

# SISTEM MONITORING HIPOKSIA SECARA *REAL TIME* BERBASIS ANDROID DAN KLASIFIKASINYA MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC*

## *REAL TIME MONITORING SYSTEM OF HYPOXIA BASED ON ANDROID AND ITS CLASSIFICATION USING FUZZY LOGIC METHOD*

Mohamad Wisnu Setiawan<sup>1</sup>, Yusuf Nur Wijayanto<sup>2</sup>, Eko Joni Pristianto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Telkom, Bandung

<sup>1</sup>mwisnusetiawan@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>yusufnwijayanto@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>ekojonip@telkomuniversity.ac.id

### Abstrak

Saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) dan detak jantung (BPM) merupakan indikator yang sangat penting untuk mengetahui kesehatan pada tubuh manusia. Saturasi oksigen bisa menunjukkan hemoglobin dapat mengikat oksigen atau tidak. Rendahnya kadar saturasi oksigen di dalam tubuh untuk menjalankan fungsi organnya dengan normal disebut dengan hipoksia. Untuk meningkatkan nilai saturasi oksigen dapat dilakukan tindakan medis yaitu terapi oksigen. Pemantauan saturasi oksigen sangat penting bagi pasien terapi oksigen. Pada Tugas Akhir ini dibuat sistem *monitoring* saturasi oksigen dan detak jantung secara *real time* pada pasien terapi oksigen via *smartphone* Android. Proses deteksi kadar saturasi oksigen dan detak jantung menggunakan sensor MAX30100 *pulse oximeter*. Sistem dapat mengklasifikasi hipoksia menggunakan metode *fuzzy logic* berdasarkan nilai saturasi oksigen. Pada *smartphone* Android akan menampilkan data berupa klasifikasi hipoksia, kadar saturasi oksigen dan detak jantung.

Sistem yang dibangun berhasil mencapai tujuan, yaitu: (i) sensor MAX30100 1 mendapat nilai akurasi pembacaan SpO<sub>2</sub> 99,495% dan BPM sebesar 98,75%. Serta sensor MAX30100 2 mendapat nilai akurasi pembacaan SpO<sub>2</sub> sebesar 99,498% dan BPM sebesar 98,877% dan (ii) mengklasifikasi hipoksia menggunakan metode *fuzzy logic* dengan akurasi sebesar 99,51%.

**Kata Kunci:** *Saturasi Oksigen, MAX30100, Terapi Oksigen, Fuzzy Logic, Hipoksia.*

### Abstract

Oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>) and heart rate (BPM) are very important indicators to know the health of the human body. Oxygen saturation can indicate hemoglobin can bind oxygen or not. Low levels of oxygen saturation in the body to carry out normal organ functions are called hypoxia. To increase the value of oxygen saturation, medical action can be carried out, namely oxygen therapy. Monitoring oxygen saturation is very important for patients on oxygen therapy. In this final project, system for monitoring oxygen saturation and heart rate is made *real time* for patients with oxygen therapy via Android smartphones. The process of detecting oxygen saturation levels and heart rate using the MAX30100 sensor *pulse oximeter*. This system can classify hypoxia using a *fuzzy logic* method based on the oxygen saturation value. On the smartphone Android will display data in the form of classify hypoxia, oxygen saturation levels and heart rate.

The system that was built succeeded in achieving the objectives, namely: (i) the MAX30100 1 sensor got a SpO<sub>2</sub> reading accuracy value of 99.495% and a BPM of 98.75%. And the MAX30100 2 sensor gets an accuracy value of SpO<sub>2</sub> reading of 99.498% and BPM of 98.877% and (ii) classifying hypoxia using *fuzzy logic* method with an accuracy of 99.51%.

**Key Word:** *Oxygen Saturation, Pulse Oximeter, Oxygen Therapy, Fuzzy Logic, Hypoxia.*

## 1. Pendahuluan

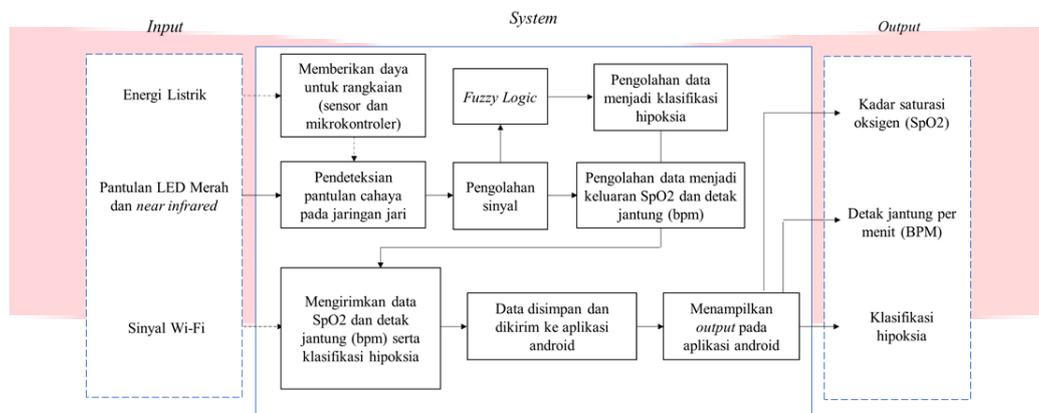
Pemantauan saturasi oksigen dan detak jantung merupakan indikasi yang cukup penting di dalam bidang kesehatan yang berguna sebagai bahan evaluasi efektif dan cepat serta berfungsi sebagai indikator untuk mengetahui kesehatan pada tubuh manusia [1]. Jantung merupakan pemasok utama darah ke seluruh tubuh. Oleh karena itu, jantung mampu menjadi parameter kesehatan pada tubuh manusia. Rendahnya kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) di sel dan jaringan tubuh manusia disebut dengan hipoksia [2]. Kurangnya jumlah oksigen bisa menyebabkan tubuh secara fungsional mengalami kemunduran atau bahkan dapat menyebabkan kematian.

Pada penelitian ini penulis membuat sistem *monitoring* hipoksia serta saturasi oksigen dan detak jantung secara *real time* dengan *smartphone* Android. Sensor yang digunakan adalah MAX30100 *pulse oximeter* berfungsi sebagai pendeteksi kadar saturasi oksigen dan detak jantung. Metode yang digunakan untuk klasifikasi hipoksia pada penelitian ini adalah metode *fuzzy logic*. Sistem *monitoring* hipoksia diharapkan dapat diimplementasikan agar lebih efisien serta mempermudah dalam penggunaannya. Dengan sistem yang akan dibuat, perubahan kadar saturasi oksigen dan detak jantung juga akan terpantau saat penggunaannya. Sistem ini diharapkan dapat

digunakan sebagai alat *monitoring* kadar saturasi oksigen dan detak jantung serta klasifikasi hipoksia yang efektif dan mudah dalam penggunaannya.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Prinsip Kerja Sistem



Gambar 2-1 Prinsip Kerja Sistem.

Gambar II-1 merupakan prinsip kerja konsep sistem dari penelitian sistem *monitoring* hipoksia dan kadar saturasi oksigen serta detak jantung. Sistem *monitoring* kadar saturasi oksigen dan detak jantung pada pasien terapi oksigen berbasis Android yang dirancang sebagai solusi untuk efisiensi dan meringankan pekerjaan tenaga medis.

### 2.2 Saturasi Oksigen

Saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) merupakan persentase hemoglobin yang membawa atau mengandung oksigen [3]. Untuk mendapatkan nilai SpO<sub>2</sub> dengan mencari rasio antara oksigen aktual yang terikat oleh hemoglobin terhadap kemampuan total hemoglobin darah mengikat oksigen. Nilai normal persentase saturasi oksigen di dalam tubuh manusia adalah 95% sampai 100% [4].

### 2.3 Detak Jantung

Jantung merupakan sebuah rongga berotot yang memompa darah lewat pembuluh darah oleh kontraksi berirama yang berulang [5]. Jantung adalah salah satu organ manusia yang berperan penting dalam sistem peredaran darah. Detak jantung atau *heart rate* adalah debaran yang dikeluarkan oleh jantung dan akibat aliran darah melalui jantung dalam tubuh manusia per satuan waktu yang dinyatakan *beat per minute* (bpm). Rata-rata orang dewasa dalam kondisi sehat dan sedang beraktivitas normal memiliki denyut jantung atau nadi sekitar 60 s/d 100 denyut per menit [6].

### 2.4 MAX30100

MAX30100 adalah *pulse oximeter* yang berupa modul sensor yang digunakan untuk mendeteksi kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) dan detak jantung pada tubuh manusia [7]. Pengukuran secara *non-invasive* artinya adalah pengukuran yang tidak menembus kulit secara fisik atau memasuki tubuh melalui lubang luar [8]. Alat ini menggunakan cahaya untuk pengukuran saturasi oksigen. Di dalam *pulse oximeter* terdapat dua sisi yang mengirimkan cahaya yang terdiri dari gelombang cahaya merah dan gelombang inframerah dari satu sisi ke sisi lain yang akan mengubah serapan dari masing-masing dua panjang gelombang diukur [9]. Berdasarkan rasio perubahan absorpsi cahaya merah dan inframerah, yang disebabkan oleh perbedaan warna antara darah yang banyak mengandung oksigen (merah cerah) dan darah yang sedikit mengandung oksigen (merah gelap atau biru, pada kasus yang berat) saturasi oksigen dapat dibuat atau diambil nilainya.

### 2.5 Fuzzy Logic

Menurut Agus Naba, logika *fuzzy* adalah sebuah metodologi berhitung dengan variabel kata-kata (*linguistic variable*) sebagai pengganti berhitung dengan bilangan. Kata-kata digunakan dalam *fuzzy logic* memang tidak presisi bilangan, namun kata-kata jauh lebih dekat dengan intuisi manusia [10]. Logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih. Selain itu memungkinkan konsep tidak pasti dalam bentuk linguistik seperti sedikit, lumayan, dan sangat. Ada 3 proses utama pada metode *fuzzy logic*, yaitu:

### 1. Fuzzifikasi

Merupakan proses konversi masukan (*input*) *fuzzy* yang bersifat tegas (*crisp*) ke dalam bentuk variabel linguistik menggunakan *input* fungsi keanggotaan atau *membership function*.

### 2. Sistem Inferensi

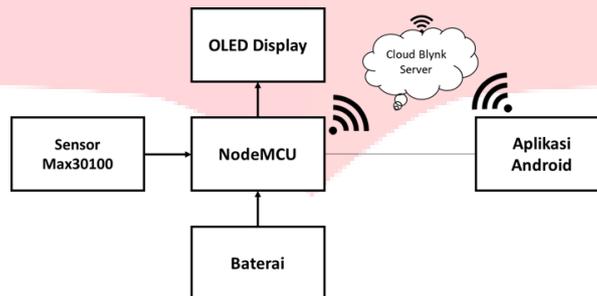
Merupakan proses konversi *input fuzzy* menggunakan aturan-aturan “*if-then*” atau evaluasi peraturan (*rules evaluation*) menjadi luaran (*output*) *fuzzy*. Sistem ini melibatkan logika *fuzzy* dan komponen-komponen di dalamnya seperti fungsi keanggotaan, operasi logika dan aturan *if-then* atau jika-maka.

### 3. Defuzzifikasi

Merupakan proses *output fuzzy* dari sistem inferensi ke dalam bentuk tegas (*crisp*) kembali menggunakan *output* fungsi keanggotaan serupa dengan sebelumnya menjadi sebuah nilai.

## 3. Perancangan Sistem

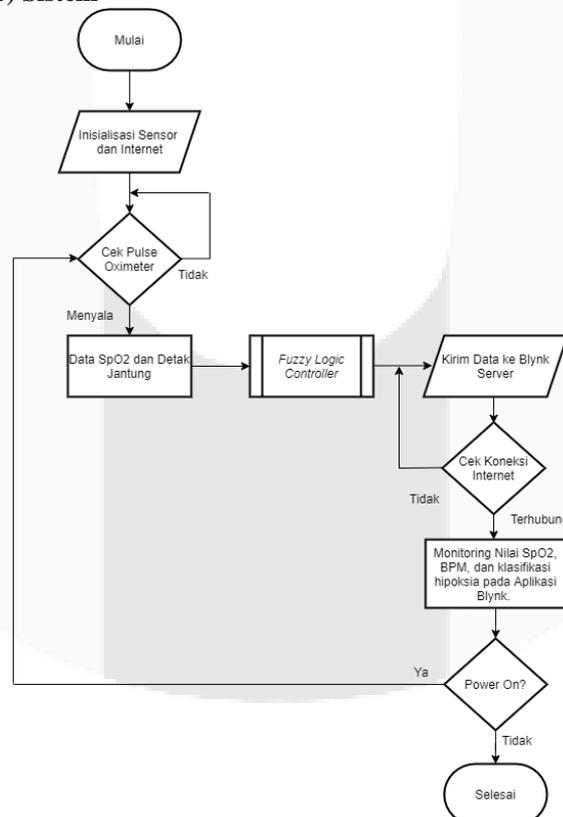
### 3.1 Desain Sistem



Gambar 3-1 Desain Sistem

Sistem *monitoring* kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) dan detak jantung (BPM) menggunakan sensor MAX30100 *pulse oximeter* untuk mendeteksi kadar saturasi oksigen dan detak jantung. Sistem ini menggunakan NodeMCU sebagai mikrokontroler dengan metode *fuzzy logic* untuk pengklasifikasian hipoksia berdasarkan kadar saturasi oksigen. Sistem ini menggunakan internet sebagai komunikasi untuk pengiriman data dari NodeMCU ke Blynk server. Selanjutnya aplikasi Blynk akan menampilkan *monitoring* kadar saturasi oksigen, detak jantung, dan klasifikasi hipoksia.

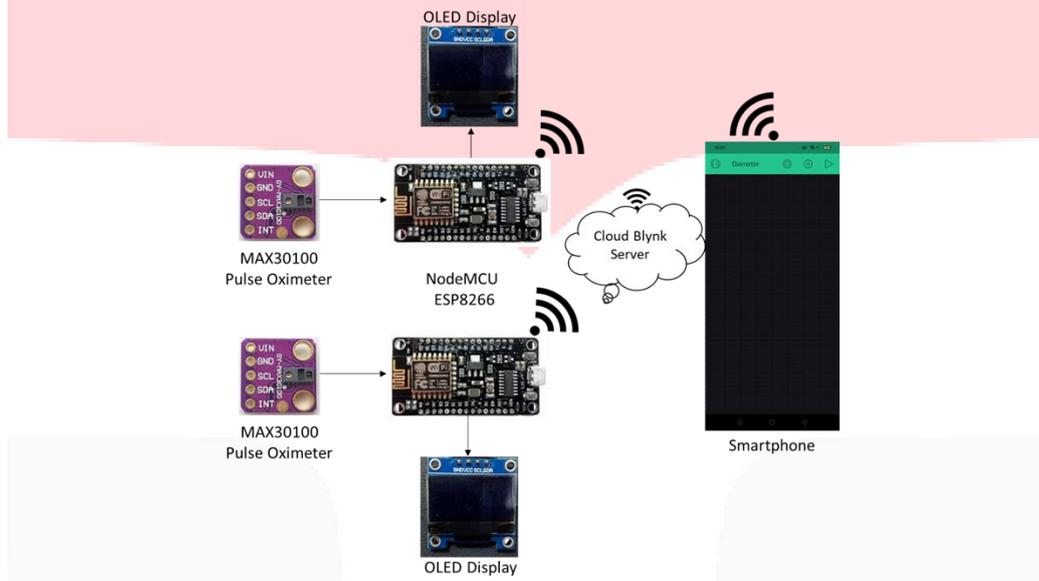
### 3.2 Diagram Alir (Flowchart) Sistem



Gambar 3-2 Diagram Alir Sistem.

Sistem berjalan ketika terhubung dengan daya yang mencukupi. Sensor MAX30100 *pulse* oximeter mendeteksi kadar saturasi oksigen dan detak jantung pada jari tangan. Setelah itu data kadar saturasi oksigen (SpO2) dan detak jantung (BPM) yang diperoleh akan diolah oleh mikrokontroler NodeMCU. Di dalam mikrokontroler menggunakan metode logika *fuzzy* untuk klasifikasi hipoksia berdasarkan kadar saturasi oksigen. Kemudian data sensor dikirim ke server aplikasi Blynk dengan menggunakan internet. Jika belum terhubung internet, maka pengiriman akan gagal dan sistem akan terus mencoba mengirim data sementara Android dihubungkan dengan internet. Setelah data berhasil dikirim, maka aplikasi Blynk pada *smartphone* Android akan menampilkan *output* berupa kadar saturasi oksigen, detak jantung, dan klasifikasi hipoksia. Sistem tidak berjalan ketika tidak terhubung dengan daya.

### 3.3 Desain Perangkat Keras



Gambar 3-3 Desain Perangkat Keras.

Gambar 3-3 adalah desain perangkat keras untuk merancang sistem *monitoring* hipoksia menggunakan sensor MAX30100 *pulse* oximeter sebagai pendeteksi kadar saturasi oksigen (SpO2) dan detak jantung (BPM). NodeMCU sebagai perangkat yang melakukan pengolahan data sensor serta tugas kendali *fuzzy logic* untuk klasifikasi hipoksia berdasarkan kadar saturasi oksigen yang mendapat data dari sensor *pulse* oximeter. Kemudian data yang diolah NodeMCU akan ditampilkan pada OLED *display* dan aplikasi Blynk pada *smartphone* Android.

## 4. Hasil dan Analisis

### 4.1 Pengujian Sensor MAX30100

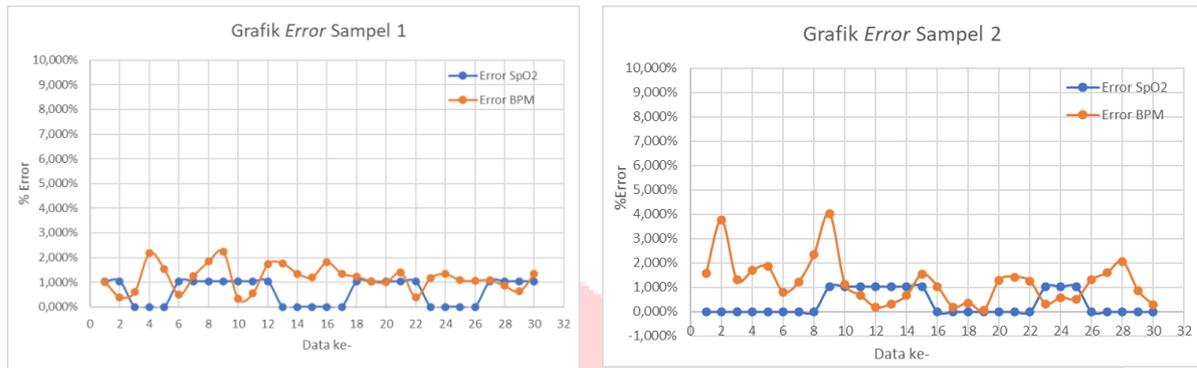
Pada pengujian masing-masing sensor MAX30100 dilakukan dengan cara membandingkan dengan alat ukur berstandar yaitu sensor *finger tip pulse* oximeter. pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui nilai *error* dan akurasi dari setiap sensor MAX30100 dengan persamaan berikut:

$$\%error = \left| \frac{\text{nilai pengukuran} - \text{nilai sebenarnya}}{\text{nilai sebenarnya}} \right| \times 100\%$$

dan,

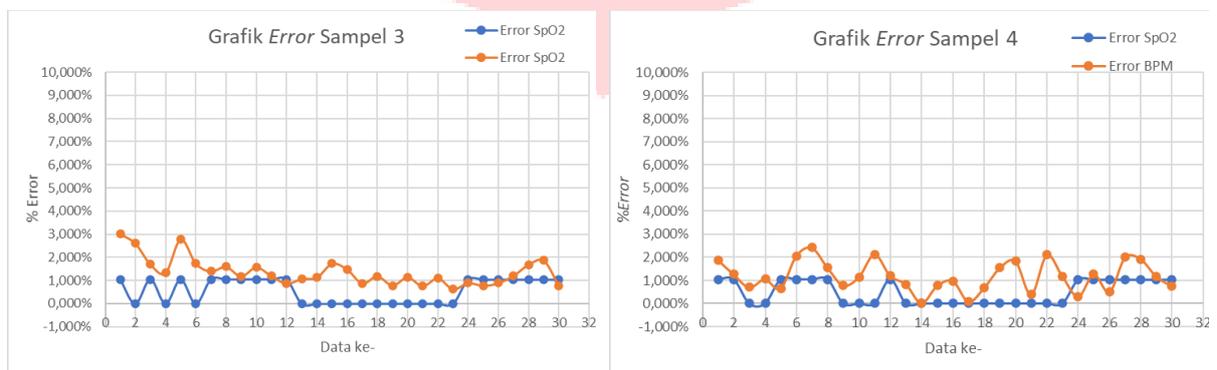
$$Akurasi = 100\% - \%error$$

Pengujian sensor dilakukan sebanyak 6 sampel dengan percobaan 3 sampel pada tiap sensor dengan masing-masing 30 data saturasi oksigen (SpO2) dan detak jantung (BPM). Hasil grafik *error* pengujian sampel pertama untuk sensor pertama dapat dilihat pada Gambar 4-1 grafik berikut.



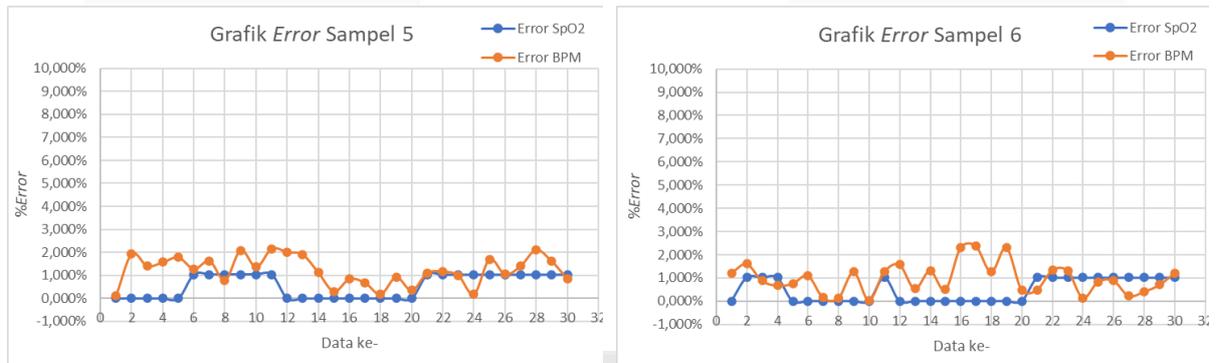
Gambar 4-1 Grafik Error Pengujian Sampel 1 dan 2.

Hasil grafik *error* pengujian sampel ke-3 untuk sensor pertama dan sampel ke-4 untuk sensor kedua dapat dilihat pada Gambar 4-2 grafik berikut.



Gambar 4-2 Grafik Error Pengujian Sampel 3 dan 4.

Hasil grafik *error* pengujian sampel ke-5 dan sampel ke-6 untuk sensor kedua dapat dilihat pada Gambar 4-3 grafik berikut.



Gambar 4-3 Grafik Error Pengujian Sampel 5 dan 6.

Perhitungan nilai keseluruhan tiap sensor dilakukan dengan menggunakan data pada sampel 1, sampel 2, dan sampel 3 untuk sensor ke-1 serta sampel 4, dan sampel 5, dan sampel 6 untuk sensor ke-2. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui nilai rata-rata *error* dan akurasi tiap sensor dari seluruh pengujian yang telah dilakukan. Berdasarkan perhitungan keseluruhan, didapat nilai *error* pada sensor ke-1 untuk pembacaan saturasi oksigen (SpO2) sebesar 0,505% dan detak jantung (BPM) sebesar 1,250%. Serta nilai akurasi pembacaan saturasi oksigen (Spo2) sebesar 99,495% dan detak jantung (BPM) sebesar 98,75%. Berdasarkan perhitungan keseluruhan, didapat nilai *error* pada sensor ke-1 untuk pembacaan saturasi oksigen (SpO2) sebesar 0,505% dan detak jantung (bpm) sebesar 1,250%. Serta nilai akurasi pembacaan saturasi oksigen (Spo2) sebesar 99,495% dan detak jantung (bpm) sebesar 98,75%.

## 4.2 Pengujian Fuzzy Logic

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah metode *fuzzy logic* berhasil diimplementasikan pada sistem. Pemrograman fuzzy logic dilakukan pada *software* Arduino IDE yang akan diolah menggunakan nodeMCU. Pengujian dilakukan dengan cara memberi *input* nilai saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) dan detak jantung (BPM) sebanyak 20 data, kemudian membandingkan hasil keluaran (*output*) fuzzy pada Arduino IDE dengan simulasi pada *software* Matlab. Hasil pengujian *fuzzy logic* dapat dilihat pada Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Hasil Pengujian *Fuzzy Logic*

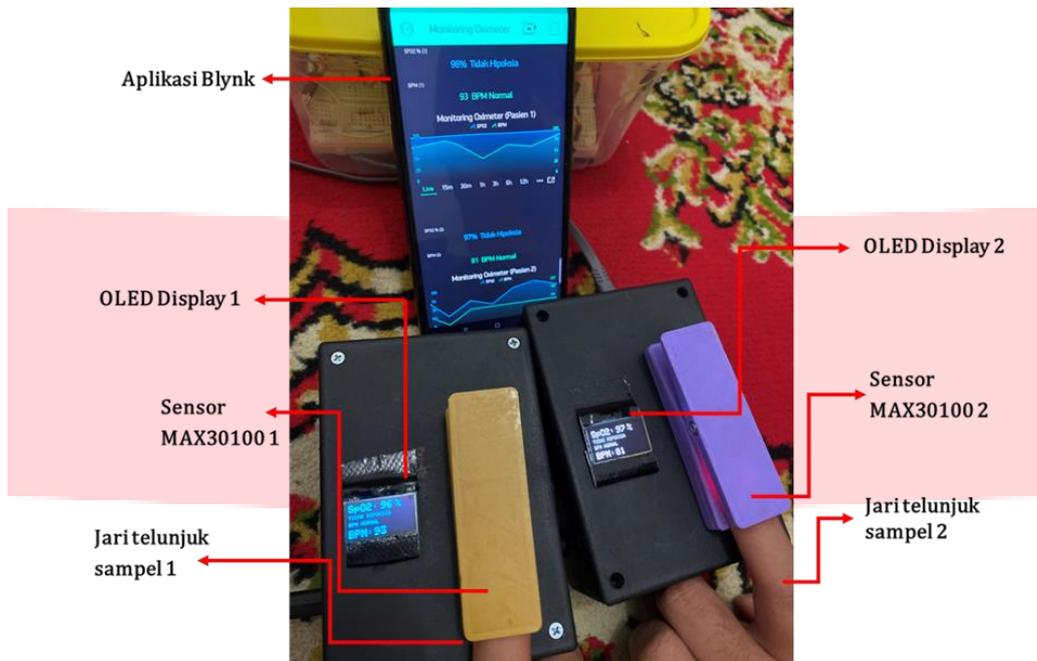
No	Nilai Saturasi Oksigen (%)	Nilai Detak Jantung (BPM)	Nilai Output Fuzzy Klasifikasi Hipoksia		%Error	Akurasi
			Matlab	Arduino IDE		
1	80	50	6,11	6,33	3,601%	96,399%
2	80	60	6,11	6,33	3,601%	96,399%
3	80	65	11,7	11,89	1,624%	98,376%
4	80	70	17,5	17,5	0,000%	100,000%
5	86	80	47,5	47,5	0,000%	100,000%
6	86	90	47,5	47,5	0,000%	100,000%
7	90	95	52,5	52,5	0,000%	100,000%
8	90	100	57,5	57,5	0,000%	100,000%
9	90	120	57,5	57,5	0,000%	100,000%
10	94	100	57,5	57,5	0,000%	100,000%
11	94	120	57,5	57,5	0,000%	100,000%
12	96	50	67,5	67,5	0,000%	100,000%
13	96	60	67,5	67,5	0,000%	100,000%
14	96	65	67,5	67,5	0,000%	100,000%
15	97	70	77,5	77,5	0,000%	100,000%
16	97	80	77,5	77,5	0,000%	100,000%
17	97	90	77,5	77,5	0,000%	100,000%
18	97	95	80,8	81,09	0,359%	99,641%
19	97	100	86,3	86,57	0,313%	99,687%
20	97	120	86,3	86,57	0,313%	99,687%
<b>Rata-rata</b>					<b>0,49%</b>	<b>99,51%</b>

Dari hasil pengujian fuzzy logic pada Tabel IV-3 dan Gambar IV-11, didapatkan *output fuzzy* dengan rata-rata *error* sebesar 0,49% dan akurasi sebesar 99,51%. Adanya perbedaan nilai *output* yang dihasilkan merupakan faktor pembulatan angka. Tidak ada perbedaan hasil yang signifikan antara *output* pada Arduino IDE dan Matlab.

## 4.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

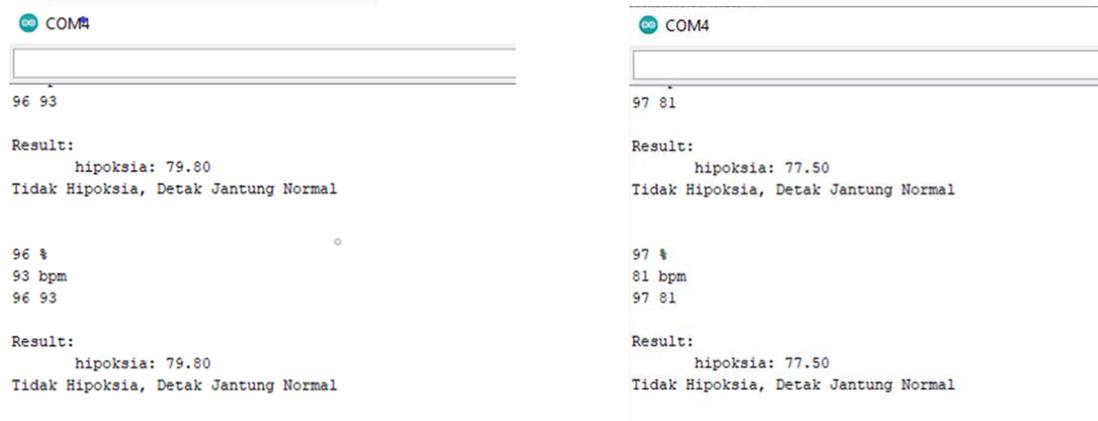
Pengujian keseluruhan sistem bertujuan untuk mengetahui secara keseluruhan apakah alat yang telah dibuat dapat menjalankan fungsinya dengan baik dan benar. Pengujian dilakukan oleh dua orang sampel yang data nya akan *dimonitoring* pada aplikasi Blynk. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan keseluruhan sistem perangkat keras dan perangkat lunak. Daya yang digunakan untuk mengaktifkan NodeMCU adalah menggunakan baterai dengan keluaran 3,7 - 4,2 V sedangkan untuk sensor MAX30100 dan OLED *display* menggunakan 3.3 Volt dari pin VCC NodeMCU.

Selanjutnya, kedua NodeMCU akan terhubung dengan Wi-Fi dan aplikasi Blynk. Kemudian sampel meletakkan ujung jari telunjuk ke sensor oximeter. NodeMCU akan langsung menjalankan program pengukuran dan pengiriman nilai saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>), detak jantung (BPM), dan klasifikasi hipoksia ke aplikasi Blynk dan OLED *display*.



Gambar 4-4 Pengujian Keseluruhan Sistem.

Selanjutnya pengujian klasifikasi hipoksia menggunakan *fuzzy logic* berdasarkan data sampel yang diuji pada Gambar 4-4. Pada sampel 1, didapatkan nilai SpO2 adalah 96 dan BPM adalah 93. Selanjutnya pada sampel 2 didapatkan nilai SpO2 adalah 97 dan BPM adalah 81. Pengujian dilakukan untuk mengetahui hasil klasifikasi hipoksia yang diolah NodeMCU.



Gambar 4-5 Hasil Klasifikasi Hipoksia pada Arduino IDE.

Pada Gambar 4-4 dapat dilihat bahwa nilai saturasi oksigen (SpO2) dan detak jantung (BPM) pada aplikasi Blynk dan OLED *display* yang terkirim menunjukkan kesamaan. Pada Gambar 4-5 NodeMCU berhasil melakukan pengklasifikasian hipoksia menggunakan *fuzzy logic* dengan keluaran “Tidak Hipoksia, Detak Jantung Normal”. Hal ini menunjukkan bahwa dalam pengujian ini, sistem keseluruhan dapat *memonitoring* data dua sampel serta berhasil menjalankan fungsinya sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

### 5. Kesimpulan

Setelah dilakukan tahap perancangan dan pembuatan alat serta dilanjutkan dengan tahap pengujian dan analisis, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sensor MAX30100 ke-1 berhasil mendapat nilai *error* untuk pembacaan saturasi oksigen (SpO2) sebesar 0,505% dan detak jantung (BPM) sebesar 1,250%. Serta nilai akurasi pembacaan saturasi oksigen (SpO2) sebesar 99,495% dan detak jantung (BPM) sebesar 98,75%. Sedangkan sensor MAX30100 ke-2 berhasil mendapat nilai *error* saturasi oksigen (SpO2) sebesar 0,502% dan detak jantung (BPM) sebesar 1,123%. Serta nilai akurasi pembacaan saturasi oksigen (SpO2) sebesar 99,498% dan detak jantung (BPM) sebesar 98,877%.

2. Pengujian dari dua alat yang dibuat untuk *monitoring* saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) dan detak jantung (BPM) pada aplikasi Blynk dapat berjalan dengan baik selama terhubung dengan koneksi internet yang baik serta stabil.
3. NodeMCU berhasil menjalankan algoritma *fuzzy logic* untuk pengklasifikasian hipoksia yang ditampilkan pada aplikasi Blynk dan OLED *display*. Berdasarkan hasil perbandingan keluaran menggunakan *software* Arduino IDE dan menggunakan Matlab bahwa tidak terdapat perbedaan hasil yang signifikan, yaitu mendapatkan nilai error 0,49% dan tingkat akurasi sebesar 99,51%.
4. Hasil pengujian sistem keseluruhan berjalan dengan baik. NodeMCU berhasil menjalankan program pembacaan sensor pada ujung jari telunjuk untuk pendeteksian saturasi oksigen dan detak jantung. Kemudian NodeMCU berhasil mengklasifikasi hipoksia dengan metode *fuzzy logic*. Lalu, data *output* berupa nilai saturasi oksigen, detak jantung, dan klasifikasi hipoksia berhasil ditampilkan pada aplikasi Blynk dan OLED *display*.

## Referensi

- [1] F. Rozie, F. Hadary, and F. T. P. W, "Rancang Bangun Alat Monitoring Jumlah Denyut Nadi/Jantung Berbasis Android," *Tek. Electro*, vol. 1, pp. 1–10, 2014, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/>.
- [2] C. J. S. Dewi, R. Yaswir, and D. Desywar, "Korelasi Tekanan Parsial Oksigen Dengan Jumlah Eritrosit Berinti Pada Neonatus Hipoksemia," *J. Kesehat. Andalas*, vol. 8, no. 1, p. 76, 2019, doi: 10.25077/jka.v8i1.973.
- [3] S. Seifi, A. Khatony, G. Moradi, A. Abdi, and F. Najafi, "Accuracy of pulse oximetry in detection of oxygen saturation in patients admitted to the intensive care unit of heart surgery: Comparison of finger, toe, forehead and earlobe probes," *BMC Nurs.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–7, 2018, doi: 10.1186/s12912-018-0283-1.
- [4] A. Andriani and R. Hartono, "Saturasi Oksigen dengan Pulse Oximetry dalam 24 Jam Pada Pasien Dewasa Terpasang Ventilator di Ruang ICU Rumah Sakit Panti Wilasa Citarum Semarang," *Jendela Nurs. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 257–263, 2013.
- [5] A. E. Hindarto, Izza Anshory, "Aplikasi Pengukur Deteksi Detak dan Suara Jantung," *Saintek*, vol. 13, no. 1, pp. 1–62, 2016, [Online]. Available: [http://dev2.kopertis7.go.id/uploadjurnal/Saintek Vol 13 no 1 Juni 2016.pdf](http://dev2.kopertis7.go.id/uploadjurnal/Saintek%20Vol%2013%20no%201%20Juni%202016.pdf).
- [6] D. Anugrah, "Rancang Bangun Pengukur Laju Detak Jantung Berbasis PLC Mikro," *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.)*, vol. 1, no. 3, pp. 163–170, 2016, doi: 10.21831/elinvo.v1i3.10857.
- [7] G. Hariyanto, W. R. K, and F. C. S. A, "Rancang Bangun Oksimeter Digital Berbasis Mikrokontroler."
- [8] R. B Northrop, *Non-Invasive Instrumentation and Measurement in Medical Diagnosis*. 2017.
- [9] D. P. P. Indriani, Yudianingsih, and E. L. Utari, "Perancangan Pulse Oximetry Dengan Sistem Alarm Prioritas Sebagai Vital Monitoring Terhadap Pasien," *J. Teknol. Inf.*, vol. 9, no. 27, pp. 93–107, 2014.
- [10] E. S. Puspita and L. Yulianti, "Perancangan sistem peramalam cuaca berbasis Logika Fuzzy," *Media Infotama*, vol. 12, no. 1, pp. 1–10, 2016.