

Pengembangan Sistem Monitoring Saturasi Oksigen dan Denyut Jantung Berbasis IoT Menggunakan ESP8266 dan MAX30102

Muhammad Yusuf Fadilla¹, Ibrahim², Rafif Fauzan Reinawan³, Hazri Alpirendri Muhammad Latif⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang,
^{1,2,3,4}Jalan HS. Ronggo Waluyo, Desa Puseurjaya, Kecamatan Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat

*Penulis Korespondensi, e-mail: 2210631160100@student.unsika.ac.id

Received: 11/06/2026

Revised: 15/07/2026

Accepted: 15/07/2026

ABSTRAK

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) mendorong pengembangan perangkat kesehatan yang mampu melakukan pemantauan kondisi fisiologis secara jarak jauh. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring saturasi oksigen dan denyut jantung berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor MAX30102. Sistem dirancang untuk mengukur saturasi oksigen dan denyut jantung, menampilkan hasil pada *Liquid Crystal Display* (LCD), serta mengirimkan data ke aplikasi Blynk melalui internet. Metode penelitian menggunakan *Research and Development* (R&D) yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan, integrasi, dan pengujian sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pengukuran, menampilkan hasil pada LCD, serta mengirimkan data ke aplikasi Blynk melalui jaringan internet sehingga pengguna dapat memantau kondisi fisiologis secara langsung dengan nilai rata-rata saturasi oksigen sebesar 95,04% dan denyut jantung 81,12 BPM. Sistem yang dikembangkan berpotensi menjadi perangkat pendukung pemantauan kesehatan mandiri.

Kata Kunci: ESP8266, *Internet of Things*, MAX30102, Monitoring kesehatan, Saturasi oksigen

ABSTRACT

The advancement of the Internet of Things (IoT) has accelerated the development of healthcare devices for remote physiological monitoring. This study aims to develop an IoT-based oxygen saturation and heart rate monitoring system using the NodeMCU ESP8266 and the MAX30102 sensor. The system measures oxygen saturation and heart rate, displays the results on a Liquid Crystal Display (LCD), and transmits data to the Blynk application via the internet. The study employed the Research and Development (R&D) method, including requirements analysis, system design, integration, and performance testing. The results show that the system is capable of measuring oxygen saturation and heart rate, displaying the results on the LCD, and transmitting measurement data to the Blynk application via the internet, enabling users to monitor physiological parameters remotely with average values of 95.04% for oxygen saturation and 81.12 BPM for heart rate. The developed system has the potential to support independent health monitoring.

Keywords: ESP8266, *Internet of Things*, MAX30102, Health monitoring, Oxygen saturation

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong inovasi di berbagai bidang, termasuk sektor kesehatan. Salah satu inovasi tersebut adalah penerapan *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan berbagai perangkat saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pertukaran data secara otomatis. Dalam bidang kesehatan, teknologi IoT dimanfaatkan untuk mendukung pemantauan

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



kondisi fisiologis secara daring, sehingga pengguna maupun tenaga medis dapat memperoleh informasi kesehatan dengan lebih cepat, akurat, dan efisien. Pemanfaatan teknologi ini juga mendukung layanan kesehatan yang lebih fleksibel karena proses pemantauan dapat dilakukan tanpa dibatasi oleh lokasi [1].

Salah satu parameter fisiologis yang penting untuk dipantau adalah saturasi oksigen (SpO_2) dan denyut jantung (*heart rate*). Kedua parameter tersebut merupakan indikator penting dalam mengetahui kondisi sistem pernapasan dan kardiovaskular seseorang. Pemantauan kedua parameter secara berkala dapat membantu mendeteksi perubahan kondisi kesehatan sejak dini sehingga tindakan penanganan dapat dilakukan dengan lebih cepat [2]. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem monitoring yang mampu melakukan pengukuran secara praktis, akurat, dan dapat diakses melalui jaringan internet [1].

Beberapa penelitian telah mengembangkan sistem monitoring kesehatan berbasis *Internet of Things* dengan berbagai pendekatan. Juhaeriyah dan Wulandari mengembangkan sistem monitoring kesehatan berbasis ESP8266 yang mampu mengirimkan data melalui jaringan internet sebagai media pemantauan jarak jauh [3]. Muthmainnah dan Tabriawan mengembangkan prototipe alat ukur detak jantung menggunakan sensor MAX30102 berbasis *Internet of Things* dengan platform Blynk sehingga hasil pengukuran dapat dipantau melalui perangkat bergerak [4]. Inayatullah *et al.* merancang sistem monitoring detak jantung dan saturasi oksigen menggunakan sensor MAX30102 yang menunjukkan kemampuan sensor dalam melakukan pengukuran kedua parameter fisiologis tersebut [5]. Selain itu, Islam *et al.* menunjukkan bahwa integrasi *Internet of Things* dengan sistem pemantauan kesehatan mampu meningkatkan efektivitas pemantauan kondisi pasien secara monitoring melalui internet [6]. Surapati *et al.* juga mengembangkan sistem kesehatan cerdas berbasis *Internet of Things* yang dilengkapi dengan metode prediksi untuk meningkatkan kualitas layanan kesehatan [6].

Meskipun berbagai penelitian tersebut telah menunjukkan keberhasilan penerapan *Internet of Things* pada sistem monitoring kesehatan, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengukuran parameter fisiologis tertentu atau pengembangan sistem dengan kompleksitas yang lebih tinggi. Selain itu, sebagian penelitian hanya menampilkan hasil pengukuran melalui media tertentu dan belum mengintegrasikan pengukuran saturasi oksigen dan denyut jantung menggunakan sensor MAX30102 dengan NodeMCU ESP8266 dalam satu sistem monitoring yang sederhana, portabel, dan mudah diimplementasikan [3], [5], [4]. Kondisi tersebut menunjukkan masih adanya peluang untuk mengembangkan sistem monitoring kesehatan yang lebih terintegrasi dengan kemampuan pemantauan secara monitoring jarak jauh melalui jaringan internet.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem monitoring saturasi oksigen dan denyut jantung berbasis *Internet of Things* menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor MAX30102. Sistem yang dikembangkan mampu mengukur saturasi oksigen dan denyut jantung, menampilkan hasil pengukuran pada *Liquid Crystal Display* (LCD), serta mengirimkan data ke aplikasi Blynk melalui jaringan internet sehingga pengguna dapat memantau kondisi kesehatannya secara langsung melalui aplikasi Blynk. Integrasi perangkat keras dan perangkat lunak tersebut menjadi kontribusi penelitian ini dalam menyediakan sistem monitoring kesehatan yang praktis, mudah digunakan, serta memiliki biaya implementasi yang relatif rendah.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring saturasi oksigen dan denyut jantung berbasis *Internet of Things* menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor MAX30102, serta mengevaluasi kinerja sistem dalam melakukan pengukuran dan pengiriman data hasil pemantauan secara langsung melalui aplikasi Blynk.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan pada penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D) dengan fokus pada pengembangan perangkat monitoring kesehatan yang mampu mengukur saturasi oksigen dan denyut jantung berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT). Pelaksanaan penelitian dimulai dari analisis kebutuhan sistem, dilanjutkan dengan desain perangkat keras dan perangkat lunak, integrasi komponen, serta pengujian untuk mengevaluasi kinerja perangkat yang telah dikembangkan. Tahap pengujian bertujuan untuk memverifikasi bahwa seluruh komponen mampu bekerja sesuai rancangan dan dapat menjalankan



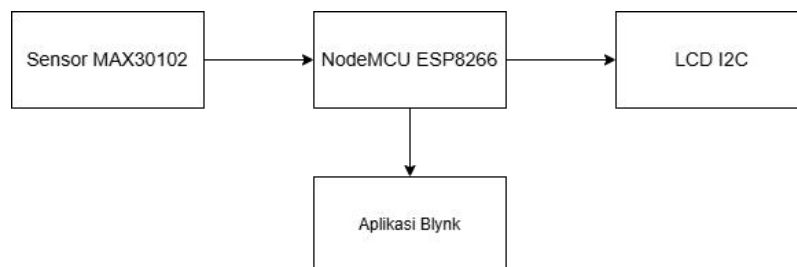
fungsinya secara optimal, mulai dari proses akuisisi data menggunakan sensor MAX30102, pengolahan data oleh NodeMCU ESP8266, penampilan hasil pada LCD I2C, hingga pengiriman data ke aplikasi Blynk melalui jaringan WiFi. Seluruh tahapan pengembangan dilakukan untuk menghasilkan perangkat yang dapat melakukan pemantauan kondisi fisiologis secara langsung dengan tingkat keandalan yang baik [1].

2.1 Responden Penelitian

Pengujian sistem dilakukan terhadap lima orang responden yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling. Seluruh responden berjenis kelamin laki-laki dengan rentang usia 20–22 tahun. Pemilihan responden dilakukan untuk memperoleh data pengujian pada kelompok usia produktif dengan kondisi kesehatan yang relatif seragam.

Kriteria inklusi dalam penelitian ini meliputi responden yang berusia 20–22 tahun, berjenis kelamin laki-laki, berada dalam kondisi sehat, tidak memiliki riwayat penyakit jantung maupun gangguan pernapasan, serta bersedia mengikuti seluruh rangkaian pengujian. Adapun kriteria eksklusi meliputi responden yang mengalami cedera pada jari, gangguan sirkulasi darah pada jari, atau kondisi lain yang dapat memengaruhi hasil pembacaan sensor selama proses pengujian.

2.2 Perancangan Sistem



Gambar 1. Alur Mekanisme Kerja Sistem

Diagram pada Gambar 1 menggambarkan mekanisme kerja sistem yang digunakan untuk memperoleh dan menampilkan data saturasi oksigen serta denyut jantung berbasis Internet of Things. Komponen utama sistem meliputi sensor MAX30102 untuk akuisisi data, NodeMCU ESP8266 untuk pemrosesan data, LCD I2C sebagai tampilan lokal, dan aplikasi Blynk yang digunakan untuk pemantauan melalui smartphone. Seluruh komponen saling terintegrasi untuk menghasilkan sistem pemantauan kesehatan yang dapat bekerja secara real-time [6].

Proses kerja sistem diawali ketika pengguna meletakkan jari pada sensor MAX30102. Sensor kemudian mendeteksi sinyal optik untuk memperoleh data saturasi oksigen dan denyut jantung. Data hasil pembacaan tersebut dikirimkan ke NodeMCU ESP8266 melalui komunikasi I2C untuk diproses sebelum ditampilkan pada LCD I2C sebagai informasi lokal. Selanjutnya, NodeMCU mengirimkan data melalui jaringan WiFi ke aplikasi Blynk sehingga hasil pengukuran dapat dipantau menggunakan smartphone secara real-time [3].

Melalui mekanisme tersebut, pengguna dapat memperoleh informasi kondisi kesehatan secara langsung baik melalui LCD maupun aplikasi Blynk tanpa harus melakukan pengukuran menggunakan perangkat medis konvensional secara berulang. Integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan platform IoT memungkinkan proses monitoring berlangsung secara praktis serta mempermudah pengguna dalam memantau perubahan nilai SpO_2 dan denyut jantung [2].

2.3 Perancangan Perangkat Keras



Gambar 2. Rancangan Perangkat Keras

Gambar 2 menunjukkan rancangan perangkat keras yang digunakan pada sistem monitoring saturasi oksigen (SpO_2) dan denyut jantung (BPM). Perangkat keras dirancang dengan mengintegrasikan sensor MAX30102, NodeMCU ESP8266, LCD I2C 16×2, serta beberapa komponen pendukung sehingga seluruh bagian sistem dapat bekerja secara terpadu dalam melakukan proses pengukuran, pengolahan, dan pengiriman data secara real-time.

Berikut ini adalah beberapa komponen perangkat keras yang digunakan, spesifikasinya, dan fungsinya:

TABEL I: KOMPONEN, SPESIFIKASI, DAN FUNGSI YANG DIGUNAKAN

Komponen	Spesifikasi	Fungsi
NodeMCU	ESP8266EX, WiFi	Pengendali
ESP8266	2.4 GHz	utama
MAX30102	Sensor SpO_2 dan BPM	Akuisisi data
LCD I2C	16×2	Display
Breadboard	MB102	Perakitan
Kabel jumper	Male-Female	Penghubung

Tabel I menunjukan komponen utama yang digunakan pada sistem beserta spesifikasi dan fungsinya, berikut ini adalah penjelasannya:

1. NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama yang berfungsi mengolah data hasil pembacaan sensor sekaligus mengirimkan data ke aplikasi Blynk melalui jaringan WiFi [5].
2. Sensor MAX30102 sebagai sensor optik yang digunakan untuk mengukur kadar saturasi oksigen (SpO_2) dan denyut jantung (BPM) secara non-invasif menggunakan metode photoplethysmography (PPG) [7], [4].
3. LCD I2C 16×2 sebagai media tampilan lokal yang berfungsi menampilkan hasil pengukuran secara langsung sehingga pengguna dapat melihat nilai SpO_2 dan BPM tanpa harus membuka aplikasi.



4. Breadboard dan kabel jumper sebagai media penghubung antar komponen elektronik selama proses perancangan dan pengujian sistem.
5. Catu daya sebagai sumber tegangan yang menyuplai kebutuhan daya seluruh rangkaian sehingga sistem dapat beroperasi dengan baik.

NodeMCU ESP8266 menerima data hasil pengukuran dari sensor MAX30102 melalui komunikasi I2C menggunakan jalur SDA dan SCL. Selanjutnya, data tersebut diproses untuk memperoleh nilai saturasi oksigen dan denyut jantung sebelum ditampilkan pada LCD I2C. Pada saat yang bersamaan, NodeMCU juga mengirimkan data melalui jaringan WiFi menuju aplikasi Blynk sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan secara real-time menggunakan smartphone. Integrasi antarperangkat tersebut memungkinkan sistem bekerja secara otomatis mulai dari proses akuisisi data hingga penyajian informasi kepada pengguna [3], [8].

2.4 Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 3. Tampilan Pada Aplikasi

Gambar 3 menunjukkan tampilan perangkat lunak yang digunakan pada sistem monitoring saturasi oksigen (SpO_2) dan denyut jantung (BPM). Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE sebagai lingkungan pemrograman NodeMCU ESP8266. Program dirancang untuk mengendalikan seluruh proses kerja sistem, mulai dari inisialisasi perangkat, pembacaan data sensor, pengolahan data, penampilan hasil pengukuran pada LCD I2C, hingga pengiriman data ke aplikasi Blynk melalui jaringan WiFi secara real-time [3].

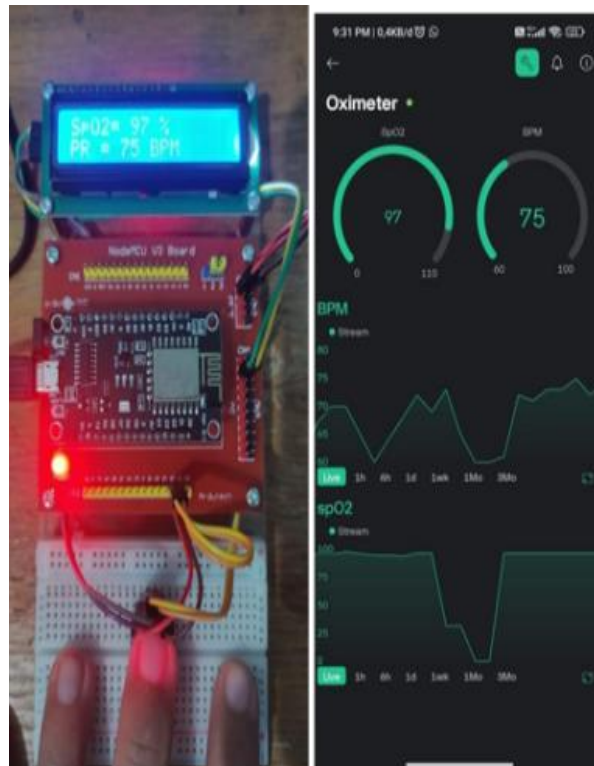
Proses kerja perangkat lunak diawali dengan inisialisasi seluruh komponen yang digunakan, meliputi NodeMCU ESP8266, sensor MAX30102, LCD I2C, serta konfigurasi koneksi WiFi dan aplikasi Blynk. Setelah proses inisialisasi selesai, sistem akan melakukan pengecekan koneksi jaringan. Apabila koneksi berhasil dilakukan, NodeMCU mulai membaca data dari sensor MAX30102 melalui komunikasi I2C untuk memperoleh nilai saturasi oksigen dan denyut jantung pengguna [9].

Data hasil pembacaan sensor kemudian diproses oleh NodeMCU ESP8266 sebelum ditampilkan pada LCD I2C sebagai media informasi lokal. Pada saat yang bersamaan, data yang sama dikirimkan ke aplikasi Blynk melalui jaringan internet sehingga pengguna dapat memantau kondisi kesehatan secara real-time



menggunakan smartphone. Seluruh proses tersebut dilakukan secara berulang selama sistem dalam keadaan aktif sehingga data hasil pengukuran dapat diperbarui secara terus-menerus [6].

2.5 Implementasi Sistem



Gambar 4. Gambar Implementasi Alat

Gambar 4 menunjukkan implementasi sistem monitoring saturasi oksigen (SpO_2) dan denyut jantung (BPM) yang telah dirakit berdasarkan rancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada tahap ini, seluruh komponen diintegrasikan menjadi satu kesatuan sistem yang mampu melakukan proses pengukuran, pengolahan data, penampilan hasil, serta pengiriman data secara real-time melalui jaringan internet [3].

Sensor MAX30102 dihubungkan dengan NodeMCU ESP8266 menggunakan protokol komunikasi I2C melalui jalur SDA dan SCL. Selain sensor, LCD I2C juga dihubungkan menggunakan jalur komunikasi yang sama sehingga hasil pengukuran dapat ditampilkan secara langsung pada layar LCD. Setelah seluruh rangkaian selesai dirakit, program yang telah dibuat pada Arduino IDE diunggah ke NodeMCU ESP8266 untuk menjalankan seluruh fungsi sistem [3].

Tahap berikutnya adalah konfigurasi koneksi WiFi dan aplikasi Blynk sebagai media monitoring jarak jauh. NodeMCU ESP8266 dikonfigurasi agar dapat terhubung dengan jaringan internet dan melakukan komunikasi dengan platform Blynk. Setelah proses koneksi berhasil dilakukan, data hasil pembacaan sensor MAX30102 dikirimkan secara otomatis ke aplikasi Blynk sehingga pengguna dapat memantau nilai saturasi oksigen dan denyut jantung menggunakan smartphone secara real-time [6].

Melalui proses implementasi tersebut, seluruh komponen sistem dapat bekerja secara terintegrasi sesuai dengan fungsi masing-masing. Sensor MAX30102 berperan sebagai perangkat akuisisi data, NodeMCU ESP8266 melakukan pengolahan dan pengiriman data, LCD I2C berfungsi sebagai media tampilan lokal, sedangkan aplikasi Blynk digunakan sebagai media monitoring jarak jauh. Integrasi tersebut memungkinkan sistem melakukan pemantauan kondisi kesehatan secara praktis dan efisien [6].

Sistem dilakukan dengan mengintegrasikan seluruh perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dirancang. Sensor MAX30102 dihubungkan ke NodeMCU ESP8266 menggunakan komunikasi I2C melalui pin



SDA dan SCL. LCD I2C juga terhubung menggunakan jalur komunikasi yang sama. Setelah perangkat keras terpasang, program yang telah dibuat diunggah ke NodeMCU menggunakan Arduino IDE.

Selanjutnya dilakukan konfigurasi aplikasi Blynk untuk menerima data hasil pengukuran yang dikirimkan oleh NodeMCU melalui jaringan WiFi. Data yang diterima ditampilkan dalam bentuk nilai numerik pada antarmuka aplikasi sehingga dapat dipantau secara real-time oleh pengguna.

Untuk mengevaluasi akurasi sistem yang dikembangkan, hasil pengukuran sensor MAX30102 dibandingkan dengan pulse oximeter medis tipe fingertip yang digunakan sebagai alat referensi (clinical reference). Pengukuran dilakukan pada setiap responden dengan menempatkan sensor MAX30102 dan pulse oximeter pada jari secara bergantian dalam kondisi istirahat. Nilai saturasi oksigen (SpO_2) dan denyut jantung (BPM) dari kedua perangkat kemudian dicatat dan dibandingkan sebagai dasar evaluasi performa sistem.

Sebelum proses pengambilan data dilakukan, seluruh komponen sistem diuji untuk memastikan sensor MAX30102, NodeMCU ESP8266, LCD I2C, serta komunikasi data menuju aplikasi Blynk berfungsi dengan baik. Pengecekan dilakukan dengan memastikan sensor mampu membaca nilai SpO_2 dan BPM secara stabil sebelum proses pengambilan data pada responden dimulai.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi saturasi oksigen dan denyut jantung. Pengujian dilakukan dengan menempatkan jari pengguna pada sensor MAX30102 selama beberapa detik hingga diperoleh data yang stabil. Nilai hasil pengukuran kemudian ditampilkan pada LCD I2C dan aplikasi Blynk.

Sistem yang dikembangkan mampu mengirimkan hasil pengukuran ke aplikasi Blynk melalui jaringan WiFi sehingga data dapat dipantau dari perangkat smartphone yang terhubung ke internet. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan dan validasi hasil pengukuran sensor, sehingga pengujian khusus mengenai parameter komunikasi jaringan seperti delay transmisi, latensi pengiriman data, maupun kestabilan koneksi internet belum dilakukan dan menjadi bagian yang dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya.

Data hasil pengukuran dianalisis menggunakan nilai rata-rata (mean), standar deviasi, range, koefisien variasi (CV), serta parameter evaluasi kesalahan berupa Mean Absolute Error (MAE) dan Root Mean Square Error (RMSE) terhadap hasil pengukuran pulse oximeter medis sebagai alat referensi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem monitoring saturasi oksigen (SpO_2) dan denyut jantung (BPM) berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dirancang kemudian diimplementasikan dan diuji untuk mengetahui performa kerjanya. Pengujian dilakukan dengan memanfaatkan sensor MAX30102 sebagai perangkat akuisisi data, NodeMCU ESP8266 sebagai pengolah data, serta aplikasi Blynk sebagai media pemantauan jarak jauh. Seluruh komponen diintegrasikan sehingga mampu melakukan proses pengukuran dan pengiriman data secara real-time.

Pengambilan data dilakukan terhadap lima responden dengan lima kali pengulangan pengukuran pada masing-masing responden. Proses pengulangan dilakukan untuk memperoleh hasil yang lebih representatif serta mengamati tingkat konsistensi pembacaan sensor selama proses pengukuran berlangsung. Data yang diperoleh berupa nilai saturasi oksigen dan denyut jantung yang kemudian dicatat untuk dianalisis lebih lanjut.

Evaluasi kinerja sistem dilakukan menggunakan beberapa parameter statistik, meliputi nilai maksimum, nilai minimum, rata-rata, rentang data, standar deviasi, dan koefisien variasi (Coefficient of Variation/CV). Hasil analisis tersebut digunakan untuk menilai kestabilan, konsistensi, dan tingkat presisi sistem dalam melakukan pengukuran. Pembahasan pada bagian ini difokuskan pada hasil pengujian sensor serta kemampuan sistem dalam menampilkan dan mengirimkan data hasil pengukuran secara real-time.

3.1 Hasil Pengukuran SpO_2

TABEL II: HASIL PENGUJIAN SpO_2 SISTEM

Pengujian	Nama	Data SpO_2 (%)				
		1	2	3	4	5

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



1	Wildan	95	95	94	95	95
2	Yusuf	95	95	94	95	95
3	Reza	95	95	94	95	95
4	Rafif	97	96	97	97	97
5	Hazri	92	93	93	92	94

Tabel II menyajikan hasil pengukuran kadar saturasi oksigen (SpO_2) yang diperoleh dari lima orang responden. Masing-masing responden menjalani proses pengukuran sebanyak lima kali secara berurutan menggunakan sistem digital oximeter yang telah dirancang. Pengambilan data secara berulang dilakukan untuk mengetahui konsistensi pembacaan sensor MAX30102 sekaligus mengurangi pengaruh fluktuasi yang dapat terjadi selama proses pengukuran.

Berdasarkan data pada Tabel II, nilai SpO_2 yang diperoleh berada pada rentang 92% hingga 97%. Sebagian besar hasil pengukuran menunjukkan nilai yang relatif stabil pada setiap responden, meskipun masih terdapat sedikit variasi antarpercobaan. Variasi tersebut merupakan kondisi yang umum terjadi pada proses pengukuran fisiologis karena dapat dipengaruhi oleh posisi jari pada sensor, sirkulasi darah, maupun intensitas cahaya yang diterima sensor.

Data hasil pengukuran tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan beberapa parameter statistik, meliputi nilai maksimum, nilai minimum, rata-rata, range, standar deviasi, serta koefisien variasi (Coefficient of Variation/CV). Analisis ini dilakukan untuk mengevaluasi kestabilan dan tingkat presisi sistem dalam melakukan pengukuran saturasi oksigen.

TABEL III: HASIL PENGUJIAN SpO_2 SISTEM DAN ALAT PENGUKURAN

Responden	MAX30102					Pulse Oximeter				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Wildan	95	95	94	95	95	95	94	94	95	95
Yusuf	95	95	94	95	95	96	94	94	95	95
Reza	95	95	94	95	95	95	95	94	95	93
Rafif	97	96	97	97	97	97	96	97	97	97
Hazri	92	93	93	92	94	92	93	93	92	94

Untuk mengevaluasi performa sistem yang dikembangkan, hasil pengukuran saturasi oksigen (SpO_2) menggunakan sensor MAX30102 dibandingkan dengan pulse oximeter medis sebagai alat referensi. Seperti yang terlihat pada Tabel 3 pengujian dilakukan terhadap lima responden dengan lima kali pengulangan pada setiap responden sehingga diperoleh sebanyak 25 data pengukuran. Berdasarkan hasil perbandingan, sebagian besar nilai pengukuran yang diperoleh dari sensor MAX30102 memiliki kesesuaian dengan hasil pengukuran pulse oximeter. Perbedaan yang muncul hanya sebesar 1% pada beberapa pengujian, sedangkan sebagian besar data menunjukkan nilai yang sama. Hal tersebut menunjukkan bahwa sensor MAX30102 mampu menghasilkan pengukuran saturasi oksigen yang mendekati alat referensi sehingga layak digunakan sebagai bagian dari sistem monitoring kesehatan berbasis Internet of Things.

Untuk mengevaluasi tingkat akurasi sistem yang dikembangkan, hasil pengukuran saturasi oksigen (SpO_2) menggunakan sensor MAX30102 dibandingkan dengan pulse oximeter medis sebagai alat referensi (*clinical reference*). Pengujian dilakukan terhadap lima responden dengan lima kali pengulangan sehingga diperoleh sebanyak 25 data pengukuran. Berdasarkan hasil perbandingan pada Tabel 3, sebagian besar nilai pengukuran sensor MAX30102 memiliki kesesuaian dengan hasil pembacaan pulse oximeter, sedangkan beberapa pengukuran menunjukkan selisih sebesar 1% dan satu pengukuran menunjukkan selisih sebesar 2%.

TABEL IV: PERHITUNGAN PARAMETER SpO_2

Parameter	Rumus	Nilai
Nilai Maksimum	$x_{max} = n \text{ terbesar}$	97 %
Nilai Minimum	$x_{min} = n \text{ terkecil}$	92 %
Range	$R = x_{max} - x_{min}$	5 %



Rata-rata keseluruhan	$\bar{x} = \frac{\text{data 1} + \text{data 2} + \dots}{\text{Banyak data}}$	95,04
Standar deviasi	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$	1,49 %
Presisi (CV)	$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100\%$	1,57 %

Tabel 4 menyajikan hasil analisis statistik terhadap data pengukuran saturasi oksigen (SpO₂) yang diperoleh dari lima responden. Analisis dilakukan menggunakan beberapa parameter statistik, yaitu nilai maksimum, nilai minimum, range, rata-rata, standar deviasi, dan koefisien variasi (Coefficient of Variation/CV). Parameter-parameter tersebut digunakan untuk mengevaluasi performa sensor MAX30102 dalam menghasilkan data pengukuran yang stabil dan konsisten.

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai rata-rata saturasi oksigen sebesar 95,04%. Nilai tersebut berada pada rentang normal saturasi oksigen manusia, yaitu sekitar 95%–100% [10], sehingga menunjukkan bahwa seluruh responden memiliki kondisi saturasi oksigen yang masih tergolong normal selama proses pengujian berlangsung. Nilai maksimum yang diperoleh sebesar 97%, sedangkan nilai minimum sebesar 92%, sehingga menghasilkan range sebesar 5%. Rentang tersebut menunjukkan bahwa variasi hasil pengukuran antarresponden masih relatif kecil dan tidak menunjukkan adanya penyimpangan yang signifikan.

Selain itu, nilai standar deviasi sebesar 1,49 menunjukkan bahwa penyebaran data hasil pengukuran terhadap nilai rata-ratanya relatif rendah. Semakin kecil nilai standar deviasi, maka semakin kecil pula variasi data yang dihasilkan oleh sensor. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor MAX30102 mampu menghasilkan pembacaan yang cukup stabil pada pengukuran yang dilakukan secara berulang.

Nilai koefisien variasi (CV) sebesar 1,57% menunjukkan bahwa tingkat variasi data terhadap nilai rata-ratanya sangat kecil. Dalam pengukuran instrumentasi, nilai CV yang rendah menandakan bahwa hasil pengukuran memiliki tingkat presisi yang baik. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa sensor MAX30102 memiliki performa yang cukup andal untuk digunakan sebagai sensor pengukur saturasi oksigen pada sistem monitoring kesehatan berbasis Internet of Things (IoT).

TABEL V: NILAI PARAMETER MAE DAN RMSE SpO₂

Parameter	Nilai
MAE	0,20 %
RMSE	0,53 %

Hasil perhitungan pada Tabel V menunjukkan nilai Mean Absolute Error (MAE) sebesar 0,20% dan Root Mean Square Error (RMSE) sebesar 0,53%. Nilai MAE menunjukkan rata-rata selisih absolut antara hasil pengukuran sensor MAX30102 dengan pulse oximeter sebagai alat referensi, sedangkan RMSE menunjukkan besarnya penyimpangan pengukuran dengan memberikan bobot yang lebih besar terhadap kesalahan yang memiliki nilai lebih tinggi.

Nilai MAE yang berada di bawah 1% menunjukkan bahwa rata-rata perbedaan hasil pengukuran sensor terhadap pulse oximeter sangat kecil. Demikian pula nilai RMSE sebesar 0,53% menunjukkan bahwa penyimpangan hasil pengukuran relatif rendah sehingga pembacaan sensor masih berada pada rentang yang mendekati alat referensi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor MAX30102 mampu menghasilkan pengukuran saturasi oksigen yang akurat dan konsisten pada seluruh responden selama proses pengujian.

Selain parameter MAE dan RMSE, hasil pengujian pada Tabel 3 juga menunjukkan bahwa sebagian besar nilai pengukuran sensor MAX30102 identik dengan hasil pembacaan pulse oximeter. Perbedaan yang ditemukan hanya berkisar antara 1% hingga 2%, sehingga tingkat error pengukuran dapat dikategorikan rendah. Temuan ini memperkuat bahwa sistem yang dikembangkan memiliki performa yang baik dalam

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



mengukur saturasi oksigen serta layak digunakan sebagai perangkat monitoring kesehatan berbasis *Internet of Things*.

Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian, baik analisis statistik maupun validasi terhadap pulse oximeter menunjukkan bahwa sensor MAX30102 mampu melakukan pengukuran saturasi oksigen dengan tingkat kesalahan yang rendah dan hasil pembacaan yang konsisten. Oleh karena itu, sensor dinilai memiliki tingkat akurasi yang memadai untuk diterapkan pada sistem monitoring saturasi oksigen berbasis Internet of Things.

3.2 Hasil Pengukuran BPM

TABEL VI: HASIL PENGUJIAN BPM SISTEM

Pengujian	Nama	Data BMP				
		1	2	3	4	5
1	Wildan	87	86	87	87	87
2	Yusuf	72	71	72	72	72
3	Reza	86	87	87	86	87
4	Rafif	75	74	75	75	75
5	Hazri	85	86	86	86	85

Tabel 6 menyajikan hasil pengukuran denyut jantung (BPM) yang diperoleh dari lima orang responden menggunakan sensor MAX30102. Setiap responden menjalani proses pengukuran sebanyak lima kali secara berturut-turut untuk memperoleh data yang lebih representatif serta mengevaluasi konsistensi pembacaan sensor selama proses pengukuran berlangsung. Pengambilan data secara berulang bertujuan untuk mengurangi pengaruh fluktuasi sesaat yang dapat terjadi akibat perubahan kondisi fisiologis maupun faktor teknis selama proses pengukuran.

Berdasarkan data pada Tabel 6, nilai denyut jantung yang diperoleh berada pada rentang 71 BPM hingga 87 BPM. Hasil pengukuran pada masing-masing responden menunjukkan perubahan nilai yang relatif kecil pada setiap percobaan, sehingga mengindikasikan bahwa sensor mampu memberikan hasil pembacaan yang cukup stabil. Meskipun demikian, masih terdapat sedikit variasi antarpercobaan yang merupakan kondisi normal dalam pengukuran denyut jantung karena parameter ini dipengaruhi oleh aktivitas tubuh, kondisi emosional, pola pernapasan, serta karakteristik fisiologis masing-masing individu.

Data hasil pengukuran denyut jantung pada Tabel 6 selanjutnya dianalisis menggunakan beberapa parameter statistik, meliputi nilai maksimum, nilai minimum, range, rata-rata, standar deviasi, dan koefisien variasi (Coefficient of Variation/CV). Analisis tersebut dilakukan untuk mengetahui tingkat kestabilan, konsistensi, dan presisi sensor MAX30102 dalam mengukur denyut jantung secara berulang.

TABEL VII: HASIL PENGUJIAN BPM SISTEM DAN ALAT PENGUKURAN

Responden	MAX30102					Pulse Oximeter				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Wildan	87	86	87	87	87	86	86	87	87	86
Yusuf	72	71	72	72	72	72	71	72	71	72
Reza	86	87	87	86	87	86	87	87	86	87
Rafif	75	74	75	75	75	75	74	75	75	75
Hazri	85	86	86	86	85	85	86	86	86	85

Validasi hasil pengukuran denyut jantung dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor MAX30102 terhadap pulse oximeter medis sebagai alat referensi. Pengujian dilakukan terhadap lima responden dengan lima kali pengulangan sehingga diperoleh sebanyak 25 data pengukuran. Berdasarkan hasil perbandingan pada Tabel VI, sebagian besar hasil pengukuran menunjukkan nilai yang sama dengan pulse oximeter, sedangkan beberapa data memiliki selisih sebesar 1 BPM.

TABEL VIII: HASIL PERHITUNGAN STANDAR DEVIASI DAN KOEFISIEN VARIASI PENGUKURAN BPM PER RESPONDEN

Responden	Rata-rata (BPM)	Standar Deviasi	Koefisien Variasi (CV)
-----------	-----------------	-----------------	------------------------



		(BPM)	(%)
Wildan	86,8	0,45	0,52
Yusuf	71,8	0,45	0,62
Reza	86,6	0,55	0,64
Rafif	74,8	0,45	0,60
Hazri	85,6	0,55	0,64
Rata-rata	81,12	0,49	0,60

Tabel 8 menyajikan hasil perhitungan rata-rata, standar deviasi (SD), dan koefisien variasi (Coefficient of Variation/CV) berdasarkan lima kali pengukuran pada masing-masing responden. Perhitungan dilakukan secara terpisah untuk setiap responden agar variasi yang diperoleh benar-benar menggambarkan konsistensi pembacaan sensor MAX30102 terhadap objek yang sama, bukan dipengaruhi oleh perbedaan denyut jantung antarresponden.

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai standar deviasi pada setiap responden berada pada rentang 0,45–0,55 BPM dengan rata-rata sebesar 0,49 BPM. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil pembacaan sensor memiliki penyebaran yang sangat kecil selama pengukuran berulang. Selain itu, rata-rata koefisien variasi (CV) sebesar 0,60% menunjukkan bahwa variasi hasil pengukuran relatif sangat rendah terhadap nilai rata-ratanya. Hasil ini mengindikasikan bahwa sensor MAX30102 memiliki tingkat presisi yang baik dalam melakukan pengukuran denyut jantung secara berulang pada responden yang sama.

TABEL IX: PERHITUNGAN PARAMETER BPM

Parameter	Rumus	Nilai
Nilai Maksimum	$x_{max} = n \text{ terbesar}$	87 BPM
Nilai Minimum	$x_{min} = n \text{ terkecil}$	71 BPM
Range	$R = x_{max} - x_{min}$	16 BPM
Rata-rata keseluruhan	$x = \frac{\text{data 1} + \text{data 2} + \dots}{\text{Banyak data}}$	81,12 BPM

Tabel IX menyajikan parameter statistik deskriptif hasil pengukuran denyut jantung (BPM) yang diperoleh dari seluruh data pengujian. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai rata-rata denyut jantung sebesar 81,12 BPM dengan nilai maksimum 87 BPM dan nilai minimum 71 BPM, sehingga menghasilkan rentang pengukuran sebesar 16 BPM. Rentang tersebut menunjukkan adanya variasi denyut jantung antarresponden yang masih berada dalam kisaran normal untuk orang dewasa saat beristirahat, yaitu sekitar 60–100 BPM.

Perlu diperhatikan bahwa variasi antarresponden tersebut merupakan karakteristik fisiologis alami sehingga tidak digunakan sebagai dasar untuk menilai presisi sensor. Oleh karena itu, evaluasi presisi dilakukan melalui perhitungan standar deviasi dan koefisien variasi pada masing-masing responden sebagaimana disajikan pada Tabel 8. Pendekatan tersebut memberikan gambaran yang lebih representatif mengenai konsistensi pembacaan sensor MAX30102 selama pengukuran berulang pada objek yang sama.

TABEL X: NILAI PARAMETER MAE DAN RMSE BPM

Parameter	Nilai
MAE	0,12 BPM
RMSE	0,35 BPM

Hasil perhitungan pada Tabel X menunjukkan nilai Mean Absolute Error (MAE) sebesar 0,12 BPM dan *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 0,35 BPM. Nilai tersebut menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan pengukuran denyut jantung terhadap alat referensi sangat kecil. Dengan demikian, sensor MAX30102 mampu memberikan hasil pengukuran yang mendekati pulse oximeter medis sehingga memiliki tingkat akurasi yang baik untuk diterapkan pada sistem monitoring kesehatan berbasis *Internet of Things*.

4. KESIMPULAN

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem monitoring saturasi oksigen (SpO_2) dan denyut jantung berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor MAX30102. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan pengukuran parameter fisiologis, menampilkan hasil pengukuran pada LCD, serta mengirimkan data ke aplikasi Blynk melalui jaringan internet sehingga pengguna dapat memantau hasil pengukuran dari perangkat yang terhubung.

Berdasarkan hasil pengujian terhadap lima responden dengan lima kali pengulangan pada masing-masing responden, sensor MAX30102 menunjukkan hasil pengukuran yang mendekati pulse oximeter sebagai alat referensi. Nilai MAE dan RMSE yang rendah pada pengukuran SpO_2 maupun denyut jantung menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang baik pada kondisi pengujian yang dilakukan.

Meskipun demikian, penelitian ini masih terbatas pada jumlah responden yang relatif sedikit sehingga hasil yang diperoleh belum dapat digeneralisasikan untuk seluruh populasi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan jumlah responden yang lebih banyak dengan karakteristik fisiologis yang lebih beragam serta melakukan pengujian terhadap performa komunikasi data, seperti delay transmisi, interval pembacaan sensor, dan kestabilan koneksi internet, sehingga performa sistem dapat dievaluasi secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Islam, S. Nooruddin, and F. Karray, "Internet of Things: Device Capabilities , Architectures , Protocols , and Smart Applications in Healthcare Domain," vol. 10, no. 4, pp. 3611–3641, 2023.
- [2] Junqi Mao, "Health Monitoring System Base on Flexible Triboelectric Sensor For Intelligence Medical Internet of Tings and its Application in Virtual Reality," pp. 1–31.
- [3] J. Juhaeriyah and R. Wulandari, "Design of Health Monitoring System Based on Internet of Things (IoT): ESP8266 and Study Literature Software design Hardware design Testing Collecting Data Analysis Conclucions," vol. 6, no. 2, pp. 1–6, 2023, doi: 10.32877/bt.v6i2.1036.
- [4] M. Muthmainnah and D. B. Tabriawan, "Prototipe Alat Ukur Detak Jantung Menggunakan Sensor MAX30102 Berbasis Internet of Things (IoT) ESP8266 dan Blynk," vol. 7, no. 3, pp. 163–176, 2022.
- [5] Y. Inayatullah, A. H. Ginting, and S. Y. Doo, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Detak Jantung Dan Saturasi Oksigen Menggunakan Oximeter Max30102," vol. 1, no. 2, pp. 53–58, 2025.
- [6] R. Islam, M. Kabir, M. F. Mridha, and S. Alfarhood, "Deep Learning-Based IoT System for Remote Monitoring and Early Detection of Health Issues in Real-Time," pp. 1–18, 2023.
- [7] E. R. Bugis, A. C. N. Aidha, D. Yama, and H. Kumarajati, "ALAT MONITORING DETAK JANTUNG PORTABLE MENGGUNAKAN SENSOR MAX30102," vol. 12, no. 3, 2024.
- [8] U. Surapati, D. I. Mulyana, D. Gunawan, and A. Purnama, "International Journal of Applied Development of an IoT-Based Smart Health Monitoring System with Heart Attack Prediction Using the SVM (Support Vector Machine) Algorithm," 2025.
- [9] U. A. Contardi, M. Morikawa, B. Brunelli, and D. V. Thomaz, "MAX30102 Photometric Biosensor Coupled to ESP32-Webserver Capabilities for Continuous Point of Care Oxygen Saturation and Heartrate Monitoring †," pp. 1–5, 2022.
- [10] Nurfadilah, A. Budianto, K. Al Hadi, S. Rahayu, and K. Hasanah, "Pengujian Performa Sensor MAX30102 dengan Komparator Standar Klinis," vol. 6, no. 2, 2025.

