



9th Applied Business and Engineering Conference

PEMBUATAN *LOW COST* PROTOTYPE PRESSURE REGULATED VOLUME CONTROL (PRVC) VENTILATOR UNTUK PASIEN COVID-19

Sayyid Ali Urraidi Bilfaqih¹, Emansa Hasri Putra²

¹Teknik Elektronika Telekomunikasi, Politeknik Caltex Riau, Rumbai, Pekanbaru,
27265

²Teknik Elektronika Telekomunikasi, Politeknik Caltex Riau, Rumbai, Pekanbaru,
27265

E-mail: sayyid17tet@mahasiswa.pcr.ac.id

Abstract

Currently the spread of the corona virus is taking the world by storm, which can spread quickly, the spread of this virus can attack the patient's breathing, so that some victims experience shortness of breath and require a ventilator to help sufferers breathe. In this study, an inexpensive ventilator was designed to help patients. The ventilator is designed in Pressure Regulated Volume Control (PRVC) mode, this mode can control the volume and pressure of the air entering the patient's lungs, so that the patient does not experience trauma due to pressure or volume that is not in accordance with medical rules. To control this, this ventilator uses a flow sensor and a pressure sensor that is controlled by a microcontroller and regulates the air pump from the oxygen tank to release air according to the required pressure and volume to the mask used by the patient to breathe. This tool can monitor the parameters needed and can adjust them according to the patient's condition and the power source of this tool is in the form of a battery so that this tool is portable, the ventilator settings are set with a tidal volume of 500ml with each breathing cycle taking 5 seconds so that breaths per minute the output is 12 breaths/min. From the test results obtained data in the form of pressure that reaches 13.04 cmH₂O at full speed of the air pump.

Keyword : *ventilator, pressure regulated volume control, microcontroller*

Abstrak

Saat ini penyebaran virus *corona* sedang menggemparkan dunia yang dapat menular dengan cepat, penyebaran virus ini dapat menyerang pernapasan pasien, sehingga beberapa korban mengalami sesak napas dan memerlukan alat *ventilator* untuk membantu penderita dalam pernapasan. Pada penelitian ini dirancang sebuah *ventilator* yang murah untuk dapat membantu pasien. *Ventilator* dirancang dalam mode *Pressure Regulated Volume Control* (PRVC), mode ini dapat mengontrol volume dan tekanan udara yang masuk ke dalam paru-paru penderita, sehingga penderita tidak mengalami trauma akibat tekanan ataupun volume yang tidak sesuai kaedah medis. Untuk mengendalikan hal tersebut *ventilator* ini menggunakan *flow sensor* dan *pressure sensor* yang dikendalikan oleh *mikrocontroller* dan mengatur pompa udara dari tanki *oxygen* agar

1019

ISSN: 2339 – 2053

Pekanbaru, 25 Agustus 2021



9th Applied Business and Engineering Conference

mengeluarkan udara sesuai dengan tekanan dan volume yang dibutuhkan ke masker yang digunakan oleh pasien dalam bernapas. Pada alat ini dapat memonitor parameter-parameter yang dibutuhkan dan dapat mengaturnya sesuai kondisi pasien dan sumber tenaga dari alat ini berupa baterai sehingga alat ini bersifat *portable*, setingan *ventilator* di set dengan tidal volume 500ml dengan setiap siklus pernapasan memerlukan waktu 5 detik sehingga *breath per minute* yang dihasilkan sebesar 12 *breath/min*. Dari hasil pengujian didapatkan data berupa tekanan yang mencapai 13,04 cmH₂O pada kecepatan penuh pompa udara.

Kata kunci : *ventilator, pressure regulated volume control, mikrocontroller*

PENDAHULUAN

Penyebaran virus corona saat ini sudah hampir keseluruhan wilayah Indonesia untuk itu ICU di rumah sakit memerlukan alat bantu napas bagi pasien. *Ventilator* adalah sebuah alat yang dapat membantu pernapasan pasien yang terjangkit virus ini, dikarenakan virus ini menyerang bagian pernapasan dari penderita dan menyebabkan pasien kesulitan untuk bernapas. Saat ini ketersediaan *ventilator* di ICU di rumah sakit sangat terbatas apalagi dengan jumlah korban virus *corona* yang semakin naik setiap harinya, hal ini disebabkan oleh harga dan ketersediaan *ventilator* yang sulit untuk didapatkan oleh pihak rumah sakit. Pada beberapa kasus pasien mengalami gangguan napas saat sedang dalam perjalanan untuk itu tenaga medis harus bisa memberikan pertolongan dengan cepat sehingga *ventilator* ini harus bersifat *portable* atau dapat dibawa kemana-mana. Pada proyek akhir ini akan dibuat sebuah ventilator yang murah namun dapat bekerja layaknya ventilator pada umumnya, adapun ventilator ini akan menggunakan sensor yang dapat ditemukan dengan mudah dan tersedia dipasaran.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian tentang ventilator yang dilakukan oleh (Indus University, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Karachi Section and Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2017) yang berjudul “*Prototyping of a Cost Effective and Portable Ventilator*”. Pada penelitian ini *ventilator* menggunakan *ambu bag* yang akan dipompa secara mekanik dengan motor dc yang terhubung dengan batang besi yang bekerja seperti sebuah gunting untuk memompa *ambu bag* tersebut. Penelitian ini juga tidak dapat merubah tidal volume *ventilator*nya

1020

ISSN: 2339 – 2053

Pekanbaru, 25 Agustus 2021



9th Applied Business and Engineering Conference

sehingga *ventilator* hanya memompa tidal volume sebanyak 700ml udara ke paru-paru pasien, hal tersebut dapat berakibat fatal apabila *ventilator* digunakan pada pasien yang memiliki tidal volume yang lebih kecil ataupun lebih besar, pasien dapat mengalami *volutrauma* akibat hal tersebut.

Pada penelitian (Lee'e, 2020) hanya menggunakan *blower* tanpa sensor tekanan sehingga tekanan dikendalikan oleh *speed control* saja yang mengakibatkan pengoperasian tidak dapat dimonitor dengan baik. Pada penelitian ini *blower* dapat mencapai tekanan 40 cmH₂O dimana sangat berbahaya untuk pasien dan dapat mengakibatkan *barotrauma* karena tekanan yang melebihi 20cmH₂O yang menjadi patokan tekanan bagi pasien, penelitian ini tidak memiliki *slot* tabung *oxygen* untuk memasok udara ke dalam paru-paru pasien hanya menggunakan udara bebas tanpa filter udara.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Mohsen Al Hussein et al., 2010) yang berjudul "Design and Prototyping of a Low-cost Portable Mechanical Ventilator". Pada penelitian ini masih menggunakan system mekanik tetapi lebih hemat tempat, karena menggunakan roller chain sehingga berat dan ukuran ventilator lebih kecil dari penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini terdapat flow sensor untuk dapat mengukur volume udara dari udara yang dipompa. Mikrocontroller yang digunakan adalah Arduino Duemilanove dan pada alat ini monitoring dapat dilihat pada layer monitor computer yang dapat di hubungkan ke Arduino.

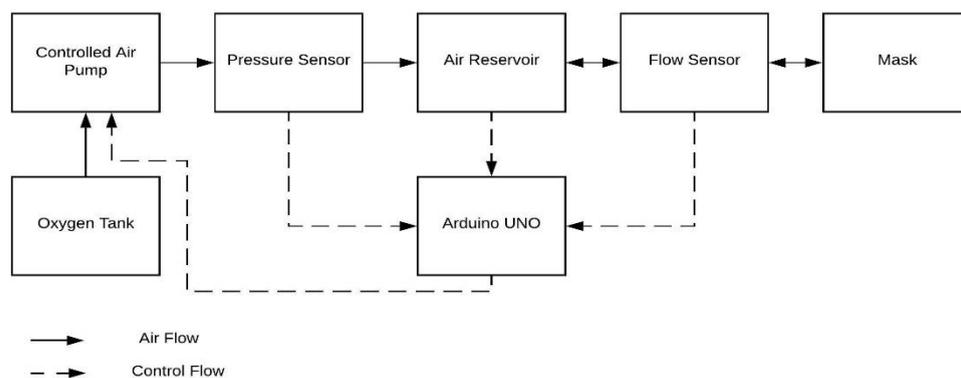
Berdasarkan beberapa kekurangan penelitian terdahulu diatas akan diperbaiki dalam penelitian ini diantaranya akan menggunakan air *reservoir* untuk menampung pasokan udara dari tanki *oxygen* dan udara bebas yang telah melewati filter udara terlebih dahulu. Setelah air *reservoir* telah mencapai tidal volume udara akan dilanjutkan ke paru-paru pasien dengan membuka *valve* air *reservoir* dengan tekanan udara yang telah dikendalikan oleh *mikrokontroller* sehingga *ventilator* ini mengendalikan volume dan tekanan dalam memompa udara ke dalam

paru-paru. Setelah pasien mengeluarkan udara dari paru-paru sensor akan membaca kembali tekanan dan volume dari proses tersebut dan *mikrokontroller* akan menambah apabila volume yang diterima kurang dan akan mengurangi volume apabila volume lebih, proses ini terus berulang sampai pasien melepas *ventilator*.

METODE PENELITIAN

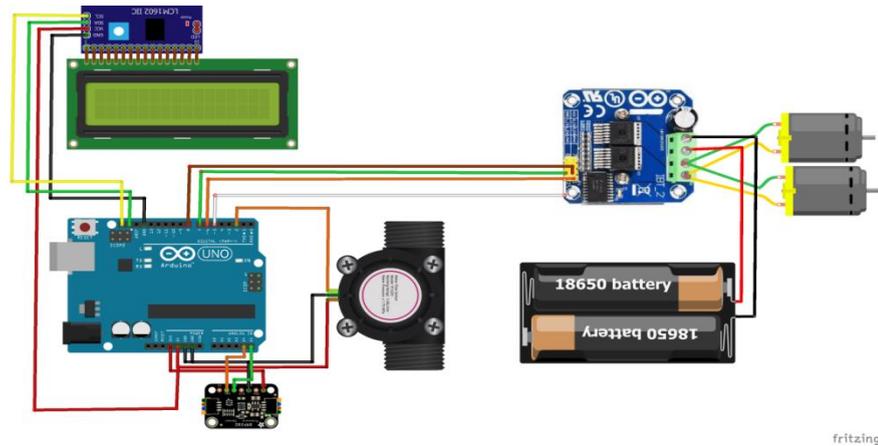
Penelitian ini menggunakan Arduino UNO sebagai kontrol utama. Masukan dari alat yang dibangun berasal dari masukan Sensor tekanan dan arus udara sebagai penghitung tekanan dan besar arus udara yang mengalir pada jalur udara menuju pasien dan pembacaan sensor ini dapat dibaca pada analog pin Arduino UNO Adapun keluaran dari sistem ini berupa informasi tidal volume dan tekanan udara yang diterima oleh pasien yang menggunakan ventilator ini.

Berikut ini adalah gambaran blok diagram dari prototype ventilator PRVC yang akan dibuat.



Gambar 1. Blok Diagram Perancangan

Dari gambar 1 dapat dilihat terdapat air flow dan control flow dimana *air flow* adalah perjalanan udara menuju pasien dimana pasien akan menggunakan *Mask* yang telah didesain untuk *prototype* ini. *Control flow* adalah jalur pengendalian *microcontroller* terhadap beberapa komponen yang mengendalikan *ventilator* ini.



Gambar 2. Perancangan keseluruhan alat

Pada gambar 2 merupakan perancangan keseluruhan alat. Sensor dan komponen lainnya telah terhubung ke Arduino untuk dapat dikendalikan, terdapat 2 sensor yaitu sensor tekanan BMP280 dan sensor aliran YF-S201. *Monitoring* data sensor dapat diperhatikan melalui LCD 16 x 2. Kemudian pompa dikendalikan oleh BTS 7960 yang mendapatkan sumber tegangan dari baterai 18650 yang dapat diisi ulang. Sensor BMP280 akan mengukur tekanan udara untuk proses inspirasi pasien, sedangkan sensor YF-S201 akan mengukur volume dari proses ekspirasi pasien. BTS 7960 akan mengurangi atau menambah tekanan dengan cara memutar pompa lebih cepat atau lebih lambat sehingga tekanan inspirasi dapat diatur dalam mendapatkan tidal volume 500ml pada hasil ekspirasi pasien.



Gambar 3. Perancangan masker modifikasi

Gambar 3 merupakan hasil modifikasi dari masker asap. Dengan menambahkan 2 buah selang dimana masing masing selang memiliki 2 aliran yang berbeda yaitu selang inspirasi untuk memasok suplai udara dan oksigen ke paru-paru pasien, sedangkan selang ekspirasi digunakan untuk mengukur volume udara yang dihasilkan dari proses ekspirasi pasien.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem ini bertujuan untuk menguji kinerja serta hubungan antara perangkat keras dengan perangkat lunak sebagai program dari sistem. Dalam artian lain pengujian ini bertujuan untuk mengetahui alat dan program yang telah dirancang dapat bekerja sesuai dengan apa yang direncanakan.



Gambar 4. Hasil perancangan tampak luar

Gambar 4 merupakan penampakan alat dari luar lengkap dengan tabung oksigen dan masker asap yang telah di modifikasi.



Gambar 5. Hasil perancangan tampak dalam

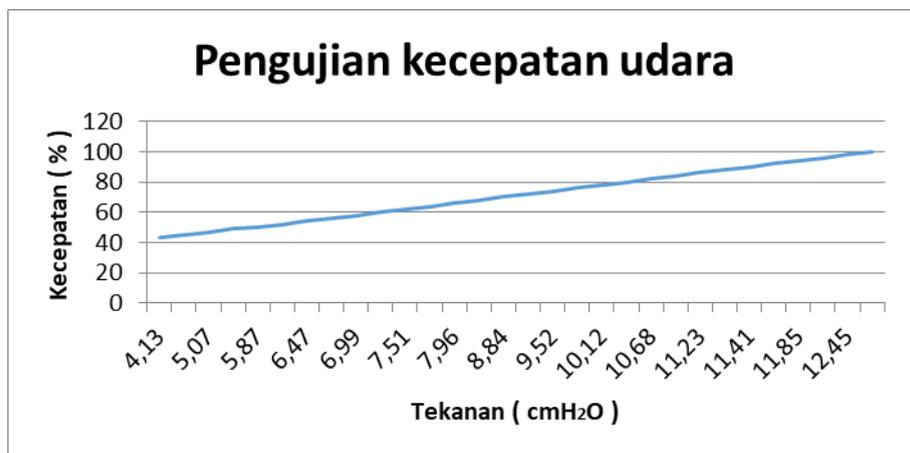
Gambar 5 merupakan penampakan dalam dari alat, terdapat 2 blower untuk membantu penyaluran oksigen ke pasien serta beberapa komponen elektronik lainnya.

1. Pengujian Kecepatan Pompa Udara

Pada pengujian kecepatan pompa ini diperuntukkan untuk mengetahui fungsi dari modul BTS7960 dimana modul ini bertanggung jawab untuk mengendalikan kecepatan pompa, modul ini tidak bekerja secara individu melainkan

mendapatkan control dari microcontroller dimana pada penelitian ini menggunakan arduino uno.

Gambar 6. Grafik pengujian kecepatan udara

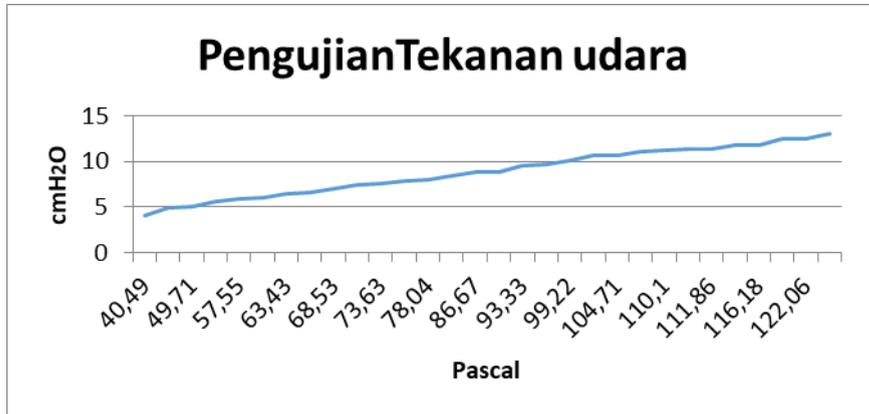


Kecepatan yang diatur oleh arduino terhadap modul BTS7960 sudah dikonversikan ke dalam bentuk persen dimana nilai ini didapatkan dengan memetakan nilai PWM menggunakan fungsi map, disini PWM yang dapat diatur oleh arduino merupakan perubahan dutycycle dimana 0 merupakan dutycycle terkecil atau 0% sedangkan 255 merupakan dutycycle tertinggi atau 100% dari maksimal power yang diberikan ke modul BTS7960. Pada permulaan alat ini dijalankan PWM alat di set 100 atau setara dengan 38% dutycycle.

2. Pengujian Tekanan udara

Pada pengujian tekanan udara ini diperuntukkan untuk mengetahui tekanan yang diberikan kepada pengguna ventilator, tekanan didapatkan dengan menempatkan sensor bmp280 di air reservoir dimana air reservoir merupakan tempat pencampuran udara bebas dari pompa dan oksigen.

Gambar 7. Grafik pengujian tekanan udara



Tekanan udara yang didapatkan merupakan perubahan tekanan yang dialami oleh sensor bmp280 dimana sensor ini perlu dikalibrasi terlebih dahulu untuk membaca tekanan dengan cara mengurangi hasil pembacaan sensor pada saat tidak ada tekanan menjadi 0. Sensor bmp 280 ini akan membaca tekanan dalam satuan pascal untuk itu diperlukan konversi untuk mendapatkan nilai pembacaan dalam satuan cmH₂O dimana satuan ini digunakan dalam mengukur tekanan ventilator adapun konversi yang dilakukan adalah dengan mengalikan angka yang terbaca dalam pascal dengan bilangan 0,0101972, dapat dilihat pada gambar 4.10 dimana nilai konversi tekanan 1 Pa setara dengan 0,0102 cmH₂O konversi di table ini sudah dibulatkan.

3. Pengujian Sistem PRVC

Tabel 1. Pengujian system PRVC

Volume	Kecepatan (%)	
	Sebelum	Sesudah
120	45	47
528	47	45
330	50	52
570	52	50
200	70	72



9th Applied Business and Engineering Conference

Pada pengujian ini diperuntukkan untuk mengetahui kinerja sistem PRVC pada ventilator sudah berkerja dengan baik atau tidak. Pengujian dilakukan dengan memberikan sistem volume di bawah 500ml dan melihat respon dari ventilator dimana dengan diberikannya volume dibawah 500ml diharapkan sistem akan menaikkan tekanan pengisian dengan menaikkan kecepatan air pump dalam memompa udara, begitu pula saat volume yang diberikan lebih dari 500ml sistemn akan menurunkan kecepatan pompa udara.

4. Pengujian Tekanan yang Dihasilkan Terhadap Kecepatan

Tabel 2. Pengujijan tekanan terhadap kecepatan

Kecepatan(%)	Tekanan(cmH2O)
43	4,13
50	5,87
60	7,42
70	8,84
80	10,67
90	11,41
100	13,04

Pada pengujian ini diperukkan untuk mengetahui tekanan yang terukur pada kecepatan tertentu pompa udara. Pengujian ini dilakukan dengan melihat tekanan yang dibaca sensor bmp280 pada perubahan kecepatan pompa udara yang dapat dilihat pada serial monitor di aplikasi arduino ide.

SIMPULAN

Dari hasil data yang diperoleh hasil pengujian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1028



9th Applied Business and Engineering Conference

1. Semakin tinggi kecepatan pompa udara maka semakin tinggi pula tekanan yang dihasilkan dimana pada kecepatan tertinggi yaitu 100% duty cycle tekanan yang dihasilkan mencapai 13,04 cmH₂O
2. Ventilator ini bekerja dengan 2 detik memompa udara dan 3 detik untuk menyalurkan serta mengukur volume udara sehingga untuk 1 cycle pernapasan membutuhkan waktu 5 detik dengan demikian BPM yang dihasilkan oleh ventilator adalah 12 BPM (Breath Per Minute).
3. Ventilator di desain dengan dua buah pompa udara hal ini dimaksudkan untuk mencapai tekanan pengisian mencapai 10cmH₂O.
4. Motor driver yang digunakan adalah BTS7960, motor driver ini digunakan karena memiliki spesifikasi yang sesuai dengan kriteria pompa yang digunakan yang mana memerlukan arus 4 Ampere dalam pengoperasiannya.
5. Ventilator ini menggunakan LCD 16 x 2 sebagai monitoring parameter kecepatan pompa dan volume udara.

DAFTAR PUSTAKA

Indus University, Institute of Electrical and Electronics Engineers. Karachi Section, & Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2017). ICIEECT 2017 - International Conference on Innovations in Electrical Engineering and Computational Technologies 2017, Proceedings. *ICIEECT 2017 - International Conference on Innovations in Electrical Engineering and Computational Technologies 2017, Proceedings.*

Lee'e, J. (2020). *Designing a low-cost, open source ventilator with Arduino.* <https://blog.arduino.cc/2020/03/17/designing-a-low-cost-open-source-ventilator-with-arduino/>

Mohsen Al Hussein, A., Ju Lee, H., Negrete, J., Powelson, S., Tepper

1029

ISSN: 2339 – 2053

Pekanbaru, 25 Agustus 2021



9th Applied Business and Engineering Conference

Servi, A., & Slocum, A. H. (2010). Design and prototyping of a low-cost portable mechanical ventilator. *Journal of Medical Devices, Transactions of the ASME*, 4(2), 1–1. <https://doi.org/10.1115/1.3442790>

Paru-paru, K. V. (2013) ‘Aplikasi Sensor Tekanan Gas Mpx5100 Dalam Alat Ukur Kapasitas Vital Paru-Paru’, *Unnes Physics Journal*, 2(1), pp. 18–23.

Astrand. 1970. *Fisiologi Tubuh Manusia*. Translated by Guyton, AC. 1996. Jakarta: Binarupa Aksara.