PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT MONITORING PERFORMA ATLET SEPAK BOLA SEBELUM DAN SESUDAH BERMAIN BERBASIS MIKROKONTROLLER

Yoga Listi Prambodo[1*], Faishal Hamdi[1], Alexius Ulan Bani[1], Fifto Nugroho[1]

[1]*Sistem Komputer, Universitas Bung Karno*

Email Korespodensi: yogalisti@ubk.ac.id[*]

Received: 2026-04-23 | Accepted: 2026-05-10 | Published: 2026-09-20

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh keterbatasan sistem monitoring kondisi fisiologis atlet sepak bola yang masih dilakukan secara manual dan belum terintegrasi, sehingga berdampak pada kurang optimalnya evaluasi performa atlet. Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang sistem monitoring yang mampu mengukur dan mengintegrasikan parameter fisiologis utama, yaitu detak jantung, suhu tubuh, dan saturasi oksigen, secara real-time sebelum dan sesudah aktivitas olahraga.

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring performa atlet berbasis mikrokontroler yang mampu melakukan pengukuran multi-parameter fisiologis secara simultan. Metode yang digunakan meliputi perancangan perangkat keras menggunakan sensor MAX30100 dan MLX90614 yang terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino Nano, serta pengujian sistem melalui beberapa sesi pengukuran pada responden sebelum dan sesudah aktivitas olahraga.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mengukur detak jantung, suhu tubuh, dan saturasi oksigen secara real-time dengan hasil yang stabil dan berada dalam rentang normal, serta mampu merepresentasikan perubahan kondisi fisiologis akibat aktivitas fisik. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi multi-parameter fisiologis dalam satu sistem portabel yang dapat digunakan sebagai alat evaluasi performa atlet secara langsung dan komprehensif.

Kata kunci: detak jantung, mikrokontroler, performa atlet, saturasi oksigen, suhu tubuh..

Abstract

This study is motivated by the limitations of existing physiological monitoring systems for football athletes, which are generally conducted manually and lack integration, resulting in suboptimal performance evaluation. The main research question addressed in this study is how to design a monitoring system capable of measuring and integrating key physiological parameters, namely heart rate, body temperature, and oxygen saturation, in real-time before and after physical activity.

The objective of this study is to design and implement a microcontroller-based athlete performance monitoring system capable of simultaneously measuring multiple physiological parameters. The method involves hardware design using MAX30100 and MLX90614 sensors integrated with an Arduino Nano microcontroller, followed by system testing through multiple measurement sessions on participants before and after physical activity.

The results indicate that the system can measure heart rate, body temperature, and oxygen saturation in real-time with stable outputs within normal ranges, and effectively capture physiological changes due to physical activity. The novelty of this research lies in the integration of multi-parameter physiological monitoring into a portable system that can be used as a comprehensive tool for real-time athlete performance evaluation.

Keywords: *athlete performance, body temperature, heart rate, microcontroller, oxygen saturation.*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) dalam beberapa tahun terakhir telah membawa perubahan yang cukup signifikan dalam berbagai bidang, termasuk kesehatan dan olahraga. Teknologi ini memungkinkan perangkat fisik untuk saling terhubung dan bertukar data secara real-time, sehingga proses pemantauan dapat dilakukan secara lebih efisien dan berkelanjutan [1][2]. Dalam konteks kesehatan, pemanfaatan sensor berbasis IoT semakin berkembang, terutama dalam bentuk perangkat wearable yang mampu merekam berbagai parameter fisiologis secara kontinu [3][4]. Kondisi ini membuka peluang untuk

meningkatkan kualitas pemantauan kondisi tubuh, khususnya pada aktivitas olahraga yang membutuhkan evaluasi performa secara objektif dan terukur [5]. Dalam olahraga sepak bola, kondisi fisik atlet menjadi faktor penting yang memengaruhi performa di lapangan. Parameter seperti detak jantung, suhu tubuh, dan kadar oksigen dalam darah sering digunakan sebagai indikator untuk menilai tingkat kebugaran dan kesiapan atlet [6]. Namun demikian, proses pemantauan kondisi tersebut masih sering dilakukan secara konvensional atau menggunakan alat yang belum terintegrasi. Hal ini menyebabkan keterbatasan dalam memperoleh data secara cepat dan akurat, sehingga evaluasi performa atlet belum dapat dilakukan secara optimal [7].

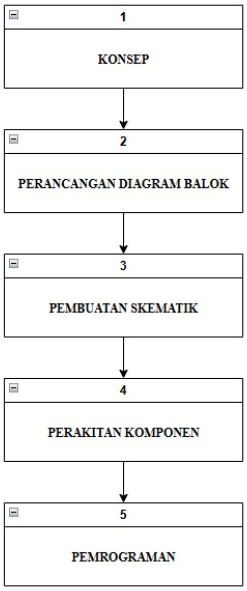
Sejumlah penelitian telah mengembangkan sistem monitoring kesehatan berbasis sensor untuk mengatasi permasalahan tersebut. Sensor MAX30100, misalnya, telah banyak digunakan untuk mengukur detak jantung dan saturasi oksigen secara non-invasif [8][9]. Di sisi lain, sensor MLX90614 memungkinkan pengukuran suhu tubuh tanpa kontak langsung, sehingga lebih praktis dan higienis [10]. Selain itu, penggunaan mikrokontroler seperti Arduino menjadi pilihan yang cukup populer karena kemudahan dalam implementasi serta biaya yang relatif terjangkau [11], [12]. Di samping itu, beberapa penelitian juga telah mengarah pada pengembangan sistem monitoring berbasis IoT yang terhubung dengan jaringan cloud untuk memungkinkan analisis data secara lebih luas dan mendalam[13][14]. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian yang ada masih memiliki keterbatasan, terutama dalam hal integrasi beberapa parameter fisiologis dalam satu sistem. Banyak sistem yang hanya berfokus pada satu jenis pengukuran, sehingga belum mampu memberikan gambaran kondisi atlet secara menyeluruh [15], [16].

Berdasarkan kondisi tersebut, masih terdapat celah penelitian (research gap) dalam pengembangan sistem monitoring yang mampu mengintegrasikan berbagai parameter fisiologis sekaligus serta menganalisis perubahan kondisi atlet sebelum dan sesudah aktivitas olahraga. Padahal, informasi tersebut sangat penting untuk memahami respons tubuh terhadap aktivitas fisik serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam proses pelatihan [17]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem monitoring performa atlet sepak bola berbasis mikrokontroler yang mampu mengukur detak jantung, suhu tubuh, dan saturasi oksigen secara real-time. Sistem ini dirancang agar dapat digunakan sebelum dan sesudah aktivitas olahraga, sehingga perubahan kondisi fisiologis atlet dapat diamati secara lebih komprehensif.

Kontribusi dari penelitian ini terletak pada pengembangan sistem monitoring yang mampu mengintegrasikan beberapa parameter fisiologis dalam satu perangkat yang bersifat portabel dan mudah digunakan. Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian mengenai penerapan IoT dalam bidang olahraga. Sementara itu, secara praktis, sistem yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu bagi pelatih maupun atlet dalam memantau kondisi fisik serta mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih akurat.

2. Metode Penelitian *(Methodology / Research Method)*

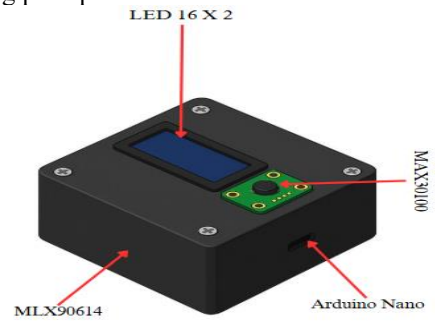
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen untuk menguji efektivitas sistem monitoring performa atlet sepak bola berbasis mikrokontroler yang dikembangkan. Gambar Berikut ini adalah Tahap Perancangan dan Pembuatan Alat Monitoring Performa Atlet Sepak Bola Konsep Perancangan dan Pembuatan pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Perancangan dan Pembuatan Alat Monitoring Performa Atlet Sepak Bola

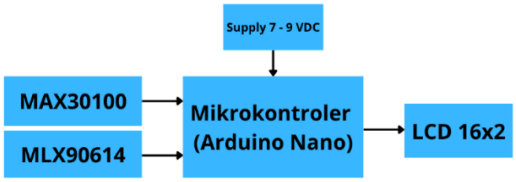
Objek penelitian adalah sistem monitoring fisiologis atlet yang dirancang untuk mengukur tiga parameter utama, yaitu detak jantung, saturasi oksigen, dan suhu tubuh. Subjek penelitian terdiri dari empat responden atlet atau individu yang melakukan aktivitas fisik olahraga, yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan kriteria memiliki kondisi fisik sehat dan mampu mengikuti seluruh tahapan pengujian. Data yang dikumpulkan berupa data sensor fisiologis meliputi nilai detak jantung (beats per minute/BPM), saturasi oksigen (%SpO_2), dan suhu tubuh (°C) sebelum dan sesudah aktivitas olahraga.

Instrumen penelitian meliputi perangkat keras berupa mikrokontroler Arduino Nano, sensor MAX30100 untuk pengukuran detak jantung dan saturasi oksigen, sensor MLX90614 untuk pengukuran suhu tubuh, serta LCD 16×2 sebagai media tampilan hasil monitoring. Selain itu, digunakan perangkat lunak Arduino IDE untuk pemrograman sistem dan pengolahan data sensor. Gambar 2 menunjukan Desain dan Estetika Alat yang sudah dirancang pada penelitian ini



Gambar 2. Desain dan estetika alat monitoring performa atlet sepak bola

Prosedur penelitian dilakukan melalui empat tahap utama, yaitu: (1) perancangan sistem monitoring yang mencakup integrasi sensor dengan mikrokontroler, (2) implementasi sistem dan pengambilan data fisiologis responden melalui empat sesi pengukuran sebelum dan sesudah aktivitas olahraga dengan interval waktu tertentu, (3) analisis data menggunakan metode statistik deskriptif untuk mengidentifikasi perubahan parameter fisiologis, dan (4) evaluasi hasil dengan membandingkan data pengukuran terhadap standar fisiologis normal serta hasil penelitian terdahulu yang relevan. Gambar 3 menunjukan Diagram blok alat monitoring performa atlet sepak bola.



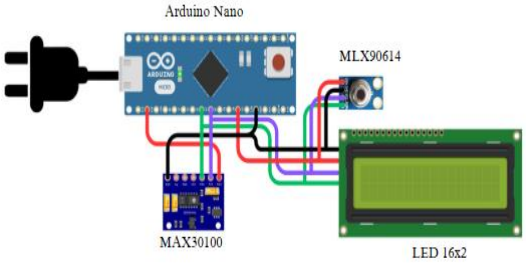
Gambar 3. Diagram Blok alat alat monitoring performa atlet sepak bola

Bagian pada alat monitoring performa atlet sepak bola yang dibuat berdasarkan diagram bloknya memiliki tugas masing masing berdasarkan fungsi yang ada. Diagram blok yang menunjukkan sistem berbasis mikrokontroler Arduino Nano yang berfungsi untuk membaca data dari dua sensor (MAX30100 dan MLX90614) dan menampilkannya di layar LCD 16x2. Tabel 1 merupakan tabel alat yang digunakan dalam perancangan alat monitoring performa atlet sepak bola

Tabel 1. Tabel alat monitoring performa atlet sepak bola

No	Nama Komponen	Jumlah
1	Mikrokontroler Arduino Nano	1 Unit
2	Sensor MAX30100	1 Unit
3	Sensor MLX90614	1 Unit
4	LED 16x2	1 Unit
5	Kabel Power	Secukupnya
6	Kabel	Secukupnya

Dengan menggunakan komponen diatas maka pembuatan perancangan desain dan skematik rangkaian alat monitoring performa atlet sepak bola. Skematik alat monitoring performa atlet sepak bola dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Skematik alat monitoring performa atlet sepak bola

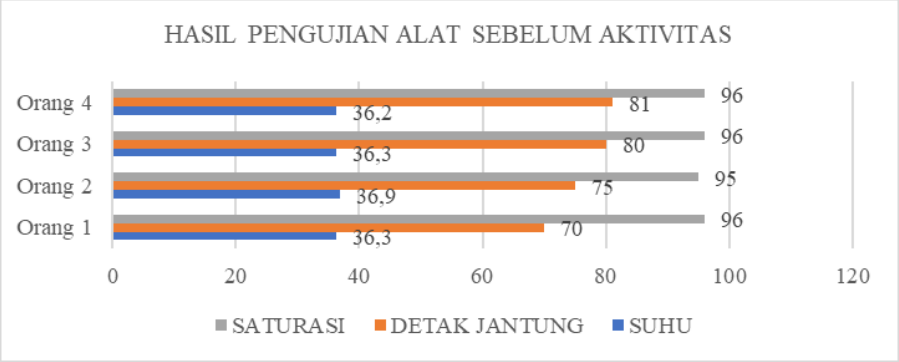
Data yang diperoleh dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif dengan membandingkan nilai rata-rata hasil pengukuran pada setiap sesi pengujian. Analisis ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan penelitian terkait kemampuan sistem dalam memonitor perubahan kondisi fisiologis atlet secara real-time. Validitas hasil dijaga melalui kalibrasi sensor sebelum pengujian, pengulangan pengambilan data pada beberapa sesi, serta verifikasi konsistensi hasil antar-pengukuran. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan menghasilkan temuan yang objektif, terukur, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah sesuai dengan tujuan penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan (Results and Discussion)

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengukur parameter fisiologis secara real-time dengan hasil yang stabil. Selain itu, penggunaan sensor MLX90614 juga terbukti mampu mengukur suhu tubuh tanpa kontak langsung dengan tingkat akurasi yang memadai. Pengujian alat terhadap 4 responden dibagi menjadi 2 yaitu pengujian alat sebelum aktivitas dan pengujian alat setelah aktivitas. Berikut ini adalah hasil pengujian alat dan grafik pengujian alat sebelum aktivitas dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 5.

Tabel 2. Tabel hasil pengujian alat sebelum aktivitas

NO	PESERTA	SUHU	DETAK JANTUNG	SATURASI
1	Orang 1	36.3 C	70bpm	96%
2	Orang 2	36.9 C	75bpm	95%
3	Orang 3	36.3 C	80bpm	96%
4	Orang 4	36.2 C	81bpm	96%

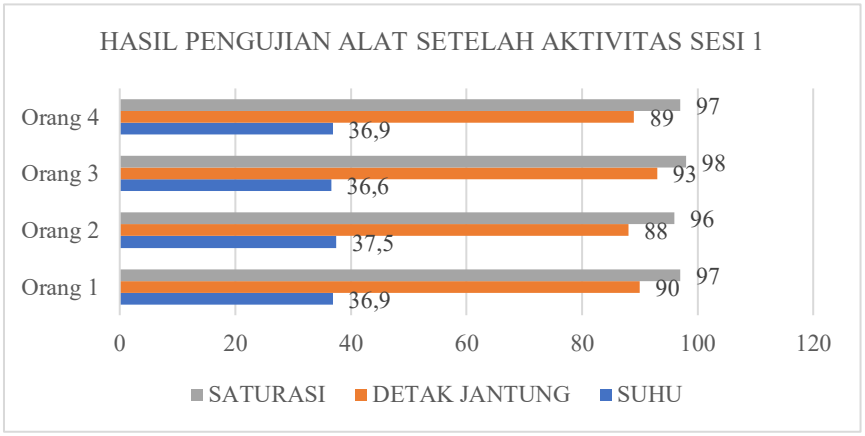


Gambar 5. Grafik hasil pengujian alat sebelum aktivitas

Hasil pengujian alat terhadap responden sebelum melakukan aktivitas menunjukan bahwa orang 1 - orang 4 memiliki rentang suhu antara 36.2°C - 36.9°C, detak jantung dengan rentang antara 70 bpm – 81 bpm, dan saturasi oksigen antara 95% - 96%. Setelah melakukan pengujian alat pada responden sebelum melakukan aktivitas, alat akan diuji pada responden setelah melakukan aktivitas fisik dengan komponen pengujian suhu, detak jantung, dan saturasi oksigen. Aktivitas fisik diuji menjadi 4 sesi yang dibagi menjadi sesi 1 – sesi 4. Berikut adalah hasil pengujian alat pada responden setelah melakukan aktivitas fisik sesi 1 dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 6.

Tabel 3. Pengujian hasil alat setelah aktivitas fisik sesi 1

NO	PESERTA	SUHU	DETAK JANTUNG	SATURASI
1	Orang 1	36.9 C	90bpm	97%
2	Orang 2	37.5 C	88bpm	96%
3	Orang 3	36.6 C	93bpm	98%
4	Orang 4	36.9 C	89bpm	97%



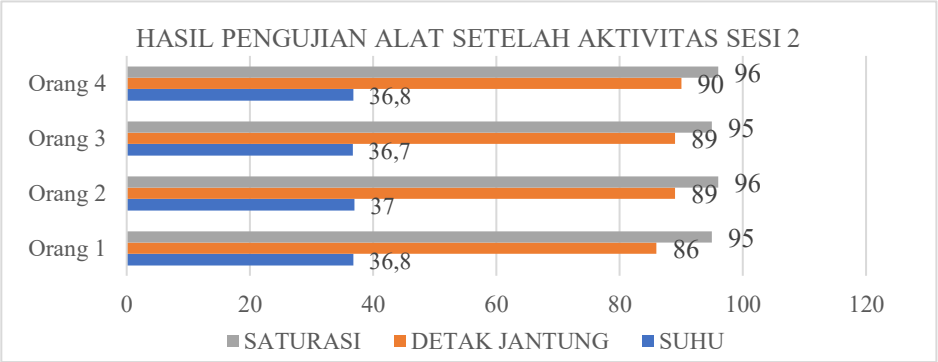
Gambar 6. Hasil pengujian alat setelah aktivitas fisik sesi 1

Berdasarkan gambar 6 dan tabel 3 hasil pengujian menunjukan bahwa rentang suhu tubuh pada responden orang 1 – orang 4 adalah 36.6 – 36.9°C. rentang detak jantung responden orang 1 – orang 4 adalah 88 – 93bpm dan saturasi oksigen orang 1 – orang 4 96 – 98%. Setelah melakukan pengujian alat

pada sesi 1, alat diuji kembali dengan responden yang sama pada sesi 2. Berikut adalah hasil pengujian alat pada responden setelah melakukan aktivitas fisik sesi 2 dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 7.

Tabel 4. Tabel hasil pengujian alat setelah aktivitas sesi 2.

NO	PESERTA	SUHU	DETAK JANTUNG	SATURASI
1	Orang 1	36.8 C	86bpm	95%
2	Orang 2	37.0 C	89bpm	96%
3	Orang 3	36.7 C	89bpm	95%
4	Orang 4	36.8 C	90bpm	96%

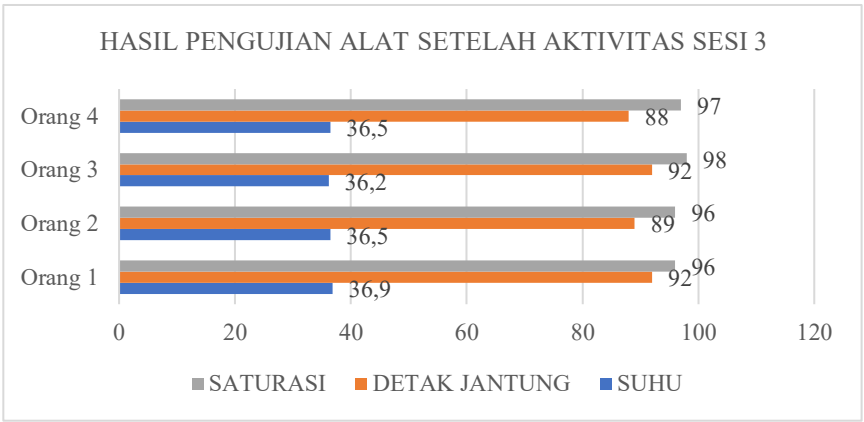


Gambar 7. Hasil pengujian alat setelah aktivitas sesi 2

Berdasarkan gambar 7 dan tabel 4 hasil pengujian menunjukan bahwa rentang suhu tubuh pada responden orang 1 – orang 4 adalah 36.7 – 37.0°C. rentang detak jantung responden orang 1 – orang 4 adalah 86 – 90bpm dan saturasi oksigen orang 1 – orang 4 95 – 96%. Setelah melakukan pengujian alat pada sesi 2, alat diuji kembali dengan responden yang sama pada sesi 3. Berikut adalah hasil pengujian alat pada responden setelah melakukan aktivitas fisik sesi 3 dapat dilihat pada tabel 5 dan gambar 8.

Tabel 5. Tabel hasil pengujian alat setelah sesi 3.

NO	PESERTA	SUHU	DETAK JANTUNG	SATURASI
1	Orang 1	36.9 C	92bpm	96%
2	Orang 2	36.5 C	89bpm	96%
3	Orang 3	36.2 C	92bpm	98%
4	Orang 4	36.5 C	88bpm	97%

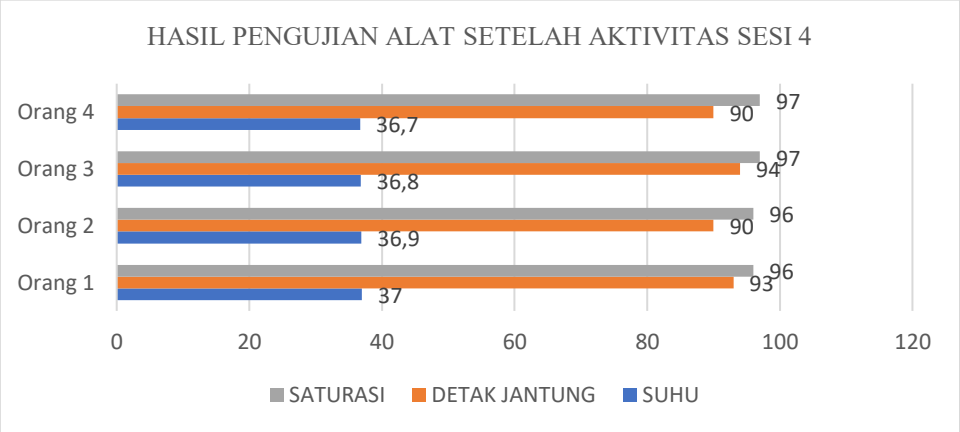


Gambar 8. Hasil pengujian alat setelah aktivitas fisik sesi 3

Berdasarkan gambar 8 dan tabel 5 hasil pengujian menunjukan bahwa rentang suhu tubuh pada responden orang 1 – orang 4 adalah 36.2 – 36.9°C. rentang detak jantung responden orang 1 – orang 4 adalah 88 – 92bpm dan saturasi oksigen orang 1 – orang 4 adalah 96 – 98%. Setelah melakukan pengujian alat pada sesi 3, alat diuji kembali dengan responden yang sama pada sesi 4. Berikut adalah hasil pengujian alat pada responden setelah melakukan aktivitas fisik sesi 4 dapat dilihat pada tabel 6 dan gambar 9.

Tabel 6. Hasil pengujian alat setelah aktivitas sesi 4

NO	PESERTA	SUHU	DETAK JANTUNG	SATURASI
1	Orang 1	37.0 C	94bpm	96%
2	Orang 2	36.9 C	90bpm	96%
3	Orang 3	36.8 C	94bpm	97%
4	Orang 4	36.7 C	90bpm	97%



Gambar 9. Hasil pengujian alat setelah aktivitas fisik sesi 4

Berdasarkan gambar 9 dan tabel 6 hasil pengujian menunjukan bahwa rentang suhu tubuh pada responden orang 1 – orang 4 adalah 36.7 – 37.0°C. rentang detak jantung responden orang 1 – orang 4 adalah 90 – 94bpm dan saturasi oksigen orang 1 – orang 4 adalah 96 – 97%. Berikut ini adalah hasil akhir pengujian alat pada 4 responden pada aktivitas 1 – aktivitas 4 dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Tabel Pengujian Alat setelah melakukan 4 sesi aktivitas

NO	PESERTA	SUHU	DETAK JANTUNG	SATURASI
1	Orang 1	36.8°C – 37.0°C	86 – 94 bpm	95 - 97%
2	Orang 2	36.5°C – 37.5°C	88 – 90 bpm	96%
3	Orang 3	36.3°C – 36.8°C	89 – 94 bpm	95 - 98%
4	Orang 4	36.8°C – 36.9°C	88 – 90 bpm	96 - 97%

Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa aktivitas fisik memberikan perubahan terhadap parameter fisiologis yang berhasil direkam oleh sistem monitoring. Perubahan tersebut terlihat terutama pada parameter detak jantung, sedangkan perubahan suhu tubuh dan saturasi oksigen relatif lebih kecil. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya mampu melakukan pembacaan parameter secara real-time, tetapi juga mampu merekam perubahan kondisi fisiologis responden pada beberapa kondisi pengujian.

Pada kondisi sebelum aktivitas, rata-rata suhu tubuh dari empat responden sebesar 36,42°C, sedangkan rata-rata detak jantung sebesar 76,50 bpm dan rata-rata saturasi oksigen sebesar 95,75%. Nilai tersebut digunakan sebagai kondisi awal atau baseline sebelum responden melakukan aktivitas fisik. Setelah aktivitas pada sesi pertama, rata-rata detak jantung meningkat menjadi 90 bpm. Peningkatan ini menunjukkan adanya respons fisiologis tubuh terhadap aktivitas fisik yang dilakukan. Pada kondisi yang sama, rata-rata suhu tubuh meningkat menjadi sekitar 36,98°C, sedangkan rata-rata saturasi oksigen mencapai 97%. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa sistem dapat menangkap perubahan parameter secara bersamaan melalui sensor yang telah diintegrasikan.

Pada sesi kedua, rata-rata suhu tubuh responden berada pada sekitar 36,83°C dengan rata-rata detak jantung 88,50 bpm dan saturasi oksigen 95,50%. Dibandingkan dengan sesi pertama, terjadi sedikit penurunan pada detak jantung dan saturasi oksigen. Namun demikian, nilai tersebut masih menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan hasil pengukuran yang konsisten pada pengujian berulang. Selanjutnya, pada sesi ketiga, rata-rata suhu tubuh tercatat sekitar 36,53°C, detak jantung 90,25 bpm, dan saturasi oksigen 96,75%. Variasi nilai antar-sesi menunjukkan bahwa respons fisiologis tidak selalu meningkat secara linear karena dipengaruhi oleh kondisi aktivitas dan kondisi responden pada saat pengukuran.

Pada sesi keempat, rata-rata suhu tubuh mencapai sekitar 36,85°C, sedangkan rata-rata detak jantung meningkat menjadi 92 bpm dengan rata-rata saturasi oksigen sebesar 96,50%. Jika seluruh sesi setelah aktivitas dibandingkan dengan kondisi awal, terlihat bahwa detak jantung merupakan parameter yang mengalami perubahan paling jelas. Rata-rata detak jantung meningkat dari 76,50 bpm sebelum aktivitas menjadi sekitar 90,19 bpm setelah aktivitas. Sementara itu, rata-rata suhu tubuh meningkat sekitar 0,37°C dan rata-rata saturasi oksigen meningkat sekitar 0,69%. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa perubahan yang paling konsisten setelah aktivitas terdapat pada detak jantung, sedangkan suhu tubuh dan saturasi oksigen cenderung lebih stabil. Data per sesi juga menunjukkan bahwa rentang hasil pengukuran masih relatif berdekatan antarresponden.

Dari sisi fungsionalitas perangkat, hasil pengujian komponen menunjukkan bahwa sensor MLX90614 berhasil melakukan pengukuran suhu, sensor MAX30100 berhasil melakukan pengukuran detak jantung dan saturasi oksigen, sedangkan LCD 16×2 berhasil menampilkan hasil pengukuran. Dengan demikian, seluruh komponen utama yang digunakan dalam sistem dapat menjalankan fungsi sesuai dengan rancangan. Integrasi antara Arduino Nano, MAX30100, MLX90614, dan LCD 16×2 memungkinkan proses akuisisi dan penyajian data dilakukan dalam satu perangkat. Hasil tersebut mendukung tujuan awal penelitian untuk menghasilkan sistem monitoring fisiologis yang sederhana, portabel, dan dapat digunakan secara langsung pada proses pengujian atlet.

Meskipun demikian, hasil penelitian ini perlu dipahami dalam konteks jumlah responden yang masih terbatas, yaitu empat orang. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh belum dapat digunakan untuk melakukan generalisasi terhadap seluruh atlet sepak bola. Sistem yang dikembangkan pada penelitian ini lebih tepat diposisikan sebagai alat bantu monitoring awal untuk memperoleh informasi mengenai perubahan parameter fisiologis sebelum dan sesudah aktivitas. Untuk memperoleh tingkat validitas yang lebih kuat, penelitian selanjutnya dapat meningkatkan jumlah responden, memperbanyak variasi aktivitas fisik, serta membandingkan hasil sensor dengan perangkat medis atau alat ukur standar. Pengembangan tersebut juga dapat digunakan untuk mengevaluasi tingkat akurasi masing-masing sensor secara lebih kuantitatif.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi tiga parameter fisiologis dalam satu perangkat memberikan informasi yang lebih komprehensif dibandingkan pengukuran satu parameter secara terpisah. Sistem dapat memberikan informasi mengenai detak jantung, suhu tubuh, dan saturasi oksigen secara bersamaan sehingga kondisi fisiologis responden dapat diamati dari beberapa indikator. Temuan ini memperkuat kontribusi penelitian dalam penerapan mikrokontroler dan sensor fisiologis untuk mendukung proses monitoring kondisi fisik atlet secara real-time. Pengembangan lebih lanjut menuju sistem berbasis IoT dan penyimpanan data secara terpusat dapat meningkatkan fungsi sistem dari sekadar alat ukur menjadi platform monitoring dan evaluasi performa yang lebih terintegrasi. Berikut ini adalah ceklist keberhasilan alat dalam melakukan pengukuran.

Tabel 8. Hasil akhir pengukuran alat

NO	ALAT	VARIABLE PENGUKURAN			
		SUHU	DETAK JANTUNG	SATURASI	VISUAL
1	MLX90614	Berhasil	-	-	-
2	MAX30100	-	Berhasil	Berhasil	-
3	LCD 16x2	-	-	-	Berhasil

4. Kesimpulan *(Conclusion)*

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring performa atlet sepak bola berbasis mikrokontroler yang mampu mengukur detak jantung, suhu tubuh, dan saturasi oksigen secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu merepresentasikan perubahan kondisi fisiologis atlet sebelum dan sesudah aktivitas olahraga secara konsisten, khususnya pada peningkatan detak jantung serta stabilitas saturasi oksigen dan suhu tubuh dalam rentang normal. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki kemampuan yang memadai sebagai alat bantu monitoring kondisi fisik atlet.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada integrasi multi-parameter fisiologis dalam satu sistem portabel yang sederhana namun fungsional, sehingga dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif dibandingkan sistem yang hanya mengukur satu parameter. Secara keilmuan, penelitian ini memperkuat pemanfaatan teknologi berbasis Internet of Things dalam bidang olahraga, khususnya dalam monitoring

kesehatan atlet secara real-time. Dari sisi praktis, sistem ini berpotensi digunakan oleh pelatih dan atlet sebagai alat pendukung dalam evaluasi performa dan pengambilan keputusan terkait kesiapan fisik.

Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan agar sistem dapat diintegrasikan dengan platform IoT berbasis cloud guna memungkinkan penyimpanan dan analisis data secara lebih luas. Selain itu, penelitian berikutnya perlu melibatkan jumlah responden yang lebih besar serta melakukan pengujian akurasi dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap alat medis standar. Pengembangan dalam bentuk perangkat wearable juga menjadi peluang yang menjanjikan untuk meningkatkan fleksibilitas dan kenyamanan penggunaan dalam aktivitas olahraga sehari-hari.

Ucapan Terima Kasih
Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Bung Karno atas dukungan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh responden yang telah bersedia berpartisipasi dalam proses pengujian alat monitoring performa atlet sepak bola serta kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan masukan dalam penyelesaian penelitian ini.

Pernyataan Etik dan Deklarasi Artikel
Penggunaan Kecerdasan Artifisial (ChatGPT): Dalam proses penyusunan manuskrip ini, penulis menggunakan teknologi Kecerdasan Artifisial (AI) secara terbatas pada tahap penyuntingan bahasa, pemeriksaan tata bahasa, dan penyempurnaan penyajian naskah. Seluruh keluaran yang dihasilkan melalui bantuan AI telah ditinjau, diverifikasi, dan disesuaikan oleh penulis. Penulis tetap bertanggung jawab sepenuhnya terhadap keakuratan, orisinalitas, integritas ilmiah, serta seluruh isi manuskrip yang diterbitkan.

Kontribusi Penulis (Author Contribution Statement): Yoga Listi Prambodo berkontribusi dalam konseptualisasi penelitian, perancangan sistem, metodologi, pengumpulan dan analisis data, serta penyusunan manuskrip. Faishal Hamdi, Alexius Ulan Bani, dan Fifto Nugroho berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian, pengujian sistem, pengumpulan data, serta review dan penyuntingan manuskrip. Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir manuskrip.

Pendanaan (Funding Statement): Penelitian ini tidak memperoleh pendanaan khusus dari lembaga pemerintah, perusahaan, maupun lembaga pendanaan lainnya. Seluruh biaya pelaksanaan penelitian ditanggung secara mandiri oleh tim penulis (self-funded).

Konflik Kepentingan (Conflict of Interest Statement): Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam pelaksanaan penelitian maupun dalam proses penyusunan dan penerbitan artikel ini.

Pernyataan Etik (Ethical Statement): Penelitian ini melibatkan responden yang bersedia mengikuti proses pengujian alat monitoring performa atlet sepak bola sebelum dan sesudah aktivitas olahraga. Pelaksanaan penelitian telah memperoleh persetujuan etik (Ethical Clearance) dari komite etik yang relevan. Pengujian dilakukan dengan memperhatikan kesediaan dan partisipasi responden dalam seluruh tahapan penelitian.

Daftar Pustaka
[1] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, “Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 2347–2376, 2015.
[2] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, “Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013.
[3] S. Majumder, T. Mondal, and M. J. Deen, “Wearable sensors for remote health monitoring,” *Sensors*, vol. 17, no. 1, 2017.
[4] Y. Khan, A. Ostfeld, C. Lochner, A. Pierre, and A. Arias, “Monitoring of Vital Signs with Flexible and Wearable Medical Devices,” *Adv. Mater.*, vol. 28, no. 22, pp. 4373–4395, 2016.
[5] D. Dias and J. P. S. Cunha, “Wearable Health Devices—Vital Sign Monitoring, Systems and Technologies,” *Sensors*, vol. 18, no. 8, 2018.
[6] R. Halson, “Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes,” *Sport. Med.*, vol. 44, no. 2, pp. 139–147, 2014.
[7] H. Heikenfeld, “Wearable sensors: modalities, challenges, and prospects,” *Lab Chip*, vol. 18, no.

2, pp. 217–248, 2018.
[8] A. Pantelopoulos and N. Bourbakis, "A Survey on Wearable Sensor-Based Systems for Health Monitoring," *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.*, vol. 40, no. 1, pp. 1–12, 2010.
[9] L. Aditya and R. Wahyuni, "Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Oksigen Non Invasive Menggunakan Sensor MAX30100," *J. Ilm. Elektrokrisna*, vol. 8, no. 3, pp. 62–69, 2020.
[10] B. Sulistyo and Wahyudi, "Pengukuran Suhu Tubuh Menggunakan Sensor MLX90614," *J. Teknol.*, 2024.
[11] M. Banzi and M. Shiloh, *Getting Started with Arduino*, 3rd ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2014.
[12] J. Junaedi, "Pemanfaatan Arduino dalam Sistem Monitoring," *J. Sist. Embed.*, 2021.
[13] M. Dehghani, "Internet of Things for Health Monitoring: A Review," *Sensors*, 2018.
[14] S. Li, L. Xu, and S. Zhao, "The Internet of Things: A Survey," *Inf. Syst. Front.*, 2015.
[15] S. Patel, H. Park, P. Bonato, L. Chan, and M. Rodgers, "A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation," *J. Neuroeng. Rehabil.*, vol. 9, no. 1, 2012.
[16] H. Alemdar and C. Ersoy, "Wireless Sensor Networks for Healthcare," *Comput. Networks*, 2010.
[17] J. Smolander, "Heart Rate and Physical Activity Monitoring," *Sport. Sci. Rev.*, 2011.