

Sistem instrumentasi *realtime* kadar saturasi oksigen dalam darah dengan penampil *Liquid Crystal Display* (LCD) dan *smartphone*

Realtime instrumentation system towards blood oxygen saturation level monitoring with Liquid Crystal Display (LCD) and smartphone

Zakaria Husen¹, Zaid Albarra¹, Khairi Suhud², Fauzi Fauzi¹, Elin Yusibani¹,
Irhamni Irhamni¹, Fadhli Syamsuddin¹, Edwar Iswardy¹, Nurhanif
Nurhanif¹, Ahmad Fairuz Bin Omar³, dan Muhammad Syukri Surbakti^{1,*}

Received 7 March 2023

Accepted 23 May 2023

Published May 2023

¹ Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala (USK) 23111 Indonesia.

² Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala (USK) 23111 Indonesia.

³ School of Physics, University Science Malaysia, 11800 Malaysia.

Abstrak. Oksigen memainkan peranan vital dalam tubuh untuk mengatur sistem peredaran darah. Namun jika kadar saturasi oksigen dalam darah (SpO_2) berkurang atau tidak mencukupi maka dapat menyebabkan sesak nafas, bahkan dapat mempengaruhi fungsi kerja otak. Perangkat oksimeter digunakan untuk mengukur kadar saturasi oksigen dalam darah dengan pengukuran secara non-invasif, sehingga kekurangan oksigen dalam darah dapat dideteksi lebih awal. Oksimeter yang tersedia saat ini umumnya menampilkan hasil SpO_2 tidak terhubung ke jaringan sehingga tidak dapat dipantau secara jarak jauh. Oleh karena itu diperlukan suatu perangkat yang dilengkapi dengan fitur monitoring dalam jaringan agar dapat memantau kondisi partisipan secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring pengukuran saturasi oksigen dalam darah yang dapat diakses secara *remote* menggunakan *smartphone*. Alat rancangan ini menggunakan sensor MAX30100 dan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler. Hasil pengukuran alat rancangan dapat dipantau secara *real-time* melalui *website* menggunakan aplikasi Blynk. Data perbandingan yang digunakan adalah alat Oksimeter komersial. Pengujian telah dilakukan pada partisipan laki-laki berusia 14 dan 22 tahun, dan perempuan berusia 18 dan 45 tahun. Hasil pengujian secara keseluruhan menunjukkan bahwa alat yang dirancang relative sama dengan oksimeter komersial, yang ditunjukkan oleh nilai $t_{hitung} < t_{tabel}$.

Abstract. Oxygen plays a vital role in regulating our blood circulation system. However, if the oxygen levels in the blood decrease or are insufficient, it can cause shortness of breath and even affect brain function. To address this problem, an oximeter provides an effective solution by providing a device that can measure blood oxygen saturation without having to place any device inside the body. Currently available oximeter devices usually only display the SpO_2 results on the device itself. Therefore, a device with a remote monitoring feature is needed to monitor participants' condition in real-time. This research aims to develop a remote-access blood oxygen saturation measurement monitoring system using the MAX30100 sensor and the NodeMCU ESP8266 as the microcontroller, the values can be viewed in real-time on website by the Blynk app. The comparison data used is a commercial oximeter device. The participants were the males aged 14 and 22 years, and the female aged 18 and 45 years. Herein, we found that the designed instrument shows excellent performance in which $t_{test} < t_{table}$ from overall data.

Keywords: Oxygen, Oximeter, SpO_2 , Blynk, and MAX30100.

Pendahuluan

Darah pada tubuh manusia merupakan sistem transportasi yang esensial, yang membawa zat-zat yang dibutuhkan oleh tubuh dan menyebar ke seluruh jaringan tubuh. Salah satu zat penting yang dibawa oleh darah adalah oksigen, yang memainkan peran vital dalam pemenuhan kebutuhan oksigen tubuh. Apabila tubuh manusia kekurangan oksigen (hypoxia) maka akan menyebabkan penyakit dan gangguan pada organ tubuh lainnya (Bailey, 2019), seperti pada gangguan paru-paru. Pada kebanyakan penyakit paru-paru, seperti pneumonia, penurunan saturasi oksigen diikuti oleh perubahan lain, termasuk paru-paru kaku atau berisi cairan, atau peningkatan kadar karbon dioksida

karena paru-paru tidak dapat mengeluarkannya secara efisien (Fonseca, 2021).

Salah satu contoh nyata resiko kesehatan pada manusia seperti wabah *coronavirus disease* 2019 (COVID-19), di mana virus penyebab penyakit ini menginfeksi saluran pernafasan manusia yang kemudian menyebabkan radang paru-paru, dan pada kondisi kritis, dapat mengarah ke kematian. Xie *et al.* (2020) menyebutkan bahwa kekurangan oksigen meningkatkan risiko kematian pada penderita COVID-19. Virus yang mempengaruhi paru-paru menyebabkan gangguan pada proses pertukaran oksigen dan karbon dioksida, sehingga sirkulasi oksigen dalam darah menjadi berkurang. Oleh

sebab itu, nilai saturasi oksigen dalam darah sangat penting untuk diketahui terutama untuk mendeteksi dini hipoksia dan banyak penyakit serius (Aarthi dan Gayathri, 2019). Kadar oksigen dalam darah atau saturasi oksigen menunjukkan seberapa baik distribusi oksigen di dalam tubuh. Oksimeter adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengukur kadar oksigen dalam darah tanpa harus mengeluarkan sampel darah dari tubuh (Salamah *et al.*, 2016). Cara kerja Oksimeter menggunakan LED (*Light Emitting Diodes*) yang dipaparkan pada ibu jari dan mengkalkulasi tingkat absorpsi yang terjadi setelah cahaya melewati kulit dan berinteraksi dengan sel darah merah (Mannheimer, 2007).

Saat ini, pengukuran saturasi oksigen dalam darah masih dilakukan secara manual dengan menggunakan alat yang dikenakan pada jari. Namun, metode ini sering kali tidak praktis dan tidak dapat dilakukan secara *remote*. Dengan memanfaatkan internet, diharapkan sistem pengukuran saturasi oksigen dapat diakses secara *real-time* dan dapat digunakan untuk memonitoring kondisi kesehatan pada pasien/pengguna. Selain itu, penggunaan internet dalam monitoring pengukuran saturasi oksigen dalam darah juga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengambilan keputusan klinis, utamanya pada perangkat yang bersifat non-invasif (Chavan *et al.*, 2018). Data yang diperoleh dari sistem ini dapat digunakan oleh pengguna, seperti dokter dan perawat untuk mengevaluasi kondisi pasien secara *real-time* dan memberikan intervensi yang diperlukan secepat mungkin. Selain itu, sistem ini juga dapat digunakan oleh pengguna umum atau siapa saja yang memerlukan data kadar oksigen dalam darah untuk dikirimkan via internet atau *smartphone*.

Akuisisi data hasil pengukuran kadar saturasi oksigen dalam beberapa penelitian melibatkan aplikasi *Internet of Thing* (IoT) yang ditujukan untuk memberikan informasi secara *realtime* dan dapat dilakukan automasi pemindahan serta pengolahan data (Tamilselvi, 2020). Pada aplikasi IoT terhadap pasien COVID-19, diantaranya adalah dapat menginformasikan data-data urgen pasien kritis di rumah sakit khusus kepada petugas medis secara daring (Khan *et al.*, 2021).

Bhuyan dan Sander (2021) memanfaatkan mikrokontroler Arduino sebagai pemroses dan pengkondisi sinyal beserta sensor MAX30100 dan layar LCD 16x2 untuk melihat hasil pengukuran SPO₂ pada pasien berumur 12 sampai 57 tahun. Instrumen pengukur kadar oksigen berbasis Arduino yang terdiri dari modul LED merah dan infrared yang dihubungkan ke rangkaian *demultiplexer*, dan terhubung ke PC melalui modul WiFi ESP8232 telah diaplikasikan oleh beberapa peneliti. Namun, kelemahan dari penelitian ini adalah diperlukannya banyak perangkat dan biaya yang relatif tinggi untuk membuat pengukur kadar oksigen tersebut (Khairunnisa *et al.*, 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring saturasi oksigen dalam darah secara

real-time yang efisien dan mudah digunakan. Akuisisi data secara *real-time* menggunakan satu atau beberapa sensor, seperti yang telah dilakukan oleh Yuliyani (2021). Sistem *real-time* yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan sensor oksimeter pulsa MAX30100 yang hemat daya. MAX30100 adalah *pulse oximeter sensor* yang secara spesifik dapat digunakan untuk mengakuisisi data saturasi oksigen. Fitur utama dari oksimeter ini adalah konsumsi daya yang rendah, komunikasi nirkabel, dan harga yang relatif murah dibandingkan dengan perangkat yang tersedia di pasaran.

Inovasi dari penelitian ini adalah untuk memberikan oksimeter yang dapat dimonitor dari jarak jauh secara *real-time* via *smartphone* dan *website* menggunakan aplikasi Blynk. Sehingga, pemantauan kondisi pasien dapat dilakukan dengan lebih mudah dan efisien (Patel *et al.*, 2018).

Metodologi

Alat dan Bahan

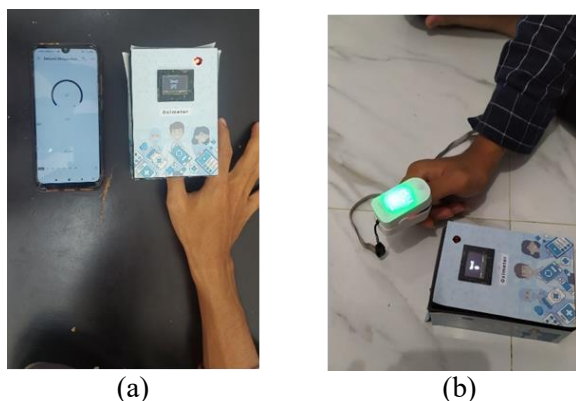
Alat yang digunakan dalam perancangan *hardware* adalah wadah pengujian (*console*) yang terbuat dari Akrilik, parameter *hardware* sensor pendeteksi MAX30100, mikrokontroler NodeMCU ESP8266, laptop, *Display Organic Light Emitting Diodes* (OLED) 0,96 inch, dan komponen-komponen pendukung lainnya, antara lain IC Regulator 5V, *Light Emitting Diodes* (LED), dan *Buzzer*.

Pembuatan Alat

Prosedur pelaksanaan pembuatan dan pengujian terdiri atas prosedur pembuatan *console* sampel uji, rancangan *hardware*, rancangan *software* dan prosedur akuisisi dan perbandingan data alat rancangan dengan alat komersial.

Prosedur Pengambilan Data

Partisipan yang akan diambil datanya dibagi secara acak seperti pada Tabel 1, berdasarkan jenis kelamin dan umur. Kelompok pertama berjenis kelamin laki-laki dengan usia 14 tahun. Kelompok kedua berjenis kelamin perempuan dengan usia 18 tahun. Kelompok ketiga dan keempat adalah masing-masing berjenis kelamin laki-laki dan perempuan dengan kelompok umur berturut-turut 22 tahun dan 45 tahun. Setiap kelompok diwakili oleh 5 partisipan. Partisipan telah diberitahukan dan setuju berpartisipasi dalam penelitian ini. Pengukuran menggunakan alat rancangan dilakukan dengan memasukkan ibu jari tangan ke dalam lubang bertuliskan "place your finger" sampai ujung ibu jari menyentuh dinding bagian dalam selama tiga detik (Gambar 1a), sedangkan pengukuran dengan alat komersial mengikuti petunjuk penggunaan alat yang ada pada manual (Gambar 1b). Hasil pengukuran alat rancangan tertampil pada Display OLED (Gambar 2) dan dikirimkan hasilnya secara *realtime* ke *website* (www.blynk.io) sehingga dapat dipantau secara jarak jauh melalui aplikasi di dalam *smartphone*.



Gambar 1 Tampilan pada (a) *Smartphone* dan OLED alat rancangan, dan (b) Pengujian menggunakan oksimeter komersial

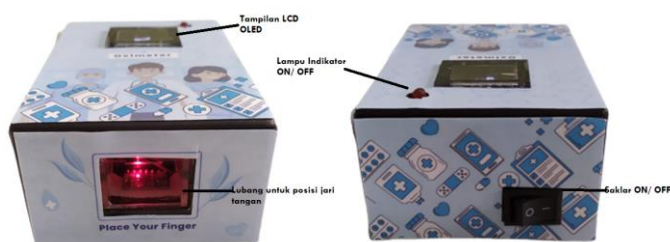
Analisis Data

Data yang diperoleh dari alat rancangan oksimeter selanjutnya dibandingkan dengan data oksimeter komersial. Selanjutnya dilakukan uji statistik terhadap data-data yang diperoleh berupa t_{test} .

Hasil Penelitian

Perangkat Keras (Hardware)

Perangkat keras terdiri dari beberapa komponen utama, seperti sensor MAX30100 yang ditempatkan pada lubang posisi ibu jari tangan, mikrokontroler Nodemcu Esp8266, dan ditampilkan langsung pada alat menggunakan penampil (*display*) OLED. Komponen-komponen tersebut dipilih karena memiliki kemampuan yang sesuai dan memiliki harga yang relatif murah sehingga dapat bersaing dengan instrumen komersial sejenis. Alat ini juga dilengkapi dengan *buzzer* dan LED sebagai lampu indikator yang akan menyala apabila ada nilai yang masuk ke dalam sistem. Komunikasi serial antara mikrokontroler untuk mengirim dan menerima data dilakukan dengan kecepatan 115200 bit per detik. Pada Gambar 2 tertampil bagian depan *console* dimana terdapat sebuah lubang berbentuk persegi yang diperuntukkan sebagai tempat memasukkan ibu jari. Sedangkan pada bagian belakang terdapat sebuah tombol yang berguna untuk mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat (*on/ off switch*). Selain itu, pada bagian atas *console* terdapat sebuah layar OLED untuk menampilkan hasil pengukuran.



Gambar 2 Deskripsi instrumen rancangan oksimeter

partisipasi dan membandingkannya dengan perangkat komersial yang telah dijual di pasaran. Tampilan pada *smartphone* pada pengujian yang dilakukan untuk beberapa sampel terdeskripsi pada Gambar 1. Tampak juga pengujian yang dilakukan menggunakan oksimeter komersial.

Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak yang digunakan adalah Arduino IDE dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, sehingga dapat mentransfer data secara WiFi. Penyimpanan token otentifikasi menggunakan konstanta BLYNK_AUTH_TOKEN sehingga *library* Blynk terhubung ke aplikasi Blynk *cloud*. Aplikasi ini menggunakan koneksi WiFi dan diatur pada *library* ESP8266WiFi dengan mengintegrasikannya pada aplikasi Blynk *cloud* pada *library* BlynkSimpleEsp8266. Pengaturan komunikasi dengan sensor MAX30100 dijalankan melalui *Library Wire* dengan memanfaatkan protokol I2C. Periode penyimpanan data diatur dan diakuisisi dalam orde milisekon dengan penampil (*display*) OLED.

Tabel 1 Perbandingan rata-rata hasil pengukuran saturasi oksigen alat rancangan dengan oksimeter komersial.

Jenis Kelamin/ Umur	Alat Rancangan (%)	Oksimeter Komersial (%)	t-test (95%), (5+5-2=8)
Laki-laki 14 tahun	94,02	93,98	0,2030
Perempuan 18 tahun	94,02	93,66	1,556
Laki-laki 22 tahun	93,88	93,82	0,666
Perempuan 45 tahun	94,42	94,22	1,5923

t-tabel (95%; 2,306)

Berdasarkan uji-t yang dilakukan pada Tabel 1, t-hitung < t-tabel, maka alat rancangan tidak berbeda nyata dengan oksimeter komersial.

Kesimpulan

Telah berhasil perancangan alat oksimeter berbasis IoT. Instrumen pengukuran saturasi oksigen berbasis NodeMCU ESP8266 ini dapat memberikan informasi saturasi oksigen dalam darah secara *real-time* pada layar *smartphone* melalui aplikasi Blynk. Hasil pembacaan rancangan alat memberikan nilai pembacaan yang relative sesuai dibandingkan dengan oksimeter komersial, ditunjukkan oleh nilai t-hitung < t-tabel.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih kepada para Tim Peneliti, Staf dan Laboran Jurusan Fisika FMIPA Universitas Syiah Kuala yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

Tabel 1. menunjukkan hasil analisis pengukuran tingkat saturasi oksigen dalam darah (SpO_2) pada beberapa

Referensi

- Bailey, D. M. (2019) Oxygen and brain death; back from the brink. *Experimental Physiology*. **104**(12): 1769-1779.
- Bhuyan, M. H. & Sarder, M. R. (2021) Design, Simulation, and Implementation of a Digital Pulse Oxygen Saturation Measurement System Using the Arduino Microcontroller. *International Journal of Biomedical and Biological Engineering*. **15**(2): 105-111.
- Fonseca, M., Summer, R. & Roman, J. (2021) Acute exacerbation of interstitial lung disease as a sequela of COVID-19 pneumonia. *The American Journal of the Medical Sciences*. **361**(1): 126-129.
- Khan, M. M., Mehnaz, S., Shaha, A., Nayem, M. & Bourouis, S. (2021) IoT-based smart health monitoring system for COVID-19 patients. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*. 1-11
- Mannheimer, P. D. (2007) The light–tissue interaction of pulse oximetry. *Anesthesia & Analgesia*. **105**(6): 10-17.
- Patel, R., Dubey R., Mishra, S., & Bharti, S. K. (2018) Tele-Monitoring Device for Cardio respiration Activity. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering (IJARCCE)*. **7**(3), 282–287.
- Salamah, U. (2016) Rancang Bangun Pulse Oximetry Mmenggunakan Arduino Sebagai Deteksi Kejenuhan Oksigen. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya*. **4**: 77 - 82.
- Aarthi, S. & Gayathri, R. (2019) Real-Time Health Monitoring System using IoT and Mobile Applications. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*. **8**(4): 1100-1104
- Chavan, S., Gadekar, P., Patil, M., Tondare, S. P., & Gaikwad, S. P. (2018) Solar Powered Non-Invasive Pulse Oximeter and Heart Rate Meter. *International Jurnal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering (IJIRCCE)*. **6**(5):5280 – 5285.
- Khairunnisa, S., Gede, I. D., Wisana, H., Priyambada, I., & Nugraha, C. 2014. Rancang Bangun Pulse Oximeter Berbasis Iot (Internet of Things). *J Teknik Elektromedik, Poltekkes Surabaya*.**1**: 28-31
- Tamilselvi, V., Sribalaji, S., Vigneshwaran, P., Vinu, P. & Ramani, J.G. (2020) IoT based health monitoring system. In *6th International conference on advanced computing and communication systems (ICACCS)*. 386-389
- Yuliani, Y., Suhud, K., Satria, D., Lelifajri, L., Ginting, B., Aisyah, Y., Fauzi, F. & Surbakti, M. S. (2021) Instrumentation of realtime monitoring system towards level of C₆H₁₂O₆, C₂H₅OH, CO₂, temperature in tapai fermentation process. *Journal of Aceh Physics Society*. **10**(3): 60-65.
- Xie, J., Covassin, N., Fan, Z., Singh, P., Gao, W., Li, G., Kara, T. & Somers, V. K. (2020) Association between hypoxemia and mortality in patients with COVID-19. In *Mayo Clinic Proceedings*. **95**(6): 1138-1147.