

# UJI PERFORMA MOTOR *STEPPER* PADA VENTILATOR MEKANIS BERBASIS ARDUINO

I.B.Setyono, S.Supriyadi dan A.Burhanudin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>*Program Studi Teknik Mesin, Fakultas TEKNIK, Universitas PGRI Semarang*

*Gedung Pusat Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang*

E-mail : iffan.bayusetyono@gmail.com<sup>1</sup>

## **Abstrak.**

*Pengoperasian ventilator mekanis adalah gerakan penekanan pada resuscitator sehingga udara yang ada dalam resuscitator tersebut mengalir keluar melalui selang menuju kedala alat pernapasan. Diperlukan sebuah mekanisme untuk mengatur proses pemompaan resuscitator secara stabil dan tahan lama. Penelitian ini membuat purwarupa ventilator mekanis dengan motor stepper sebagai penggerak utama yang mampu memompa resuscitator dalam jangka waktu yang lama dan untuk menguji performa motor stepper pada ventilator mekanis berbasis arduino. Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian eksperimen. Dengan menggunakan variabel bebas motor stepper yang digunakan yaitu motor stepper nema 17 dan motor stepper nema 23 dan variabel terkait adalah pembacaan sensor aliran udara yang berada pada resuscitator. Hasil dari penelitian ini menunjukkan implementasi motor stepper pada ventilator mekanis lebih baik menggunakan motor stepper nema 23 karena mempunyai performa yang lebih handal dibandingkan dengan motor nema 17, karena motor stepper nema 23 pembacaan sensor flow meter dengan set value 500 ml mempunyai penyimpangan kesalahan sebesar 3,3% dan akurasi sensor 97,8% sedangkan pada set value 700 ml nilai presentase kesalahannya sebesar 3% dan akurasi sensor 97%.*

**Kata kunci :** *Coronavirus, Ventilator, Arduino, Motor stepper nema, Sensor flow meter*

## **I. PENDAHULUAN**

Pada Desember 2019, Wuhan, provinsi Hubei, Cina, salah satu dari enam megalopolis dengan jumlah penduduk 14 juta, menjadi pusat wabah pneumonia yang tidak diketahui penyebabnya. Satu minggu kemudian, pada tanggal 7 Januari 2020, otoritas kesehatan Tiongkok mengkonfirmasi bahwa mereka telah mengidentifikasi coronavirus baru (COVID-19). Penyakit Coronavirus 2019 (COVID-19), merupakan wabah infeksi yang disebabkan oleh sindrom pernapasan akut coronavirus 2 (SARS-CoV-2) (Lippi et al., 2020).

Gejala yang terjadi apabila manusia terinfeksi COVID-19 adalah terdapat gangguan pernapasan akut yang disertai oleh demam, batuk dan sesak napas. Masa inkubasi virus ini rata-rata 5-6 hari dan masa inkubasi paling lama 14 hari. Selain itu, pada kasus COVID-19 yang berat dapat menyebabkan pneumonia, sindrom pernapasan akut, gagal ginjal, dan bahkan kematian.

Ventilator adalah salah satu alat bantu untuk pernafasan bertekanan negatif atau positif yang menghasilkan udara terkontrol pada jalan nafas sehingga pasien dapat mempertahankan ventilasi dan transmisi oksigen ke dalam paru-paru dalam jangka waktu yang lama. Pengoperasian ventilator mekanis adalah dengan melakukan gerakan penekanan pada resuscitator sehingga udara yang ada dalam resuscitator tersebut mengalir keluar melalui selang menuju kedala alat pernapasan. Namun, ventilasi mekanis juga dapat

berpotensi merusak paru-paru pasien karena tekanan dan aliran udara. Oleh karena itu diperlukan sebuah mekanisme untuk mengatur proses pemompaan resusitator secara stabil dan tahan lama.

Pengoperasian ventilator mekanis adalah dengan melakukan gerakan penekanan pada resuscitator sehingga udara yang ada dalam resuscitator tersebut mengalir keluar melalui selang menuju kedala alat pernapasan. Namun, ventilasi mekanis juga dapat berpotensi merusak paru-paru pasien karena tekanan dan aliran udara. Oleh karena itu diperlukan sebuah mekanisme untuk mengatur proses pemompaan resusitator secara stabil dan tahan lama.

Dalam beberapa studi ilmiah, penelitian tentang ventilator dengan parameter yang berbeda telah dievaluasi seperti variabilitas jantung, kualitas tidur, disfungsi diafragma, dan lain-lain. Sebaliknya, metode eksperimental yang terdiri dari pemantauan indeks tekanan udara dan aliran udara terhadap daya mekanik yang didefinisikan sebagai jumlah kekuatan pemompa *resusitator* yang diberikan paru-paru selama ventilasi belum pernah dilakukan dan dipublikasi secara ilmiah.

Teknologi yang akan diterapkan penulis adalah dengan membuat purwarupa ventilator mekanis dengan motor stepper sebagai penggerak utama yang mampu memompa *resusitator* dalam jangka waktu yang lama.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kerja ventilator dengan menggunakan motor nema 17 dan motor *stepper* 23 dan menganalisis nilai pembaca sensor aliran udara dengan menggunakan motor nema 17 dan motor *stepper* 23.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen bertujuan untuk menyelidiki kemungkinan sebab akibat dengan cara mengenakan suatu atau lebih kondisi perlakuan dan membandingkan hasilnya dengan suatu kelompok atau lebih (Suryana, 2010).

Waktu proses penelitian ini dimulai pada bulan april 2020 dan untuk pencetakan part menggunakan 3D printer dimulai pada tanggal 13 Juni 2020. Penelitian ini dilakukan di dua tempat, yaitu: Gedung Utama Universitas PGRI yang berlokasi di Jalan Lontar Nomor 1, Krangtempel, Kecamatan Semarang Timur, Kota Semarang, Jawa Tengah sebagai pembuatan part menggunakan 3D printing yang dilakukan di ruang satgas covid-19 dan proses perakitan komponen dilakukan di Laboratorium Proses Produksi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang yang berlokasi di Jalan Pawiyatan Luhur III Nomor 1, Bendan Duwur, Kota Semarang, Jawa Tengah.

Variabel merupakan sesuatu yang menjadi objek pengamatan, sering disebut sebagai faktor yang berperan dalam penelitian atau gejala yang akan diteliti (Siyoto & Sodik, 2015). Sesuai dengan judul penelitian yang dipilih yaitu Rancang Bangun Prototype Ventilator Mekanik Berbasis IOT maka peneliti mengelompokkan variabel yang digunakan menjadi variabel bebas dan variabel terikat. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah variasi jenis motor stepper, motor stepper yang digunakan yaitu nema 17 dan motor stepper nema 23. Sedangkan variabel terikatnya adalah pembacaan sensor aliran udara yang berada pada resusitator.

Dalam penelitian ini alur penelitian dimulai dengan identifikasi, studi literature, desain alat, pembuatan prototype, pengujian alat, hasil pengujian serta kesimpulan.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Penelitian

#### 1. Deskripsi *Prototype* Ventilator Mekanik

Dalam pengujian ini, digunakan mikrokontroler ATmega328 sebagai kontroler, TB6600 sebagai driver motor, dan motor *stepper* sebagai penggerak yang kemudian diaplikasikan pada konstruksi ventilator mekanis. Pengujian awal yaitu mengendalikan motor stepper dengan beberapa metode setelah itu dilakukan implementasi motor *stepper* pada sebuah konstruksi model seperti pada Gambar 1.

*Prototype* ventilator mekanik bekerja melalui sistem planetary gear yang digerakkan oleh motor DC yang berputar menggerakkan poros. Prinsip kerja mesin ini seperti stang piston yang digerakkan oleh poros engkol yang kemudian dihubungkan dengan press arm untuk melakukan tekanan terhadap

resuscitator. Hasil penekanan terhadap resuscitator ini akan mempengaruhi pembacaan sensor tekanan udara dan aliran udara.



Gambar 1. Ventilator Mekanik

## 2. Analisa Pengontrolan Motor *Stepper*

```
#define dirPin 5
#define stepPin 4
#define motorInterfaceType 1
#define stepsPerRevolution 1000
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(stepPin, OUTPUT);
  pinMode(dirPin, OUTPUT);}
void loop() {
  digitalWrite(dirPin, HIGH);
  for (int i = 0; i < stepsPerRevolution; i++) {
    digitalWrite(stepPin, HIGH);
    delayMicroseconds(1000);
    digitalWrite(stepPin, LOW);
    delayMicroseconds(1000); }
  digitalWrite(dirPin, LOW);
  for (int i = 0; i < stepsPerRevolution; i++) {
    digitalWrite(stepPin, HIGH);
    delayMicroseconds(1000); digitalWrite(stepPin, LOW);
    delayMicroseconds(1000);}}
```

Kode program diatas dapat dijelaskan bahwa ketika lilitan fasa motor stepper diberi energi dengan arus listrik dengan perintah kode `digitalWrite(dirPin, HIGH)`, fluks magnet dikembangkan di stator. Rotor kemudian menyejajarkannya sehingga posisi fluks diminimalkan. Dalam hal ini motor akan berputar searah jarum jam sehingga kutub selatannya sejajar dengan kutub utara stator A dan kutub utaranya sejajar dengan kutub selatan stator B dengan perintah:

```
digitalWrite(stepPin, HIGH);
delayMicroseconds(1000);
digitalWrite(stepPin, LOW);
delayMicroseconds(1000);
```

Perintah `for (int i = 0; i < stepsPerRevolution; i++)` Untuk membuat motor berputar sesuai dengan urutan pemberian energi pada lilitan stator sedemikian rupa yang memberikan medan fluks magnet berputar yang diikuti oleh rotor karena tarikan magnet.



Gambar 2. Motor Stepper dengan Gear Box

3. Analisa Pembacaan Sensor Aliran Udara

```
#include <FlowMeter.h>
FlowMeter Meter = FlowMeter(2);
void MeterISR() {Meter.count();}
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  attachInterrupt(INT0, MeterISR, RISING);
  Meter.reset();}
void loop() {
  delay(period);
  Meter.tick(period);
  Serial.println("Currently"+String(Meter.getCurrentFlowrate())+" l/min,
  "+ String(Meter.getTotalVolume())+ " l total.");}
```

Dalam kode program penulis menggunakan metode interupsi yang terdapat pada parameter pertama yaitu *attachInterrupt* () adalah nomor interupsi. Interupsi berguna untuk membuat pembacaan sensor secara otomatis dalam program mikrokontroler dan dapat membantu memecahkan masalah pengaturan waktu.

Interupsi ini akan memastikan bahwa program selalu menangkap pulsa dari sensor aliran udara, sehingga tidak pernah melewatkan pulsa karena program harus terus membaca baris perintah sensor dan untuk menangkap sinyal saat terjadi pada sensor – sensor lain yang terhubung pada mikrokontroler secara terus menerus.

Pengujian sensor flow ini bertujuan untuk menghitung tingkat akurasi sensor saat mendeteksi volume aliran udara yang dikeluarkan oleh resusitator dengan set value yang sudah di tentukan. Selain itu, untuk mengetahui berapa persen error sensor water flow yang telah diterapkan pada sistem pengisian air. Alat yang digunakan untuk melakukan proses pengujian yaitu menggunakan gelas ukur dengan skala 500 dan 750

Tabel 4. 1 Hasil Percobaan Sensor Flow 500 mL

SET VALUE 500 MI			
Percobaan	Pembacaan Sensor		
	Nilai volume pada Sensor (ml)	Presentase error %	Akurasi %
1	503	3,0%	97,0%
2	503	3,0%	97,0%
3	505	5,0%	95,0%
4	503	3,0%	97,0%
5	503	3,0%	97,0%
6	502	2,0%	98,0%
7	503	3,0%	97,0%
8	505	5,0%	95,0%
9	503	3,0%	97,0%
10	503	3,0%	97,0%
<b>Rata-rata</b>		<b>3,3%</b>	<b>97,8%</b>

Tabel 1. Hasil Percobaan Sensor *Flow* 500 MI

Tabel 4. 2 Hasil Percobaan Sensor Flow 700 mL

SET VALUE 700 mL			
Percobaan	Pembacaan Sensor		
	Nilai volume pada Sensor (ml)	Presentase error %	Akurasi %
1	702	2,0%	98,0%
2	703	3,0%	97,0%
3	705	5,0%	95,0%
4	703	3,0%	97,0%
5	702	2,0%	98,0%
6	702	2,0%	98,0%
7	703	3,0%	97,0%
8	705	5,0%	95,0%
9	702	2,0%	98,0%
10	703	3,0%	97,0%
<b>Rata-rata</b>		<b>3%</b>	<b>97%</b>

Tabel 2. Hasil Percobaan Sensor Flow 700 mL

Dari Tabel 1 didapatkan nilai presentase kesalahan pengukuranyang berbeda, pembacaan sensor *flow* meter dengan set value 500 mL nilai presentase kesalahannya sebesar 3,3% dan akurasi sensor 97,8%. Dari Tabel 2 didapatkan dengan set value 700 mL nilai presentase kesalahannya sebesar 3% dan akurasi sensor 97%. Jika dilihat dari tabel data pengukuran nilai

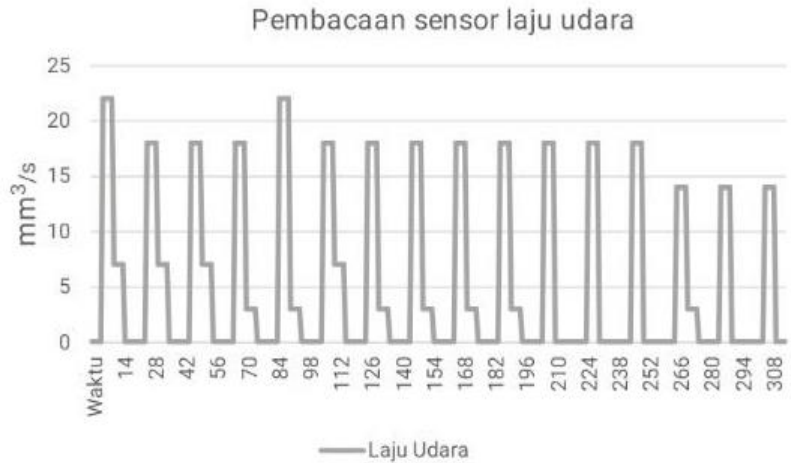
akurasi sensor tergantung dari setingan kalibrasi awal. Dengan hasil data pengukuran di atas, yang sesuai nilai akurasi sensor 3% (sesuai datasheet).

4. Analisa Sistem Ventilator Mekanik

Sebagai analisis terakhir, indeks yang dapat mewakili upaya pasien yang dilakukan selama ventilasi mekanis telah diperkirakan. Analisis ini harus memenuhi dua kondisi:

- a. Mempertahankan pengaturan ventilasi yang sama untuk semua akuisisi
- b. Ketersediaan bentuk gelombang tekanan jalan napas tanpa upaya pasien

1) Pengujian pertama sensor laju udara dengan menggunakan Nema 17



Gambar 4. 3 Pengujian Ke-1 Laju Udara dengan Motor Stepper Nema 17

Gambar 3. Pengujian Ke-1 Laju Udara dengan Motor Stepper Nema 17

Pengukuran yang terbaca pada arduino seperti pada Gambar 3 untuk laju aliran udara adalah pada detik pertama 23 mm/s, data tersebut terbaca ketika lengan penekan berada di posisi turun penuh atau motor *stepper* berada pada posisi 90 derajat kemudian motor *stepper* akan akan melanjutkan putaran menuju 180 derajat yang berarti lengan penekan akan terangkat dengan data laju udara akan menurun sehingga yang terbaca pada detik ke tiga adalah 7 mm/s. pada gerakan lengan akan diulang terus menerus sehingga akan terbaca pick atau pembacaan laju udara tertinggi pada setiap rotasi yaitu 17 mm/s dengan 7 mm/s, kemudian nilai pick laju udara ketika rotasi motor *stepper* ke tiga adalah 17 mm/s, nilai pick pada rotasi ke-13 adalah 14 mm/s. Laju udara semakin menurun pada rotasi ke-14 yang berarti performa motor nema 17 mengalami penurunan. Penghitungan ini bertujuan untuk mengetahui konsistensi penurunan laju udara sebagai representasi kerugian pada proses penekanan *resusitator*.

2) Pengujian kedua sensor laju udara menggunakan motor *stepper* Nema 17



Gambar 4. 4 Pengujian Ke-2 Laju Udara dengan Motor Stepper Nema 17

Gambar 4. Pengujian Ke-2 Laju Udara dengan Motor *Stepper* Nema 17

Pengukuran yang terbaca pada arduino seperti pada Gambar 4 untuk laju aliran udara adalah pada detik pertama 60 mm<sup>3</sup>/s, data tersebut terbaca ketika lengan penekan berada di posisi turun penuh atau motor *stepper* berada pada posisi 90 derajat kemudian motor *stepper* akan melanjutkan putaran menuju 180 derajat yang berarti lengan penekan akan terangkat dengan data laju udara akan menurun sehingga yang terbaca pada detik ke tiga adalah 37 mm<sup>3</sup>/s. pada gerakan lengan akan diulang terus menerus sehingga akan terbaca pick atau pembacaan laju udara tertinggi pada setiap rotasi yaitu 58 mm<sup>3</sup>/s dengan 37 mm<sup>3</sup>/s, kemudian nilai pick laju udara ketika rotasi motor stepper ke tiga adalah 58 mm<sup>3</sup>/s, nilai pick pada rotasi ke-13 adalah 54 mm<sup>3</sup>/s. Laju udara semakin menurun pada rotasi ke-14 yang berarti performa motor Nema 17 mengalami penurunan. Penghitungan ini bertujuan untuk mengetahui konsistensi penurunan laju udara sebagai representasi kerugian pada proses penekanan resusitator. Laju aliran udara ditentukan digunakan untuk menentukan seberapa kuat dan akurat motor stepper nema 17 untuk dapat digunakan dalam alat ventilator.

3) Pengujian pertama laju udara dengan motor *stepper* Nema 23



Gambar 5. Pengujian Ke-1 Laju Udara dengan Motor Stepper Nema 23

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa pada pengujian motor *stepper* Nema 23 menunjukkan data yang stabil. Laju udara dengan pick tertinggi dihasilkan oleh aliran udara dengan laju 118 mm<sup>3</sup>/s dan terendah pada aliran 40 mm<sup>3</sup>/s. Pada semua laju aliran yang terbaca pada arduino, tidak terjadi penurunan aliran udara di sepanjang pengujian yang berarti bahwa tidak terjadi penurunan performa motor stepper nema 23.



4) Pengujian kedua laju udara menggunakan motor *stepper* Nema 23



Gambar 6. Pengujian Ke-2 Laju Udara dengan Motor *Stepper* Nema 23

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, kontribusi ini diwakili oleh area biru dengan menggunakan metode yang sama dengan pengamatan yang dihitung sebelumnya, menunjukkan perbaikan performa yang ditunjukkan dengan lama waktu penurunan pembacaan sensor. Data tersebut diambil sebanyak 308 kali pembacaan sensor seperti halnya pada pengambilan data pada saat pengujian Nema 17. Setiap pembacaan sensor membutuhkan waktu 0,5 detik.

**b. Pembahasan**

1. Laju Udara Ventilator Dengan Menggunakan Nema17

Sebuah metode yang dapat digunakan untuk menganalisa pengujian adalah menggunakan *time series*. Indeks telah diperoleh sebagai perbedaan dalam loop volume udara, sebagai simulasi pada nafas tanpa usaha atau hanya dikendalikan oleh ventilator. Kemudian, bentuk gelombang referensi telah dipilih dari beberapa gelombang yang diperoleh, sehingga dapat diamati nilai bentuk keteraturannya. Simulasi pernafasan ini telah direplikasi dan dibandingkan dengan seluruh pengujian. Ekstraksi pembacaan dari sensor ditunjukkan pada Gambar 3, dan Gambar 4 terdapat perbedaan bentuk terlihat jelas.

Perbedaan dari pengukuran ini, yang diwakili oleh area biru, merupakan indikator keandalan dalam melakukan gerakan menekan resuscitator sehingga volume udara yang ada di dalamnya mengalir keluar dan terbaca oleh sensor. Dengan mengamati tren pada Gambar 3 dan Gambar 4, fluktuasi periodik sinyal dapat diketahui sama yaitu mengalami penurunan performa pada motor stepper nema 17 terjadi dari waktu pengujian ke-1 sampai dengan pengujian ke-240, kemudian mengalami penurunan daya tekan motor stepper dengan ditandai oleh penurunan pembacaan laju udara pada waktu pengujian ke-241 sampai dengan pengujian ke-308. Hal ini berakibat pada laju udara yang menurun dan juga pembacaan sensor yang menurun pula. Pengujian ini digunakan untuk memverifikasi bahwa korelasi dalam fluktuasi aliran udara dari parameter adalah nyata jadi, meskipun prosedur ini tidak mengubah distribusi amplitudo dalam deret waktu, urutan yang berkorelasi adalah menurunnya pembacaan sensor pada waktu yang sama.

2. Laju Udara Dengan Menggunakan Motor *Stepper* Nema 23

Pada Gambar 4.6 terdapat fakta bahwa dalam situasi ini volumenya tetap konstan, dan kemudian dayanya tidak berubah. Pada detik pertama sampai dengan detik ke 308 tidak terdapat penurunan performa pada motor *stepper*. Seperti dapat dilihat dari Gambar 5 dan Gambar 6, model mengikuti tren laju udara dengan akurasi yang hampir sama. Dari evaluasi kualitatif pertama semua model melakukan rekonstruksi yang baik dari proses penekanan *resuscitator*. Untuk subjek berventilasi dengan kontrol penekanan *resuscitator*, rekonstruksi terburuk adalah selama fase



peralihan ketika lengan melepaskan penekan dengan lengan ketika akan menekan *resusitator*, sedangkan kontrol volume terbaik adalah saat jeda inspirasi.

Pengamatan tren kesalahan berguna untuk menilai perilaku ini. Padahal, dari evaluasi terhadap Gambar 3 dan Gambar 4, terlihat bahwa error masing-masing model mencapai nilai maksimalnya sesuai dengan waktu yang ada. Selanjutnya dari analisis pada gambar-gambar tersebut dapat diketahui bahwa pada awal inspirasi model tidak sesuai dengan tekanan yang sebenarnya, yang menurun akibat aktivasi rotasi motor *stepper*. Kuantifikasi koefisien determinasi, memungkinkan untuk memahami model mana yang paling andal. Semakin rendah nilai kesalahannya, semakin baik kemampuan model dalam memprediksi data yang diamati. Namun perlu diperhatikan bahwa semakin lama motor bekerja akan terjadi penurunan performa yang diakibatkan oleh kerusakan gear yang terdapat pada gear box ventilator. Hal ini dikarenakan factor keausan pada planetary gear akibat penggunaan yang terus menerus. Faktanya adalah selama melakukan uji coba penelitian ini belum pernah mengganti spare part yang berada pada ventilator sehingga hal ini dimungkinkan menjadi faktor keausan pada planetary gear.

Penelitian ini tidak mengamati secara detail faktor keausan yang diakibatkan penggunaan tersebut karena berfokus pada penelitian performa motor stepper. Setelah pengujian alat dilakukan, maka dapat diketahui bahwa sistem dapat bekerja dengan baik untuk mengendalikan putaran motor stepper dan mengimplementasikannya pada ventilator mekani. Dengan menggunakan metode yang telah dirancang untuk mengoperasikan motor *stepper*, motor dapat bekerja dengan baik untuk menggerakkan lengan penekan resusitator. Motor *stepper* Nema 23 dengan metode microstep lebih baik untuk diimplementasikan, karena metode ini menghasilkan sudut step yang kecil sehingga torsi yang dihasilkan pun tinggi, selain itu posisi yang diinginkan presisi dan tidak terjadi pergeseran akibat pembebanan pada rotor motor stepper untuk setiap pergantian stepnya. Namun sistem masih memiliki kelemahan yaitu pengontrolan motor stepper masih menggunakan kendali open loop, sehingga tidak ada umpan balik terhadap kinerja system.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian laboratorium yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu motor driver yang digunakan untuk mengatur motor stepper adalah TB6600 dan dengan menggunakan metode microstep yang diberikan nilai lebih dari 1000 pada setiap pengaturan perputanan motor stepper sehingga akan memungkinkan kenaikan 1,8 derajat atau 0,9 derajat, atau bahkan lebih kecil. Namun memiliki kelemahan yaitu kecepatan motor rendah. Serta implementasi motor *stepper* pada ventilator mekanis lebih baik menggunakan motor stepper Nema 23 karena mempunyai performa yang lebih handal dibandingkan dengan motor Nema 17. Adapun saran dalam artikel penelitian ini yaitu alat yang dibuat masih dapat dikembangkan untuk meningkatkan hasil performa yang lebih baik. Bisa dengan menerapkan pengendalian secara *closedloop*, sehingga dapat memberikan respon yang dapat memperbaiki kinerja dari alat tersebut. Atau juga dapat mengubah gear box dan motor stepper yang memiliki efisiensi yang lebih baik. Pada pengembangan selanjutnya, sebaiknya ventilator ini ditambahkan beberapa sensor tambahan agar fungsinya tidak hanya membaca laju udara saja melainkan juga dapat membaca detak jantung, suhu tubuh dan kadar SPO<sub>2</sub> dalam darah. Dengan harapan alat ini bisa digunakan untuk memberikan manfaat bagi masyarakat.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lippi, G., Mattiuzzi, C., Sanchis-Gomar, F., & Henry, B. M. (2020). Clinical and demographic characteristics of patients dying from COVID-19 in Italy versus China. *Journal of Medical Virology*, 0–3. <https://doi.org/10.1002/jmv.25860>
- [2] Siyoto, S., & Sodik, A. (2015). *dasar metodologi penelitian* (Ayup (ed.)). literasi media publishing.
- [3] Suryana. (2010). *metodologi penelitian model praktis penelitian kuantitatif dan kualitatif*.