

Design and Development of an IoT-Based Blood Oxygen Level Detection Device for Real-Time Monitoring

Desriyanti¹ Thoha Ilyasa², Muhammad Setiawan³, Silvy Berlian^{4*}, Muhammad balkis⁵,
Muhammad Ali⁶

^{1,2,3,4,5,6}Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Jawa Timur, Indonesia

ABSTRACT

Blood oxygen level (SpO₂) monitoring is an important indicator in determining health conditions, especially the respiratory system. This study aims to design and build an Internet of Things (IoT)-based blood oxygen level detector capable of performing real-time measurements. The system uses a MAX30102 sensor as an SpO₂ detector, a NodeMCU ESP32 microcontroller as a data processor and transmitter, and a 0.96-inch OLED screen as a local display. The research methods include hardware design, software programming, and system functional testing. The test results show that the device is capable of detecting and displaying SpO₂ values in real-time well under appropriate measurement conditions. Thus, this device has the potential to be used as a simple and easy-to-use IoT-based blood oxygen level monitoring device.

Kata kunci: Kadar Oksigen Darah, MAX30102, ESP32, Internet of Things

Korespondensi Author : Silvy Berlian, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Indonesia, email: silvyaputri02@gmail.com,

Diterima:	Direvisi:	Diterbitkan:
4-03-2026	6-03-2026	10-03-2026

I. PENDAHULUAN

Kesehatan merupakan salah satu aspek penting dalam meningkatkan kualitas hidup manusia. Salah satu parameter vital yang perlu di pantau Adalah saturasi oksigen darah (SpO₂), yang mencerminkan kemampuan tubuh tubuh dalam mendistribusikan oksigen ke jaringan tubuh [1]. Nilai saturasi oksigen mencerminkan seberapa efisien sistem pernapasan dan sirkulasi tubuh dalam menyalurkan oksigen ke seluruh jaringan tubuh. Nilai normal SpO₂ umumnya berkisar antara 95%–100%, sedangkan penurunan kadar oksigen di bawah batas tersebut dapat menjadi indikasi adanya gangguan pernapasan, seperti asma, pneumonia, penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), maupun infeksi virus seperti COVID-19 [2].

Dalam kondisi darurat atau pasien dengan penyakit kronis, monitoring kadar oksigen darah secara real-time menjadi sangat penting untuk mendeteksi penurunan saturasi sejak dini dan mencegah komplikasi lebih lanjut. Namun [3], alat pengukur kadar oksigen darah (pulse oximeter) konvensional yang beredar di pasaran umumnya masih bersifat manual dan tidak terhubung dengan sistem pemantauan jarak jauh. Hal ini menyebabkan data pengukuran tidak dapat dipantau secara terus-menerus oleh tenaga medis atau keluarga pasien[4].

Kemajuan teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi untuk masalah tersebut. IoT memungkinkan perangkat medis terhubung ke jaringan internet sehingga data hasil pengukuran dapat dikirim dan ditampilkan secara real-time melalui aplikasi web atau smartphone. Dengan integrasi sensor oksigen (misalnya MAX30100 atau MAX30102) dan mikrokontroler seperti ESP8266 atau ESP32, sistem dapat membaca kadar oksigen dan denyut nadi, lalu mengirimkan data ke platform berbasis cloud (misalnya Blynk, ThingSpeak, atau Firebase) untuk dipantau secara jarak jauh [5].

Selain itu, sistem berbasis IoT memungkinkan penambahan fitur notifikasi otomatis apabila kadar oksigen turun di bawah ambang batas tertentu, sehingga dapat memberikan peringatan dini kepada pengguna maupun petugas kesehatan. Hal ini sejalan dengan perkembangan konsep telemedicine dan smart health monitoring, di mana layanan kesehatan dapat dilakukan secara efisien tanpa keterbatasan jarak dan waktu[2].

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka diperlukan suatu rancang bangun alat pendeteksi kadar oksigen darah berbasis IoT yang mampu melakukan pengukuran secara otomatis dan menampilkan data secara real-time melalui media daring. Alat ini dirancang agar mampu mendeteksi kadar oksigen darah yang mampu melakukan pengukuran secara otomatis. Alat ini diharapkan dapat membantu pasien, tenaga medis, maupun masyarakat umum dalam memantau kondisi kesehatan secara mandiri, meningkatkan respons terhadap kondisi darurat, serta menjadi kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi Internet of Medical Things (IoMT) di Indonesia.

II. METODOLOGI

PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian yang pertama dilakukan oleh Wahyuni ini merancang sebuah alat pemantau kadar oksigen darah berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor MAX30102, mikrokontroler NodeMCU, dan tampilan OLED 0,96 inci. Dengan membangun sistem yang bekerja dengan metode photoplethysmography (PPG) untuk mendeteksi perubahan intensitas cahaya merah dan inframerah pada aliran darah, kemudian mengirimkan data SpO₂ dan denyut nadi secara real-time ke aplikasi Blynk melalui koneksi WiFi. Metode penelitian meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian sensor, pengujian konektivitas IoT, serta validasi hasil pengukuran dengan alat medis standar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat mampu bekerja dengan akurasi SpO₂ rata-rata 98% dan selisih ± 2 bpm untuk detak jantung, serta berhasil diuji pada 20 pasien dengan hasil 15 kategori normal dan 5 tidak normal, sehingga alat ini dinilai efektif untuk monitoring kesehatan jarak jauh[6].

Penelitian yang kedua ditulis oleh Arief Wahyu Nugraha, Ilham Prasetyo, dan Taryudi ini membahas perancangan sebuah alat monitoring kesehatan yang mampu mengukur detak jantung, kadar oksigen dalam darah, serta suhu tubuh secara real-time berbasis Internet of Things (IoT). Penulis menggunakan mikrokontroler DFRobot Firebeetle ESP32 dan NodeMCU ESP8266, sensor MAX30100 untuk mendeteksi detak jantung dan SpO₂, sensor MLX90614 untuk mengukur suhu tubuh, serta modul GPS Neo-6M untuk melacak lokasi pengguna. Metode penelitian mencakup perancangan hardware dan software, instalasi sensor pada handband, pemrograman menggunakan Arduino IDE, serta pengujian akurasi setiap sensor dengan membandingkannya terhadap alat medis pembanding. Hasil pengujian menunjukkan seluruh komponen bekerja dengan baik, dengan persentase error MAX30100 sekitar $\pm 7\%$ untuk denyut nadi dan oksigen, sensor MLX90614[7].

LANDASAN TEORI

Sensor MAX30102

Sensor MAX30102 adalah modul optik yang dirancang untuk mengukur saturasi oksigen darah dan denyut nadi. Sensor ini menggunakan teknologi fotoplethysmografi (PPG) dengan dua jenis LED (merah dan inframerah) untuk mendeteksi perubahan aliran darah di bawah kulit. Penelitian oleh Brown dan Davis (2019) menunjukkan bahwa MAX30102 memiliki akurasi tinggi dalam pengukuran SpO₂ pada berbagai kondisi lingkungan [8].



Gambar 1.1 Sensor MAX30102

NodeMCU ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang terintegrasi sehingga dapat digunakan pada Wi-Fi dan BluetoothIoT disertai oleh 20 komponen eksternal. Mikrokontroler ini dapat digunakan pada daya

yang rendah dan menggunakan low-duty cycle yang dapat meminimalkan energi yang dikeluarkan oleh chip[9].



Gambar 1.3 ESP32

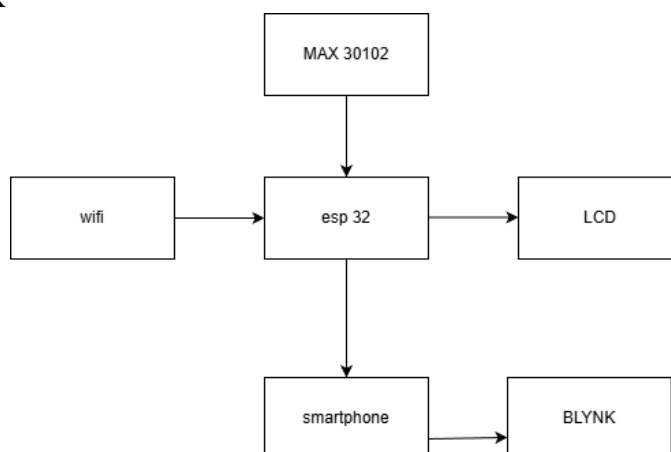
METODE

Sistem ini dirancang dengan menggunakan sensor MAX30102 yang digunakan untuk mengukur saturasi oksigen darah (SpO2) dan denyut nadi, NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler yang berfungsi mengolah dan mengirim data ke aplikasi Blynk melalui koneksi WiFi, serta OLED 0,96 inch I2C untuk menampilkan data secara lokal.

Proses pembuatan alat diawali dengan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada bagian perangkat keras, sensor MAX30102 diatur untuk mengukur kadar saturasi oksigen serta denyut nadi. Data yang dibaca sensor kemudian diproses oleh NodeMCU dan dikirim secara real-time ke aplikasi Blynk. Selain itu, hasil pengukuran juga ditampilkan melalui layar OLED 0,96 inci agar pengguna dapat melihat informasi secara langsung. Pada sisi perangkat lunak, Arduino IDE digunakan untuk memprogram NodeMCU agar mampu membaca data dari sensor dan mengirimkannya ke aplikasi Blynk.

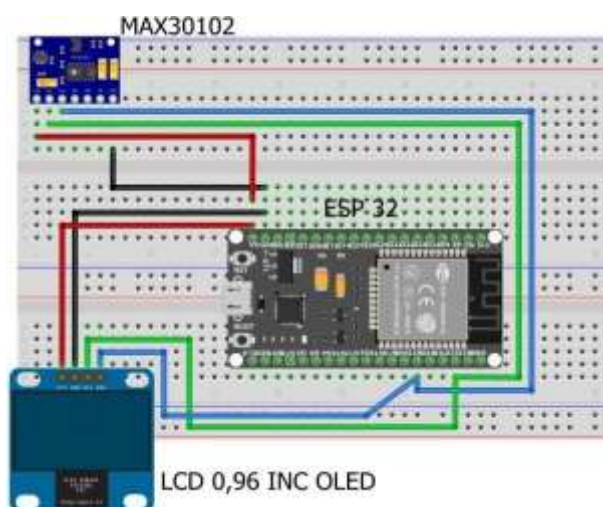
Pengujian dilakukan untuk memastikan agar sistem berjalan sesuai dengan rancangan. Pengujian pertama adalah pengujian sensor, di mana sistem diuji untuk mengukur saturasi oksigen pada berbagai subjek dengan kondisi normal maupun tidak. Pengujian kedua adalah pengujian koneksi IoT, untuk memastikan bahwa data dari NodeMCU dapat dikirim ke aplikasi Blynk dengan latensi minimal. Pengujian terakhir adalah evaluasi tampilan pada OLED 0,96 inch untuk memastikan data dapat dibaca dengan jelas.

DIAGRAM BLOK



Gambar 3.1 Diagram Blok

DIAGRAM WIRING



Gambar 3.2 Diagram Wiring

Keterangan:

1. Kabel biru: pin SDA sensor dan layar mengarah ke pin 21 esp 32
2. Kabel hijau: pin SCL sensor dan layar mengarah ke pin 22 esp 32
3. Kabel merah: pin VCC sensor dan layar mengarah ke 5v esp 32
4. Kabel hitam: pin GND sensor dan layar mengarah ke GND esp 32

KOMPONEN

Tabel 1.1 Komponen yang digunakan

No.	Nama komponen	jumlah	Fungsi
1.	NodeMCU ESP32	1	Menyimpan data dan mengatur jalannya sistem
2.	Sensor MAX30102	1	Untuk mengukur saturasi oksigen darah
3.	BMS 18650	1	Manajemen pengisian baterai
4.	OLED 0,96 Inch I2C	1	Menampilkan hasil Data
5.	BOX 7,5x5x2,5cm	1	Tempat untuk alat
6.	Kabel jumper	8	Untuk menyambungkan alat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sensor MAX30102 menunjukkan kinerja yang cukup stabil dalam membaca kadar oksigen darah ketika jari diletakkan pada posisi yang tepat dan dalam kondisi diam. Nilai SpO_2 yang ditampilkan berada pada rentang normal untuk subjek sehat, yaitu antara 95%–100%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi perubahan intensitas cahaya merah dan inframerah sesuai dengan prinsip *photoplethysmography* (PPG).

Mikrokontroler NodeMCU ESP32 berperan sebagai pusat pengolahan data dan pengiriman informasi. Berdasarkan hasil pengujian, ESP32 mampu membaca data dari sensor MAX30102 melalui komunikasi I2C dengan baik serta memproses data tersebut tanpa adanya keterlambatan yang signifikan. Data hasil pengukuran dapat ditampilkan secara langsung pada layar OLED, sehingga pengguna dapat memantau kondisi kadar oksigen darah secara lokal.

Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan mekanisme pendeteksian keberadaan jari. Apabila jari tidak terdeteksi, sistem akan menampilkan informasi “*Finger: NOT DETECTED*”, sedangkan ketika jari terdeteksi dengan baik, sistem menampilkan status “*Finger: OK*”. Fitur ini membantu memastikan bahwa data yang diambil berasal dari kondisi pengukuran yang valid.

Layar OLED 0,96 inch I2C mampu menampilkan informasi dengan jelas, meliputi nilai SpO_2 , data IR dan RED, serta status pendeteksian jari. Penggunaan OLED dinilai efektif karena konsumsi daya yang rendah dan tingkat keterbacaan yang baik, bahkan pada kondisi pencahayaan yang minim.

Secara keseluruhan, integrasi antara sensor MAX30102, NodeMCU ESP32, dan OLED telah berjalan sesuai dengan perancangan. Sistem IoT yang diterapkan memungkinkan pengukuran dan pemantauan kadar oksigen darah dilakukan secara *real-time*. Meskipun demikian, hasil pengukuran masih dipengaruhi oleh faktor posisi jari, pergerakan tangan, dan kondisi lingkungan, sehingga pengujian lanjutan dengan jumlah subjek yang lebih banyak diperlukan untuk memperoleh tingkat akurasi yang lebih tinggi.

Pada penelitian ini telah berhasil dirancang dan direalisasikan sebuah alat pendeteksi kadar oksigen darah (SpO_2) berbasis *Internet Of Things (IoT)* menggunakan sensor MAX30102, mikrokontroler NodeMCU ESP32, dan layer OLED 0,96 inch. System yang dibuat mampu melakukan pengukuran kadar oksigen dalam darah secara otomatis dan menampilkan hasil pengukuran secara *real-time*.

Pengujian sistem dilakukan dengan menempelkan jari pengguna pada sensor MAX30102. Sensor membaca sinyal Cahaya merah (*red*) dan inframerah (IR) yang dipantulkan oleh aliran darah di bawah kulit, kemudian data tersebut diproses oleh ESP32 menggunakan algoritma SpO_2 untuk menghasilkan nilai saturasi oksigen darah dalam satuan persen (%).



Gambar Alat pengukur SpO_2

Untuk mengetahui performa awal alat, dilakukan pengujian pengukuran SpO_2 terhadap beberapa subjek uji. Hasil pengujian pengukuran kadar oksigen darah disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 1.1 Pengujian kadar oksigen darah

No.	Subjek	SpO_2 Alat (%)	SpO_2 Pembanding <i>pulse oximeter</i> (%)	Selisih (%)	Keterangan
1.	Orang ke-1	99%	99%	0%	Akurat
2.	Orang ke-2	99%	99%	0%	Akurat
3.	Orang ke-3	99%	96%	3%	Tidak
4.	Orang ke-4	99%	97%	2%	Akurat
5.	Orang ke-5	98%	99%	1%	Akurat
6.	Orang ke-6	99%	99%	0%	Akurat
7.	Orang ke-7	97%	97%	0%	Akurat
8.	Orang ke-8	98%	99%	1%	Akurat
9.	Orang ke-9	97%	99%	2%	Akurat
10.	Orang ke-10	99%	99%	0%	Akurat



Gambar Hasil Pengukuran SpO₂

Berdasarkan pengujian awal, sistem mampu menampilkan nilai SpO₂ secara real-time pada layar OLED serta membaca perubahan kondisi pengukuran sesuai dengan keberadaan jari pada sensor. Dalam dunia medis terdapat toleransi klinis standar jika selisih $<2\%$ maka alat akan dianggap akurat. Berdasarkan tabel diatas alat mencapai akurasi 90% karena hanya 1 data yang memiliki tidak akurat dengan selisih 3% yang melampaui standar batas standar klinis. Alat secara konsisten memberikan pembacaan yang sama atau lebih tinggi di banding alat pembanding dan ketidak akuratan muncul secara mencolok ketika nilai dari alat pembanding berada di kisaran 96-97%, sedangkan alat menunjukkan nilai 99%.

Dengan ini alat cenderung *overestimasi* saturasi oksigen pada rentan yang secara klinis kritis. Hal ini dapat berisiko memberi hasil yang terlalu optimis dan dapat melewatkan deteksi dini kondisi hipoksia ringan. Dengan menggunakan standar toleransi klinis yang umum alat ini menunjukkan ke akuratan 90% karena 9 dari 10 pengukuran memenuhi kriteria dan hanya satu yang tidak akurat dengan selisih 3%.

IV. KESIMPULAN

Alat pendeteksi kadar oksigen darah (SpO₂) berbasis IoT yang dirancang menggunakan sensor MAX30102 dan mikrokontroler NodeMCU ESP32 telah berhasil difungsikan untuk mengukur saturasi oksigen dan menampilkannya secara real-time baik pada layar OLED lokal maupun melalui platform IoT. Sistem mampu bekerja secara otomatis dengan fitur pendeteksi kehadiran jari, sehingga memastikan validitas data yang diambil. Hasil pengujian kinerja alat terhadap sepuluh subjek menunjukkan bahwa dengan menggunakan toleransi klinis standar (selisih $\leq 2\%$), alat ini memiliki tingkat akurasi sebesar 90%, karena sembilan dari sepuluh pengukuran memenuhi kriteria tersebut. Namun, analisis mendalam mengungkap adanya kecenderungan bias positif, di mana alat sering menunjukkan pembacaan lebih tinggi (*overestimasi*) ketika nilai sebenarnya berada pada kisaran kritis 96-97%, sehingga berisiko memberikan hasil yang terlalu optimis dan berpotensi melewatkan deteksi dini hipoksia ringan.

Oleh karena itu, meskipun alat ini telah memenuhi fungsi dasar pemantauan SpO₂ berbasis IoT secara real-time, diperlukan kalibrasi lebih lanjut dan pengujian dengan sampel yang lebih luas serta variasi kondisi klinis untuk meningkatkan keandalan dan akurasinya, khususnya pada rentang saturasi yang lebih rendah, sebelum dapat diimplementasikan secara luas dalam konteks pemantauan kesehatan yang kritis.

REFERENSI

- [1] 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.
- [2] I. T. M Muthmainnah, DB Tabriawan, "Karakterisasi Sensor MAX30102 Sebagai Alat Ukur Detak Jantung dan Suhu Tubuh Berbasis Photoplethysmograph," *J. Pendidik. MIPA*, vol. 12, no. 3, pp. 726–731, 2022.
- [3] E. R. Bugis, A. C. N. Aidha, D. Yama, and H. Kumarajati, "ALAT MONITORING DETAK

- JANTUNG PORTABLE MENGGUNAKAN SENSOR MAX30102,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, 2024.
- [4] E. Mulyadi *et al.*, “SISTEM MONITORING KESEHATAN JANTUNG IOT MENGGUNAKAN SENSOR MAX30100, NODEMCU ESP8266, DAN BLYNK,” *JIKA (Jurnal Inform.)*, vol. 9, no. 3, pp. 324–331, 2025.
- [5] B. A. Suburdjati, R. A. Ismayanti, and B. K. Setiadi, “Rancang Bangun Alat Pemantau Detak Jantung Dan Kadar Oksigen Dengan Sistem Peringatan Berdasarkan Usia Pengguna,” *J. Galuh Inf. Syst.*, vol. 3, no. 2, 2025.
- [6] Pratama C, Sulistiyanto S, Ximenes J. Pemanfaatan Rompi Untuk Alat Pendeteksi Detak Jantung Dan Suhu Tubuh Berbasis Esp32 Di Puskesmas Pembantu Desa Sentul. *Akiratech*. 2025 Oct 29;2(3):127-35.
- [7] Y. Wahyuni and S. P. Wahid, “Alat Mengetahui Presentase Normalisasi Oksigen di Dalam Tubuh Manusia Berbasis Sensor dan Aplikasi Blynk,” *Prosding Semin. Implementasi Teknol. dan Komun.*, vol. 4, no. 1, pp. 195–202, 2025, doi: 10.31284/p.semtik.2025-1.7175.
- [8] Sulistiyanto S, Ahmad T, Suromo I, Jailani A, Fiqri A. Pelatihan Membuat Kotak Emergency Listrik Respon Cepat Bencana Dengan PLTS Di Desa Bucor wetan Kecamatan Pakuniran Kabupaten Probolinggo. *Gotong Royong*. 2025 Oct 18;2(3):189-96.
- [9] T. Arief Wahyu Nugraha, Ilham Prasetyo, “Alat Monitoring Detak Jantung , Kadar Oksigen Dalam Darah Dan Suhu Tubuh Berbasis Internet of Things Abstrak cepat atau instant seperti makanan cepat saji , gaya hidup yang tidak terkena berbagai macam penyakit , yang disebabkan oleh gaya hidup tidak seha,” *J. Otomatisasi, kendali , dan Apl. Ind.*, vol. 7, no. 1, pp. 42–48, 2020.
- [10] A. C. Maulidina Uswatun Jannah, “SISTEM DETEKSI DETAK JANTUNG BERBASIS SENSOR,” *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.)*, vol. 12, no. 3, 2024.
- [11] M. S. G. Wayan Suriana, Gede Adi Setiawan, “Rancang Bangun Sistem Pengaman Kotak Dana Punia berbasis Mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan Aplikasi Telegram,” *J. Ilm. Telsinas Elektro, Sipil dan Tek. Inf.*, vol. 4, no. 2, pp. 11–20, 2021.
- [12] Sulistiyanto S, IsroAfifi MJ, AlBasyi AF. Designing a Solar Power Plant Emergency Box for Rapid Disaster Response in Bucor Wetan Village. *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*. 2025 Oct 22;7(2):445-51.
- [13] Sulistiyanto, Sulistiyanto, and Nurul Hadits. "Helm Cerdas Pendeteksi Gas Berbasis IoT untuk Keselamatan Pekerja Tambang." *Akiratech* 2, no. 2 (2025): 40-47.
- [14] Pratama C, Sulistiyanto S, Ximenes J. Pemanfaatan Rompi Untuk Alat Pendeteksi Detak Jantung Dan Suhu Tubuh Berbasis Esp32 Di Puskesmas Pembantu Desa Sentul. *Akiratech*. 2025 Oct 29;2(3):127-35.
- [15] Sulistiyanto S, Furaichan AI, Nouval M, Rozi DF. Rancang Bangun Tempat Pakan Ikan Terapung Otomatis Berbasis Mikrokontroler Dan Panel Surya. *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*. 2024 Oct 5;6(2):460-9.