

RANCANG BANGUN VENTILATOR MEDIC SEDERHANA DENGAN ASUPAN O₂ BERBASIS MICROCONTROLLER

Daffa Ammarandika¹, Rafiudin Syam², Pitoyo Yuliatmojo³

¹ Mahasiswa Prodi Pendidikan Teknik Elektronika, FT – UNJ

^{2,3} Dosen Prodi Pendidikan Teknik Elektronika, FT – UNJ

dammarandika@gmail.com

Abstrak Penelitian Rancang Bangun Ventilator Medic Sederhana Dengan Asupan O₂ Berbasis *Microcontroller* dapat digunakan untuk mendukung atau membantu proses pernapasan seseorang yang mengalami gangguan sistem pernapasan atau sesak napas. Alat ini mengatur keluar masuknya oksigen menggunakan *microcontroller*. Pengembangan dan produksi ventilator sederhana dengan harga yang murah terus dilakukan untuk membantu penanganan pasien yang mengalami gangguan pernapasan, salah satunya untuk pasien Covid-19. Perancangan alat ini mengatur keluar masuknya oksigen berdasarkan pengontrolan solenoid valve dengan *microcontroller* Arduino Mega 2560. Kemudian alat ini juga dilengkapi dengan beberapa komponen yaitu, Sensor MAX30100 untuk mendeteksi denyut jantung dan saturasi oksigen pasien, Sensor Thermocouple dengan Modul MAX6675 untuk mendeteksi suhu oksigen yang akan ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*) 20x4 dan *Heater* sebagai pemanas oksigen pada alat ini. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Sistem Rekayasa Teknik. Tahapan yang digunakan dalam penelitian ini hanya menggunakan 4 tahapan, yaitu tahap pencarian dan pengumpulan data, tahap perancangan, tahap pengembangan produk dan tahap pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dibuat mampu menghembuskan oksigen 14 kali per menit dengan volume oksigen sebesar 500 ml dalam satu kali. Selain itu alat ini menampilkan data suhu oksigen, denyut jantung dan saturasi oksigen pasien pada LCD. Kinerja Sensor MAX30100 dapat mendeteksi denyut jantung dan saturasi oksigen pasien dengan persentase *error* sebesar 0,009% dan 0,547%. Sensor Thermocouple A dan B memiliki keberhasilan mengukur suhu oksigen dengan cukup akurat dengan rata-rata persentase *error* sebesar 0,010% dan 0,030%.

Kata Kunci: Ventilator Medis, Oksigen, Arduino MEGA2560, Sensor MAX30100, Sensor Termokopel, Relay, Elemen Pemanas.

1. Pendahuluan

Munculnya COVID-19 telah menarik perhatian global, dan Pada 30 Januari WHO telah menyatakan COVID-19 sebagai darurat kesehatan masyarakat yang menjadi perhatian internasional (Yuanyuan Dong, dkk., 2020). Penambahan jumlah kasus COVID-19 berlangsung cukup cepat dan sudah terjadi penyebaran antar negara. Sampai dengan tanggal 25 Maret 2020, dilaporkan total kasus konfirmasi 414.179 dengan 18.440 kematian (CFR 4,4%) dimana kasus dilaporkan di 192 negara/wilayah. Diantara kasus tersebut, sudah ada beberapa petugas kesehatan yang dilaporkan terinfeksi (Kemenkes RI, 2020).

Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) adalah penyakit jenis baru yang belum pernah diidentifikasi sebelumnya pada manusia. Virus penyebab COVID-19 ini dinamakan Sars-CoV-2. Virus corona adalah zoonosis (ditularkan antara hewan dan manusia). Adapun, hewan yang menjadi sumber penularan COVID-19 ini masih belum diketahui. Berdasarkan bukti ilmiah, COVID-19 dapat menular dari manusia ke manusia melalui percikan batuk/bersin (*droplet*), Orang yang paling berisiko tertular penyakit ini adalah orang yang kontak erat dengan pasien COVID-19 termasuk yang merawat pasien COVID-19 (Kemenkes RI, 2020). Tanda dan gejala umum infeksi covid-19 termasuk gejala gangguan pernapasan akut seperti demam, batuk, dan sesak napas (Tosepu, dkk., 2020). Maka dari itu dibutuhkan, alat bantu napas berupa Ventilator Medis untuk membantu pasokan oksigen.

Ventilator adalah suatu alat bantu mekanik yang berfungsi memberikan bantuan nafas pasien dengan cara memberikan tekanan udara positif pada paru-paru melalui jalan nafas buatan. Ventilasi mekanik merupakan peralatan “wajib” pada unit perawatan intensif atau ICU (Corwin, 2009).

Udara yang keluar masuk paru-paru pada waktu melakukan pernapasan biasa disebut dengan udara pernapasan (udara tidal). Volume udara pernapasan pada orang dewasa kurang lebih 500 ml. Volume udara tidal orang dewasa pada pernapasan biasa kira-kira 500 ml. Ketika menarik napas dalam-dalam maka volume udara yang dapat kita tarik mencapai 1500 ml. Udara ini dinamakan udara komplementer (Majumder, 2015). Normalnya

manusia butuh kurang lebih 300 liter oksigen perhari. Dalam keadaan tubuh bekerja berat maka oksigen yang diperlukan pun menjadi berlipat-lipat kali dan bisa sampai 10 hingga 15 kali lipat. Ketika oksigen tembus selaput alveolus, hemoglobin akan mengikat oksigen yang banyaknya akan disesuaikan dengan besar kecil tekanan udara (Fernandez, 2017).

Berdasarkan penjelasan yang sudah diuraikan sebelumnya maka dilakukan penelitian mengenai Alat Ventilator Medic Sederhana dengan Asupan O₂ berbasis Microcontroller dilakukan untuk merancang ventilator sederhana dengan harga yang murah untuk membantu penanganan pasien yang mengalami gangguan pernapasan, salah satunya untuk pasien Covid-19 khususnya pasien yang mengalami sesak napas. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sistem metode penelitian Rekayasa Teknik. Ventilator sederhana ini diharapkan dapat mempermudah pertolongan pertama pada pasien sesak napas sehingga dapat digunakan oleh puskesmas atau rumah sakit yang ada di Indonesia, karena harga yang terjangkau.

2. Dasar Teori

2.1 Ventilator

Ventilator mekanik merupakan alat bantu pernapasan bertekanan positif atau negatif yang menghasilkan aliran udara terkontrol pada jalan nafas pasien sehingga mampu mempertahankan ventilasi dan pemberian oksigen dalam jangka waktu lama (Purnawan & Saryono, 2010).

Ventilasi mekanik adalah suatu bentuk pernapasan buatan yang menjalankan tugas otot-otot pernapasan secara normal. Ventilasi mekanik memungkinkan oksigenasi dan ventilasi pada pasien (Perdici, 2006). Jadi dapat dikatakan bahwa ventilator atau ventilasi mekanik adalah suatu alat yang dapat memberikan tekanan udara positif pada paru-paru untuk asupan oksigenasi.

Dari beberapa pemaparan serta pengertian dari ventilator yang sudah dijelaskan terdapat fungsi dari ventilator itu sendiri yaitu:

- a. Memperbaiki oksigenasi
- b. Membantu eliminasi carbondioksida
- c. Membantu kerja otot pernafasan

Pada penelitian ini ventilator medic yang dibuat berbeda dengan ventilator canggih di rumah sakit. Ventilator yang dibuat lebih sederhana sehingga para pasien yang sedang mengalami gangguan pada sistem pernapasan khususnya di bagian paru-paru agar mendapatkan asupan oksigen.

2.2 Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dilakukan untuk menentukan perangkat keras yang akan digunakan dalam melakukan penelitian, agar sistem yang dibuat menjadi lebih terarah dan dapat dipastikan berjalan dengan baik. Adapun perangkat keras yang digunakan sebagai berikut :

1. Arduino MEGA 2560

Arduino Mega2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560. Arduino Mega2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau power dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Arduino Mega2560 kompatibel dengan sebagian besar shield yang dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila. Arduino Mega2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega (MAJID, 2016).



Gambar 1 Arduino MEGA 2560

2. Sensor Suhu Thermocouple type K

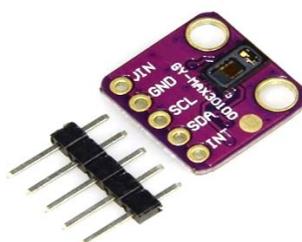
Thermocouple adalah transduser aktif suhu yang tersusun dari dua buah logam berbeda dengan titik pembacaan pada pertemuan kedua logam dan titik yang lain sebagai keluarannya. Thermocouple merupakan salah satu sensor yang paling umum digunakan untuk mengukur suhu karena relatif murah tetapi akurat yang dapat beroperasi pada suhu panas maupun dingin (Bashori, 2013). Sensor ini akan mengukur suhu dari objek dengan cara bersentuhan secara langsung. Hasil pengukuran kemudian akan ditampilkan pada LCD. Pengatur kerja komponen menggunakan mikrokontroler Arduino MEGA.



Gambar 2 Sensor Thermocouple type K

3. Sensor MAX30100

Sensor MAX30100 merupakan integrasi dari Pulse oximetry, sensor ini dapat melakukan pemantauan sinyal detak jantung dan tingkat oksigen dalam darah. sensor ini terdiri dari 2 buah led dan sebuah fotodetektor. Alat ini bekerja menggunakan sifat hemoglobin yang mampu menyerap cahaya dan denyut alami aliran darah di dalam arteri untuk mengukur kadar oksigen pada tubuh. Sebuah alat yang dinamakan probe memiliki sumber cahaya, pendeteksi cahaya, dan mikroprosesor yang dapat membandingkan dan menghitung perbedaan hemoglobin yang kaya akan oksigen dengan yang kekurangan oksigen (Baiq Nurul Laili, 2020).



Gambar 3 Sensor MAX30100

4. Solenoid Valve

Solenoid Valve merupakan kran otomatis dengan gerakan membuka atau menutup kran (valve) yang diatur oleh sistem control. Secara garis besar Solenoid Valve adalah suatu alat kontrol yang berfungsi untuk membuka dan menutup valve/katup/kran secara otomatis. Kapan solenoid valve membuka dan menutup kran ini tergantung dari sensor yang menghubungkan sumber penggeraknya (Prela Ramadhani, 2016).



Gambar 4 Solenoid Valve

5. Elemen Pemanas (Heater)

Elemen pemanas (heater) merupakan sebuah transduser yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses Joule Heating. Elemen pemanas terbuat dari bahan material konduktor yang dapat menghantarkan panas secara konveksi, konduksi maupun radiasi. Secara karakteristik fisik dan kimia dari bahan elemen pemanas menentukan kualitas panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas, karena material penghasil panas menjadi faktor utama yang menentukan proses perpindahan panas dari material elemen pemanas ke material yang dipanaskan (Permana, 2017).



Gambar 5 Elemen Pemanas (Heater)

6. Modul Relay

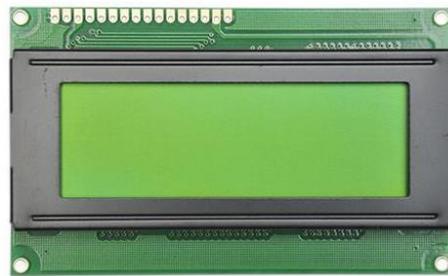
Relay adalah komponen elektronika yang berfungsi sebagai saklar, komponen ini bekerja sebagai saklar mekanik yang digerakkan oleh energi listrik. Relay menggunakan gaya elektromagnetik untuk membuka atau menutup kontak. Relay digunakan untuk menggerakkan arus atau tegangan yang besar dengan memakai arus atau tegangan yang kecil. Relay dapat berfungsi sebagai pengatur logika kendali untuk suatu sistem (Eddi Kurniawan, 2013).



Gambar 6 Modul Relay 1 Chanel

7. LCD (Liquid Crystal Display) 20x4

Liquid Crystal Display merupakan media yang digunakan untuk menampilkan hasil dari keluaran pada sebuah rangkaian elektronika (Saputra, 2020). LCD tersedia dalam bentuk modul yang mempunyai pin data, control catu daya, dan pengatur kontras tampilan.



Gambar 7 LCD (Liquid Crystal Display) 20x4

3. Metodologi

Dalam pembuatan Ventilator Medic Sederhana berbasis Microcontroller dengan asupan O₂, akan digunakan sistematika penelitian Rekayasa Teknik (FT UNJ, 2019).

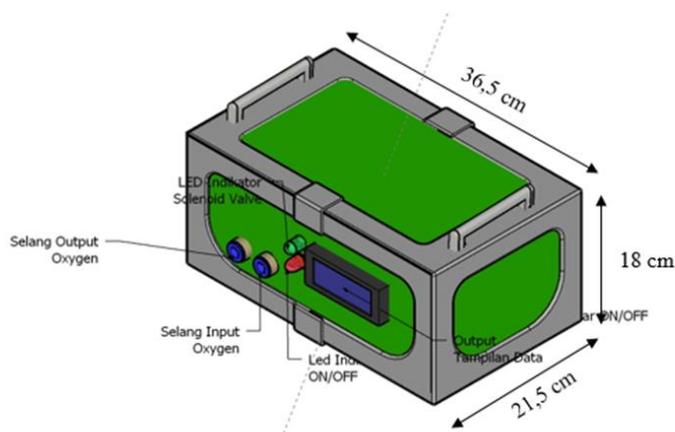
3.1 Aplikasi Perangkat Lunak

Setelah melakukan perancangan perangkat keras menggunakan komponen-komponen yang telah ditetapkan, diperlukan perangkat lunak untuk memprogram sistem pengendali agar dapat berfungsi sesuai dengan rancangan yang diinginkan. Pemrograman dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak (software) Arduino IDE.

Arduino menggunakan pemrograman dengan bahasa C. IDE (Integrated Development Environment) Arduino merupakan aplikasi yang mencakup editor, compiler, dan uploader dapat menggunakan semua seri modul keluarga arduino, seperti Arduino Duemilanove, Uno, Bluetooth, Mega, Nano. Kecuali beberapa tipe board produksi arduino yang memakai mikrokontroler diluar seri AVR, seperti Universitas Sumatera Utara 12 mikroprosesor ARM. Editor sketch pada IDE arduino juga mendukung fungsi penomoran baris, syntax highlighting, yaitu pengecekan sintaksis kode sketch (PANDIANGAN, 2019).

3.2 Design Ventilator

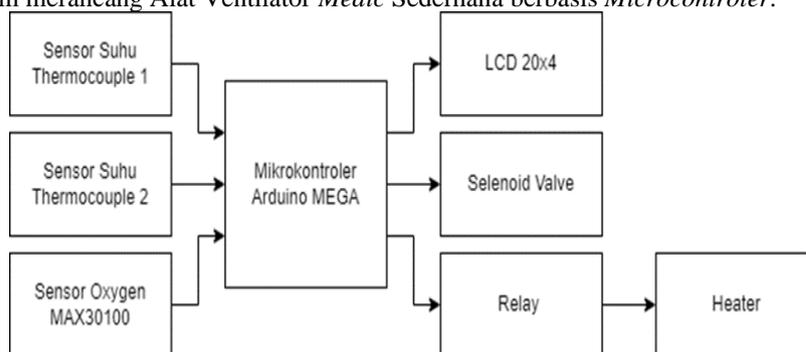
Setelah melakukan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, penelitian ini dilanjutkan dengan melakukan perancangan design alat dapat dilihat pada Gambar 8 dibawahini.



Gambar 8 Design Alat Ventilator Sederhana

3.3 Blok Diagram Kerja Alat

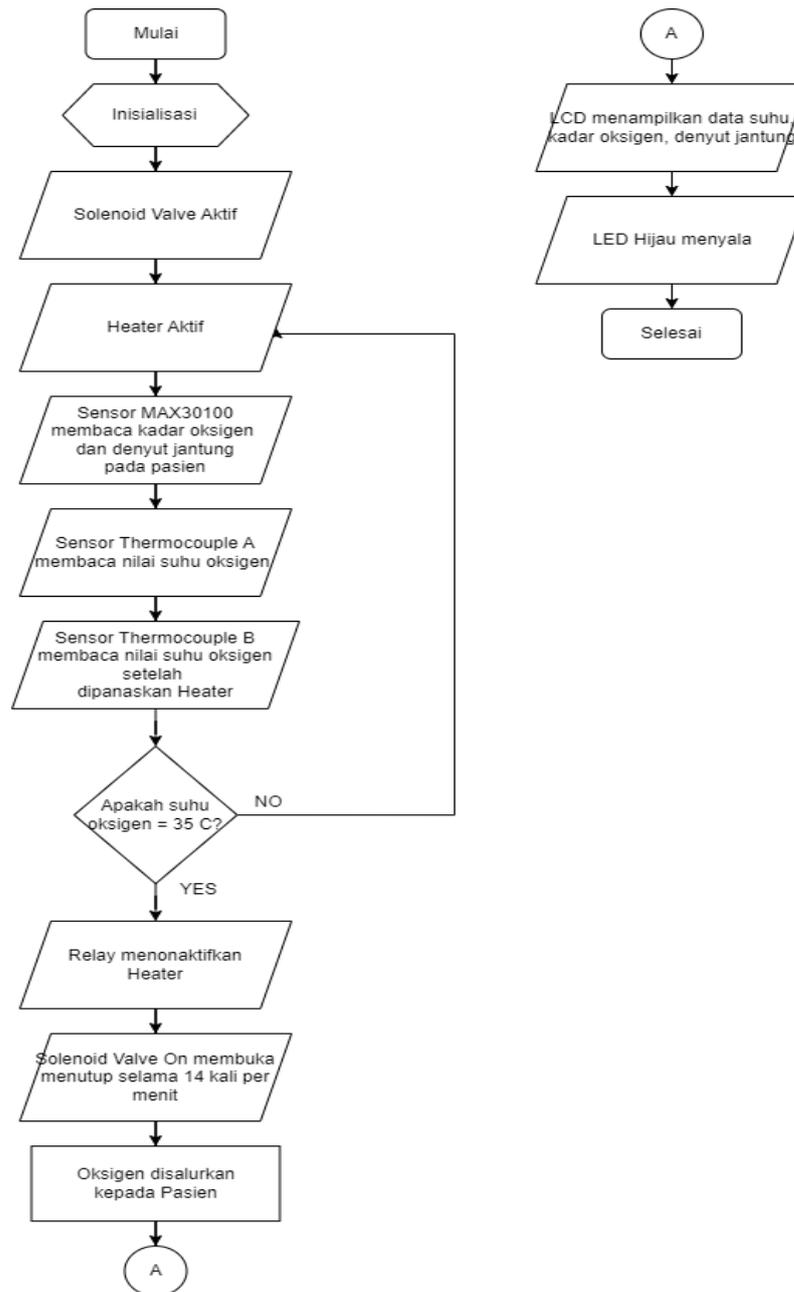
Dari blok diagram diatas dapat dijelaskan fungsi masing-masing blok diagram sistem yang menunjukkan tahapan awal dalam merancang Alat Ventilator *Medic* Sederhana berbasis *Microcontroller*.



Gambar 9 Blok Diagram Ventilator Sederhana

3.4 Flowchart Kerja Alat

Rancang Bangun Ventilator *Medic* Sederhana dengan Asupan O₂ berbasis Microcontroller Arduino MEGA 2560 bekerja dengan cara memasang masker oksigen kepada pasien yang diletakan pada bagian mulut dan hidung sebagai sistem pernafasan. Kemudian selang yang terdapat pada bagian depan kotak ventilator ini disambungkan dengan tabung oksigen untuk menyuplai aliran oksigen. Setelah alat terpasang saklar akan dinyalakan ke posisi ON. Tegangan 220 V AC akan mengaktifkan Heater. Selanjutnya Converter Hi-Link akan merubah tegangan 220 V AC menjadi 12 V DC untuk mengaktifkan solenoid valve. Kemudian tegangan 12 V DC diperkecil menggunakan modul step down menjadi 5 V DC untuk mengaktifkan Arduino MEGA2560, relay, sensor MAX30100, sensor thermocouple, dan LCD. Solenoid valve yang telah diatur dengan menggunakan Arduino Mega akan aktif bergerak untuk membuka dan menutup katup yang akan dialirkan oksigen sebanyak 500 ml. Solenoid membuka katup selama 1,2 detik dan delay 2,8 detik untuk menjeda aliran oksigen 14 kali per menit dari tabung oksigen. Solenoid Valve akan terus bergerak membuka dan menutup katup memberikan asupan oksigen kepada pasien. Sensor Suhu Thermocouple mendeteksi suhu oksigen pada ventilator dan Sensor MAX30100 mendeteksi oksigen serta denyut nadi yang ada pada tubuh pasien dan menampilkan hasil data pada LCD. Selama alat ini menyala, kita dapat melihat apakah kadar oksigen pada pasien mencukupi. Jika kadar oksigen pada pasien diatas 90 persen, maka kadar oksigen pada pasien telah tercukupi. Untuk mematikan alat ini, saklar ditekan ke posisi OFF.



Gambar 10 Flowchart Kerja Alat

4. Hasil dan Analisis

4.1 Deskripsi Hasil Penelitian

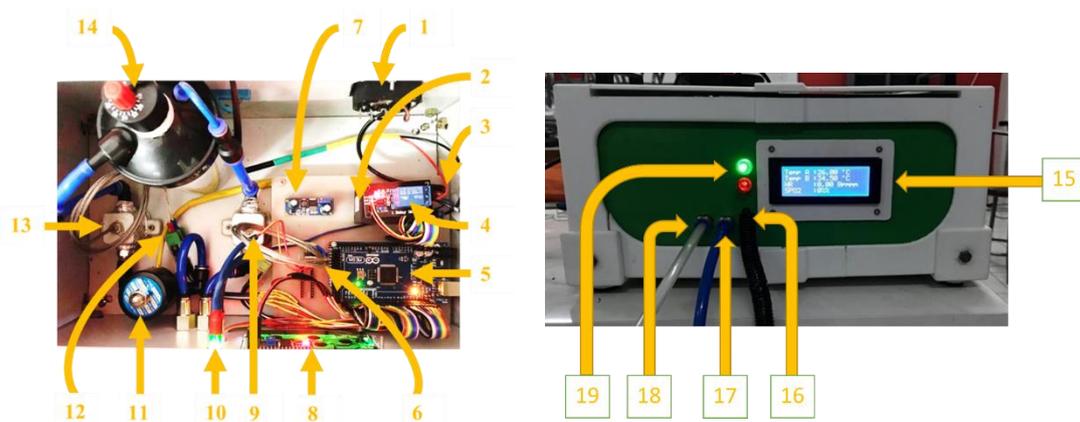
Berdasarkan blok diagram serta flowchart yang telah dibuat dan dibahas pada bagian sebelumnya oleh peneliti, maka peneliti akan mengkaji hasil rancangan Ventilator Medic Sederhana dengan Asupan O₂ berbasis Microcontroller. Peneliti akan melakukan pengujian berdasarkan metode yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Setelah itu peneliti akan mendeskripsikan hasil dari pengujian dan rancangan dari alat tersebut. Hasil pembuatan alat dapat dilihat pada Gambar 11 berikut.



Gambar 11 Hasil Alat Ventilator Medis Sederhana

Bagian - bagian yang terdapat pada Ventilator Medis Sederhana ini dapat dilihat pada Gambar 12 dibawah sebagai berikut:

1. Input VCC 220 V AC
2. Converter HI-LINK 12 V DC
3. Terminal Block 220 V AC
4. Relay Octocopler
5. Arduino MEGA2560
6. Transistor FQP30N06L
7. Step Down DC 12 V to 5 V
8. LCD (Light Crystal Display)
9. Sensor Suhu Termokopel *type* K (A)
10. LED (Light Emitting Diode) 220 V AC dan 12 V DC
11. Solenoid Valve 12 V DC
12. Modul Termokopel MAX6675
13. Sensor Suhu Termokopel *type* K (B)
14. Pemanas 50 Watt (*Heater*)
15. Tampilan LCD (*Liquid Crystal Display*) 20x4
16. Kabel Sensor MAX30100
17. Selang Masukan Oksigen
18. Selang Keluaran Oksigen
19. LED (*Light Emitting Diode*) Indicator Solenoid Valve dan Heater



Gambar 12 Bagian dalam dan luar Ventilator Sederhana

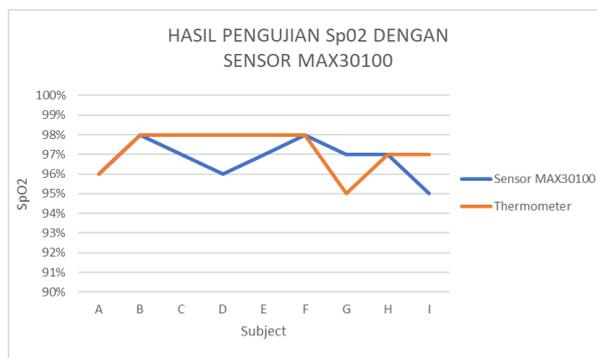
4.2 Pembahasan Hasil Pengujian

Berdasarkan dengan pengujian yang telah dilakukan. Sistem Ventilator Medic Sederhana dengan Asupan O₂ berbasis Microcontroller berfungsi sesuai dengan perencanaan dan perancangan menggunakan metode penelitian Research and Development (R&D). Alat ini akan berhasil menyala ketika mendapatkan sumber tegangan 220 V AC untuk menyalakan pemanas oksigen (heater), selain itu solenoid valve bekerja ketika tegangan AC 220 V sudah diubah oleh HI-LINK menjadi 12 V DC dan step down akan merubah tegangan menjadi 5 V DC untuk menyalakan Arduino MEGA2560 sebagai microcontroller, dan untuk memonitoring suhu oksigen, saturasi oksigen, dan denyut jantung menggunakan Sensor Thermocouple dan Sensor MAX30100.

Selain itu, alat dinyatakan telah berfungsi dengan baik adalah dengan melihat hasil pengujian perangkat keras yang didapatkan sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan.

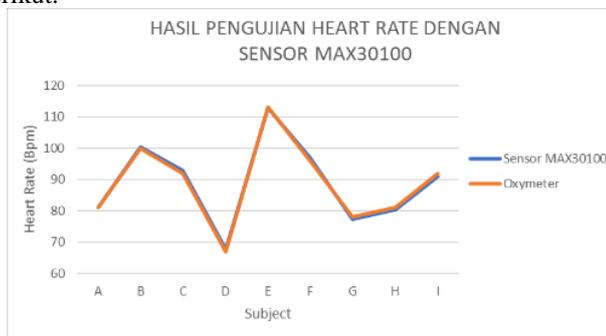
1. Hasil Pengujian Sensor MAX30100

Grafik hasil pengujian SpO₂ antara Sensor MAX30100 dengan Oxymeter dapat dilihat pada Gambar 13 sebagai berikut.



Gambar 13 Grafik Hasil Pengujian SpO₂

Grafik hasil pengujian denyut jantung (*heart rate*) antara Sensor MAX30100 dengan Oxymeter dapat dilihat pada Gambar 14 sebagai berikut.



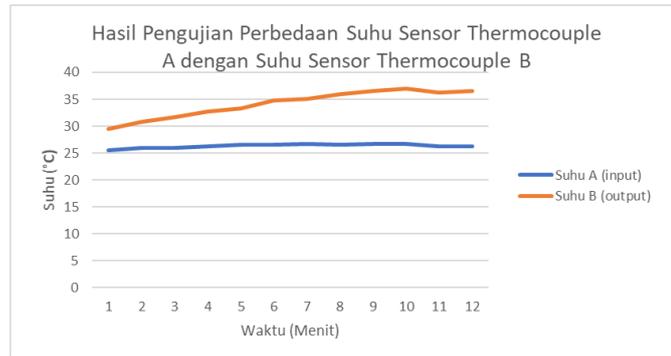
Gambar 14 Grafik Hasil Pengujian Denyut Jantung

Hasil pengujian menunjukkan sensor ini bekerja dengan cukup baik menggunakan pembandingan berupa Pulse Oxymeter didapatkan presentase error 0,009% untuk pembacaan saturasi oksigen dan presentase error sebesar 0,547% untuk pembacaan denyut jantung pasien. Parameter pengukuran dilakukan dalam selang waktu 3 jam yaitu pagi, siang dan sore.

2. Hasil Pengujian Sensor Thermocouple

Hasil Pengujian Sensor Thermocouple dilakukan untuk mengetahui apakah sensor dapat mendeteksi suhu oksigen secara tepat atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan Sensor Thermocouple dengan Thermometer sebagai tolak ukurnya.

Hasil Pengujian Thermocouple menghasilkan perbedaan kenaikan antara suhu oksigen sebelum dipanaskan yang dideteksi oleh Sensor Thermocouple A dan suhu setelah dipanaskan yang dideteksi oleh Sensor Thermocouple B dapat dilihat pada Gambar 15 berikut



Gambar 15 Hasil Pengujian Perbandingan Suhu Oksigen

Hasil pengujian menunjukkan sensor ini bekerja dengan cukup baik menggunakan pembanding berupa Digital Multimeter didapatkan presentase rata-rata error 0,010% untuk pembacaan Suhu A dan presentase rata-rata error sebesar 0,030% untuk pembacaan suhu B. Parameter pengukuran dilakukan dalam selang waktu 1 menit.

3. Hasil Pengujian Keluaran Oksigen

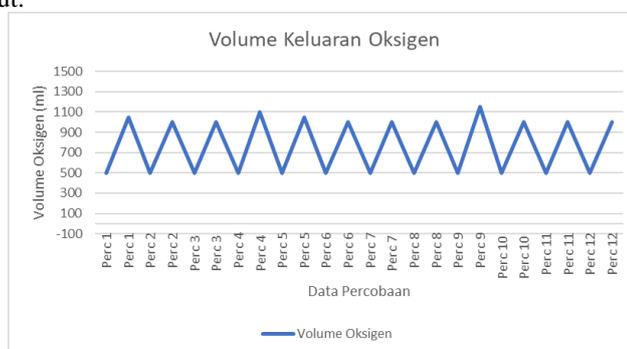
Hasil pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keluaran (fase eskpirasi) oksigen dari ventilator ini apakah sudah sesuai. Setelah diatur keluarannya oleh solenoid valve dengan microcontroller Arduino MEGA2560. Hasil pengujian ini dilakukan dengan menggunakan gelas ukur yang diisi dengan air dan selang oksigen sebagai perantara masukan oksigen yang masuk kedalam gelas. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Table 1 Tabel Pengujian Keluaran Oksigen

Waktu	Solenoid (ON/OFF)	Volume Keluaran Oksigen (ml)	Penambahan Volume Air
2,8 detik	OFF	500 ml	550 ml
1,2 detik	ON	1050 ml	
2,8 detik	OFF	500 ml	500 ml
1,2 detik	ON	1000 ml	
2,8 detik	OFF	500 ml	500 ml
1,2 detik	ON	1000 ml	
2,8 detik	OFF	500 ml	600 ml
1,2 detik	ON	1100 ml	
2,8 detik	OFF	500 ml	550 ml
1,2 detik	ON	1050 ml	
2,8 detik	OFF	500 ml	500 ml
1,2 detik	ON	1000 ml	
2,8 detik	OFF	500 ml	500 ml
1,2 detik	ON	1000 ml	
2,8 detik	OFF	500 ml	500 ml
1,2 detik	ON	1000 ml	
2,8 detik	OFF	500 ml	650 ml
1,2 detik	ON	1150 ml	

2,8 detik	OFF	500 ml	500 ml
1,2 detik	ON	1000 ml	
2,8 detik	OFF	500 ml	500 ml
1,2 detik	ON	1000 ml	
2,8 detik	OFF	500 ml	500 ml
1,2 detik	ON	1000 ml	
2,8 detik	OFF	500 ml	550 ml
1,2 detik	ON	1000 ml	
Rata-rata Keluaran Oksigen			529,16 ml

Pada Tabel diatas hasil pengujian volume keluaran oksigen menunjukkan bahwa volume oksigen yang dihasilkan pada ventilator ini stabil. Volume oksigen yang dikeluarkan dari system alat ini sebesar 529,16 ml. . Waktu yang diperlukan selama satu kali katup solenoid valve mengeluarkan oksigen selama 1,2 detik dan ketika katup solenoid valve tertutup, oksigen tidak dihembuskan selama 2,8 detik. Volume keluaran oksigen dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 16 Grafik Hasil Keluaran Oksigen

5. Kesimpulan dan Saran

Setelah melakukan penelitian Rancang Bangun Ventilator Medic Sederhana dengan Asupan O₂ berbasis Microcontroller dapat disimpulkan bahwa sistem telah berhasil dirancang dan sudah sesuai dengan tujuan penelitian yang dilakukan peneliti. Alat Ventilator Medic Sederhana dengan Asupan O₂ berbasis Microcontroller dirancang menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler, solenoid valve sebagai pengatur keluar masuk oksigen, heater sebagai elemen pemanas oksigen, Sensor MAX30100 sebagai pembaca denyut jantung dan saturasi oksigen pada pasien, Sensor Thermocouple dan LCD 20x4 sebagai penampil data. Implementasi LCD sebagai penampil data bekerja dengan baik karena berhasil menampilkan data suhu oksigen sebelum dan sesudah dipanaskan oleh heater sebagai elemen pemanas, detak jantung pasien, saturasi oksigen pasien dan solenoid valve bergerak atau berhenti sesuai dengan fungsinya. Sensor MAX30100 memiliki tingkat keberhasilan mengukur saturasi oksigen dan denyut jantung pasien cukup akurat dengan persentase error sebesar 0,009% dan 0,547%. Sensor Thermocouple A dan B memiliki keberhasilan mengukur suhu oksigen dengan cukup akurat dengan rata-rata persentase error sebesar 0,010% dan 0,030%. Untuk volume keluaran oksigen yang dikeluarkan oleh ventilator ini cukup sesuai dengan yang diharapkan yaitu dengan rata-rata sebesar 529,16 ml untuk 1 kali pembukaan katup solenoid valve dengan waktu selama 1,2 detik.

Setelah melakukan pembuatan dan pengujian Rancang Bangun Ventilator Medic Sederhana dengan Asupan O₂ berbasis Microcontroller peneliti memiliki saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Disarankan agar ventilator bisa menggunakan batre agar lebih kecil dan lebih mudah dibawa.
2. Dapat dilakukan pengembangan dengan monitoring melalui smartphone.

6. Daftar Pustaka:

- Baiq Nurul Laili, B. D. (2020). Rancang Bangun Pulse Oximetry Dengan Sistem Monitoring Internet Of Thing (IOT) . Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Semarang , 3.
- Bashori, Z. S. (2013). Pengendalian Temperature Pada Plant Sederhana Electric Furnace Berbasis Sensor Thermocouple Dengan Metode Kontrol Pid . Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Vol. 2(1), 1-8.
- Corwin, E. J. (2009). Buku Saku Patofisiologi. Jakarta: EGC.

- Eddi Kurniawan, C. S. (2013). Sistem Penerangan Rumah Otomatis Dengan Sensor Cahaya Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjungpura*, 2.
- Fernandez, G. J. (2017). Sistem Pernafasan. Skripsi Fakultas Kedokteran Universitas Udayanarsup Sanglah.
- Fikri, M. F. (2013). Rancang Bangun Prototipe Monitoring Suhu Tubuh Manusia Berbasis O.S Android Menggunakan Koneksi Bluetooth. *Jurnal Teknik Pomits Vol. 2, A-213*.
- Majid, M. (2016). Implementasi Arduino Mega 2560 Untuk Kontrol. *Universitas Negeri Semarang* , 15-16.
- Nugroho, F. S. (2019). Perancangan Alat Press Pada Proses Piston Rod Complete Model 2dp Dengan Sistem Pneumatik. 15.
- Aryanto, A. D. (2020). Rancang Bangun Alat Bantu Pernafasan Ventilator Wireless Sensor Network. *Jurnal ICTEE*, 11-14.
- Permana, A. d. (2017). Sistem Pengendalian Suhu dan Pemantauan Kelembaban Biji Kopi Pada Mesin Penyangrai Berbasis Arduino 2560. *Teknik Elektro, Sekolah Vokasi, Gema Teknologi Vol. 19 No.2 Universitas Diponegoro*.
- Prela Ramadhani, M. W. (2016). Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Penggunaan Shower Otomatis dan Jumlah Penggunaan Debit Air Berbasis Arduino. *Universitas PGRI Yogyakarta*, 91.
- RI, K. K. (2020). Pedoman Pencegahan dan Pengendalian Coronavirus Disease. . Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit, 1-136.
- Samudra, K. J. (2021). Rancang Bangun Modul Praktikum Berbasis Arduino MEGA 2650. *Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya*, 31-32.
- Saputra, D. A. (2020). Rancang Bangun Alat Pemberi Pakan Ikan Menggunakan Mikrokontroler. *Jurnal ICTEE*, 15-19.
- Tosepu, R. G. (2020). Correlation between weather and Covid 19 pandemic in Jakarta, Indonesia. *Sci. Total* <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138436>.
- Yuanyuan Dong, M., Xi Mo, P., Yabin Hu, M., Xin Qi, P., Fan Jiang, M. P., Zhongyi Jiang, M., & Shilu Tong, M. P. (2020). Epidemiology of COVID-19 Among Children in China. *American Academy of Pediatrics*, DOI: 10.1542.