

# Monitoring Hipoksemia dan Kondisi Kesehatan Pasien Berbasis *Smartphone* dengan Metode *Fuzzy Logic*

Daniel Stefanus Ginting<sup>1</sup>, Sabar Pramono<sup>2</sup>, Peni Handayani<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : daniel20021997sg@gmail.com

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : pramonosabar@yahoo.com

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : penihandayani@ymail.com

## ABSTRAK

Pemantauan status kesehatan pasien rawat jalan seperti: pengidap penyakit jantung, paru-paru basah, asma, vertigo, dan lain-lain sangat penting dilakukan untuk dapat melihat perkembangan kesehatan pasien tersebut. Saat ini dokter memantau status kesehatan pasien rawat jalan hanya dengan memberikan jadwal rutin untuk melakukan *check-up*. Hal ini menjadi kurang efektif karena dokter tidak dapat memantau kondisi pasien setiap hari, sehingga dokter tidak dapat mengetahui jika pasien mengalami suatu kondisi yang dapat memperburuk kesehatannya, salah satunya kondisi hipoksemia. Kondisi hipoksemia adalah kondisi kurangnya oksigen pada darah arteri. Hipoksemia dapat dialami kapan saja dan dimana saja. Kondisi hipoksemia yang dialami pasien jika tidak diketahui dan ditangani secara cepat, dapat merusak organ vital tubuh seperti hati, jantung, otak, bahkan dapat menyebabkan kematian. Alat rancangan dilengkapi teknologi IoT (*Internet of Things*), sehingga data dapat dikirim melalui internet, dan dapat dilihat melalui *smartphone* pasien rawat jalan dan dokter. Metode *fuzzy logic* digunakan untuk mengambil kesimpulan tingkat hipoksemia dari parameter saturasi oksigen, serta metode fusion sensor untuk status kesehatan pasien menggunakan parameter tingkat hipoksemia, detak jantung, dan suhu tubuh. Hasil Pengujian menunjukkan bahwa tingkat Hipoksemia dapat diukur dengan tingkat akurasi rata-rata 97,98%, dan tingkat kepresisian 98,08%.

### Kata Kunci

*Hipoksemia, Status Kesehatan, Pasien Rawat Jalan, Internet of Things, Fuzzy Logic*

## 1. PENDAHULUAN

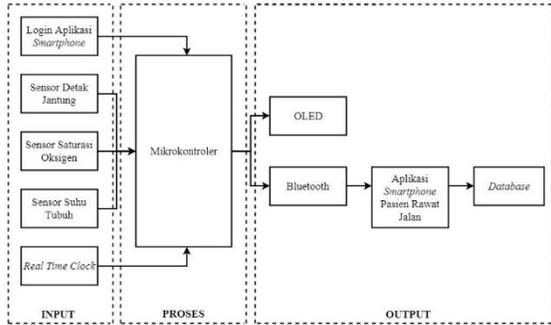
Hipoksemia merupakan suatu kondisi yang dialami seseorang ketika saturasi oksigen didalam darah menurun. Kondisi hipoksemia dapat dialami oleh orang yang mengidap berbagai penyakit seperti: anemia, ARDS, asma, kelainan jantung, vertigo, pneumonia, dan lain-lain [1].

Hipoksemia merupakan kondisi yang cukup berbahaya karena tidak dapat dideteksi secara visual. Ketika darah kurang mendapatkan suplai oksigen, keadaan tersebut dapat merusak organ vital seperti otak, hati, dan lainnya. Beberapa gejala yang dialami ketika hipoksemia yaitu: nafas pendek, berkeringat, sesak napas, detak jantung cepat, dan lain sebagainya, sehingga kondisi ini harus cepat dideteksi dan diawasi selalu [1].

Beberapa pasien rumah sakit diperbolehkan pulang dan melakukan aktivitas seperti biasa tanpa mengharuskan pasien tersebut rawat inap, biasa disebut pasien rawat jalan. Umumnya pasien rawat

jalan tetap melakukan *check-up* sesuai anjuran dokter. Keadaan ini menyebabkan pasien rawat jalan jarang melakukan pengecekan tanda vital tubuh secara mandiri, karena kurangnya kesadaran akan pentingnya hal tersebut, maupun karena alat untuk pengukuran tanda vital yang masih berdimensi besar sehingga tidak dapat dibawa kemana-mana.

## 2. METODE



Gambar 1. Diagram blok sistem

Gambar 1 merupakan diagram blok sistem yang dirancang. Terbagi menjadi 3 bagian, yaitu, bagian input, proses, dan bagian output.

### 2.1. Fuzzy Logic

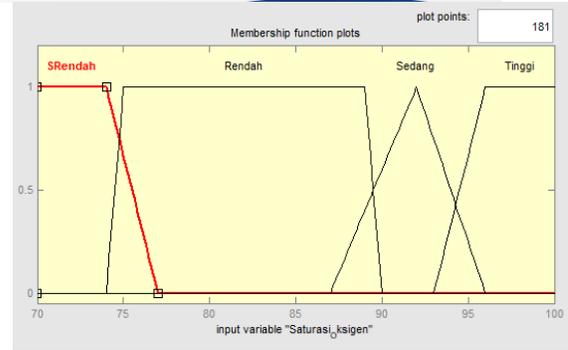
*Fuzzy Logic* memiliki konsep menirukan cara pikir manusia dengan menggunakan sifat kesamaan suatu nilai. Pada logika fuzzy, nilai tidak lagi hanya 0 atau 1 namun seluruh kemungkinan diantara 0 dan 1. *Fuzzy logic* bersifat fleksibel, sehingga dapat memberi toleransi pada ketidakpastian [2]. Tahapan yang dilakukan dalam merancang *fuzzy logic* tugas akhir ini adalah:

- Fuzzyfikasi

Merupakan tahapan pengonversian nilai input dan output sistem menjadi nilai variabel *fuzzy*. Variabel input yang digunakan dalam menentukan tingkat hipoksemia adalah saturasi oksigen darah, dengan fungsi keanggotaan terdiri dari: normal, rendah, sedang, tinggi. Variabel output perancangan *fuzzy* ini adalah tingkat hipoksemia dengan memiliki empat keanggotaan yaitu normal, hipoksemia rendah, hipoksemia sedang, dan hipoksemia tinggi.

Fuzzyfikasi input saturasi oksigen darah memiliki Fungsi keanggotaan *fuzzy* sebagai berikut:

- Tinggi : [93 96 100 100]
- Sedang : [87 92 96]
- Rendah : [74 75 89 90]
- SRendah : [70 70 74 77]



Gambar 2. Fungsi keanggotaan *fuzzy* saturasi oksigen darah

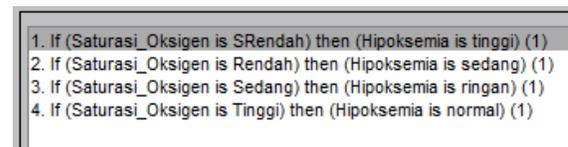
- Evaluasi aturan *fuzzy*

Selanjutnya dilakukan pembuatan aturan *fuzzy* untuk menentukan output *fuzzy*, dengan menggunakan tabel *Fuzzy Associative Memory* (FAM). Tabel FAM yang dibuat merupakan tabel output tingkat hipoksemia yang akan dikeluarkan oleh sistem, seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. FAM

Saturasi Oksigen Darah			
Normal	Rendah	Sedang	Tinggi
Normal	Hipoksemia Rendah	Hipoksemia Sedang	Hipoksemia Tinggi

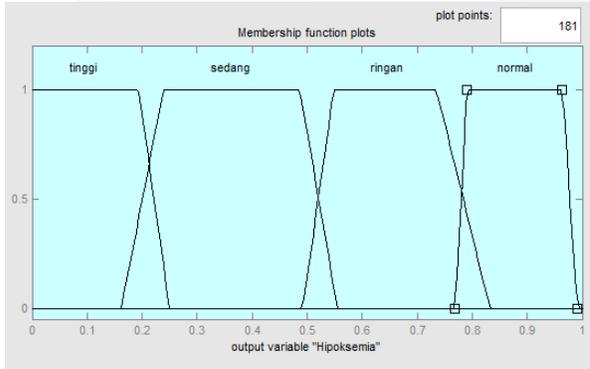
Dari tabel FAM yang telah dibuat, kemudian dibuat aturan *fuzzy* seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Aturan *fuzzy*

- Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi setelah fungsi keanggotaan input serta aturan dibuat, dibuat juga fungsi keanggotaan output *fuzzy* untuk hasil defuzzyfikasi berupa tingkat hipoksemia. Fungsi keanggotaan output *fuzzy* untuk tingkat hipoksemia adalah:

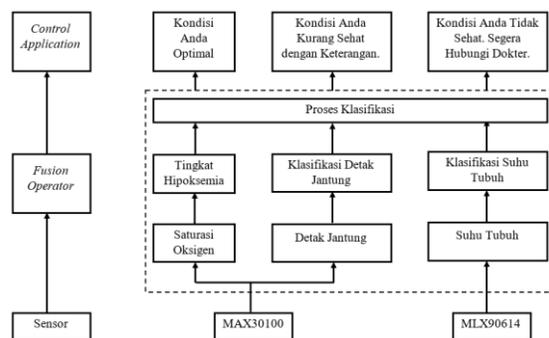


Gambar 4. Fungsi keanggotaan tingkat hipoksemia

- Normal : [0.7691 0.79 0.964 0.991]
- Hipoksemia Ringan : [0.492 0.548 0.735 0.8325]
- Hipoksemia Sedang : [0.162 0.2388 0.487 0.555]
- Hipoksemia Tinggi : [0 0 0.1939 0.25]

## 2.2. Sensor Fusion

Untuk menentukan status kesehatan, digunakan metode *sensor fusion*. Pada Gambar 5 dapat dilihat dalam perancangan *sensor fusion* terbagi menjadi 3 bagian besar yaitu sensor, *fusion operator*, dan *control application*. Keputusan akhir yang dibuat terbagi menjadi tiga klasifikasi yaitu “KONDISI ANDA SANGAT OPTIMAL”, “KONDISI ANDA KURANG SEHAT” dengan keterangan, dan “KONDISI ANDA TIDAK SEHAT” dengan keterangan “SEGERA HUBUNGI DOKTER”.



Gambar 5. Diagram *Sensor Fusion*

Dari diagram blok *sensor fusion* tersebut, maka tabel keputusan akhir dari *sensor fusion* berdasarkan literatur yang didapat seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi keputusan akhir sensor fusion

Klasifikasi	Status Kesehatan
-------------	------------------

	Kondisi Anda Sangat Optimal	Kondisi Anda Kurang Sehat Dengan Keterangan	Kondisi Anda Tidak Sehat. Segera Hubungi Dokter
Detak Jantung	Sangat baik/ Baik/ Cukup	Kurang	-
Saturasi oksigen Darah	Normal	Hipoksemia ringan	Hipoksemia Sedang & Tinggi
Suhu Tubuh	Normal	Hipotermia, Demam	Hyperpyrexia

## 3. PENGUJIAN DAN ANALISA SENSOR

Pengujian sensor dilakukan dengan mengambil data sensor, lalu dilakukan penghitungan tingkat akurasi, presisi, dan eror.

Standar deviasi, adalah nilai untuk menentukan kedekatan antara titik data individu dengan nilai rata-rata sampel, dan melihat sebaran data dalam sampel.

$$\text{Standar deviasi}(s) = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (1)$$

- x = nilai data
- $\bar{x}$  = nilai rata-rata
- n = banyaknya data

Akurasi, menunjukkan kedekatan nilai pengukuran dengan nilai sesungguhnya.

$$\text{Akurasi} = 100\% \left(1 - \frac{\text{Bias} + 3\sigma}{x_{\text{benar}}}\right) \quad (2)$$

- Bias =  $|x_{\text{benar}} - \bar{x}|$
- $\sigma$  = Standar deviasi
- $x_{\text{benar}}$  = nilai sebenarnya

Presisi, adalah kesesuaian beberapa data pengukuran yang sama yang dilakukan berulang.

$$\text{Presisi} = 100\% \left(1 - \frac{3\sigma}{\bar{x}}\right) \quad (3)$$

- $\sigma$  = Standar deviasi
- $\bar{x}$  = nilai rata-rata

Kesalahan relatif, adalah nilai perbandingan antara kesalahan absolut dengan ukuran sesuatu yang

diukur. Kesalahan absolut, adalah nilai penyimpangan suatu pengukuran.

$$K_{relatif} = 100\% \left( \frac{X_{benar} - X_{diukur}}{X_{diukur}} \right) \quad (4)$$

X<sub>diukur</sub> = nilai pengujian

### 3.1. Pengujian Sensor Detak Jantung

Tujuan pengujian sensor detak jantung untuk menghitung nilai presisi, akurasi dan kesalahan relatif sensor. Metoda yang dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor detak jantung dengan alat pembanding yang sudah terverifikasi yaitu Pulse Oximeter. Pengujian presisi sensor detak jantung dilakukan dengan mengambil 1 sampel uji sebanyak 10x menggunakan sensor detak jantung pada alat rancangan. Pengukuran yang dilakukan dalam posisi duduk. Data yang diperoleh seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian sensor detak jantung

Sampel (BPM)	Nomor Pengujian	Detak Jantung Alat Rancangan (BPM)
85	1	83,95
	2	84,06
	3	84,45
	4	86,29
	5	84,01
	6	85,1
	7	85,16
	8	82,24
	9	82,97
	10	83,63

Hasil pengujian sensor ditunjukkan pada Tabel 3, dengan nilai bias sebesar 0,814 dan standar deviasi yang diperoleh sebesar 0,271. Tingkat presisi alat hitung dengan menggunakan persamaan (2). Hasil perhitungan menunjukkan tingkat presisi alat rancang sebesar 99,03%. Tingkat akurasi alat dihitung dengan menggunakan persamaan (3). Hasil perhitungan menunjukkan tingkat akurasi sebesar 98,08%. Kesalahan relatif dihitung menggunakan persamaan (4). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa didapat kesalahan relatif sebesar 9,66%.

### 3.2. Pengujian Sensor Saturasi Oksigen

Tujuan dilakukan pengujian sensor saturasi oksigen untuk menghitung nilai presisi, akurasi, dan kesalahan relatif pada sensor. Metode pengujian yang dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor yang digunakan dengan alat yang sudah terverifikasi oleh kementerian kesehatan RI yaitu Pulse Oximeter. Pengujian dilakukan dengan cara pengambilan data 1 sampel uji sebanyak 10x menggunakan sensor saturasi oksigen pada alat rancangan. Pengukuran dilakukan dalam posisi duduk, dan didapat data seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian sensor saturasi oksigen

Sampel (%)	Nomor Pengujian	Saturasi Oksigen Alat Rancangan (%)
99	1	98
	2	97
	3	98
	4	99
	5	98
	6	98
	7	99
	8	98
	9	98
	10	97

Hasil pengujian sensor ditunjukkan pada Tabel 4, dengan nilai bias sebesar 1 dan standar deviasi yang diperoleh sebesar 0,333. Tingkat presisi alat hitung dengan menggunakan persamaan (2). Hasil perhitungan menunjukkan tingkat presisi alat rancang sebesar 98,98%. Tingkat akurasi alat dihitung dengan menggunakan persamaan (3). Hasil perhitungan menunjukkan tingkat akurasi sebesar 97,98%. Kesalahan relatif dihitung menggunakan persamaan (4). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa didapat kesalahan relatif sebesar 10%.

### 3.3. Pengujian Sensor Suhu

Tujuan pengujian sensor suhu untuk menghitung nilai presisi, akurasi dan kesalahan relatif sensor. Metoda yang dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor detak jantung dengan alat pembanding yang sudah terverifikasi termometer digital. Pengujian dilakukan dengan mengambil 1 sampel uji sebanyak 10x menggunakan sensor suhu

pada alat rancangan. Data yang diperoleh seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian sensor suhu tubuh

Sampel (°C)	Nomor Pengujian	Suhu Tubuh Alat Rancangan (°C)
37	1	37,22
	2	37,19
	3	37,15
	4	37,31
	5	37,25
	6	37,03
	7	37,32
	8	37
	9	37,22
	10	37,26

Hasil pengujian sensor suhu ditunjukkan pada Tabel 5, dengan nilai bias sebesar 0,195 dan standar deviasi yang diperoleh sebesar 0,065. Tingkat presisi alat hitung dengan menggunakan persamaan (2). Hasil perhitungan menunjukkan tingkat presisi alat rancang sebesar 99,47%. Tingkat akurasi alat dihitung dengan menggunakan persamaan (3). Hasil perhitungan menunjukkan tingkat akurasi sebesar 98,94%. Kesalahan relatif dihitung menggunakan persamaan (4). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa didapat kesalahan relatif sebesar 5,24%.

#### 4. PENGUJIAN DAN ANALISA ASPEK PERANGKAT LUNAK

Pengujian dilakukan dengan mendaftarkan akun dengan username “asmaria”, kemudian dilakukan pengambilan data sebanyak tiga kali. Hasil yang didapat seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian sistem

No Pengujian	Tingkat Hipoksemia	SpO2 (%)	HR (bpm)	Suhu (C)
1	NORMAL	100	67	36,03
2	NORMAL	100	68	36,11
3	TINGGI	0	0	28,45

Hasil pengujian yang dilakukan didapat pasien status kesehatan pasien seperti pada Tabel 7.

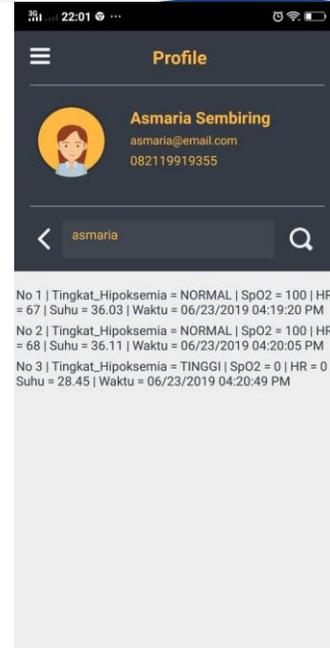
Tabel 7. Status kesehatan hasil pengujian sistem

No Pengujian	Status Kesehatan	Ket
1	Kondisi anda optimal	-
2	Kondisi anda optimal	-
3	Kondisi anda tidak sehat. Segera hubungi dokter	-Kadar SpO2 anda jauh dibawah rata-rata. Rata-rata SpO2 normal adalah 95-100%. - Suhu tubuh anda dibawah rata-rata. Rata-rata suhu tubuh normal adalah 36-37,4 C.

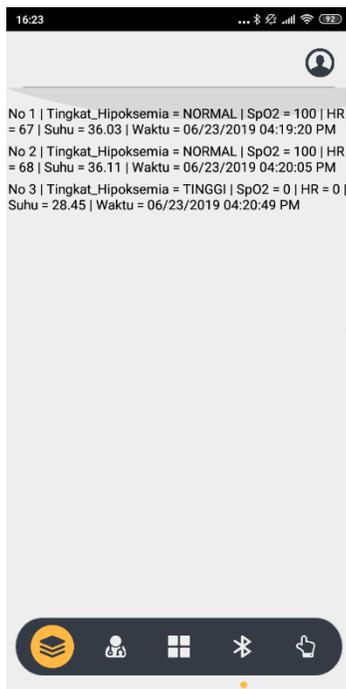
Hasil pengujian yang didapat menunjukkan pengujian 1 dan 2 status kesehatan pasien adalah optimal. Pengujian ke 3 dilakukan saat sensor dibiarkan dan tidak ada bagian tubuh yang menempel pada sensor tersebut. Kondisi ini menyebabkan SpO2 dan HR pasien tidak terbaca sehingga bernilai nol, sedangkan sensor suhu membaca suhu ruangan saat pengecekan dilakukan, sehingga status kesehatan saat pengujian tersebut adalah “Kondisi anda tidak sehat. Segera hubungi dokter”. Gambar 6 merupakan tampilan dari pengujian terakhir yang dilakukan. Gambar 7 merupakan tampilan data log pasien, dimana setiap pengujian yang dilakukan akan disimpan pada database dan ditampilkan pada menu data log tersebut. Gambar 8 merupakan tampilan pada aplikasi dokter, dimana hasil pengujian pasien yang telah dilakukan dapat ditampilkan pada aplikasi dokter, sehingga dokter dapat memantau hasil pengecekan yang dilakukan pasien rawat jalan.



Gambar 6. Tampilan hasil pengujian 3



Gambar 8. Tampilan data log pada aplikasi dokter



Gambar 7. Tampilan data log pengujian

## 5. KESIMPULAN

Hasil pengujian dan pengukuran menunjukkan bahwa:

1. Sensor detak jantung memiliki tingkat presisi sebesar 99,03%, akurasi sebesar 98,08%, dan kesalahan relative sebesar 9,66%.
2. Sensor saturasi oksigen memiliki tingkat presisi sebesar 98,98%, akurasi sebesar 97,98%, dan kesalahan relatif sebesar 10%.
3. Sensor suhu memiliki tingkat presisi sebesar 99,47%, akurasi sebesar 98,94%, dan kesalahan relatif sebesar 5,24%.
4. Sistem dapat menampilkan tingkat hipoksemia dan status kesehatan tubuh dari data yang didapat. Data hasil pengukuran dapat disimpan pada database dan dapat ditampilkan pada aplikasi pasien.
5. Hasil pengujian dapat ditampilkan pada aplikasi dokter sehingga dokter dapat memantau kondisi pasien dari hasil pengecekan yang dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Noya, "Penyebab Hipoksemia dan Cara Mengukurnya," [Online]. Available: <https://www.alodokter.com/penyebab-hipoksemia-dan-cara-mengukurnya>. [Accessed 26 Desember 2018].

- [2] E. Irwansyah and F. Muhammad, Advanced Clustering Teori dan Aplikasi, Depublish, 2015.