

PERANCANGAN SISTEM ALIRAN UDARA PADA VENTILATOR BERBASIS ARDUINO

Raffi Zautha Hannif¹, Sony Sumaryo², Erwin Susanto³

^{1, 2, 3} Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Email: raffizth@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Di awal tahun 2020, dunia digemparkan dengan sebuah virus yang menyerang pernapasan manusia dan dapat menyebabkan kematian. Virus yang dinamakan SARS-CoV-2 atau yang disebut juga dengan coronavirus ini berasal dari negara china dengan cepat menyebar ke seluruh penjuru dunia. Hingga saat ini penderita coronavirus di Indonesia meningkat dengan cepat sekali. Penularan penyakit yang disebabkan coronavirus ini relatif cepat. Coronavirus ini dapat menyebar dari orang orang melalui tetesan kecil (droplet) dari hidung atau mulut pada saat batuk , bersin atau berbicara. Bisa juga seseorang terinfeksi coronavirus ketika tanpa sengaja menghirup droplet dari penderita. Virus ini menyebar melalui aliran darah ke beberapa organ salah satunya paru-paru, sehingga dapat menyebabkan kesulitan bernapas. Pada penelitian ini dirancang suatu sistem untuk mengetahui nilai flow inspiration pada ventilator. Perancangan ini menggunakan sensor mpxv7002dp yang dihubungkan dengan sensor flow Hamilton sebagai pendeteksi aliran udara yang dikeluarkan oleh ventilator pada saat inspirasi. Data yang diperoleh dari hasil pembacaan sensor akan di proses oleh Arduino dan akan di tampilkan di LCD. Hasil pengujian yang didapat yaitu untuk sensor MPXV7002DP mendapatkan tingkat akurasi sebesar 94.61% dengan presentase error 5.39%. Untuk sensor flow Hamilton mendapatkan tingkat akurasi sebesar 92.3%.

Kata kunci: sensor flow hamilton; sensor mpxv7002dp; ventilator

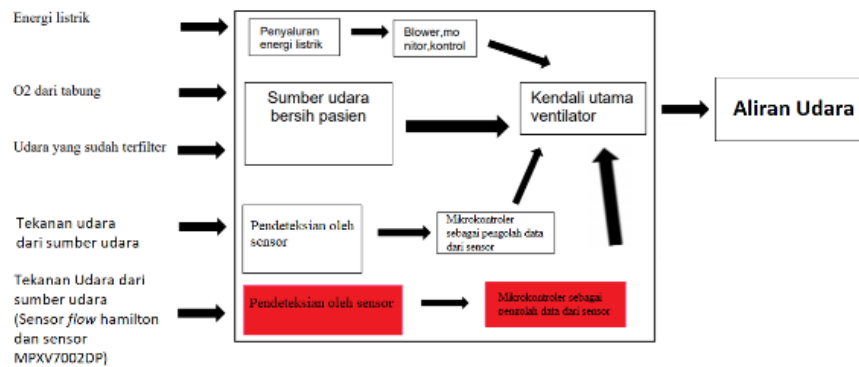
Pendahuluan

Di awal tahun 2020, dunia digemparkan dengan sebuah virus yang menyerang pernapasan manusia dan dapat menyebabkan kematian. Virus yang dinamakan SARS-CoV-2 atau yang disebut juga dengan coronavirus ini berasal dari negara china dengan cepat menyebar ke seluruh penjuru dunia. Berdasarkan data dari gugus tugas penanganan Covid19, terhitung 252.923 kasus positif coronavirus sampai dengan bulan September 2020(1). Coronavirus ini dapat menyebar dari orang orang melalui tetesan kecil (droplet) dari hidung atau mulut pada saat batuk , bersin atau berbicara (2).Virus ini menyebar melalui aliran darah ke beberapa organ salah satunya paru-paru, sehingga dapat menyebabkan kesulitan bernapas (2).

Penderita coronavirus yang mengalami sesak napas membutuhkan ventilator. Fungsi dari ventilator ini untuk memasukkan oksigen ke dalam paru-paru dan mengeluarkan karbondioksida dari tubuh(3). Pada saat ini kebutuhan ventilator di rumah sakit sangat tinggi karena banyaknya orang yang terjangkit oleh virus ini. Karena harga ventilator yang sangat mahal ini, muncul beberapa solusi untuk membuat ventilator dengan harga yang sangat terjangkau. Pada penelitian sebelumnya ventilator dirancang menggunakan ambu bag sebagai pemompa udara ke paru-paru lalu spirometer sebagai pendeteksi aliran udaranya(4), namun harga spirometer itu sendiri relatif mahal, sehingga pada penelitian ini penulis akan merancang sistem aliran udara pada ventilator yang menggunakan ambu bag sebagai pemompa udara ke paru-paru, namun untuk pendeteksi aliran udaranya menggunakan sensor flow Hamilton dan sensor tekanan MPXV7002DP. Nantinya hasil aliran udara akan akan ditampilkan di lcd sebagai parameter penggunaan ventilator.

Prinsip Kerja Ide

Pada penelitian ini, penulis merancang sebuah sistem aliran udara di ventilator yang berfungsi untuk membantu pasien yang yang sulit bernafas.



Gambar 1. Diagram konsep alat

Gambar 1 merupakan desain konsep dari ventilator yang ingin dibuat. Ventilator merupakan alat kesehatan yang fungsinya untuk memproduksi nafas buatan (5). Penggunaan ventilator ini diperuntukan untuk orang-orang yang kesulitan bernafas. Cara kerja alat ini yaitu memasang masker yang telah terhubung dengan sebuah selang ke pasien yang kesulitan bernafas, lalu memberikan masukan seberapa besar volume udara I:E Ratio dan *Respiration Rate* yang dibutuhkan sesuai dengan keadaan pasien yang kesulitan untuk bernafas, selanjutnya sensor tekanan MPXV7002DP dan sensor *flow* Hamilton akan mengukur aliran udara yang berasal dari sumber udara, lalu akan ditampilkan oleh lcd sebagai parameter.

Perbedaan Tekanan Untuk Flow Meter

Pengukur *flow* perbedaan tekanan menyebabkan penyempitan dalam pipa yang menciptakan penurunan tekanan melintasi pengukur aliran. Adanya suatu *flow* dikarenakan adanya perbedaan tekanan dari dua area tertentu. Perbedaan tekanan sebanding dengan *flow* dalam pipa, dinyatakan secara matematis :

$$Q = k \sqrt{\Delta P} \quad (1)$$

dimana:

$Q = \text{Debit (lps)}$

$k = \text{Konstanta}$

$\Delta P = \text{Perbedaan Tekanan (KPa)} [10]$

Persamaan Kontinuitas

Debit merupakan besaran yang menyatakan banyaknya zat cair maupun gas yang mengalir selama 1 detik yang melewati suatu penampang, dinyatakan secara matematis :

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2)$$

dimana:

$Q = \text{Debit (lps)}$

$k = \text{Konstanta}$

$\Delta P = \text{Perbedaan Tekanan (KPa)} [11]$

Sistem Pernapasan Pada Manusia

Sistem pernapasan merupakan suatu susunan saluran yang menghubungkan paru-paru dengan rongga hidung, pangkal tenggorok (*faring*), batang tenggorok (*trachea*), cabang batang tenggorok (*bronchus*), anak cabang batang tenggorok (*bronchioles*), dan paru-paru (*pulmo*).

1. Alat pernapasan

Saluran pernapasan merupakan sebuah tabung atau pipa yang membawa udara dari suatu lingkungan ke kantong udara (*alveolus*) pada organ paru-paru. Saluran dan organ pernapasan meliputi hidung, laring (pangkal tenggorokan), trakea (batang tenggorokan), bronkus (cabang batang tenggorokan), dan pulmo (paru-paru).

2. Mekanisme pernapasan

Proses pernapasan merupakan proses yang kompleks dan bergantung pada perubahan volume rongga dada (toraks) dan perubahan tekanan. Dalam satu siklus pernapasan terjadi satu kali menghirup udara (inspirasi) dan satu kali proses menghembuskan (ekspirasi).

3. Pengendalian dan kecepatan pernapasan.

Ketika kandungan O₂ dalam darah sedikit atau darah banyak mengandung CO₂, maka pH darah akan berubah. Saat melakukan aktifitas berat, terjadi peningkatan metabolisme dalam jaringan, terutama pada otot. Hal ini menyebabkan pernapasan berjalan lebih cepat dan lebih pendek, sehingga tubuh akan terengah-engah.

4. Transpor dan Pertukaran Gas

Pertukaran gas saat inspirasi dan ekspirasi yaitu oksigen dan karbondioksida

5. Volume dan Kapasitas paru-paru

Volume dan kapasitas paru-paru pada setiap orang berbeda-beda, bergantung pada beberapa faktor, misalnya jenis kelamin, usia, postur tubuh, kebiasaan merokok, kebiasaan berolahraga, ketinggian daerah tempat tinggal, kekuatan bernapas, dan cara bernapas(6).

Volume Paru-paru manusia

Saat keadaan normal volume paru-paru manusia mencapai 4500 cc, yang disebut sebagai kapasitas total udara pernapasan manusia. Pada keadaan normal, kegiatan inspirasi dan ekspirasi dalam pernapasan hanya menggunakan 500 cc volume udara pernapasan atau disebut kapasitas tidal. Dari 500 cc udara pernapasan yang digunakan untuk alveolus hanya sebesar 350 cc saja, sisanya hanya mengisi saluran pernapasan. Walaupun demikian, kapasitas vital udara yang digunakan dalam proses bernapas mencapai 3500 cc, yang 1000 cc merupakan sisa udara yang tidak dapat digunakan tetapi senantiasa mengisi bagian paru-paru sebagai residu atau udara sisa. Kapasitas vital adalah jumlah udara maksimum yang dapat dikeluarkan seseorang setelah mengisi paru-parunya secara maksimum.

1. Volume Tidal adalah volume udara yang diinspirasi atau diekspirasi pada setiap kali pernapasan normal. Besarnya ± 500 cc pada rata-rata orang dewasa.
2. Volume Cadangan Inspirasi adalah volume udara ekstra yang diinspirasi setelah volume tidal, dan biasanya mencapai ± 3000 cc.
3. Volume Cadangan Ekspirasi adalah jumlah udara yang masih dapat dikeluarkan dengan ekspirasi kuat pada akhir ekspirasi normal, pada keadaan normal besarnya ± 1100 cc.
4. Volume Residu, yaitu volume udara yang masih tetap berada dalam paru-paru setelah ekspirasi kuat. Besarnya ± 1200 ml.

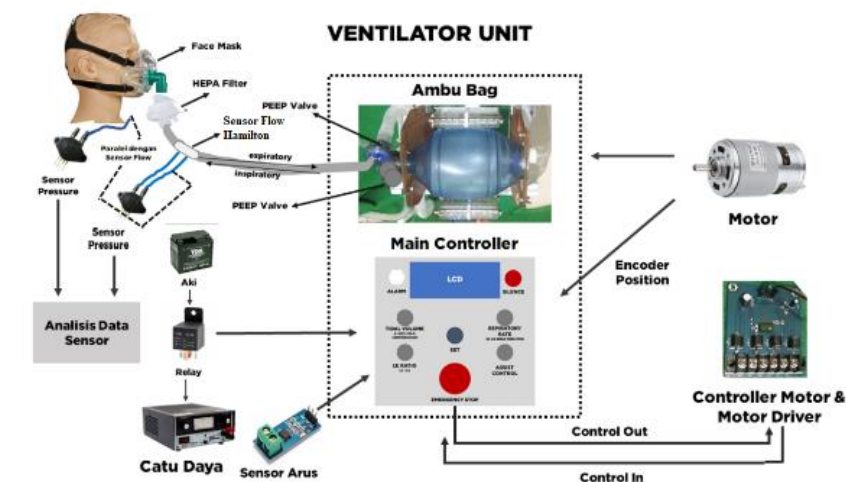
Kapasitas paru merupakan gabungan dari beberapa volume paru dan dibagi menjadi empat bagian, yaitu:

1. Kapasitas Inspirasi, sama dengan volume tidal + volume cadangan inspirasi, besarnya ± 3500 cc.
2. Kapasitas Residu Fungsional, sama dengan volume cadangan inspirasi + volume residu, besarnya ± 2300 cc.
3. Kapasitas Vital, sama dengan volume cadangan inspirasi + volume tidal + volume cadangan ekspirasi, besarnya ± 4600 cc.
4. Kapasitas Paru Total, sama dengan kapasitas vital + volume residu, besarnya ± 5800 cc(7)

Perancangan Sistem

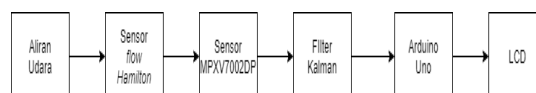
Desain Keseluruhan Sistem

Dalam penelitian ini penulis hanya membuat sistem aliran udara pada ventilator menggunakan komponen sensor *flow hamilton* yang dihubungkan dengan sensor tekanan dan ambubag sebagai penyalur udara ke pasien dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Desain keseluruhan sistem

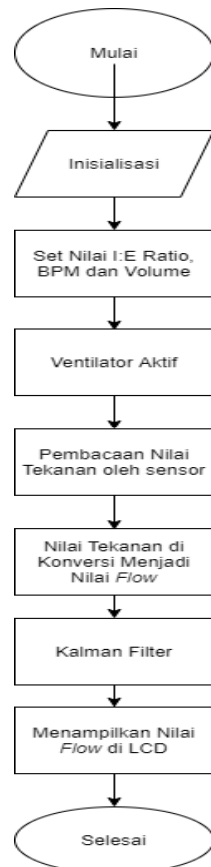
Diagram Blok



Gambar 3. Diagram blok

Gambar 3 merupakan blok diagram dari alat yang ingin dibuat, namun hanya membahas tentang sensor *flow* Hamilton yang dihubungkan dengan sensor tekanan saja. Saat sistem dimulai, nilai volume, I:E Ratio dan *Respiration Rate* yang dimasukkan akan di proses oleh mikrokontroller. Ambubag akan bekerja sesuai dengan masukan yang diberikan. Sensor *flow* Hamilton yang dihubungkan dengan sensor tekanan akan mendeteksi laju aliran udara hasil pembacaan pada mikrokontroller, lalu akan di filter oleh *kalman filter* agar mengurangi *noise* dari hasil pembacaan sensor. Lalu nilai dari *flow* akan ditampilkan di LCD.

Desain Perangkat Lunak

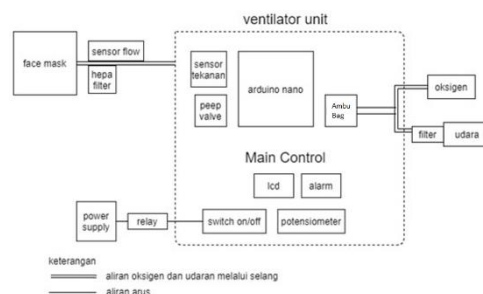


Gambar 4. Diagram alir program

Gambar 4 merupakan diagram alir program. Berikut alur diagram program yang dibangun:

Sistem dimulai lalu menginisialisasi variable. Lalu set nilai I:E Ratio, BPM dan Volume yang diinginkan. Ketika sudah set nilai yang diinginkan ventilator aktif. Pembacaan nilai tekanan saat ventilator aktif oleh sensor lalu dikonversi menjadi nilai *flow*, setelah itu di filter oleh kalman filter. Hasil pembacaan sensor akan ditampilkan di LCD.

Desain Perangkat Keras



Gambar 5. Desain perangkat keras

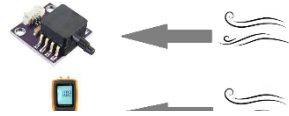
Gambar 5 merupakan desain alat keseluruhan dari penulis dan rekan rekan penulis yang akan dibuat, terdiri dari *Ambu bag* sebagai sumber udara yang akan disalurkan ke pasien. Lalu ada sensor *flow* yang dihubungkan dengan sensor tekanan yang dihubungkan mikrokontroller Arduino nano. Lalu ada *face mask* tempat keluarnya udara yang dihasilkan *ambubag* sebagai penghubung ke pasien. Sumber daya ventilator berasal dari *power supply*, lalu ada switch untuk menyalakan dan mematikan daya, potensiometer sebagai pengatur parameter, lalu ada *lcd* untuk menampilkan parameter serta *alarm* digunakan sebagai penanda jika ada kesalahan sistem.

Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil pengujian dan analisis terhadap realisasi alat sesuai dengan perancangan sistem

Pengujian Sensor MPXV7002DP

Pengujian sensor MPXV7002DP bertujuan untuk mendapatkan nilai perbedaan tekanan yang sesuai atau mendekati dengan alat ukur pembanding. Pada pengujian ini penulis melakukan percobaan dengan menghembuskan udara maksimal yang dihasilkan dari *ambu bag* yaitu sebesar 700ml. Melalui pengujian tersebut dapat diketahui tingkat pengukuran alat yang digunakan pada penelitian ini dibandingkan dengan manometer. Manometer merupakan sebuah alat untuk mengukur suatu tekanan yang dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Pengujian sensor tekanan dengan

manometer
Tabel 1. Hasil pengujian

Nomer	MPXV7002DP (KPa)	Manometer (KPa)	Presentase Error(%)
1	0,23	0,22	4,5
2	0,20	0,22	9
3	0,17	0,18	5,5
4	0,20	0,20	0
5	0,20	0,21	4,7
6	0,23	0,21	9,5
7	0,17	0,19	10,5
8	0,17	0,18	5,5
9	0,23	0,22	4,5
10	0,23	0,22	4,5
11	0,23	0,22	4,5
12	0,20	0,21	4,7
13	0,20	0,20	0
14	0,23	0,22	4,5
15	0,20	0,22	9
Rata – rata presentase error			5,39

Pada tabel 1 dihasilkan nilai dari percobaan atau perbandingan pengujian sensor tekanan MPXV7000DP dengan Manometer. Dari hasil pengujian yang didapat untuk rata rata nilai error sensor yaitu sebesar 5.39% dan untuk akurasi didapatkan nilai 94,61%. Karena tingginya akurasi yang didapatkan saat pengujian maka sensor ini layak digunakan.

Pengujian Sensor Flow Hamilton

Pengujian sensor *flow hamilton* bertujuan untuk mendapatkan hasil nilai *flow* atau aliran udara pada ventilator yang nantinya akan dijadikan output dari ventilator. Pada pengujian ini penulis melakukan percobaan dengan beberapa parameter yang ada di ventilator, sebagai berikut :

1. *Volume*
2. *BPM (Breath Per Minute)*
3. *I:E Ratio (Inspiration/Expiration)*

Nantinya nilai yang dikeluarkan oleh sensor *flow Hamilton* ini akan dibandingkan data yang dihasilkan dari hasil percobaan menggunakan *Fluke Accu Lung*. Untuk pengujian menggunakan persamaan berikut :

$$Q = C \sqrt{\Delta P} \quad (3)$$

dimana:

$Q = \text{flow (LPM)}$

$C = \text{Konstanta}$

$\Delta P = \text{Perbedaan tekanan (Kpa)}$

dan,

$$Q = V/T \quad (4)$$

dimana:

$Q = \text{flow (LPM)}$

$V = \text{Volume (Liter)}$

$T = \text{Waktu (Sekon)}$

Dimana untuk mencari nilai C yaitu dengan perhitungan berikut :

$$C = \frac{V}{t \times \sqrt{\Delta p}}$$

$$C = \frac{0.7}{1 \times \sqrt{0.23}}$$

$$C = 1,459$$

Dimana nilai V didapat dari kapasitas maksimal dari *ambu bag* dan nilai ΔP didapat dari tekanan maksimal dari pembacaan sensor ketika *ambu bag* ditekan penuh.

Pengujian Saat Volume 300ml

1. Parameter pengujian yaitu 25 BPM dan 1:1 Ratio

Pengujian ini menggunakan parameter ventilator dengan I:E Ratio 1:1 dan 25 *Breath per Minute (BPM)* dengan nilai volume 300 ml sesuai dengan parameter lembar kerja uji BPFK. Hasil pengujian yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil pengujian

Nilai flow pada Ventilator (LPM)	Nilai flow pada <i>Fluke Accu Lung</i> (LPM)	Presentase Error(%)
30,32	36,16	16,15
30,32	36,02	15,82
30,32	35,93	15,61

Nilai tekanan maksimal pada saat percobaan didapatkan nilai $\Delta P = 0.12 \text{ KPa}$. Pada tabel diatas dihasilkan nilai dari percobaan atau perbandingan pengujian nilai flow pada ventilator dengan nilai flow pada *Fluke Accu Lung*. Dari hasil pengujian yang didapat untuk rata rata nilai error sensor yaitu sebesar 15,86% dan untuk akurasinya didapatkan nilai 84,14%. Karena akurasi dibawah 90% pada saat parameter yang telah ditentukan, perlu di sesuaikan lagi *finger* pada ventilator yang digunakan.

2. Parameter pengujian yaitu 30 BPM dan 1:1 Ratio

Pengujian ini menggunakan parameter ventilator dengan I:E Ratio 1:1 dan 30 *Breath per Minute (BPM)* dengan nilai volume 300 ml sesuai dengan parameter lembar kerja uji BPFK. Hasil pengujian yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil pengujian

Nilai flow pada Ventilator (LPM)	Nilai flow pada <i>Fluke Accu Lung</i> (LPM)	Presentase Error(%)
35,01	41,21	15,04
35,01	41,59	15,82
35,01	41,27	15,16

Nilai tekanan maksimal pada saat percobaan didapatkan nilai $\Delta P = 0.16 \text{ KPa}$. Pada tabel diatas dihasilkan nilai dari percobaan atau perbandingan pengujian nilai flow pada ventilator dengan nilai flow pada *Fluke Accu Lung*. Dari hasil pengujian yang didapat untuk rata rata nilai error sensor yaitu sebesar 15,34% dan untuk akurasinya didapatkan nilai 84,66%. Karena akurasi dibawah 90% pada saat parameter yang ditentukan, perlu di sesuaikan lagi *finger* pada ventilator yang digunakan.

3. Parameter pengujian yaitu 20 BPM dan 1:2 Ratio

Pengujian ini menggunakan parameter ventilator dengan I:E Ratio 1:2 dan 20 *Breath per Minute (BPM)* dengan nilai volume 300 ml sesuai dengan parameter lembar kerja uji BPFK. Hasil pengujian yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil pengujian

Nilai flow pada Ventilator (LPM)	Nilai flow pada <i>Fluke Accu Lung</i> (LPM)	Presentase Error(%)
35,01	36,51	4,1
35,01	36,38	3,7
35,01	36,16	3,2

Nilai tekanan maksimal pada saat percobaan didapatkan nilai $\Delta P = 0.12 \text{ KPa}$. Pada tabel diatas dihasilkan nilai dari percobaan atau perbandingan pengujian nilai flow pada ventilator dengan nilai flow pada *Fluke Accu Lung*. Dari hasil pengujian yang didapat untuk rata rata nilai error sensor yaitu sebesar 3,67% dan untuk akurasinya didapatkan nilai 96,3%. Karena memiliki akurasi yang tinggi berarti hasil dari pengujian ini sudah mendekati parameter sumber yang telah ditentukan maka dari itu tidak perlu disesuaikan lagi *finger* ventilatornya.

4. Parameter pengujian yaitu 25 BPM dan 1:2 Ratio

Pengujian ini menggunakan parameter ventilator dengan I:E Ratio 1:2 dan 25 *Breath per Minute (BPM)* dengan nilai volume 300 ml sesuai dengan parameter lembar kerja uji BPFK. Hasil pengujian yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil pengujian

Nilai <i>flow</i> pada Ventilator	Nilai <i>flow</i> pada <i>Fluke Accu Lung</i>	Presentase Error(%)
39,14	40,53	3,4
39,14	40,24	2,7
39,14	40,80	4

Nilai tekanan maksimal pada saat percobaan didapatkan nilai $\Delta P = 0.20 KPa$. Pada tabel diatas dihasilkan nilai dari percobaan atau perbandingan pengujian nilai *flow* pada ventilator dengan nilai *flow* pada *Fluke Accu Lung*. Dari hasil pengujian yang didapat untuk rata rata nilai error sensor yaitu sebesar 3,37% dan untuk akurasiya didapatkan nilai 96,67%. Karena memiliki akurasi yang tinggi berarti hasil dari pengujian ini sudah mendekati parameter sumber yang telah ditentukan maka dari itu tidak perlu disesuaikan lagi *finger* ventilatornya.

Pengujian Saat Volume 400ml

1. Parameter pengujian yaitu 25 BPM dan 1:1 Ratio

Pengujian ini menggunakan parameter ventilator dengan I:E Ratio 1:1 dan 25 *Breath per Minute (BPM)* dengan nilai volume 400 ml sesuai dengan parameter lembar kerja uji BPFK. Hasil pengujian yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 5 Hasil pengujian

Nilai <i>flow</i> pada Ventilator (LPM)	Nilai <i>flow</i> pada <i>Fluke Accu Lung</i> (LPM)	Presentase Error(%)
38,15	37,08	2,9
38,15	36,49	4,5
38,15	36,30	5,1

Nilai tekanan maksimal pada saat percobaan didapatkan nilai $\Delta P = 0.19 KPa$ Pada tabel diatas dihasilkan nilai dari percobaan atau perbandingan pengujian nilai *flow* pada ventilator dengan nilai *flow* pada *Fluke Accu Lung*. Dari hasil pengujian yang didapat untuk rata rata nilai error sensor yaitu sebesar 4,2% dan untuk akurasiya didapatkan nilai 95,8%. Karena memiliki akurasi yang tinggi berarti hasil dari pengujian ini sudah mendekati parameter sumber yang telah ditentukan maka dari itu tidak perlu disesuaikan lagi *finger* ventilatornya.

2. Parameter pengujian yaitu 30 BPM dan 1:1 Ratio

Pengujian ini menggunakan parameter ventilator dengan I:E Ratio 1:1 dan 30 *Breath per Minute (BPM)* dengan nilai volume 400 ml. Hasil pengujian yang didapatkan pada tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil pengujian

Nilai <i>flow</i> pada Ventilator (LPM)	Nilai <i>flow</i> pada <i>Fluke Accu Lung</i> (LPM)	Presentase Error(%)
41,98	42,12	0,3
41,98	40,05	4,8
41,98	39,83	5,3

Nilai tekanan maksimal pada saat percobaan didapatkan nilai $\Delta P = 0.23 KPa$ Pada tabel diatas dihasilkan nilai dari percobaan atau perbandingan pengujian nilai *flow* pada ventilator dengan nilai *flow* pada *Fluke Accu Lung*. Dari hasil pengujian yang didapat untuk rata rata nilai error sensor yaitu sebesar 3,5 % dan untuk akurasiya didapatkan nilai 96,5,%. Karena memiliki akurasi yang tinggi berarti hasil dari pengujian ini sudah mendekati parameter sumber yang telah ditentukan maka dari itu tidak perlu disesuaikan lagi *finger* ventilatornya.

Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pengujian dan pengambilan data dari sensor MPXV7002DP dan sensor *flow Hamilton* yang dirancang pada penelitian ini dapat berjalan dengan baik. Berikut beberapa parameter dan tingkat keberhasilan alat :

1. Implementasi dari perancangan sistem aliran menggunakan sensor MPXV7002DP dan sensor *flow Hamilton* dapat mendeteksi aliran udara yang dihasilkan oleh *ambu bag*.
2. Menggunakan persamaan perbedaan tekanan flow meter untuk mendapatkan nilai flow dari sensor *flow Hamilton* sehingga saat pengujian memiliki nilai rata rata kurasi sebesar 94,61%.
3. Mendapat hasil kinerja dari sensor MPXV7002DP yang memiliki rata-rata akurasi sebesar 92.3%.

Daftar Pustaka

1. Data Covid 19: Satuan Tugas Penanganan Covid 19. 2020; Available from: <https://covid19.go.id/peta-sebaran>
2. Susilo A, Rumende CM, Pitoyo CW, Santoso WD, Yulianti M, Herikurniawan H, et al. Coronavirus Disease 2019: Tinjauan Literatur Terkini. *J Penyakit Dalam Indones*. 2020;7(1):45.
3. Fathiyah Isbaniah, Agus Dwi Susanto. Pneumonia Corona Virus Infection Disease-19 (COVID-19). *J Indones Med Assoc*. 2020;70(4):87–94.
4. A. Mohsen Al Hussein, H. Ju Lee, J. Negrete, S. Powelson, A. Tepper Servi and AHS. Design and prototyping of a low-cost portable mechanical ventilator. *J Med Devices, Trans ASME*. 2010;4(2):1–1.
5. Sayin FS, Erdal H. Design, modelling, prototyping and closed loop control of a mechanical ventilator for

- newborn babies. 2018 6th Int Conf Control Eng Inf Technol CEIT 2018. 2018;(October):1–5.
6. Mair ZR, Supriadi T. Media Pembelajaran Sistem Pernapasan Pada Manusia Berbasis Multimedia. *J Pendidik Biol Indones*. 2017;VI(1):20–30.
7. Paru-paru KV. *Unnes Physics Journal*. 2013;2(1):18–23.