

**DESAIN DAN PROTOTIPE *PORTABLE MECHANICAL*
VENTILATOR MENGGUNAKAN LOGIKA *FUZZY* UNTUK
PASIEN COVID-19**

TUGAS AKHIR



Oleh :

Rofby Hidayadi

09011281520132

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2020

**DESAIN DAN PROTOTIPE *PORTABLE MECHANICAL*
VENTILATOR MENGGUNAKAN LOGIKA *FUZZY*
UNTUK PASIEN COVID-19**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



**ROFBY HIDAYADI
09011281520132**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

**DESAIN DAN PROTOTIPE *PORTABLE MECHANICAL*
VENTILATOR MENGGUNAKAN LOGIKA *FUZZY* UNTUK
PASIEN COVID-19**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh :

ROFBY HIDAYADI

09011281520132

Palembang, September 2020

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer

Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Reza Firsandaya Malik, M.T.

NIP. 197604252010121001



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.

NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERSETUJUAN

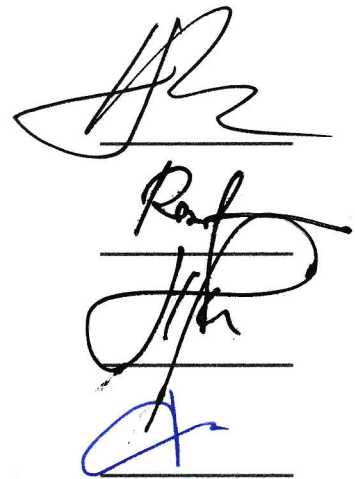
Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Senin

Tanggal : 10 Agustus 2020

Tim Penguji :

1. **Ketua** : Dr. Erwin, M.Si.
2. **Sekretaris** : Dr. Reza Firsandaya Malik, M.T.
3. **Anggota I** : Huda Ubaya, M.T.
4. **Anggota II** : Kemahyanto Exaudi, M.T.



The image shows four handwritten signatures, each written over a horizontal line. The signatures are in black ink, except for the bottom one which is in blue ink. The signatures correspond to the names listed in the adjacent list: Dr. Erwin, Dr. Reza Firsandaya Malik, Huda Ubaya, and Kemahyanto Exaudi.

Mengetahui,
Ketua Jurusan Sistem Komputer



A large, stylized handwritten signature in black ink, written over a horizontal line. The signature is cursive and appears to be 'Sukemi'.

Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rofby Hidayadi

NIM : 09011281520132

Judul : Desain dan Prototipe *Portable Mechanical Ventilator* Menggunakan Logika *Fuzzy* untuk Pasien COVID-19

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 1%

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam Laporan Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.



Palembang, September 2020



Rofby Hidayadi

NIM. 09011281520132

HALAMAN PERSEMBAHAN

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S. Al-Insyirah 94 : 6)

Kupersembahkan khusus untuk yang selalu bertanya :

“Kapan Wisuda?”

Terlambat lulus bukanlah hal yang memalukan, karena sesungguhnya setiap orang memiliki jalan dan waktunya masing-masing. Alangkah tidak adilnya hidup jika mengukur seseorang berdasarkan cepat atau lambat nya lulus. Hal yang terpenting adalah bagaimana kamu lulus dan apa yang kamu lakukan untuk lulus. Terima kasih teruntuk keluargaku dan kamu yang selalu mensupport dan mendoakanku disetiap waktu.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, atas segala karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Desain dan Prototipe *Portable Mechanical Ventilator* Menggunakan Logika *Fuzzy* untuk Pasien COVID-19”**.

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk melengkapi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Komputer di Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya. Adapun sebagai bahan penulisan, penulis mengambil berdasarkan hasil penelitian serta observasi dari berbagai sumber literatur yang mendukung dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Atas selesainya Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala Tuhan Yang Maha Esa, dan juga terima kasih kepada yang terhormat :

1. Kedua Orang Tua tercinta Mamak dan Bapak, serta Adek ku tercinta yang selalu memberikan do'a, restu, serta dukungan yang sangat besar selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Ir. H. Sukemi, M.T., selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Rossi Passarella, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya terdahulu.
5. Bapak Dr. Reza Firsandaya Malik, M.T., selaku Pembimbing Tugas Akhir.
6. Bapak Ahmad Heryanto, S.Kom., M.T., selaku Pembimbing Akademik.
7. Bapak Dr. Erwin, M.Si., Huda Ubaya, M.T., dan Bapak Kemahyanto Exaudi, M.T., selaku Ketua Sidang dan Dewan Penguji Sidang Seminar Proposal dan Komprehensif.
8. Bapak Rahmat Fadli Isnanto, S.Si., M.Sc, selaku Kepala Laboratorium Perangkat Keras Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

9. Bapak Ahmad Zarkasi, M.T., selaku Kepala Laboratorium Robotik, Sistem Kendali, dan Sistem Tertanam Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
10. Mbak Iis Oktaria dan Mbak Winda Kurnia Sari, selaku admin Akademik dan admin Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
11. Seluruh dosen, staff, serta karyawan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
12. Rahmi Khoirani, S.Kom., yang selalu mendo'akan, membantu, serta memberikan semangat dan motivasi selama masa perkuliahan hingga proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
13. Mbak Annisa Soleha, Kak Faris Nabil Arsyad, S.Kom, dan Kak Hanif Maghfur, S.Kom, selaku kakak tingkat di perkuliahan yang telah banyak membantu dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
14. Seluruh teman-teman seperjuangan angkatan 2015 Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
15. Seluruh Pejuang Superteam Himasisko periode 2015/2016 dan 2016/2017.
16. Almamater Universitas Sriwijaya. Terima kasih sudah memberikan saya kesempatan untuk merasakan suka dan duka di kampus kuning.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, segala saran dan kritik sangatlah penting bagi penulis. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan berguna bagi khalayak.

Palembang, September 2020
Penulis

Rofby Hidayadi
NIM. 09011281520132

DESAIN DAN PROTOTIPE *PORTABLE MECHANICAL VENTILATOR* MENGGUNAKAN LOGIKA *FUZZY* UNTUK PASIEN COVID-19

Rofby Hidayadi (09011281520132)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email : rofbay.hidayadi7@gmail.com

ABSTRAK

Corona Virus Disease 2019 (COVID-19) merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh *Novel Coronavirus 2 (SARS-CoV-2)*. Pada umumnya, orang yang menderita COVID-19 akan mengalami kesulitan dalam bernapas, sehingga memerlukan bantuan pernapasan menggunakan *ventilator*. *Ventilator* pada umumnya memiliki harga yang sangat mahal, sedangkan alat bantu ini dibutuhkan banyak pasien COVID-19. Oleh karena itu, alat *Bag-Valve Mask (BVM)* atau *ambu bag* menjadi pilihan darurat untuk menggantikan fungsi dari *ventilator*. Penelitian ini bertujuan untuk membuat *ambu bag* yang dapat diaplikasikan menjadi *mechanical ventilator* yang bersifat *portable*. Sehingga, *ambu bag* yang awalnya digunakan secara manual dapat digunakan secara otomatis seperti mesin *ventilator* pada umumnya. *Portable mechanical ventilator* yang telah dibuat pada penelitian ini berupa desain dan prototipe dengan menggunakan metode logika *fuzzy* Sugeno sebagai pengontrol lengan mekanik berdasarkan PWM (*Pulse Width Modulation*) motor DC dalam memberikan tekanan ke *ambu bag*. Jenis tekanan lengan mekanik ke *ambu bag* pada penelitian ini terbagi beberapa jenis yaitu *very low pressure* (51 PWM), *low pressure* (102 PWM), *middle pressure* (153 PWM), *high pressure* (204 PWM), dan *very high pressure* (255 PWM). Dalam menentukan jenis tekanan lengan mekanik tersebut digunakan beberapa parameter seperti *minute volume*, *respiratory rate*, dan *volume tidal*. *Portable mechanical ventilator* yang telah dibuat pada penelitian ini menggunakan prinsip kerja *positive-pressure ventilator* dan sensor tekanan MPX5500DP sebagai *air breathing sensor* yang berguna sebagai umpan balik ke pengguna.

Kata Kunci : COVID-19, *Ventilator*, *Positive-Pressure Ventilator*, *Ambu Bag*, Logika *Fuzzy* Sugeno, PWM Motor DC, Sensor Tekanan MPX5500DP

DESIGN AND PROTOTYPE PORTABLE MECHANICAL VENTILATOR USING FUZZY LOGIC FOR COVID-19 PATIENT

Rofby Hidayadi (09011281520132)

Departement of Computer Engineering, Faculty of Computer Science, Sriwijaya University

Email : rofby.hidayadi7@gmail.com

ABSTRACT

Corona Virus Disease 2019 (COVID-19) is an infectious disease caused by Novel Coronavirus 2 (SARS-CoV-2). Generally, COVID-19 patients will have difficulty breathing, so they need ventilator for breathing assistance. Ventilator has a very high cost, while this machine needed by COVID-19 patients. Therefore, Bag-Valve Mask (BVM) or ambu bag becomes an emergency choice to replace ventilator functions. This research aims to make ambu bag applicable to portable mechanical ventilator. So, ambu bag which was originally used manually can be used automatically like a ventilator machine. Portable mechanical ventilator that has been made in this research consist of design and prototype using Sugeno fuzzy logic method as a controller mechanical arm based on motor DC PWM (Pulse Width Modulation) in applying pressure to ambu bag. Types of mechanical arm pressure to ambu bag in this research are divided into several types, namely very low pressure (51 PWM), low pressure (102 PWM), middle pressure (153 PWM), high pressure (204 PWM), and very high pressure (255 PWM). In determining the type of mechanical arm pressure using several parameters such as minute volume, respiratory rate, and tidal volume. Portable mechanical ventilator that has been made in this research using principle of positive-pressure ventilator and pressure sensor MPX5500DP for air breathing sensor as feedback to the user.

Keywords : COVID-19, Ventilator, Positive-Pressure Ventilator, Ambu Bag, Sugeno Fuzzy Logic, Motor DC PWM, Pressure Sensor MPX5500DP

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Persetujuan	iii
Halaman Pernyataan	iv
Halaman Persembahan	v
Kata Pengantar	vi
Abstrak	viii
<i>Abstract</i>	ix
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xvii
Daftar Lampiran	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Manfaat	2
1.4 Rumusan dan Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pendahuluan	5
2.2 COVID-19	5
2.3 <i>Ventilator</i>	7
2.3.1 Prinsip Kerja <i>Ventilator</i>	8
2.3.2 Mode <i>Ventilator</i>	9
2.3.3 Konsep <i>Ventilator</i> Menurut Dokter	13
2.3.4 Spesifikasi <i>Portable Ventilator</i> Menurut Lembaga Kesehatan	17

2.4	<i>Bag-Valve Mask (BVM)</i>	18
2.5	Logika <i>Fuzzy</i>	20
2.5.1	Himpunan <i>Fuzzy</i>	21
2.5.2	Fungsi Keanggotaan	22
2.5.3	Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i>	23
2.5.4	Metode Sugeno	24
2.6	Perangkat Keras	28
2.6.1	Mikrokontroler	28
2.6.2	Potensiometer	30
2.6.3	<i>Buzzer</i>	31
2.6.4	LED RGB	32
2.6.5	L298N	33
2.6.6	Sensor Tekanan	34
2.6.7	<i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	37
2.6.8	Motor DC	39
2.6.9	IC <i>Multiplexer</i>	41
2.7	Perangkat Lunak	44
2.7.1	Arduino IDE	44
2.7.2	Autodesk Fusion 360	45
BAB 3 METODOLOGI		
3.1	Pendahuluan	46
3.2	Kerangka Kerja	46
3.3	Studi Literatur	48
3.4	Perancangan Prototipe Alat	48
3.4.1	Desain 2D	48
3.4.2	Desain 3D	58
3.4.3	Desain Keseluruhan	62
3.4.4	Prototipe Alat Keseluruhan	65
3.5	Perancangan Sistem	69
3.5.1	Algoritma Sistem Mekanik	69
3.5.2	Algoritma Logika <i>Fuzzy</i>	77

3.5.3 Rangkaian Elektronik Sistem	85
3.6 Pengujian Sensor dan <i>Hardware</i>	88
3.6.1 Pengujian Sensor Tekanan	89
3.6.2 Pengujian <i>Hardware</i>	94
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pendahuluan	101
4.2 Desain Keseluruhan Prototipe Alat	101
4.3 Prototipe Alat Keseluruhan	102
4.4 Implementasi Rangkaian Elektronik Sistem	103
4.5 Penghitungan Manual Rumus <i>Minute Volume</i>	104
4.6 Penghitungan Manual Rumus <i>Lung Compliance</i>	105
4.7 Penghitungan Skenario 1	106
4.8 Hasil Penghitungan Skenario 1	106
4.9 Penghitungan Skenario 2	107
4.10 Hasil Penghitungan Skenario 2	108
4.11 Pengujian Skenario <i>Very Low Pressure</i>	108
4.12 Pengujian Skenario <i>Low Pressure</i>	110
4.13 Pengujian Skenario <i>Middle Pressure</i>	111
4.14 Pengujian Skenario <i>High Pressure</i>	113
4.15 Pengujian Skenario <i>Very High Pressure</i>	114
4.16 Analisis Data Hasil Pengujian Skenario <i>Pressure</i>	116
4.17 Pengujian Skenario Alarm <i>Lung Compliance</i>	121
4.18 Analisis Data Hasil Pengujian Alarm <i>Lung Compliance</i>	125
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	126
5.2 Saran	126
DAFTAR PUSTAKA	128
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Visualisasi 2019-nCoV	6
2.2 Struktur RNA genomik antara SARS-CoV dan 2019-nCoV	6
2.3 Data penyebaran 2019-nCoV	7
2.4 <i>Positive-pressure ventilator</i>	8
2.5 <i>Negative-pressure ventilator</i>	9
2.6 Mode <i>volume control</i> (VC)	10
2.7 Mode <i>pressure control</i> (PC)	11
2.8 Mode <i>synchronized intermitten mandatory ventilation</i> (SIMV)	12
2.9 Mode <i>pressure support</i> (PS)	13
2.10 Konsep cara kerja <i>ventilator</i>	14
2.11 Fase pernapasan dengan <i>ventilator</i>	15
2.12 Fase tekanan pada saat proses inspirasi dan ekspirasi	15
2.13 Penilaian ventilasi	16
2.14 Penilaian oksigenasi	17
2.15 Komponen standar <i>ambu bag</i>	19
2.16 Metode standar pengoperasian <i>ambu bag</i>	20
2.17 Diagram (a) himpunan tegas (<i>crisp</i>)	22
2.17 Diagram (b) himpunan <i>fuzzy</i>	22
2.18 Fungsi (a) kurva segitiga	23
2.18 Fungsi (b) kurva trapesium	23
2.19 Struktur dasar sistem inferensi <i>fuzzy</i>	24
2.20 Fungsi kurva segitiga	26
2.21 Fungsi kurva trapesium	26
2.22 Arduino Uno R3	28
2.23 Struktur dan bentuk potensiometer	30
2.24 <i>Buzzer</i> aktif	31
2.25 LED RGB KY-016	32
2.26 <i>Driver</i> motor L298N	33

2.27	Sensor tekanan MPX5500DP	35
2.28	Dimensi sensor tekanan MPX5500DP	35
2.29	Rumus kalibrasi sensor tekanan MPX5500DP	37
2.30	LCD 16 x 2	38
2.31	Motor DC 25GA370	40
2.32	Komponen motor DC (a) tampak dalam	40
2.32	Komponen motor DC (b) tampak luar	40
2.33	IC <i>multiplexer</i> HEF4051BP	41
2.34	<i>Datasheet</i> IC HEF4051BP (a) <i>functional diagram</i>	42
2.34	<i>Datasheet</i> IC HEF4051BP (b) <i>pinning diagram</i>	42
2.35	Arduino IDE	44
2.36	Autodesk Fusion 360	45
3.1	Diagram alir penelitian	47
3.2	Desain 2D bagian samping kanan	49
3.3	Desain 2D bagian samping kiri	50
3.4	Desain 2D bagian belakang	51
3.5	Desain 2D bagian bawah	53
3.6	Desain 2D bagian penyangga <i>ambu bag</i>	54
3.7	Desain 2D bagian <i>shield</i>	55
3.8	Desain 2D bagian lengan mekanik	56
3.9	Desain 2D bagian <i>ring</i> lengan mekanik	57
3.10	Desain 3D bagian samping kanan	59
3.11	Desain 3D bagian samping kiri	59
3.12	Desain 3D bagian belakang	60
3.13	Desain 3D bagian bawah	60
3.14	Desain 3D bagian penyangga <i>ambu bag</i>	61
3.15	Desain 3D bagian <i>shield</i>	61
3.16	Desain 3D bagian lengan mekanik	62
3.17	Desain 3D bagian <i>ring</i> lengan mekanik	62
3.18	Desain keseluruhan tampak samping kiri	63
3.19	Desain keseluruhan tampak belakang kiri	63
3.20	Desain keseluruhan tampak belakang kanan	64

3.21	Desain keseluruhan tampak samping kanan	65
3.22	Prototipe alat keseluruhan tampak depan	66
3.23	Prototipe alat keseluruhan tampak belakang	66
3.24	Prototipe alat keseluruhan tampak atas	67
3.25	Prototipe alat keseluruhan tampak samping kiri	67
3.26	Prototipe alat keseluruhan tampak belakang kiri	68
3.27	Prototipe alat keseluruhan tampak belakang kanan	68
3.28	Prototipe alat keseluruhan tampak samping kanan	69
3.29	Blok diagram perancangan algoritma sistem mekanik	70
3.30	<i>Pressure</i> lengan mekanik (a) sebelum	71
3.30	<i>Pressure</i> lengan mekanik (b) sesudah	71
3.31	<i>Low pressure</i> lengan mekanik	72
3.32	<i>Middle pressure</i> lengan mekanik	73
3.33	<i>High pressure</i> lengan mekanik	74
3.34	Diagram alir perancangan algoritma sistem mekanik	76
3.35	Fungsi keanggotaan <i>minute volume</i>	79
3.36	Fungsi keanggotaan <i>respiratory rate</i>	79
3.37	Fungsi keanggotaan <i>volume tidal</i>	80
3.38	Grafik <i>singleton fuzzy output</i>	80
3.39	Diagram alir perancangan algoritma logika <i>fuzzy</i>	84
3.40	Skematik rangkaian elektronik sistem	86
3.41	Pengujian kondisi fase inspirasi	90
3.42	Data serial monitor pengujian kondisi fase inspirasi	91
3.43	Pengujian kondisi fase ekspirasi	92
3.44	Data serial monitor pengujian kondisi fase ekspirasi	93
3.45	Simulasi sistem kondisi awal	94
3.46	Uji coba sistem kondisi awal	95
3.47	Simulasi sistem kondisi setelah diberikan <i>data input</i>	96
3.48	Uji coba sistem kondisi setelah diberikan <i>data input</i>	96
3.49	Simulasi sistem kondisi lanjutan setelah diberikan <i>data input</i>	97
3.50	Uji coba sistem kondisi lanjutan setelah diberikan <i>data input</i>	98
3.51	Simulasi sistem kondisi saat sistem akan diberikan <i>data input</i> baru	99

3.52	Uji coba sistem kondisi saat sistem akan diberikan <i>data input</i> baru	99
4.1	Desain keseluruhan prototipe alat	101
4.2	Prototipe alat keseluruhan	102
4.3	Implementasi rangkaian elektronik sistem	103
4.4	Grafik <i>volume tidal</i> per-menit	105
4.5	Grafik <i>volume tidal</i> per-menit skenario 1	107
4.6	Grafik <i>volume tidal</i> per-menit skenario 2	108
4.7	Data parameter <i>input</i> skenario <i>very low pressure</i>	109
4.8	Hasil skenario <i>very low pressure</i>	109
4.9	Data parameter <i>input</i> skenario <i>low pressure</i>	110
4.10	Hasil skenario <i>low pressure</i>	111
4.11	Data parameter <i>input</i> skenario <i>middle pressure</i>	112
4.12	Hasil skenario <i>middle pressure</i>	112
4.13	Data parameter <i>input</i> skenario <i>high pressure</i>	113
4.14	Hasil skenario <i>high pressure</i>	114
4.15	Data parameter <i>input</i> skenario <i>very high pressure</i>	115
4.16	Hasil skenario <i>very high pressure</i>	115
4.17	<i>Data input</i> skenario alarm <i>lung compliance</i>	121
4.18	Skenario alarm <i>lung compliance</i> setelah sistem dijalankan	122
4.19	Data serial monitor skenario alarm <i>lung compliance</i> aktif	123
4.20	Alarm <i>lung compliance</i> aktif	124
4.21	Data serial monitor skenario alarm <i>lung compliance</i> mati	124

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Spesifikasi <i>portable ventilator</i>	18
2.2 Spesifikasi Arduino Uno R3	29
2.3 Konfigurasi pin potensiometer <i>rotary</i>	30
2.4 Konfigurasi pin <i>buzzer</i> aktif	31
2.5 Konfigurasi pin LED RGB KY-016	32
2.6 Konfigurasi pin L298N	34
2.7 Konfigurasi pin sensor tekanan MPX5500DP	36
2.8 Konfigurasi pin LCD 16 x 2	38
2.9 Konfigurasi pin IC HEF4051BP	43
2.10 Tabel kebenaran alamat <i>input</i>	43
3.1 Dimensi bagian samping kanan	49
3.2 Dimensi bagian samping kiri	51
3.3 Dimensi bagian belakang	52
3.4 Dimensi bagian bawah	53
3.5 Dimensi bagian penyangga <i>ambu bag</i>	54
3.6 Dimensi bagian <i>shield</i>	55
3.7 Dimensi bagian lengan mekanik	57
3.8 Dimensi bagian <i>ring</i> lengan mekanik	58
3.9 <i>Fuzzy input minute volume</i>	78
3.10 <i>Fuzzy input respiratory rate</i>	78
3.11 <i>Fuzzy input volume tidal</i>	78
3.12 <i>Fuzzy output</i>	79
3.13 <i>Rule base</i> logika <i>fuzzy</i>	82
3.14 Konfigurasi <i>hardware</i> secara keseluruhan	86
3.15 Hasil pengujian sensor tekanan kondisi fase inspirasi	91
3.16 Hasil pengujian sensor tekanan kondisi fase ekspirasi	93
3.17 Data PWM logika <i>fuzzy</i> motor DC	100
4.1 Data hasil pengujian skenario <i>pressure</i>	116

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. *Source Code Full*

Lampiran 2. Berkas Revisi Tugas Akhir

Lampiran 3. Hasil Cek Plagiat

Lampiran 4. *Screenshoot Sidang Online*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Corono Virus Disease 2019 (COVID-19) merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh sindrom pernapasan akut *Novel Coronavirus 2* (SARS-CoV-2) [1]. Kasus mengenai penyakit ini pertama kali ditemukan di Kota Wuhan, China pada 31 Desember 2019 dengan identifikasi awal sebagai penyakit *pneumonia*. Kemudian, penyakit ini dinyatakan sebagai *Novel Coronavirus* pada 7 Januari 2020 dengan nama 2019-nCoV atau COVID-19 [2]. Selanjutnya, pada 9 Maret 2020 WHO (*World Health Organization*) resmi menyatakan bahwa COVID-19 sebagai pandemi yang artinya COVID-19 telah menyebar secara luas di dunia [3].

COVID-19 memiliki gejala umum seperti demam, rasa lelah, dan batuk kering. Namun, di kasus-kasus tertentu infeksi virus ini dapat menyebabkan *pneumonia* dan kesulitan bernapas [3]. Sehingga, dibutuhkan bantuan pernapasan menggunakan *ventilator*. *Ventilator* merupakan sebuah mesin yang berfungsi untuk menunjang atau membantu pernapasan seseorang, sehingga seseorang yang kesulitan bernapas dapat bernapas secara normal dengan bantuan alat ini [4]. *Ventilator* pada umumnya memiliki harga yang sangat mahal, berkisar ratusan juta rupiah per unitnya. Sedangkan, alat ini dibutuhkan banyak pasien COVID-19.

Oleh karena itu, alat *Bag-Valve Mask* (BVM) atau *ambu bag* sering menjadi pilihan darurat untuk menggantikan fungsi dari *ventilator*. *Ambu bag* memiliki prinsip kerja seperti *ventilator*, namun dilakukan secara manual. *Ambu bag* pada umumnya dapat diaplikasikan menjadi *mechanical ventilator* yang bersifat *portable*. Sehingga, *ambu bag* yang awalnya digunakan secara manual dapat digunakan secara otomatis seperti mesin *ventilator* pada umumnya [4].

Pada penelitian sebelumnya [5], *ambu bag* yang diaplikasikan menjadi *mechanical ventilator* yang bersifat *portable*, masih bergantung pada *medhical service* dalam menentukan kecepatan gerak motor untuk mengontrol seberapa kuat lengan mekanik dalam memberikan tekanan pada *ambu bag*. Berdasarkan hal tersebut, tentunya diperlukan suatu metode untuk menentukan secara otomatis

kecepatan gerak motor dalam mengontrol lengan mekanik berdasarkan beberapa parameter yang telah ditentukan. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah logika *fuzzy*.

Logika *fuzzy* adalah pemahaman logika yang mempunyai nilai yang samar antara benar atau salah. Logika *fuzzy* mempunyai derajat keanggotaan dalam rentang nilai 0 hingga 1. Berbeda dengan logika digital yang hanya mempunyai derajat keanggotaan nilai 0 atau 1. Logika *fuzzy* pada umumnya digunakan untuk menerjemahkan suatu hal yang dideskripsikan melalui bahasa (*linguistic*), seperti besaran PWM motor DC yang dideskripsikan dengan *low*, *middle*, *high*. Oleh karena itu, logika *fuzzy* dapat menyatakan sesuatu yang dianggap sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang bersamaan [6].

Berdasarkan penelitian sebelumnya [4], [5], dijelaskan mengenai desain dan prototipe dari *portable mechanical ventilator*, serta berdasarkan pada penelitian [6–10], yang menjelaskan mengenai logika *fuzzy* dan penerapannya dalam berbagai bidang kesehatan. Maka, akan dibuat sebuah desain dan prototipe *mechanical ventilator* untuk pasien COVID-19 yang bersifat *portable* menggunakan logika *fuzzy*.

1.2 Tujuan

Berikut adalah tujuan dari penelitian ini :

1. Untuk membuat desain dan prototipe *mechanical ventilator* untuk pasien COVID-19 yang bersifat *portable*.
2. Untuk mengimplementasikan logika *fuzzy* pada sistem kontrol lengan mekanik *mechanical ventilator* yang akan dibuat.

1.3 Manfaat

Berikut adalah manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini :

1. Untuk mengetahui bagaimana cara membuat desain dan prototipe *mechanical ventilator* untuk pasien COVID-19 yang bersifat *portable*.
2. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh logika *fuzzy* pada sistem kontrol lengan mekanik *mechanical ventilator* yang akan dibuat.

3. Dapat dijadikan salah satu solusi dalam memenuhi kebutuhan *ventilator* bagi pasien COVID-19.
4. Dapat dijadikan salah satu referensi dalam pengembangan *ventilator* yang bersifat *portable*.

1.4 Rumusan dan Batasan Masalah

Berdasarkan penelitian sebelumnya, dapat diketahui bahwa untuk membuat desain dan prototipe dari *mechanical ventilator* yang bersifat *portable* dibutuhkan suatu metode untuk mengontrol lengan mekanik pada *mechanical ventilator* tersebut. Oleh karena itu, berikut rumusan masalah pada penelitian ini :

1. Bagaimana cara membuat desain dan prototipe *mechanical ventilator* untuk pasien COVID-19 yang bersifat *portable*?
2. Bagaimana mengimplementasikan logika *fuzzy* pada sistem kontrol lengan mekanik *mechanical ventilator* yang akan dibuat?

Berikut adalah batasan masalah pada penelitian ini :

1. *Mechanical ventilator* yang akan dibuat menggunakan *Bag-Valve Mask* (BVM) atau *ambu bag*, yang nantinya akan berbentuk desain dan prototipe yang bersifat *portable*.
2. Jumlah lengan mekanik untuk memberikan tekanan pada *ambu bag* nantinya berjumlah 1 buah dengan 1 motor penggerak.
3. Mikrokontroler yang akan digunakan adalah ATmega328P (Arduino Uno R3).
4. Sensor yang akan digunakan sebagai *airflow breathing sensor* adalah sensor tekanan (*pressure sensor*).
5. Metode yang akan digunakan untuk mengontrol lengan mekanik pada *mechanical ventilator* yang akan dibuat adalah logika *fuzzy*.
6. Beberapa parameter yang akan digunakan adalah *minute volume*, *respiratory rate*, dan *volume tidal*.
7. *Dataset* yang akan digunakan sebagai proses *training* skenario dan uji coba adalah *dataset* COVID-19.

8. *Output* pada penelitian ini terbatas pada kontrol lengan mekanik berdasarkan PWM motor DC.

1.5 Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika penulisan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab 1 akan berisikan latar belakang masalah, tujuan, manfaat, rumusan dan batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab 2 akan berisikan dasar teori mengenai desain dan prototipe dari *mechanical ventilator* untuk pasien COVID-19 yang bersifat *portable* menggunakan logika *fuzzy*.

BAB 3 METODOLOGI

Bab 3 akan membahas metodologi, desain, dan perancangan prototipe dari *mechanical ventilator* untuk pasien COVID-19 yang bersifat *portable* menggunakan logika *fuzzy*.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab 4 akan berisikan hasil dan pembahasan mengenai desain dan prototipe dari *mechanical ventilator* untuk pasien COVID-19 yang bersifat *portable* menggunakan logika *fuzzy*.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab 5 akan berisikan kesimpulan dari bab-bab sebelumnya mengenai desain dan prototipe *mechanical ventilator* untuk pasien COVID-19 yang bersifat *portable* menggunakan logika *fuzzy*. Pada bab ini juga akan berisikan saran yang diharapkan dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. P. Velavan and C. G. Meyer, “The COVID-19 epidemic,” *Trop. Med. Int. Heal.*, vol. 25, no. 3, pp. 278–280, 2020, doi: 10.1111/tmi.13383.
- [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/novel-coronavirus-2019-ncov> (accessed Apr. 09, 2020).
- [3] “Situasi Virus Corona - Covid19.go.id.” <https://www.covid19.go.id/situasi-virus-corona/> (accessed Apr. 09, 2020).
- [4] F. S. Sayin and H. Erdal, “Design, modelling, prototyping and closed loop control of a mechanical ventilator for newborn babies,” *2018 6th Int. Conf. Control Eng. Inf. Technol. CEIT 2018*, no. October, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/CEIT.2018.8751846.
- [5] A. Mohsen *et al.*, “Design and Prototyping of a Low-cost Portable Mechanical Ventilator,” pp. 1–9, 2010.
- [6] H. Nasution, “Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan,” vol. 4, no. 2, pp. 4–8, 2012.
- [7] F. S. N. Khamidah, D. Hapsari, and H. Nugroho, “Implementasi Fuzzy Decision Tree Untuk Prediksi Gagal Ginjal Kronis,” no. 100, pp. 19–28, 2018.
- [8] J. L. Handarko and Alamsyah, “Implementasi Fuzzy Decision Tree Untuk Mendiagnosa Penyakit Hepatitis,” vol. 4, no. 2, 2015.
- [9] L. W. Santoso, R. Intan, and F. Sugianto, “Implementasi Fuzzy Expert System Untuk Analisa Penyakit Dalam Pada Manusia,” vol. 2008, no. Snati, pp. 13–18, 2008.
- [10] L. S. Setiawati, I. Budiman, and O. Soesanto, “Penerapan Fuzzy Inference System Takagi-Sugeno-Kang Pada Sistem Pakar,” vol. 04, no. 01, pp. 1–10, 2016.
- [11] WHO, “WHO | Novel Coronavirus - China.” <https://www.who.int/csr/don/12-january-2020-novel-coronavirus-china/en/>

- (accessed May 14, 2020).
- [12] N. Zhu *et al.*, “A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019,” *N. Engl. J. Med.*, vol. 382, no. 8, pp. 727–733, 2020, doi: 10.1056/NEJMoa2001017.
- [13] V. Corman, T. Bleicker, S. Brunink, and C. Drosten, “Diagnostic detection of Wuhan coronavirus 2019 by real-time RT-PCR,” *Public Heal. Engl.*, pp. 1–12, 2020.
- [14] WHO, “Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Situation Reports. April 1 2020,” *WHO Situat. Rep.*, vol. 2019, no. 72, pp. 1–19, 2020, [Online]. Available: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200324-sitrep-64-covid-19.pdf?sfvrsn=703b2c40_2%0A.
- [15] Arifin, “Mode dan Setting Dasar Ventilator,” 2019, [Online]. Available: [https://www.papdi.or.id/pdfs/758/dr_Arifin_-_ventilasi_mekanik_\(PIN_surabaya_okt_2019\).pdf](https://www.papdi.or.id/pdfs/758/dr_Arifin_-_ventilasi_mekanik_(PIN_surabaya_okt_2019).pdf).
- [16] M. Kesehatan Republik Indonesia, “Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Tentang Kompendium Alat Kesehatan,” 2014.
- [17] “Ambu’s History.” https://web.archive.org/web/20110427094405/http://www.ambu.co.uk/UK/About_Ambu_Ltd/Ambu's_History.aspx (accessed May 14, 2020).
- [18] M. Shahid, “Prototyping of Artificial Respiration Machine Using AMBU Bag Compression,” *2019 Int. Conf. Electron. Information, Commun.*, pp. 1–6.
- [19] Wikipedia, “Bag valve mask - Wikipedia.” https://en.wikipedia.org/wiki/Bag_valve_mask (accessed May 14, 2020).
- [20] 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.
- [21] M. Rofiq, “Perancangan Manajemen Bandwidth Internet Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno,” *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, vol. 7, no. 1, pp. 1–15, 2013.
- [22] S. Widaningsih, “Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur,”

- Infoman's*, vol. 11, no. 1, pp. 51–65, 2017, doi: 10.33481/infomans.v11i1.21.
- [23] T. Takagi and M. Sugeno, “Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control,” *IEE Trans. Syst. Man, Cybern.*, vol. SMC-15, pp. 116–132, 1985.
- [24] A. H. Agustin, G. K. Gandhiadi, and T. B. Oka, “Penerapan Metode Fuzzy Sugeno Untuk Menentukan Harga Jual Sepeda Motor Bekas,” *E-Jurnal Mat.*, vol. 5, no. 4, p. 176, 2016, doi: 10.24843/mtk.2016.v05.i04.p138.
- [25] Arduino, “Arduino Uno Rev3 | Arduino Official Store.” <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3> (accessed May 16, 2020).
- [26] C. Pratiwi, “Rancang Bangun Dua Lengan Robot Berjari Menggunakan Potensiometer Sebagai Sensor Posisi Berbasis Arduino,” 2016.
- [27] A. E. Kurniawan, M. W. Kasrani, and A. A. B, “Perancangan Prototype Alat Pendeteksi Kebocoran Gas Lpg Berbasis Arduino Uno R3 Dengan Modul Sim800L Dan Esp8266 Sebagai Media Informasi,” *J. Tek. Elektro Uniba (JTE Uniba)*, vol. 4, no. 2, pp. 47–53, 2020, doi: 10.36277/jteuniba.v4i2.62.
- [28] M. F. Wicaksono and R. Rahman, “Rancang Bangun Alat Pencampur Bahan Es Krim Berbasis Arduino Mega2560,” *J-Ensitemc*, vol. 05, no. 02, pp. 271–277, 2019.
- [29] Freescale, “Freescale Semiconductor Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned , Temperature Compensated and Calibrated,” *Sensors (Peterborough, NH)*, pp. 2007–2009, 2009.
- [30] D. Harsono, J. Sunardi, and D. Biantara, “Pemantauan Suhu Dengan Mikrokontroler Atmega8 Pada Jaringan Lokal,” *Sekol. Tinggi Teknol. Nukl. - BATAN*, vol. 1, no. November, pp. 415–422, 2009.
- [31] A. Rifa'i, “Aplikasi Sensor Tekanan Gas MPX5100 Dalam Alat Ukur Kapasitas Vital Paru-Paru,” 2013.
- [32] J. Utomo, “Rancang Bangun Pengendali Dan Monitoring Motor DC Menggunakan Komputer Berbasis Mikrokontroller,” p. 57, 2016.
- [33] Philips, “Data Sheet HEF4051B 8-Channel Analogue Multiplexer/Demultiplexer,” no. January, 1995, [Online]. Available: http://www.papersearch.net/view/detail.asp?detail_key=10000715.
- [34] Arduino, “Arduino - Environment.”

- <https://www.arduino.cc/en/Guide/Environment> (accessed May 16, 2020).
- [35] Autodesk, “Cloud Powered 3D CAD/CAM Software for Product Design | Fusion 360.” <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview> (accessed May 16, 2020).
- [36] WHO, “Sumber penyediaan dan pendistribusian Oksigen untuk fasilitas perawatan COVID-19,” no. April, 2020, [Online]. Available: https://www.who.int/docs/default-source/searo/indonesia/covid19/sumber-penyediaan-dan-pendistribusian-oksigen-untuk-fasilitas-perawatan-covid-19.pdf?sfvrsn=1085bbdc_2.