GeoScienceEd *6(2) (2025)*

Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, dan Geofisika

http://jpfis.unram.ac.id/index.php/GeoScienceEdu/index

Pengujian Performa Sensor MAX30102 dengan Komparator Standar Klinis

Nurfadilah[1], Arif Budianto[1], Kasnawi Al Hadi[1], Susi Rahayu[1], Khofizzatul Hasanah[1]
[1]Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

DOI: https://doi.org/10.29303/geoscienceed.v6i2.1028

Article Info
Received: 26 March 2025
Revised: 02 May 2025
Accepted: 12 May 2025

Correspondence:

Phone: -

Abstrak : Saturasi oksigen dalam darah (SpO_2) adalah indikator vital yang menunjukkan efisiensi sistem pernapasan dalam mendistribusikan oksigen ke seluruh tubuh. Pemantauan SpO_2 sangat penting dalam deteksi dini gangguan pernapasan seperti penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), asma, dan hipoksia. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan SpO_2 berbasis sensor MAX30102 yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno. Kalibrasi sensor dilakukan menggunakan alat pulse oximeter medis standar untuk memastikan akurasi pembacaan. Pengujian dilakukan dalam kondisi lingkungan terkendali dengan suhu 20°C hingga 27°C. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa sensor MAX30102 memiliki tingkat akurasi tinggi dengan deviasi rata-rata kurang dari 2% dibandingkan alat medis referensi. Pengujian terhadap beberapa subjek menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kadar SpO_2 dalam rentang normal (95%-100%) maupun rendah (85%-90%), dengan hasil yang stabil dan konsisten. Dengan hasil yang telah diperoleh, sistem pemantauan kadar oksigen dalam darah berbasis sensor MAX30102 menunjukkan potensi besar dalam mendukung pemantauan kesehatan secara efisien, akurat, dan real-time. Namun, beberapa faktor eksternal seperti pergerakan pengguna, pencahayaan lingkungan, dan suhu tubuh dapat memengaruhi hasil pengukuran. Optimalisasi lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan ketahanan terhadap faktor eksternal dalam berbagai kondisi. Dengan pengembangan yang berkelanjutan, teknologi ini diharapkan dapat berkontribusi dalam meningkatkan kualitas layanan kesehatan dan memberikan manfaat luas bagi masyarakat.

Kata Kunci: MAX30102; Pulse Oximetry; Pemantauan Kesehatan; Saturasi oksigen

Citation: Nurfadilah, N., Budianto, A., Hadi, K.A., Rahayu, S., & Hasanah, K., (2025). Pengujian Performa Sensor MAX30102 dengan Komparator Standar Klinis. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi dan Geofisika. 6*(2), 1062-1066. doi: https://doi.org/10.29303/geoscienceed.v6i2.1028

Pendahuluan

Oksigen dalam darah merupakan kadar oksigen yang melekat pada hemoglobin dalam sel darah merah. Oksigen dihirup melalui saluran pernapasan, masuk ke alveolus paru-paru dan berdifusi ke dalam pembuluh darah, oksigen berikatan dengan hemoglobin membentuk oksihemoglobin yang kemudian di sirkulasikan ke seluruh tubuh melalui sistem peredaran darah [1]. Saturasi oksigen yang diangkut oleh hemoglobin, nilai normal saturasi oksigen yang diukur menggunakan oksimeter nadi berkisaran 95-100%. Kadar oksigen dalam darah dipengaruhi oleh paparan CO yang mengurangi suplai oksigen ke semua jaringan tubuh dengan mengikat protein hemoglobin dan dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan. Oksigen dalam darah berperan penting dalam menyediakan oksigen bagi sel-sel tubuh untuk mendukung metabolisme dan produksi energi [2]. Oksigen

Email: abudianto@unram.ac.id

Copyright © 2025, Nurfadilah, et al.
This open access article is distributed under a (CC-BY License

merupakan unsur kimia esensial bagi manusia dan berperan krusial dalam mengatur sistem peredaran darah. Kekurangan oksigen dalam darah dapat menyebabkan gangguan pernapasan, seperti sesak napas, serta berpotensi memengaruhi fungsi otak [3].

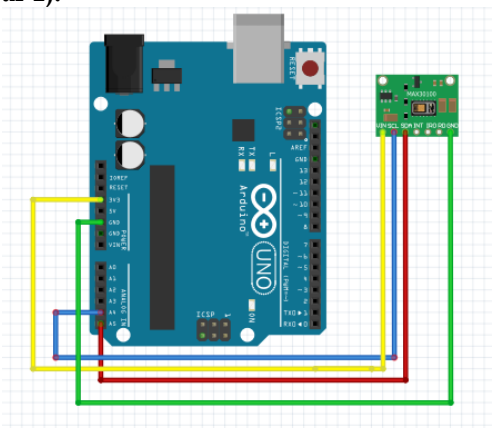
Penurunan nilai SpO_2 dapat mengindikasikan kondisi hipoksemia, yaitu rendahnya kadar oksigen dalam darah, yang memerlukan perhatian medis. Pengukuran SpO_2 digunakan untuk mendiagnosis dan menyatukan berbagai kondisi kesehatan, seperti: gangguan pernapasan yang dimana penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) dan asma dapat menyebabkan penurunan SpO_2 [4]. Nilai SpO_2 Normal 95% - 100%: tidak ada penyakit serius yang terkait, kecuali gejala lain yang perlu diwaspadai. SpO_2 90% - 94% (sedikit rendah – waspada): menunjukkan asma ringan, pneumonia ringan di mana infeksi paru-paru yang bisa menyebabkan sedikit kesulitan bernapas, penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) ringan penyakit paru yang menghambat aliran udara, anemia ringan di mana kurangnya sel darah merah yang membawa oksigen. SpO_2 85% - 89% (rendah – perlu evaluasi medis), kemungkinan penyakitnya: PPOK berat, pneumonia berat, asma berat, fibrosis paru, gagal jantung, hipoksia. Pemantauan SpO_2 juga penting dalam mendeteksi hipoksia, kondisi di mana jaringan tubuh kekurangan oksigen, yang dapat menyebabkan kerusakan organ atau bahkan kematian jika tidak segera ditangani. Alat pulse oximeter yang bersifat non-invasif, mudah digunakan, dan memberikan hasil secara *real-time*, memungkinkan tenaga medis untuk segera menilai kebutuhan oksigen tambahan [5].

Teknologi pengukuran SpO_2 atau pulse oximeter adalah metode non-invasif untuk mengukur tingkat saturasi oksigen dalam darah. Teknologi ini memanfaatkan perbedaan penyerapan cahaya merah dan inframerah oleh hemoglobin teroksigenasi dan terdeoksigenasi, dengan menyorotkan cahaya melalui jaringan tubuh, seperti ujung jari atau daun telinga dan mengukur perubahan penyerapan cahaya akibat aliran arteri darah yang berdenyut, perangkat pulse oximeter dapat menghitung persentase saturasi oksigen dalam darah arteri [6]. Penggunaan pulse oximeter meluas dari ruang operasi ke unit perawatan intensif, ruang pemulihan, dan unit perawatan neonatal, di mana pemantauan saturasi oksigen sangat penting untuk mencegah komplikasi seperti retinopati prematuritas.

Meskipun pulse oximeter adalah metode non-invasif yang umum digunakan untuk mengukur saturasi oksigen dalam darah SpO_2, teknologi ini memiliki beberapa kelemahan yang dapat mempengaruhi akurasi dan keandalannya. Beberapa keterbatasannya: tidak dapat mengukur karbondioksida (CO_2) dalam darah, pengaruh faktor eksternal seperti gangguan cahaya lingkungan, gangguan gerakan (artefak gerak), suhu dan aliran darah seperti suhu dingin dapat menyebabkan vasokonstriksi (penyempitan pembuluh darah) dan hipotensi (tekanan darah rendah) [7]. Sifatnya yang non-invasif, mudah digunakan, serta didukung oleh perkembangan sensor dan kecerdasan buatan menyebabkan *pulse oximetry* terus mengalami inovasi untuk meningkatkan akurasi dan efisiensinya. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan guna mengoptimalkan penerapan teknologi ini dalam berbagai bidang, termasuk kedokteran, telemedisin, dan pemantauan kesehatan berbasis digital [8].

Metode

Pembuatan Sistem. Langkah awal dalam pengembangan sistem pemantauan kadar oksigen dalam darah (SpO_2) mencakup proses perancangan serta pembuatan rangkaian elektronik dasar. Sistem ini terdiri dari mikrokontroler **Arduino Uno** sebagai pusat pemrosesan, sensor **MAX30102** untuk mendeteksi SpO_2, LCD pada rangkaian untuk menampilkan hasil pengukuran, serta berbagai komponen tambahan seperti resistor dan kapasitor yang berfungsi untuk menstabilkan serta mengatur sinyal. Untuk menampilkan hasil pengukuran secara *real-time* [9]. **(Gambar 1).**

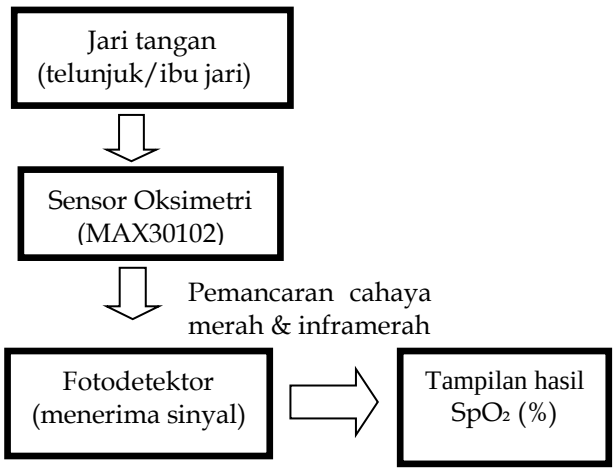


Gambar 1. Skema Sistem

Kalibrasi Sensor. Sistem pengukuran kadar saturasi oksigen dalam darah SpO_2 ini dikembangkan menggunakan sensor MAX30102 yang terhubung ke mikrokontroler Arduino untuk membaca nilai SpO_2 dan mengukur detak jantung. Sensor ini dipilih karena kemampuannya untuk mendeteksi kadar oksigen dalam darah secara non-invasif. Sebelum pengujian, sensor dikalibrasi menggunakan metode standar klinis atau alat pulse oximeter medis untuk memastikan akurasi pembacaan [10-11]. Pengujian dilakukan dengan melibatkan beberapa subjek manusia yang memiliki berbagai tingkat saturasi oksigen, termasuk subjek dengan SpO_2 normal (95%-100%) dan subjek dengan SpO_2 rendah (misalnya 85%-90%) untuk

menguji sensitivitas sistem. Pengujian dilakukan dalam kondisi yang terkontrol di suatu ruangan tertutup dengan suhu antara 20°C hingga 27°C (normal) untuk memastikan kestabilan hasil. Selama pengujian yang berlangsung 5 - 7 menit (t = 300 - 420 detik), beberapa faktor yang dipertimbangkan antara lain gerakan subjek, suhu tubuh, dan cahaya sekitar, yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran [12]. Pembacaan SpO_2 yang didapat dari sensor MAX30102 dibandingkan dengan alat pulse oximeter standar medis untuk transmisi akurasi dan sistem akurasi. Selain itu, stabilitas pembacaan dalam berbagai kondisi (misalnya, saat beristirahat dan bergerak ringan) juga diuji untuk mengukur kecerahan sistem dalam memberikan hasil yang konsisten [13].

Pengambilan Sampel SpO_2. Perangkat pengukur SpO_2 dikalibrasi, alat ini digunakan untuk mengukur kadar oksigen dalam darah SpO_2 pada sampel individu. Pulse oximeter bekerja dengan memancarkan cahaya pada dua panjang gelombang, merah dan inframerah, untuk mengukur jumlah cahaya yang diserap oleh hemoglobin teroksigenasi dan terdeoksigenasi dalam darah [14]. Pulse oximeter umumnya dipasang pada bagian tubuh yang memiliki sirkulasi darah perifer yang baik, seperti ujung jari tangan, jari kaki, atau lobulus telinga. Tahapan ini dilakukan terhadap sampel, Pengukuran kadar SpO_2 ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat saturasi oksigen dalam darah, yang dapat memberikan informasi terkait dengan kondisi pernapasan dan kesehatan individu [15]. **(Gambar 2).**



Gambar 2. Skema pengambilan sampel

Hasil dan Pembahasan

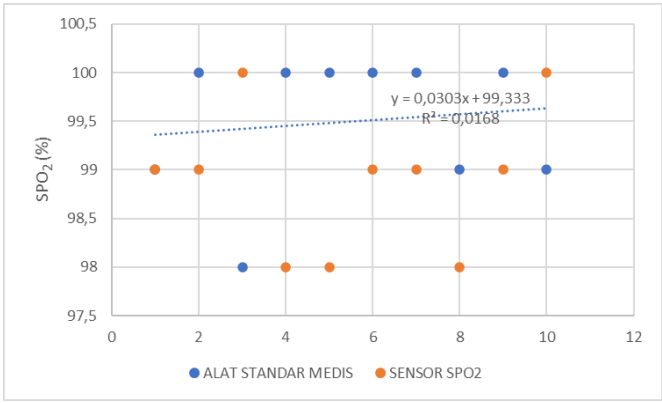
Pengujian dilakukan pada jalur tegangan (daya listrik) untuk memastikan bahwa sensor MAX30102 menerima daya yang sesuai melalui pin **VIN (3.3V)** dan **GND**, serta memastikan komunikasi data melalui pin **SCL dan SDA** berjalan dengan baik. Dapat dilihat pada gambar bahwa sinyal yang terbaca menunjukkan respon sensor terhadap perubahan saturasi oksigen (SpO_2).

Data Kalibrasi Sensor. Sensor MAX30102 yang telah dipasang kemudian dikalibrasi menggunakan alat medis standar. Hasil pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 1. Dapat dilihat bahwa kadar oksigen dalam darah (SpO_2) yang terdeteksi oleh sensor menunjukkan nilai sebesar 98%, yang konsisten dengan pembacaan dari alat medis referensi. Kalibrasi dilakukan dalam kondisi terkontrol untuk memastikan akurasi pengukuran. Studi ini menunjukkan bahwa sistem sensor MAX30102 dengan komunikasi data digital (I2C) telah terkalibrasi dengan baik dan siap digunakan untuk pengujian lebih lanjut.

Tabel 1: Hasil Kalibrasi sistem sensor dengan alat standar klinis atau alat pulse oximeter medis.

No.	SpO_2(%)	
	Alat standar medis	Sistem sensor SpO_2
1	99	99
2	100	99
3	98	100
4	100	98
5	100	98
6	100	99
7	100	99
8	99	98
9	100	99
10	99	100

Perbandingan hasil kalibrasi SpO_2 antara perangkat uji dan alat standar medis ditampilkan pada grafik berikut, yang menunjukkan tingkat akurasi dan kesesuaian pembacaan dari kedua perangkat. Grafik ini memberikan gambaran tentang sejauh mana perangkat uji dapat menghasilkan nilai yang mendekati hasil pengukuran dari alat standar medis. Dengan analisis ini, dapat dievaluasi apakah perangkat uji memiliki performa yang sesuai untuk digunakan dalam pemantauan kadar oksigen dalam darah secara klinis.



Gambar 3. Kalibrasi sistem SpO_2 dengan alat standar medis

Data Pengujian Sistem. Hasil kalibrasi sensor MAX30102 pada suhu 27°C menunjukkan pembacaan SpO_2 yang berkisar antara 98% hingga 100%, dengan variasi kecil antar sampel, yang mengindikasikan konsistensi dan stabilitas sensor. Nilai yang diperoleh sejalan dengan alat medis standar, menunjukkan bahwa sensor memiliki akurasi yang baik dalam mendeteksi kadar oksigen dalam darah. Tidak terdapat fluktuasi signifikan akibat suhu, sehingga dalam kondisi ini, suhu tidak mempengaruhi performa sensor secara signifikan. Variasi kecil antar sampel kemungkinan disebabkan oleh perbedaan fisiologis individu atau variasi kecil dalam pengolahan sinyal oleh sensor. Dengan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa sensor MAX30102 telah berhasil dikalibrasi dan dapat digunakan untuk pengujian lebih lanjut, meskipun diperlukan pengujian tambahan dengan lebih banyak sampel dan variasi kondisi lingkungan untuk meningkatkan keandalan hasil pengukuran.

Tabel 2: Hasil Pengujian sistem sensor pada beberapa sampel

No.	Sampel	Suhu (°C)	SpO_2(%)
1	A	27	99
2	B	27	98
3	C	27	98
4	D	27	100
5	E	27	98

Hasil pengukuran SpO_2 pada lima sampel menunjukkan nilai yang berkisar antara 98% hingga 100% dengan suhu konstan 27°C, menandakan kadar oksigen dalam darah berada dalam rentang normal. Sebagian besar sampel (B, C, dan E) memiliki SpO_2 sebesar 98%, sementara sampel A sedikit lebih tinggi dengan 99%, dan sampel D mencapai 100%, yang merupakan nilai tertinggi dalam pengukuran ini. Variasi kecil dalam nilai SpO_2 kemungkinan disebabkan oleh perbedaan individu atau sensitivitas alat dalam mendeteksi saturasi oksigen, mengingat suhu yang konstan telah mengeliminasi pengaruh lingkungan.

Tabel 3: Hasil Pengujian sistem sensor pada beberapa sampel

No.	Sampel	Suhu (°C)	SpO_2(%)
1	A	27	100
2	B	27	100
3	C	27	100
4	D	27	99
5	E	27	99

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa sensor SpO_2 MAX30102 mampu mengukur kadar oksigen dalam darah (SpO_2) dengan tingkat akurasi yang baik dalam kondisi optimal. Sensor ini bekerja dengan mendeteksi perubahan volume darah melalui cahaya inframerah dan merah. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa MAX30102 dapat memberikan data yang stabil dan konsisten, dengan error yang relatif kecil dibandingkan dengan perangkat medis standar. Namun, terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi akurasi pengukuran, seperti posisi jari, pergerakan pengguna, suhu lingkungan, serta tingkat pencahayaan eksternal. Secara keseluruhan, sensor MAX30102 merupakan pilihan yang baik untuk aplikasi pemantauan kesehatan yang membutuhkan pengukuran SpO_2 dan detak jantung secara *real-time*, dengan tetap mempertimbangkan aspek kalibrasi dan mitigasi gangguan eksternal untuk hasil yang lebih akurat.

Ucapan Terima Kasih

Tim penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada LPPM Universitas Mataram (2659/UN18.L1/PP/2025) dan tim peneliti di Laboratorium Instrumentasi dan Biofisika, FMIPA, Universitas Mataram atas bantuan dan *support* yang telah diberikan.

Daftar Pustaka

[1] Rizki, W., Santosa, B., Arisma, E. (2021). Tingkat Oksigen Dalam Darah Terhadap Kejadian Cardiac Arrest pada Pasien Cidera Kepala Berat. *Adi Husada Nursing Journal*, *2*(46),46-50.

[2] Zein, A. R., Almalki, E. B., Almasabi, H. A., Alzahrani, H. T., Alabdali, R. H., Alsalamah, Z. K., Alhaeti, H. R., Alsuroji, A. H., Bugis, A. H., Sadiq, F. A. Al, & Almohammadi, M. Y. (2021). Carbon Monoxide Poisoning: Assessment, Treatment, And Outcomes. *International Journal Of Community Medicine And Public Health*. *8*(11), 5562-5567.

[3] Siwicka, G. D., Robba, C., Gołacki, J., Badenes, R., & Dabrowski, W. (2022). Cerebral Oxygen Delivery and Consumption in Brain-Injured Patients. *Journal of Personalized Medicine*. 12(11), 1-20.

[4] Fadhilah, F. R. N., Wisana, G.H., & Nugraha, P. (2021). Monitoring SpO2 Secara Wireless Berbasis Computer. *Jurnal Teknokes*. *14*(1), 20–27.

[5] Kuswoyo, H., Susana, E., & Tjahjadi, H. (2022). Design of Personal Health Monitoring Devices for Early Detection of Silent Hypoxia. *Teknik*. *43*(1), 8–16.

[6] Nemomssa, H. D., & Raj, H. (2022). Development of Low-Cost and Portable Pulse Oximeter Device with Improved Accuracy and Accessibility. *Medical Devices Evidence and Research*. *15*(1), 121–129.

[7] Hasanah, I., Lusaharista, W F., Novandri, C. (2023). Pengaruh Perbedaan Suhu Terhadap Pengukuran Saturasi Oksigen Menggunakan Pulse Oximetry. *Afiliasi*. 1(1), 40-45.

[8] Wang, C., He, T., Zhou, H., Zhang, Z., & Lee, C. (2023). Artificial Intelligence Enhanced Sensors - Enabling Technologies to Next-Generation Healthcare and Biomedical Platform. *Bioelectronic Medicine*. 9(1), 1-34.

[9] Jannah, M. U., Nur'aidha, A. C., & Kumarajati, D. Y. H. (2024). Sistem Deteksi Detak Jantung Berbasis Sensor Max30102, Arduino Uno, dan Oled Display Untuk Pemantauan Detak Jantung Secara Real-Time. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*. *12*(3), 1961-1965.

[10] Muthmainnah, Arabani, F. Z., Tazi, I., Chamidah, N., Sasmitaninghidayah, W., & Tirono, M. (2023). Development of Optical Sensor Technology for Non-Invasive Hemoglobin Measurement. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. *9*(11), 10252–10258.

[11] Miftahulumudin, Y. A., Munadi, M., & Setiawan, M. N. (n.d.). Kalibrasi Sensor Pada Sistem Data Akuisisi Alat Uji Unjuk Kerja Turbin Angin. In *Jurnal Teknik Mesin S-1*. 2(1), 65-70.

[12] Merced, D. C., Bello, P. C., Hormiga, R. M., Henríquez, J. J., & Noha, M. R., (2024). Hospital Environmental Factors That Influence Peripheral Oxygen Saturation Measurements A Cross - Sectional Study. *Healthcare (Switzerland)*. 12(9), 1-11.

[13] Liu, C., Correia, R. G., Ballaji, H. K., Korposh, S., Hayes-Gill, B. R., & Morgan, S. P. (2018). Optical Fibre-Based Pulse Oximetry Sensor With Contact Force Detection. *Sensors (Switzerland)*. *18*(11), 1-11

[14] Salime, A. R., Wahdan, W., El-Aziz, A., Metyazidy, H. A., Soheir, & Weheida, M. (2021). Effectiveness of Implementation of Evidence-Based Educational Intervention Regarding Chest Tube on Clinical Patient's Outcomes in Cardiothoracic Care Unit. *Original Article Egyptian Journal of Health Care*. 12 (1), 1-8.

[15] Shiddiq, M. J., & Nugraha, A. T. (2022). Sistem Monitoring Detak Jantung pada Sepeda Treadmill. *Journal of Computer Electronic and Telecommunications*. *3*(2), 1-17.