

Sistem *Prototype* Perangkat Ventilator bagi Pasien Covid-19 berbasis *Fuzzy Logic*

Sumardi¹, Dinda Janis Habibah², Satryo Budi Utomo⁴, dan Gramandha Wega Intyanto⁵
Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegalboto 68121 Jember, Jawa Timur, Indonesia
gramandha@unej.ac.id⁵

Abstrak

Banyak upaya yang sudah dilakukan oleh pemerintah untuk menekan laju pertumbuhan kasus covid-19, namun tiap harinya selalu terjadi lonjakan kasus terinfeksi positif covid-19. Namun dikarenakan ketersediaan ventilator yang belum memadai, oleh karena itu ambubag bisa menjadi pilihan darurat untuk menggantikan fungsi dari ventilator, yang memiliki prinsip kerja hampir sama namun dilakukan secara manual. Pada penelitian ini akan dikembangkan sebuah sistem prototype perangkat ventilator dengan memanfaatkan ambubag yang kemudian akan di otomatiskan. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah kontrol logika fuzzy. Digunakan sensor oxymeter MAX-30100 untuk mendeteksi nilai saturasi oksigen dan bpm, sensor flow YF-S201 untuk memonitoring laju udara berupa oksigen yang dihasilkan, serta aktuator berupa motor dc power window untuk memompa ambubag. Dalam pengujian kontrol fuzzy pada pembacaan sensor oksimeter menghasilkan rata-rata nilai error persen hasil pengujian secara keseluruhan sebesar 2,406%. Sistem kontrol logika fuzzy yang digunakan dalam penelitian ini menghasilkan kesesuaian yang cukup baik antara hasil defuzzyfikasi saat menggunakan sensor dan hasil defuzzyfikasi saat perhitungan dengan menghasilkan nilai rata-rata error persen sebesar 0,56%.

Kata Kunci — ventilator portabel, covid-19, saturasi oksigen, ambubag

Abstract

Many efforts have been made by the government to suppress the growth rate of COVID-19 cases, but every day there is always a spike in positive cases of COVID-19. However due to inadequate availability of ventilators therefore, the bag valve mask can be an emergency option to replace the function of the ventilator, which has almost the same working principle but is done manually. In this study, a prototype system for a ventilator device will be developed using an bag valve mask which will then be automated. The method that will be used in this research is fuzzy logic control. The MAX-30100 oxymeter sensor is used to detect oxygen saturation and bpm values, the YF-S201 flow sensor is used to monitor the air rate in the form of oxygen produced, and an actuator in the form of a dc power motor window for pumping ambu bags. In testing the fuzzy control on the oxymeter

sensor readings, the average percent error value of the overall test results is 2.406%. The fuzzy logic control system used in this study produces a fairly good match between the results of defuzzyfication when using sensors and the results of defuzzyfication when calculating by producing an average percent error value of 0.56%.

Keywords — portable ventilator, covid-19, oxygen saturation, bag valve mask

I. PENDAHULUAN

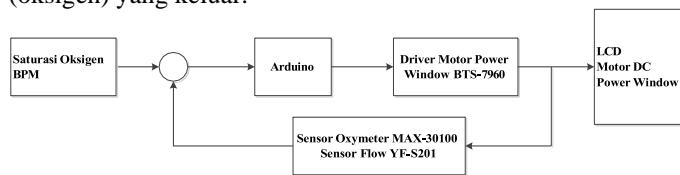
Covid-19 (Coronavirus disease 2019) merupakan sebuah penyakit yang disebabkan oleh jenis coronavirus baru yaitu Novel Coronavirus-2 Sars-Cov-2, yang dilaporkan pertama kali di Wuhan, Tiongkok pada tanggal 31 Desember 2019. Virus ini menginfeksi bagian saluran pernapasan manusia, yang ditandai dengan gejala berupa demam tinggi, batuk, dan sulit bernapas, bahkan pada banyak kasus penderita covid-19 mengalami diare. Hingga saat ini jumlah kasus terinfeksi covid-19 di Indonesia sudah mencapai kurang lebih 4 juta kasus orang terkonfirmasi positif covid-19. Virus ini hampir menyerang seluruh wilayah tidak hanya di Indonesia saja, namun seluruh dunia. Banyak upaya yang sudah dilakukan oleh pemerintah untuk menekan laju pertumbuhan kasus covid-19 ini, namun tiap harinya selalu terjadi lonjakan kasus terinfeksi positif covid-19 yang mengakibatkan banyak fasilitas kesehatan dan tenaga medis kewalahan. Menurut data gugus tugas percepatan penanganan covid-19 menunjukkan bahwa ketersediaan ventilator hanya dimiliki oleh kurang lebih 60% rumah sakit di Indonesia.

Seiring dengan bertambahnya kasus pasien terkonfirmasi positif dengan gejala berat seperti sesak napas, sehingga membutuhkan alat bantu pernapasan seperti ventilator. Ventilator merupakan salah satu peralatan medis yang digunakan untuk membantu pasien yang kesulitan bernapas sehingga seseorang dapat bernapas secara normal kembali dengan bantuan alat ini. Namun dikarenakan ketersediaan ventilator yang belum memadai, oleh karena itu ambubag bisa

menjadi pilihan darurat untuk menggantikan fungsi dari ventilator, yang memiliki prinsip kerja yang hampir sama namun dilakukan secara manual. Pada penelitian ini akan dikembangkan sebuah sistem prototype perangkat ventilator dengan menggunakan metode fuzzy logic dengan memanfaatkan ambubag yang kemudian akan di otomatisasi. Dengan adanya pengembangan ini, diharapkan dapat memudahkan mengatur tingkat aliran oksigen yang dapat dijadikan salah satu referensi dalam pengembangan ventilator yang bersifat portable.

II. METODOLOGI PENELITIAN

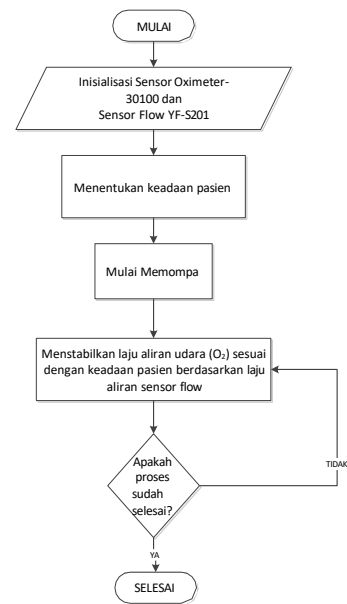
Sistem *prototype* ventilator berbasis *fuzzy logic* ini terdiri dari dua sensor yaitu sensor *flow YF-S201* yang digunakan untuk memonitoring keluaran atau *output* berupa udara yang dimana udara ini berupa oksigen (O_2) dan sensor *oximeter MAX-30100* yang digunakan untuk membaca masukan atau *input* berupa saturasi oksigen dan bpm serta menggunakan satu aktuator berupa motor dc power window. Dimana sensor *max-30100* ini digunakan sebagai indikator *input* atau masukan berupa pembacaan nilai saturasi oksigen dan bpm yang kemudian akan mengaktifkan motor power window untuk memompa ambubag yang kemudian sensor *flow* akan mendeteksi dan membaca nilai *output* yang berupa udara (oksigen) yang keluar.



Gbr 1 Blok Diagram Perangkat Keras (*Hardware*)

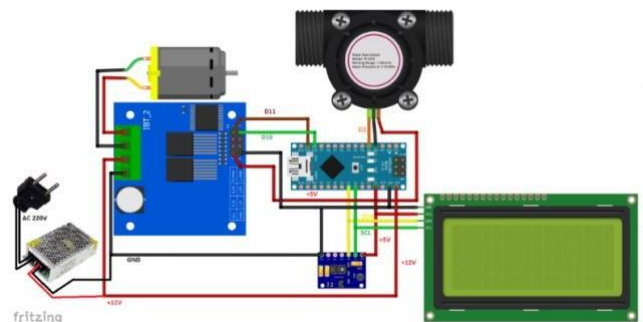
Pada Gambar 1. terdapat diagram blok diagram sistem prototype perangkat ventilator berbasis fuzzy logic yang bertujuan untuk menjelaskan bagaimana susunan sistem yang dibuat secara keseluruhan. Sistem diawali dengan mulai yang berarti sistem pada alat dihidupkan, sistem melakukan penginisialisasian awal yang terhubung ke rangkaian sensor oxymeter MAX-30100 dan sensor flow YF-S201. Setelah itu sensor oxymeter akan membaca nilai saturasi oksigen dan bpm. Kemudian dari hasil pembacaan sensor oxymeter tersebut dapat diketahui keadaan pasien, sehingga sistem akan melakukan proses selanjutnya sesuai dengan keadaan pasien. Jika keadaan pasien sudah diketahui melalui hasil pembacaan sensor oxymeter tersebut maka motor dc power window akan mulai memompa ambubag yang kemudian sensor flow meter akan mulai mendeteksi dan membaca nilai hasil output dari pompa ambubag berupa udara (oksigen) yang selanjutnya akan dimonitoring selama kurang lebih 5 menit pada masing-masing pasien untuk menstabilkan laju aliran udara yang keluar. Jika laju aliran udara belum sesuai, proses akan memulai kembali untuk menstabilkan laju aliran udara yang keluar dan jika laju aliran udara yang keluar sudah stabil

sistem akan selesai. Proses alur kerja dari sistem prototype perangkat ventilator berbasis fuzzy logic dapat dilihat pada Gambar 2. dibawah ini.



Gbr 2. Flowchart Prototype Ventilator

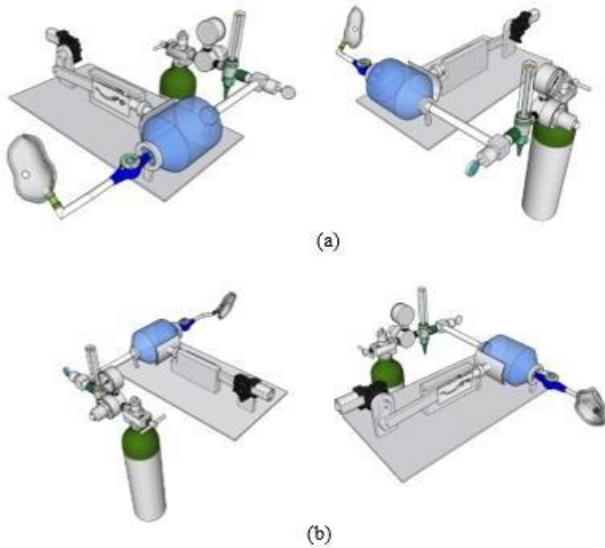
Dalam pembuatan sistem prototype perangkat ventilator berbasis fuzzy logic ini terdapat rangkaian sistem utama. Rangkaian sistem utama tersebut merupakan suatu rangkaian yang terdapat beberapa bagian diantaranya adalah sensor MAX-30100, sensor flow YF-S201, motor dc power window, driver motor dc power window BTS-7960, mikrokontroler (Arduino Nano), LCD, dan catu daya. Rangkaian dan skema sistem utama tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gbr 3 Rangkaian Elektronika

Perancangan dan pembuatan sistem ini sesuai dengan blok diagram pada gambar 1. Dimana terdapat 4 bagian yaitu monitoring yang meliputi sensor-sensor yang digunakan pada saat proses monitoring air untuk memantau kekeruhan, amonia, dan pH. Selanjutnya bagian kontrol yang merupakan mikrokontroler arduino untuk melakukan perhitungan

persamaan Naive Bayes untuk menentukan kondisi air akuarium dan mengatur output yang tepat berdasarkan perhitungan Naive Bayes. Kemudian bagian tampilan yang merupakan LCD untuk menampilkan data yang sudah diolah oleh mikrokontroler. Yang terakhir adalah bagian output dimana bagian ini berfungsi sebagai alat kontrol air akuarium.



Gbr. 4 Desain Alat Tampak (a) Atas Samping Kiri (b) Atas Samping Kanan

Perancangan Fuzzy dimulai dari tahap fuzzyfikasi yang digunakan untuk pembentukan fungsi keanggotaan (*membership function*), tahap kedua *inference* untuk pembentukan aturan dasar (*rule base*), dan tahap ketiga defuzzyfikasi yang digunakan untuk menentukan hasil dari *rule base*.

A. Tahap Fuzzyfikasi

Tahap Fuzzyfikasi ini membentuk fungsi keanggotaan yang digunakan untuk memetakan input dan output dari hasil proses pembacaan sensor. Variabel input terdiri dari tingkat aliran udara yang dikeluarkan dengan masing-masing himpunan. Variabel masukan pertama yaitu nilai SaO2 yang merupakan saturasi oksigen (O2), kedua yaitu BPM, sedangkan untuk fungsi keluaran Flow yang diukur dari PWM motor dc power window.

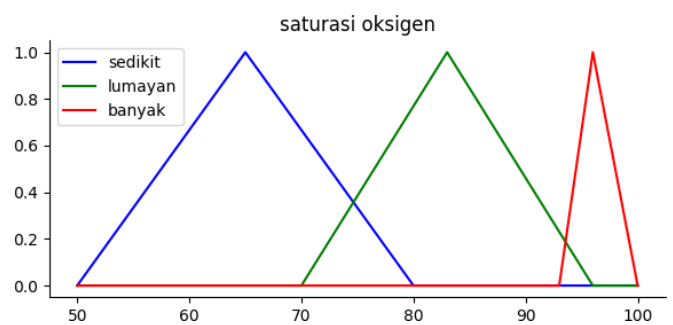
a. Himpunan saturasi oksigen (O2)

$$sedikit = \begin{cases} 0, & x \leq 50, x \geq 80 \\ \frac{x-50}{60-50}, & 50 \leq x \leq 60 \\ \frac{80-x}{80-60}, & 60 \leq x \leq 80 \end{cases} \quad (1)$$

$$lumayan = \begin{cases} 0, & x \leq 70, x \geq 80 \\ \frac{x-70}{83-70}, & 70 \leq x \leq 83 \\ \frac{96-x}{96-83}, & 83 \leq x \leq 96 \end{cases} \quad (2)$$

$$banyak = \begin{cases} 0, & x \leq 93, x \geq 100 \\ \frac{x-93}{96-93}, & 93 \leq x \leq 96 \\ \frac{100-x}{100-96}, & 96 \leq x \leq 100 \end{cases} \quad (3)$$

Pada fungsi keanggotaan saturasi oksigen terdiri dari keanggotaan sedikit dengan batas nilai 0 hingga 80, lumayan dengan batas nilai sebesar 70 hingga 96, dan normal dengan batas nilai sebesar 93 hingga 100.



Gbr 5. Fungsi Keanggotaan Variabel Saturasi Oksigen

b. Variabel BPM

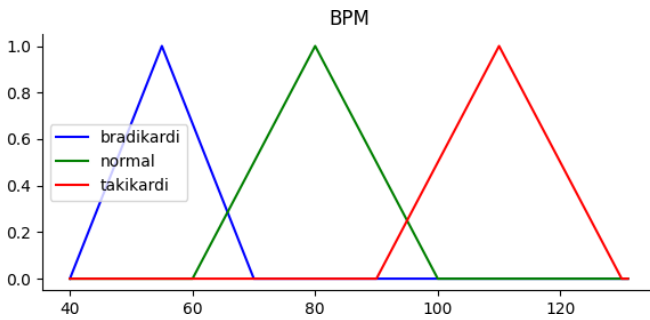
$$bradikardi = \begin{cases} 0, & x \leq 40, x \geq 70 \\ \frac{x-40}{55-40}, & 40 \leq x \leq 55 \\ \frac{70-x}{70-55}, & 55 \leq x \leq 70 \end{cases} \quad (4)$$

$$normal = \begin{cases} 0, & x \leq 60, x \geq 100 \\ \frac{x-60}{80-60}, & 60 \leq x \leq 80 \\ \frac{100-x}{96-83}, & 83 \leq x \leq 96 \end{cases} \quad (5)$$

$$takikardi = \begin{cases} 0, & x \leq 90, x \geq 130 \\ \frac{x-90}{110-90}, & 90 \leq x \leq 110 \\ \frac{130-x}{130-110}, & 110 \leq x \leq 130 \end{cases} \quad (6)$$

Pada fungsi keanggotaan BPM terdiri dari keanggotaan takikardi dengan batas nilai sebesar 90 hingga 130, bradikardi

dengan batas nilai sebesar 40 hingga 70, dan normal dengan batas nilai sebesar 60 hingga 100.



Gbr 6. Fungsi Keanggotaan Variabel Saturasi Oksigen

B. Tahap Inference

Tahap inference ini dilakukan pembentukan dasar aturan (rule based) dari fuzzy logic. Aturan yang digunakan berasal dari variabel yang sudah ditentukan pada tahap fuzzyfikasi. Penjelasan detail aturan pada Tabel 1. Dimana L adalah lambat, S adalah sedang, dan C adalah Cepat, nantinya aturan dinyatakan sebuah hubungan “if-then” atau “jika-maka”.

Tabel 1 Dasar Aturan (Rule Base)

		Saturasi		
		Sedikit	Lumayan	Banyak
BPM	Bradikardi	C	C	S
	Normal	S	S	L
	Takikardi	C	C	S

C. Tahap Defuzzyfikasi

Selain pembuatan sebuah desain dan rangkaian utama dalam proses pembuatan alat sistem prototype perangkat ventilator berbasis fuzzy logic ini juga dibuat rancangan perangkat lunak untuk menjalankan dari rangkaian utama pada alat ini. Dalam proses perancangan secara perangkat lunak (software) ada beberapa tahapan atau proses yang dilakukan. Tahap pertama dalam proses ini yaitu fuzzyfikasi, dimana pada tahap pertama ini dilakukan sebuah proses pembentukan membership function yang berfungsi untuk memetakan input dan output nilai yang dihasilkan dari proses pembacaan sensor. Pada tahap ini digunakan dua inputan yaitu, nilai SaO2 yang merupakan saturasi oksigen dan terdiri dari keanggotaan sedikit, lumayan, dan banyak. Kemudian, variabel masukan kedua ialah nilai detak jantung (BPM) yang terdiri dari keanggotaan bradikardi, normal, dan takikardi. Variabel keluaran atau output berupa kecepatan dari motor dc power window ketika memompa kantong ambu yang terdiri dari keanggotaan lambat, sedang, dan cepat. Kemudian tahap kedua yaitu tahap interference, pada tahapan ini dilakukan proses pembentukan rule base atau aturan dasar, dimana pada

tahap ini terdapat sembilan rule base atau aturan dasar yang digunakan. Tahap ketiga yaitu tahap defuzzyfikasi, pada tahap ini merupakan penentuan hasil dari rule base atau aturan dasar yang menghasilkan sebuah keputusan dari logika fuzzy. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode COA (Center of Area) atau biasa disebut dengan metode centroid yang dilakukan dengan mencari titik pusat pada daerah fuzzy hasil proses penalaran. Adapun rumus perhitungan dengan menggunakan metode COA dapat dinyatakan sebagai

$$Z_{COA}^x = \frac{\sum \alpha z}{\sum \alpha} \quad (7)$$

$$\frac{\sum \alpha z}{\sum \alpha} = \frac{\alpha_1 \cdot z_1 + \alpha_2 \cdot z_2 + \alpha_3 \cdot z_3 + \dots + \alpha_n \cdot z_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n} \quad (8)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Pembahasan Sensor Oximeter MAX-30100

Pengujian pada sensor ini bertujuan untuk mengetahui kestabilan sensor dalam melakukan pembacaan nilai saturasi oksigen dan nilai bpm. Selain itu, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor dapat melakukan pembacaan dengan baik atau tidak. Untuk menguji kestabilan dari sensor ini dilakukan sebanyak 10 kali percobaan dengan masing-masing percobaan dilakukan selama kurang lebih 5 menit pada masing-masing orang, disaat yang bersamaan pada jari di sisi yang lainnya dilakukan pembacaan nilai saturasi oksigen dan bpm dengan menggunakan fingertip oksimeter pulse dengan rentang waktu yang sama. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan membandingkan nilai saturasi oksigen dan bpm hasil pembacaan sensor oxymeter dengan pembacaan menggunakan fingertip oxymeter pulse. Dari hasil pembacaan tersebut dilakukan perhitungan nilai selisih error, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Error (\%) = \left| \frac{HS - HP}{HP} \right| \times 100\% \quad (9)$$

Tabel 2 Perbandingan Pengujian Saturasi Oksigen Menggunakan Sensor MAX-30100 dengan Fingertip Oxymeter

Percobaan ke-	SaO ₂ Alat (%)	SaO ₂ Fingertip (%)	Error Persen (%)
1	95	96	1,04
2	96	97	1,03
3	97	95	2,10
4	99	97	2,06
5	100	95	5,26
6	95	96	1,04
7	97	95	2,10
8	99	95	4,21
9	100	96	4,17

10	94	95	1,05
Tabel 3 Perbandingan Pengujian BPM Menggunakan Sensor MAX-30100 dengan Fingertip Oxymeter			
Percobaan ke-	BPM Alat	BPM Fingertip	Error Persen (%)
1	89,38	95	5,91
2	87,9	93	5,48
3	92,27	102	9,5
4	93,8	96	2,29
5	75,87	75	1,16
6	95,12	94	1,2
7	102,4	95	7,7
8	88,73	85	4,4
9	70,47	77	8,4
10	106,8	105	1,7

Dari tabel 2 hasil percobaan yang didapat, rata-rata selisih error antara hasil pembacaan saat menggunakan sensor dengan hasil pembacaan saat menggunakan fingertip oximeter pulse yaitu sebesar 2,406% untuk rata-rata error persen pembacaan saturasi oksigen dan 4,77% untuk rata-rata error persen pembacaan bpm.

B. Pengujian Kesesuaian Hasil Defuzzyfikasi

Pengujian kesesuaian hasil defuzzyfikasi ini dilakukan dengan melakukan 10 kali percobaan pada beberapa orang yang berbeda dengan masing-masing percobaan pada masing-masing orang dilakukan selama kurang lebih 5 menit. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil defuzzyfikasi yang dihasilkan oleh sensor dengan hasil defuzzyfikasi perhitungan.

Tabel 4 Hasil Pengujian Defuzzyfikasi

Percobaan ke-	SaO ₂ Alat (%)	BPM	Defuzzy Sensor	Defuzzy Hitung	Error Persen (%)
1	95	60.738	65.87	66.45	0.87
2	95	50.398	117.05	118.1	0.89
3	95	74.638	70.67	70.67	0
4	95	74.638	70.67	70.67	0
5	95	67.668	67.74	68.34	0.88
6	95	48.668	101.30	101.12	0.18
7	95	93.818	115.20	114.26	0.82
8	95	116.80	120.34	119.73	0.5
9	99	85.263	87.57	88.12	0.62
10	95	48.593	102.25	101.34	0.89

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah nilai defuzzyfikasi yang dihasilkan oleh pembacaan sensor menghasilkan nilai yang sama dan sesuai dengan hasil defuzzyfikasi perhitungan. Pada Tabel 3 dibawah ini dapat dilihat hasil defuzzyfikasi saat menggunakan sensor dan hasil

defuzzyfikasi saat perhitungan. Dari beberapa percobaan yang sudah dilakukan tersebut diketahui bahwa hasil nilai defuzzyfikasi yang dihasilkan antara keputusan sensor sesuai dengan hasil perhitungan secara manual. Oleh karena itu, baik sensor maupun program dengan metode fuzzy dapat digunakan dalam penelitian ini dan bekerja dengan baik.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari berbagai pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem kontrol logika fuzzy dapat digunakan dalam menentukan kondisi pasien apakah harus menggunakan alat bantu pernapasan atau tidak, berdasarkan kondisi tingkat saturasi oksigen dan bpm pada masing-masing orang. Hal tersebut dapat dibuktikan pada hasil pengujian pembacaan sensor oksimeter yang menghasilkan rata-rata error persen hasil pengujian secara keseluruhan sebesar 2,406%.
2. Pada penelitian ini untuk mengatur aliran oksigen yang dapat dikeluarkan oleh ventilator digunakan sensor oxymeter untuk mengetahui kondisi masing-masing orang berdasarkan nilai saturasi oksigen dan bpm, yang kemudian dapat digunakan untuk menentukan kondisi masing-masing orang dan ventilator akan secara otomatis mengatur dan memonitoring aliran udara berupa oksigen (O₂) yang keluar untuk pasien.
3. Sistem kontrol logika fuzzy yang digunakan dalam penelitian ini menghasilkan kesesuaian yang cukup baik antara hasil defuzzyfikasi saat menggunakan sensor dan hasil defuzzyfikasi saat perhitungan. Hal tersebut dapat dibuktikan pada tabel 3 tabel kesesuaian pengujian antara hasil defuzzyfikasi sensor dengan hasil defuzzyfikasi saat perhitungan dengan rata-rata error persen yang dihasilkan sebesar 0,56%.

REFERENSI

- [1] Carr, J.J., & Brown, J.M. (2001). Introduction to Biomedical Equipment Technology Fourth Edition. New York. Prentice Hall.
- [2] WHO, "WHO | Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak - About the Virus." <http://www.euro.who.int/en/health-topics/health-emergencies/coronavirus-covid-19/novelcoronavirus-2019-ncov> (diakses pada 29 Januari 2021).
- [3] Situasi Virus Corona - Covid19.go.id." <https://www.covid19.go.id/situasi-virus-corona/> (diakses pada 29 Januari 2021).
- [4] Qoyima, R.A.N. 2020. Desain Sistem Inkubator Bayi Otomatis Dengan Metode Kontrol FuzzyPID. Skripsi. Jember : Fakultas Teknik
- [5] Nasution,H. 2012. Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan. Jurnal ELKHA. 4(2) : 4-7.
- [6] S. Khairunnisa, I.D. Gede, H. Wisana, I. Priyambada, C. Nugraha, and J. T. Elektromedik, "RANCANG BANGUN PULSE OXIMETER BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS)," 2014.
- [7] D. Bagus, S. Budi, R. Maulana, and H. Fitriyah, "Sistem Deteksi Gejala Hiposia Berdasarkan Saturasi Oksigen dan Detang Jantung menggunakan Metode Fuzzy Berbasis Arduino,"
- [8] C. P. Oximeter and H. Sensor, "Pulse Oximeter and Heart Rate Sensor IC for Weareble Health Beneits and Features MAX30100 Pulse

- Oximeter and Heart Rate Sensor IC for Weareble Health Absolute Maximum Ratings Supply Current in Shutdown,”
- [8] A. Mohsen et al., “Design and Prototyping of a Low-cost Portable Mechanical Ventilator,”
- [10] M. Shahid, “Prototyping of Artificial Respiration Machine Using Ambu Bag Compression,” 2019 Int. Conf. Electron. Information, Commun.
- [11] L. A. Zadeh, “Fuzzy Logic,” *Comput. Complex. Theory, Tech. Appl.*, vol. 9781461418, pp. 1177–1200, 2013, doi: 10.1007/978-1-4614-1800-9_73.
- [12] Sherwood L. *Fisiologi manusia dari sel ke sistem*. 6th ed. Jakarta: EGC; 2012.
- [13] Andriani, A., & Hartono, R. (2013). Saturasi Oksigen Dengan Pulse Oxymetri Dalam 24 jam Pada Pasien Dewasa Terpasang ventilator di Ruang ICU RS. Panti Wilasa Citarum Semarang. Saturasi Oksigen Dengan Pulse Oximetry Dalam 24 Jam Pada Pasien Dewasa Terpasang Ventilator Di Ruang ICU Rumah Sakit Panti Wilasa Citarum Semarang, 2(1), 257–263. <https://media.neliti.com/media/publications/243373-saturasi-oksigen-denganpulse-oximetry-d-d46bdd55.pdf>.
- [14] Kozier, B., & Berman, S. (2010). *Buku Ajar Fundamental Keperawatan: Konsep, In Proses, dan Praktik*, Jakarta: EGC.
- [15] Smeltzer, S. C & Barre, B. G. (2017). *Buku ajar keperawatan medikal-bedah Brunner & Suddarth*. *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- [16] Yulia, A., Dahrizal, D., & Lestari, W. (2019). Pengaruh Nafas Dalam dan Posisi Terhadap Saturasi Oksigen dan Frekuensi Nafas Pada Pasien Asma. *Jurnal Keperawatan Raflesia*, 1(1), 67–75.
- [17] Nawawi Harahap, A., Perangin-angin, B., Mahasiswa Ekstensi Fisika Instrumentasi FMIPA USU. *Sistem Pengukuran Detak Jantung Manusia Menggunakan Media Online Dengan Jaringan Wi-Fi Berbasis PC*. <https://media.neliti.com/media/publications/221355-sistem-pengukuran-detak-jantung-manusia.pdf>.

