

RANCANG BANGUN VENTILATOR MEDIS SEDERHANA DENGAN ASUPAN O₂ BERBASIS *MICROCONTROLLER*

Daffa Ammarandika*

Pendidikan Teknik Elektronika,
Universitas Negeri Jakarta,
Indonesia

Rafiudin Syam

Pendidikan Teknik Elektronika,
Universitas Negeri Jakarta,
Indonesia

Pitoyo Yuliatmojo

Pendidikan Teknik Elektronika,
Universitas Negeri Jakarta,
Indonesia

Info Artikel

Catatan Artikel:

Diterima: 27 Mei 2024

Revisi: 08 Juni 2024

Disetujui: 13 Juni 2024

DOI : 10.21009/jvote.v7i1.49218



Kata Kunci:

Arduino MEGA2560

Elemen pemanas

Sensor MAX0100

Sensor Termokopel

Ventilator medis

Abstrak

Penelitian ini bertujuan 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. 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. 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%.

Artikel : Daffa Ammarandika. (2024). Rancang Bangun Ventilator Medic Sederhana Dengan Asupan O₂ Berbasis *Microcontroller*. *Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik Elektro*, 7(1), 17 - 27

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 (Dong et al., 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 (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 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 (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2020). Tanda dan gejala umum infeksi covid-19 termasuk gejala gangguan pernapasan akut seperti demam, batuk, dan sesak napas (Tosepu et al., 2020). Maka dari itu dibutuhkan, alat bantu napas berupa Ventilator Medis untuk membantu pasokan oksigen.

Coressponding author:

Lutfatunnisa. Universitas Negeri Jakarta, Indonesia (lutfatunnisa012@gmail.com)

Ventilator adalah alat bantu mekanik yang memberikan tekanan udara positif (positive pressure) ke paru-paru melalui jalan nafas buatan (seperti selang endotrakeal atau trakeostomi), yang berfungsi menggantikan atau membantu pernapasan pasien yang mengalami kegagalan pernapasan atau gangguan jalan napas. Ventilasi mekanik merupakan intervensi standar di unit perawatan intensif (ICU) untuk pasien dengan gangguan pernapasan akut atau hipoksemik (Hickey et al., 2024).

Penggunaan ventilasi mekanik tidak hanya ditujukan untuk mempertahankan fungsi respirasi, tetapi juga sebagai upaya stabilisasi hemodinamik dan pemberian waktu bagi terapi kausal dalam menangani penyakit dasar pasien. Menurut Hickey, Sankari, dan Giwa (Hickey et al., 2024), ventilasi mekanik berperan penting dalam tata laksana pasien dengan sindrom gangguan pernapasan akut (ARDS) serta kondisi gagal napas lainnya. MacIntyre (MacIntyre, 2016) menekankan bahwa indikasi penggunaan ventilator harus dipertimbangkan secara hati-hati karena prosedur ini memiliki risiko komplikasi, termasuk barotrauma dan ventilator-associated pneumonia. Hal ini sejalan dengan temuan Badawy, Ali, Esmail, dan Abdelhady (Abbas Badawy et al., 2022) yang menyatakan bahwa penggunaan ventilasi mekanik di ICU memerlukan pemantauan ketat untuk meminimalisasi risiko komplikasi sekaligus mengoptimalkan hasil perawatan pasien.

Udara yang keluar masuk paru-paru pada pernapasan biasa disebut sebagai *udara tidal* (tidal volume), yang pada orang dewasa kira-kira 500 mL. Saat menarik napas dalam-dalam, volume udara tambahan yang bisa ditarik (inspiratory reserve) bisa jauh lebih besar, tergantung kapasitas paru-paru individu (Frontiers in Medicine, 2023). Daripada kebutuhan oksigen normal sekitar 250-300 liter per hari dalam keadaan istirahat (*resting metabolic demand*), dalam kondisi tubuh bekerja berat kebutuhan bisa menjadi beberapa kali lipat, tergantung aktivitas dan stres metabolik. Ketika oksigen mencapai alveoli, oksigen berdifusi melintasi membran alveolar ke kapiler darah, dan hemoglobin di sel darah merah akan mengikat oksigen ini. Jumlah oksigen yang diikat sangat dipengaruhi oleh tekanan parsial oksigen (partial pressure of O_2) di alveoli dan kondisi darah, termasuk pH, suhu, dan konsentrasi CO_2 (Osmosis, n.d.).

Berdasarkan penjelasan yang sudah diuraikan sebelumnya maka dilakukan penelitian mengenai Alat Ventilator Medis Sederhana dengan Asupan O_2 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.

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 bentuk pernapasan buatan yang mengambil alih atau membantu kerja otot-otot pernapasan untuk mempertahankan pertukaran gas yang adekuat pada pasien kritis. Alat ini bekerja dengan menghasilkan aliran udara terkontrol (melalui tekanan positif atau sistem lain) ke jalan nafas pasien sehingga memungkinkan oksigenasi yang memadai dan eliminasi karbon dioksida selama jangka waktu lama. Fungsi utama ventilator meliputi: memperbaiki oksigenasi, membantu eliminasi CO_2 , dan mengurangi/menolong kerja otot pernapasan sehingga pasien mendapat kesempatan pemulihan atau penanganan terhadap penyakit dasar (Elysyah, 2024; Saragih, 2022).

Pada penelitian ini ventilator medis 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. 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.

Terdapat beberapa perangkat keras yang digunakan, *pertama*, 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 (Yohana Windra, 2021). Bentuk Arduino MEGA 2560 seperti pada gambar 1 di bawah ini.



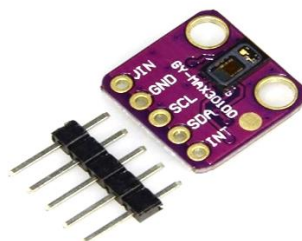
Gambar 1. Arduino MEGA 2560

Kedua, thermocouple adalah transduser aktif suhu yang tersusun dari dua buah logam berbeda dengan titik pelepasan 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. 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. Sensor *thermocouple* seperti gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Sensor Thermocouple type K

Ketiga, 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). Di bawah ini merupakan gambar Sensor MAX30100



Gambar 3. Sensor MAX30100

Keempat, 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 (Ramadhani et al., 2017). Gambar 4 berikut menunjukkan solenoid valve.



Gambar 4. Solenoid Valve

Kelima, 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 & Setiono, 2016). Contoh *heater* dapat dilihat pada gambar 5.



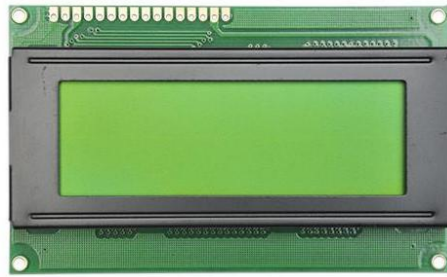
Gambar 5. Elemen Pemanas (*Heater*)

Keenam, 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 (Kurniawan et al., 2013) Di bawah ini merupakan contoh modul relay.



Gambar 6. Modul Relay 1 Chanel

Ketujuh, 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 sebagaimana pada gambar 7 berikut ini.



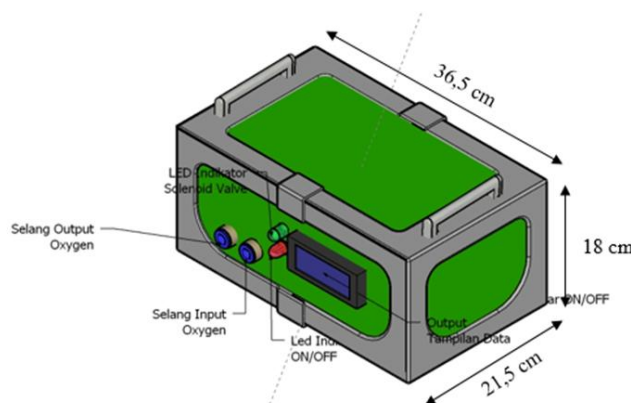
Gambar 7. LCD (*Liquid Crystal Display*) 20x4

METODE

Dalam pembuatan Ventilator Medis Sederhana berbasis Microcontroller dengan asupan O₂, akan digunakan sistematika penelitian Rekayasa Teknik. 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.

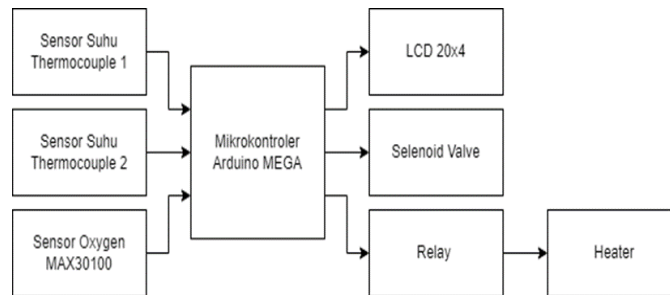
Arduino menggunakan pemrograman dengan bahasa C. IDE (Integrated Development Environment) Arduino merupakan aplikasi yang mencakup editor, compiler, dan uploader dapat menggunakan semua seri modul keluarga arduino, seperti Arduino Duemilanove, Uno, Bluetooth, Mega, Nano. Kecuali beberapa tipe board produksi 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.

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



Gambar 8. Design Alat Ventilator Sederhana

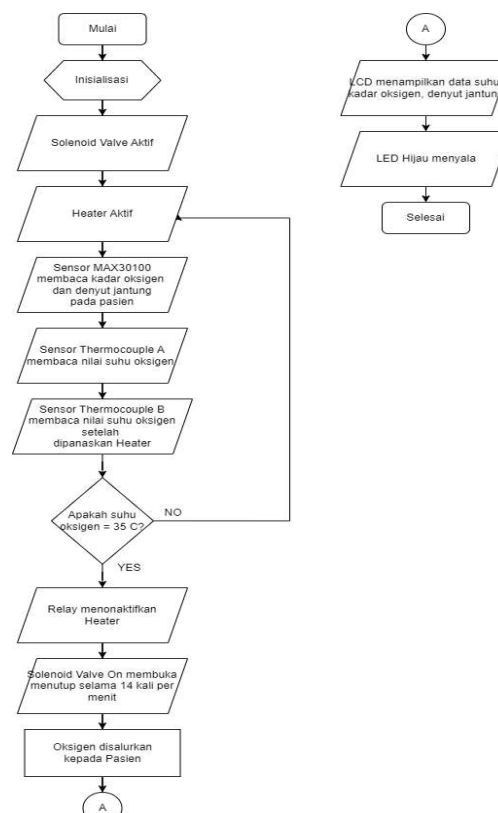
Dari blok diagram diatas dapat dijelaskan fungsi masing-masing blok diagram sistem yang menunjukan tahapan awal dalam merancang Alat Ventilator Medis Sederhana berbasis *Microcontroller*.



Gambar 9. Blok Diagram Ventilator Sederhana

Rancang Bangun Ventilator Medis 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

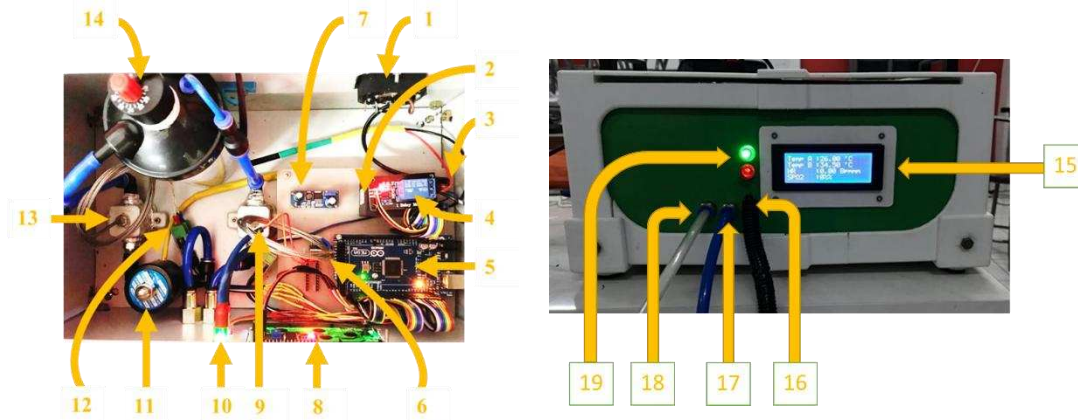
HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan blok diagram serta *flowchart* yang telah dibuat dan dibahas pada bagian sebelumnya, maka peneliti akan mengkaji hasil rancangan Ventilator Medis Sederhana dengan Asupan O_2 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 adalah, 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

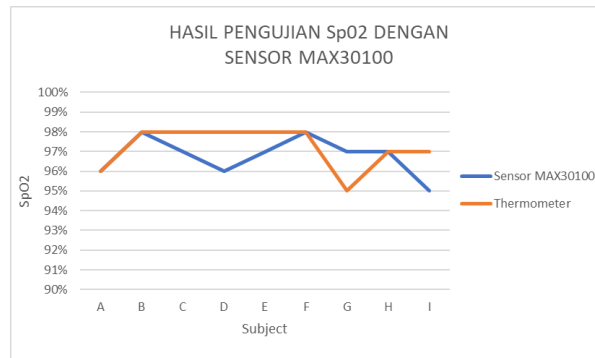


Gambar 12. Bagian dalam dan luar ventilator sederhana

MAX30100; 17) Selang Masukan Oksigen; 18) Selang Keluaran Oksigen; 19) LED (*Light Emitting Diode*) Indicator Solenoid Valve dan Heater.

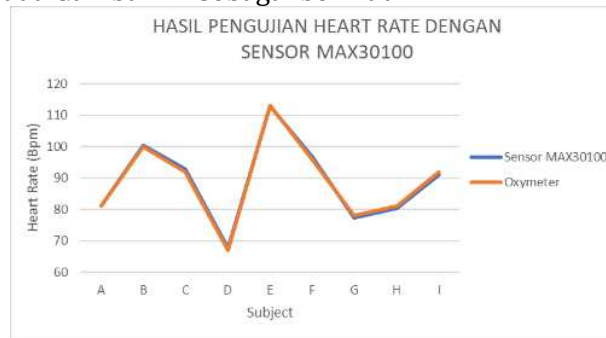
Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, sistem Ventilator Medis Sederhana dengan Asupan O_2 berbasis *Microcontroller* berfungsi sesuai dengan perencanaan dan perancangan menggunakan metode penelitian Research and Development (R&D). Alat ini akan berhasil menyala ketika mendapatkan sumber tegangan 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.

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



Gambar 13. Grafik Hasil Pengujian SpO2

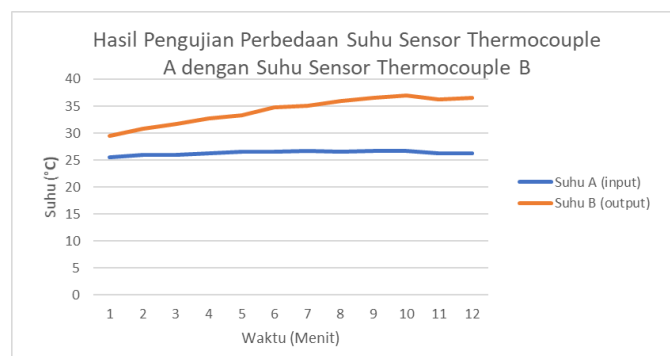
Sedangkan grafik hasil pengujian denyut jantung (*heart rate*) antara Sensor MAX30100 dengan Oxymeter dapat dilihat pada Gambar 14 sebagai berikut.



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.

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

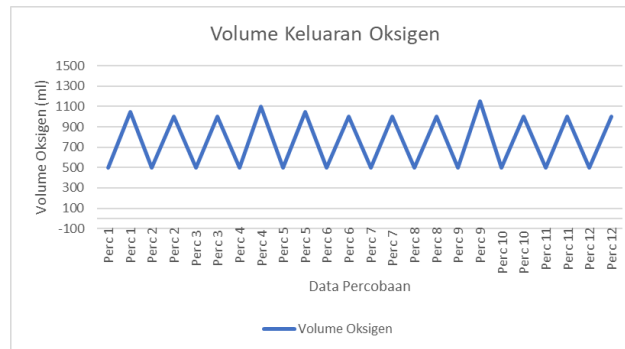
Hasil pengujian menunjukkan sensor ini bekerja dengan cukup baik menggunakan pembanding berupa Digital Multimeter didapatkan presentase rata-rata error 0,010% untuk pembacaan Suhu A dan presentase rata-rata error sebesar 0,030% untuk pembacaan suhu B. Parameter pengukuran dilakukan dalam selang waktu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

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

KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian Rancang Bangun Ventilator Medis Sederhana dengan Asupan O₂ berbasis Microcontroller dapat disimpulkan bahwa sistem telah berhasil dirancang dan sudah sesuai dengan tujuan penelitian yang dilakukan peneliti. Alat Ventilator Medis 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 Medis Sederhana dengan Asupan O₂ berbasis Microcontroller peneliti memiliki saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut Disarankan agar ventilator bisa menggunakan baterai agar lebih kecil dan lebih mudah dibawa dan dapat dilakukan pengembangan dengan monitoring melalui smartphone.

REFERENSI

- Abbas Badawy, F., Alsaied Abdelrahman Ali, A., Samir Esmail, N., & Ahmed Helmy Abdelhady, A. (2022). conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-SA) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) Mechanical Ventilation in Critically Ill Patients in ICU: Review Article. In *The Egyptian Journal of Hospital Medicine* (Vol. 86). <https://ejhm.journals.ekb.eg/>
- Dong, Y., Dong, Y., Mo, X., Hu, Y., Qi, X., Jiang, F., Jiang, Z., Jiang, Z., Tong, S., Tong, S., & Tong, S. (2020). Epidemiology of COVID-19 among children in China. In *Pediatrics* (Vol. 145, Issue 6). American Academy of Pediatrics. <https://doi.org/10.1542/peds.2020-0702>
- Elysyah, R. (2024). Ventilasi mekanik bertujuan menjamin ventilasi-oksigenasi yang adekuat dan mengurangi kerja napas. *Jurnal Kesehatan Saintika Meditory*. <https://jurnal.syedzasaintika.ac.id/index.php/meditory/article/download/2912/1710>
- Frontiers in Medicine. (2023). The oxygen dissociation curve of blood in COVID-19 – An update. *Frontiers in Medicine*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-2375-3.50016-5>
- Hickey, S. M., Sankari, A., & Giwa, A. O. (2024). *Mechanical Ventilation*. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2020). *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/247/2020 tentang Pedoman Pencegahan dan*

- Pengendalian Coronavirus Disease (COVID-19).* <https://persi.or.id/wp-content/uploads/2020/03/kmk2472020.pdf>
- Kurniawan, E., Suhery, C., Triyanto, D., Jurusan,], & Komputer, S. (2013). SISTEM PENERANGAN RUMAH OTOMATIS DENGAN SENSOR CAHAYA BERBASIS MIKROKONTROLER [1]. In *Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjungpura* (Vol. 01, Issue 2).
- MacIntyre, N. R. (2016). Indications for mechanical ventilation', in Andrew Webb, and others (eds). In *Oxford Textbook of Critical Care, 2 edn* (2nd ed.). Oxford Academic.
- Osmosis. (n.d.). *xygen Binding Capacity and Oxygen Content.* https://www.osmosis.org/learn/Oxygen_binding_capacity_and_oxygen_content.
- Permana, A., & Setiono, I. (2016). Sistem Pengendalian Suhu Dan Pemantauan Kelembaban Biji Kopi Pada Mesin Penyangrai Berbasis Arduino 2560. In *18 Gema Teknologi* (Vol. 19, Issue 2).
- Purnawan, I., & Saryono. (2010). *Mengelola pasien dengan ventilator mekanik (Edisi 1)* (1st ed.). Rekatama.
- Ramadhani, P., Sari, M. W., Eng, M., Wibawa, D., Si, S., & Kom, M. (2017). *Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Penggunaan Shower Mandi Otomatis Dan Jumlah Penggunaan Debit Air Berbasis Arduino.*
- Saragih, F. A. (2022). Analisa alur kerja inspirasi dan ekspirasi pada ventilator — konsep dan implementasi. *Jurnal Elektromedik Sari Mutiara.* <https://e-journal.sari-mutiara.ac.id/index.php/Elektromedik/article/download/3240/2229>
- Tosepu, R., Gunawan, J., Effendy, D. S., Ahmad, L. O. A. I., Lestari, H., Bahar, H., & Asfian, P. (2020). Correlation between weather and Covid-19 pandemic in Jakarta, Indonesia. *Science of the Total Environment*, 725. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138436>
- Yohana Windra, C. (2021). Penerapan Mikrokontroller Arduino Mega 2560 sebagai Monitoring pada Pembacaan Arus 3 Fasa di Gardu Induk 150 kV Lubuk Alung. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 10(1), 2021. <https://doi.org/10.21063/JTE.2021.31331007>
- .