

Sistem *Monitoring* Saturasi Oksigen dan Denyut Nadi dalam Darah Menggunakan Sensor MAX30100 *Via* Telegram Berbasis IoT

Della Rahmawarni^{1*}, Harmadi¹

¹Laboratorium Fisika Instrumentasi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 25 Agustus 2021
Direvisi: 23 September 2021
Diterima: 08 Oktober 2021

Kata kunci:

Saturasi Oksigen
Denyut Nadi
IoT
Sensor MAX30100
Telegram

Keywords:

Oxygen Saturation
Pulse Rate
IoT
MAX30100 Sensor
Telegram

Penulis Korespondensi:

Della Rahmawarni
Email:
rwdella18@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan perancangan sistem monitoring saturasi oksigen dan denyut nadi dalam darah menggunakan sensor MAX30100 berbasis IoT via Telegram. Sensor MAX30100 terdiri dari LED dan fotodetektor yang terpasang secara sejajar. Fotodetektor berfungsi untuk menangkap intensitas cahaya dari sinar LED dan mengubahnya sebagai besaran listrik berupa tegangan. Tegangan yang didapatkan dari sensor diolah oleh wemos D1 untuk dikirim ke LCD dan Telegram. Alat dilengkapi dengan *buzzer* sebagai indikator peringatan agar pengguna mengetahui kondisi nilai saturasi oksigen dan denyut nadi. *Buzzer* berbunyi jika tidak dalam rentang saturasi oksigen 95%-100% dan denyut nadi 60 BPM-100 BPM. *Monitoring* melalui Telegram dapat dilakukan dari 1 km – 58 km selama kondisi sinyal stabil. Persentase kesalahan pada pengukuran saturasi oksigen (SpO_2) sebesar 0,96%, sedangkan pada pengukuran denyut nadi (BPM) sebesar 1,63%.

A monitoring system for oxygen saturation and pulse in the blood has been designed using an IoT-based MAX30100 sensor via Telegram. The MAX30100 sensor consists of a parallel-mounted LED and photodetector. The photodetector captures the light intensity from the LED light and convert it as an electrical quantity in the form of voltage. The voltage obtained from the sensor is processed by wemos D1 to be sent to the LCD and Telegram. The tool is equipped with a buzzer as a warning indicator to knows the condition of the oxygen saturation value and pulse rate. If the buzzer sounds not within the 95%-100% oxygen saturation range and the pulse rate is 60 BPM-100 BPM. Monitoring via Telegram can be done from 1 km – 58 km as long as the signal condition is stable. The percentage of error in measurement of oxygen saturation (SpO_2) is 0.96%, while the measurement of pulse rate (BPM) is 1.63%.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Tubuh manusia membutuhkan oksigen dalam batas normal untuk menunjang kinerja setiap sel di dalam tubuh. Kadar oksigen dalam darah atau saturasi oksigen menunjukkan seberapa baik distribusi oksigen di dalam tubuh. Kondisi saat saturasi oksigen tidak dalam batas normal dapat menyebabkan kemampuan organ dan jaringan tubuh untuk menjalankan fungsinya akan terganggu sehingga dapat menyebabkan sesak napas, kegagalan organ, dan meninggal dunia. (Gibson, 2013).

Permasalahan ini diperparah dengan pandemi COVID-19. Wenzhong dan Hualan (2020) menyatakan bahwa virus corona Sars-CoV-2 menyerang hemoglobin dalam sel darah merah melalui serangkaian tindakan seluler sehingga tidak mampu mengangkut oksigen. Kekurangan oksigen meningkatkan risiko kematian pada penderita COVID-19.

Pulse oximetry atau oximeter nadi adalah tes *non invasive* tanpa rasa sakit yang dapat mengukur tingkat saturasi oksigen dan denyut nadi dalam darah. Organisasi kesehatan dunia WHO (2021) dalam pedoman berjudul "*Covid-19 clinical management: living guidance*" menganjurkan pasien COVID-19 yang sedang melakukan isolasi mandiri untuk memiliki *pulse oximetry*. Penggunaan *pulse oximetry* pada pasien isolasi mandiri dilakukan untuk mengidentifikasi apakah kesehatan membaik atau memburuk saat dilakukannya isolasi mandiri.

Pemantauan saturasi oksigen dan denyut nadi sangat diperlukan pada kondisi saat ini. Saturasi oksigen dan denyut nadi memang tidak bisa digunakan sebagai parameter diagnostik untuk infeksi COVID-19, akan tetapi dapat digunakan sebagai parameter pendukung dalam menentukan tingkat keparahan atau kesembuhan pasien dalam masa perawatan (Mallo, 2012). Terkait hal tersebut diperlukan penambahan sistem monitoring secara *real time* sehingga memudahkan *monitoring* dan meminimalisir kontak langsung.

Khairunnisa (2016) telah menghasilkan alat oximeter berbasis IoT menggunakan LED merah dan inframerah yang diolah menggunakan rangkaian demultiplexer. Rangkaian dihubungkan menuju PC menggunakan modul WIFI ESP8232. Data ditampilkan ke Web *Internet of Things* (IoT) *Thingspeak*. Penelitian ini memiliki keterbatasan karena belum menampilkan nilai denyut nadi (BPM) sebagaimana alat *pulse oximetry* saat ini.

Nugroho (2019) telah mengukur saturasi oksigen dalam darah menggunakan metode PPG *reflectance* pada sensor MAX30100. Arduino nano sebagai mikroprosesor yang dihubungkan pada *handphone* menggunakan modul *bluetooth* 3 HC-05. Penelitian ini memiliki keterbatasan dalam pengiriman hasil pengukuran. Pengiriman hasil hanya dapat dilihat dari satu perangkat saja karena belum menggunakan modul WIFI.

Laili (2020) telah menghasilkan *pulse oximetry* dengan sistem *monitoring* IoT melalui aplikasi Cayenne. Sensor MAX30100 diolah pada mikrokontroler dan ditampilkan pada *handphone* atau *personal computer*. *Monitoring* yang dihasilkan berupa grafik atau tampilan pengukuran kadar oksigen dan denyut jantung. Penelitian ini memiliki keterbatasan untuk digunakan oleh masyarakat umum karena menggunakan aplikasi yang tidak awam. Alat yang dihasilkan juga belum memiliki *buzzer* sebagai peringatan, jika nilai kadar oksigen dan denyut jantung kurang dari batas normal.

Berdasarkan kondisi, permasalahan, dan hasil yang telah dijabarkan maka, dilakukan penelitian mengenai sistem *monitoring* saturasi oksigen dan denyut nadi dalam darah berbasis IoT yang hasilnya dapat dimonitor oleh pihak medis *via* Telegram. Alat dilengkapi dengan pemasangan LCD dan indikator berupa *buzzer* agar pengguna mengetahui kondisi nilai saturasi oksigen dan denyut nadi. *Buzzer* akan berbunyi jika saturasi oksigen dan denyut nadi dalam darah kurang atau lebih dari batas normal.

II. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah laptop, *pin header*, solder, LCD I2C, *handphone*, USB, *fingertip pulse oximetry*, luxmeter, dan multimeter. Bahan yang digunakan sensor max30100, wemos d1, *buzzer*, resistor, *push button*, dan *jumper*.

2.2 Perancangan dan Pengujian Sistem Perangkat Keras

2.2.1 Karakterisasi Sensor MAX30100

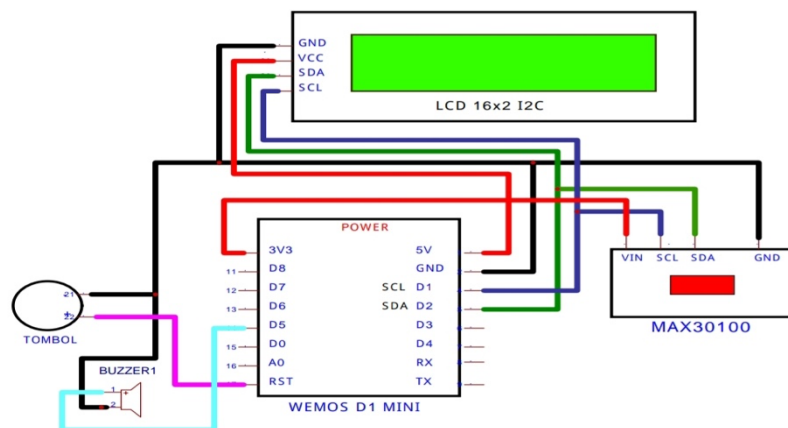
Karakterisasi sensor diperlukan untuk melihat nilai sensitivitas dari sensor MAX30100. Pengujian dilakukan dengan bervariasi jarak sensor terhadap tegangan keluarannya menggunakan voltmeter yang dihubungkan dengan wemos d1. Sensor MAX30100 terdiri dari dua LED dan satu fotodetektor yang terpasang secara sejajar. Fotodetektor berfungsi untuk menangkap intensitas cahaya dari sinar LED dan mengubahnya sebagai besaran listrik yang berupa tegangan. Tegangan yang tersebut diolah oleh wemos d1.

Sensor MAX30100 menggunakan serial komunikasi I2C yang merupakan serial komunikasi *open drain*, dimana saat sinyal *low* maka menghasilkan nol volt dan saat sinyal *high* maka sinyal akan *floating*. Hasil *output* dari sensor dapat terbaca, jika menggunakan resistor sebagai *pull-up* pada pin SDA dan SCL. Resistor yang digunakan yaitu sebesar 4,7 k Ω . Karakterisasi juga dilakukan dengan menghitung intensitas cahaya yang dipancarkan oleh LED menggunakan luxmeter.

2.2.2 Pengujian Rangkaian Keseluruhan

Pengukuran saturasi oksigen dan denyut nadi dalam darah diukur oleh sensor MAX30100. Jari diletakkan di atas sensor MAX30100 untuk menangkap intensitas cahaya oleh fotodetektor. Intensitas cahaya akan diolah menjadi tegangan sehingga menghasilkan presentase nilai SpO₂ dan BPM. Sensor MAX30100 dihubungkan ke wemos d1 agar nilai tersebut dapat dikirimkan ke LCD dan telegram.

Pengiriman telegram menggunakan internet melalui wemos d1 berbasis *Internet of Things* (IoT). Nilai saturasi oksigen (SpO₂) dan denyut nadi (BPM) akan diatur sesuai standar normal, sehingga jika kurang dari batas normal *buzzer* akan menyala. Tombol digunakan untuk mereset data saat pengujian berlangsung. Rangkaian keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1.



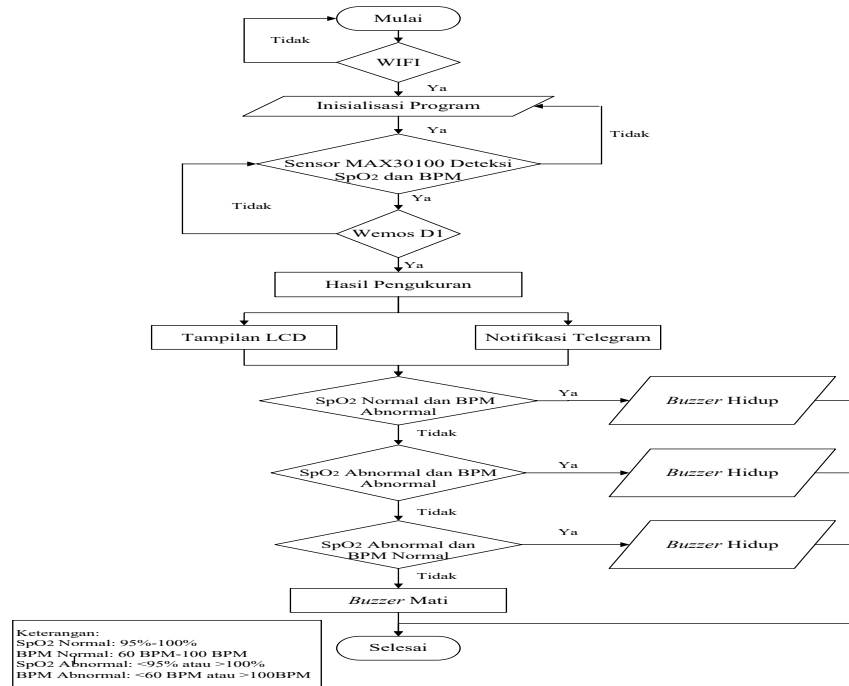
Gambar 1 Perancangan Keseluruhan Rangkaian

2.3 Perancangan dan Pengujian Sistem Perangkat Lunak

Sistem instrumentasi yang berbasis mikrokontroler memerlukan urutan instruksi yang dikenal dengan program. Program sistem *monitoring* saturasi dan denyut nadi dalam darah ditulis dalam bahasa pemrograman arduino IDE. Perancangan perangkat lunak dimulai dari perancangan diagram alir. Berdasarkan prinsip kerja sistem yang direncanakan diagram alir program pada Gambar 2.

Hasil pengukuran saturasi oksigen (SpO₂) dan denyut nadi (BPM) akan ditransmisikan menggunakan sistem IoT. Ketik *start* pada telegram untuk menghidupkan alat, jika WIFI hidup maka akan lanjut ke proses inialisasi program, namun jika WIFI tidak hidup, tidak akan beroperasi. Inialisasi program berfungsi untuk mengontrol semua komponen.

Setelah inialisasi program dilakukan maka, sensor MAX30100 dapat berfungsi untuk membaca nilai saturasi oksigen (SpO₂) dan denyut nadi (BPM) pada jari tangan. Jika sensor tidak berfungsi, maka kembali ke inialisasi program sedangkan jika sensor dapat membaca nilai, maka akan diteruskan menuju ke wemos d1.



Gambar 2 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak

Wemos d1 akan mengolah nilai saturasi oksigen (SpO₂) dan denyut nadi (BPM) untuk ditampilkan sebagai hasil pengukuran. Jika tidak berfungsi maka, akan kembali ke sensor MAX30100. Hasil pengukuran akan ditampilkan pada layar LCD dan *handphone* melalui aplikasi Telegram. Hasil pengukuran akan diatur sesuai standar normal saturasi oksigen (SpO₂) dan denyut nadi (BPM). *Buzzer* akan menyala jika kurang atau lebih dari standar normal saturasi oksigen (SpO₂) dan denyut nadi (BPM).

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Karakterisasi Sensor MAX30100

Variasi yang digunakan dalam karakterisasi sensor MAX30100 adalah jarak sensor dengan objek terhadap intensitas cahaya dan tegangan keluarannya. Berdasarkan Tabel 1 didapatkan hubungan yang linear antara jarak sensor terhadap intensitas cahaya dan tegangang keluaran. Semakin jauh jarak sensor dengan luxmeter, maka semakin kecil nilai intensitas cahaya yang ditangkap oleh luxmeter. Penurunan tegangan keluaran terjadi ketika jarak jari terhadap sensor semakin besar. Peristiwa ini disebabkan oleh cahaya sensor akan ditransmisikan dan direfleksikan dengan maksimal jika jarak jari masih dekat karena cahaya masih terfokuskan, sedangkan jika jarak jari sudah jauh cahaya sensor akan menyebar.

Tabel 1 Hasil Karakterisasi Sensor MAX30100

Jarak sensor terhadap objek (cm)	Intensitas cahaya (lux)	Tegangan (volt)
0	213,1	2,67
1	190,6	2,56
2	188,3	2,37
3	166,4	2,24
4	158,8	2,22
5	120,4	2,08
6	105,7	2,03
7	88,3	1,97
8	71,8	1,92
9	66,1	1,88
10	45,6	1,57

3.2 Pengujian Sistem Perangkat Lunak

Hasil pengujian sistem perangkat lunak dilakukan untuk menguji seberapa jauh jangkauan pengiriman *handphone* yang memiliki Telegram. Pengujian dilakukan di daerah Pasar Baru, Pasar Raya, dan Pariaman. Pengukuran jarak dilakukan menggunakan *google maps*. Tabel hasil pengujian sistem perangkat lunak dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa jarak tidak mempengaruhi pengiriman data melalui Telegram selama sinyal internet dari *handphone* tersebut aktif dan kualitas jaringan yang bagus.

Tabel 2 Pengujian Jangkauan Telegram

Jarak (km)	Notifikasi Telegram
0,001	Terkirim
0,500	Terkirim
4,000	Terkirim
15,000	Terkirim
58,000	Terkirim

3.3 Pengujian Alat Secara Keseluruhan dan Pengumpulan Data

Hasil pengujian dilakukan untuk mengetahui keakuratan alat dengan cara membandingkan hasil pengukurannya menggunakan *fingertip pulse oximeter*. Pengukuran saturasi oksigen (SpO₂) dan denyut nadi (BPM) dilakukan secara serentak dengan *fingertip pulse oximeter*. Pengumpulan data dilakukan 3 kali pengambilan pada tiap responden seperti yang terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengujian Alat dengan Alat Pembanding

Usia Pasien (th)	Tampilan LCD pada Alat		Pulse Oximeter		Buzzer	Telegram	Kondisi Tulisan (Status)
	SpO ₂ (%)	BPM	SpO ₂ (%)	BPM			
12	95,99	58,08	97	57	Hidup	Terkirim	Abnormal
	96,03	50,06	95	48	Hidup	Terkirim	Abnormal
	94,38	53,80	97	55	Hidup	Terkirim	Abnormal
15	98,24	91,95	98	89	Mati	Terkirim	Normal
	95,94	61,12	96	62	Mati	Terkirim	Normal
	98,60	79,47	98	80	Mati	Terkirim	Normal
19	98,40	71,39	98	71	Mati	Terkirim	Normal
	98,40	71,39	97	71	Mati	Terkirim	Normal
	98,40	71,39	98	71	Mati	Terkirim	Normal
20	96,14	64,01	97	65	Mati	Terkirim	Normal
	97,74	63,54	98	64	Mati	Terkirim	Normal
	95,47	60,67	96	62	Mati	Terkirim	Normal
21	98,49	106,10	99	105	Hidup	Terkirim	Abnormal
	95,43	100,60	98	100	Hidup	Terkirim	Abnormal
	99,40	99,00	97	98	Mati	Terkirim	Normal
22	95,98	79,60	99	80	Mati	Terkirim	Normal
	96,86	80,65	97	82	Mati	Terkirim	Normal
	97,74	79,15	97	80	Mati	Terkirim	Normal
24	95,60	76,68	97	76	Mati	Terkirim	Normal
	96,16	93,60	95	95	Mati	Terkirim	Normal
	96,67	67,23	97	68	Mati	Terkirim	Normal
45	98,05	83,84	96	83	Mati	Terkirim	Normal
	97,98	85,84	98	86	Mati	Terkirim	Normal
	94,56	90,00	95	92	Mati	Terkirim	Normal
47	95,00	72,31	97	70	Mati	Terkirim	Normal
	95,58	76,00	96	75	Mati	Terkirim	Normal
	96,34	78,00	96	78	Mati	Terkirim	Normal
56	98,16	86,18	98	89	Mati	Terkirim	Normal
	95,98	92,89	96	91	Mati	Terkirim	Normal
	96,07	99,30	97	98	Mati	Terkirim	Normal

Hasil pengujian alat secara keseluruhan yang ditampilkan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa seluruh sistem dapat bekerja dengan baik. Saat nilai saturasi oksigen (SpO₂) atau denyut nadi (BPM) tidak dalam batas normal maka, data yang terkirim pada Telegram akan menunjukkan keterangan status abnormal dan *buzzer* akan menyala. Begitupun sebaliknya, saat nilai saturasi oksigen (SpO₂) atau denyut nadi (BPM) normal, data yang terkirim pada Telegram akan menunjukkan keterangan status normal dan *buzzer* tidak menyala.

Persentase kesalahan didapatkan dengan cara membandingkan hasil pengukuran rata-rata nilai SpO₂ dan BPM alat saturasi oksigen dibuat dengan hasil pengukuran rata-rata nilai SpO₂ dan BPM alat oximeter buatan pabrik. Hasil perhitungan persentase kesalahan pada pengukuran SpO₂ sebesar 0,96%, sedangkan pada pengukuran BPM persentasenya yaitu 1,63% seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 Persentase *Error* pada Pengujian Alat

Usia Pasien (th)	Saturasi Oksigen (SpO ₂)		Persen <i>Error</i>	Denyut Nadi (BPM)		Persen <i>Error</i>
	Alat yang dibuat (%)	<i>Pulse oximeter</i>		Alat yang dibuat (%)	<i>Pulse oximeter</i>	
12	95,99	97	1,04%	58,08	57	1,89%
	96,03	95	1,08%	50,06	48	4,29%
	94,38	97	2,70%	53,80	55	2,18%
15	98,24	98	0,24%	91,95	89	3,31%
	95,94	96	0,06%	61,12	62	1,41%
	98,60	98	0,61%	79,47	80	0,66%
19	98,40	98	0,40%	71,39	71	0,54%
	98,40	97	1,44%	71,39	71	0,54%
	98,40	98	0,40%	71,39	71	0,54%
20	96,14	97	0,88%	64,01	65	1,52%
	97,74	98	0,26%	63,54	64	0,71%
	95,47	96	0,55%	60,67	62	2,10%
21	98,49	99	0,51%	106,10	105	1,05%
	95,43	98	2,62%	100,60	103	2,33%
	99,40	97	2,47%	99,00	98	1,02%
22	95,98	99	3,05%	79,60	80	0,50%
	96,86	97	0,14%	80,65	82	1,64%
	97,74	97	0,76%	79,15	81	2,28%
24	95,60	97	1,44%	76,68	76	0,89%
	96,16	95	1,22%	93,60	95	1,47%
	96,67	97	0,34%	67,23	68	1,13%
45	98,05	96	2,13%	83,84	83	1,01%
	97,98	98	0,02%	85,84	87	1,33%
	94,56	95	0,46%	90,00	92	2,17%
47	95,00	97	2,06%	72,31	70	3,30%
	95,58	96	0,43%	76,00	75	1,33%
	96,34	96	0,35%	78,00	79	1,26%
56	98,16	98	0,16%	86,18	89	3,16%
	95,98	96	0,02%	92,89	91	2,07%
	96,07	97	0,95%	99,30	98	1,32%
Rata-rata <i>Error</i>			0,96%			1,63%

Hasil yang diperoleh menunjukkan alat layak digunakan, karena dalam “Pedoman Pengujian dan Kalibrasi Alat Kesehatan” KEMENKES RI tahun 2015, batas maksimal dalam toleransi kesalahan SpO₂ dan BPM adalah 2%. Nilai SpO₂ cenderung lebih stabil dibandingkan nilai BPM. Ketidakstabilan nilai BPM dikarenakan jantung terus memompa darah dalam tubuh sehingga membuat darah terus bergerak. Pergerakan darah dalam tubuh bersifat acak dan cepat sehingga menyebabkan gelombang inframerah menjadi tidak stabil.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan persentase kesalahan pada pengukuran saturasi oksigen sebesar 0,96%, sedangkan pada pengukuran denyut nadi sebesar 1,63%. Kedua nilai dapat ditampilkan pada LCD dan notifikasi Telegram. Buzzer akan berbunyi jika salah satu nilai tersebut abnormal.

DAFTAR PUSTAKA

- Gibson, J., 2013, Fisiologi & Anatomi Modern untuk Perawat, EGC, Jakarta
- KEMENKES Homepage, 2015, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Nomor 54 Tahun 2015 Tentang Pengujian dan Kalibrasi Alat Kesehatan, <https://hukor.kemkes.go.id>, diakses Juli 2021.
- Khairunnisa, S., 2016, Rancang Bangun Pulse Oximeter Berbasis IoT (Internet of Things), Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia, Vol. 1, hal.1-8.
- Laili, B.N., 2020, Rancang Bangun Pulse Oximetry dengan Sistem Monitoring Internet of Things (IoT), Jurnal Nasional Teknik Elektro, hal. 1-9.
- Mallo, P.Y., 2012, Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Hemoglobin dan Oksigen Dalam Darah dengan Sensor Oximeter Secara Non-Invasive, Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, Vol. 1, No. 1, hal. 1-6.
- Nugroho, C.N., 2019, Alat Pengukur Saturasi Oksigen dalam Darah Menggunakan Metode PPG Reflectance pada Sensor MAX30100, Skripsi, Fisika, Universitas Islam Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Wenzhong, L. dan Hualan, L., 2020, COVID-19: Attacks the 1-Beta Chain of Hemoglobin and Captures the Porphurin to Inhibit Human Heme Metabolism, ChemRxiv, hal. 1-30.
- WHO Homepage, 2021, COVID-19 Clinical management: living guidance, <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-clinical-2021-1>, diakses Maret 2021.