

Alat Pengukur Saturasi Oksigen Dalam Darah Menggunakan Metode Photoplethysmograph *Reflectance*

Candra Rizki Nugroho¹, Elvan Yuniarti^{1†}, Ambran Hartono¹

¹Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

† elvan.yuniarti@uinjkt.ac.id

ABSTRAK

Kekurangan oksigen pada tubuh dapat menyebabkan tubuh merasa mudah lelah, letih dan mengantuk, ini dikarenakan oksigen berperan sebagai salah satu sumber energi bagi tubuh selain nutrisi. Salah satu alat yang dapat mendiagnosa tubuh seseorang kekurangan oksigen adalah oximeter. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun *hardware* serta *software* alat ukur saturasi oksigen menggunakan metode PPG *reflectance* menggunakan arduino Nano dan sensor MAX30100, menentukan karakteristik, membandingkan hasil pengukuran dengan alat pengukur saturasi oksigen yang menggunakan metode *transmittance*. Hasilnya telah berhasil merancang dan membangun alat pengukur saturasi oksigen (SpO₂) dengan menggunakan sensor MAX30100 dan arduino Nano yang dapat dimonitoring pada HP menggunakan *bluetooth* HC-05 dengan jangkauan kurang dari 140 m pada ruang terbuka dengan tanpa halangan, waktu respon 5 detik, memiliki ketelitian pengukuran rata-rata di atas 96 % serta keakuratan sebesar 95,2%.

Kata kunci : Arduino Nano, MAX30100, Oksigen, Oximeter, SpO₂

ABSTRACT.

Lack of oxygen in human body can cause the body to easily feel tired, exhausted and sleepy. It happens because oxygen acts as a source of energy for human body besides nutrition. There is an device that can diagnose the lack of oxygen in human body called oximeter. This study aims to design and build both hardware and software to measure the oxygen saturation with the PPG reflectance by using arduino and max30100 sensor, determine the characteristic, and to compare the measurement results with oxygen saturation gauges device that uses transmittance method then analyze it. The results of this study are the oxygen saturation gauges device has been designed and built by using the MAX30100 sensor and arduino Nano that can be monitored on a cellphone using Bluetooth HC-05 with a range of less than 140 m in open space without obstacle, 5 seconds of response time, has an average measurement accuracy above 96% and an accuracy of 95.2%.

Keywords: Arduino Nano, MAX30100, Oxygen, Oxymeter, SpO₂

DOI : 10.15408/fiziya.v3i2.17721

PENDAHULUAN

Oximeter adalah alat yang digunakan untuk memonitor keadaan jumlah oksigen dalam darah tanpa harus melalui tes darah (*non-invasive*). Alat ini memanfaatkan sifat gelombang cahaya infrared dan LED merah yang dapat menembus jaringan dan dipantulkan kembali oleh tulang atau jaringan lain dalam tubuh serta sensor cahaya sebagai penerima gelombang cahaya. Pada penelitian ini, bertujuan merancang bangun alat oximeter, mengkarakteristiknya dan membandingkan dengan alat yang dibangun dengan metode reflektan dan metode transmitan buatan pabrik .

Darah

Darah merupakan salah satu jaringan tubuh dalam sistem pembuluh darah yang sebenarnya tertutup. Darah dibagi dalam dua fungsi yaitu fungsi respirasi dan fungsi gizi. Fungsi respirasi yaitu sebagai pengangkut oksigen (O₂) dan karbon dioksida (CO₂). Dalam satu sel darah terdiri dari *hemoglobin, eritrosit, hematrosit, retikulosit, laju endap darah, trombosit, dan lekosit* [1][2].

Photosplethysmograph (PPG)

Photoplethysmography atau PPG merupakan metode yang digunakan untuk mengukur perubahan volume darah pada pembuluh darah yang dekat dengan lapisan kulit manusia berbasis optik secara non invasif. PPG memiliki dua metode pengukuran secara transmitan dan reflektans[3]. Prinsip kerja PPG hanya memerlukan beberapa komponen sumber cahaya yang panjang gelombangnya dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan sebuah photodetektor untuk merubah perubahan radiasi gelombang cahaya menjadi sama dengan perubahan volume darah [Formatting Citation]. Metode PPG adalah metode yang berbasis optik, pengukurannya meliputi jumlah foton yang dikirimkan pada suatu titik terhadap satuan waktu tertentu disebut dengan intensitas (I). Karena cahaya bergerak dengan kecepatan yang konstan yaitu, $c = 3 \times 10^8$ m/s dan nilai absorpsi berbanding lurus dengan panjang lintasan yang harus dilalui cahaya. Ketika panjang lintasan mempunyai satuan cm, dan konsentrasi zat penyerap mempunyai satuan Molaritas, maka nilai konstanta proposional tersebut disebut Absorbtivitas Molar. Maka koefisien atenuasi molar (ϵ) zat mempunyai satuan $M^{-1}cm^{-1}$ sehingga menjadi,

$$A = \epsilon \times l \times c \quad (1)$$

Dimana:

A = Nilai absorpsi

ϵ = koefisien atenuasi molar

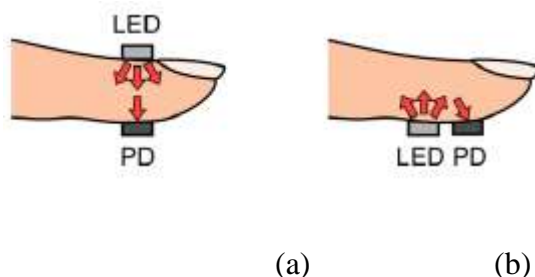
l = panjang lintasan

c = konsentrasi zat

Pengukuran ini mempunyai dua metode yaitu *transmittance* dan *reflectance*.

Metode *transmittance* dilakukan yaitu dengan cara meletakkan jari diantara LED dan fotodiode. Pada metode ini, sumber cahaya akan melewati/menembus pembuluh darah untuk mengukur perubahan volume darah sebelum cahaya diterima oleh fotodiode. Kelemahan pada metode ini yaitu terbatasnya area yang dapat diukur, hanya pada bagian jari tangan, jari kaki, hidung, pipi, lidah dan daun telinga saja yang dapat diukur[8][9].

Sedangkan pada metode *reflectance* dilakukan dengan cara meletakkan jari di atas sumber cahaya dan fotodiode dengan posisi sejajar. Sumber cahaya akan melalui pembuluh darah dan dipantulkan dari jaringan, tulang dan pembuluh darah menuju fotodiode. Metode ini dapat diaplikasikan pada bagian kulit tubuh mana saja yang terdapat pembuluh darah[10] [11].

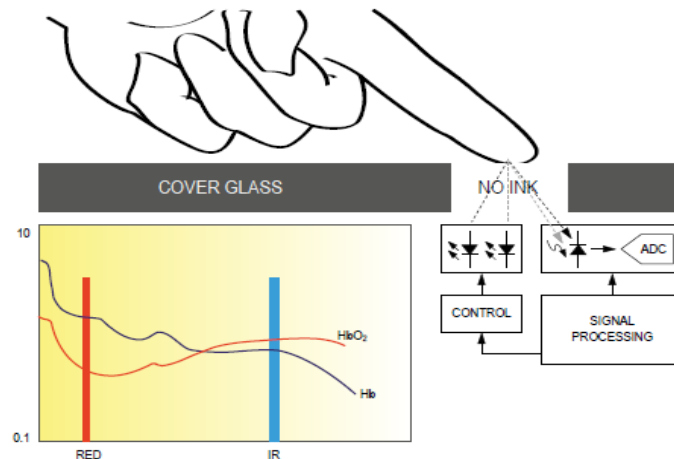


Gambar 1 Metode PPG (a) Transmittance (b) Reflectance

Sensor MAX30100

Sensor MAX30100 adalah pulse sensor yang terintegrasi dan digunakan untuk memonitoring SpO₂ dan denyut jantung secara *non-invasive* [12]. Sensor MAX30100 terdiri dari dua *Light Emitting Dioda* (LED) yaitu LED merah dan infrared serta sebuah photodetektor dengan pemrosesan sinyal

analog noise rendah [13]. Darah yang mengandung oksigen akan menyerap panjang gelombang yang dihasilkan oleh infrared yaitu sebesar 900 nm sedangkan darah yang tidak mengandung oksigen akan menyerap panjang gelombang yang dihasilkan oleh LED merah yaitu sebesar 650 nm [14].



Gambar 2 Prinsip Kerja Sensor MAX30100

Dari gambar di atas dapat dilihat ilustrasi prinsip kerja dari sensor MAX30100. Cahaya dari LED merah hanya menyerap hemoglobin saja sedangkan cahaya dari infrared akan menyerap hemoglobin yang mengandung oksigen. Perbedaan penyerapan ini menjadi acuan untuk menentukan saturasi oksigen.

METODOLOGI PENELITIAN

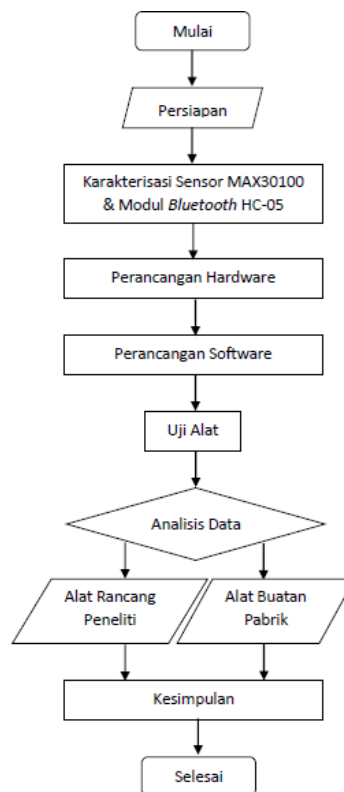
Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan selama 2 bulan terhitung dari 15 Juni 2019 – 31 September 2019, bertempat di gedung Pusat Laboratorium Terpadu (PLT) Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.

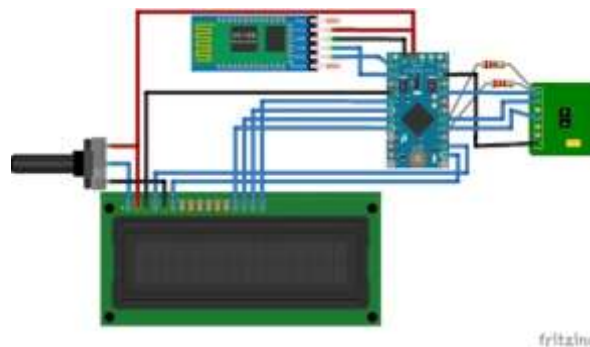
Peralatan Penelitian

Peralatan pada penelitian ini menggunakan dua jenis perangkat, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Komponen dan alat yang digunakan pada perangkat keras diantaranya Sensor Max30100, Arduino Nano, USB Serial Cable A/B, Resistor 4.7k Ω , kabel *male-female*, Project Board, Bluetooth HC-05, Liquid Crystal Display (LCD) 16x2, Laptop, Handphone Android, Pulse Oximeter dan papan Arklik. Sedangkan perangkat lunak (*software*) yang digunakan yakni IDE Arduino dan RemoteXY.

Tahapan dan Alur Penelitian



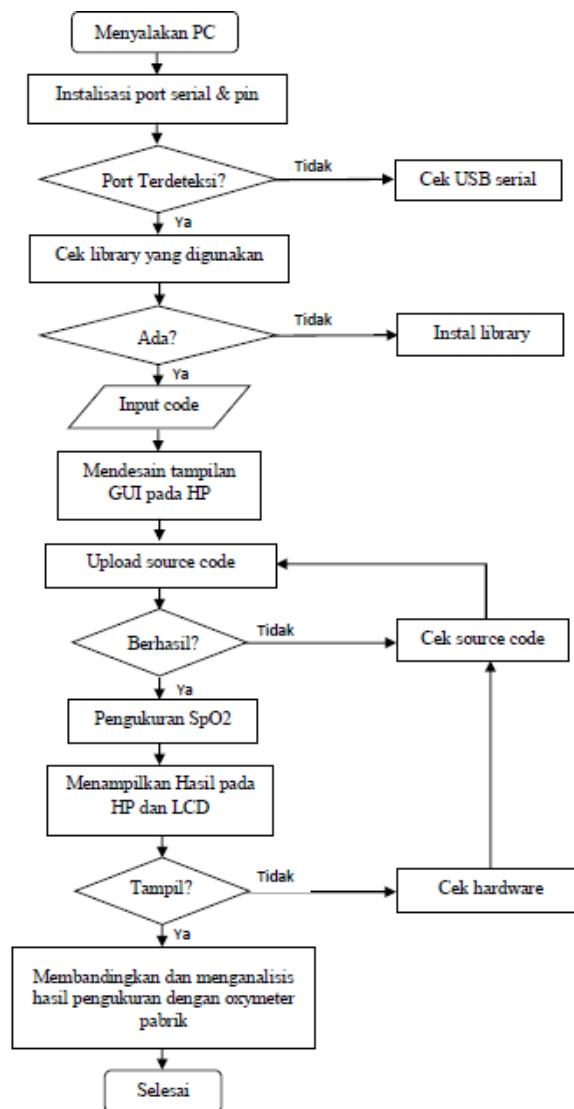
Pada perancangan *hardware* alat pengukur saturasi oksigen dalam darah, sensor MAX30100 di letakkan pada sebuah ruang kecil berwarna gelap sehingga saat pengukuran berlangsung didapatkan data yang maksimal dan mengurangi *noise*. Desain perancangan *hardware* alat pengukur kadar oksigen dalam darah dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Rancangan *Hardware*

Pada Gambar di atas, terdapat dua resistor yang digunakan sebagai *pull-up* untuk sensor MAX30100. Selain itu, peneliti menggunakan arduino Nano *Shield* untuk mempermudah dan memperbanyak jumlah pin.

Sedangkan untuk *software* yang digunakan untuk perancangan alat ukur kadar oksigen dalam darah adalah Arduino IDE. Arduino sebagai penerima hasil pembacaan dari sensor MAX30100, maka dari itu Arduino harus diisi dengan program berupa *source code*. Selanjutnya Arduino akan memproses hasil pembacaan dan mengeluarkan hasil pembacaan pada LCD dan *interface* Android menggunakan *software* RemoteXY dengan modul *Bluetooth* HC-05.



Gambar 6. Flowchart Perancangan Software

Pengambilan Data

Metode yang digunakan untuk pengambilan data adalah dengan cara melakukan percobaan pada beberapa relawan laki-laki dan perempuan dengan jenjang umur 7-12 tahun dan umur 13-25 tahun. Data diambil dengan cara menaruh ujung jari telunjuk pada sensor dan dilakukan selama 10 detik lamanya. Pengukuran dilakukan dengan dua metode yaitu metode PPG *Reflectance* dan metode PPG *Transmittance*.

Pengolahan Data

Data yang diperoleh akan diolah menggunakan metode regresi linier dan standar deviasi. Metode perhitungan regresi linier digunakan agar dapat memprediksi nilai error yang terjadi jika dilakukan pengukuran selanjutnya. Berikut merupakan rumus regresi linier dan standar deviasi:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^k xy^2 - \frac{(\sum_{i=1}^k xy)^2}{n}}{n-1} \quad (8)$$

$$s = \sqrt{s^2} \quad (9)$$

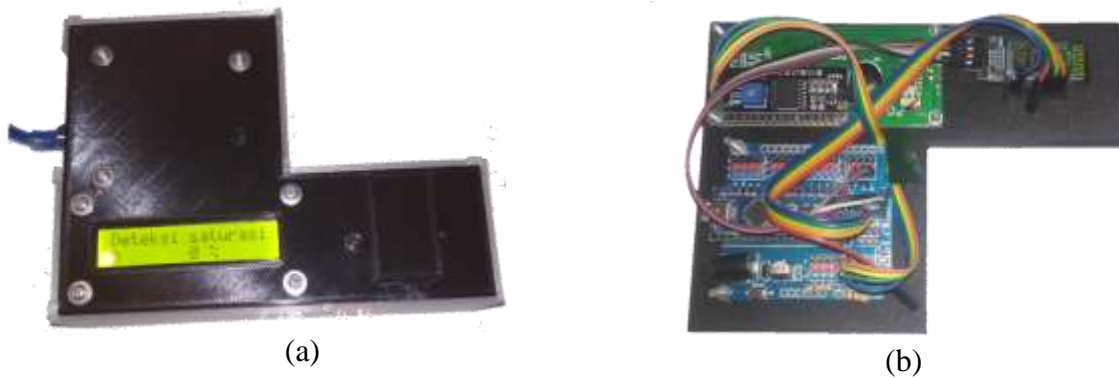
Rumus nilai keakuratan dari alat ukur yang dirancang dengan oximeter yang sudah ada adalah:

$$X = \left| \frac{X_{SpO2}}{X_{Oxi}} \right| \times 100\% \quad (10)$$

- X = Persentase perbandingan dari kedua alat ukur
- X_{SpO2} = Rata-rata dari alat saturasi oksigen yang dibuat
- X_{Oxi} = Rata-rata dari alat oximeter

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perancangan alat ukur saturasi oksigen dalam darah, peneliti melakukan dua tahap perancangan yaitu *hardware* dan *software*. Berikut merupakan hasil perancangan *hardware* dan *software*:



Gambar 4. Tampilan Awal Alat Pengukur Saturasi Oksigen dengan (a) Tampak Luar dan (b) Tampak Dalam

Hasil perancangan *hardware* pada penelitian ini meliputi perancangan alat ukur saturasi oksigen dalam darah dengan keluaran yang didapatkan berupa nilai detak jantung per menit (BPM) dan kadar saturasi oksigen dengan satuan persen (%). Nilai tersebut didapat setelah berhasil melakukan perancangan *software* dengan cara memasukan *source code* yang sesuai pada Arduino IDE. Setelah menginput *source code* pada Arduino IDE, langkah selanjutnya yaitu membuat tampilan *Guide User Interface* (GUI) pada HP menggunakan aplikasi RemoteXY. Berikut merupakan hasil desain GUI pada HP yang dibuat:



Gambar 5 Hasil GUI Pada HP

Hasil dan Pengolahan Data

Pengujian dilakukan pada beberapa orang dengan rentang umur yang berbeda, yaitu umur 22 tahun, 23 tahun, 7 tahun dan 8 tahun. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan alat pengukur saturasi oksigen buatan yang menggunakan metode PPG *reflectance* dengan alat oximeter yang menggunakan metode PPG *transmittance*. Berikut merupakan hasil pengolahan data yang dilakukan menggunakan alat yang dibuat dengan alat yang sudah ada (*transmittance*).

Tabel 1. Pengolahan Data SpO₂ Alat yang dibuat dengan Alat Oximeter Pabrik

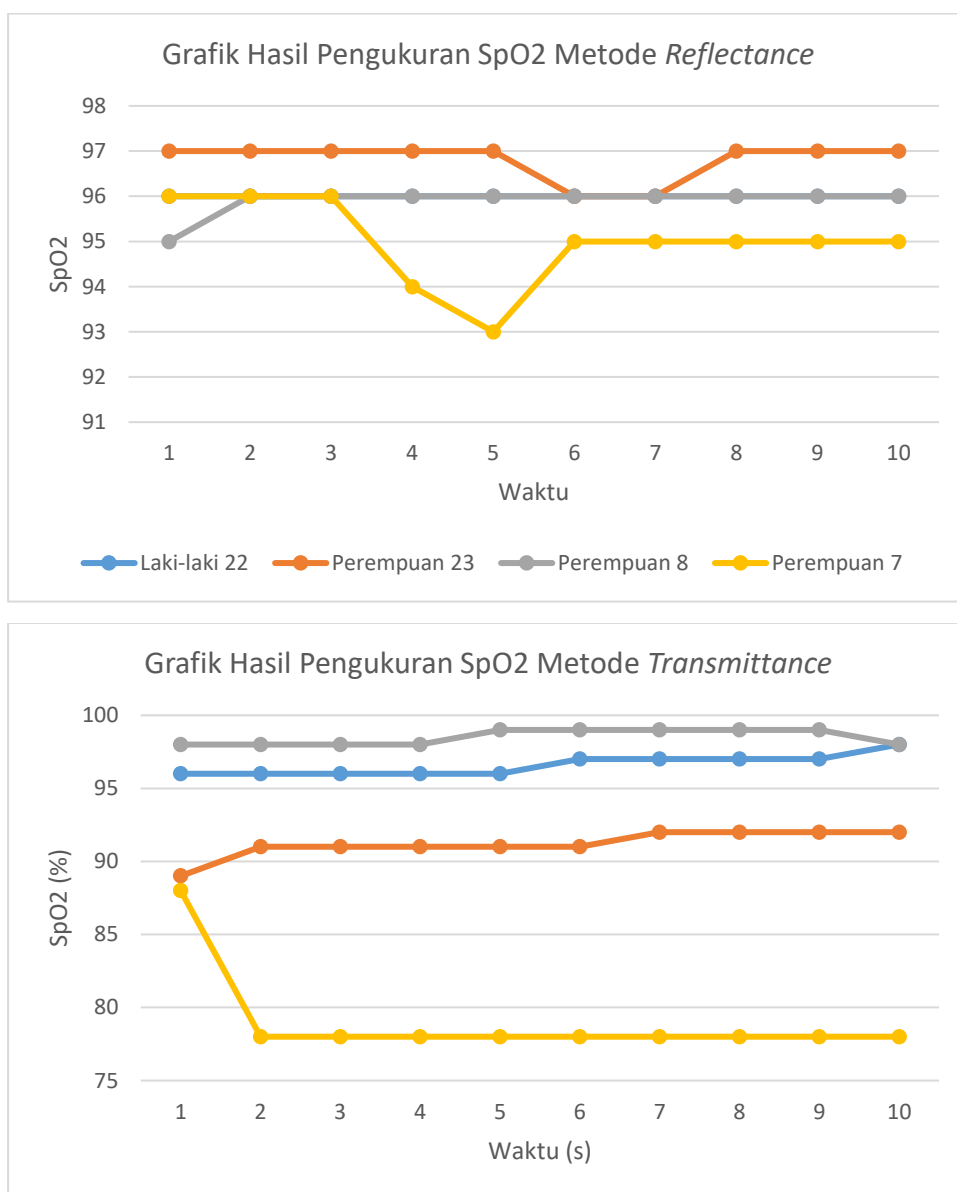
Jenis Kelamin/Umur	<i>Reflectance</i>			<i>Transmittance</i>		
	SpO ₂	Standar Deviasi	Ketelitian	SpO ₂	Standar Deviasi	Ketelitian
Laki-laki/22 Tahun	96	0	100 %	96,6	0,699	99,3 %
Perempuan/23 Tahun	96,8	0,422	99,58%	91,2	0,919	99,08 %
Perempuan/8 Tahun	95,9	0,316	99,68%	98,5	0,527	99,47%
Perempuan/7 Tahun	95	0,943	99,06%	79	3,162	96,84%
Keakuratan	95,2 %					

Tabel 2. Pengolahan Data BPM Alat yang dibuat dengan Alat Oximeter Pabrik

	<i>Reflectance</i>	<i>Transmittance</i>
--	--------------------	----------------------

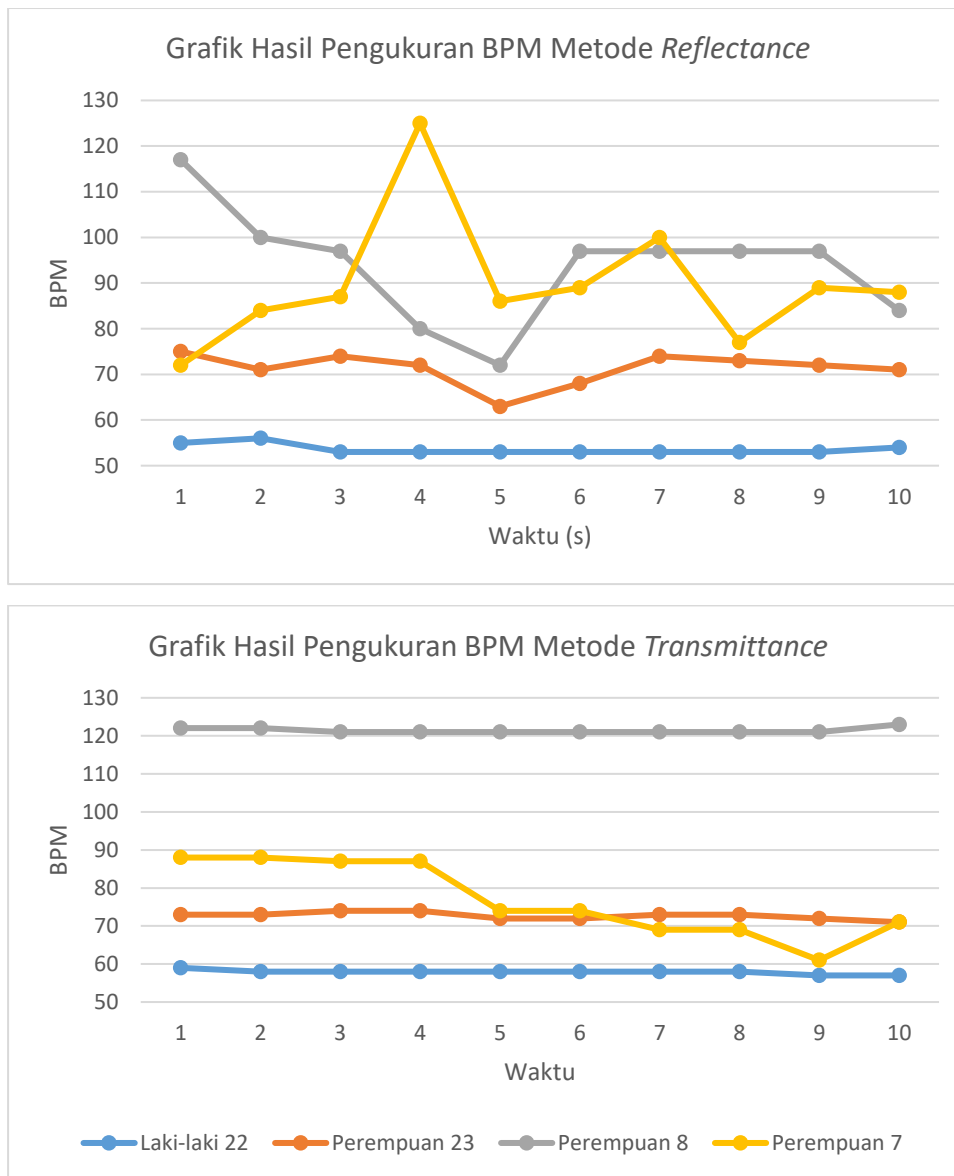
Jenis Kelamin/Umur	BPM	Standar Deviasi	Ketelitian	BPM	Standar Deviasi	Ketelitian
Laki-laki/22 Tahun	53,6	1,075	98,92%	57,9	0,568	99,43%
Perempuan/23 Tahun	71,3	3,529	96,47%	72,7	0,949	99,05%
Perempuan/8 Tahun	93,8	12,426	87,57%	121,4	0,699	99,3%
Perempuan/7 Tahun	89,7	14,469	85,53%	76,8	9,886	90,11%
Keakuratan	93,8 %					

Dari tabel 1 dapat diketahui bahwa nilai SpO₂ cenderung lebih stabil dibandingkan nilai BPM. Normalnya, nilai saturasi oksigen besarnya di atas 90%. 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 infrared menjadi tidak stabil. Maka dari itu, pada pengukuran menggunakan metode PPG *Transmittance* terdapat *noise* saat pengukuran relawan anak perempuan (7 tahun) yang menyebabkan nilai kecil namun masih sesuai dengan nilai normalnya [15]. *Noise* ini terjadi karena pada jari anak perempuan (7 tahun) terlalu kecil sehingga adanya gelombang cahaya dari LED merah tidak dapat menembus jaringan pada jari sepenuhnya sehingga membuat gelombang cahaya LED merah tidak tertangkap oleh photodiode.



Gambar 6. Grafik Perbandingan SpO₂

Dari gambar Dapat dilihat hasil pengukuran saturasi oksigen menggunakan metode PPG *Reflectance* lebih stabil dibandingkan dengan metode PPG *Transmittance*. Respon waktu rata-rata atau perubahan pada pengukuran SpO₂ metode *reflectance* terjadi pada detik ke-5. Meskipun berbeda tetapi masih menunjukkan hasil yang sama.



Gambar 7. Grafik Perbandingan BPM

Dari gambar 4. dapat dilihat hasil grafik menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan pada pengukuran BPM. Grafik dari metode *transmittance* cenderung lebih stabil dibandingkan dengan metode *reflectance*, karena pada metode *transmittance* memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dalam mengukur BPM. Ketidakstabilan ini dikarenakan saat mengukur BPM sensor hanya menggunakan LED merah sebagai pengukurnya, sedangkan sensor tersebut sudah diseting untuk mengukur LED dan infrared. Walaupun nilainya sedikit berbeda, namun menunjukkan informasi yang sama.

KESIMPULAN

Berdasarkan alat saturasi oksigen yang telah dirancang dan bangun, maka dapat ditarik kerimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil merancang dan membangun alat pengukur saturasi oksigen (SpO_2) *portable* dengan menggunakan metode *Photoplethysmograph (PPG) Reflectance* dengan waktu respon sebesar 5 detik, ketelitian pengukuran rata-rata di atas 96 % berdasarkan alat oximeter yang sudah ada dan keakuratan sebesar 95,2 % serta dapat dimonitoring menggunakan *bluetooth* dengan jangkauan maksimal sejauh 140 meter.
2. Hasil karakterisasi sensor MAX30100 mempunyai intensitas cahaya yang dipancarkan dengan range sebesar 115 Lux sampai 178 Lux.
3. Hasil pengukuran saturasi oksigen (SpO_2) pada metode *reflectance* lebih stabil dibandingkan dengan metode *transmittance*, sedangkan hasil pengukuran BPM pada metode *transmittance* jauh lebih stabil dibandingkan dengan metode *reflectance*.

REFERENSI

- [1] L. A. H. W. Endah, 'Integrasi Biokimia dalam Modul Kedokteran.' Jakarta: Lembaga Penelitian UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2010.
- [2] R. C. Ningsih, D. "Rancang bangun Pulse Oximetry Berbasis Personal Computer Sebagai

- Deteksi Kejenuhan Oksigen dalam Darah." Program, S. Jaringan, T. Digital, T. Elektro, and P. N. Malang vol. 17, no. November, pp. 1461, 201–158..
- [3] F. UGHI, "Simulasi Kadar Saturasi Oksigen untuk Evaluasi Pulse Oximete", *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 1, p. 110, 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i1.110.
- [4] et al. E. Simonson, S. Koff, A. Keys, "Contour of the toe pulse, reactive hyperemia, and pulse transmission velocity: group and repeat variability, effect of age, exercise, and disease," *Am. Heart J.*, vol. 50, no. 2, pp. 260–279, 1955.
- [5] E. Simonson, "Photoelectric plethysmography; methods, normal standards, and clinical application," *Geriatrics*, vol. 11, no. 10, p. 425, 1956.
- [6] A. V. J. Challoner, "Photoelectric plethysmography for estimating cutaneous blood flow," *Non-Invasive Physiol. Meas.*, vol. 1, pp. 125–151, 1979.
- [7] L.K.Hema 1 , R. Mohana Priya 2 , R. Indumathi 3," "DESIGN AND DEVELOPMENT OF IOT BASED PULSE OXIMETER L.K.Hema 1 , R. Mohana Priya 2 , R. Indumathi 3," vol. 119, no. 16, pp. 1863–1868, 2018.
- [8] M. C. Carreiras, "A Pulse Oximeter Thesis to obtain the Master of Science degree in Biomedical Engineering Examination Committee," no. July, 2013. [9] R. R, S. P, and S. P, "Design and Development of Miniaturized Pulse Oximeter for Continuous Spo2 and HR Monitoring with Wireless Technology," *Int. J. New Technol. Res.*, vol. 1, no. 1, p. 263706, 2015.
- [10] H. Lee, H. Ko, and J. Lee, "2016.10.004 Reflectance p Practical issues and limitations," *ICT Express*, vol. 2, no. 4, pp. 195–198, 2016, doi: 10.1016/j.icte...
- [11] T. Tamura, Y. Maeda, M. Sekine, and M. Yoshida, "Wearable Photoplethysmographic Sensors—Past and Present," pp. 282–302, 2014.
- [12] R. Patel, R. Dubey, S. Mishra, and S. K. Bharti, "Tele-Monitoring Device for Cardiorespiration Activity," pp. 282–287, 2018.
- [13] D. Bagus, S. Budi, R. Maulana, and H. Fitriyah, "Sistem Deteksi Gejala Hipoksia Berdasarkan Saturasi Oksigen dan Detak Jantung Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis Arduino," vol. 3, no. 2, pp. 1925–1933, 2019.
- [14] C. P. Oximeter and H. Sensor, "Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC for Wearable Health Benefits and Features MAX30100 Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC for Wearable Health Absolute Maximum Ratings Supply Current in Shutdown," pp. 1–30.
- [15] T. M. Kadarina and R. Priambodo, "Monitoring heart rate and SpO2 using Thingsboard IoT platform for mother and child preventive healthcare," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 453, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/453/1/012028.