

Inovasi *Pulse Oximeter* dengan Sumber Cahaya LED Merah dan Inframerah yang Dilengkapi Suhu Tubuh Menggunakan Sensor MLX90614 Berbasis IoT

Azizah Ghina Arifah¹, Aldo Novaznursyah Costrada², Harmadi^{1*}

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

²Departemen Fisika, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 40132, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 06 November 2022
Direvisi: 06 Desember 2022
Diterima: 14 Desember 2022

Kata kunci:

Denyut Nadi
IoT
Pulse Oximeter
Saturasi Oksigen
Suhu Tubuh

Keywords:

Pulse
IoT
Pulse Oximeter
Oxygen Saturation
Body Temperature

Penulis Korespondensi:

Harmadi
Email: harmadi@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Telah dihasilkan *pulse oximeter* untuk mengukur denyut nadi dan saturasi oksigen dengan sumber cahaya LED merah dan inframerah yang dilengkapi suhu tubuh menggunakan sensor MLX90614 berbasis *Internet of Things* (IoT). Intensitas cahaya dari LED ditangkap oleh fotodiode dan diubah menjadi besaran listrik berupa tegangan. Tegangan yang didapatkan dari sensor diolah sehingga menghasilkan nilai denyut nadi dalam (BPM) dan saturasi oksigen (SpO₂). Sensor MLX90614 berfungsi mengukur suhu tubuh secara *non contact* dengan mengindera radiasi inframerah yang kemudian diubah menjadi sinyal listrik. Pengolahan hasil pengukuran menggunakan NodeMCU ESP8266 untuk ditampilkan ke LCD dan *web browser*. NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai mikrokontroler yang dilengkapi modul *wifi* agar data hasil pengukuran sensor dapat dikirim ke *web browser*. Hasil pengukuran diperoleh persentase kesalahan untuk denyut nadi (BPM) sebesar 2,06 %, saturasi oksigen (SpO₂) 1,47 %, dan suhu tubuh 0,60 %.

A pulse oximeter for measuring pulse and oxygen saturation has been produced with red and infrared LED light sources equipped with body temperature using an Internet of Things (IoT)-based MLX90614 sensor. The light intensity of the LED is captured by the photodiode and converted into an electrical magnitude in the form of voltage. The voltage obtained from the sensor is processed so that it produces pulse values beat per minute (BPM) and oxygen saturation (SpO₂). The MLX90614 sensor functions to measure body temperature in a non-contact manner by sensing infrared radiation which is then converted into electrical signals. Processing the measurement result uses the ESP8266 NodeMCU to be displayed to LCD and web browsers. NodeMCU ESP8266 functions as a microcontroller equipped with a wifi module so that sensor measurement data can be sent to a web browser. The measurement results obtained the percentage of error for pulse rate (BPM) of 2.06%, oxygen saturation (SpO₂) of 1.47%, and body temperature of 0.60%.

Copyright © 2022 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Petugas medis memerlukan informasi suhu tubuh, denyut nadi dan saturasi oksigen untuk menentukan sehat atau tidaknya pasien. Denyut nadi dan saturasi oksigen dapat dijadikan patokan sehat atau tidaknya paru-paru dan jantung. Jantung berperan dalam memompa darah keseluruh tubuh, yang mana darah berfungsi untuk mengangkut oksigen dan nutrisi yang dibutuhkan guna menunjang kinerja sel-sel yang ada di dalam tubuh. Oksigen yang diangkut darah diikat oleh hemoglobin yang ada di sel darah merah, kondisi ini disebut oksihemoglobin, sedangkan hemoglobin yang tidak mengikat oksigen disebut dengan deoksihemoglobin (Ughi, 2018).

Gangguan pernafasan mempengaruhi saturasi oksigen, yang mana dapat menyebabkan saturasi oksigennya menjadi rendah. Rendahnya saturasi oksigen ini membuat jantung bekerja lebih cepat sehingga denyutnya juga akan cepat. Jantung bisa mengalami kelelahan yang mengakibatkan kepala pusing dan gangguan penglihatan, karena itulah pentingnya pengecekan denyut nadi dan saturasi oksigen secara berkala (Qahar, 2018). Selain kedua indikator tersebut, suhu tubuh juga penting untuk dicek secara berkala, karena suhu tubuh yang terlalu tinggi dalam jangka waktu yang lama akan terjadi kerusakan otak permanen (Kukus *et al.*, 2009).

Darah berwarna merah terang dipengaruhi oleh hemoglobin yang mengikat oksigen, sedangkan pembuluh darah berwarna lebih gelap saat oksigen dilepaskan (Mallo, 2012). Perbedaan warna darah ini dapat dimanfaatkan untuk mengukur denyut nadi dan saturasi oksigen. *Light Emitting Diode* (LED) merah dan inframerah yang digunakan cocok untuk rentang warna darah tersebut. Cahaya yang melewati tubuh akan dibaca menggunakan fotodiode. Suhu tubuh bisa diukur secara *non-contact* dengan memanfaatkan sensor MLX90614.

Pada penelitian sebelumnya telah dibuat alat untuk mengukur denyut nadi, saturasi oksigen dan suhu tubuh. Salamah (2020) telah membuat *pulse oximeter* sebagai pendeteksi kejenuhan oksigen dalam darah menggunakan fotodiode. Alat ini menggunakan sumber cahaya LED merah dan inframerah serta fotodiode sebagai pendeteksi cahaya. Alat ini masih memiliki kekurangan karena, alat ini memerlukan amplifier dan *Analog to Digital Converter* (ADC) untuk pengolahan sinyal. Hasil pengukuran ditampilkan ke sebuah *Personal Computer* (PC) dalam bentuk grafik *pulse oximeter*.

Khairunnisa (2018) telah membuat *pulse oximeter* berbasis *internet of things* (IoT) menggunakan LED merah dan inframerah. Hasil pembacaan diolah menggunakan rangkaian demultiplexer dan dikirim menuju PC ke *web IoT thingspeak* dengan menggunakan modul *wifi* ESP8232. Penelitian ini masih memiliki kekurangan dimana banyaknya perangkat yang digunakan dan biaya yang cukup mahal.

Rahmawarni (2021) telah membuat sistem monitoring saturasi oksigen dan denyut nadi dalam darah menggunakan sensor MAX30100 via telegram berbasis IoT. Hasil pengukuran diolah menggunakan wemos d1. Alat ini dilengkapi *buzzer* untuk memonitoring nilai saturasi oksigen dan denyut nadi. *Buzzer* akan berbunyi saat nilai tidak berada dalam batas normal. Pengembangan alat yang dibuat Rahmawarni telah dilakukan oleh Costrada *et al.* (2022) dengan mendesain sistem monitoring denyut nadi, saturasi oksigen dan suhu tubuh untuk pasien *Covid-19* berbasis IoT. Penelitian ini juga menggunakan sensor MAX30100 untuk mendeteksi denyut nadi dan saturasi oksigen serta sensor MLX90614 untuk mendeteksi suhu tubuh. Kedua penelitian ini menggunakan sensor MAX30100 yang mana harganya cukup mahal karena belum banyak dipasarkan di Indonesia. Jika sensor mengalami kerusakan maka akan sulit untuk memperbaikinya.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya maka diperlukan pengembangan alat pengukuran denyut nadi, saturasi oksigen dan suhu tubuh agar dapat diukur secara bersamaan. Penelitian ini berbasis IoT agar para petugas medis lebih mudah melihat hasil pengukuran di PC dan dapat menyimpannya disebuah database. Pengolahan hasil pengukuran digunakan NodeMCU ESP8266 karena sudah terdapat modul *wifi* di dalamnya.

II. METODE

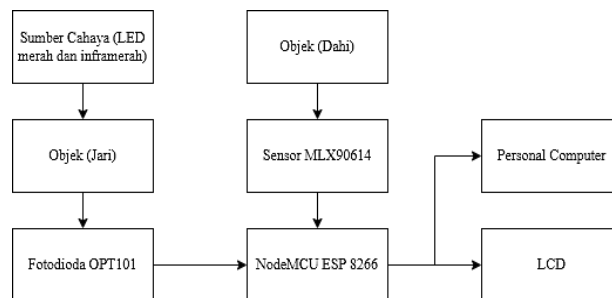
2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah multimeter, laptop, *breadboard*, solder, LCD, USB, *fingertip pulse oximeter*, luxmeter dan *forehead thermogun*. Bahan yang digunakan adalah

NodeMCU ESP8266, LED merah dan inframerah, fotodioda OPT101, sensor MLX90614, resistor, transistor dan *jumper*.

2.2 Perancangan dan Pengujian Sistem Perangkat Keras

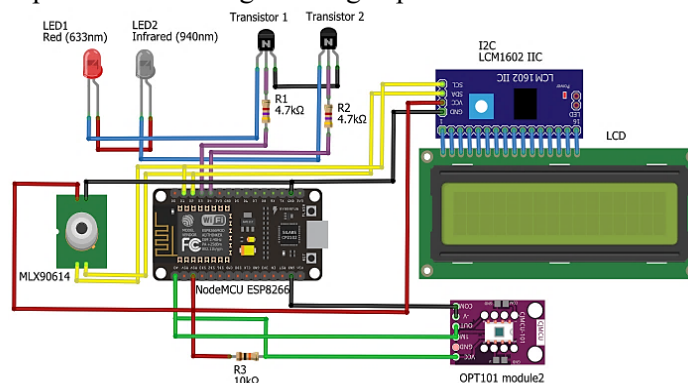
Perancangan sistem denyut nadi, saturasi oksigen dan suhu tubuh dibuat dengan menggunakan sumber cahaya LED merah dan inframerah, fotodioda serta sensor MLX90614 seperti pada Gambar 1. Prinsip kerja dari sistem ini diawali dengan ujung jari akan disinari dengan LED merah dan inframerah untuk pembacaan denyut nadi dan saturasi oksigen. Intensitas cahaya dari kedua sumber tersebut akan diserap oleh darah dan diteruskan menuju fotodioda yang berfungsi sebagai detektor cahaya. Intensitas cahaya yang dibaca oleh fotodioda akan diubah menjadi besaran listrik berupa tegangan. Pembacaan suhu tubuh akan dilakukan ketika objek dahi berada tepat di depan sensor MLX90614. Hasil pembacaan fotodioda dan sensor MLX90614 akan diolah kemudian dikirim ke website dengan bantuan modul *wifi* NodeMCU ESP8266.



Gambar 1 Diagram blok sistem

Pengujian dan karakterisasi sensor dilakukan setelah perancangan sistem yang akan dibuat. Karakterisasi fotodioda dilakukan untuk melihat sensitivitas sensor fotodioda OPT101 dengan melihat hubungan tegangan terhadap variasi jarak sumber cahaya yang digunakan yaitu jarak 1 mm hingga 10 mm. Fotodioda digunakan untuk menangkap intensitas cahaya dari LED dan diubah menjadi besaran listrik berupa tegangan. Tegangan yang diperoleh fotodioda diolah menggunakan NodeMCU ESP8266. Karakterisasi fotodioda juga dilakukan dengan menghitung intensitas cahaya LED menggunakan luxmeter dengan variasi jarak yang sama dengan pengujian tegangan. Luxmeter hanya dapat membaca intensitas cahaya tampak, sehingga intensitas cahaya inframerah yang didapatkan sebesar nol.

Pengujian sensor MLX90614 dilakukan untuk melihat kemampuan sensor terhadap pengukuran suhu secara *non contact*. Sensor MLX90614 dapat mendeteksi radiasi inframerah yang dipancarkan oleh objek, kemudian akan diubah menjadi nilai suhu dari objek. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan sensor MLX90614 dengan NodeMCU ESP8266. Pin Vin dihubungkan dengan pin *input* NodeMCU, pin GND dihubungkan ke GND NodeMCU, pin SCL dihubungkan ke pin D1 NodeMCU, dan pin SDA dihubungkan dengan pin D2 NodeMCU.

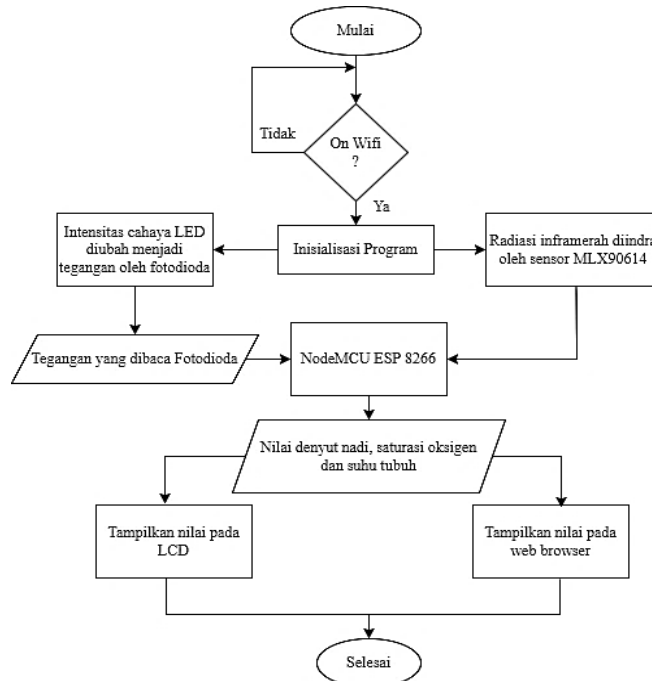


Gambar 2 Rangkaian keseluruhan sistem

Rangkaian keseluruhan pengukuran pada Gambar 2 merupakan penggabungan dari rangkaian kedua sensor, sumber cahaya dan juga mikrokontroler yang digunakan. Rangkaian yang telah dibuat akan menghasilkan nilai denyut nadi, saturasi oksigen dan suhu tubuh kemudian hasilnya akan ditampilkan pada LCD dan juga web browser.

2.3 Perancangan dan Pengujian Sistem Perangkat Lunak

Program sistem alat ukur denyut nadi, saturasi oksigen dan suhu tubuh ditulis dalam bahasa pemrograman arduino IDE. Perancangan perangkat lunak dimulai dari perancangan diagram alir. Berdasarkan prinsip kerja sistem direncanakan seperti diagram alir program pada Gambar 3. Ketika adanya wifi maka program akan diinisialisasi, namun jika tidak ada wifi maka program tidak akan berjalan. Inisialisasi program berfungsi untuk mengontrol semua komponen. Setelah inisialisasi program selanjutnya fotodiode akan membaca intensitas cahaya LED yang melewati jari untuk membaca nilai denyut nadi dan saturasi oksigen. Sensor MLX90614 akan membaca radiasi inframerah dan menghasilkan nilai suhu tubuh. NodeMCU akan mengolah nilai yang didapatkan sensor untuk ditampilkan sebagai hasil pengukuran pada layar LCD dan juga web browser.

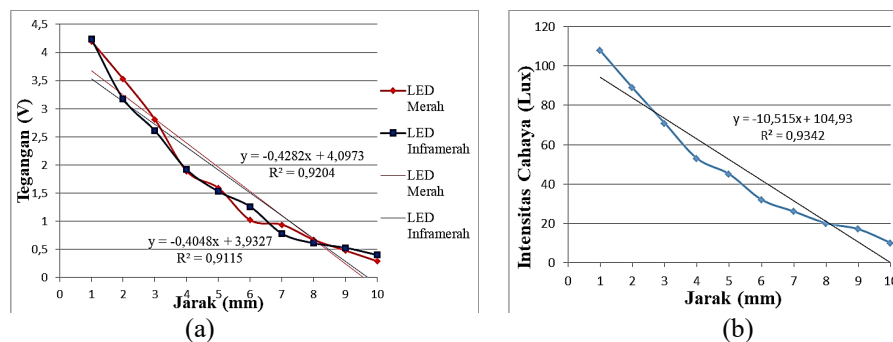


Gambar 3 Diagram alir sistem perangkat lunak

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Karakterisasi Fotodiode OPT101

Karakterisasi fotodiode OPT101 dilakukan untuk melihat pengaruh perubahan intensitas cahaya terhadap nilai tegangan yang dihasilkan sensor. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan variasi jarak sumber cahaya terhadap fotodiode dan alat pembanding luxmeter.

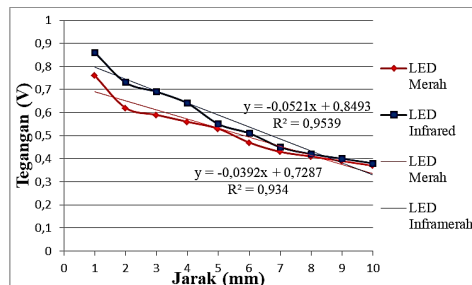


Gambar 4 (a) Hubungan tegangan terhadap variasi jarak LED merah dan inframerah (b) Hubungan intensitas cahaya terhadap variasi jarak LED merah

Pada Gambar 4 dapat dilihat hubungan nilai tegangan dan intensitas cahaya terhadap variasi jarak sumber cahaya LED merah dan inframerah. Untuk LED inframerah karena termasuk cahaya tak tampak, intensitas cahayanya tidak dapat diukur menggunakan luxmeter, sehingga hanya dapat dilihat

nilai tegangannya saja. Didapatkan hubungan yang linear antara tegangan dan intensitas cahaya terhadap perubahan jarak sumber cahaya, yang mana nilainya akan menurun seiring dengan pertambahan jarak. Fungsi transfer untuk LED merah didapatkan nilai sensitivitas sensor sebesar 0,4282 volt, tegangan offset 4,0973 volt, serta nilai regresi yaitu $R^2 = 0,9204$. Fungsi transfer LED inframerah didapatkan nilai sensitivitas sensor 0,4048 volt, tegangan offset 3,9327 volt, serta nilai regresi yaitu $R^2 = 0,9115$.

Karakterisasi fotodiode juga dilakukan dengan menambahkan objek berupa jari, karena pada pengukuran denyut nadi dan saturasi oksigen objek diletakkan di antara LED dan fotodiode. Cahaya dari LED akan melewati jaringan tubuh yang cukup tipis dan intensitasnya akan dibaca oleh fotodiode.



Gambar 5 Hubungan tegangan terhadap variasi jarak LED merah dan inframerah dengan objek

Gambar 5 menunjukkan hasil pengukuran tegangan terhadap variasi jarak sumber cahaya dengan adanya objek di antara sumber cahaya dan fotodiode. Jika dibandingkan dengan hasil pengukuran tanpa adanya objek, nilai tegangan dengan objek lebih kecil, karena cahaya yang diterima oleh fotodiode hanya cahaya yang dapat melewati jaringan tubuh, sehingga intensitasnya lebih kecil. Fungsi transfer untuk LED merah didapatkan nilai sensitivitas sensor 0,0392 volt, tegangan *offset* 0,7287 volt, serta nilai regresi yaitu $R^2 = 0,934$. Fungsi transfer LED inframerah didapatkan nilai sensitivitas sensor 0,0521 volt, tegangan *offset* 0,8493 volt, serta nilai regresi yaitu $R^2 = 0,9539$.

3.2 Pengujian Sensor MLX90614

Pengujian sensor dilakukan menggunakan program sederhana yang ditulis dengan *software* Arduino IDE sehingga dapat menampilkan temperatur dari objek yang dideteksi pada bagian serial monitor *software*. Pengujian sensor MLX90614 dilakukan dengan memvariasikan jarak sensor terhadap permukaan tubuh manusia mulai dari jarak 1 cm sampai 10 cm dengan membandingkan suhu yang terukur menggunakan *thermogun*. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian sensor MLX90614.

Tabel 1 Hasil pengujian sensor MLX90614

Jarak (cm)	Temperatur sensor MLX90614 (°C)	Temperatur <i>Thermogun</i> (°C)	Persentase error (%)
1	38,38	36,3	5,73
2	37,82	36,2	4,47
3	37,74	36,2	4,25
4	37,11	36,3	2,23
5	36,62	36,1	1,44
6	36,50	36,2	0,82
7	36,42	36,2	0,60
8	35,33	36,1	2,13
9	35,05	36,2	3,17
10	35,30	36,2	2,48

Hasil pengukuran sensor MLX90614 dan *thermogun* dari jarak 1 cm sampai 10 memiliki error terkecil yang diperoleh berada pada jarak sensor 7 cm sebesar 0,60 % dan error terbesar pada jarak 1 cm sebesar 5,73 %. Hasil ini menunjukkan bahwa jika diletakkan semakin jauh atau semakin dekat dengan objek maka sensor akan tidak stabil. Hal ini juga menjelaskan bahwa penggunaan sensor MLX90614 dikategorikan sebagai sensor yang penggunaannya tidak menyentuh objek secara langsung atau disebut sebagai sensor temperatur *non-contact*.

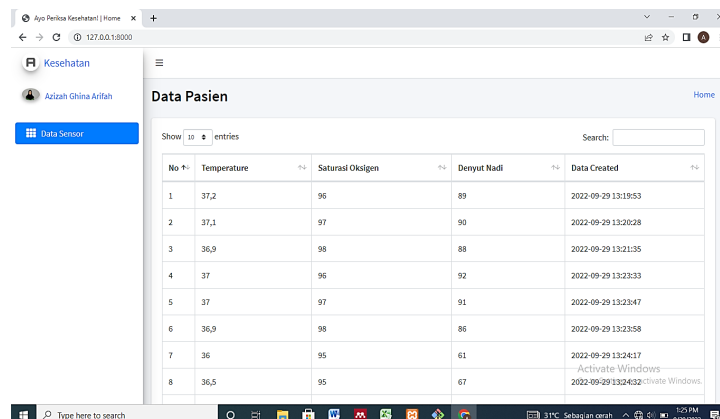
3.3 Pengujian Sistem Perangkat Lunak

Pengujian sistem perangkat lunak dilakukan untuk menguji pengaruh penggunaan *wifi* dengan hasil yang ditampilkan LCD pada alat dan juga tampilan *web*. Pengujian dilakukan dengan mencoba alat yang terhubung dengan *wifi* dan juga tidak terhubung dengan *wifi*.

Tabel 2 Hasil pengujian sistem perangkat lunak

No	Koneksi Wifi	Tampilan Web
1	Terhubung	Terkirim
2	Terhubung	Terkirim
3	Tidak Terhubung	Tidak Terkirim
4	Tidak Terhubung	Tidak Terkirim

Tabel 2 menunjukkan bahwa penggunaan *wifi* mempengaruhi pengiriman data hasil pengukuran. Alat tidak akan bekerja jika tidak terhubung *wifi* yang ditanam pada pemrograman NodeMCU, karena pengiriman hasil pengukuran pada *web* memerlukan *wifi* agar dapat terkirim. Pengujian sistem perangkat lunak dilakukan untuk menguji pengaruh penggunaan *wifi* dengan hasil yang ditampilkan LCD pada alat dan juga tampilan *web*. Pada Gambar 6 dapat dilihat website yang telah dibuat menampilkan nilai suhu tubuh, saturasi oksigen dan denyut nadi secara berkala.



Gambar 6 Tampilan hasil pengukuran pada web

3.4 Pengujian Alat Secara Keseluruhan Dan Pengumpulan Data

Pengujian dilakukan untuk mengetahui keakuratan alat yang dibuat dengan cara membandingkan hasil pengukuran dengan alat pembanding *fingertip pulse oximetry* untuk pengukuran denyut nadi dan saturasi oksigen serta *thermogun* untuk membaca suhu tubuh. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pada setiap responden untuk mendapatkan rata-rata hasil pengukuran.

Tabel 3 Hasil pengujian denyut nadi, saturasi oksigen dan suhu tubuh dengan alat pembanding

Usia (th)	Denyut Nadi (BPM)			Saturasi Oksigen (SpO ₂)			Suhu		
	Alat yang dibuat	Pulse oxymeter	Error (%)	Alat yang dibuat	Pulse oxymeter	Error (%)	Alat yang dibuat	Thermogun	Error (%)
15	85,00	86,67	1,92	96,67	96,67	0,00	36,50	36,63	0,36
21	78,33	77,67	0,86	95,00	97,67	2,73	36,47	36,73	0,73
22	78,33	79,67	1,68	97,00	97,33	0,34	36,50	36,77	0,73
22	75,30	72,67	3,62	96,33	97,67	1,37	36,37	36,57	0,55
22	79,33	82,00	3,25	95,33	97,67	2,39	36,33	36,53	0,55
23	69,33	68,33	1,46	96,67	98,33	1,69	36,40	36,70	0,82
28	95,50	92,00	3,80	96,67	98,33	1,69	36,47	36,80	0,91
28	69,33	70,33	1,42	96,33	96,67	0,34	36,13	36,20	0,18
58	89,67	90,00	0,37	95,27	97,33	2,12	36,27	36,57	0,82
59	89,00	91,00	2,20	96,33	98,33	2,03	36,43	36,33	0,28
	Rata-rata Error		2,06	Rata-rata Error		1,47	Rata-rata Error		0,60

Tabel 3 menunjukkan rata-rata hasil pengukuran denyut nadi, saturasi oksigen dan suhu tubuh responden. Persentase kesalahan alat ukur dapat dicari dengan membandingkan hasil pengukuran rata-rata nilai alat yang dibuat dengan hasil pengukuran rata-rata nilai alat pembanding. Hasil perhitungan dari pengukuran diperoleh persentase kesalahan untuk denyut nadi (BPM) sebesar 2,06 %, saturasi oksigen (SpO₂) 1,47 %, dan suhu tubuh 0,60 %. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa alat dapat mengukur ketiga indikator secara bersamaan serta dapat ditampilkan pada LCD dan *web*. Batas maksimal dalam toleransi kesalahan pengukuran alat adalah 2 % sesuai dengan “Pedoman Pengujian dan Kalibrasi Alat Kesehatan” KEMENKES Homepage tahun 2015, rata-rata *error* yang didapatkan pada pengukuran saturasi oksigen dan suhu tubuh belum melebihi toleransi dari KEMENKES RI, sedangkan untuk pengukuran denyut nadi sedikit melebihi yaitu sebesar 0,06 % dari toleransi. Nilai suhu tubuh dan saturasi oksigen cenderung lebih stabil dibandingkan nilai BPM, karena jantung terus memompa darah dalam tubuh sehingga membuat darah terus bergerak dan nilai BPM terus berubah. Pergerakan darah dalam tubuh bersifat acak dan cepat sehingga menyebabkan gelombang inframerah menjadi tidak stabil. Faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran diantaranya, pasien tidak tenang dalam pengukuran, peletakan jari yang tidak tepat pada sensor, keringat pasien, dan cat kuku pada jari pasien.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis data yang telah dilakukan, dari hasil pengukuran diperoleh persentase kesalahan sebesar 2,06 % untuk denyut nadi (BPM), 1,47 % saturasi oksigen (SpO₂), dan 0,60 % suhu tubuh. Hasil pengukuran dapat ditampilkan pada LCD dan juga *web browser* yang telah dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Costrada, A.N., Arifah, A.G., Putri, I.D., Sawita, I.K.A.S., Harmadi and Djamal, M. (2022), “Design of Heart Rate , Oxygen Saturation , and Temperature Monitoring System for Covid-19 Patient Based on Internet of Things (IoT)”, Vol. 14 No. 1, hal: 54-63.
- KEMENKES RI. (2015), “Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Nomor 54 Tahun 2015 Tentang Pengujian dan Kalibrasi Alat Kesehatan”, <<https://hukor.kemkes.go.id>>, diakses pada september 2022.
- Khairunnisa, S., Wisana, I.D.G.H. and Nugraha, P.C. (2018), “Rancang Bangun Pulse Oximeter Berbasis IoT (Internet of Things)”, *Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, Vol 1, hal: 1-8.
- Kukus, Y., Supit, W., Lintong, F., Fisika, B., Kedokteran, F., Sam, U. and Manado, R. (2009), “Suhu tubuh: homeostasis dan efek terhadap kinerja tubuh manusia”, *Jural Biomedik*, Vol. 1 No. 2, hal: 107–118.
- Mallo, P.Y. (2012), “Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Hemoglobin dan Oksigen Dalam Darah dengan Sensor Oximeter Secara Non-Invasive”, Vol 1 No. 1, hal: 1-6.
- Qahar, A.. (2018), *Desain Alat Ukur Denyut Jantung Dan Saturasi Oksigen Pada Anak Menggunakan Satu Sensor*.
- Rahmawarni, D. (2021), “Sistem Monitoring Saturasi Oksigen dan Denyut Nadi dalam Darah Menggunakan Sensor MAX30100 Via Telegram Berbasis IoT”, *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, Vol. 10 No. 3, hal: 377–383.
- Salamah, U., Izziyah, A.N. and Raharjo, A.A. (2020), “Validasi Pulse Oximeter dalam Penentuan Kadar Oksigen dalam Darah”, *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, Vol. 08 No. 02, hal: 135–140.
- Ughi, F. (2018), “Proof-of-Concept Simulasi Kadar Saturasi Oksigen untuk Evaluasi Pulse Oximeter”, *ELKOMIKA*, Vol. 6 No. 1, hal: 110–124.