intens atau kompetisi di luar ruangan [8].

Sebagai pelatih di PDBI Blora, penulis juga merasakan perlunya alat yang dapat membantu memantau kondisi kesehatan atlet secara cepat dan akurat. Dengan adanya sistem monitoring otomatis, pelatih tidak hanya terbantu dalam memastikan keamanan atlet saat latihan, tetapi juga dapat mengevaluasi performa mereka secara lebih objektif dan terukur [9].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini merancang sistem monitoring berbasis IoT dengan memanfaatkan sensor MAX30100. Sensor ini mampu mendeteksi detak jantung dan SpO₂ sekaligus dengan metode photoplethysmography (PPG), yaitu memancarkan cahaya merah dan infra merah ke jaringan tubuh (umumnya di ujung jari), kemudian mengukur intensitas cahaya yang dipantulkan sesuai perubahan volume darah. Dari data ini diperoleh nilai beats per minute (BPM) untuk detak jantung dan persentase SpO₂.

Proses pengambilan data dilakukan dengan cara atlet meletakkan jari pada sensor sebelum, saat, atau setelah latihan fisik. Data hasil pengukuran kemudian diproses oleh mikrokontroler dan ditampilkan secara otomatis pada perangkat penerima. Dengan metode ini, pelatih maupun tenaga medis dapat memantau kondisi atlet secara langsung, serta menyimpan data untuk evaluasi performa jangka panjang.

Dengan adanya sistem monitoring detak jantung dan SpO₂ berbasis sensor MAX30100, diharapkan pemantauan kesehatan atlet PDBI Blora dapat dilakukan secara lebih cepat, akurat, dan berkesinambungan, sehingga mendukung efektivitas latihan, mencegah risiko kesehatan, serta meningkatkan prestasi atlet secara profesional.

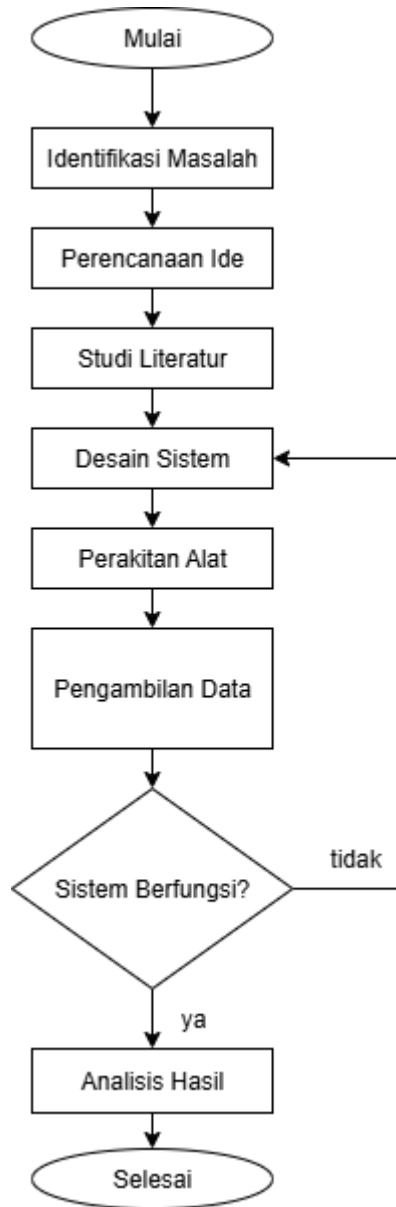
II. METODE

Berdasarkan diagram alir penelitian yang telah disusun, penelitian ini diawali dengan tahap identifikasi masalah, yaitu belum tersedianya alat nirkabel yang dapat membantu pelatih memantau kesiapan atlet PDBI Blora untuk melanjutkan sesi latihan. Penelitian ini melibatkan 23 atlet Persatuan Drum Band Indonesia (PDBI) yang terdiri dari putra dan putri dalam rentang usia remaja, yakni 13 hingga 19 tahun. Seluruh partisipan menjalani program latihan terstruktur dengan durasi intensif selama 3 jam per sesi. Berdasarkan evaluasi klinis, baseline kesehatan kardiovaskular menunjukkan bahwa seluruh atlet memiliki denyut jantung istirahat yang normal dan memenuhi standar kebugaran seorang atlet. Karakteristik sampel yang homogen ini memastikan validitas data dalam mengukur adaptasi fisik selama program latihan berlangsung.

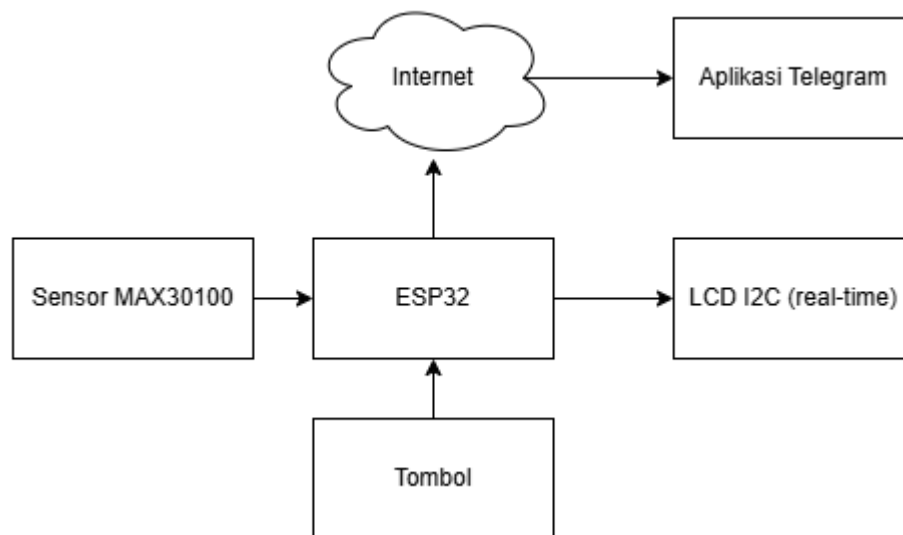
Setelah permasalahan diidentifikasi, dilakukan perencanaan ide dengan merancang sistem monitoring detak jantung dan saturasi oksigen berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat diakses melalui aplikasi Telegram pada smartphone. Tahap berikutnya adalah studi literatur untuk mempelajari teori, metode, serta teknologi yang berkaitan dengan sensor MAX30100, ESP32, LCD I2C, Arduino IDE, dan Telegram sebagai media monitoring. Selanjutnya dilakukan desain sistem yang meliputi pembuatan diagram blok, diagram alir kerja, dan skema rangkaian sebagai acuan dalam pengembangan alat. Setelah desain selesai, dilakukan perakitan alat dengan mengintegrasikan seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak agar dapat bekerja sesuai rancangan. Tahap pengambilan data dilakukan melalui pengujian sistem untuk mengetahui kemampuan alat dalam mengukur detak jantung dan saturasi oksigen serta menampilkan hasilnya pada smartphone secara real-time. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas dan kinerja sistem serta menentukan kemungkinan pengembangan lebih lanjut agar alat dapat berfungsi secara optimal.

Berdasarkan desain penelitian yang telah dirancang, sistem monitoring detak jantung dan saturasi oksigen berbasis Internet of Things (IoT) dikembangkan menggunakan sensor MAX30100, mikrokontroler ESP32, LCD I2C, dan aplikasi Telegram sebagai media pemantauan jarak jauh. Sistem ini dirancang untuk membantu pelatih memantau kondisi fisiologis atlet secara real-time melalui pengukuran detak jantung (BPM) dan saturasi oksigen dalam darah (SpO₂). Proses kerja sistem dimulai dengan menghubungkan ESP32 ke jaringan internet, kemudian sensor MAX30100 membaca data fisiologis pengguna dan mengirimkannya ke ESP32 untuk diproses. Hasil pengukuran ditampilkan secara langsung pada LCD I2C sehingga atlet dapat melihat nilai BPM dan SpO₂ saat pengukuran berlangsung. Selain itu, data hasil pengukuran dapat dikirim ke aplikasi Telegram melalui bot yang telah diprogram sehingga pelatih dapat melakukan pemantauan dari jarak jauh. Perancangan perangkat keras dilakukan dengan menghubungkan setiap komponen menggunakan komunikasi I²C dan disusun dalam bentuk prototipe yang portabel serta mudah digunakan. Dengan desain tersebut, sistem diharapkan mampu memberikan informasi kondisi kesehatan atlet secara cepat, akurat, dan efisien guna mendukung proses latihan maupun pemantauan kesehatan secara berkala.

A. Diagram Penelitian dan Desain Rangkaian



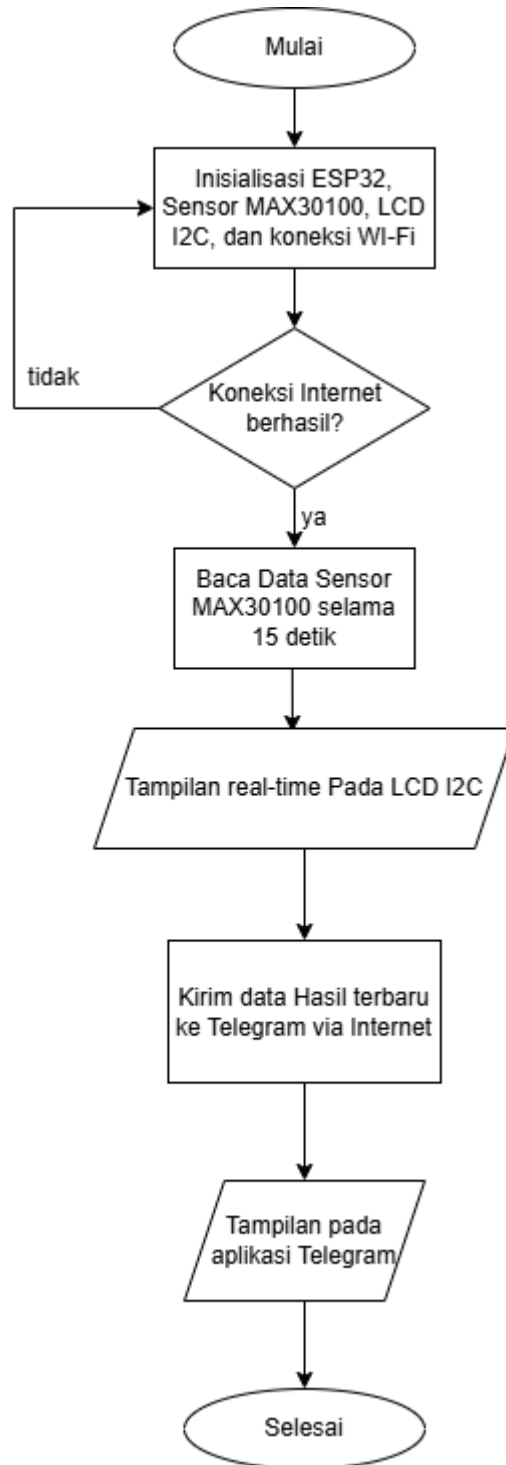
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



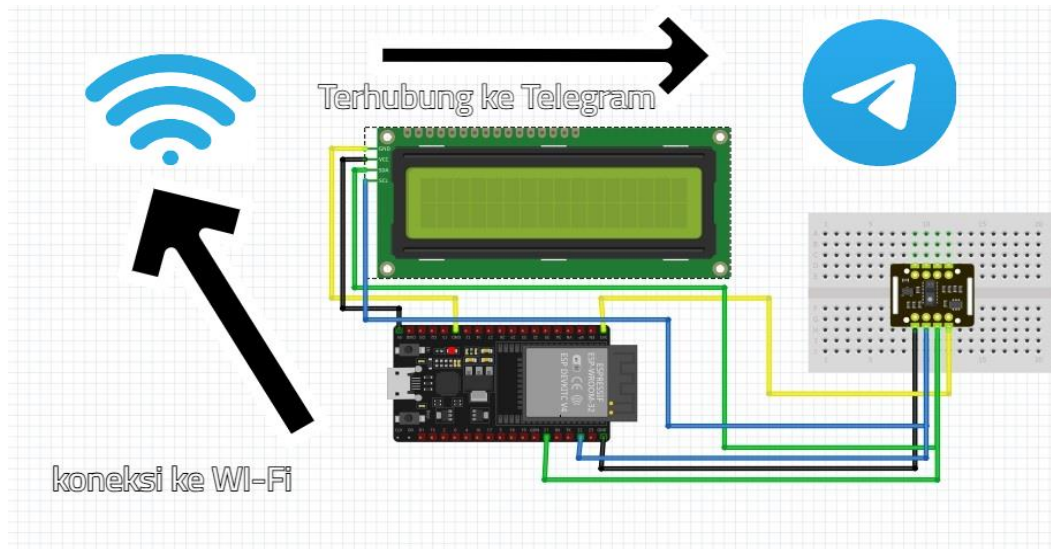
Gambar 2. Diagram Blok

Sistem pemantauan kesehatan ini diimplementasikan menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan memanfaatkan pin GPIO 21 sebagai Serial Data (SDA) dan GPIO 22 sebagai Serial Clock (SCL). Kedua pin tersebut dikonfigurasi untuk membangun jalur komunikasi I^2C (Inter-Integrated Circuit) tunggal yang menghubungkan unit pemroses utama dengan sensor MAX30100 dan layar LCD 16x2 beralamat 0x27 secara paralel. Guna mengekstraksi data biometrik mentah dari fotodioda menjadi informasi klinis yang valid, sistem mengintegrasikan library MAX30100_PulseOximeter.h sebagai penggerak utama. Driver tersebut bekerja dengan mengatur kuat arus LED inframerah sebesar 7,6 mA untuk mengoptimalkan penetrasi cahaya pada jaringan perifer jari serta mengeksekusi fungsi pembacaan parameter secara berkala.

Untuk mendukung transmisi data berbasis *Internet of Things* (IoT), arsitektur komunikasi sistem ini mengintegrasikan library AsyncTelegram2.h dan WiFiClientSecure.h guna menjamin konektivitas yang aman serta bersifat *asynchronous* dengan server Telegram. Alur kerja program dirancang dalam bentuk *flowchart* terstruktur yang dimulai dari inisialisasi perangkat, deteksi keberadaan jari subjek, pemrosesan data biometrik secara *real-time*, hingga penanganan perintah interaktif dari jarak jauh. Transmisi informasi medis tersebut dikendalikan oleh algoritma pengiriman data kondisional yang mengkalkulasi rata-rata matematika dari parameter fisis terkumpul setelah memverifikasi identitas pengguna. Hasil akhir berupa nilai saturasi oksigen (SpO_2) dan detak jantung (BPM) kemudian disinkronisasikan dengan penanda waktu riil dari NTP server sebelum dienkapsulasi menjadi pesan teks analitis untuk dikirimkan kepada pengguna.



Gambar 3. Diagram Alir Kerja Sistem



Gambar 4. Desain Rangkaian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil pengambilan data pada atlet mode normal

No	Nama	L/P	Umur	Detak Jantung (BPM)	Saturasi Oksigen (SpO2%)	Ket
1	Atlet 1	P	13 THN	72	98%	Normal
2	Atlet 2	L	16 THN	67	96%	Normal
3	Atlet 3	P	14 THN	68	96%	Normal
4	Atlet 4	L	17 THN	63	97%	Normal
5	Atlet 5	P	14 THN	62	96%	Normal
6	Atlet 6	L	17 THN	65	96%	Normal
7	Atlet 7	P	13 THN	61	96%	Normal
8	Atlet 8	L	15 THN	60	95%	Normal
9	Atlet 9	P	13 THN	71	96%	Normal
10	Atlet 10	L	15 THN	98	96%	Normal
11	Atlet 11	P	14 THN	89	97%	Normal
12	Atlet 12	L	15 THN	67	95%	Normal
13	Atlet 13	P	13 THN	69	97%	Normal
14	Atlet 14	L	16 THN	75	96%	Normal
15	Atlet 15	P	15 THN	86	97%	Normal
16	Atlet 16	L	16 THN	83	96%	Normal
17	Atlet 17	P	14 THN	73	96%	Normal

No	Nama	L/P	Umur	Detak Jantung (BPM)	Saturasi Oksigen (SpO2%)	Ket
18	Atlet 18	L	19 THN	75	96%	Normal
19	Atlet 19	P	17 THN	67	97%	Normal
20	Atlet 20	L	15 THN	87	96%	Normal
21	Atlet 21	P	16 THN	76	96%	Normal
22	Atlet 22	L	17 THN	74	96%	Normal
23	Atlet 23	P	17 THN	83	96%	Normal
RATA - RATA				BPM	70–85	
RATA - RATA				SpO2	95–100%	

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, sistem monitoring detak jantung dan saturasi oksigen (SpO₂) berbasis sensor MAX30100 berhasil dikembangkan dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32, LCD I2C 16x2, dan aplikasi Telegram sebagai media monitoring jarak jauh.

Tabel 2. Hasil pengambilan data pada atlet mode latihan

No	Nama	L/P	Umur	Detak Jantung (BPM)	Saturasi Oksigen (SpO2%)	Ket
1	Atlet 1	P	13 THN	124	95%	Normal
2	Atlet 2	L	16 THN	129	95%	Normal
3	Atlet 3	P	14 THN	123	96%	Normal
4	Atlet 4	L	17 THN	112	96%	Normal
5	Atlet 5	P	14 THN	125	95%	Normal
6	Atlet 6	L	17 THN	116	97%	Normal
7	Atlet 7	P	13 THN	121	96%	Normal
8	Atlet 8	L	15 THN	133	95%	Normal
9	Atlet 9	P	13 THN	114	96%	Normal
10	Atlet 10	L	15 THN	144	95%	Normal
11	Atlet 11	P	14 THN	126	95%	Normal
12	Atlet 12	L	15 THN	113	95%	Normal
13	Atlet 13	P	13 THN	129	97%	Normal
14	Atlet 14	L	16 THN	139	95%	Normal
15	Atlet 15	P	15 THN	120	95%	Normal
16	Atlet 16	L	16 THN	136	95%	Normal
17	Atlet 17	P	14 THN	114	95%	Normal
18	Atlet 18	L	19 THN	128	96%	Normal

No	Nama	L/P	Umur	Detak Jantung (BPM)	Saturasi Oksigen (SpO2%)	Ket
19	Atlet 19	P	17 THN	133	96%	Normal
20	Atlet 20	L	15 THN	129	95%	Normal
21	Atlet 21	P	16 THN	113	96%	Normal
22	Atlet 22	L	17 THN	122	95%	Normal
23	Atlet 23	P	17 THN	116	95%	Normal
RATA - RATA				BPM	112–144	
RATA - RATA				SpO2	95–97%	

Pengujian performa berbasis Internet of Things (IoT) menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan transmisi data biometrik secara nirkabel melalui jaringan Wi-Fi ke platform Telegram secara real-time dan responsif. Integrasi asinkronus pada arsitektur perangkat lunak terbukti menjamin stabilitas pengiriman pesan hasil pengukuran detak jantung dan kadar oksigen darah tanpa memicu terjadinya delay (keterlambatan) fungsional. Sistem mampu mengukur nilai detak jantung dan kadar oksigen dalam darah secara real-time melalui sensor MAX30100 yang bekerja menggunakan metode photoplethysmography (PPG), kemudian menampilkan hasil pengukuran pada LCD dan mengirimkannya ke Telegram melalui koneksi Wi-Fi.

Pengujian perangkat keras menunjukkan bahwa seluruh komponen dapat berfungsi dengan baik, meskipun hasil pembacaan masih dipengaruhi oleh kestabilan posisi jari saat proses pengukuran. Pengujian perangkat lunak juga membuktikan bahwa integrasi antara ESP32 dan Telegram berjalan dengan baik, sehingga pengguna dapat memantau kondisi atlet melalui berbagai perintah yang tersedia pada bot Telegram. Hasil pengujian terhadap 23 atlet PDBI Blora menunjukkan bahwa pada mode normal diperoleh detak jantung berkisar antara 70–85 BPM dengan nilai SpO₂ sebesar 95–100%, sedangkan pada mode latihan detak jantung meningkat menjadi 112–144 BPM dengan nilai SpO₂ tetap berada pada rentang normal 95–97%. Perbedaan hasil pada kedua mode tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan kondisi fisiologis atlet sesuai tingkat aktivitas yang dilakukan. Secara keseluruhan, sistem yang dirancang telah memenuhi tujuan penelitian dan layak digunakan sebagai alat bantu pemantauan kesehatan atlet secara langsung maupun jarak jauh.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, sistem monitoring detak jantung dan saturasi oksigen berbasis sensor MAX30100 berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem ini memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah data, LCD I2C 16x2 sebagai media tampilan lokal, serta aplikasi Telegram sebagai sarana monitoring jarak jauh. Hasil pengukuran dapat ditampilkan secara real-time sehingga memudahkan pelatih dalam memantau kondisi fisiologis atlet baik secara langsung maupun melalui smartphone. Berdasarkan pengujian terhadap 23 atlet, alat mampu memberikan hasil yang sesuai dengan kondisi fisiologis pengguna, di mana

pada mode normal diperoleh detak jantung sebesar 70–85 BPM dengan nilai saturasi oksigen 95–100%. Pada mode latihan, detak jantung meningkat menjadi 112–144 BPM, sedangkan nilai saturasi oksigen tetap stabil pada kisaran 95–97%, menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan kondisi tubuh akibat aktivitas fisik. Selain memiliki kemampuan monitoring yang baik, alat yang dirancang juga bersifat portabel, efisien, dan mudah digunakan dalam berbagai kondisi pemantauan kesehatan atlet. Dengan demikian, sistem monitoring berbasis IoT ini dapat dijadikan sebagai alat bantu yang efektif untuk mendukung pemantauan kesehatan atlet selama proses latihan maupun saat istirahat [10].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. E. Hall and M. E. Hall, *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology*, 14th ed. Elsevier Health Sciences, 2020.
- [2] J. B. West and A. M. Luks, *West's Respiratory Physiology*, 11th ed. Wolters Kluwer Health, 2020.
- [3] A. A. Laitupa and M. Amin, "Ventilasi dan Perfusi, serta Hubungan antara Ventilasi dan Perfusi," *J. RESPIRASI*, vol. 2, no. 1, pp. 29–34, 2016.
- [4] G. J. Joyia, R. M. Liaqat, A. Farooq, and S. Rehman, "Internet of Medical Things (IOMT): Applications , Benefits and Future Challenges In Healthcare Domain".
- [5] P. C. Bourdon *et al.*, "Monitoring Athlete Training Loads : Consensus Statement," pp. 161–170, 2017.
- [6] X. Wu, C. Liu, L. Wang, and M. Bilal, "Internet of things-enabled real-time health monitoring system using deep learning," *Neural Comput. Appl.*, vol. 35, no. 20, pp. 14565–14576, 2023, doi: 10.1007/s00521-021-06440-6.
- [7] D. J. Plews, P. B. Laursen, J. Stanley, A. E. Kilding, and M. Buchheit, "Training Adaptation and Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes : Opening the Door to Effective Monitoring," pp. 773–781, 2013, doi: 10.1007/s40279-013-0071-8.
- [8] G. M. Utomo, M. Wahyono, and I. B. Putra, "SPRINTER : Jurnal Ilmu Olahraga Analisis Respons Fisiologis melalui Indikator Waktu Pemulihan dan Saturasi Oksigen pada Atlet Pencak Silat Berbasis Sistem Pemantauan Terintegrasi," vol. 7, no. 1, pp. 55–63, 2026.
- [9] C. Carling *et al.*, "Comment on ' Performance analysis in football : A critical review and implications for future research ,' " no. August, pp. 37–41, 2013, doi: 10.1080/02640414.2013.807352.
- [10] D. R. Seshadri *et al.*, "Wearable sensors for monitoring the internal and external workload of the athlete," *npj Digit. Med.*, no. July, 2019, doi: 10.1038/s41746-019-0149-2.