

Pengembangan *Bag Valve Mask (BVM)* Otomatis

Mohamad Rofi'i¹⁾, Mohamad Sofie²⁾, dan Patrisius Kusi Olla³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Elektro Medik, Akademi Teknik Elektro Medik Semarang

^{1,2,3)}Jl. KolSugiaro Km 2,5 Sadeng, Gunungpati, Kota Semarang

e-mail: mohmdrofi@gmail.com¹⁾, msofie.ms@gmail.com²⁾, patrisiuskusiolla@gmail.com³⁾

ABSTRACT

Ventilators are one of the medical devices that are needed as a breathing apparatus for COVID-19 patients who have respiratory problems. One of the low-cost ventilators currently being developed by several domestic institutions is the ambu bag-based ventilator. The point is an air bag (bag) that is pressed by two carefully controlled automatic clamps, so that it can reach all, while taking into account portability, aesthetics and ease of manufacture. Therefore, the Bag Valve Mask (BVM) or ambu bag is an emergency option to replace the function of the ventilator. This study aims to make an ambu bag that can be applied as a portable mechanical ventilator. Thus, the ambu bag which was originally used manually can be used automatically like a ventilator machine in general. In determining the type of mechanical arm pressure, several parameters such as minute volume, respiratory rate, and tidal volume are used. As recommended by the American Heart Association (AHA) that the tolerance limit for the RR value is +/-10 BPM, it can be said that the automatic BVM as a result of this study can be used with or without a reservoir as needed or with the addition of oxygen.

Keywords: Ventilator, BVM, Respiratory Rate, Tidal Volume.

ABSTRAK

Ventilator menjadi salah satu alat kesehatan yang sedang dibutuhkan sebagai alat bantu pernapasan bagi pasien COVID-19 yang mengalami gangguan pernapasan. Salah satu ventilator berbiaya rendah yang saat ini sedang dikembangkan oleh beberapa institusi dalam negeri adalah ventilator berbasis ambu *bag*. Intinya adalah suatu kantong udara (*bag*) yang ditekan oleh dua capit (*clamp*) otomatis yang dikontrol dengan seksama, hingga dapat mencapai semua, dengan tetap memperhatikan portabilitas, estetika, dan kemudahan dalam manufaktur. Oleh karena itu, alat *Bag Valve Mask (BVM)* atau ambu *bag* menjadi pilihan darurat untuk menggantikan fungsi dari ventilator. Penelitian ini bertujuan untuk membuat ambu *bag* yang dapat diaplikasikan menjadi mechanical ventilator yang bersifat portable. Sehingga, ambu *bag* yang awalnya digunakan secara manual dapat digunakan secara otomatis seperti mesin ventilator pada umumnya. Dalam menentukan jenis tekanan lengan mekanik tersebut digunakan beberapa parameter seperti *minute volume*, *respiratory rate*, dan volume tidal. Sebagaimana direkomendasikan oleh *American Heart Association (AHA)* bahwa batas toleransi nilai RR adalah +/-10 BPM, maka dapat dikatakan bahwa BVM otomatis hasil penelitian ini dapat digunakan dengan reservoir atau tanpa reservoir sesuai kebutuhan atau dengan penambahan oksigen.

Kata kunci: Ventilator, BVM, Respiratori Rate, Tidal Volume

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia medis dibangun oleh dua faktor penting yaitu faktor manusia dan faktor perlengkapan medis yang menunjang kebutuhan medis. Penggunaan komponen elektronika pada alat-alat medis telah memberikan beberapa keuntungan yaitu cepat, tepat dan akurat serta memberikan kemudahan dalam penggunaannya [1].

Pasien dengan kondisi kritis membutuhkan ventilasi mekanik untuk membantu pernapasan pasien. Pasien perlu dirawat di ICU dengan menggunakan ventilasi mekanik untuk waktu tertentu. Ventilasi mekanik memberikan bantuan napas tekanan positif guna mengistirahatkan kerja otot pernapasan sambil mengobati penyakit yang mendasarinya. Ventilasi tekanan positif dapat diberikan secara invasif maupun non invasif. Alat yang digunakan dikenal sebagai Ventilator.

Ventilator adalah alat pernafasan bertekanan negatif atau positif yang dapat mempertahankan ventilasi dan pemberian oksigen selama waktu yang lama dengan sistem *full or half control* [2]. Sistem *full or half control* adalah suatu sistem dimana Ventilator mengontrol

pernapasan seorang pasien secara penuh atau secara sebagian tergantung pada kondisi terkini pasien tersebut

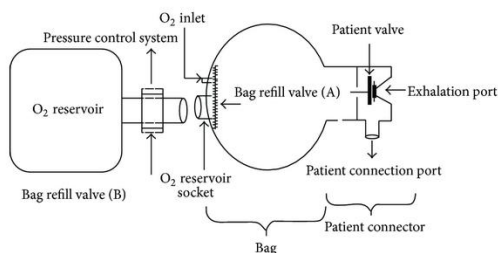
Ventilator menjadi salah satu alat kesehatan yang sedang dibutuhkan sebagai alat bantu pernapasan bagi pasien COVID-19 yang mengalami gangguan pernapasan. Salah satu ventilator berbiaya rendah yang saat ini sedang dikembangkan oleh beberapa institusi dalam negeri adalah ventilator berbasis ambu *bag*. Intinya adalah suatu kantong udara (*bag*) yang ditekan oleh dua capit (*clamp*) otomatis yang dikontrol dengan seksama, hingga dapat mencapai semua, dengan tetap memperhatikan portabilitas, estetika, dan kemudahan dalam manufaktur.

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, yang pertama adalah Penelitian mengenai sistem kerja *valve* dalam pengaturan aliran udara yang berjudul Sistem Kerja *Valve* Dalam Pengaturan Aliran Udara Pada Sistem Pneumatik Ventilator Hamilton C2 2014. Penelitian tersebut membahas tentang sistem pneumatik pada Ventilator Hamilton C2 dirancang tanpa *Tank*, sehingga dari blower, udara campuran dapat langsung didistribusikan ke pasien dengan penganturan inspirasi *valve*.

Penelitian berikut oleh Dr. Yazdi I. Jenie, dkk pada tahun 2020 yang mengembangkan Ventilator berbasis *Ambu-Bag Airgency*. Ventilator portabel berdimensi 22x24x37 cm untuk pasien COVID-19 ini menggunakan teknologi ambu-bag (kantong udara) yang diotomatisasi. Sehingga tidak perlu lagi dipompa secara manual sebagaimana alat pada umumnya. Inovasi ini diperuntukkan bagi pasien yang berada dalam tahap tiga atau tahap paling kritis di mana pasien telah mengalami disfungsi paru-paru yang menyebabkan pasien tidak dapat bernapas dan membutuhkan alat bantu pernapasan. Pengembangan yang akan dilakukan dalam penelitian adalah pengembangan *low cost ventilator machine portable* yang secara uji fungsi parameter-parameter ventilator dapat dimanfaatkan untuk membantu pasien kritis yang telah mengalami disfungsi paru-paru.

II. SISTEM BAG VALVE MASK (BVM)

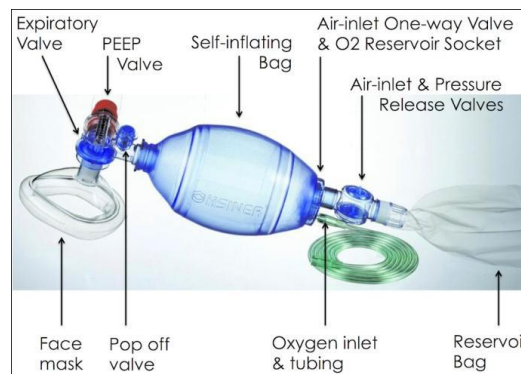
Ruang udara (atau kantong) dan konektor pasien merupakan sistem BVM. Konektor pasien terdiri dari katup searah pasien, port ekspirasi dan port koneksi pasien. Yang terakhir ini dihubungkan ke antarmuka, yang dapat berupa masker atau tabung endotrakeal. Volume udara diberikan kepada pasien saat penyelamat meremas tas. Bagian-bagian yang berbeda ini digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Sistem *Bag Valve Mask* (BVM) [7]

III. PENGOPERASIAN AMBU BAG

Pada Gambar. 2 disajikan bagian-bagian *Ambu Bag*. Resusitasi manual menyebabkan gas di dalam tiup porsi kantong untuk dicekok paksa ke pasien melalui satu cara katup saat dikompresi oleh penyelamat; gas kemudian idealnya diberikan melalui masker dan ke pasien trakea, bronkus dan masuk ke paru-paru. Volume pasang surut dan laju pernapasan harus dipertahankan sesuai kondisi pasien oleh penyelamat. Volume tidal tipikal adalah 500 sampai 800 mL udara dan tipikal laju pernafasan adalah 10 sampai 12 pernafasan per menit untuk dewasa dan 20 pernafasan per menit untuk bayi. Penyelamat profesional diajarkan untuk memastikan bahwa topeng itu bagian dari BVM disegel dengan benar di sekitar wajah pasien.



Gambar 2. Sistem *Bag Valve Mask* (BVM) [7]

IV. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di lingkungan kampus Akademi Teknik Elektro Medik Semarang serta mengkondisikan keadaan yang ada. Waktu pelaksanaan dimulai Juli 2020 sampai bulan Desember 2020

A. Perencanaan Spesifikasi Alat

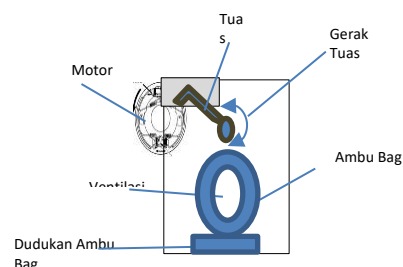
Pada tahap perencanaan alat ini penulis merancang pembuatan alat dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. *Supply* : 5 Volt DC
2. *Display* : Full Colour Nextion
3. *Temperatur sensor* : -55°C sampai 125°C
4. *Sensor* : DHT22 (0% – 100% RH)
5. *Sound sensor* : 0-100 dB
6. *Air Flow* : 0.00-10.00 m/s

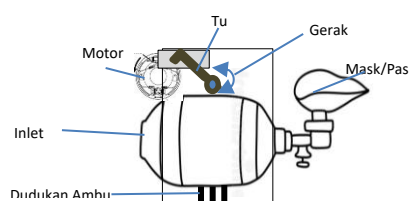
B. Perancangan Sistem

Desain alat yang digunakan pada tugas akhir ini menggunakan bahan dasar dari akrilik dengan tebal 3mm sebagaimana ditampilkan dalam gambar berikut:

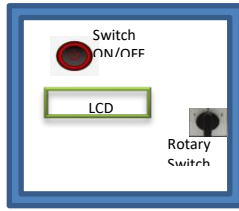
Tampak Samping



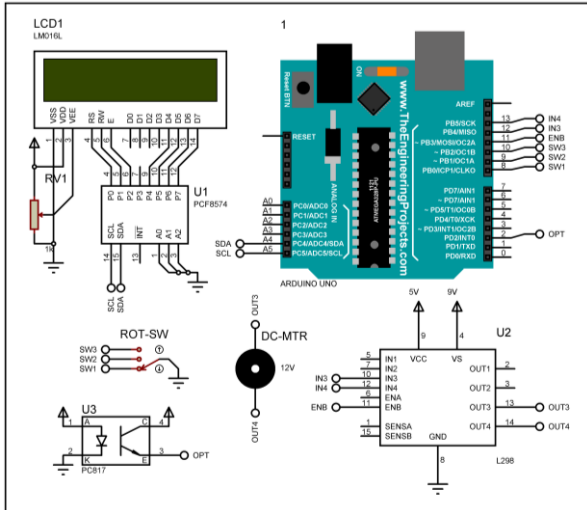
Tampak Belakang



Tampak Depan



Gambar 3. Rancangan Alat BVM Otomatis



Gambar 4. Rangkaian BVM Otomatis

C. Perancangan software alat

Perancangan *software* yang akan dimasukkan ke dalam Arduino uno menggunakan *software* Arduino IDE dengan program sebagai berikut,

```

/*
BPM-breath/minute
PRESS-pressure
=====
#tingkat siklus minimum      oksigen konzentrator
dewasa--- 20 nafas/menit     dgn reservoir 99%
anak---   20 nafas/menit     tnp reservoir 45%
bayi---   40 nafas/menit     (model bayi) 90%
#nilai ventilasi maksimum
      cyclerate
dewasa      20
anak A      30
anak S/B    20
bayi A      60
bayi S/B    40
      *frekuensi ventilasi yg benar dpt
      bervariasi, seperti yg direkomendasikan
      oleh AHA
#rentang tekanan
dewasa      60+/-10cmH2O maksimum
anak&bayi   40+/-5cmH2O maksimum
=====
pin 8 (jingga)---anak s    || enable 11
pin 9 (kuning)---stop      || in1/in3 12
pin10 (putih)---anak a     || in2/in4 13
motor merah-out3 coklat-out4
opto 1---terhalang
      0---tdk terhalang
=====
*/
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <L298N.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
const unsigned int IN1 = 12;

```

```

const unsigned int IN2 = 13;
const unsigned int EN = 11; //enable B
L298N motor(EN, IN1, IN2);
const int A=8; //sw 1
const int B=9; //sw 2
const int C=10; //sw 3
const int opto=2; //optocoupler
int anA; //hasil baca sw1
int anOFF; //hasil baca sw2
int anB; //hasil baca sw3
int x;
int interval_tutupA=700;
int interval_tutupB=1200;
int interval_bukaA=600;
int interval_bukaB=900;
int interval_st =400;
unsigned long z;
unsigned long y;
unsigned long u;
unsigned long s=0;
unsigned long resmill;
//int pos;
void setup()
{
  //Serial.begin(9600);
  lcd.begin();
  pinMode(A, INPUT_PULLUP);
  pinMode(B, INPUT_PULLUP);
  pinMode(C, INPUT_PULLUP);
  pinMode(opto, INPUT);
  //tunggu serial monitr
  // while (!Serial)
  // {
  // }
  // motor.setSpeed(70);
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  // lcd.print("vent ambu ");
}

void loop()
{
  anA=digitalRead(A);
  anOFF=digitalRead(B);
  anB=digitalRead(C);
  if (anA==0&&anOFF==1&&anB==1) {
    pos0();
    anakA();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Cyc.rate:30 BPM");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Press.:<40 cmH2O");
  }
  if (anA==1&&anOFF==0&&anB==1) {
    pos0();
    stp();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(" Bag-Valve-Mask ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(" AUTOMATIC ");
  }
  if (anA==1&&anOFF==1&&anB==0) {
    pos0();
    anakB();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Cyc.rate:20 BPM");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Press.:<40 cmH2O");
  }
}

//pos0();
}

void buka() {
  motor.setSpeed(200); motor.backward();
}

void tutup() {
  motor.setSpeed(200); motor.forward();
}

```

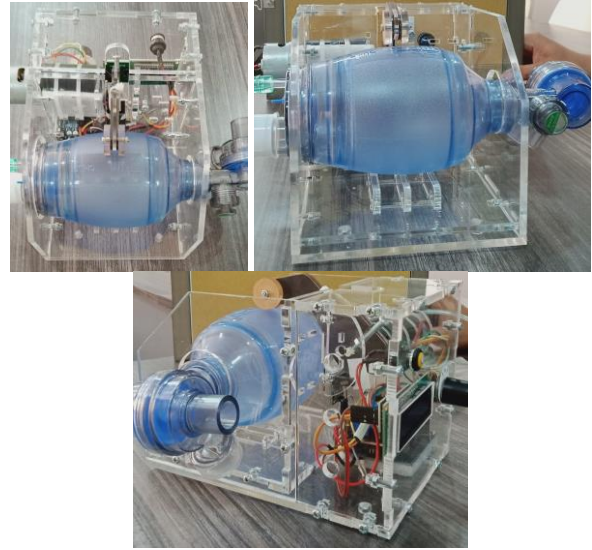
```

void stp() {
  motor.stop();
} /*
void selektor() {
  anA=digitalRead(A);          //Serial.print("x=");
Serial.println(x); delay(1000);
  anOFF=digitalRead(B);
//Serial.print("y=");Serial.println(y);
delay(1000);
  anB=digitalRead(C);
//Serial.print("z=");Serial.println(z);
delay(1000);
  if (anA==0&&anOFF==1&&anB==1)
{Serial.println("ANAK A/30 BPM");}
  if (anA==1&&anOFF==0&&anB==1)
{Serial.println("STOP/OFF");}
  if (anA==1&&anOFF==1&&anB==0)
{Serial.println("ANAK B/20 BPM");}
} */
void anakA() { //30BPM
//resmill=millis();
//s=millis()-resmill;
s=millis();
while(millis()-s<interval_tutupA) {
  motor.setSpeed(200); // nilai pwm 0-255 (duty
cycle 0%-100%)
  motor.forward();
  z=millis();
}
while(millis()-z<interval_st) {
  motor.stop();
  y=millis();
}
while(millis()-y<interval_bukaA) {
  motor.setSpeed(200);
  motor.backward();
  u=millis();
}
while(millis()-u<interval_st) {
  motor.stop();
  s=millis();
}
}
void anakB() { //20BPM
s=millis();
while(millis()-s<interval_tutupB) {
  motor.setSpeed(120);
  motor.forward();
  z=millis();
}
while(millis()-z<interval_st) {
  motor.stop();
  y=millis();
}
while(millis()-y<interval_bukaB) {
  motor.setSpeed(120);
  motor.backward();
  u=millis();
}
while(millis()-u<interval_st) {
  motor.stop();
  s=millis();
}
}
void pos0() {
int pos=digitalRead(opto);
while(pos==0) {
  motor.setSpeed(100);
  motor.backward();
  pos=digitalRead(opto);
}
//motor.stop(); delay(100);

```

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari perancangan alat diperlihatkan pada gambar 5 berikut ini:



Gambar 5. Hasil Perancangan Alat BVM Otomatis

Sedangkan hasil pengukuran merupakan data tentang pengukuran dari masing-masing bagian untuk mengetahui apakah hasil rangkaian sesuai dengan hasil perencanaan, sedangkan dalam analisa rangkaian ini bertujuan untuk membandingkan antara hasil teori dengan hasil ukur pada titik pengukuran.

A. Analisa Pengukuran Baterai

Titik Pengukuran I difokuskan pada *output* dari IC baterai. Hasil pengukuran *output* IC baterai sebagai power supply untuk *input* tegangan ke seluruh rangkaian pada pengukuran menunjukkan 4.4 volt. Hal ini menunjukkan bahwa IC baterai bekerja dengan baik dan mampu memberikan *output* tegangan yang diperlukan oleh modul *DC to DC converter*.

B. Analisa Pengukuran Modul DC to DC

Titik Pengukuran II difokuskan pada *output* dari modul *DC to DC converter* dengan diset pada tegangan 5 v. Hasil pengukuran *output* IC baterai sebagai power supply untuk *input* tegangan ke seluruh rangkaian pada pengukuran menunjukkan 5.2 volt. Hal ini menunjukkan *DC to DC converter* bekerja dengan baik dan mampu memberikan supply tegangan ke Arduino Uno.

C. Hasil Pengujian Dengan Gas Flow Analyzer (VT Mobile)

Pengujian dilakukan dengan mengukur BPM dan Pressure Max menggunakan *Gas Flow Analyzer (VT Mobile)*. Pengujian menggunakan dua nilai setting RR seperti pada tabel berikut ini:

TABEL 1. HASIL PENGUJIAN ALAT

Setting RR	RR BVM	VT Mobile
Kategori A 28-30 BPM	29 BPM	VT = 85,7 mL I : E = 1 : 2 Pressure max = 8 cmH ₂ O
Kategori B 20-22 BPM	21 BPM	VT = 63,9 mL I : E = 1 : 2 Pressure max = 5 cmH ₂ O

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel di atas dapat dihitung nilai Minute Ventilation (MV) sebagai berikut:

$$\text{Minute Ventilation (MV)} = V_t \times \text{RR}$$

Bila diketahui: RR = 29 x/min dan V_t = 85,7 mL,
maka MV = 29 x/min x 85,7 mL = 2,5 mL/min

Sebagaimana direkomendasikan oleh *American Heart Association* (AHA) bahwa batas toleransi nilai RR adalah +/-10 BPM, maka dapat dikatakan bahwa BVM otomatis hasil penelitian ini dapat digunakan dengan reservoir atau tanpa reservoir sesuai kebutuhan atau dengan penambahan oksigen.

VI. KESIMPULAN

Setelah selesai melakukan pengujian menggunakan *Gas Flow Analyzer* (VT Mobile), maka penulis dapat mengambil kesimpulan bahwa bahwa BVM otomatis hasil penelitian ini dapat digunakan dengan reservoir atau tanpa reservoir sesuai kebutuhan atau dengan penambahan oksigen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. P. Velavan and C. G. Meyer, "The COVID-19 epidemic," *Trop. Med. Int. Heal.*, vol. 25, no. 3, pp. 278–280, 2020, doi: 10.1111/tmi.13383.
- [2] Brunner and Suddarth. 2001. *Keperawatan Medikal Bedah*. Jakarta: EGC
- [3] WHO, "WHO | Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak-About the Virus." <http://www.euro.who.int/en/health-topics/healthemergencies/coronavirus-covid-19/novel-coronavirus-2019-ncov> (accessed Apr. 09, 2020).
- [4] "Situasi Virus Corona - Covid19.go.id." <https://www.covid19.go.id/situasivirus-corona/> (accessed Apr. 09, 2020).
- [5] F. S. Sayin and H. Erdal, "Design, modelling, prototyping and closed loop control of a mechanical ventilator for newborn babies," 2018 6th Int. Conf. Control Eng. Inf. Technol. CEIT 2018, no. October, pp. 1–5, 2018, doi:10.1109/CEIT.2018.8751846.
- [6] A. Mohsen et al., "Design and Prototyping of a Low-cost Portable Mechanical Ventilator," pp. 1–9, 2010.
- [7] Godoy, A. C. F. D., Vieira, R. J., & Vieira Neto, R. J. (2008). Oxygen outflow delivered by manually operated self-inflating resuscitation bags in patients breathing spontaneously. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 34, 212-216.