

**RANCANG BANGUN NEBULIZER KOMPRESOR  
BERBASIS FOTODIODA DAN LED SEBAGAI  
PENDETEKSI CAIRAN OBAT ASMA**

(Skripsi)

Oleh

**Arta Bayti Bonita**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

## ABSTRAK

### RANCANG BANGUN NEBULIZER KOMPRESOR BERBASIS FOTODIODA DAN LED SEBAGAI PENDETEKSI CAIRAN OBAT ASMA

Oleh

ARTA BAYTI BONITA

Nebulizer merupakan alat yang mengubah partikel obat dari cair menjadi gas, yang digunakan dalam pengobatan penyakit asma. Tujuan penelitian adalah merancang sistem pengendali *on/off* nebulizer. Rancangan pengendali *on/off* nebulizer memanfaatkan sensor fotodioda dan LED untuk mendeteksi cairan obat asma, rangkaian komparator *non inverting* untuk membandingkan tegangan hasil keluaran sensor dengan tegangan referensi, dan rangkaian relay *low input* untuk memutus aliran listrik nebulizer kompresor. Sensor fotodioda dan LED diletakkan di tempat keluarnya cairan obat asma pada leher tabung hirup nebulizer. Hasil keluaran sensor diteruskan ke rangkaian komparator dan kemudian ke rangkaian relay. Rata-rata tegangan maksimum sensor fotodioda mulai dari volume 2 ml sampai 5 ml yaitu sebesar 2,98 V yang dijadikan  $V_{ref}$  pada rangkaian komparator. Rangkaian komparator dapat menghasilkan tegangan keluaran 3 V atau signal *high* (1) apabila tegangan masukan komparator lebih besar daripada tegangan referensi. Aliran listrik nebulizer kompresor yang dihubungkan ke kaki *Normally Closed* (NC) relay akan terputus apabila komparator menghasilkan tegangan *low* (0) sebesar 0 V.

Kata Kunci: Nebulizer, Fotodioda, Komparator, Relay

## **ABSTRACT**

### **DESIGN OF COMPRESSOR NEBULIZER BASED ON PHOTODIODE AND LED AS ASTHMA DRUG LIQUID DETECTOR**

*by*

**ARTA BAYTI BONITA**

*Nebulizer is a tool to convert drug particle from water into gas which is used for asthma treatment. The study aims to design on/off control system of nebulizer. It utilizes photodiode sensor and LED as detector of asthma drug liquid, non inverting comparator circuit is used to compare between the sensor of output voltage and reference voltage, and relay low input circuit is used to disconnect the electric current of compressor nebulizer. Sensor and LED are placed at the discharge point of asthma drug liquid on the tube of nebulizer. The sensor output is transmitted to the comparator circuit and then to relay circuit. The average maximum voltage of photodiode ranging from 2 mL to 5 mL is 2.98 V used as  $V_{ref}$  in comparator circuit. Comparator circuit can produce 3 V output voltage or high signal (1) when the input voltage of comparator is larger than the reference voltage. The electric current of the compressor nebulizer connected to the Normally Closed(NC) relay will be disconnected if the comparator produces a low voltage (0) that is 0 V.*

*Keywords: Nebulizer, Photodiode, Comparator, Relay*

**RANCANG BANGUN NEBULIZER KOMPRESOR BERBASIS  
FOTODIODA DAN LED SEBAGAI PENDETEKSI CAIRAN  
OBAT ASMA**

**Oleh**

**ARTA BAYTI BONITA**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Fisika**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN NEBULIZER KOMPRESOR  
BERBASIS FOTODIODA DAN LED SEBAGAI  
PENDETEKSI CAIRAN OBAT ASMA**

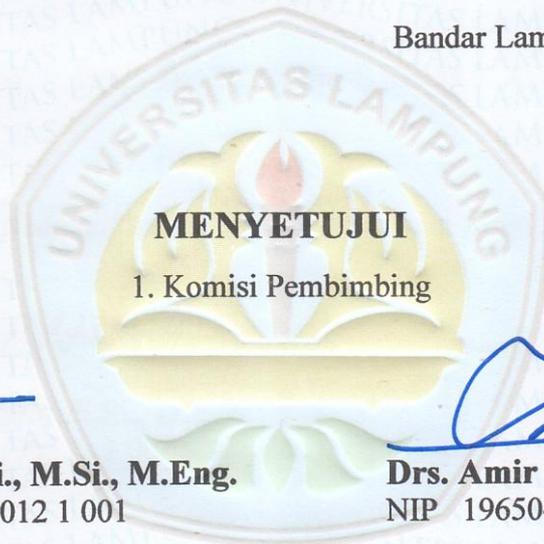
Nama Mahasiswa : **Arta Bayti Bonita**

No. Pokok Mahasiswa : 1317041005

Jurusan : Fisika

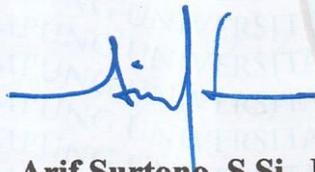
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Bandar Lampung, 06 Maret 2018

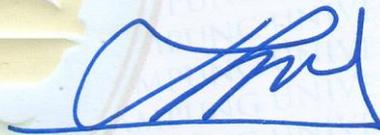


**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

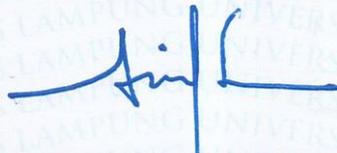


**Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.**  
NIP 19710909 200012 1 001



**Drs. Amir Supriyanto, M.Si.**  
NIP 19650407 199111 1 001

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

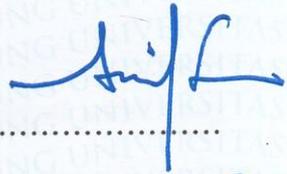


**Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.**  
NIP 19710909 200012 1 001

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

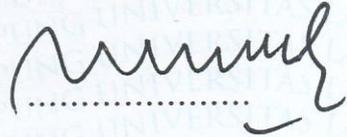
Ketua : **Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.** .....



Sekretaris : **Drs. Amir Supriyanto, M.Si.** .....



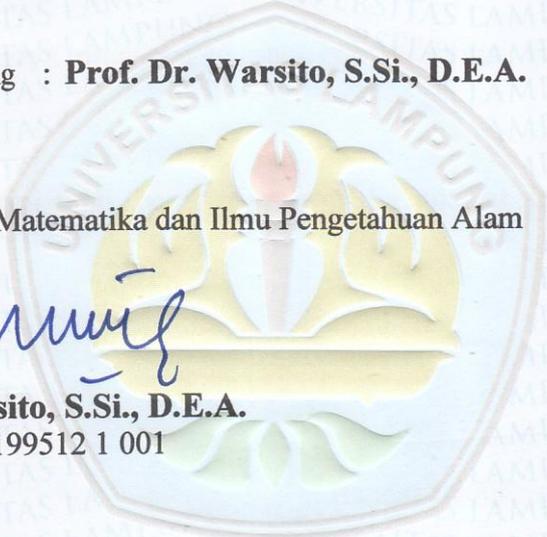
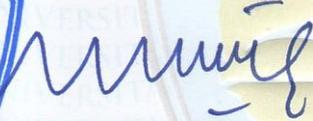
Penguji  
Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Warsito, S.Si., D.E.A.** .....



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Prof. Dr. Warsito, S.Si., D.E.A.**  
NIP 19710212 199512 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **22 Februari 2018**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan ini tidak benar saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 27 Februari 2018



**Arta Bayti Bonita**  
NPM. 1317041005

## RIWAYAT HIDUP

Penulis yang bernama lengkap Arta Bayti Bonita dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 8 Maret 1996. Penulis menyelesaikan Pendidikan di TK Kartika 25 Bandar Lampung, Sekolah Dasar di SD Kartika 25 Bandar Lampung tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 14 Bandar Lampung tahun 2010 dan Sekolah Menengah Atas di SMA YP Unila tahun 2013. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2013. Selama menempuh pendidikan penulis pernah menjadi Asisten praktikum Eksperimen Fisika, Sains Dasar Fisika, Elektronika Dasar. Penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi kemahasiswaan, yaitu Anggota Magang Bidang Kesekretariatan Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) periode 2013-2014. Anggota Bidang Danus Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) periode 2015-2016. Penulis melaksanakan kerja Praktek di RSUD Dr. H. Abdul Moeloek dengan judul “**Aplikasi *High Pass Filter* pada *Electro Surgery Unit* Menggunakan *Cutting*”, dan menyelesaikan penelitian skripsi di Jurusan Fisika dengan judul “**Rancang Bangun Nebulizer Kompresor Berbasis Fotodiode dan LED sebagai Pendeteksi Cairan Obat Asma**”.**

## MOTTO

“Jangan berusaha menjadi manusia yang sukses, tetapi jadilah manusia yang mempunyai nilai”  
( **Albert Einstein** )

“Orang yang suka berkata jujur mendapat tiga hal: kepercayaan, cinta dan rasa hormat”

‘Selemah-lemah manusia ialah orang yang tak mau mencari sahabat, dan orang yang lebih lemah dari itu ialah orang yang mensia-siakan sahabat yang telah dicari’

(**Ali bin Abi Thalib**)

“Janganlah seseorang hamba itu mengharap selain kepada Tuhannya dan janganlah dia takut selain kepada dosanya”

(**Sayidina Ali Karamallahu Wajha**)

*Bismillahirrohmanirrohim*

*Kuniatkan karya kecilku ini karena*

*ALLAH SWT...*

*Ku Persembahkan Karya Ini Untuk*

*Kedua Orang Tua Ku  
Bpk. Tarman & Ibu Sri Ari Lestari*

**yang selalu berjuang tanpa lelah dan dengan ikhlas untuk  
mendukung dan meridhai serta mendukung hingga aku  
menyelesaikan pendidikan S1**

*Adikku Arta Aurum Cahyani*

**Keluarga Besar yang selalu memberikan do'a untukku**

*Guru-guru dan Teman-teman Ku*

**serta**

*Almamater Tercinta*

*Universitas Lampung*

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji bagi Allah SWT berkat rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan kuliah dan skripsi dengan judul skripsi “Rancang Bangun Nebulizer Kompresor Berbasis Fotodioda dan LED sebagai Pendeteksi Cairan Obat Asma”. Shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW yang senantiasa dirindukan syafaatnya. Aamiin.

Skripsi ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai bulan Desember 2017 bertempat di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penyajian skripsi ini masih banyak kekurangan dalam penulisan maupun referensi data. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan laporan ini. Semoga skripsi ini menjadi rujukan untuk penelitian berikutnya agar lebih sempurna.

Bandar Lampung, 26 Februari 2018

**Arta Bayti Bonita**

## SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul "Rancang Bangun Nebulizer Kompresor Berbasis Fotodioda dan LED sebagai Pendeteksi Cairan Obat Asma" sebagai salah satu pertanggungjawaban kelulusan sebagai sarjana.

Penulis menyadari bahwa dalam melakukan penelitian tidak lepas dari dukungan, bimbingan, motivasi serta do'a dari pihak lain. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bpk. Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I serta Dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa memberi ilmu, pengarahan dan bimbingan kepada penulis.
2. Bpk. Drs. Amir Supriyanto, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan ilmu yang telah disampaikan.
3. Bpk. Prof. Warsito, S.Si., DEA selaku Dekan FMIPA dan Dosen Penguji yang senantiasa memberi saran yang membangun kepada penulis dalam melakukan penelitian serta ilmu yang bermanfaat.
4. Dosen-dosen Jurusan Fisika FMIPA Unila beserta staf atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
5. Duwi Hariyanto, S.Si., Maria Sova, S.Si., Prima Aprilliana S.Si, Agung Gumelar dan Retno Indriyani, M.Pd atas motivasi selama penelitian.

6. Sahabat-sahabat ku No Name (Ratna, Sinta Setiani, Aisyiah Putri, Isma, Nia, Mardi, dan Ilwan) yang selalu menjadi keluarga keduaku ketika di kampus.
7. Teman-teman Fisika 2013, Problematika Slanik (Azmi, Elisa, Rio, Fauza), rekan-rekan instrumentasi 13, YP Unila (Dinda, Dini, Adel, dan Nada).

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta memberkahi hidup kita. Aamiin.

Bandar Lampung, 26 Februari 2018

**Arta Bayti Bonita**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACK</b> .....	ii
<b>COVER DALAM</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	v
<b>PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>MOTTO</b> .....	viii
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	x
<b>SANWACANA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xviii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	4
1.3 Manfaat Penelitian .....	4
1.4 Rumusan Masalah .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	5

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Penelitian Sebelumnya.....	6
2.2 Asma .....	9
2.3 Nebulizer.....	16
2.4 Cahaya.....	23
2.5 Fotodiode .....	30
2.6 LED.....	35
2.7 Penguat Komparator .....	36
2.8 Relay .....	41

## **III. METODE PENELITIAN**

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	44
3.2 Alat dan Bahan.....	44
3.3 Prosedur Penelitian .....	47

## **IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Penelitian .....	66
4.2 Pembahasan.....	71

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	90
5.2 Saran .....	90

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Patofisiologi Asma .....	10
2.2 Bronkus Penderita Asma .....	11
2.3 Faktor asma .....	12
2.4 <i>Spacer</i> .....	14
2.5 <i>Turbuhaler</i> .....	14
2.6 <i>Rotahaler</i> .....	15
2.7 Nebulizer .....	16
2.8 Bagian Nebulizer .....	17
2.9 Skema Nebulizer Kit .....	18
2.10 Bagian Kompresor .....	18
2.11 Masker Nebulizer .....	19
2.12 Selang Nebulizer .....	20
2.13 Nebulizer Kompresor .....	22
2.14 Nebulizer Ultrasonik .....	22
2.15 Nebulizer Terbaru .....	23
2.16 Muka Gelombang di Atas Bidang Pantul .....	24
2.17 Luas permukaan yang dilewati gelombang dengan luas permukaan bola ...	27
2.18 Illuminasi Permukaan Sebuah Titik .....	28

2.19	Fotodioda.....	30
2.20	Struktur Fotodioda.....	30
2.21	Hubungan Keluaran Fotodioda dengan Intensitas Cahaya .....	31
2.22	Rangkaian Pengondisi Sinyal Fotodioda.....	33
2.23	Aplikasi Sensor Fotodioda .....	34
2.24	Simbol dan Rangkaian Dasar LED .....	35
2.25	Simbol Rangkaian Op-Amp .....	37
2.26	Rangkaian Penguat <i>Inverting</i> .....	39
2.27	Rangkaian Penguat Non- <i>Inverting</i> .....	40
2.28	Bentuk dan Simbol Relay.....	41
2.29	Stuktur Relay.....	42
2.30	Relay Berdasarkan <i>Pole</i> dan <i>Throw</i> .....	43
3.1	Rancangan Nebulizer Kompresor.....	48
3.2	Sketsa Pendeteksi Cairan Obat Asma.....	50
3.3	Rancangan Rangkaian Catu Daya .....	51
3.4	Rancangan Rangkaian Sensor Cairan Obat Asma.....	52
3.5	Rancangan Rangkaian Komparator .....	54
3.6	Rancangan Rangkaian Penstabil Tegangan .....	55
3.7	Rancangan Rangkaian Relay .....	56
3.8	Rancangan Rangkaian Keseluruhan .....	57
3.9	Rancangan Pengujian Sensor Cairan Obat Asma.....	59
3.10	Rancangan Pengujian Komparator.....	61
3.11	Rancangan Pengujian Relay.....	62
3.12	Rancangan Grafik Pengujian Sensor Cairan Obat Asma .....	63

3.13	Rancangan Grafik Pengujian Ketinggian Terhadap Sudut.....	64
3.14	Rancangan Grafik Pengujian dengan Volume 1 mL.....	64
3.15	Rancangan Grafik Pengujian Volume Cairan Obat Asma Terhadap Waktu .....	65
4.1	Realisasi Pendeteksi Cairan Obat Asma Otomatis Secara Keseluruhan .....	66
4.2	Realisasi Rangkaian Alat Keseluruhan Bagian Atas.....	67
4.3	Realisasi Rangkaian Alat Keseluruhan Bagian Depan.....	68
4.4	Peletakan Sensor Fotodioda dan LED pada Tabung Hirup.....	69
4.5	Nebulizer Kit .....	70
4.6	Realisasi Rangkaian Catu Daya .....	72
4.7	Peletakan Sensor Cairan Obat Asma .....	74
4.8	Grafik Pengujian Sensor Cairan Obat Asma .....	76
4.9	Simulasi Pengambilan Data Ketinggian Terhadap Sudut .....	77
4.10	Grafik Pengujian Ketinggian Terhadap Sudut .....	78
4.11	Perubahan Tegangan dengan Volume Cairan 1 ml .....	79
4.12	Perubahan Tegangan dengan Volume Cairan 2 ml .....	80
4.13	Perubahan Tegangan dengan Volume Cairan 3 ml .....	81
4.14	Perubahan Tegangan dengan Volume Cairan 4 ml .....	82
4.15	Perubahan Tegangan dengan Volume Cairan 5 ml .....	83
4.16	Grafik Pengujian Volume Cairan Obat Asma Terhadap Waktu .....	84
4.17	Realisasi Rangkaian Komparator .....	86
4.18	Realisasi Rangkaian Relay .....	88

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
3.1	Komponen Rangkaian Catu Daya .....45
3.2	Komponen Rangkaian Sensor.....46
3.3	Komponen Rangkaian Komparator .....46
3.4	Komponen Rangkaian Penstabil Tegangan.....46
3.5	Komponen Rangkaian Relay.....46
3.6	Rancangan Data Pengujian Catu Daya.....58
3.7	Rancangan Data Pengujian Sensor Cairan Obat Asma.....59
3.8	Rancangan Data Pengujian Ketinggian Cairan Obat Asma Terhadap Sudut.....60
3.9	Rancangan Data Pengujian Sensor dengan Volume 1 mL.....60
3.10	Rancangan Data Pengujian Volume Cairan Obat Asma Terhadap Waktu ....60
3.11	Rancangan Data Pengujian Sensor Cairan Obat Asma Keseluruhan.....60
3.12	Rancangan Data Pengujian Komparator .....61
3.13	Rancangan Data Pengujian Relay .....63
4.1	Hasil Data Pengujian Sensor Cairan Obat Asma .....75
4.2	Hasil Data Pengujian Ketinggian Terhadap Sudut.....77
4.3	Hasil Data Pengujian Volume Cairan Obat Asma Terhadap Waktu.....84
4.4	Hasil Data Pengujian Sensor Cairan Obat Asma Keseluruhan .....85

4.5	Hasil Data Pengujian Komparator.....	87
4.6	Hasil Data Pengujian Relay.....	89

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Laporan organisasi kesehatan dunia atau *World Health Organization* (WHO) tahun 2002 dan *Global Initiative for Asthma* (GINA) tahun 2011 memperkirakan terdapat 300 juta orang menderita asma dan tahun 2025 diperkirakan jumlah pasien asma mencapai 400 juta. Jumlah ini dapat saja lebih besar mengingat asma merupakan penyakit yang *underdiagnosed*. Buruknya kualitas udara dan berubahnya pola hidup masyarakat diperkirakan menjadi penyebab meningkatnya penderita asma (Pusat Data dan Informasi Kesehatan RI, 2013). Salah satu teknik pengobatan penyakit asma yaitu dengan menggunakan nebulizer. Nebulizer adalah alat yang mengubah partikel obat dari cair menjadi kabut sehingga efek dari obat lebih cepat bekerja (Anggela, 2002).

Nebulizer pada awalnya ditemukan oleh Dr. Sales Girons (1958) di Prancis. Alat ini masih sangat sederhana dan belum menggunakan listrik. Pegangan pompa dioperasikan seperti pompa sepeda. Ketika pompa ditarik ke atas akan menarik cairan dari reservoir dan ketika ditekan dengan tangan cairan akan menyembrot melalui alat semacam *nozzle* yang disemprotkan dekat mulut pengguna. Dr. Siegel pada tahun 1964 mengembangkan nebulizer uap pertama yang dikenal sebagai "*Siegle's steam spray inhaler*" menggunakan prinsip venturi untuk

menyemprotkan cairan obat cair dan menjadi cikal bakal untuk terapi nebulizer. Terdiri dari pemanas yang memanaskan cairan di *reservoir* menjadi uap yang kemudian bisa mengalir bagian atas dan ke dalam tabung dicampurkan dengan larutan obat. Pada bagian wadah berubah obat menjadi uap dan pengguna menghirup uap melalui corong yang terbuat dari kaca. Kemudian Dr. Coolter (1930) menciptakan nebulizer listrik yang disebut *pnemuostat*. Cairan obat dirubah menjadi aerosol menggunakan kompresor listrik. Hal ini yang menjadi cikal bakal nebulizer kompresor. Pengembangan alat nebulizer kompresor terus dilakukan diantaranya oleh Ramadhani (2008) dan Sumiati (2009). Merancang nebulizer kompresor berbasis mikrokontroler dengan penambahan fungsi *timer*. Fernando (2016) merancang nebulizer kompresor sederhana dalam sistem pewaktuannya. Memakai dua buah kawat tembaga sebagai penghantar untuk mendeteksi cairan obat pada tabung cairan obat. Pada masa kini nebulizer sudah semakin canggih dan efektivitasnya juga semakin baik.

Pengembangan alat yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan fungsi pewaktuan atau *timer* untuk mematikan kompresor. Menurut Fraden (2004) sensor fotodiode mampu menggantikan peran *timer* untuk mematikan nebulizer kompresor. Fotodiode adalah sensor yang dapat mengonversi cahaya menjadi arus listrik. Hal ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Gusrizam dan Wildan (2012). Penelitiannya membuat dispenser otomatis dengan sensor fotodiode untuk mendeteksi keberadaan cangkir di bawah keran. Tegangan keluaran fotodiode digunakan untuk menggerakkan motor dc yang akan membuka keran. Hafizur dan Wildian (2015) melakukan penelitian mengenai sistem otomatisasi pada wastafel menggunakan rangkaian sensor fotodiode untuk

mendeteksi tangan pengguna ketika akan menggunakan air berbasis mikrokontroler ATmega 8535. Selanjutnya sistem infus otomatis yang dilakukan oleh Nuryanto (2015) menggunakan sensor fotodioda dan led untuk pembacaan cairan infus dan habisnya cairan infus (Nuryanto dkk, 2015).

Pemanfaatan sensor fotodioda telah diaplikasikan dalam merealisasikan berbagai instrumentasi khususnya di bidang alat ukur. Anjarsari (2015) dalam penelitiannya memanfaatkan fotodioda sebagai sensor untuk mengukur massa jenis pada zat cair dengan teori Archimedes. Realisasi alat menggunakan mikrokontroler ATmega 8535 dan LED. Alat ukur massa jenis zat cair yang dihasilkan memiliki rentang pengukuran dari posisi sensor ke permukaan benda sebesar 1 cm sampai 9 cm dengan keakurasian sebesar 98,25%. Kemudian Pande (2017) merealisasikan juga sebuah alat ukur massa jenis zat cair dengan teori hidrostatis yang memanfaatkan sensor fotodioda. Pengolahan data menggunakan mikrokontroler ATmega8535. Alat ukur yang dihasilkan memiliki nilai keakurasian sebesar 97%.

Berdasarkan beberapa penelitian mengenai realisasi alat nebulizer yang telah dilakukan, maka pada penelitian ini direalisasikan alat nebulizer kompresor berbasis fotodioda dan led sebagai pendeteksi cairan obat asma. Tegangan yang dihasilkan sensor dibaca oleh rangkaian komparator kemudian relay digunakan untuk mengondisikan mesin kompresor berhenti bekerja ketika cairan sudah habis. Alat yang direalisasikan bekerja secara analog, karena untuk memudahkan dalam penggunaan alat. Selain itu jika dibandingkan dengan sistem digital, sistem analog lebih mudah dalam perbaikan jika terjadi kerusakan komponen di dalamnya.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengaplikasikan sensor fotodiode dan LED dalam alat nebulizer kompresor untuk mendeteksi volume cairan obat asma.
- b. Mengaplikasikan rangkaian komparator dan relay untuk mengendalikan *on* atau *off* kompresor pada alat nebulizer kompresor.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengaplikasikan sensor fotodiode dan LED sebagai pendeteksi cairan obat asma.
- b. Dihasilkan alat nebulizer yang dapat berhenti bekerja setelah cairan obat asma habis.

## 1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana mengimplementasikan fotodiode dan led sebagai pendeteksi cairan obat asma.
- b. Bagaimana cara agar motor kompresor berhenti bekerja ketika cairan obat asma habis.

## 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Nebulizer yang dirancang adalah nebulizer jenis kompresor.
- b. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi cairan pada nebulizer adalah fotodiode.
- c. Sensor fotodiode yang digunakan *photodiode* tipe PD333-3C/H0/L2 dengan ukuran 5 mm.
- d. LED yang digunakan LED *infrared*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Ramadhani (2008) merancang nebulizer kompresor berbasis mikrokontroler AT89S51. Penambahan fungsi *timer* dan tampilan LCD pada nebulizer dibuat dengan pengendalian mikrokontroler. Setelah waktu yang ditentukan telah berakhir alat akan berhenti beroperasi dengan otomatis. Alat yang dirancang terdapat dua kondisi yaitu saat tombol *start* ditekan maka *mikro* berlogika *high* dengan tegangan 4,5 V. Ketika waktu yang telah diatur habis maka *mikro* berlogika *low* dengan tegangan 0,2 V. Pembandingan *setting timer* dilakukan dengan menggunakan alat *stop watch* pada waktu bersamaan dan diperoleh persentase total kesalahan 0,163 % dan presentase keakuratan sebesar 99,8%.

Sumiati (2009) merancang nebulizer yang merupakan pengembangan dari penelitian Ramadhani (2008) dengan pengaturan waktu tunda. Menggunakan komponen elektronika yaitu: IC 555 sebagai pewaktu, IC7408 sebagai gerbang *AND*, IC 7404 berfungsi sebagai gerbang *not-inverting*, IC 7473 JK *flip-flop* , IC 74192 sebagai pencacah (*counter*), IC 7447 sebagai pengkode ke *seven segment*, IC 74LS85 sebagai komparator untuk mengetahui proses nebulizer telah selesai. Mengatur berapa lama waktu proses pengkabutan, dengan mengatur *timer* sesuai

waktu yang diinginkan. Sehingga alat dioperasikan dengan menekan tombol *start* pada LCD dan kompresor akan bekerja. Jika waktu yang diatur telah habis, maka kompresor akan berhenti bekerja dan *buzzer* akan menyala. Pengujian alat yang dilakukan terdapat pada lima titik pengukuran yang telah ditentukan, dengan tegangan ketika *start* sebesar 4,1 V dan stop sebesar 0,2 V. Hasil pengujian yang diperoleh dengan persentase kesalahan 1,51 % dan keakurasian sebesar 98,49 %.

Fernando (2014) memodifikasi nebulizer kompresor dengan menambahkan pengaturan *timer* dan detektor cairan obat sebagai batasan waktu terapi pemberian obat pada penderita asma. Detektor cairan ini memakai dua buah kawat tembaga sebagai penghantar yang mendeteksi sisa cairan yang ada pada tabung cairan obat. Tegangan *output* sensor detektor cairan obat sekitar 0,726 V sampai 1,221 V dengan rentang volume obat 1-6 ml. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk penguapan obat dalam 1 ml cairan obat adalah 638,86 detik/ml atau 10 menit 6 detik. Berdasarkan hasil yang didapat besar persentase kesalahan dalam pengujian waktu sebesar 6,49 %.

Pemanfaatan sensor fotodiode telah diaplikasikan pada berbagai instrumentasi khususnya di bidang alat ukur. Penelitian yang memanfaatkan fotodiode dilakukan oleh Anjarsari dan Pande. Anjarsari (2015) memanfaatkan sensor fotodiode sebagai sensor untuk mengukur massa jenis pada zat cair dengan teori Archimedes. Realisasi alat menggunakan mikrokontroler ATmega 8535 dan LED. Alat ukur massa jenis zat cair yang dihasilkan memiliki rentang pengukuran dari posisi sensor ke permukaan benda sebesar 1 cm sampai 9 cm dengan keakurasian sebesar 98,25% (Anjarsari, 2015). Pande (2017) merealisasikan juga sebuah alat ukur massa jenis zat cair dengan teori hidrostatis yang memanfaatkan sensor

photodiode. Pengolahan data menggunakan mikrokontroler ATmega8535. Alat ukur yang dihasilkan memiliki nilai keakuratan sebesar 97% serta kesalahan pengukuran sebesar 3%.

Komparator yaitu rangkaian yang dapat membandingkan tegangan masukan dan satu tegangan keluaran. Bila tegangan positif lebih besar dari tegangan negatif, pembanding menghasilkan tegangan keluaran yang tinggi. Bila masukan tegangan positif lebih kecil dari masukan tegangan negatif maka tegangan keluarannya rendah (Zhu, et al, 2012). Rangkaian komparator telah digunakan dalam pengembangan alat-alat otomatis diantaranya yang dilakukan dalam menentukan level air tangki dengan sistem kendali. Sistem kendali level air hanya menggunakan kabel sebagai pendeteksi (sensor). Jika permukaan air menyentuh kabel tersebut maka sistem akan menangkap adanya perubahan yaitu penurunan air atau pengisian tangki. Perubahan inilah yang menjadi masukan pada kaki LM339 yang kemudian dibandingkan dengan nilai referensi atau tegangan referensi. Tegangan referensi yang diambil adalah keadaan saat bak terisi air. Jadi pada saat kabel tidak tersentuh oleh air maka sistem akan mengaktifkan pompa yang kemudian mengisi air ke dalam tangki (Achmat dan Umraeni, 2011).

Rangkaian yang juga berperan dalam pengembangan sistem otomatis yaitu rangkaian relay seperti yang dilakukan Bintoro dan Wildan (2014) memanfaatkan relay untuk memutus dan menyambung aliran listrik. Pemanfaatan relay sebagai pengganti mikrokontroler diharapkan mampu mengefisienkan rancang bangun keran otomatis tersebut. Selain memperbanyak dan memperlambat proses sistem elektronis, menggunakan mikrokontroler menambah biaya dan konsumsi daya yang akan digunakan pada sistem. Padahal tujuan dari dibuatnya sistem keran

otomatis untuk menghemat tidak hanya air wudhu tetapi juga biaya pembuatannya (Agustiawan dan Hadi, 2017).

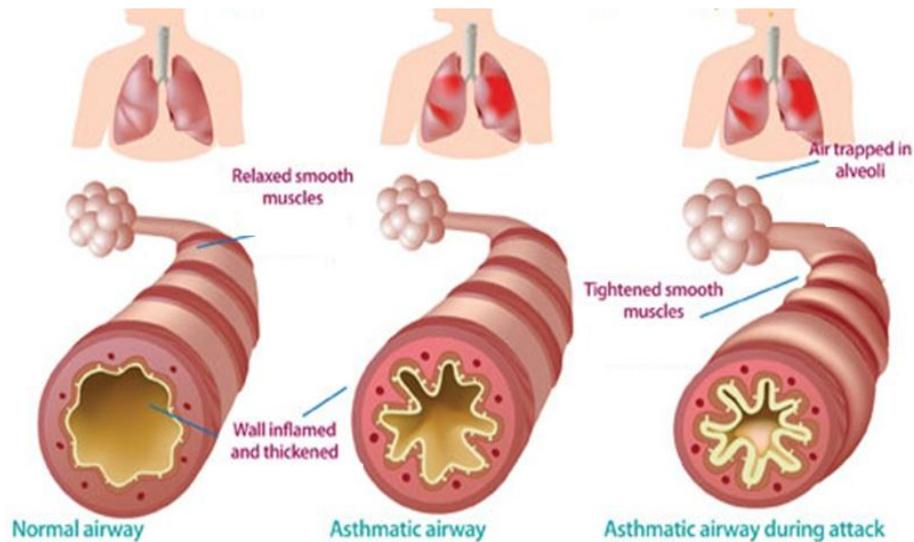
## **2.2 Asma**

### **2.2.1 Definisi Asma**

Istilah asma berasal dari kata Yunani yang artinya “sukar bernapas”. Penyakit asma merupakan proses inflamasi kronik saluran pernapasan yang melibatkan banyak sel dan elemennya. Proses inflamasi kronik ini menyebabkan saluran pernapasan menjadi hiperresponsif, sehingga memudahkan terjadinya bronkokonstriksi, edema dan hipersekresi kelenjar yang menghasilkan pembatasan aliran udara di saluran pernapasan dengan manifestasi klinik yang bersifat periodik berupa mengi, sesak napas, dada terasa berat, batuk-batuk terutama pada malam hari atau dini hari. Gejala ini berhubungan dengan luasnya inflamasi yang derajatnya bervariasi dan bersifat reversibel secara spontan dengan atau tanpa pengobatan (Global Initiative For Asthma, 2011).

### **2.2.2 Patofisiologi Asma**

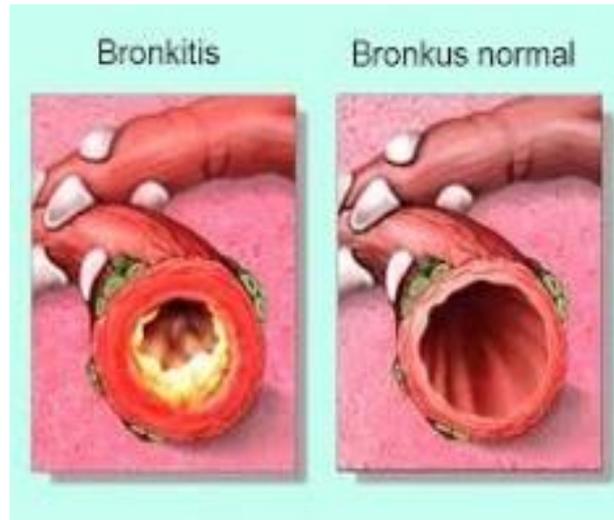
Penyakit asma ditandai dengan penyempitan saluran napas sehingga penderita mengalami keluhan sesak napas atau kesulitan bernapas ditunjukkan pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Patofisiologi asma (Mulia, 2002)

Gambar 2.1 menunjukkan selama asma menyerang, saluran napas akan mengalami penyempitan dan mengisinya dengan cairan lengket yang diproduksi oleh dinding bagian dalam yang menyebabkan jalan udara menyempit dan mengurangi aliran keluar masuknya udara ke paru-paru. Hal ini disebabkan oleh peningkatan respon dari trakea dan bronkus terhadap jenis stimuli yang ditandai dengan penyempitan bronkus atau bronkiolus dan sekresi berlebih dari kelenjar di mukosa bronkus. Dinding saluran napas akan menyempit dan membengkak menyebabkan sesak napas. Kadang dinding saluran napas dilumuri oleh lendir yang lengket sehingga dapat menyebabkan sesak napas yang lebih parah (Mulia, 2002).

Kontraksi spastik dari otot polos bronkiolus yang menyebabkan sukar bernapas. Alergi mempunyai kecenderungan untuk membentuk sejumlah antibodi IgE abnormal dalam jumlah besar dan antibodi ini menyebabkan reaksi alergi bila bereaksi dengan antigen spesifikasinya. Antibodi ini terutama melekat pada sel mast yang terdapat pada lubang paru-paru yang berhubungan erat dengan bronkiolus dan bronkus kecil seperti Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Bronkus penderita asma (Wilson, 2006)

Gambar 2.2 menunjukkan bila seseorang menghirup alergen maka antibodi IgE orang tersebut meningkat, alergen bereaksi dengan antibodi yang telah terlekat pada sel mast dan menyebabkan sel ini akan mengeluarkan berbagai macam zat diantaranya histamin, zat anafilaksis yang bereaksi lambat yang merupakan leukotrient, faktor kemotaktik eosinofilik dan bradikinin. Efek gabungan dari semua faktor ini akan menghasilkan edema lokal pada dinding bronkiolus kecil maupun sekresi mukus yang kental dalam lumen bronkiolus dan spasme otot polos bronkiolus sehingga menyebabkan hambatan saluran napas menjadi sangat meningkat. Pada asma diameter bronkiolus lebih kecil selama ekspirasi dari pada inspirasi. Bronkiolus sudah tersumbat sebagian, maka sumbatan selanjutnya adalah akibat dari tekanan eksternal yang menimbulkan obstruksi berat terutama selama ekspirasi. Menyebabkan dyspnea, dimana kapasitas residu fungsional dan volume residu paru menjadi sangat meningkat selama serangan asma akibat kesukaran mengeluarkan udara ekspirasi dari paru dan menyebabkan *barrel chest* (Wilson, 2006).

### 2.2.3 Faktor Asma

Asma mengalami respon imun yang buruk terhadap lingkungan. Penyebab umum adalah hipersensitivitas bronkiolus terhadap benda-benda asing di udara. Adanya alergen di lingkungan hidup meningkatkan resiko penyakit asma ditunjukkan pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3.** Faktor asma (Boushey, 2001)

Gambar 2.3 memperlihatkan alergen yang sering mencetuskan penyakit asma antara lain adalah serpihan kulit binatang piaraan, tungau debu rumah, jamur dan kecoa (Steyer dkk, 2003). Antibodi yang dihasilkan (IgE) kemudian menyerang sel-sel mast dalam paru. Pemajanan ulang terhadap antigen mengakibatkan ikatan antigen dengan antibodi mengalami pelepasan produk sel-sel mast (mediator). Pelepasan mediator ini dalam jaringan paru mempengaruhi otot polos dan kelenjar jalan napas, bronkospasme, pembengkakan membran mukosa dan pembentukan mukus yang sangat banyak (Boushey, 2001).

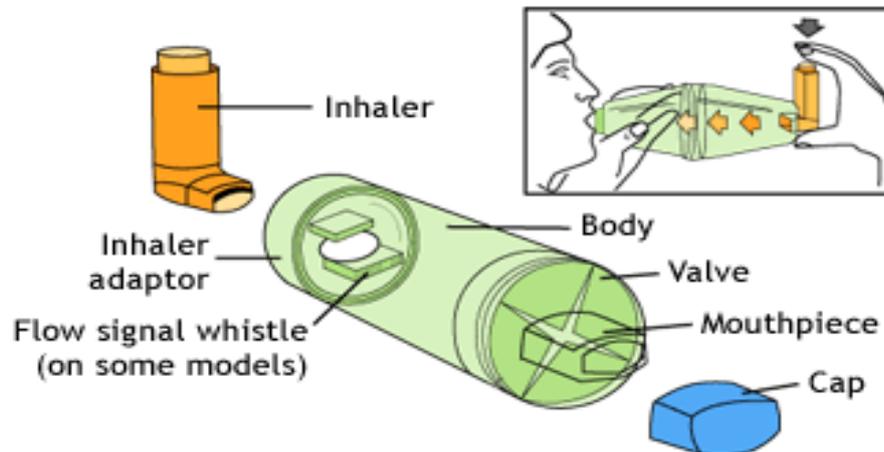
#### 2.2.4 Penanggulangan Asma

Tujuan pengobatan asma untuk menghentikan serangan secepat mungkin dan mencegah serangan berikutnya. Sehingga diberikan obat yang bersifat bronkodilator pada waktu serangan dan obat anti inflamasi untuk menurunkan hiperaktivitas bronkus sebagai tindakan pencegahan. Pemberian obat asma bisa dilakukan dengan cara oral dan inhalasi. Terapi inhalasi adalah pemberian obat secara langsung ke dalam saluran napas melalui penghisapan. Terapi pemberian ini berkembang luas dan banyak dipakai pada pengobatan penyakit saluran napas. Berbagai macam obat seperti antibiotik, mukolitik, anti inflamasi dan bronkodilator sering digunakan pada terapi inhalasi. Obat asma inhalasi memungkinkan penghantaran obat langsung ke paru-paru, dimana saja dan kapan saja akan memudahkan pasien mengatasi keluhan sesak napas. Agar mencapai sasaran di paru-paru, partikel obat asma inhalasi harus berukuran sangat kecil (2-5 mikron). Keuntungan terapi inhalasi ini adalah obat bekerja langsung pada saluran napas sehingga memberikan efek lebih cepat untuk mengatasi serangan asma karena setelah dihisap, obat akan langsung menuju paru-paru untuk melonggarkan saluran pernapasan yang menyempit. Selain itu memerlukan dosis yang lebih rendah untuk mendapatkan efek yang sama, dan harga untuk setiap dosis lebih murah. Inhalasi terdiri atas empat teknik yaitu *inhaler*, *turbuhaler*, *rotahaler* dan nebulizer (Suparmanto, 1994).

##### 1. *Inhaler*

*Inhaler* atau *Metered Dose Inhaler* (MDI) digunakan dengan cara menyembrotkan obat ke dalam mulut, kemudian dihisap agar masuk ke dalam mulut menuju ke paru-paru. Jika pasien kesulitan untuk melakukan gerakan penyemprotan dan

penghisapan obat secara beruntun, maka dapat digunakan alat bantu *spacer* seperti pada Gambar 2.4.

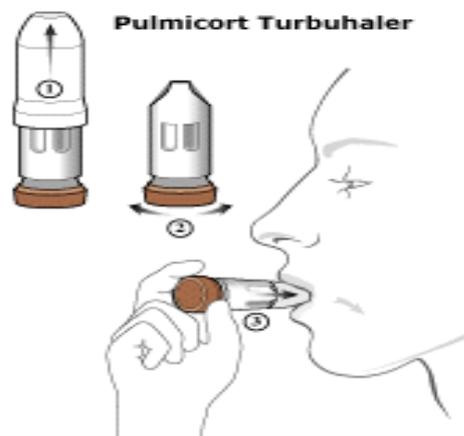


**Gambar 2.4** *Spacer* (Suparmanto,1994)

Gambar 2.4 adalah *spacer* yang memungkinkan pasien menghisap obat beberapa kali, memaksimalkan usaha agar seluruh obat masuk ke paru-paru, dan dapat membantu menekan *inhaler* pada anak-anak. Contoh produk: Alupent, Becotide, Bricasma, Seretide, Barotec, Ventolin.

## 2. Turbuhaler

*Turbuhaler* digunakan dengan cara menghisap, dosis obat di masukan ke dalam mulut, kemudian diteruskan ke paru-paru seperti pada Gambar 2.5.

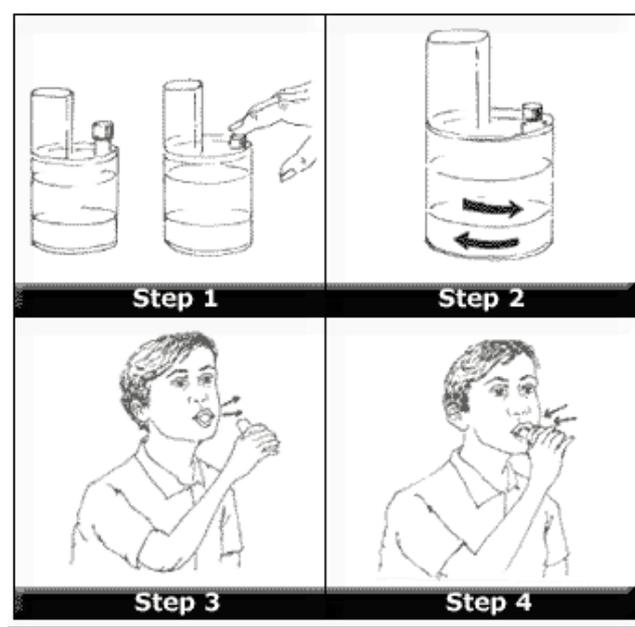


**Gambar 2.5** Turbuhaler (Suparmanto,1994)

Gambar 2.5 adalah penggunaan *turbuhaler* pada pasien yang tidak akan mendapat kesulitan dengan menggunakan *turbuhaler* karena tidak perlu menyembrotkan obat terlebih dahulu. Contoh produk: Bricasma, Pulmicort, Symbicort.

### 3. Rotahaler

Digunakan dengan cara yang mirip dengan *turbuhaler*. Perbedaannya setiap kali akan menghisap obat, *rotahaler* harus diisi terlebih dulu dengan obat yang berbentuk kapsul atau *rotacap* seperti pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6** *Rotahaler* (Suparmanto,1994)

Gambar 2.6 adalah *rotahaler* yang hanya berisi satu dosis, *rotahaler* sangat cocok untuk anak-anak dan usia lanjut. Contoh produk: Ventolin Rotacap.

### 4. Nebulizer

Nebulizer digunakan dengan cara menghirup larutan obat yang telah diubah menjadi bentuk kabut seperti Gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Nebulizer (Suparmanto,1994)

Gambar 2.7 adalah nebulizer yang sangat cocok digunakan untuk anak-anak, lansia dan mereka yang sedang mengalami serangan asma parah. Obat langsung menuju saluran napas untuk mengobati bronkospasme akut, produksi mukus yang berlebihan, batuk, sesak napas dan epiglottis. Contoh produk yang digunakan dengan nebulizer: Bisolvon, Salbutamol, Pulmicort Respules dan Ventolin Nebulas. Anak-anak usia kurang dari 2 tahun membutuhkan masker tambahan untuk dipasangkan ke nebulizer (Suparmanto,1994).

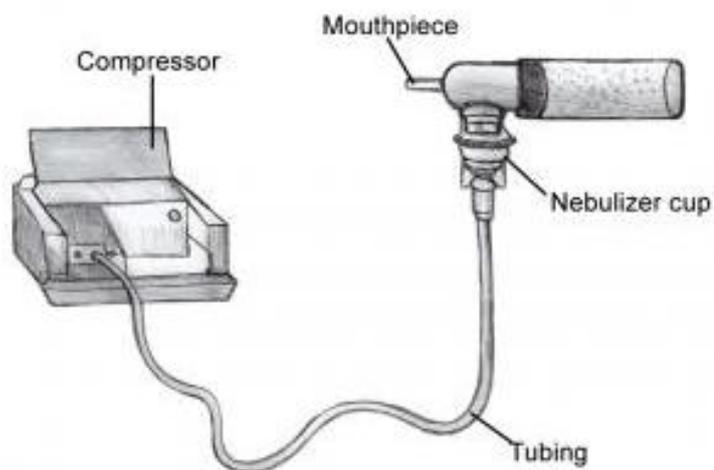
## **2.3 Nebulizer**

### **2.3.1 Definisi Nebulizer**

Nebulizer merupakan bagian dari fisioterapi paru-paru (*chestphysiotherapy*). Tepatnya, cara pengobatan dengan memberi obat dalam bentuk uap secara langsung pada alat pernapasan menuju paru-paru. Sejak ditemukannya nebulizer pada tahun 1858 di Perancis, nebulizer pilihan terbaik pada kasus yang berhubungan dengan masalah inflamasi pada penderita asma atau PPOK (Penyakit Paru Obstruksi Kronis). Nebulizer adalah alat yang digunakan untuk merubah obat dari bentuk cair ke bentuk partikel yang sangat halus (Widyawati, 2012).

### 2.3.2 Bagian Nebulizer

Berikut ini bagian-bagian dari nebulizer kompresor terdiri dari tutup *mouthpiece* yang dihubungkan dengan masker. Tubing atau pipa plastik yang dihubungkan ke mesin tekanan udara. Nebulizer *cup* sebagai wadah cairan ditunjukkan pada Gambar 2.8.

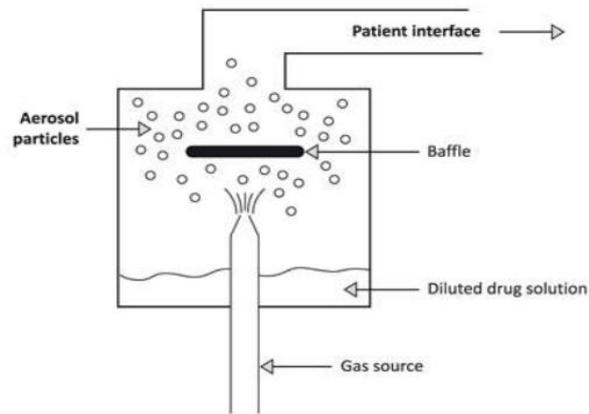


**Gambar 2.8** Bagian Nebulizer (Dahlan, 2005)

Gambar 2.8 adalah bagian nebulizer yang terdiri atas empat komponen yaitu sebagai berikut.

1. Nebulizer cup atau nebulizer kit

Sebagai tempat cairan obat dan sebagai tempat terjadinya proses pengkabutan atau pecahnya molekul-molekul air menjadi kabut. Proses terjadinya pengkabutan pada nebulizer kit dapat dilihat pada Gambar 2.9.

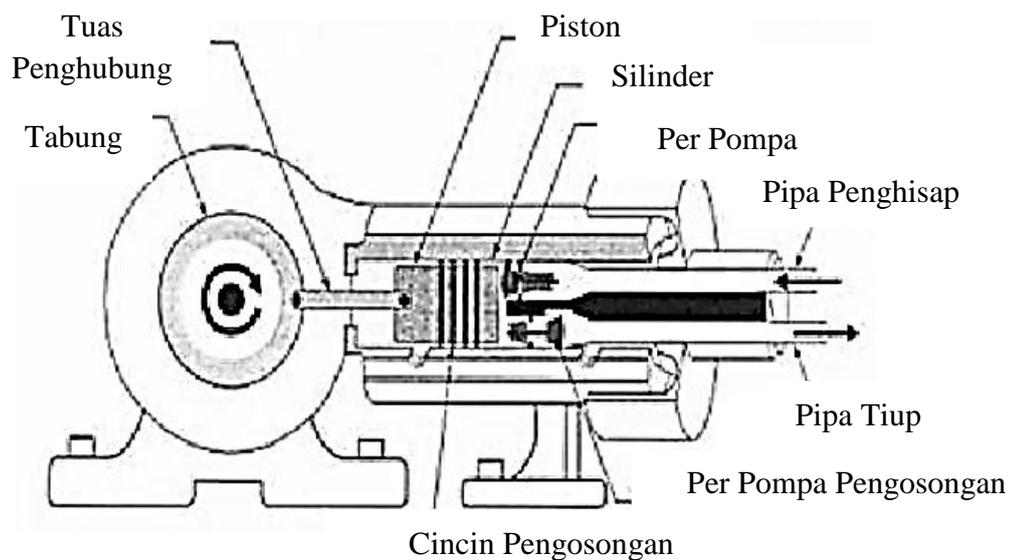


**Gambar 2.9** Skema nebulizer kit (Dahlan, 2005)

Tertahannya udara yang dikeluarkan dari kompresor kemudian udara tersebut dimampatkan ke ruangan yang berisi cairan obat melalui celah-celah sehingga menekan cairan obat menjadi kabut (Dahlan, 2005)

## 2. Kompresor

Berikut ini dipaparkan skema dari kompresor nebulizer yang ditunjukkan pada Gambar 2.10.



**Gambar 2.10** Bagian kompresor (Dietzel, 1996)

Gambar 2.10 adalah kompresor yang merupakan mesin untuk memampatkan udara atau gas. Kompresor udara biasanya menghisap udara dari atmosfer. Namun ada pula yang menghisap udara atau gas yang bertekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer. Dalam hal ini kompresor bekerja sebagai penguat. Sebaliknya kompresor ada yang menghisap gas yang bertekanan lebih rendah dari pada tekanan atmosfer, yang disebut pompa vakum.

Jika suatu udara di dalam sebuah ruangan tertutup diperkecil volumenya, maka udara akan mengalami kompresi. Kompresor yang menggunakan azas ini disebut kompresor jenis perpindahan. Secara prinsip torak akan bergerak bolak-balik di dalam sebuah silinder untuk mengisap, menekan, dan mengeluarkan gas secara berulang-ulang. Gas yang ditekan tidak boleh membocor melalui celah antara dinding torak dan dinding silinder yang saling bergesek. Sehingga digunakan cincin torak sebagai perapat (Dietzel, 1996).

### 3. *Moutpiece*

Merupakan alat bantu berupa masker oksigen yang dapat menutup hidung dan mulut dengan rapat ditunjukkan pada Gambar 2.11.



**Gambar 2.11** Masker nebulizer (Dietzel, 1996)

Gambar 2.11 adalah masker merupakan metode yang paling efektif dalam pemberian oksigen tingkat tinggi dan dipilih dalam kondisi perawatan yang kritis (Dietzel, 1996).

#### 4. *Tubing* (Selang)

Alat pelengkap nebulizer kompresor berupa selang penghubung masuknya udara dari kompresor ditunjukkan pada Gambar 2.12



**Gambar 2.12** Selang nebulizer (Dietzel, 1996)

Gambar 2.12 adalah selang udara yang diujung terdapat *filter* udara pada ujung selang sebagai penyaring udara dari motor kompresor (Dietzel, 1996).

### 2.3.3 Tujuan Nebulizer

Tujuan pemberian nebulizer untuk mengurangi sesak pada penderita asma, untuk mengencerkan dahak, *bronchiale* berkurang dan menghilang. Cara bekerja nebulizer adalah dengan penguapan, jadi obat-obatannya diracik berupa cairan, dimasukan ke tabung lalu dengan bantuan listrik menghasilkan uap yang dihirup dengan masker khusus. Tidak terdapat bau, jadi rasanya seperti bernapas biasa. Terapi penguapan biasanya sekitar 3-10 menit, 3-4 kali sehari (seperti jadwal pemberian obat). Dipakai pada bayi 0 bulan, anak-anak hingga dewasa.

Pengobatan nebulizer ini lebih efektif dari obat-obatan minum, karena langsung dihirup masuk ke paru-paru, dosis yang dibutuhkan juga lebih kecil, sehingga lebih aman. Alat nebulizer berguna untuk penderita gangguan saluran pernapasan, seperti:

1. batuk dan mengeluarkan lendir (*plegm/slem*) di paru-paru sehingga mampu mengencerkan dahak;
2. pilek atau hidung tersumbat sehingga mampu melancarkan saluran pernapasan. Penggunaannya sama dengan obat biasa 3x sehari, campuran obat menjadi uap biasanya juga obat-obatan yang memang untuk melancarkan jalan napas;
3. asma dan sinusitis yang disertai bunyi tarikan napasnya sangat kuat dan sesak napas;
4. alergi yang menyebabkan batuk, pilek, dan menjurus ke serangan asma dan sinusitis.

Obat-obatan untuk nebulizer yaitu sebagai berikut:

1. *pulmicort*: kombinasi anti radang dengan obat yang melonggarkan saluran napas;
2. *nacl* : mengencerkan dahak;
3. *bisolvon* cair : mengencerkan dahak;
4. *atroven* : melonggarkan saluran napas;
5. *berotex* : melonggarkan saluran napas;
6. *inflamid* : untuk anti radang;
7. *combiven* : kombinasi untuk melonggarkan saluran napas (Dahlan, 2005).

### 2.3.4 Jenis Nebulizer

1. Nebulizer kompresor atau nebulizer dengan penekan udara seperti pada Gambar 2.13.



**Gambar 2.13** Nebulizer kompresor (Widyawati, 2012)

Gambar 2.13 menunjukkan nebulizer ini memberikan tekanan udara dari pipa ke tutup (*cup*) yang berisi obat cair. Kekuatan dari tekanan udara akan memecah cairan ke dalam bentuk partikel-partikel uap halus yang dapat dihirup secara langsung dalam ke saluran pernapasan.

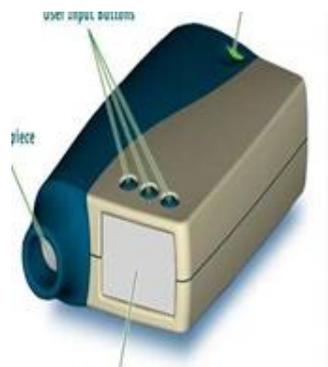
2. Nebulizer ultrasonik atau nebulizer yang menggunakan gelombang *ultrasound* seperti pada Gambar 2.14.



**Gambar 2.14** Nebulizer ultrasonik (Widyawati, 2012)

Nebulizer ini secara perlahan merubah dari bentuk obat cair menggunakan getaran frekuensi tinggi sehingga memecah air atau obat menjadi tetesan atau partikel halus yang dapat dihirup secara langsung ke saluran pernapasan.

3. Nebulizer generasi baru ditunjukkan pada gambar 2.15.



**Gambar 2.15** Nebulizer Terbaru (Widyawati, 2012)

Nebulizer jenis ini merupakan alat genggam yang menyemburkan medikasi atau *agens* pelembab, seperti *agens bronkodilator* atau *mucolytic* menjadi partikel *mikroskopis* dan mengirimkannya ke dalam paru-paru ketika pasien menghirup napas tanpa menggunakan tekanan udara maupun *ultrasound*. Alat ini sangat kecil, dioperasikan dengan menggunakan baterai, dan tidak berisik (Widyawati, 2012).

## 2.4 Cahaya

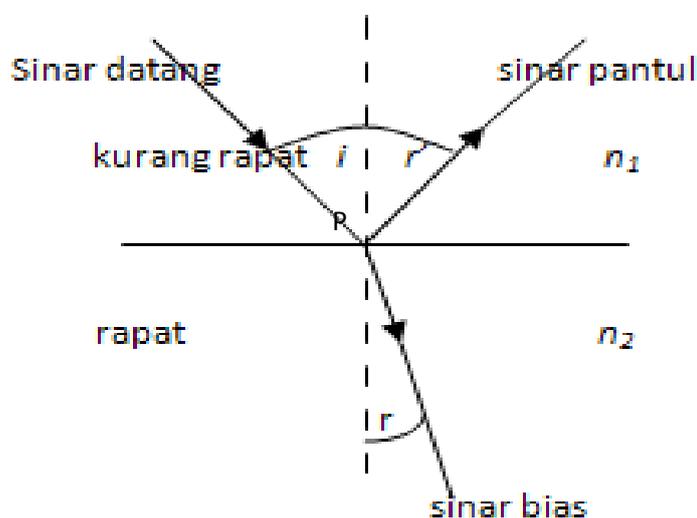
### 2.4.1 Definisi Cahaya

Teori cahaya menurut Newton menyatakan bahwa cahaya adalah partikel-partikel atau korpuskel-korpuskel yang dipancarkan oleh sumber cahaya dan merambat menurut garis lurus dengan kecepatan besar (Sears dan Mark, 1987).

Cahaya memiliki lima sifat yaitu dapat mengalami peristiwa pantulan (refleksi), pembiasan (refraksi), polarisasi, interferensi, dan difraksi. Cahaya dapat terpantul oleh permukaan pemantul yang mengkilap, terbias oleh bahan yang bening dan terpolarisasi oleh polarisator (Jati dan Priyambodo, 2010).

#### 2.4.2 Pemantulan Cahaya

Jika cahaya jatuh di benda bening maka sebagian cahaya itu dipantulkan dan sebagian lagi dibiaskan seperti Gambar 2.16.



**Gambar 2.16** Muka gelombang di atas bidang pantul  
(Alonso dan Edward, 1992)

Gambar 2.16 adalah peristiwa pemantulan cahaya dengan muka gelombang berada di atas bidang pemantul dan salah satunya bersentuhan di titik P (Alonso dan Edward, 1992). Ketika cahaya menimpa permukaan benda, sebagian cahaya dipantulkan. Sisanya diserap oleh benda dan diubah menjadi energi panas atau, jika benda tersebut transparan seperti kaca atau air, sebagian diteruskan (Giancoli, 2001). Jika benda pemantul (reflektor) itu berpermukaan halus maka diperoleh pantulan (refleksi) yang teratur (reguler). Sedangkan di permukaan kasar

memberikan pantulan tak teratur yang disebut pantulan (Jati dan Priyambodo, 2010). Ketika suatu berkas cahaya sempit menimpah permukaan yang rata seperti pada Gambar 2.16, menerangkan tentang hukum Snellius yang ditunjukkan dengan persamaan 2.1.

$$n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r \quad (2.1)$$

dengan:

$n_1$  = indeks bias udara;

$n_2$  = indeks bias air;

$i$  = sudut antara cahaya yang merambat melalui udara dengan garis normal (dalam derajat busur  $^{\circ}$ );

$r$  = sudut antara cahaya yang merambat melalui air dengan garis normal (dalam derajat busur  $^{\circ}$ ).

Hukum Snellius merupakan kaidah-kaidah yang berhubungan dengan pemantulan dan pembiasan sinar-sinar cahaya, adapun kaidah-kaidahnya yaitu:

- a. sinar datang, normal, sinar terpantul, sinar terbias terletak di satu bidang datar;
- b. sudut pantul sama dengan sudut datang;
- c. perbandingan antara sinus sudut datang dan sinus sudut bias adalah tetap, tidak bergantung pada besar sudut datang (Soedjojo, 1998).

Bila cahaya dari medium udara (kurang rapat) melalui medium air (lebih rapat daripada medium udara), pembengkokan cahaya akan mendekati garis normal yang tegak lurus terhadap kedua medium tersebut. Sedangkan bila cahaya melalui medium rapat (air) menuju medium kurang rapat (udara), maka pembengkokan cahaya menjauhi garis normalnya (Alonso dan Edward, 1992).

### 2.4.3 Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya adalah kekuatan cahaya dari arus cahaya per satuan sudut ruang dipancarkan ke suatu arah tertentu. Satuannya dinyatakan dalam candela (cd) dengan simbolnya adalah  $I$ . Arus cahaya yang jatuh pada sebuah satuan permukaan disebut kekuatan penerangan dengan satuan yang dinyatakan sebagai lux (lx) (Meijs,1983).

Cahaya menyebar seperti gerakan gelombang yang dapat digambarkan dengan sinar. Sifat fisis cahaya sebagai gelombang yang merambat tidak memerlukan medium (Smith dan Thomson, 1988). Kebergantungan intensitas pada jarak pada proses perambatan gelombang energi yang dipindahkan berasal dari sumber (Abdullah, 2017).

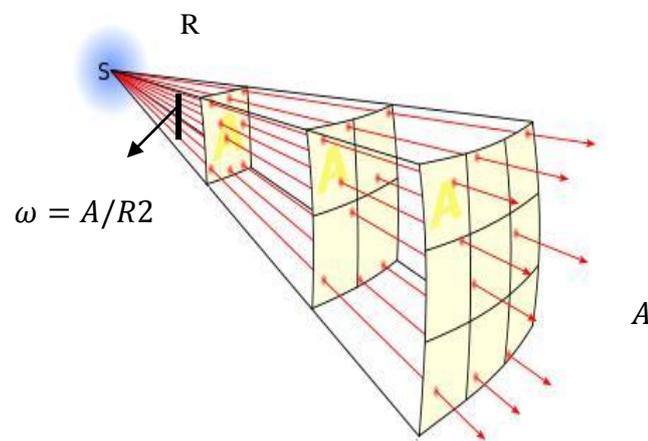
Kuantitas radiometri dapat muncul dengan atau tanpa garis elektromagnetik untuk membedakannya dari pola fotometrik yang sama. Istilah energi radiasi  $Q$  ( $J=Joule$ ), rapat muatan energi radiasi  $W$  ( $J/m^3$ ) dan fluks radiasi  $\Phi$  ( $W=watt=J/s$ ). Rapat muatan fluks radiasi diukur dengan  $watt/m^2$ , dengan kemungkinan dipancarkan (menyebar atau memantul) dari permukaan yang disebut dengan pemancaran atau iluminasi  $E$ . Fluks radiasi  $\Phi$  disebarkan per unit dari sudut ruang oleh titik pusat disebut dengan intensitas  $I$  (Pedrotti,1993).

Satu susunan garis-garis yang diradiasikan dari suatu titik membentuk sudut ruang pada titik tertentu. Titik S sebagai pusat dan R sebagai jari-jari pada bidang bola. Susunan garis-garis berasal dari pusat bola yang memotong bidang bola seluas A.

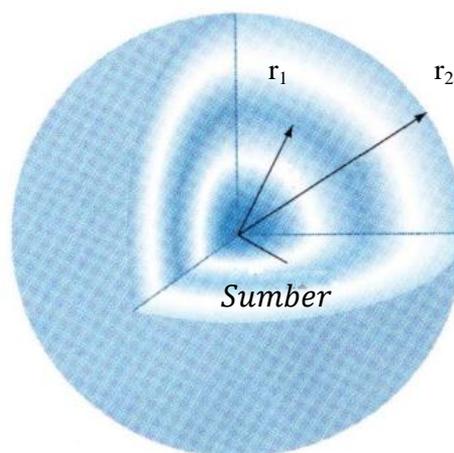
Pengukuran steradian dari sudut ruang  $\omega$  didefinisikan sebagai perbandingan adalah

$$\omega = \frac{A}{R^2} \quad (2.2)$$

Kemudian ditinjau pada gelombang bola yang berasal dari sebuah titik yang merambat kesegala arah. Permukaan yang dilewati gelombang adalah permukaan bola seperti Gambar 2.17.



a. Ilustrasi permukaan yang di lewati



b. Ilustrasi permukaan bola

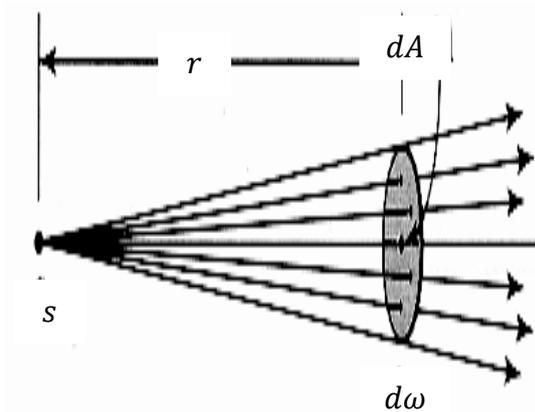
**Gambar 2.17.** Luas permukaan yang dilewati gelombang dengan luas permukaan bola (Abdullah, 2017)

Jika luas  $A$  sama dengan  $R^2$  maka sudut ruang adalah satu steradian. Diperlihatkan gambar bola dengan luas  $4\pi r^2$ . Maka sudut ruang total pada suatu titik adalah

$$\omega = \frac{4\pi r^2}{R^2} = 4\pi \text{ steradian} \quad (2.3)$$

(Abdullah, 2017).

Bila iluminasi mengenai sebuah permukaan maka permukaan akan diterangi yang diilustrasikan pada Gambar 2.18



**Gambar 2.18** Iluminasi permukaan sebuah titik (Pedrotti,1993)

Intensitas radiasi merupakan fluks yang melawati daerah  $dA$  untuk per unit dari sudut ruang. Dimana untuk sudut ruang adalah

$$d\omega = \frac{dA}{R^2} \quad (2.4)$$

(Pedrotti, 1993).

Titik sumber cahaya  $S$  dengan mengambil  $d\Phi$  fluks melalui suatu bagian dari kerucut sempit dengan sudut ruang  $d\omega$  steradian yang puncaknya terletak di

sumber. Intensitas cahaya sumber dalam arah kerucut didefinisikan sebagai perbandingan fluks  $d\Phi$  terhadap sudut ruang  $d\omega$  atau sebagai fluks yang dipancarkan persatuan sudut ruang. Intensitas cahaya dinyatakan dengan dengan persamaan berikut.

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (2.5)$$

dengan :

$I$  adalah intensitas cahaya (watt/m<sup>2</sup>);

$\Phi$  adalah energi fluks (watt);

$r$  adalah jarak antara titik pusat ke permukaan yang disinari (m)

$A$  adalah luas permukaan yang disinari (m<sup>2</sup>) (Pedrotti, 1993).

Biasanya sumber tidak memancarkan jumlah fluks persatuan sudut ruang yang sama kesemua arah, jadi umumnya intensitas sebuah sumber berbeda dalam arah yang berlainan.

Jadi iluminasi suatu bagian permukaan oleh sebuah sumber titik berbanding terbalik dengan kuadrat jarak bagian permukaan dari sumber dan berbanding lurus dengan intensitas sumber dan cosinus sudut antara sumbu bagian permukaan tersebut dan garis yang menghubungkan permukaan dan sumber. Bila bagian permukaan diterangi oleh lebih dari satu sumber maka iluminasi total dijumlah aljabar dari iluminasi yang dihasilkan oleh masing-masing sumber (Sears dan Zemansky, 1962).

## 2.5 Fotodiode

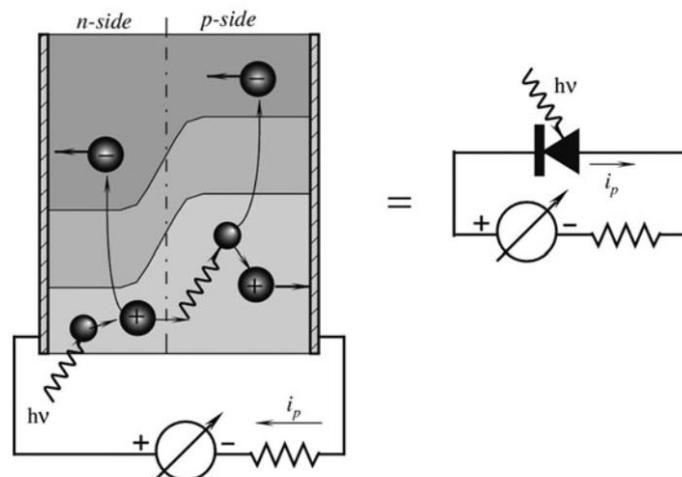
### 2.5.1 Teori Fotodiode

Cahaya atau foton dapat dideteksi oleh fotodiode karena energi yang dibawa oleh cahaya mengisi kekosongan lubang elektron yang terdapat pada bahan semikonduktor tersebut (John dan Smith, 1971). Fotodiode memiliki sifat yang serupa dengan diode biasa, namun sangat sensitif terhadap cahaya (Bishop, 2004). Bentuk fotodiode ditunjukkan pada gambar 2.19.



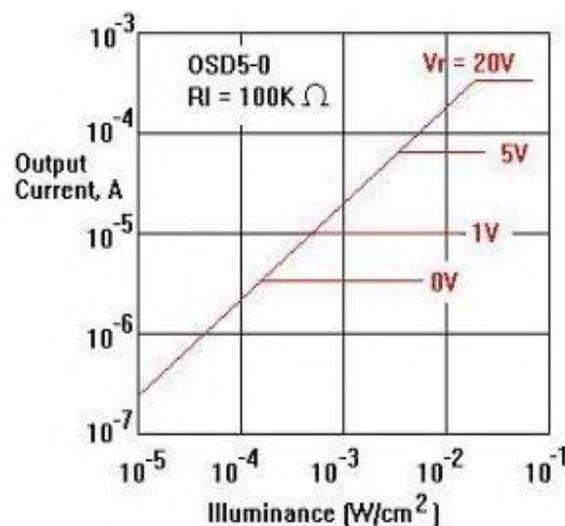
**Gambar 2.19** Fotodiode (Widjanarka, 2006)

Piranti semikonduktor sambungan p-n yang dirancang untuk beroperasi bila dibiarkan dalam keadaan terbalik untuk mendeteksi cahaya. Ketika cahaya jatuh pada sambungan p-n, pasangan elektron-hole mengalami perubahan karakteristik sehingga menghasilkan tegangan atau arus listrik. Gambar 2.20 menunjukkan struktur fotodiode.



**Gambar 2.20** Struktur fotodiode (Fraden, 2004)

Gambar 2.20 adalah bagian dari fotodiode ketika elektron masuk ke pita konduksi mengikuti sisi positif baterai. Sejalan dengan itu, membuat aliran *hole* ke terminal negatif. Ketika cahaya jatuh pada sambungan p-n, pasangan elektron-*hole* mengalami perubahan karakteristik sehingga menghasilkan tegangan atau arus listrik. Besar tegangan atau arus yang mengalir pada dioda berubah sesuai dengan intensitas cahaya yang diterimannya (Fraden, 2004). Kemampuan menyerap cahaya dengan karakteristik panjang gelombang mencakup 190 - 1100 nm untuk silikon dan 190 - 680 nm untuk GaAs. Arus ini umumnya teratur terhadap *density of power* ( $D_p$ ). Perbandingan antara arus keluaran dengan *density of power* disebut *current responsivity*. Hubungan antara keluaran fotodiode dengan intensitas cahaya yang diterimanya membentuk suatu fungsi linier pada Gambar 2.21.



**Gambar 2.21** Hubungan keluaran fotodiode dengan intensitas cahaya (Kurniawan, 2013)

Gambar 2.21 menunjukkan hubungan antara keluaran fotodiode dengan intensitas cahaya yang diterimanya ketika di bias mundur. Fotodiode akan mengalirkan arus yang membentuk fungsi linear terhadap intensitas cahaya yang diterimanya. Arus

cahaya fotodiode umumnya teratur terhadap *power density*. Perbandingan antara arus keluaran dengan *power density* disebut dengan *current responsitivity*. (Kurniawan, 2013). Cahaya yang dapat dideteksi oleh fotodiode ini mulai dari cahaya infra merah, cahaya tampak, ultra ungu sampai dengan sinar-X (Pandiangan, 2009).

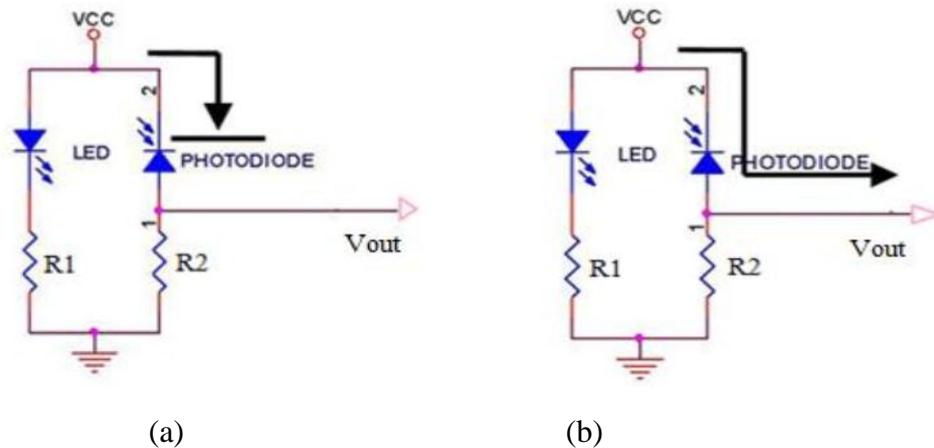
### 2.5.2 Karakteristik Fotodiode

Karakteristik fotodiode adalah sebagai berikut:

1. fotodiode mempunyai respon 100 kali lebih cepat daripada fototransistor;
2. dikemas dengan plastik transparan yang juga berfungsi sebagai lensa. Lensa tersebut lebih dikenal sebagai lensa *fresnel* dan *optical filter*;
3. diode sebagai kondisi *open circuit* dan *close circuit* jika dianalogikan seperti saklar. Ketika energi cahaya dengan panjang gelombang yang besar jatuh pada sambungan fotodiode, maka arus mengalir dalam sirkuit *eksternal*. Komponen ini kemudian akan bekerja sebagai generator arus, yang arusnya sebanding dengan intensitas cahaya itu. Cahaya diserap di daerah penyambungan menimbulkan pasangan elektron *hole* yang mengalami perubahan karakteristik listrik ketika energi cahaya melepaskan pembawa muatan dalam bahan tersebut, sehingga menyebabkan perubahan konduktivitas. Hal inilah yang menyebabkan fotodiode dapat menghasilkan tegangan atau arus listrik jika terkena cahaya. Pada fotodiode kita mengenal istilah responsivitas yaitu kemampuan dari sebuah fotodiode untuk menambah arus bias mundur sebagai hasil dari sebuah penambahan pada cahaya (Hardjo dkk, 2007).

### 2.5.3 Pengondisi Sinyal Fotodiode

Pengondisi sinyal fotodiode diperlihatkan pada rangkaian Gambar 2.22 berikut.



**Gambar 2.22** Rangkaian pengondisi sinyal fotodiode (Bishop, 2004).

Gambar 2.22 merupakan salah satu rangkaian pengondisi sinyal fotodiode. Seperti yang terlihat pada gambar 2.22 (a) merupakan rangkaian dasar dari sensor fotodiode. Pada kondisi awal LED sebagai *transmitter* cahaya akan menyinari fotodiode sebagai *receiver* sehingga nilai resistansi pada sensor fotodiode akan minimum dengan kata lain  $V_{out}$  akan mendekati logika 0 (low). Sedangkan pada kondisi kedua pada gambar 2.22 (b) cahaya pada LED terhalang oleh permukaan hitam sehingga fotodiode tidak akan menerima cahaya dari LED maka nilai resistansi  $R_1$  maksimum. Sehingga nilai  $V_{out}$  akan mendekati  $V_{cc}$  fotodiode ataupun untuk menghitung nilai resistansi dari fotodiode tersebut yaitu :

$$V_{out} = \frac{R_{photodiode}}{R_{photodiode} + R_2} \times V_{in} \quad (2.7)$$

dengan:

$V_{out}$  adalah tegangan keluaran pada rangkaian fotodiode (V);

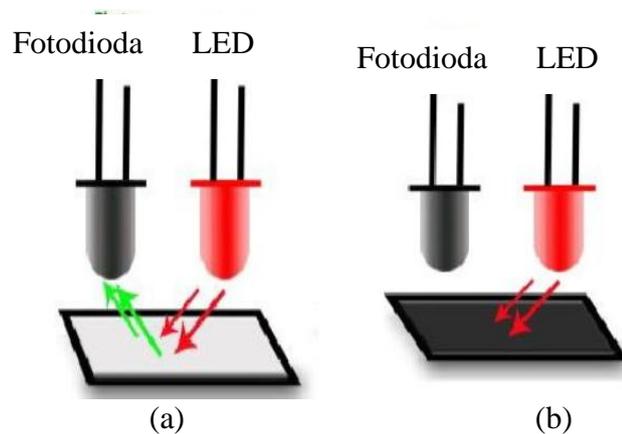
$R_{fotodiode}$  adalah resistansi dari fotodiode ( $\Omega$ );

$R_2$  adalah resistansi resistor pada rangkaian sensor fotodiode ( $\Omega$ );

$V_{in}$  adalah tegangan masukan pada rangkaian sensor fotodiode (V) (Bishop, 2004).

#### 2.5.4 Aplikasi Fotodiode

Aplikasi dari rangkaian sensor fotodiode yang telah dijelaskan sebelumnya dapat terlihat pada Gambar 2.23 (a) dan 2.23 (b).

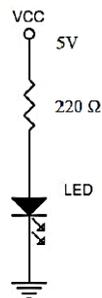


**Gambar 2.23** Aplikasi sensor fotodiode (bishop, 2004)

Gambar 2.23 (a) dan 2.23 (b) merupakan desain untuk memberikan *output* pada fotodiode agar berlogika *low* atau berlogika *high* yang disebabkan oleh warna permukaan yang fungsinya sebagai pemantul cahaya dari LED sebagai *transmitter*. Pada gambar 2.23 (a) fotodiode dipasang secara berdampingan antara fotodiode (*receiver*) dan LED (*transmitter*). Bagian depan fotodiode dan LED diletakkan kertas putih sehingga cahaya yang dipancarkan dari LED akan dipantulkan oleh kertas dan cahaya akan diterima oleh fotodiode sehingga *output* dari fotodiode berlogika 0 (*low*). Gambar 2.23 (b) fotodiode dan LED diletakkan secara berdampingan dan didepannya diletakkan kertas berwarna hitam sehingga cahaya yang dipancarkan oleh LED akan diserap oleh kertas berwarna hitam sehingga fotodiode tidak dapat menerima cahaya. Menyebabkan *output* dari fotodiode berlogika 1 (*high*) (bishop, 2004).

## 2.6 LED

*Light Emitting Diode* (LED) adalah dioda semikonduktor yang memancarkan cahaya jika di bias maju. Struktur LED sama dengan dioda yaitu sambungan semikonduktor P dan N. Jika sebagian semikonduktor tipe-P disambungkan dengan sebagian semikonduktor tipe-N, maka sambungan yang terbentuk akan melewatkan arus dalam satu arah dan memberikan tahanan yang cukup besar terhadap aliran arus dalam arah yang sebaliknya. Jika LED dibias maju, maka arus bias akan menyebabkan diinjeksikannya elektron ke dalam bahan tipe-P dan lubang diinjeksikan ke dalam bahan tipe-N. Dinyatakan dalam tingkat energi, elektron bebas bergerak melalui daerah dekat sambungan. Dalam proses ini, energi dilepas sebagian dalam bentuk cahaya dan sisanya dalam bentuk panas. Efisiensi daya keluaran cahaya sangat rendah yaitu kurang dari 1% (Lister,1998). Lebih jelasnya ditunjukkan simbol dan rangkaian dasar pada Gambar 2.24.



**Gambar 2.24** Simbol dan rangkaian dasar LED (Surya, 2009)

Gambar 2.24 adalah simbol dan rangkaian dasar LED yang memancarkan cahaya. Sebagian besar LED membutuhkan 1,5 V sampai 2,2 V untuk memberi bias maju dan membutuhkan arus sekitar 20 mA sampai 30 mA untuk memancarkan cahaya. Ketika tingkat tegangan yang lebih tinggi, LED dapat terbakar apabila tegangan

maju yang diberikan melebihi 2 V, untuk mengatasi hal ini LED biasanya dihubungkan secara seri dengan tahanan yang membatasi tegangan dan arus pada nilai yang dikehendaki. Proses pemancaran cahaya akibat adanya energi listrik yang diberikan terhadap suatu bahan disebut dengan sifat elektroluminesensi (Surya, 2009).

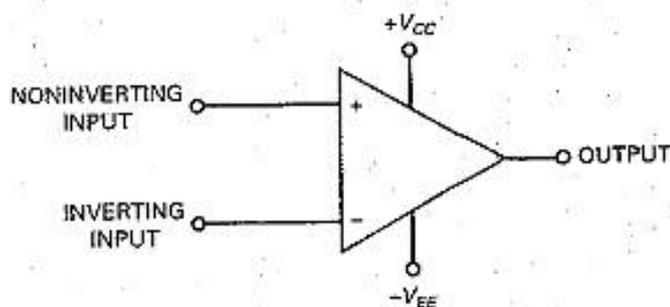
LED terdiri dari beberapa warna yaitu merah, hijau, kuning, biru dan putih. Warna tersebut dapat dihasilkan tergantung dari bahan semikonduktor yang digunakan. Perbedaan warna tersebut juga menunjukkan adanya perbedaan panjang gelombang cahaya. Bahan semikonduktor yang digunakan pada LED yaitu *gallium arsenide* (GaAs), *gallium arsenide phosphide* (GaAsP), *gallium phosphide* (GaP). LED dari GaAs memancarkan radiasi inframerah, GaAsP memancarkan cahaya merah atau kuning, dan GaP memancarkan cahaya merah atau hijau. LED biasanya digunakan untuk lampu indikator dan *display* (peraga) pada berbagai jenis instrumentasi. Satu jenis tampilan yang menggunakan LED adalah *seven segment display* (Bishop, 1995).

## **2.7 Penguat Komparator**

Op-amp pada dasarnya merupakan sebuah blok komponen yang sederhana. Sebuah op-amp akan memiliki dua buah terminal masukan dimana salah satu masukannya disebut sebagai masukan pembalik (diberi tanda -) sementara satu masukan lainnya disebut dengan masukan non-pembalik (diberi tanda +). Op-amp merupakan sebuah penguat arus searah dengan *gain* tinggi. Menggunakan kopling kapasitif yang tepat, op-amp dapat diaplikasikan pada berbagai macam rangkaian-rangkaian penguat arus bolak-balik. Tegangan pada terminal keluaran op-amp

merupakan perkalian antara selisih tegangan diantara masukan pembalik dan non pembalik dengan besarnya *gain* yang dimiliki. Op-amp merupakan sebuah penguat diferensial jika masukan pembalik (-) memiliki potensial yang lebih tinggi maka tegangan keluaran akan menjadi lebih negatif. Demikian pula jika masukan non pembalik (+) memiliki potensial yang lebih tinggi maka tegangan keluaran op-amp akan menjadi lebih positif (+). *Gain* yang dimiliki op-amp sangatlah tinggi, maka tegangan diferensial di antara terminal masukan-masukannya biasanya sangat kecil. Agar dapat menjalankan fungsinya dengan baik, op-amp harus memiliki umpan balik.

Pada umumnya menggunakan umpan balik negatif untuk mengendalikan besarnya gain serta memperoleh operasi kerja op-amp linear. Umpan balik negatif diperoleh melalui penggunaan komponen rangkaian resistor yang dihubungkan antara terminal keluaran op-amp dan masukan pembalik op-amp yaitu terminal masukan yang bertanda negatif. Rangkaian nonlinear misalnya komparator menggunakan umpan balik positif yang dapat diperoleh dengan menghubungkan komponen seperti resistor, di antara terminal op-amp dan masukan non-pembaliknya, yaitu terminal masukan yang bertanda positif (Clayton dan Winder, 2003).



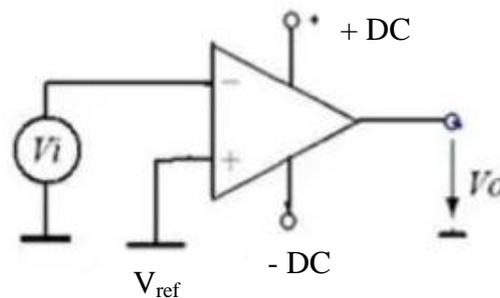
**Gambar 2.25** Simbol rangkaian op-amp (Clayton dan Winder, 2003)

Gambar 2.25 merupakan simbol rangkaian op-amp dengan dua dasar untuk memberikan umpan balik (*feedback*) pada op-amp. Penguat diferensial dengan dua buah *input* yaitu *input inverting* dan *input non-inverting*.

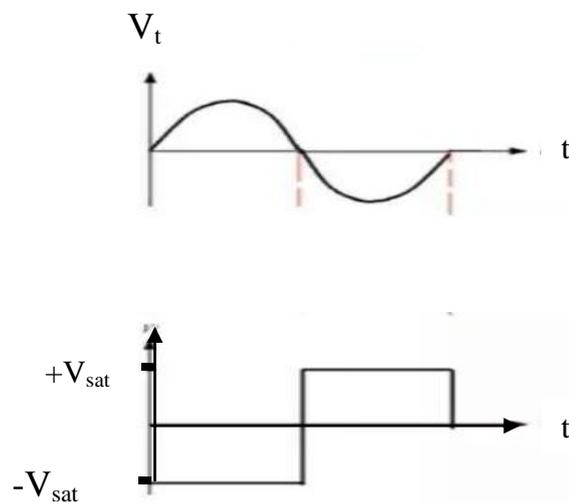
### 1. Penguat *inverting*

Penguat ini menggunakan kaki *inverting* sebagai masukan dari rangkaian. Sifat keluaran dari penguat ini yaitu berlawanan fasa dengan masukan dan dikuatkan.

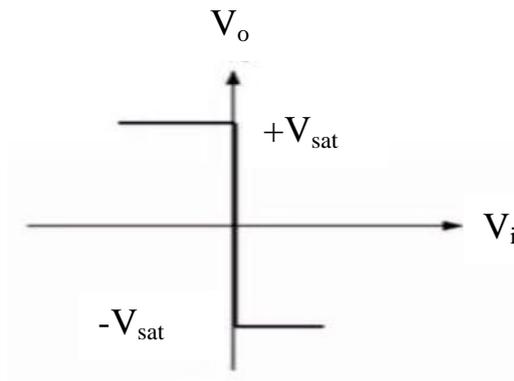
Rangkaian dari penguat *inverting* dapat dilihat pada Gambar 2.26



(a) rangkaian *inverting*



(b) Keluaran sinyal



(c) Tegangan satu rasi rangkaian komparator *inverting*

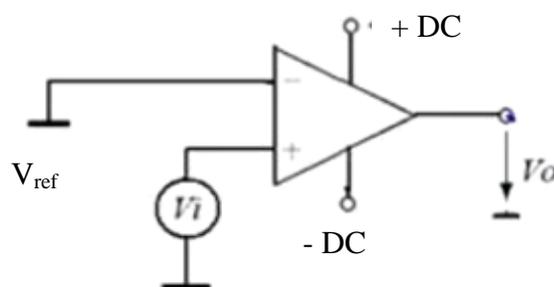
**Gambar 2.26** Rangkaian penguat *inverting* (Coughlin and Driscoll, 1993)

Gambar 2.26 merupakan rangkaian penguat *inverting* dengan kondisi ideal, bila tegangan input  $V_i > 0$  V, maka tegangan *output*  $V_o$  adalah saturasi negatif  $-V_{sat}$ . Sebaliknya bila tegangan *input*  $V_i < 0$  V, maka tegangan *output* adalah saturasi positif  $+V_{sat}$ .

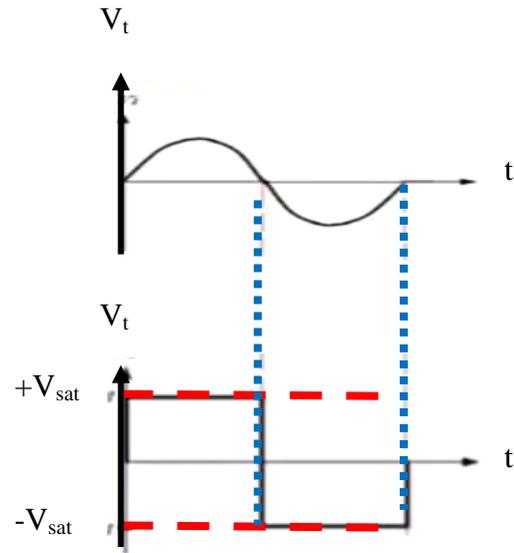
## 2. Penguat *non-inverting*

Penguat ini menggunakan kaki *non-inverting* sebagai masukan dari rangkaian. Sifat keluaran dari penguat ini yaitu sama fasa dengan masukan dan dikuatkan.

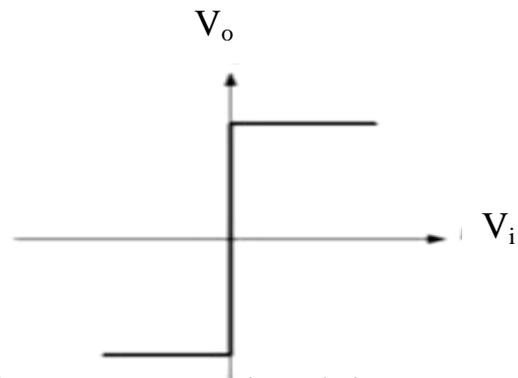
Rangkaian dari penguat *non-inverting* dapat dilihat pada gambar 2.27.



(a) Rangkaian *non – inverting*



(b) Keluaran sinyal

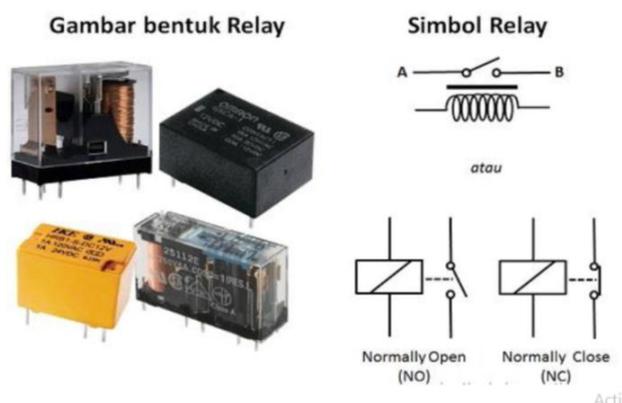
(c) Tegangan saturasi rangkaian *non-inverting***Gambar 2.27** Rangkaian penguat *non-inverting* (Coughlin and Driscoll, 1993)

Gambar 2.27 merupakan rangkaian penguat *non-inverting* dengan kondisi ideal, bila tegangan *input*  $V_i > 0$  V, maka tegangan *output*  $V_o$  adalah saturasi positif ( $+V_{sat}$ ). Sebaliknya bila tegangan *input*  $V_i < 0$  V, maka tegangan *output* adalah saturasi negatif ( $-V_{sat}$ ) (Coughlin and Driscoll, 1993).

## 2.8 Relay

### 2.8.1 Definisi Relay

Relay adalah saklar yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanikal yang terdiri dari 2 bagian utama yaitu *coil* dan mekanikal (seperangkat kontak saklar). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan relay yang menggunakan elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A. Gambar bentuk dan simbol relay yang sering ditemukan di rangkaian elektronika dilihat gambar 2.28.



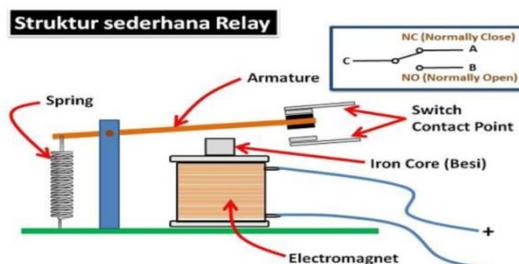
**Gambar 2.28** Bentuk dan simbol relay (Coolen dkk, 1996)

Struktur dalam kontak poin (*contact point*) relay yang terdiri dari dua jenis.

1. *Normally Close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *close* (tertutup).
2. *Normally Open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *open* (terbuka) (Coolen dkk, 1996).

## 2.8.2 Bagian Relay

Rangkaian relay sederhana terdiri dari 4 bagian utama, yaitu *electromagnet (coil)*, *switch contact point* (saklar), *armature*, dan *spring*. Berikut ini merupakan gambar dari bagian-bagian relay pada Gambar 2.29.

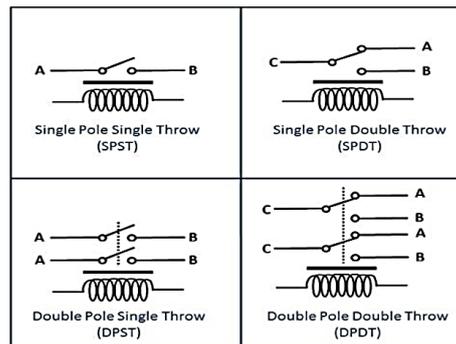


**Gambar 2.29** Struktur relay ( Coolen dkk, 1996)

Gambar 2.29 adalah struktur relay yang terdapat sebuah besi (*iron core*) yang dililit oleh sebuah kumparan *coil* yang berfungsi untuk mengendalikan besi tersebut. Apabila kumparan *coil* diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet yang kemudian menarik *armature* untuk berpindah dari posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana *armature* tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi *open* atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, *armature* akan kembali lagi ke posisi awal (NC). *Coil* yang digunakan oleh relay untuk menarik *contact poin* ke posisi *close* pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

Seperti halnya saklar, relay juga dibedakan berdasarkan banyaknya kutub (*pole*) dan (*throw*) yang dimiliki.

Berdasarkan penggolongan jumlah *pole* dan *throw*-nya sebuah relay, maka relay dapat digolongkan menjadi 4 bagian seperti Gambar 2.30.



**Gambar 2.30** Relay berdasarkan *pole* dan *throw* (Hardy, 1994)

Gambar 2.30 adalah relay berdasarkan *pole* dan *throw* seperti halnya saklar, beberapa jenis relay yang sering ditemui sebagai berikut.

1. *Single Pole Single Throw* (SPST) : memiliki 4 terminal, 2 terminal untuk saklar dan 2 terminalnya lagi untuk *coil*.
2. *Single Pole Double Throw* (SPDT) : memiliki 5 terminal, 3 terminal untuk saklar dan 2 terminalnya lagi untuk *coil*.
3. *Double Pole Single Throw* (DPST) memiliki 6 terminal, 4 terminal yang terdiri dari 2 pasang terminal saklar sedangkan 2 terminal lainnya untuk *coil*. Relay DPST dapat dijadikan 2 saklar yang dikendalikan oleh 1 *coil*.
4. *Double Pole Double Throw* (DPDT) : memiliki terminal sebanyak 8 terminal, 6 terminal yang merupakan 2 pasang relay SPDT yang dikendalikan oleh 1 (*single*) *coil*. Sedangkan 2 terminal lainnya untuk *coil*. (Hardy, 1994).

### 2.8.3 Fungsi Relay

Secara umum relay digunakan untuk memenuhi fungsi-fungsi berikut.

1. Pengendali sistem yang mampu menyalakan dan mematikan alat.
2. Penguatan daya dengan menguatkan arus dan tegangan.
3. Saklar otomatis melalui pengatur logika kontrol suatu sistem (Lister, 1993).

## **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada Juli 2017 sampai dengan Desember 2017. Perancangan alat penelitian dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Multimeter digital, digunakan sebagai alat ukur tegangan.
2. PCB yang berfungsi sebagai tempat rangkaian dan tempat pemasangan komponen.
3. Gergaji besi untuk memotong PCB.
4. Bor listrik untuk melubangi PCB sehingga dapat dipasang komponen elektronika.
5. Spidol OPM-*Permanent* yang berfungsi untuk menggambar rangkaian pada PCB jika jalur yang telah di cetak terputus.
6. Pelarut yaitu FeCl yang berfungsi untuk melarutkan PCB sehingga muncul

sirkuit rangkaian yang kita harapkan.

7. Timah yang berfungsi untuk menghubungkan komponen pada PCB.
8. Solder yang berfungsi untuk memanaskan timah agar kaki dari komponen-komponen elektronika menempel pada PCB.
9. Penyedot timah sebagai alat untuk melepas kembali timah ketika terjadi kesalahan dalam penyolderan.
10. Kabel penghubung yang berfungsi sebagai penghubung.
11. Tang yang berfungsi untuk memotong kabel.
12. Lem tembak untuk merekatkan rangkaian.

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### 1. Rangkaian Catu Daya

Komponen rangkaian catu daya seperti pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Komponen rangkaian catu daya.

No	Komponen	Tipe	Jumlah
1	Trafo	2A	1
2	Diode Bridge	1N4007	4
3	IC Regulator	LM317	1
4	Kapasitor	25 V 2200 $\mu$ F	1
5	Kapasitor	25 V 0,1 $\mu$ F	1
6	Kapasitor	25 V 0,22 $\mu$ F	1
7	Kapasitor	25 V 1 $\mu$ F	1
8	Resistor	10 K $\Omega$	1
9	Resistor	220 $\Omega$	1

#### 2. Rangkaian Sensor

Komponen rangkaian sensor seperti pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Komponen rangkaian sensor

No	Komponen	Tipe	Jumlah
1	LED	Red 5 mm	1
2	Fotodioda	5 mm	1
3	Resistor	330 $\Omega$	1
4	Resistor	22 K $\Omega$	1

### 3. Rangkaian Komparator

Komponen rangkaian komparator seperti pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Komponen rangkaian komparator

No	Komponen	Tipe	Jumlah
1	IC Komparator	LM324	1
2	Resistor Variabel Tripot	10 K $\Omega$	1
3	Resistor	330 $\Omega$	1
4	LED	Red 3 mm	1

### 4. Rangkaian Penstabil Tegangan

Komponen rangkaian penstabil tegangan seperti pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Komponen rangkaian penstabil tegangan

No	Komponen	Tipe	Jumlah
1	Dioda	1N4007	5
2	Kapasitor	25V 2200 $\mu$ F	2
3	Resistor	10 K $\Omega$	1
4	IC Regulator	7804	1

### 5. Rangkaian Relay

Komponen rangkaian relay seperti pada Tabel 3.5.

**Tabel 3.5** Komponen rangkaian relay

No	Komponen	Tipe	Jumlah
1	Relay HRS4H-S	5 V	1
2	Resistor	330 $\Omega$	1
3	Resistor	1,5 K $\Omega$	1
4	LED merah	3 mm	1
5	Transistor	4733	1
6	Kapasitor	100 nF	1

Fungsi dari bahan-bahan pada penelitian adalah sebagai berikut.

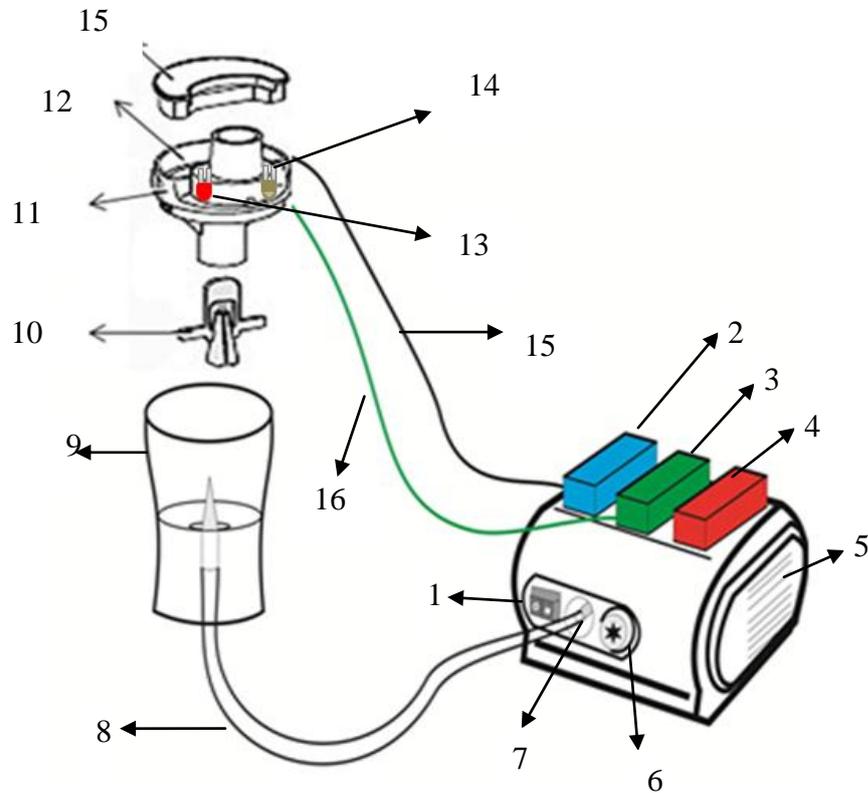
1. Trafo sebagai sumber tegangan untuk menurunkan tegangan.
2. IC Regulator sebagai pengubah tegangan masukan.
3. Resistor sebagai penghambat arus.
4. Dioda sebagai penstabil tegangan.
5. Transistor sebagai penguat tegangan pada pembagi tegangan masukan.
6. Fotodioda sebagai pendeteksi sumber cahaya LED.
7. LED sebagai indikator dan pemberi cahaya pada fotodioda.
8. Motor kompresor sebagai penggerak piston yang menghembuskan udara ke dalam selang.
9. Penstabil tegangan untuk menstabilkan tegangan yang dihasilkan oleh sumber tegangan ke rangkaian sensor.
10. Relay digunakan untuk menyambung dan memutus aliran listrik motor kompresor.
11. Sumber tegangan sebagai pensuplai tegangan pada sensor.
12. Nebu Kit sebagai tempat cairan obat dan tempat terjadinya proses pengkabutan.

### **3.3 Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian menjelaskan mengenai proses untuk merealisasikan alat nebulizer. Dalam merealisasikan alat nebulizer kompresor, terdapat beberapa perancangan perangkat yaitu perancangan perangkat keras yang terdiri dari rangkaian sensor, rangkaian catu daya, rangkaian komparator, serta rangkaian relay.

### 3.3.1 Perancangan Sistem

Berikut ini adalah sketsa nebulizer kompresor secara keseluruhan pada gambar 3.1.



Keterangan:

- |                                |                                 |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 1. Tombol <i>power</i>         | 9. Tabung cairan gas            |
| 2. Catu daya                   | 10. <i>Vaporiser head</i>       |
| 3. Kompresor                   | 11. <i>Inhalation inlet</i>     |
| 4. Relay                       | 12. <i>Inhalation top</i>       |
| 5. Ventilasi udara kompresor   | 13. LED                         |
| 6. Penutup <i>filter</i> udara | 14. Sensor fotodiode            |
| 7. Konektor selang ke udara    | 15. Penghubung sensor fotodiode |
| 8. Selang udara                | 16. Penghubung LED              |

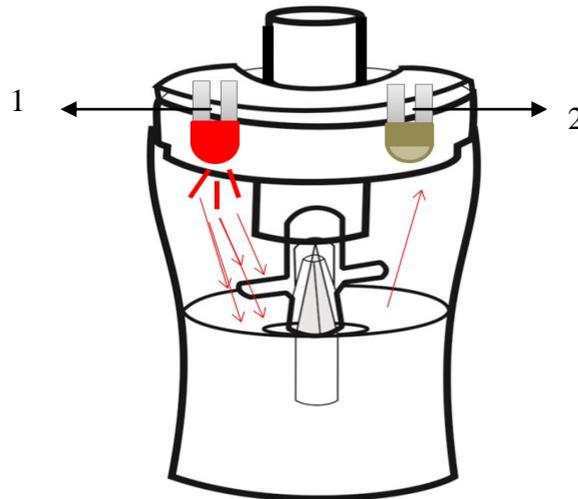
**Gambar 3.1** Rancangan nebulizer kompresor

Penjelasan dan keterangan komponen pada rancangan perangkat keras nebulizer kompresor dijelaskan pada Gambar 3.1. Adapun prinsip kerja dari gambar rancangan alat adalah saat catu daya (PLN) dihubungkan ke alat maka catu daya

siap mendistribusikan tegangan. Apabila *switch ON* maka seluruh rangkaian telah mendapat tegangan dan siap digunakan. Sensor yang berada di leher tabung hirup akan mendeteksi gas yang keluar. Cairan pada tabung habis ketika tidak ada gas yang keluar. Saat semua rangkaian telah mendapatkan catu daya maka rangkaian komparator bekerja. Lampu indikator pada rangkaian komparator akan menyala ketika sistem pengkabutan dimulai. Kemudian ketika cairan obat yang terdapat pada nebulizer kit telah habis maka lampu indikator akan mati dan secara otomatis memberhentikan sistem kerja dari motor kompresor melalui relay. Komponen yang sangat berperan penting adalah sensor fotodiode dan LED untuk menghidupkan atau mematikan mesin kompresor yang disertakan dengan rangkaian relay sebagai saklar otomatis untuk mesin kompresor. Alat ini berfungsi untuk menghidupkan atau mematikan mesin kompresor, jika air pada tabung nebu kit kosong maka alat ini akan mematikan mesin kompresor dan jika air pada tabung nebu kit terisi maka alat ini akan menghidupkan mesin kompresor. Volume maksimum yang mampu di tampung pada tabung cairan sebesar 7 ml.

### **3.3.2 Perancangan Sensor pada Tabung Nebulizer**

Berikut ini adalah sketsa dari peletakan sensor fotodiode dan LED pada gambar 3.2.



Keterangan :

1. LED (sumber cahaya)
2. Sensor fotodiioda

**Gambar 3.2** Sketsa pendeteksi cairan obat asma

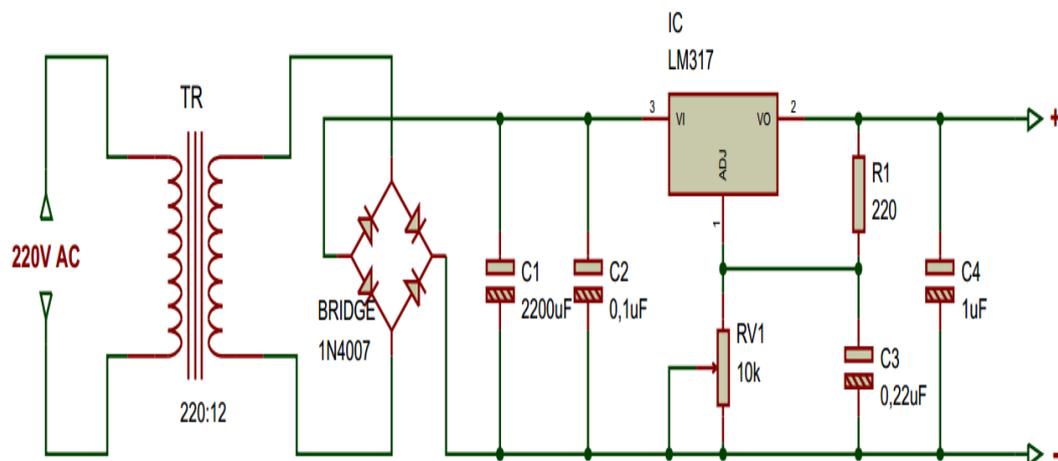
Gambar 3.2 adalah sketsa pendeteksi cairan obat. Sensor fotodiioda berperilaku sebagai sumber arus saat diterangi. Bila dioperasikan tanpa bias, arus ini didistribusikan antara hambatan *shunt internal* dan resistor beban eksternal. Dalam mode ini, sebuah tegangan berkembang yang menciptakan bias maju, sehingga mengurangi kemampuannya untuk tetap menjadi sumber arus konstan. Bila dioperasikan dengan bias tegangan balik, sensor fotodiioda menjadi sumber arus ideal.

### 3.3.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan rangkaian catu daya yang digunakan dalam pembuatan alat ini antara lain.

## 1. Rangkaian Catu Daya

Realisasi pembuatan nebulizer kompresor ini menggunakan catu daya berfungsi sebagai sumber tegangan ke seluruh rangkaian. Bagian ini tersusun dari sebuah trafo, rangkaian penyearah gelombang penuh, dan IC regulator. Trafo *stepdown* sebesar 2 A digunakan untuk menurunkan tegangan dari jala PLN 220 VAC bernilai rendah yaitu 12 VAC. Kemudian dengan rangkaian penyearah gelombang penuh yaitu *bridge* dioda sinyal AC tersebut menjadi DC. Rangkaian catu daya keluaran 12 VDC dengan IC regulator tipe LM 317 sebagai penstabil tegangan dengan keluaran diantara 1,2 V sampai 12 VDC. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.3.



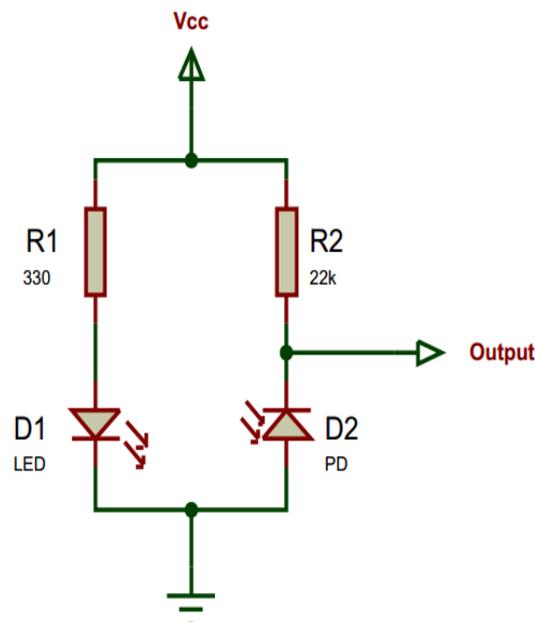
**Gambar 3.3** Rancangan rangkaian catu daya

Gambar 3.3 adalah rangkaian catu daya dengan tegangan yang sudah berubah menjadi tegangan DC akan dihaluskan menggunakan kapasitor 25 V 2200  $\mu\text{F}$  dan 25 V 0,1  $\mu\text{F}$ . Melalui IC regulator LM 317 tegangan tersebut akan stabil keluarannya sesuai yang *output* IC regulator, kemudian dihaluskan kembali

menggunakan kapasitor 25 V 0,22  $\mu$ F dan 25 V 1 $\mu$ F agar tegangan tersebut benar-benar tegangan DC.

## 2. Rangkaian Sensor Cairan Obat Asma

Penelitian ini menggunakan komponen utama dari rangkaian sensor cairan obat asma yang terdiri dari dua bagian yaitu rangkaian pemancar cahaya (LED) dan penerima cahaya (sensor fotodiode). Cahaya dari LED digunakan sebagai sumber cahaya sensor fotodiode. Dalam hal ini intensitas cahaya yang dikeluarkan oleh LED tersebut akan dipengaruhi dengan adanya atau tidak adanya gas obat asma yang melewati tabung. Intensitas cahaya tersebut akan mempengaruhi nilai arus fotodiode. Dalam penelitian ini menggunakan *simple transimpedance amplifier* sebagai penguat arus dari keluaran fotodiode. Gambar 3.4 menunjukkan sensor fotodiode yang digunakan untuk mendeteksi gas obat asma yang keluar dari tabung.



**Gambar 3.4** Rancangan rangkaian sensor cairan obat asma

Gambar 3.4 Rangkaian sensor cairan obat asma yang terdiri dari LED yang akan memancarkan cahaya ke cairan obat asma dan fotodiode akan menerima cahaya yang diteruskan oleh cairan obat asma tersebut. Rangkaian pemancar cahaya dilengkapi dengan resistor 330  $\Omega$  sebagai pembatas arus dan penerima cahaya terdiri dari resistor 22 K  $\Omega$ . Pengujian rangkaian sensor fotodiode bertujuan untuk mengetahui tanggapan sensor fotodiode terhadap perubahan intensitas cahaya pancaran LED akibat perubahan volume cairan obat asma hasil nebulizer yang melewati leher tabung hirup. Rangkaian sensor fotodiode disusun dalam bentuk pembagi tegangan. Keluaran sensor memenuhi persamaan:

$$V_{out} = \frac{R_f}{R_f + R_2} \times V_{in} \quad (3.1)$$

dengan:

$V_{out}$  adalah tegangan keluaran (V);

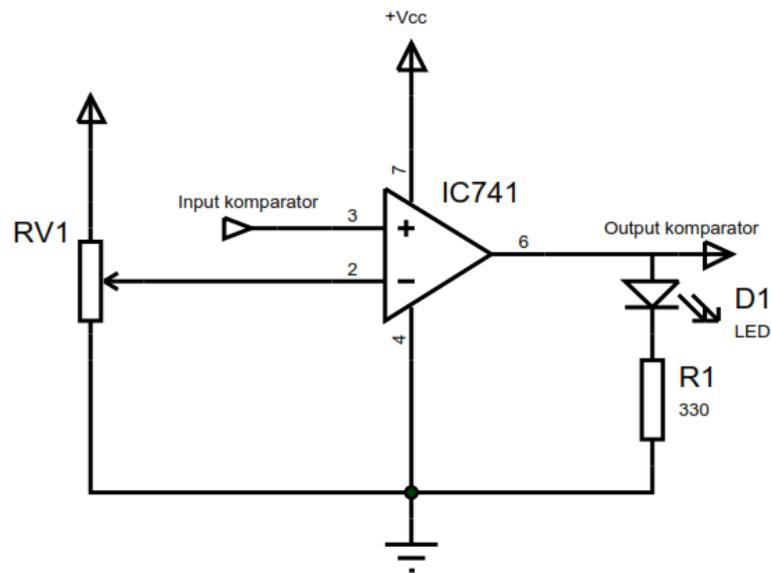
$V_{in}$  adalah tegangan masukan dari catu daya (V);

$R_f$  adalah hambatan yang dihasilkan fotodiode ( $\Omega$ );

$R_2$  adalah resistansi yang dihasilkan resistor ( $\Omega$ ).

### 3. Rangkaian Komparator

Rangkaian komparator membandingkan dua *input* tegangan dan menghasilkan *output* yang relatif terhadap keadaan dua tegangan. Terdiri dari rangkaian penguat tak membalik atau *non-inverting* menggunakan IC 741 seperti Gambar 3.5.



**Gambar 3.5** Rancangan rangkaian komparator

Gambar 3.5 adalah rangkaian komparator yang diberikan resistor variabel dan terhubung terhadap masukan tak membalik (*non-inverting*) kemudian keluarannya diberikan kembali. Pada IC 741 keluran berada pada kaki 6 dan terhubung dengan LED berwarna merah sebagai indikator. Pada rangkaian penguat tak membalik besar tegangan keluaran dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$V_{out} = \frac{R_{V1}}{R_{V1} + R_{V1}} \times V_{cc} \quad (3.2)$$

dengan :

$V_{out}$  adalah tegangan keluaran (V);

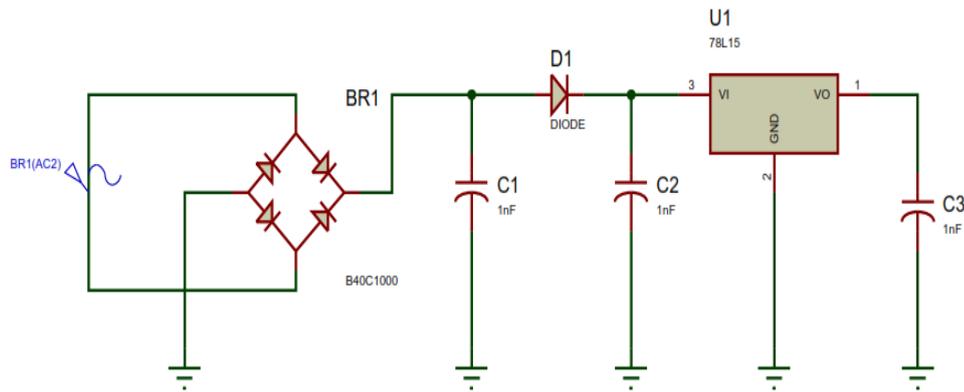
$R_{V1}$  adalah potensiometer ( $\Omega$ );

$R_1$  adalah hambatan masukan ( $\Omega$ );

$V_{cc}$  adalah tegangan masukan catu daya sebesar 5V.

#### 4. Rangkaian Penstabil Tegangan

Rangkaian ini digunakan untuk menstabilkan tegangan yang keluar dari catu daya ke sensor fotodiode dan LED. Berikut rangkaian penstabil tegangan yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.6.



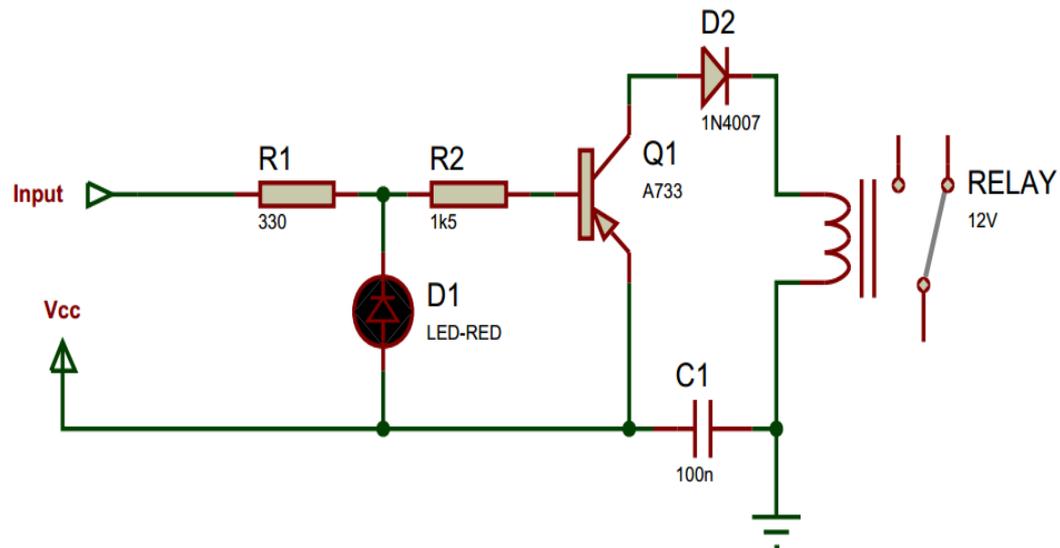
**Gambar 3.6** Rancangan rangkaian penstabil tegangan

Gambar 3.6 menunjukkan rangkaian penstabil tegangan yang digunakan pada sensor pendeteksi cairan gas obat asma. Rangkaian yang digunakan komponen IC 7804, dioda dan kapasitor.

#### 5. Rangkaian Relay

Komponen utama dari rangkaian ini adalah relay. Relay ini memisahkan tegangan rendah dari rangkaian dengan tegangan tinggi dari beban yang dihubungkan dengan sumber tegangan 220 V PLN. Relay merupakan salah satu komponen elektronik yang terdiri dari lempengan logam sebagai saklar dan kumparan yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnet. Pada rangkaian ini digunakan relay 5 V, ini berarti jika positif relay (kaki 1) dihubungkan ke sumber tegangan 12 V

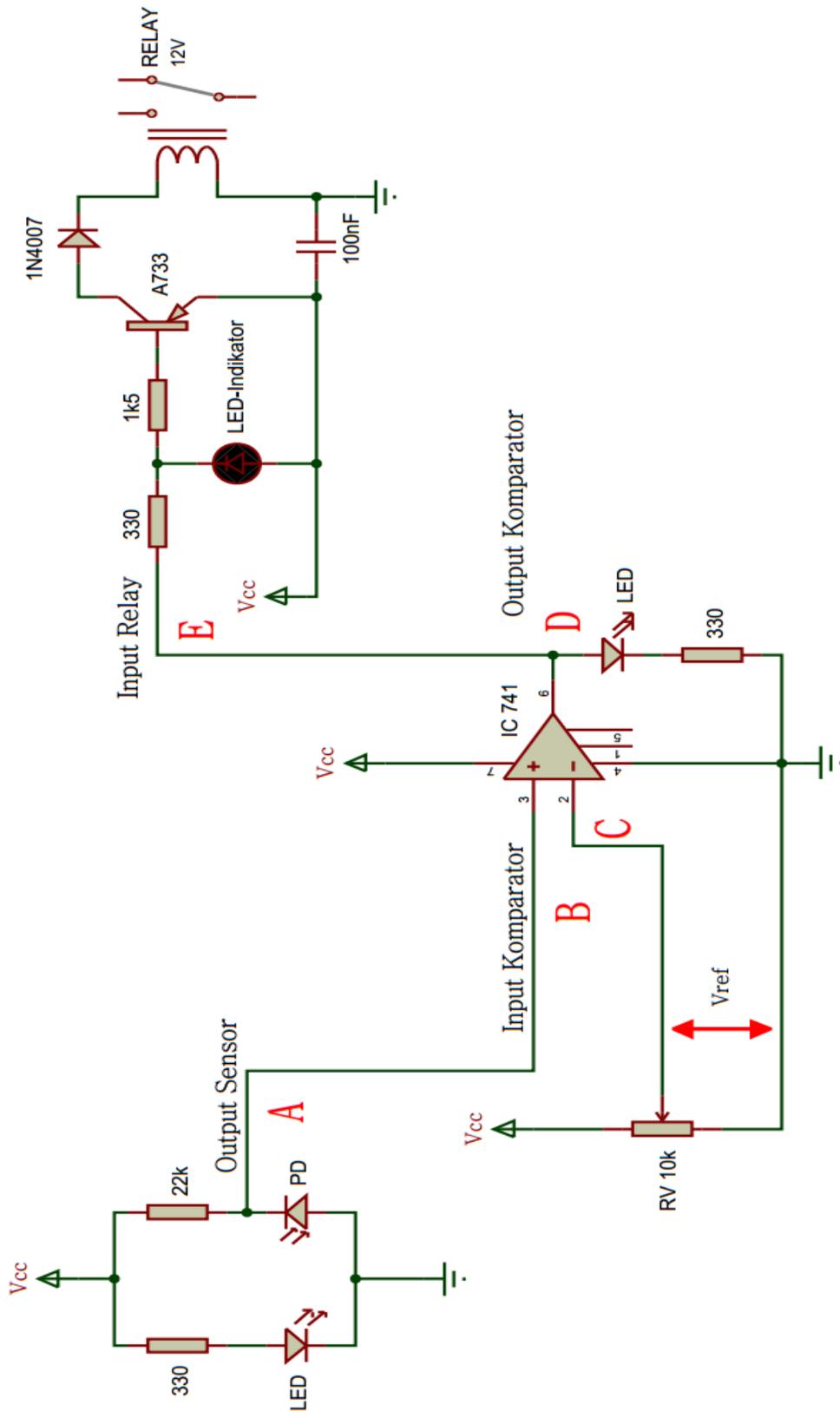
dan negatif relay (kaki 2) dihubungkan ke *ground*, maka kumparan akan menghasilkan medan magnet, dimana medan magnet ini akan menarik logam yang mengakibatkan saklar terhubung seperti Gambar 3.7.



**Gambar 3.7** Rancangan rangkaian relay

Gambar 3.7 adalah rangkaian relay ketika *input* dari *output* komparator diberikan logika *high* pada basis transistor A733 tipe PNP. Memberikan tegangan negatif dari basis ke emitor akan menyebabkan transistor menyala. Sebaliknya memberikan tegangan positif atau logika *low* pada basis transistor ke emitor akan membuat transistor mati.

## 6. Rangkaian Keseluruhan



**Gambar 3.8** Rancangan rangkaian keseluruhan

Gambar 3.8 merupakan rangkaian keseluruhan dari nebulizer kompresor menggunakan sensor fotodioda dan LED. Rangkaian komparator yang digunakan yaitu komparator *non inverting* (tidak membalik). Pengujian rangkaian komparator dilakukan dengan cara mengatur tegangan referensi menggunakan resistor variabel, kemudian memberi tegangan masukan yang bervariasi pada titik B Gambar 3 dan mengukur tegangan di titik B, C, dan D menggunakan voltmeter. Rangkaian relay berfungsi untuk mengetahui respon rangkaian relay terhadap tegangan yang diberikan ke titik E. Tipe rangkaian relay yang digunakan yaitu *low input*.

## 7. Pengujian Rangkaian Catu Daya

Pengujian ini untuk mengetahui tegangan *output* catu daya yang akan diberikan ke rangkaian sistem. Pengujian catu daya yang dibutuhkan adalah 12 V dan 5 V. Data untuk menguji tegangan yang terukur terdapat pada Tabel 3.6.

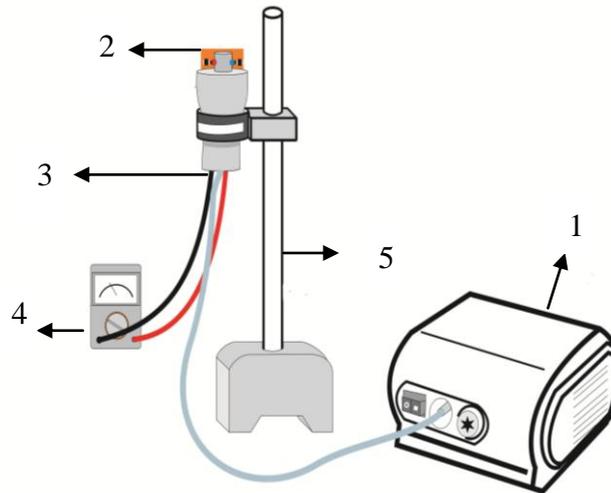
**Tabel 3.6** Rancangan data pengujian catu daya

Input (V)	Output (V)
220	

## 8. Pengujian Sensor Deteksi Cairan Obat Asma

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kerja sensor deteksi cairan obat dengan cara mengukur nilai perubahan tegangan keluaran rangkaian sensor akibat perubahan intensitas cahaya yang mengenai sensor fotodioda. Pada penelitian menggunakan LED sebagai pemancar cahaya, kemudian sensor fotodioda akan mendeteksi cahaya dari LED. Sensor fotodioda dan LED diletakkan di leher

tabung hirup. Dalam hal ini, sensor fotodiode diharapkan dapat mendeteksi keberadaan cairan obat asma yang keluar dari tabung hirup ditunjukkan pada Gambar 3.9 dibawah.



Keterangan:

1. Nebulizer	3. Tabung hirup
2. Fotodiode dan LED	4. Voltmeter
	5. statif

**Gambar 3.9** Rancangan pengujian sensor cairan obat asma

Gambar 3.9 merupakan sketsa pengukuran *output* sensor deteksi cairan obat asma. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur tegangan *output* pada sensor menggunakan voltmeter. Pengujian dilakukan dengan volume awal cairan obat asma yang bervariasi yaitu 1 ml, 2 ml, 3 ml, 4 ml dan 5 ml. Rancangan tabel pengujian sensor cairan obat asma ditunjukkan Tabel 3.7 di bawah ini.

**Tabel 3.7** Rancangan data pengujian sensor cairan obat asma

Ketinggian ( mm )	Tegangan Sensor ( V )
25	
24	
0	

**Tabel 3.8** Rancangan data pengujian ketinggian cairan obat asma terhadap sudut

<b>Ketinggian ( mm )</b>	<b>Sudut ( <sup>0</sup> )</b>
25	
24	
23	
0	

**Tabel 3.9** Rancangan data pengujian sensor dengan volume 1 ml

<b>Waktu (s)</b>	<b>Tegangan (V)</b>
0	
10	
20	
Dst	

**Tabel 3.10** Rancangan data pengujian volume cairan obat asma terhadap waktu

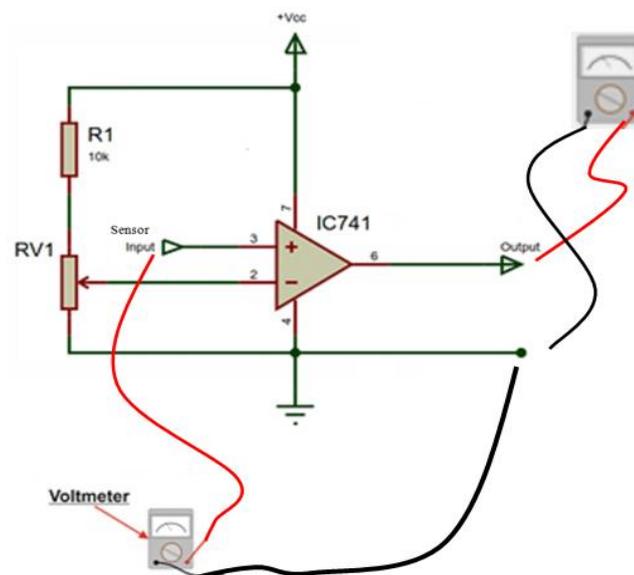
<b>Volume (ml)</b>	<b>Waktu (s)</b>
1	
2	
3	
4	
5	

**Tabel 3.11** Rancangan data pengujian sensor cairan obat asma Keseluruhan

<b>Volume Awal (mm)</b>	<b>Tegangan Maksimum (V)</b>	<b>Waktu Cairan Habis (s)</b>
1		
2		
3		
4		
5		

## 9. Pengujian Komparator

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengatur tegangan referensi yang telah diperoleh dari tegangan maksimum pengujian sensor secara keseluruhan dengan menggunakan resistor variabel. Kemudian memberi tegangan masukan yang bervariasi pada masukan komparator dengan menggunakan resistor variabel. Selanjutnya mengukur tegangan keluaran pada rangkaian komparator menggunakan voltmeter. Berikut ini sketsa rancangan pengukuran pengujian rangkaian komparator Gambar 3.10 dibawah.



**Gambar 3.10** Rancangan pengujian komparator

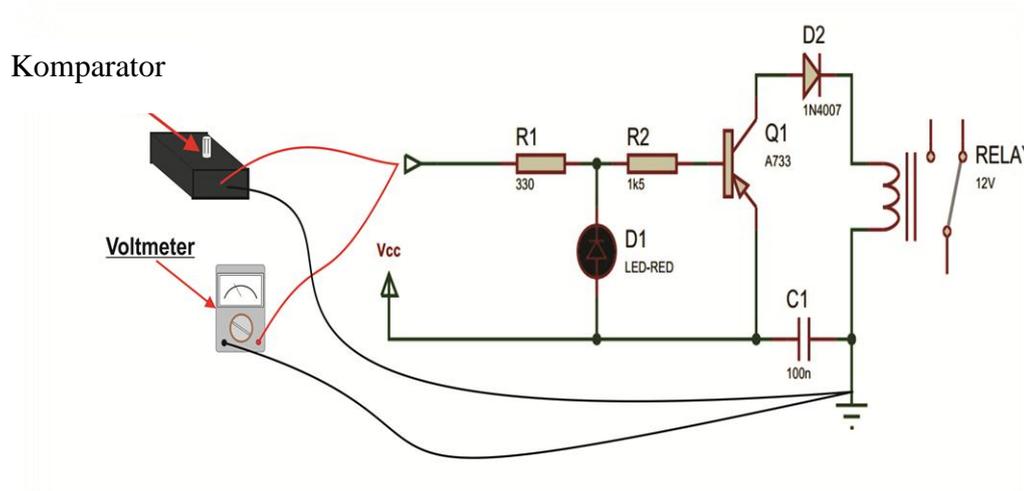
Gambar 3.10 adalah skema pengujian komparator. Berikut data pengukuran ditunjukkan pada Tabel 3.12.

**Tabel 3.12** Rancangan data pengujian komparator

No	Vin (V)	Vout (V)
1		
2		
3		
4		
5		

## 10. Pengujian Relay

Pengujian rangkaian relay dilakukan dengan cara memberi tegangan 0 V dan 3 V pada kaki basis transistor A733 melalui resistor 1,5 K. Berikut data pengukuran pengujian relay ditunjukkan pada Gambar 3.11.



**Gambar 3.11** Rancangan pengujian relay

Gambar 3.11 adalah skema pengujian catu daya menggunakan AVO meter. Rangkaian relay direalisasikan dengan transistor A733, resistor 330 Ohm dan 1K, dioda 1N4007, kapasitor 100 nF dan relay. Rangkaian yang digunakan memiliki *range* tegangan *input* mulai dari 0 V – 3 V. Ketika rangkaian relay diberikan tegangan 0 V ke basis transistor, maka tidak ada arus yang mengalir baik dari basis maupun emitter transistor. Sehingga tidak ada medan magnet pada kumparan relay. Saat tegangan 3 V dialirkan pada rangkaian dan akan mengalir ke basis transistor, maka hambatan pada kolektor dan emitter akan turun. Terdapat arus besar yang mengalir dari emitter dan basis transistor. Arus akan disearahkan setelah melewati dioda dan sampai pada kumparan menghasilkan medan magnet

yang akan menarik relay. Berikut ini Rancangan data pengujian rangkaian relay pada Tabel 3.13.

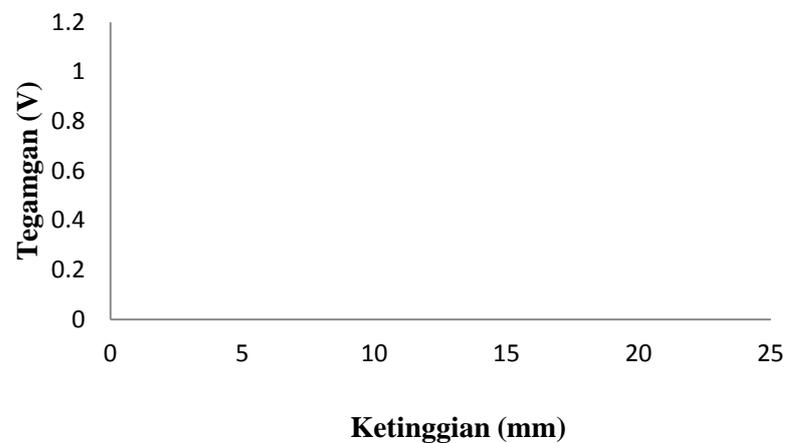
**Tabel 3.13** Rancangan Data Pengujian Relay

<b>Vin</b>	<b>Kondisi Relay Normaly Close</b>

### 3.3.3 Perancangan Grafik

#### Grafik Pengujian Sensor Cairan Obat Asma

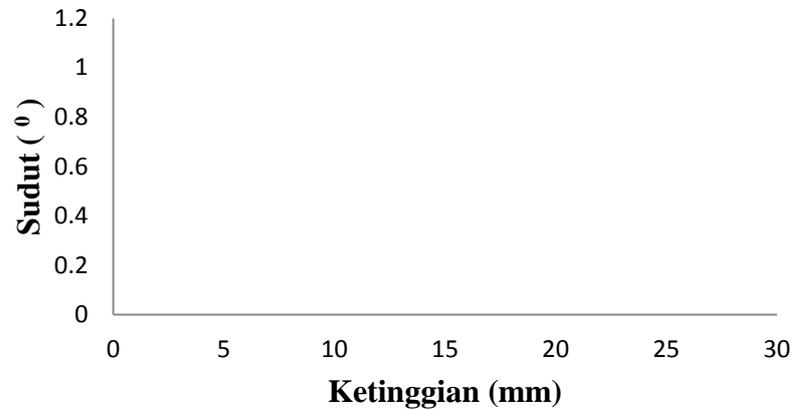
Dari hasil pengujian alat, grafik rancangan pengujian sensor nebulizer kompresor digambarkan pada Gambar 3.12.



**Gambar 3.12** Rancangan grafik pengujian sensor cairan obat asma

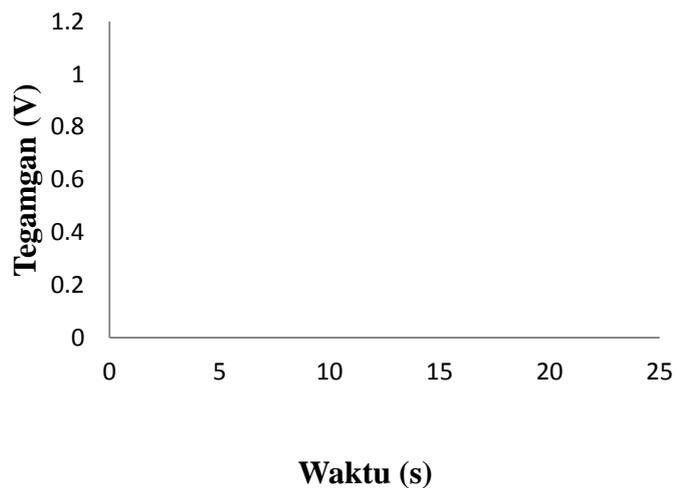
Gambar 3.12 merupakan grafik pengujian nebulizer kompresor yang menunjukkan hubungan ketinggian terhadap tegangan keluaran sensor cairan obat asma. Pengujian dilakukan melalui pengurangan cairan obat asma dengan ketinggian 1 mm dimuali dari ketinggian maksimum 25 mm. Selanjutnya menguji ketinggian

volume cairan obat asma terhadap sudut pantul dari cahaya LED ke sensor fotodiode. Ditunjukkan pada Gambar 3.13 berikut.



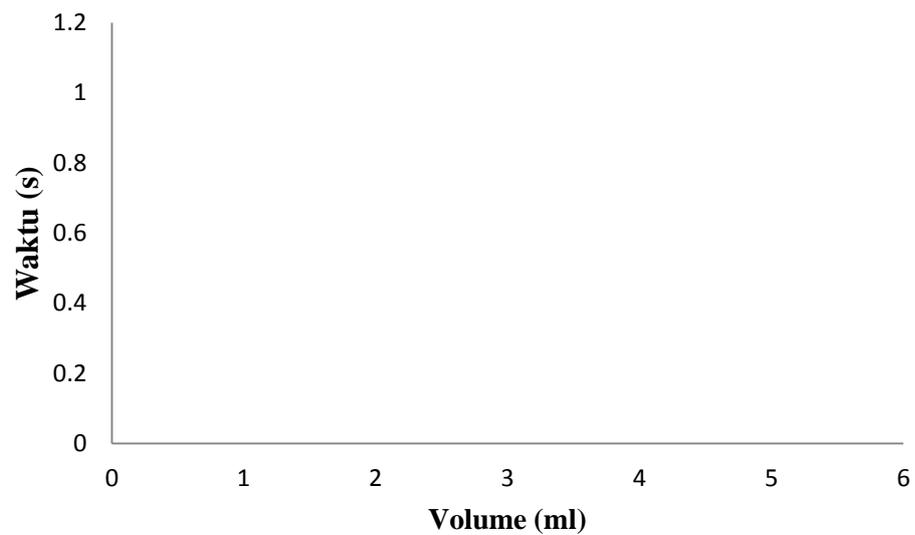
**Gambar 3.13** Rancangan grafik pengujian ketinggian terhadap sudut

Gambar 3.13 rancangan grafik pengujian ketinggian cairan obat asma terhadap sudut yang terbentuk. Pengujian dilakukan melalui ketinggian maksimum 25 mm hingga ketinggian minimum 0 mm pada tabung cairan obat asma. Kemudian, melakukan pengujian cairan secara keseluruhan dengan volume minimum 1 ml sampai 5 ml



**Gambar 3.14** Rancangan grafik pengujian dengan volume 1 ml

Gambar 3.14 merupakan grafik pengujian nebulizer kompresor yang menyatakan hubungan waktu terhadap tegangan. Pencatatan data tegangan dilakukan per 10 detik hingga cairan gas obat asma dalam tabung hirup habis. Berikutnya dilakukan hasil pengujian volume cairan obat asma dengan lamanya waktu hingga cairan obat habis. Ditunjukkan pada Gambar 3.15 berikut.



**Gambar 3.15** Rancangan grafik pengujian volume cairan obat asma terhadap waktu

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis dan hasil pengujian didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Sensor fotodiode dapat mendeteksi penurunan volume cairan obat asma dengan menghasilkan tegangan.
2. Rata-rata tegangan maksimum keluaran sensor fotodiode sebelum cairan habis yaitu sebesar 2,98 V sebagai  $V_{ref}$ .

### **5.2 Saran**

Penelitian selanjutnya diharapkan menambahkan IC 741 pada sensor agar diperoleh tegangan sensor yang maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, An dan A. Ejah Umraeni. 2011. Penentuan Level Air Tangki dengan Sistem Kendali. *Jurnal Ilmiah Elektrikal Enjiniring*. Vol 9 No. 2. Pp 78-82.
- Abdullah, Mikrajuddin. 2017. *Fisika Dasar II*. ITB. Bandung.
- Agustiawan dan Abdul H. 2017. Efisiensi Rancang Bangun Keran Wudhu Otomatis Hemat Air. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan (SNTIKI)*. ISSN 279-5406. Pp 396-399.
- Alonso, Marcelo dan Edward J. Finn. 1992. *Dasar – Dasar Fisika Universitas Edisi kedua Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.
- Angela, Abidin. 2002. *Mengenal, Menncegah, dan Mengatasi Asma Pada Anak Plus Panduan Senam Asma*. Puspa Swara. Jakarta.
- Anjarsari, L. A., Arif S dan Amir S. 2015. Desain dan Realisasi Alat Ukur Masa Jenis Zat Cair Berdasarkan Hukum Archimedes Menggunakan Sensor Fotodioda. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol 3 No. 2. Pp 123-129.
- Bintoro, M.H. dan Wildian. 2014. Sistem Otomatisasi Pengisian dan Penghitungan Jumlah Galon Pada Depot Air Isi Ulang Berbasis Mikrokontroller ATmega 8535. *Jurnal Fisika Unand*. Vol.3 No.3 ISSN 2302-8491. Pp 148-151.
- Bishop, Owen. 1995. *Understand Electronics*. Newnes. London.
- Bishop, Owen. 2004. *Dasar-Dasar Elektronika*. Erlangga. Jakarta.
- Boushey, H. 2001. *Obat-obat Asma dalam Katzung, B.G., Farmakologi Dasar & Klinik, Ed.I, diterjemahkan oleh Sjbana*. Salemba Medika. Jakarta.
- Clayton, George and Stave Winde. 2003. *Operational Amplifiers 5<sup>th</sup> Edition*. Erlangga. Jakarta.
- Coolen, Jhon dan Dennis Robby. 1996. *Komunikasi Elektronika*. Erlangga. Jakarta.
- Coughlin, Robert F dan Driscoll, Frederick F. 1993. *Operational Amplifier and Linear Integrated Circuits*. Hall International Inc. New York.

- Dahlan, Zul. 2005. *Masalah Asma di Indonesia dan Penaggulungannya*. Fakultas Kedokteran Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Dietzel, F., dan Dakso. 1996. *Turbin Pompa dan Kompresor*. Erlangga. Jakarta.
- Fernando, A., Surapati, A., and Hadi, F. (2016). Modifikasi Nebulizer Kompresor dengan Menambahkan Pengaturan Timer dan Detektor Cairan Obat sebagai Batasan Waktu Terapi Pemberian Obat pada Penderita Asma. *Teknosia*. Vol 2 No 17, Pp 1–11.
- Fraden, J. 2004. *Handbook of Modern Sensor Physics, Design and Application*. Springer-Verlag. New York.
- Giancoli, C Douglas. 2001. *Fisika edisi ke lima Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.
- Global Initiative For Asthma. 2011. Control Your Asthma. *Riskedas Balitbangkes Kemenkes RI*. Jakarta. ISSN 2442-7659. Pp 1-8
- Gusrizam, Daniel dan Wildian. 2012. Otomatisasi Keran Dispenser Berbasis Mikrokontroler AT89S52 Menggunakan Sensor Fotodiode dan Sensor Ultrasonik Ping. *Jurnal Fisika Unand*. Vol 1 No 1 . ISSN No.2302-8491. Pp 60-65.
- Hafizur, Riski dan Wildian. 2015. Rancang Bangun Sistem Westafel Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 dengan menggunakan Sensor Fotodiode. *Jurnal Fisika Unand*. Vol 4 No 2. ISSN No.2302-8491. Pp 106-112.
- Hardjo, H., I. M. Joni dan T. Aryati. 2007. *Spektroskopi Infra Merah Untuk Menentukan Kadar Glukosa*. Laporan Penelitian Dasar. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Hardy, S. 1994. *Dasar-Dasar Teknik Listrik*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Jati, Bambang Murdaka Eka dan Tri Kuntoro Priyambodo. 2010. *Fisika Dasar Listrik- Magnet, Optika, Fisika Modern*. Andi. Yogyakarta.
- John, Hunter Thomson and Smith, Francis Graham. 1971. *Optics Second Edition*. University of Manchester. Great Britain.
- Kurniawan, I. 2013. *Sensor dan Transduser*. Diktat Kuliah Politeknik. Jambi.
- Langi, S.I. Wuwung, J.O. dan Lumenta, A.S.M. 2014. Kipas Angin Otomatis dengan Menggunakan Sensor Suhu. *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*. ISSN : 2301-8402. Pp 41-48.
- Lister, E. C. 1998. *Mesin dan Rangkaian Listrik*. Erlangga. Jakarta.

- Lister. 1993. *Mesin dan Rangkaian Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- Meijs, P.J.M van der. 1983. *Fisika Bangunan*. Erlangga. Jakarta.
- Mulia, Yuiyanti. 2002. *Perkembangan patogenesis dan pengobatan asma bronchial*. EGC Trisakti. Jakarta.
- Nuryanto, M. Sherwin, R.U.A. Sompie. Reynold, F.R. 2015. Rancang Bangun Otomatis Sistem Infus Pasien. *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*. Vol 4 No 4. ISSN No.2301-8402. Pp 12-22.
- Pande, Aventus. 2017. Realisasi Alat Ukur Masa Jenis Zat Cair Berdasarkan Metode Tekanan Hidrostatik dengan Menggunakan Sensor Fotodioda Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung.
- Pedrotti, Frankl. S.J. dan Pedrotti, Leno S. 1993. *Introduction to Optics*. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey A.S.
- Pandiangan, J. 2009. Perancangan dan Penggunaan Photodioda Sebagai Sensor Penghindar Dinding Pada Robot Forklift. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Pusat Data dan Informasi Kesehatan RI. 2013. *Info Datin Asma Sedunia*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. ISSN 2442-7659.
- Ramadhani, Catur. 2008. Nebulizer Kompresor Berbasis Mikrokontroler AT89S51. *Skripsi*. Poltekes Kemenkes Jakarta II. Jakarta.
- Sears, Francis Westone dan Zemansky, Mark W. 1962. *Fisika untuk Universitas III Optika dan Fiska Atom*. Binacipta. Jakarta.
- Smith, F.G dan Thomson J.H. 1988. *Optics Second Edition*. John Wiley and Sons Ltd. New York.
- Soedoyo, Peter. 1998. *Azas-azas Ilmu Fisika Jilid2*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Steyer, S.A. alih bahasa Rahajoe, N., Supriyanto dan Darmawan Budi Setyanto. 2003. *Buku Ajar Respirologi Anak Edisi Pertama*. Jakarta. Ikatan Dokter Anak Indonesia (IDAI).
- Sumiati. 2009. Alat Nebulizer dengan Pengaturan Waktu. *Skripsi*. Poltekes Kemenkes Jakarta II.
- Suparmanto, S.A. (1994). *Dirjen Pelayanan Medik (Yanmed)*. Departemen Kesehatan. Jakarta.
- Surya, Y. 2009. *Listrik dan Magnet*. Kandel. Jakarta.

- Tooley, Micheal. 1995. *Electronic Circuit 2<sup>nd</sup>*. Elsevier Science Ltd. England.
- Widjanarka, W. N. 2006. *Teknik Digital*. Erlangga. Jakarta.
- Widyawati, Rina. 2012. *Terapi Inhalasi Asma Bronkial*. Diklat Fakultas Ilmu Keolahragaan UNY. Yogyakarta.
- Wilson, ML. 2006. *Pola Obstruktif pada Penyakit Pernapasan. Dalam: Patofisiologi Konsep Klinis Proses-Proses Penyakit. Volume 2. Edisi 6*. Jakarta. EGC Trisakti.
- Zhu, Z. Yu, G. Wu, H. Zhang, Y and Yang, Y. 2013. A High Speed Latched Comparator With Low Offset Voltage And Low Dissipation. *Analog Integr Circ Sig Process*. Vol.7 No.4. Pp 467-471.-471. c