SANITAS: JURNAL TEKNOLOGI DAN SENI KESEHATAN
ISSN : 2615-8647 **Vol. XX No. X : xx - xx**

DEVELOPMENT AND TESTING OF *PULSE OXIMETRY* BRACELET PROTOTYPE

Umiatin[1)*], Tasya Nagaria Laut[1)], Adimas Nugrah[1)], dan Pratondo Busono[2)]

[1]Program Studi Fisika, Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka No. 11, Jakarta Timur, 13220
[2] Pusat Teknologi Elektronika, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jalan Kawasan Puspiptek, Tangerang Selatan, 15314

E-mail: umiatin@unj.ac.id

ABSTRACT

Oxygen saturation is the hemoglobin level in the blood that can bind oxygen. It's essential to monitor oxygen saturation because without sufficient oxygen levels, the organs and tissues of the body to perform their functions will be impaired and may indicate a disturbance in the body. Initially, the measurement of oxygen saturation levels used an invasive method by injuring body tissues, resulting in pain and the possibility of infection. Pulse oximetry is a non-invasive method for monitoring oxygen saturation levels based on optical properties by measuring the difference in wavelengths of red light (660nm) and infrared light (910nm). This research carried out the design and development of pulse oximetry bracelets with reflectance principles. MAX3012 sensors, Arduino nano, OLED displays and software Arduino IDE were the components used. The data collected in the testing stage is based on a sample of 5 people of different gender and age. Measurements were repeated ten times for each person using a prototype oximetry bracelet and a commercial DennosY68 smartwatch. The average measurement of oxygen saturation levels using a pulse oximetry bracelet prototype in the female group was 96.4, while in the male group, it was 95.5. The average measurement of oxygen saturation levels using DennosY68 smartwatch in the female group is 97.3, while in the male group is 97.2. Based on the data obtained, can be concluded that the pulse oximetry bracelet designed with the reflectance method is accurate to measure oxygen saturation levels and heart rate because it has an accuracy above 90%.

Keywords: *Heart Rate; Oxygen Saturation; Photoplethysmography; Pulse Oximetry*

Commented [MOU1]: Jumlah kata abstract maks 250 kata, pada abstrak Bahasa Indonesia sudah memenuhi tetapi pada abstract b.ing jumlah melebihi.

Commented [TN2R1]: Sudah diperbaiki menjadi 250 words

Commented [TN3R1]:

Pengembangan dan Pengujian Prototipe Gelang *Pulse Oximetry*

ABSTRAK

Saturasi oksigen merupakan kadar hemoglobin dalam darah yang dapat mengikat oksigen. Penting untuk memantau saturasi oksigen karena tanpa kadar oksigen yang cukup, kemampuan organ dan jaringan tubuh untuk menjalankan fungsinya akan terganggu dan dapat mengindikasikan adanya gangguan dalam tubuh. Pada awalnya, pengukuran kadar saturasi oksigen saturasi menggunakan metode *invasive* dengan cara melukai jaringan tubuh, sehingga mengakibatkan rasa sakit dan kemungkinan timbulnya infeksi. *Pulse oxymetry* merupakan metode *non-invasive* untuk memonitor tingkat saturasi oksigen berbasis sifat optik yaitu pengukuran perbedaan panjang gelombang cahaya merah (660 nm) dan cahaya infra merah (910 nm). Pada penelitian ini

telah dilakukan desain dan pengembangan gelang *pulse oximetry* dengan prinsip reflektansi. Komponen yang diggunakan berupa sensor MAX3012, arduino nano, OLED display, *push button* dan untuk *software* yaitu aplikasi Arduino IDE AVR. Pada tahap pengujian, dilakukan pengambilan data dari sampel sebanyak 5 orang yang berbeda jenis kelamin dan usia. Pengukuran dilakukan 10 kali pengulangan pada tiap orang dengan menggunakan prototype gelang oximetry dan alat komersil Dennos Y68 *smartwatch*. Hasil pengukuran rata – rata kadar saturasi oksigen menggunakan protoype gelang pulse oximetry pada kelompok wanita adalah 96,4, sedangkan pada kelompok pria adalah 95,5. Hasil pengukuran rata –rata kadar saturasi oksigen menggunakan alat komersil Dennos Y68 *smartwatch* pada kelompok wanita adalah 97,3, sedangkan pada kelompok pria adalah 97,2. Berdasarkan data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa alat gelang *pulse oximetry* yang dirancang dengan metode reflektansi cukup akurat untuk mengukur tingkat saturasi oksigen dan *heart rate* karena memiliki akurasi diatas 90%.

Kata Kunci: *Heart Rate; Photoplethysmography; Pulse Oximetry;* Saturasi Oksigen

PENDAHULUAN

Oksigen saturasi adalah persentase dari pada Hemoglobin yang mengikat oksigen dibandingkan dengan jumlah total hemoglobin yang ada di dalam tubuh. Oksigen saturasi dapat menunjukkan kadar hemoglobin yang dapa mengikat oksigen, sehingga kekurangan oksigen yang beresiko pada kerusakan organ-organ penting di dalam tubuh dan kematian dapat ditanggulangi dan terhindar dari *happy hypoxia*(1). Saturasi oksigen sangat penting untuk deteksi dini kemungkinan resiko berbahaya terutama dimasa pandemi Covid-19 agar para pasien yang terpapar tidak mengalami resiko yang lebih besar.

Pada awalnya, metode yang digunakan untuk pengukuran kadar oksigen yang saturasi dengan hemoglobin adalah dengan metode *invasive.* Metode *invansive* dilakukan dengan cara melukai jaringan tubuh atau melukai bagian tubuh untuk diambil sampel darahnya dan diteliti(2). Metode ini kurang efektif karena memiliki kekurangan yaitu mengakibatkan rasa sakit dan beresiko infeksi.

Berkembangnya teknologi terutama dalam bidang kedokteran hingga ditandai dengan adanya pergantian alat medis dan penanganan kesehatan sehingga lebih praktis dan lebih efisien dalam sasaran pengoperasiannya(3), contohnya ditemukan metode non-invansive yang dilakukan untuk mengukur saturasi oksigen yaitu menggunakan alat yang dikenal sebagai *pulse oximetry*(4). *Pulse Oximetry* adalah suatu alat yang dapat mengukur presentase saturasi oksigen. Artikel kali ini akan membuat dan menganalisis prototipe gelang oximeter yang dapat mendeteksi pulse oximeter serta detak jantung secara non-ivansive mengggunakan metode optik.

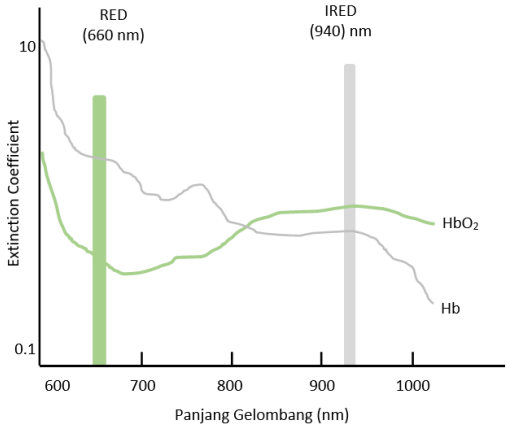
Sensor pada *pulse oximetry* menembus sekeliling bagian peripheral dari tubuh pasien, biasanya ujung jari atau daun telinga, dan mengukur tiap panjang gelombang cahaya yang relatif berkurang (R-ratio). Pengukuran ini menggunakan dua panjang gelombang yang berbeda, 660nm (spektrum cahaya merah) dan 940nm (spektrum cahaya inframerah), untuk mengukur perbedaan dalam spektrum penyerapan oksihaemoglobin (HbO_2) dan deoksihaemoglobin (HHb)(5). “Semakin tinggi PO_2 dalam darah maka semakin tinggi pula SaO_2. Nilai PO_2 dalam keadaan normal adalah sekitar 90 mmHg dan oksigen saturasi paling sedikit 95%”(6). Aliran darah akan dipengaruhi oleh konsentrasi keduanya sehingga

Commented [MOU4]: Penulisan referensi menggunakan style Vancouver seperti contoh penulisannya yaitu menggunakan tanda kurung (1)

Berlaku untuk penulisan semua referensi menggunakan vancouver

Commented [MOU5]: Pada satu paragraph minimal terdapat 3 kalimat yaitu kalimat awal, penjelas dan penutup. Pada paragraph berikut hanya terdapat 1 kalimat

koefisien penyerapan dapat diukur. Diketahui dari **Error! Reference source not found.** bahwa Hb memiliki penyerapan lebih tinggi pada 660nm dan HbO_2 pada 940nm.



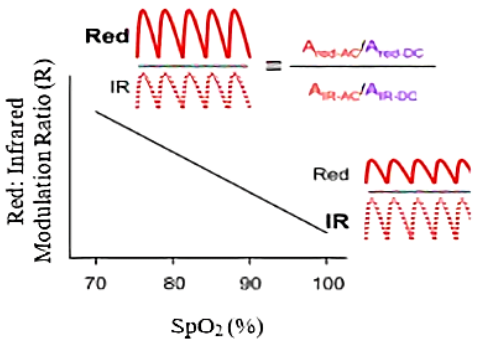
Gambar 1 Penyerapan Hb dan HbO2 terhadap spektrum cahaya

Commented [MOU6]: Penulisan gambar sesuaikan dengan template yaitu

Gambar 1 Penyerapan……

Berlaku untuk semua penulisan keterangan gambar

Perbedaan ini lah kunci dari *pulse oximetry*. Umumnya *pulse oximetry* menggunakan sensor dan mikrokontroller untuk memproses data dan ditampilkan dalam bentuk presentase tingkat oksigen dan detak jantung. *Pulse oximetry* mendeteksi SpO_2 didasarkan pada jumlah cahaya merah dan IR (infrared) yang diserap(7).



Gambar 2 Kurva nilai R dan SpO2

Warna merah pada darah dihasilkan dari relatifitas penyerapan yang kuat pada panjang gelombang cahaya yang pendek oleh molekul Hb dan HbO_2(8). Warna yang lebih gelap pada darah vena dibandingkan dengan banyaknya oksigen darah arteri berkaitan dengan fakta bahwa Hb menyerap lebih merah dan lebih sedikit cahaya biru dibandingkan HbO_2. perbedaan warna molekul Hb dan HbO_2 adalah kunci dari *pulse oximetry*

Dasar *pulse oximetry* melibatkan pemancaran dua frekuensi cahaya yang berbeda melalui darah yang panjangnya diketahui berisi Hb dan HbO_2 dan merekam jumlah cahaya yang diserap atas pertolongan suatu *photodetector*(9). Kedua molekul mempunyai koefisien berbeda pada masing-masing panjang gelombang dengan membandingkan jumlah cahaya yang diserap pada dua frekuensi berbeda memungkinkan untuk menghitung persentase relatif HbO_2 dengan total jumlah Hb yang tersedia atau SpO_2 (10).

$$R = \frac{AC_{red}/DC_{red}}{AC_{ired}/DC_{ired}} \quad [1]$$

Nilai R seperti persamaan [5] dan **Error! Reference source not found.** dihitung dari oximetri dengan pengambilan perbandingan(11). Perbandingan tersebut dinormalkan dengan yang menyangkut pada penyerapan cahaya merah dan inframerah. Nilai normal dihitung dengan pembagian komponen AC dari penyerapan pada frekuensi itu dan komponen DC yang mana pengambilan pada analog menggunakan waktu turunan dari penyerapan.

Warna yang lebih gelap pada darah vena dibandingkan dengan banyaknya oksigen dalam darah arteri berkaitan dengan fakta bahwa Hb menyerap lebih merah dan lebih sedikit cahaya biru dibandingkan HbO_2. Perbedaan warna molekul Hb dan HbO_2 adalah kunci dari *pulse oximetry*(12). Rasio penyerapan menjadi acuan untuk menentukan kadar oksigen. Rasio (R) dalam persamaan [5] adalah jumlah penyerapan cahaya infra merah dan LED merah dengan menghitung perbandingan antara rasio pada LED merah (r_1) dan rasio infra merah (r_2) (13).

$$R = \frac{r_1}{r_2} \quad [2]$$

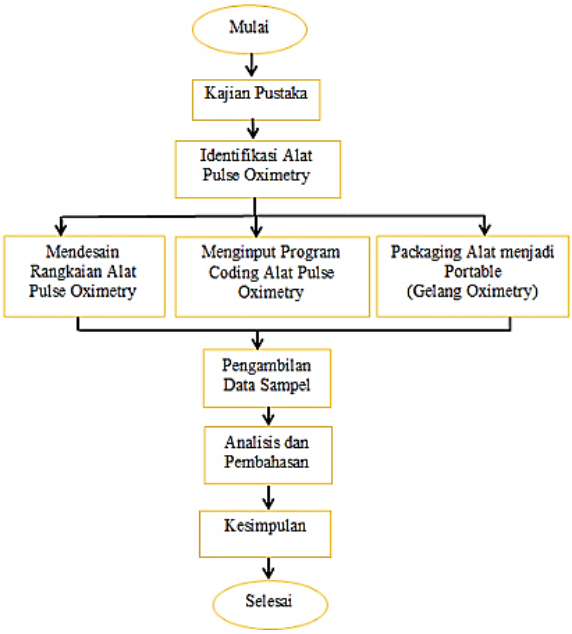
Nilai SpO_2 dapat dihitung dengan memasukkan nilai R pada persamaan linier dilihat dalam persamaan [3] dibawah ini (14).

$$SpO_2 = 110 - 25R \quad [3]$$

Berdasarkan teori dan latar belakang yang telah dipaparkan telah dibuat prototipe alat pengukur saturasi oksigen dan laju detak jantung berbasis mikrokontroler secara *real time*. Gelang pengukur saturasi oksigen dan detak jantung dapat diintegrasikan dengan alat yang dapat memberikan respon secara tepat dan cepat terhadap gejala ketidaknormalan kadar oksigen dalam darah. Pada hasilnya akan terlihat dilayar oled display.

METODE PENELITIAN

Langkah – langkah yang dilakukan dalam penelitian ini disusun secara sistematis sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 3.



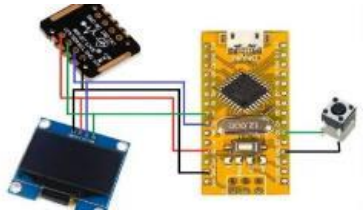
Gambar 3 Diagram alir penelitian

Pada awalnya dikumpulkan kajian pustaka dan literatur yang berkaitan dengan *pulse oxymetri* agar dapat dipahami prinsip dan cara kerja *pulse oximetry* dengan lebih baik, selanjutnya dibuat dan didesain rangkaian rancang bangun pulse oxymetri dan menyusun coding untuk arduino nano dan sensor MAX30102. Digunakan arduino karena Arduino dapat digunakan untuk mengembangkan objek interaktif, mengambil masukan dari berbagai switch atau sensor. Ketika sudah selesai, coding diinput kedalam arduino nano dan sensor MAX30102. Langkah selanjutnya adalah rangkaian dirancang menjadi gelang *pulse oximetry*.

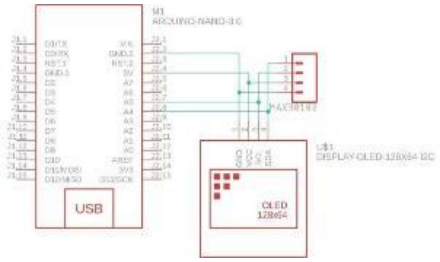
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Pengambilan data dilakukan dengan 10 kali pengulangan pada setiap subjek dari 6 subjek yang ada. Subjek dipilih berdasarkan perbedaan jenis kelamin dan perbedaan usia, setelah data terkumpul dilakukan analisis dan analisis data untuk dijadikan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rangkaian Alat Gelang *Pulse Oximetry* yang dibuat terlihat dalam Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4 Prototipe Gelang *Pulse Oximetry*

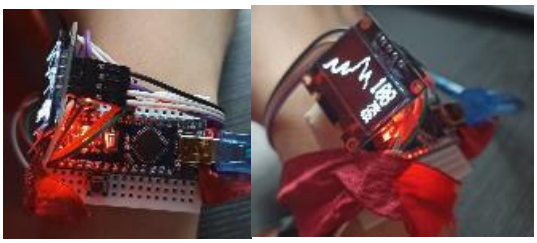


Gambar 5 Rangkaian Gelang *Pulse Oximetry* menggunakan aplikasi proteus

Pada rangkaian disambungkan *push button*, sensor MAX30102 dan *oled display* ke arduino nano. Pada sensor MAX30102 ke arduino nano dihubungkan pin SDA ke A4, pin SCL ke A5, pin Vcc ke 5v dan pin ground ke ground lalu pada push button ke arduino nano dihubungkan ground dan pin D3.

Dalam perancangannya Gelang *Pulse Oximetry* diinput program coding menggunakan aplikasi Arduino IDE AVR. Dengan dimasukkan beberapa library untuk sensor, oled serta font tampilan. Setelah menginput semua *library* maka dijalankan coding untuk alat *pulse oximetry*. Memory yang digunakan untuk menjalankan program ini sebesar 11 KB dan *sampling rate* sebesar 100, yaitu 100 sample yang dihasilkan persatuan detik.

Bentuk dari gelang *Pulse Oximetry* saat pengambilan data dapat dilihat dari Gambar 6.



Gambar 6 Gelang pulse oximetry saat pengambilan data

Data diambil dengan cara menempelkan sensor ke jari tangan atau bisa juga saat dijadikan gelang dipakai dengan posisi sensor kearah nadi dan menempel ke kulit. Data yang didapatkan dapat dilihat dari Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengambilan data dengan alat rancangan

Subjek	Rata-rata *heart rate*	Rata-rata SpO_2
Anak perempuan (6 tahun)	106,7	96,7
Wanita (21 tahun)	86,4	95,4
Pria (21 tahun)	91,4	96,1
Wanita (42 tahun)	82,6	96,4
Pria (52 tahun)	71,2	94,9

Commented [MOU7]: Penulisan keterangan tabel sesuaikan dengan template yaitu
Tabel 1 Hasil……

Berdasarkan pengambilan data yang dilakukan kepada beberapa subjek dengan jenis kelamin serta rentang umur yang berbeda didapatkan data yaitu pada anak perempuan berumur 6 tahun, untuk *heart rate* didapatkan tingkat akurasi 97,8% dan untuk SpO_2 didapatkan tingkat akurasi 98,1%. Pada wanita berumur 21 tahun, untuk *heart rate* didapatkan tingkat akurasi 97,4% dan untuk SpO_2 didapatkan tingkat akurasi 97,7%. Pada pria berumur 21 tahun, untuk *heart rate* didapatkan tingkat akurasi 97,8% dan untuk SpO_2 didapatkan tingkat akurasi 98,1%. Pada wanita berumur 42 tahun, untuk *heart rate* didapatkan tingkat akurasi 97,6% dan untuk SpO_2 didapatkan tingkat akurasi 98,7%. Pada pria berumur 52 tahun, untuk *heart rate* didapatkan tingkat akurasi 95,8% dan untuk SpO_2 didapatkan tingkat akurasi 98,1%.

Akurasi merupakan titik ukur yang menunjukkan derajat kedekatan hasil analisis dengan hasil yang sebenarnya. Untuk mengetahui hasil keadaan perancangan alat dapat ditentukan melalui tingkat akurasi yang dibandingkan dengan alat konvensional yang sudah ada. Tingkat akurasi didapatkan dengan persamaan 4.

$$\frac{Hasil\ alat\ buatan}{Hasil\ alat\ komersial} x100\% \quad (4)$$

Prinsip kerja *post processing* pada alat *pulse oximetry* yaitu hasil data yang ditampilkan pada display menggunakan sensor LED inframerah dan photodioda dan metode reflektifitas. Secara reflektansi, *pulse oximetry* akan memantulkan sinar LED dengan hasil gelombang

yang didapatkan dari perubahan volume darah menuju ke *photodetector*. Perubahan volume darah kemudian akan ditindaklanjuti melalui mikrokontroler arduino, lalu ditampilkan dalam bentuk digital yaitu layer oled display.

Commented [MOU8]: Paragraf ini hanya ada 2 kalimat. Minimal 3 kalimat dalam 1 paragraf

Jika dibandingkan dengan alat pengukur saturasi oksigen dengan sensor MAX30100 dan *Pulse Oximetry*, nilai ketelitian pada sensor MAX30102 terbilang lebih rendah karena terdapat gangguan (*noise*). *Noise* ini terjadi karena bahan dan warna yang digunakan untuk membuat gelang tempat meletakkan sensor berwarna cerah, sehingga memungkinkan adanya pemancaran cahaya dari luar sensor yang mengakibatkan gelombang cahaya yang dipancarkan oleh LED merah bercampur dengan gelombang cahaya lainnya, serta tempat pengukuran yang berbeda dengan alat pengukur saturasi oksigen dan *Pulse Oximetry*. Pengukuran yang dilakukan pada gelang pengukur detak jantung dan suhu tubuh manusia diletakkan pada lengan atas yang dimana setiap relawan memiliki bentuk tangan yang berbeda beda dengan kotak gelang yang sudah paten dan tidak dapat berubah bentuk. Aliran darah yang mengalir pada lengan lebih besar dibandingkan dengan aliran darah yang mengalir pada ujung jari dengan perbedaan luas permukaan, sehingga photodiode menangkap lebih banyak gelombang cahaya yang dipancarkan oleh LED merah.

Normalnya, nilai saturasi oksigen besarnya diatas 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 beberapa pengukuran terdapat noise yang menyebabkan nilai kecil namun masih sesuai dengan nilai normalnya.

Faktor eksternal seperti perbedaan kondisi tubuh subjek seperti pada wanita dan pria akan terjadi perbedaan *heart rate* dimana pada umumnya detak jantung wanita akan lebih cepat dibanding pria. Selain itu, perbedaan umur juga mempengaruhi *heart rate*, dimana semakin tua subjek maka detak jantung biasanya akan semakin lambat begitupun sebaliknya. Untuk kasus yang lebih khusus, jika subjek memiliki penyakit tertentu atau mengkonsumsi obat - obatan secara rutin dapat mempengaruhi detak jantung. Hal ini juga terbukti pada pengambilan data pria berumur 52 tahun yang memiliki penyakit bawaan dan mengkonsumsi obat obatan secara rutin sehingga mengakibatkan detak jantungnya menjadi lebih lambat.

Hasil pengukuran tingkat saturasi oksigen juga dipengaruhi oleh beberapa faktor. Pada penelitian kali ini faktor yang mempengaruhi cukupbesar yaitu keadaan peserta/subjek, seperti dapat dilihat dari hasil pengukuran yang berubah cukup signifikan pada anak perempuan berumur 6 tahun karena subjek tidak bisa tenang sehingga saat pengujian sensor menjadi tidak stabil. Hasil pengukuran yang pada pria berumur 52 tahun juga terpengaruh karena memiliki penyakit bawaan dan mengkonsumsi obat obatan secara rutin sehingga tingkat saturasi oksigennya menjadi lebih rendah. Hal tersebut sesuai dengan literatur(15).

Faktor eksternal yang mempengaruhi alat sehingga menyebabkan alat kurang akurat kemungkinan adalah karena keracunan karbon monoksida. Gas karbondioksida terikat dengan hemoglobin lebih besar daripada O_2, 240 kali lebih besar, membentuk ikatan COHb sehingga kadar O_2Hb menurun. Sifat COHb serupa dengan O_2Hb dalam menyerap cahaya merah (660 nm), tetapi COHb menyerap lebih sedikit cahaya IR (940 nm) dibandingkan dengan O_2Hb, karena itu alat *pulse oximetry* standar yang hanya memancarkan cahaya merah dan *near*-IR tidak dapat membedakan antara COHb dan O_2Hb.

SIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapatkan aiut prototipe gelang *pulse oximetry* berbasis mikrokontroller dirancang dengan menggunakan komponen utama yaitu Arduino nano, sensor MAX30102 dan Oled Display. Prinsip dasar *pulse oximetry* yaitu pemancaran dua frekuensi cahaya yang berbeda melalui suatu contoh darah yang panjangnya diketahui berisi Hb dan HbO_2 dan membandingkan jumlah cahaya yang diserap pada dua frekuensi berbeda memungkinkan untuk menghitung persentase relatif HbO_2 dengan total jumlah Hb yang tersedia atau SpO_2. Tingkat akurasi gelang *pulse oximetry reflektansi* dalam pembacaan saturasi oksigen lebih tinggi dibandingkan *heart rate* dengan berkisar antara 95% - 98% dikarenakan beberapa faktor internal maupun eksternal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chrisshania S, Joice E, Pangemanan Damajanty. Happy Hypoxia Pada Coronavirus Disease. Jurnal Biomedik. 2021;59.

Commented [MOU9]: Paragraf ini hanya ada 1 kalimat. Minimal 3 kalimat dalam 1 paragraf

Commented [MOU10]: Pada awal kalimat mohon tidak menggunakan kata hubung.
Paragraf ini hanya ada 2 kalimat. Minimal 3 kalimat dalam 1 paragraf

Commented [MOU11]: Daftar Pustaka menggunakan style Vancouver dimana minimal 15 referensi dengan minimal wajib sitasi 2 jurnal yang berhubungan yang telah publish di sanitas

2. Nursyamsi I, Ma'murotun. Indoor Dust Exposure Detection System for Air Purifer Controller Based Arduino and Labview. SANITAS. 2019;10.

3. Usman A, Marwazi H, Alam S. Temperature and Humidity Test of The Telemetry Tool Modeling in Baby Incubator. SANITAS. 2018;09.

4. Laili B, Destyningtias, Heranurweni. Rancang Bangun Pulse Oximetry Dengan Sistem Monitoring Internet of Thing (IoT). Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro. 2019;

5. Ramírez-Escobar M, Betancurt-Serrano J, Ramírez-Cheyne J, Torres-Muñoz J, Madrid-Pinilla AJ. Pulse oximetry as a screening tool for critical congenital heart diseases. A narrative review. Vol. 26, Revista Colombiana de Cardiologia. 2019.

6. Sulistio MA, Hermono E, Sofie M. Heart Rate dan Saturasi Oksigen Melalui SmartPhone. Jurnal SIMETRIS. 2019;

7. Rizky C. Alat Pengukur Saturasi Oksigen dalam Darah Menggunakan Metode PPG Reflectance pada Sensor MAX30100. [Jakarta]: UIN; 2019.

8. Sjoding MW, Dickson RP, Iwashyna TJ, Gay SE, Valley TS. Racial Bias in Pulse Oximetry Measurement. New England Journal of Medicine. 2020;383(25).

9. C. Phillips, D. Liaqat, M. Gabel, E. de Lara. WristO2: Reliable Peripheral Oxygen Saturation Readings from Wrist-Worn Pulse Oximeters. In: IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops and other Affiliated Events (PerCom Workshops). Germany: IEEE Xplore; 2020.

10. Chitra AP, Putri M, Yusmar P. Akuisisi Data Sinyal Photoplethysmograph (PPG). Jurnal Politeknik Caltex Riau. 2017;

11. Handian H, Rasmi D. Sistem Perekam Detak Jantung Berbasis Pulse Heart Rate Sensor pada Jari Tangan. Jurnal Elokimia. 2018;

12. Rahmawarni D, Harmadi. Sistem Monitoring Saturasi Oksigen dan Denyut Nadi dalam Darah Menggunakan Sensor Max30100 Via Telegram Berbasis IoT. Jurnal Fisika Undad. 2021;

13. Gresha N. Monitoring Kadar Oksigen dalam Darah Pasien Menggunakan Sensor MAX30100 Melalui Server THINKSPEAK berbasis NODEMCU 8266. [Medan]: Universitas Sumatra Utara; 2021.

14. Maharta A. MONITORING KADAR OKSIGEN DALAM TUBUH MANUSIA DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR SPO2. Surabaya; 2019.

15. Fadhillah S, Lani F. ANALISIS FAKTOR YANG MEMPENGARUHI TEKANAN DARAH DAN SATURASI OKSIGEN PERIFER (SPO2). Jurnal Kesehatan Kusuma Husada. 2020;11.