



UWHS

***ULTRASONIC CLEANER SEMI OTOMATIS
DILENGKAPI DENGAN PENGERING***

KARYA TULIS ILMIAH

**Oleh :
Antonius Dui Ishartianto
NIM 2004013**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI ELEKTRO MEDIS
PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA
FAKULTAS KESEHATAN DAN KETEKNISIAN MEDIS
UNIVERSITAS WIDYA HUSADA SEMARANG
2023**



PERNYATAAN PERSETUJUAN

JUDUL : *Ultrasonic Cleaner* Semi Otomatis Dilengkapi Dengan Pengering
NAMA : Antonius Dui Ishartianto
NIM : 2004013

Karya Tulis Ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan tim penguji Ujian Akhir Program pada Program Studi Teknologi Elektromedis Program Diploma Tiga Universitas Widya Husada Semarang.

Menyetujui

Pembimbing

Safira Fegi Nisrjna, S.T.,M.T



PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : *Ultrasonic Cleaner Semi Otomatis Dilengkapi Dengan Pengering*
NAMA : Antonius Dui Ishartianto
NIM : 2004013

“Saya menyatakan dan bertanggung jawab dengan sebenarnya bahwa Karya Tulis ini adalah hasil sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing – masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Karya Tulis ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti-bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk membatalkan gelar ahli madya Teknologi Elektro Medis saya, beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”.

Semarang, 1 September 2023

Penulis

Antonius Dui Ishartianto

2004013



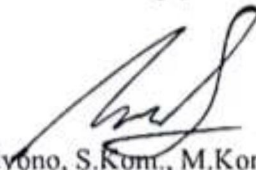
PENGESAHAN KARYA TULIS

JUDUL : *Ultrasonic Cleaner* Semi Otomatis Dilengkapi Dengan Pengering
NAMA : Antonius Dui Ishartianto
NIM : 2004013

Karya Tulis Ini telah diujikan dan dipertahankan di hadapan tim penguji Ujian Akhir Program pada Program Studi Teknologi Elektro medis Program Diploma Tiga Universitas Widya Husada Semarang pada hari Rabu tanggal 13 bulan September tahun 2023.

Dewan Penguji

Ketua Penguji


Mulyono, S.Kom., M.Kom.
NIDN.0609088103

Anggota Penguji


Sri Wahyuning, S.SiT, M.Kes.
NIDN.0628038101

Ka. Prodi
Program Studi Teknologi Elektro Medis


Agung Satrio Nugroho, M.Eng.
NIDN.0619058101

ABSTRAK

Setelah melakukan pembersihan menggunakan *ultrasonic cleaner*, instrument medis umumnya harus dikeringkan terlebih dahulu sebelum dilanjutkan ke proses selanjutnya yaitu sterilisasi. Saat ini *ultrasonic cleaner* yang ada dipasaran belum ada yang dilengkapi pengering untuk pasca pembersihan, hal ini berakibat pada proses pengeringan yang membutuhkan waktu yang lebih lama. Tujuan dari penambahan sistem pengering pada *ultrasonic cleaner* yaitu mempermudah tenaga medis dalam menggunakannya serta mengefisienkan waktu pada saat proses pengeringan.

Karya Tulis Ilmiah ini untuk mendisain dan merancang alat *ultrasonic cleaner* dengan pembuangan air otomatis dilengkapi sistem pengering. Metode dari alat ini adalah pada saat proses pembersihan selesai, secara otomatis sisa air pembersihan dibuang menggunakan *solenoid valve* kemudian secara bersamaan alat menghidupkan sistem pengering. Setelah waktu tercapai led, buzzer akan menyala sebagai penanda bahwa alat telah selesai.

Hasil pembuatan alat *Ultrasonic Cleaner* Semi Otomatis Dilengkapi Dengan Pengering mampu membersihkan peralatan instrumen medis dengan baik dengan nilai keakurasian sebesar 93,3 % di dapatkan dari pengukuran menggunakan osiloskop dan dengan penambahan sistem pengering dapat mempercepat proses pengeringan sekitar 40 menit. Maka dapat disimpulkan bahwasannya alat dapat bekerja dengan baik.

Kata Kunci: pembersih, ultrasonik, pengering, efisien, instrumen

ABSTRACT

After cleaning using an ultrasonic cleaner, medical instruments generally must be dried first before proceeding to the next process, namely sterilization. Currently, none of the ultrasonic cleaners on the market are equipped with a dryer for post-cleaning, this results in the drying process taking longer. The aim of adding a drying system to the ultrasonic cleaner is to make it easier for medical personnel to use it and save time during the drying process.

This scientific paper is to design and design an ultrasonic cleaning device with automatic air exhaust equipped with a drying system. The method of this tool is that when the cleaning process is complete, the remaining cleaning air is automatically removed using a solenoid valve and then simultaneously the tool turns on the drying system. After the led time is reached, the buzzer will light up as a sign that the tool has finished.

The results of making a Semi-Automatic Ultrasonic Cleaner Equipped with a Dryer are able to clean medical instrument equipment properly with an accuracy value of 93.3% obtained from measurements using an oscilloscope and with the addition of a drying system can speed up the drying process by about 40 minutes. So it can be concluded that the tool can work well.

Keyword : cleaner, ultrasonic, dryer, efficient, intrument

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kelancaran dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini yang berjudul “*Ultrasonic Cleaner Semi Otomatis Dilengkapi Dengan Pengering*”. Karya Tulis Ilmiah ini disusun guna melengkapi tugas dan memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan program studi diploma tiga Teknologi Elektro Medis Universitas Widya Husada Semarang. Dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini banyak sekali hambatan yang penulis hadapi, namun pada akhirnya bisa dilalui karena adanya bimbingan, bantuan dan semangat dari berbagai pihak baik dari moral maupun spiritual. karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kelancaran dan karunia-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan karya tulis ilmiah dengan tepat waktu dan sebaik-baiknya.
2. Dr. Hargianti Dini Iswandari, dr.g, MM sebagai Rektor Universitas Widya Husada Semarang.
3. Dr. Didik Wahyudi S.KM. M.Kes. selaku Dekan Fakultas Kesehatan dan Keteknisian Medis Universitas Widya Husada Semarang.
4. Bapak Agung Satrio Nugroho, M.Eng selaku Ka. Program Studi DIII Teknologi Elektro Medis Akademi Teknik Elektromedik Universitas Widya Husada Semarang.
5. Ibu Safira Fegi Nistrina, S.T.,M.T selaku pembimbing yang telah memberikan masukan dan saran serta mengarahkan dengan baik dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini.

6. Kepada Orang tua yang selalu memberikan doa, dukungan moral maupun materil.
7. Trifena Bopa Pangestuti yang sudah sangat membantu dan memberi dukungan kepada penulis selama penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini dari awal sampai akhir.
8. Rekan-rekan TEM Angkatan 2020 dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari dalam penulisan karya tulis ilmiah ini masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu dengan segala kerendahan hati, penulis memohon maaf apabila dalam karya tulis ilmiah ini terdapat banyak kesalahan dan kekurangan. Penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun demi sempurnanya karya tulis ilmiah ini.

Semarang, 1 September 2023

Antonius Dui Ishartianto

DAFTAR ISI

PERNYATAAN PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN PENULIS	iii
PENGESAHAN KARYA TULIS.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Daftar Istilah.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 <i>Ultrasonic Cleaner</i>	4
2.1.1 Prinsip Kerja <i>Ultrasonic Cleaner</i>	5
2.1.2 <i>Transduser Ultrasonik</i>	6
2.2 Modul <i>Ultrasonic Generator</i>	7
2.2.1 Prinsip Kerja Osilator.....	7
2.3 Arduino Uno	8
2.3.1 Spesifikasi Arduino Uno	9
2.3.2 Konfigurasi pin Arduino Uno	10
2.4 <i>Solenoid Valve</i>	11
2.4.1 <i>Solenoid Valve</i> Berdasarkan Jumlah port.....	12
2.4.2 <i>Solenoid Valve</i> Berdasarkan Kondisi Normal.....	13
2.5 <i>Liquid Crystal Display</i>	15
2.5.1 Berikut karakteristik LCD 16x2 :.....	16
2.5.2 <i>Konfigurasi LCD (Liquid Crystal Display)</i>	16
2.6 Resistor	18
2.6.1 <i>Rangkaian Seri Resistor</i>	20

2.6.2.	<i>Rangkaian Resistor Paralel</i>	20
2.7	<i>PTC Fan Heater</i>	21
2.8	<i>Relay</i>	22
2.9	<i>Buzzer</i>	25
2.10	<i>Transformator</i>	25
2.10.1	<i>Trafo Step Up</i>	27
2.10.2	<i>Trafo Step Down</i>	27
2.11	<i>Kapasitor</i>	28
2.11.1.	<i>Rangkaian Kapasitor Paralel</i>	29
2.11.2.	<i>Kapasitor Seri</i>	30
2.12	<i>Dioda</i>	31
2.13	<i>Dioda Bridge</i>	32
2.14	<i>Light Emitting Diode (LED)</i>	34
2.15	<i>Modul Regulator Step Down</i>	35
2.16	<i>Optocoupler</i>	35
2.17	<i>Transistor</i>	36
2.18	<i>Fuse</i>	37
BAB III	PERENCANAAN	39
3.1	<i>Tahap Perencanaan</i>	39
3.2	<i>Spesifikasi Alat</i>	40
3.3	<i>Blok Diagram</i>	40
3.4	<i>Cara Kerja Blok Diagram</i>	42
3.5	<i>Perencanaan Wiring Diagram</i>	43
3.5.1	<i>Perencanaan Rangkaian Power Supply</i>	43
3.5.2	<i>Perencanaan Rangkaian Driver Ultrasonic</i>	44
3.5.3	<i>Perencanaan Rangkaian Solenoid Valve</i>	45
3.5.4	<i>Perencanaan Rangkaian PTC Fan Heater</i>	46
3.5.5	<i>Perencanaan Rangkaian Display LCD</i>	46
3.5.6	<i>Perencanaan Rangkaian Tombol</i>	47
3.5.7	<i>Perencanaan Rangkaian Led</i>	47
3.5.8	<i>Perencanaan Rangkaian Buzzer</i>	48
3.5.9	<i>Perencanaan Rangkaian Mikrokontroler</i>	48
3.6	<i>Perencanaan Komponen</i>	49
3.7	<i>Perencanaan Flow Chart</i>	52

3.8	Desain Alat	54
3.9	Standar Operasional Prosedur (SOP)	55
3.10	Gambar <i>Ultrasonic Cleaner</i> Semi Otomatis Dilengkapi Dengan Pengeriing.....	56
BAB IV PENGUKURAN DAN PENDATAAN.....		55
4.1	Pengertian	55
4.2	Persiapan Pengukuran	55
4.3	Metode Pengukuran.....	56
4.4	Hasil Pengukuran.....	57
4.5	Hasil Pengujian Alat.....	60
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		61
5.1	Rangkaian Keseluruhan.....	61
5.2	Cara Kerja Rangkaian Keseluruhan	61
5.3	Analisa Data Hasil Pengukuran.....	63
5.4	Analisa TP 1	63
5.5	Analisa TP 2	63
5.6	Analisa TP 3	64
5.7	Analisa TP 4	64
5.8	Analisa TP 5	65
5.9	Analisa TP 6	65
5.10	Analisa TP 7	66
5.11	Analisa TP 8	66
5.12	Analisa Pengujian.....	66
BAB VI PENUTUP		68
6.1	Kesimpulan.....	68
6.2	Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA		69
LAMPIRAN.....		68

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino.....	9
Tabel 2. 2 Konfigurasi Pin Arduino.....	10
Tabel 2. 3 Konfigurasi PIN LCD	17
Tabel 2. 4 Spesifikasi PTC <i>Fan Heater</i>	22
Tabel 3. 1 Perencanaan Komponen <i>Power Supply</i>	49
Tabel 3. 2 Perencanaan Komponen Driver Ultrasonik	49
Tabel 3. 3 Perencanaan Komponen Driver PTC <i>Fan Heater</i>	50
Tabel 3. 4 Perencanaan Komponen Driver <i>Solenoid Valve</i>	50
Tabel 3. 5 Perencanaan Komponen LCD.....	51
Tabel 3. 6 Perencanaan Komponen <i>Push Button</i>	51
Tabel 3. 7 Perencanaan Komponen LED.....	51
Tabel 3. 8 Perencanaan Komponen Buzzer	51
Tabel 3. 9 Perencanaan Mikrokontroler.....	51
Tabel 3. 10 Desain Alat.....	54
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Alat	57
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Ultrasonic Cleaner</i>	4
Gambar 2. 2 Transduser	6
Gambar 2. 3 <i>Ultrasonic Generator</i>	7
Gambar 2. 4 Blok Diagram Dasar Osilator	8
Gambar 2. 5 Arduino.....	9
Gambar 2. 6 Konfigurasi Pin Arduino	10
<i>Gambar 2. 7 Diagram Mekanis Solenoid Valve</i>	12
Gambar 2. 8 <i>Two Way Solenoid Valve</i>	13
<i>Gambar 2. 9 Three Way Solenoid Valve</i>	13
<i>Gambar 2. 10 Normally Closed Solenoid Valve</i>	14
<i>Gambar 2. 11 Normally Open Solenoid Valve</i>	14
<i>Gambar 2. 12 Bi Stable Solenoid Valve</i>	15
Gambar 2. 13 Skema LCD	15
Gambar 2. 14 Gelang Resistor	19
Gambar 2. 15 Rangkaian Resistor Seri	20
Gambar 2. 16 Rangkaian Paralel Resistor.....	21
Gambar 2. 17 PTC <i>Fan Heater</i>	21
Gambar 2. 18 Relay.....	23
Gambar 2. 19 Struktur Sederhana Relay	24
Gambar 2. 20 Buzzer.....	25
Gambar 2. 21 Transformator.....	26
Gambar 2. 22 Trafo <i>Step Down</i>	27
Gambar 2. 23 Trafo <i>Step Down</i>	27
Gambar 2. 24 Kapasitor Paralel	29
Gambar 2. 25 Kapasitor Seri.....	30
Gambar 2. 26 Penyusun Utama Dioda.....	31
Gambar 2. 27 Bias Maju dan Mundur Dioda.....	32
Gambar 2. 28 Prinsip Kerja Dioda <i>Bridge</i>	33
Gambar 2. 29 Led.....	34
Gambar 2. 30 Regulator LM2596	35
Gambar 2. 31 <i>Optocoupler</i>	36
Gambar 2. 32 Transistor.....	37
Gambar 3. 1 Blok Diagram	40
Gambar 3. 2 Rangkaian <i>Power Supply</i>	43
Gambar 3. 3 Rangkaian Driver Ultrasonik	44
Gambar 3. 4 Rangkaian Driver <i>Solenoid Valve</i>	45
Gambar 3. 5 Rangkaian Driver PTC <i>Fan Heater</i>	46
Gambar 3. 6 Rangkaian LCD.....	46
Gambar 3. 7 Rangkaian <i>Push Button</i>	47
Gambar 3. 8 Rangkaian Led.....	47
Gambar 3. 9 Rangkaian Buzzer	48
Gambar 3. 10 Rangkaian Mikrokontroler	48

Gambar 3. 11 <i>Flow Chart</i>	53
Gambar 3. 12 <i>Prototype Alat Ultrasonic Cleaner</i>	56
Gambar 5. 1 Rangkaian Keseluruhan.....	61



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembersihan instrumen alat medis merupakan suatu proses untuk menghilangkan kotoran berupa bercak darah maupun cairan tubuh yang sudah mengering pada permukaan peralatan medis atau objek. Pada umumnya rumah sakit memiliki alat khusus untuk melakukan pembersihan alat medis, karena dapat mengurangi kontak langsung antara petugas dengan instrumen medis.

Ultrasonic cleaner merupakan sebuah alat pembersih yang memanfaatkan gelombang ultrasonik. Gelombang tersebut berasal dari *transduser ultrasonic* yang dirambatkan melalui media air sehingga menghasilkan vibrasi atau getaran, sehingga dengan mudah memecah pertikel yang menempel pada obyek atau instrumen medis. Pada umumnya alat ini digunakan untuk membersihkan instrumen yang sulit untuk dibersihkan seperti pada selah sempit atau darah yang sudah mengering.

Di dalam rumah sakit proses pembersihan instrumen medis belum efisien dikarenakan dalam setiap prosesnya harus selalu diawasi oleh user seperti membuang sisa air pembersihan, serta saat proses pengeringan masih menggunakan cara manual yaitu dengan membiarkan hingga kering dengan sendirinya. Hal ini dapat menghambat proses selanjutnya yaitu sterilisasi pada autoclave.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Muhsa (2018) dengan judul penelitian “*ultrasonic cleaner* dengan sistem pembuangan air otomatis berbasis atmega 8535” [1]. Pada penelitian ini alat tersebut belum dilengkapi dengan pengering, penulis memodifikasi dengan menambahkan sistem pengering

dengan tujuan mengefisienkan waktu pengeringan pasca proses pembersihan.

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan diatas penulis tertarik untuk membuat alat “*ultrasonic cleaner* semi otomatis dilengkapi dengan pengering”. Sebagai upaya untuk mempermudah user dalam melakukan proses pembersihan baik dari segi lama waktu dan untuk mengurangi tenaga yang dikeluarkan oleh user.

1.2 Rumusan Masalah

- a Bagaimana merangkai modul pembangkit frekuensi untuk transduser?
- b Bagaimana Membuat rangkaian *driver* pembangkit frekuensi sebagai *switch on off* modul dan transduser?
- c Bagaimana membuat rangkaian *driver solenoid*?
- d Bagaimana membuat rangkaian *driver PTC heater fan*?
- e Bagaimana membuat rangkaian minimum sistem *Arduino Uno*?

1.3 Tujuan Penelitian

- a Merangkai modul pembangkit frekuensi untuk transduser
- b Membuat rangkaian *driver* pembangkit frekuensi sebagai *switch on off* modul dan transduser
- c Membuat rangkaian *driver solenoid*
- d Membuat rangkaian *driver PTC heater fan*
- e Membuat rangkaian minimum sistem *Arduino Uno*.

1.4 Batasan Masalah

- a *Setting* waktu pembersihan 3, 4, 5, 6 menit.
- b Alat *ultrasonic cleaner* menggunakan power AC 220 V
- c Transduser frekuensi 40 KHz sebagai fungsi pembersih ultrasonik

- d Menggunakan PTC *fan heater* sebagai sistem pengering
- e Menggunakan Arduino Uno
- f Proses pengeringan selama 10 menit
- g Dapat digunakan untuk pembersihan berbahan logam

1.5 Daftar Istilah

- a *Ultrasonic cleaner* adalah alat pembersih yang menggunakan gelombang ultrasonik (biasanya 20 - 400Khz).
- b *Mikrokontroller* adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program didalamnya.
- c Transduser adalah suatu alat yang dapat mengubah suatu bentuk energi ke bentuk energi lainnya.
- d Frekuensi adalah jumlah gelombang listrik yang dihasilkan tiap detik.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Ultrasonic Cleaner

Ultrasonic cleaner adalah suatu alat yang dirancang untuk kebutuhan membersihkan peralatan medis maupun non medis tertentu dengan memanfaatkan gelombang ultasonik untuk menghasilkan vibrasi. Vibrasi tersebut akan dirambatkan melalui medium cair untuk menghasilkan gelembung gelembung kavitasi yang dapat memecah partikel atau kotoran yang menempel pada objek.

Fungsi *ultrasonic cleaner* digunakan untuk membersihkan instrumen dari bercak-bercak pasca bedah sebelum dilakukan strelilisasi pada alat *autoclave*. Proses ini dilakukan untuk menghindari adanya kontak langsung antara petugas paramedis dengan alat instrument medis. (Setiawan, et al., 2016). [2]



Gambar 2. 1 *Ultrasonic Cleaner*

Pada gambar diatas terdapat keranjang yang berfungsi sebagai penghalang instrumen medis agar tidak langsung menyentuh dasar bak cuci atau pusat vibrasi, karena akan mencegah proses kavitasi pada objek yang tidak terkena dengan air.

Menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Gultom dan Nia Arissah yang berjudul “Rancang Bangun Mesin Cuci Souvenir ultrasonic 40 Khz berbasis ATMEGA 328” pada tahun 2017 dalam penggunaan alat ultrasonic cleaner dapat menggunakan air biasa, tapi penambahan solvent khusus akan membantu membuat dampak lebih baik. Dimana proses pembersihannya berlangsung 3 sampai 6 menit.[3]

2.1.1 Prinsip Kerja *Ultrasonic Cleaner*

Prinsip kerja *ultrasonic cleaner* pada dasarnya adalah mengubah energi listrik menjadi getaran dengan frekuensi sangat tinggi. Selanjutnya, getaran ini akan dirambatkan melalui medium cair ke obyek-obyek yang berada dalam medium tersebut. Getaran berfrekuensi sangat tinggi yang dirambatkan, menciptakan gelembung-gelembung berongga pada medium cair. Di istilahkan dengan fenomena kavitasi (*cavitation*). Di saat yang bersamaan, gelembung kavitasi tersebut mengalami desakan bertekanan tinggi dari getaran ultrasounik. Akibatnya terjadi agitasi, yaitu pecahnya gelembung berongga membentuk gelombang kejut yang kuat. Agitasi kemudian menghasilkan kekuatan tinggi pada kontaminan yang menempel pada obyek yang dibersihkan.

Tujuan utama adalah membersihkan segala kontaminasi pada sample padat. Air atau cairan pembersih lainnya dapat digunakan tergantung dari jenis kontaminan dan bahan yang akan disonifikasi. Kontaminan dapat berupa debu, minyak, pigmen, karat, lemak, cairan biologi seperti darah dan lain lain.

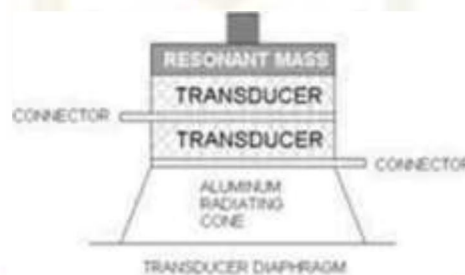
Frekuensi umum yang bisa digunakan adalah 20 – 40 KHz untuk pembersihan berat pada peralatan seperti mesin blok logam berat, benda yang sangat berminyak. Frekuensi 40 – 70 KHz digunakan untuk pembersihan umum dari bagian optik mesin,

sangat baik untuk membersihkan partikel kecil. Frekuensi 70 – 200 KHz digunakan untuk pembersihan ringan secara ultra dari optik, semi konduktor, *disk drive*. [4]

Frekuensi alat yang saya gunakan masuk kedalam *range* 20 – 40 KHz yaitu hanya dapat digunakan untuk membersihkan berbagai bahan logam seperti peralatan medis yang terkena bercak darah, sisa cairan tubuh, karat, minyak, debu dan lemak.

2.1.2 *Transduser Ultrasonik*

Transduser piezoelektrik adalah *tranduser* yang terbuat dari lempeng tunggal atau ganda material keramik *piezoelektrik*, biasanya material *Timbal Zirkonat Titanat* (PZT). Lempeng *piezoelektrik* biasanya terletak di antara elektroda yang dialiri sumber listrik. Pada saat tegangan dialirkan diseluruh keramik melalui elektrode, material keramik piezoelektrik akan mengalami perubahan bentuk memanjang dan memendek. Sketsa *tranduser piezoelektrik* adalah sebagai berikut.



Gambar 2. 2 *Transduser*

Perakitan keramik piezo yang dikompresi antara blok logam (satu aluminium dan satu baja) menyebabkan terciptanya gelombang suara akibat perubahan bentuk dari material piezoelektrik.

Tranduser piezoelektrik mengkonversi energi listrik menjadi energi mekanik melalui penggunaan efek piezoelektrik. Energi mekanik yang dihasilkan dapat berupa gelombang ultrasonik. Perubahan energi ini terjadi ketika energi listrik pada frekuensi tinggi dipasok ke tranduser oleh ultrasonic generator. Energi listrik

diaplikasikan pada transduser elemen piezoelektrik yang bergetar. Getaran ini diperkuat oleh massa resonansi transduser dan diarahkan ke permukaan pemancar. [5]

2.2 Modul *Ultrasonic Generator*

Osilator atau *Oscillator* adalah suatu rangkaian elektronika yang menghasilkan sejumlah getaran atau sinyal listrik secara periodik dengan amplitude yang konstan. Berikut adalah gambar modul ultrasonik generator.



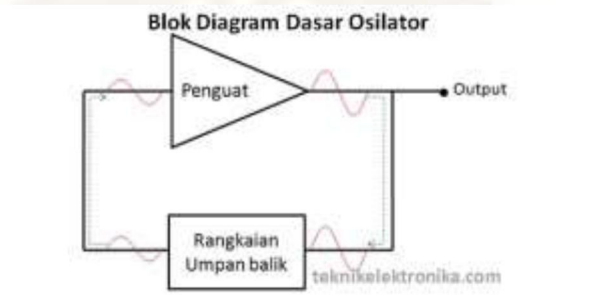
Gambar 2. 3 *Ultrasonic Generator*

Pada dasarnya osilator merupakan penguat sinyal dengan umpan balik positif dimana rangkaian resonansi sebagai penentu frekuensi osilator. Osilator ialah rangkaian yang dapat menghasilkan sinyal output tanpa adanya sebuah sinyal input yang diberikan. Keluaran osilator bisa berupa bentuk sinusoida, persegi, dan segitiga. Osilator berbeda dengan penguat, karena penguat memerlukan syarat untuk menghasilkan syarat keluaran, dalam osilator tidak ada syarat masukan melainkan ada syarat keluaran saja.

2.2.1 *Prinsip Kerja Osilator*

Suatu rangkaian osilator memiliki 2 bagian utama yaitu penguat (*amplifier*) dan umpan balik (*feedback*). Pada dasarnya sebuah osilator membutuhkan sinyal yang kecil yang berasal dari penguat. Osilasi akan terjadi jika penguat ditambahkan suatu arus listrik untuk menghasilkan sinyal kecil. Sinyal kecil tersebut akan

menjadi umpan balik ke penguat. Oleh sebab itu jika keluaran penguat sama dengan fasa dari sinyal umpan balik itu maka osilasi akan terjadi. Dalam osilator umpan balik, umpan balik positif dari luar cukup untuk membuat hasil yang tidak terhingga dan memberikan resistansi negatif yang diperlukan untuk menanggulangi peredaman alami dari isolator.



Gambar 2. 4 Blok Diagram Dasar Osilator

Dalam suatu osilator tidak ada sinyal yang diberikan dari luar. Sinyal awal untuk menyulut osilasi biasanya diberikan oleh tegangan derau yang muncul sewaktu catu daya dihidupkan. Seluruh osilator umpan balik memerlukan beberapa devais atau mekanisme yang menyediakan penguatan yang mana akan dikombinasikan dengan sebuah susunan umpan balik. Pada penguat atau amplifier, maka terdapat penguatan tegangan yang input dan outputnya terhubung melalui rangkaian umpan balik. Hal ini mengembalikan sebuah fraksi dari tegangan output ke input. Pada umumnya penguat dan rangkaian umpan balik akan mengubah besar dan fasa dari sinyal. [6]

2.3 Arduino Uno

Arduino Uno adalah salah satu *development* kit mikrokontroler yang berbasis pada ATmega28. Arduino Uno merupakan salah satu *board* dari *family* Arduino. Ada beberapa macam seperti Arduino Nano, Arduino Pro Mini, Arduino Mega, Arduino

Yun, dll. Namun yang paling populer adalah Arduino Uno. Arduino Uno R3 adalah seri terakhir dan terbaru dari seri Arduino USB.

Modul ini sudah dilengkapi dengan berbagai hal yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler untuk bekerja, tinggal colokkan ke power supply atau sambungkan melalui kabel USB ke PC, Arduino Uno ini sudah siap bekerja.



Gambar 2. 5 Arduino

Arduino Uno board memiliki 14 pin digital input/output, 6 analog input, sebuah resonator keramik 16MHz, koneksi USB, colokan power input, ICSP header, dan sebuah tombol reset.

2.3.1. Spesifikasi Arduino Uno

Berikut merupakan spesifikasi Arduino :

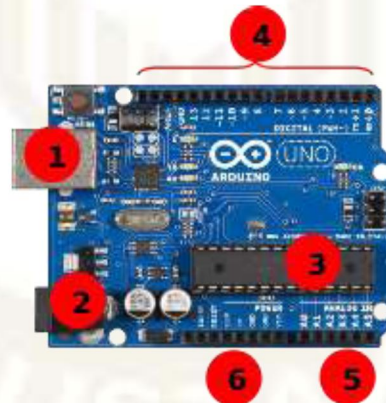
Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino

Mikrokontroler	ATmega 328
Tegangan Pengoprasian	5 V
Tegangan Input yang disarankan	7 – 12 V
Batas Tegangan Input	6 – 20 V
Jumlah pin I/O digital	14 pin digital (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input Analog	6 pin
Arus DC tiap pin I/O	40mA

Arus DC untuk pin 3,3 V	50mA
<i>Memory Flash</i>	32 KB (ATmega 328) sekitar 0,5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATMega 328)
EPROM	1 KB (ATmega 328)
Clock Speed	16 MHz
LED Build In	13
Panjang	68.6 mm
Lebar	53,4 mm
Berat	25 g

2.3.2. Konfigurasi pin Arduino Uno

Berikut konfigurasi pin pada Arduino :



Gambar 2. 6 Konfigurasi Pin Arduino

Berikut tabel konfigurasi pin pada Arduino :

Tabel 2. 2 Konfigurasi Pin Arduino

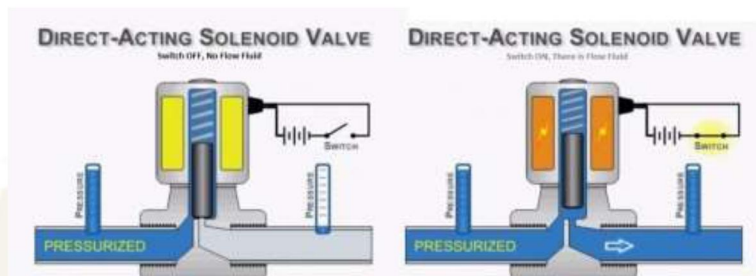
No	Nama	Keterangan
1	USB Connector	Menghubungkan Arduino dengan komputer, melakukan komunikasi serial seperti

		mengirimkan dan menerima data sensor melalui serial terminal pada Arduino Ide
2	Power Jack	Tegangan input untuk menghidupkan Arduino
3	IC ATMEGA 328p	Sebagai IC Mikrokontroler keluaran ATMEL dengan Bootloader UNO
4	I/O Digital	Header yang dipergunakan untuk input dan output digital, Pada pin 3,5,6,9,10,11 memiliki tanda (~) menunjukkan bahwa pin tersebut selain memiliki fasilitas I/O Digital juga memiliki PWM (Pulse Width Modulation) dengan rentang nilai output sebesar 8 bit atau setara dengan nilai antara 0-255.
5	Input Analog	Digunakan untuk data sensor, potensiometer dan perangkat analog lainnya
6	Power	Digunakan untuk mengambil power 5V, 3.3V, GND

2.4 Solenoid Valve

Solenoid valve merupakan kran otomatis dengan gerakan membuka atau menutup kran (*valve*) yang diatur oleh sistem kontrol. Sumber penggerak *solenoid valve* bermacam-macam bisa dengan udara yang biasa disebut *pneumatic*, listrik (*electric*) atau gabungan udara dan listrik (*pneumatic electric*).

Di Indonesia istilah *solenoid valve* lebih mengacu kepada penggerak listrik makanya banyak yang menyebut dengan istilah kran elektrik maupun kran otomatis. Gambar diagram mekanis solenoid valve adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 7 Diagram Mekanis *Solenoid Valve*

Sumber penggerak elektrik untuk *solenoid valve* ada 2 yaitu tegangan listrik AC 220 V, 110 V dan tegangan listrik DC 12 V, 24 V. Sehubungan dengan prosentase bukaan *valve*, *solenoid valve* hanya bisa membuka *valve* 100% atau menutup *valve* 100%. Terdapat juga pilihan untuk tipe *normally open* (NO) dan *normally closed* (NC). *Solenoid valve* dengan tipe NO artinya pada saat tidak ada penggerak elektrik posisi *valve* dalam keadaan membuka 100%. Sedangkan *solenoid valve* tipe NC artinya pada saat tidak ada penggerak elektrik maka posisi *valvenya* adalah menutup 100%. [7]

Jenis *Solenoid Valve* bisa dikelompokkan berdasarkan beberapa faktor, yaitu berdasarkan jumlah saluran, berdasarkan kondisi normal dan berdasarkan prinsip kerjanya. Berikut adalah jenis-jenis *Solenoid Valve*:

2.4.1 *Solenoid Valve* Berdasarkan Jumlah port

Ada dua jenis *solenoid valve*, yaitu yang memiliki dua saluran dan yang tiga saluran. Berikut penjelasan masing-masingnya:

a *Two-way solenoid valve*

Jenis ini hanya memiliki 2 saluran, yaitu saluran masuk dan saluran keluar.



Gambar 2. 8 *Two Way Solenoid Valve*

Terdapat tanda panah pada body *valve* ini untuk menandai arah aliran. Jenis ini hanya digunakan untuk membuka dan menutup aliran fluida.

b Three-way solenoid valve



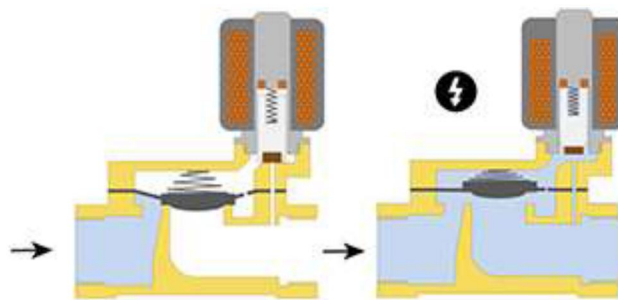
Gambar 2. 9 *Three Way Solenoid Valve*

Solenoid ini memiliki 3 saluran. Jenis ini dapat berpindah antara dua sirkuit atau mencampurkan dua sirkuit atau melakukan keduanya secara bergantian. *Solenoid valve* 3 saluran ini bisa digunakan lebih variatif dibanding 2 saluran, bisa membuka, menutup, mendistribusikan atau mencampur fluida.

2.4.2 *Solenoid Valve* Berdasarkan Kondisi Normal

Jika dilihat dari kondisi normalnya sebelum diberikan arus listrik, *solenoid valve* dibagi menjadi 3 jenis, yaitu *normally close*, *normally open* dan *bi-stable*. Berikut penjelasan tiap jenis tersebut:

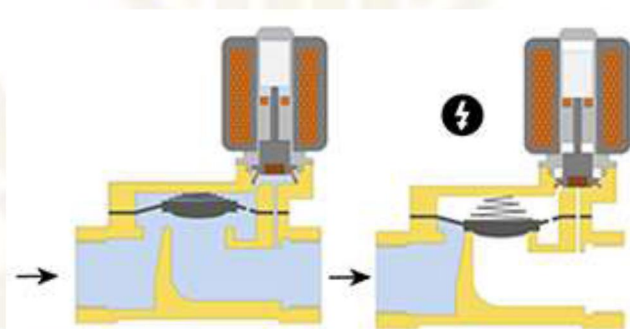
a. *Normally closed solenoid valve*



Gambar 2. 10 *Normally Closed Solenoid Valve*

Jenis *Normally Closed* (NC) memiliki kondisi tertutup saat tak ada aliran listrik mengalir padanya. Ketika dialiri listrik dan terjadi medan magnet pada kumparan, maka plunger akan ditarik oleh medan magnet tersebut dan mendorong pegas, penutup pun akan terbuka seiring pergerakan plunger. Ketika listrik dimatikan dan kumparan tidak mendapat aliran listrik, maka medan magnet akan menghilang. Karena ada pegas tadi, plunger akan didorong oleh gaya pegas dan kembali ke posisi semula.

b. *Normally open solenoid valve*



Gambar 2. 11 *Normally Open Solenoid Valve*

Normally Open (NO) kebalikan dari *Normally close*, kondisi awal dari jenis ini adalah terbuka. Dengan prinsip kerja yang sama, katup akan menutup ketika ada aliran listrik masuk ke kumparan dan akan kembali ke posisi semula ketika tidak ada aliran listrik. Jenis ini cocok untuk aplikasi yang membutuhkan

katup terbuka dalam waktu yang lama, sehingga bisa menghemat penggunaan listrik.

c. Bi-stable solenoid valve

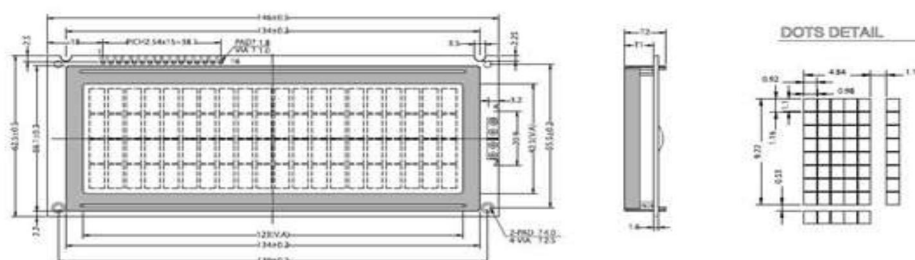


Gambar 2. 12 *Bi Stable Solenoid Valve*

Ada juga jenis solenoid valve yang kondisi awalnya tergantung pada kondisi terakhir dia mendapatkan aliran listrik yang disebut dengan bi-stable solenoid valve. Jenis ini tidak menggunakan pegas untuk mengembalikan plunger ke posisi awal.

2.5 *Liquid Crystal Display*

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan suatu karakter, baik itu angka, huruf atau karakter tertentu, sehingga tampilan tersebut dapat dilihat secara visual. Pemakaian LCD sebagai tampilan banyak digunakan karena daya yang dibutuhkan LCD relatif kecil (orde *mikro watt*), meskipun pada modul ini dibatasi oleh sumber cahaya eksternal/internal, suhu dan jangka hidup, untuk lebih jelas berikut dibawah ini konfigurasi modul LCD 16 x 2, sebagai berikut :



Gambar 2. 13 Skema LCD

Sebuah panel LCD akan terhubung pada mikrokontroller untuk mengatur titik-titik untuk mengatur karakter huruf atau angka, data akan dikirim dalam bentuk kode ASCII, kode ini akan diterima dan diolah sehingga terbentuk matrik matrik yang dapat terbaca secara visual.[8] Karakteristik LCD (Liquid Crystal Display)

2.5.1 Berikut karakteristik LCD 16x2 :

- a. 16 Karakter dan 2 Baris tampilan kristal cair (LCD) dari dot matrik.
- b. ROM pembangkit karakter untuk 192 tipe karakter (5x7 dot matrik)
- c. Mempunyai 2 jenis RAM, yaitu RAM pembangkit karakter dan RAM data tampilan
- d. RAM pembangkit karakter untuk 8 tipe karakter program tulis dengan bentuk 5 x7 dot matrik
- e. RAM data tampilan dengan bentuk 80 x 8 matrik titik (maksimum 80 karakter).
- f. Mempunyai pembangkit clock internal.
- g. Catu daya 5 Vdc.
- h. Rangkaian otomatis riset saat daya dinyalakan.
- i. Jangkauan suhu pengoperasian 0 - 50 derajat.

2.5.2 Konfigurasi LCD (Liquid Crystal Display)

Ada 2 cara untuk berkomunikasi dengan LCD, yaitu 8 bit dan 4 bit jalur data, selain bit data tersebut juga dibutuhkan 3 jalur lagi untuk kontrol, yaitu : RS, RW dan E.

Untuk memperjelas konfigurasi pin LCD dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. 3 Konfiguasi PIN LCD

PIN	SIMBOL	NILAI	FUNGSI
1	Vss	–	Power supply 0 volt (ground)
2	Vdd/Vcc	–	Power supply Vcc
3	Vee	–	Setting kontras
4	RS	0/1	0: intruksi input / 1: data input
5	R/W	0/1	0: tulis ke LCD / 1: membaca dari LCD
6	E	0->1	Mengaktifkan sinyal
7	DB0	0/1	Data pin 0
8	DB1	0/1	Data pin 1
9	DB2	0/1	Data pin 2
10	DB3	0/1	Data pin 3
11	DB4	0/1	Data pin 4
12	DB5	0/1	Data pin 5
13	DB6	0/1	Data pin 6
14	DB7	0/1	Data pin 7
15	VB+	–	Power 5 Volt (Vcc) Lampu latar (jika ada)
16	VB-	–	Power 0 Volt (ground) Lampu latar (jika ada)

Cara Kerja LCD (Liquid Crystal Display) LCD mempunyai 2 bagian karakter utama yaitu :

- a. Panel atau display yang berfungsi sebagai media penampil informasi huruf atau angka sebanyak 4 baris dan masing-masing baris bisa menampung 20 karakter huruf atau angka
- b. sistem kontroller yang ditempelkan dibalik panel LCD, yang berfungsi mengatur tampilan informasi serta mengatur komunikasi LCD dengan

2.6 Resistor

Pada dasarnya resistor adalah komponen elektronika pasif yang memiliki nilai resistansi atau hambatan tertentu yang berfungsi untuk membatasi dan mengatur arus listrik dalam suatu rangkaian Elektronika. Resistor atau dalam bahasa Indonesia sering disebut dengan hambatan atau tahanan dan biasanya disingkat dengan Huruf “R”. Satuan Hambatan atau Resistansi Resistor adalah OHM (Ω). Sebutan “OHM” ini diambil dari nama penemunya yaitu Georg Simon Ohm yang juga merupakan seorang Fisikawan Jerman. [9]

Sesuai hukum Ohm bahwa resistansi berbanding terbalik dengan jumlah arus yang mengalir melaluinya. Seperti rumus dibawah ini:

$$R = V / I \dots\dots\dots(2.1)$$

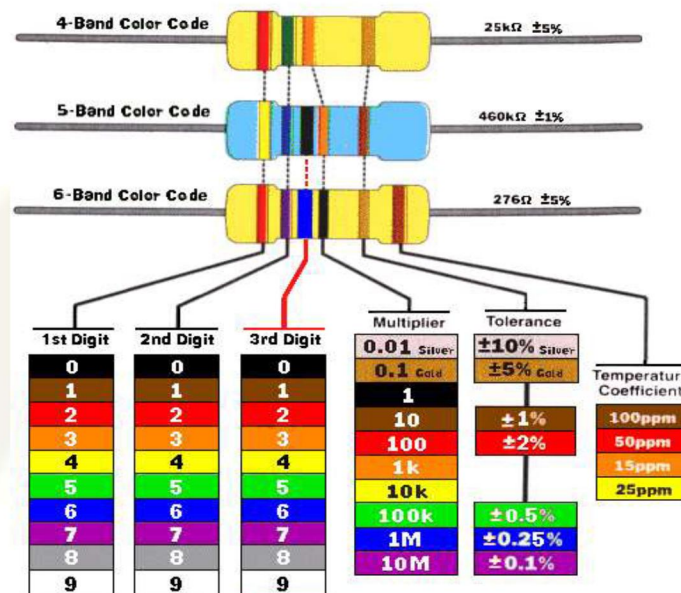
Dimana :

R = Resistor

V = Tegangan

I = Arus

Pada badan resistor memiliki cincin warna yang terdiri dari 4 ring 5 dan 6 ring warna. Dari cincin warna yang terdapat dari suatu resistor tersebut memiliki arti dan nilai dimana nilai resistansi resistor dengan kode warna yaitu :



Gambar 2. 14 Gelang Resistor

a Resistor Dengan 4 Cincin Kode Warna

Maka cincin ke 1 dan ke 2 merupakan digit angka, dan cincin kode warna ke 3 merupakan faktor pengali kemudian cincin kode warna ke 4 menunjukkan nilai toleransi resistor.

b Resistor Dengan 5 Cincin Kode Warna

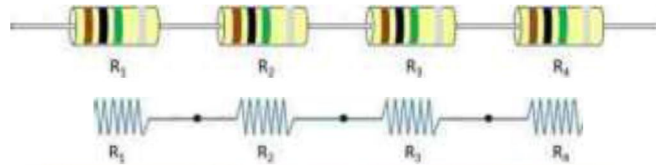
Maka cincin ke 1, ke 2 dan ke 3 merupakan digit angka, dan cincin kode warna ke 4 merupakan faktor pengali kemudian cincin kode warna ke 5 menunjukkan nilai toleransi resistor.

c Resistor Dengan 6 Cincin Warna

Resistor dengan 6 cincin warna pada prinsipnya sama dengan resistor dengan 5 cincin warna dalam menentukan nilai resistansinya. Cincin ke 6 menentukan koefisien temperatur yaitu temperatur maksimum yang diijinkan untuk resistor tersebut.[10]

2.6.1. Rangkaian Seri Resistor

Rangkaian Seri Resistor adalah sebuah rangkaian yang terdiri dari 2 buah atau lebih Resistor yang disusun secara sejajar atau berbentuk Seri.



Gambar 2. 15 Rangkaian Resistor Seri

Rumus dari Rangkaian Seri seperti dibawah ini :

$$R_{tot} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots + R_n \dots \dots \dots (2.2)$$

R_{tot} = Total Nilai Resistor (Ω)

R_1 = Resistor ke-1 (Ω)

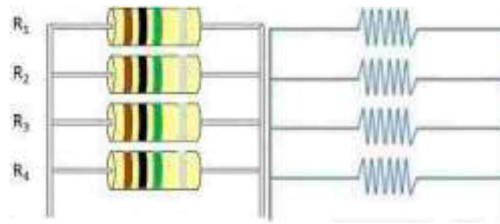
R_2 = Resistor ke-2 (Ω)

R_3 = Resistor ke-3 (Ω)

R_n = Resistor ke-n (Ω)

2.6.2. Rangkaian Resistor Paralel

Rangkaian Paralel Resistor adalah sebuah rangkaian yang terdiri dari 2 buah atau lebih resistor yang disusun secara berderet atau berbentuk Paralel. Sama seperti dengan rangkaian seri, rangkaian paralel juga dapat digunakan untuk mendapatkan nilai hambatan pengganti. rumus dari rangkaian paralel seperti dibawah ini:



Gambar 2. 16 Rangkaian Paralel Resistor

Rumus dari Rangkaian Seri seperti dibawah ini :

$$R_{tot} = 1/\{(1/R_1)+(1/R_2)+(1/R_3)..+(1/R_n)\} \dots\dots\dots(2.3)$$

R_{tot} = Total Nilai Resistor (Ω)

R_1 = Resistor ke-1 (Ω)

R_2 = Resistor ke-2 (Ω)

R_3 = Resistor ke-3 (Ω)

R_n = Resistor ke-n (Ω)

2.7 PTC Fan Heater

Heater atau pemanas merupakan komponen yang mengubah energi listrik menjadi energi panas. Prinsip kerja *heater* sesuai dengan Hukum *Joule* yaitu ekspresi matematis dari laju di mana hambatan dalam suatu rangkaian mengubah energi listrik menjadi energi panas. Panas yang dihasilkan karena aliran arus dalam kawat listrik dinyatakan dalam *Joule*. Hukum panas *joule* menunjukkan hubungan antara panas yang dihasilkan melalui konduktor dengan mengalirkan arus listrik.



Gambar 2. 17 PTC Fan Heater

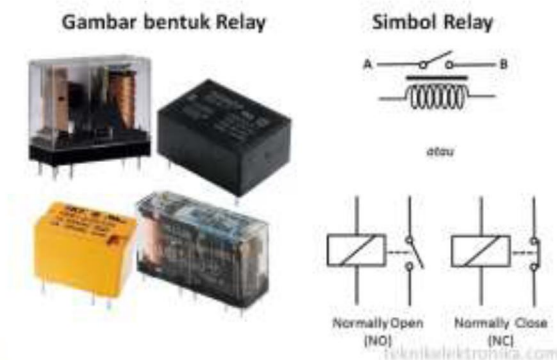
Gambar 2.17 merupakan *PTC Fan Heater* yang terdiri dari cakram pemanas khusus yang dibuat dari bahan keramik canggih. Penulis menggunakan *PTC fan heater* sebagai sistem pengering karena pemanas ini mempunyai banyak keunggulan antara lain yaitu aman, kuat dan hemat energi serta memungkinkan produksi dan transfer panas yang sangat baik bahkan diruang kecil sekalipun.

Tabel 2. 4 Spesifikasi *PTC Fan Heater*

Spesifikasi	Keterangan
Power	70W
Input Tegangan	12 VDC
Mounting hole size	4mm
Heat methods	heat radiation by air flow
Lead wire	high temperature line
The length of lead wires	200mm
The length of bare wires	10mm
Colour	Black
Material	plastic
size	90 x 60 x 42mm

2.8 Relay

Relay adalah komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, *relay* merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (*solenoid*) di dekatnya. (Turang, 2015). [11]



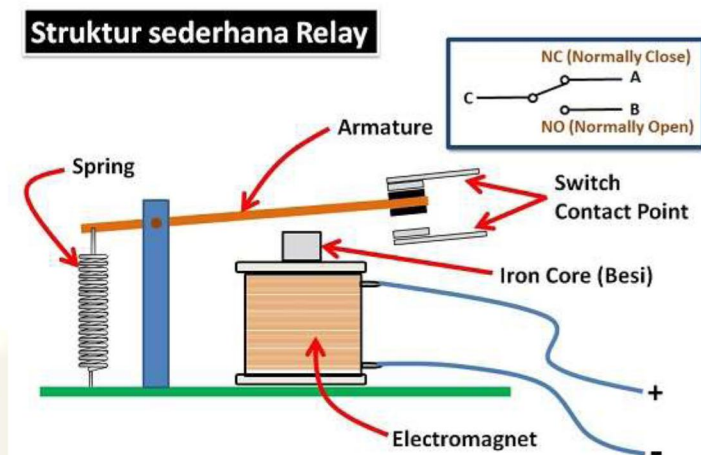
Gambar 2. 18 Relay

Komponen Utama relay terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.

Pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu :

1. Electromagnet (Coil)
2. Armature
3. Switch Contact Point (Saklar)
4. Spring

Berikut ini merupakan gambar dari bagian-bagian Relay :



Gambar 2. 19 Struktur Sederhana Relay

Kontak Poin (Contact Point) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

- Normally Close (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup)
- Normally Open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi OPEN (terbuka)

Berdasarkan gambar diatas, 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. [12]

2.9 Buzzer

Buzzer piezo-elektris menghasilkan suara berfrekuensi rendah, sebuah sirine piezo-elektris berukuran kecil menghasilkan suara-nada yang berfrekuensi sangat tinggi. Sirine yang diperlihatkan dalam gambar di bawah beroperasi dengan tegangan 3-16 V dan hanya membutuhkan arus sebesar 5- 7 mA.

Suara yang dihasilkannya bersifat kontinu namun dapat dimodifikasi untuk menghasilkan bunyi dengan periode-periode pendek. Intesitas suara yang dihasilkannya berkisar antara 100 dB hingga 110dB. Buzzer ini terdiri dari sebuah piringan dari logam kuningan yang dilapisi oleh bahan piezo-elektris.



Gambar 2. 20 Buzzer

Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loud speaker, jadi buzzer juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. [13]

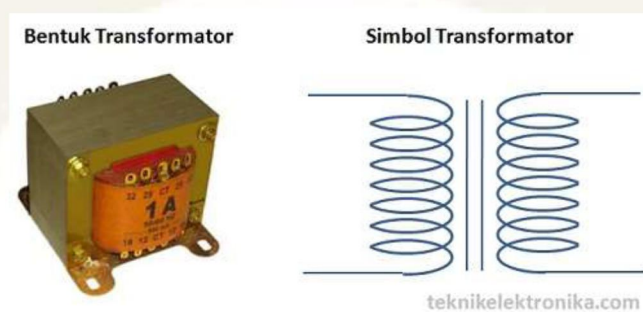
2.10 Transformator

Transformator atau sering disingkat dengan istilah Trafo adalah suatu alat listrik yang dapat mengubah taraf suatu tegangan AC ke taraf yang lain. Transformator atau Trafo ini bekerja berdasarkan prinsip Induksi Elektromagnet dan hanya dapat

bekerja pada tegangan yang berarus bolak balik (AC). Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Transformator digunakan antara lain:

- a. sebagai gandingan impedensi antara sumber dan beban
- b. untuk memisahkan satu rangkaian dari rangkaian yang lain
- c. untuk menghambat arus searah melakukan atau mengalirkan arus bolak

balik [14]



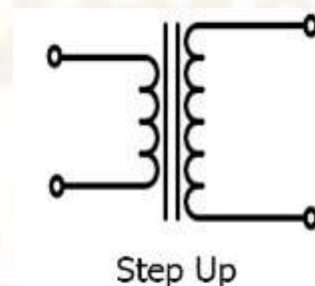
Gambar 2. 21 Transformator

Sebuah Transformator yang sederhana pada dasarnya terdiri dari 2 lilitan atau kumparan kawat yang terisolasi yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Pada kebanyakan Transformator, kumparan kawat terisolasi ini dililitkan pada sebuah besi yang dinamakan dengan Inti Besi (*Core*). Ketika kumparan primer dialiri arus AC (bolak-balik) maka akan menimbulkan medan magnet atau fluks magnetik disekitarnya. Kekuatan Medan magnet (densitas Fluks Magnet) tersebut dipengaruhi oleh besarnya arus listrik yang dialirinya. Semakin besar arus listriknya semakin besar pula medan magnetnya. Fluktuasi medan magnet yang terjadi di sekitar kumparan pertama (primer) akan menginduksi GGL (Gaya Gerak Listrik) dalam kumparan kedua (sekunder) dan akan terjadi pelimpahan daya dari kumparan primer ke kumparan sekunder. Dengan demikian, terjadilah perubahan taraf tegangan listrik baik dari

tegangan rendah menjadi tegangan yang lebih tinggi maupun dari tegangan tinggi menjadi tegangan yang rendah.

2.10.1 Trafo *Step Up*

Transformator *step-up* adalah transformator yang memiliki lilitan primer lebih sedikit dari lilitan sekunder. Jumlah lilitan tersebut mempengaruhi dan tegangan keluarannya, sehingga tegangan keluaran akan lebih besar dari tegangan masukannya.

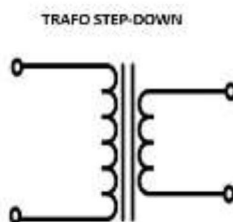


Gambar 2. 22 Trafo *Step Down*

Transformator jenis ini digunakan untuk menaikkan tegangan. Aplikasi dari transformator jenis ini biasa kita lihat pada pembangkit tenaga listrik sebagai penaik tegangan yang dihasilkan generator menjadi tegangan tinggi yang digunakan dalam transmisi jarak jauh

2.10.2 Trafo *Step Down*

Transformator *step-down* adalah transformator yang memiliki lilitan primer lebih banyak dari lilitan sekunder, sama seperti trafo sebelumnya, jumlah lilitan ini mempengaruhi dari tegangan keluarannya sehingga tegangan keluaran akan dikecilkan.



Gambar 2. 23 Trafo *Step Down*

Aplikasi dari trafo jenis ini sering kita lihat pada adaptor dan *power supply*.

Dalam transformator bisa di buat sebuah persamaan atau rumus matematik yaitu:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \dots\dots\dots(2.4)$$

V_p = tegangan pada kumparan primer

V_s = tegangan pada kumparan sekunder

N_p = banyaknya lilitan pada kumparan primer

N_s = banyaknya lilitan pada kumparan sekunder

I_s = Arus kumparan sekunder

I_p = Arus Kumparan Primer

2.11 Kapasitor

Kapasitor (Kondensator) adalah Komponen Elektronika yang berfungsi untuk menyimpan muatan listrik didalam medan listrik dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik.[15] Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Kapasitor menggunakan stuan farad (F). Satu farad didefinisikan sebagai jumlah muatan listrik yang dapat disimpan (dalam satuan coulomb) persatu volt tegangan atau bisa dilihat rumus berikut.

$$C = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots(2.5)$$

C = Kapasitasi (Farad)

Q = Muatan Listrik (Coulomb)

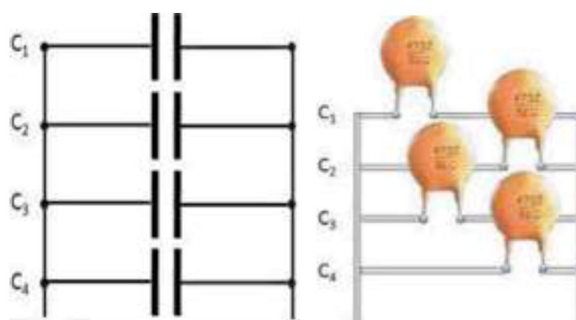
V = Beda Potensial (Volt)

Apabila sebuah kapasitor disambungkan ke sebuah sumber listrik DC, electron-elektron akan berkumpul pada plat yang tersambung ke terminal negatif sumber. Elektron-elektron ini akan menolak elektron-elektron yang ada pada plat di seberangnya. Elektron-elektron yang bertolak akan mengalir menuju terminal sumber positif.

Sebuah kapasitor yang disambungkan ke sebuah sumber daya dengan seketika akan menjadi bermuatan. Tegangan antara kedua pelatnya adalah sama dengan tegangan sumber daya.

2.11.1. Rangkaian Kapasitor Paralel

Rangkaian Paralel Kapasitor adalah Rangkaian yang terdiri dari 2 buah atau lebih Kapasitor yang disusun secara berderet atau berbentuk Paralel. Dengan menggunakan Rangkaian Paralel Kapasitor ini, kita dapat menemukan nilai Kapasitansi pengganti yang diinginkan.



Gambar 2. 24 Kapasitor Paralel

Rumus dari Rangkaian Paralel Kapasitor (Kondensator) adalah :

$$C_{\text{total}} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + \dots + C_n \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

C_{total} = Total Nilai Kapasitansi Kapasitor

C_1 = Kapasitor ke-1 (F)

C2 = Kapasitor ke-2 (F)

C3 = Kapasitor ke-3 (F)

C4 = Kapasitor ke-4 (F)

Cn = Kapasitor ke-n (F)

2.11.2. Kapasitor Seri

Rangkaian Seri Kapasitor adalah Rangkaian yang terdiri dari 2 buah dan lebih, kapasitor yang disusun sejajar atau berbentuk Seri. Seperti halnya dengan Rangkaian Paralel, Rangkaian Seri Kapasitor ini juga dapat digunakan untuk mendapat nilai Kapasitansi Kapasitor pengganti yang diinginkan. Hanya saja, perhitungan Rangkaian Seri untuk Kapasitor ini lebih rumit dan sulit dibandingkan dengan Rangkaian Paralel Kapasitor.



Gambar 2. 25 Kapasitor Seri

Rumus dari Rangkaian Paralel Kapasitor (Kondensator) adalah :

$$C_{\text{total}} = \left\{ \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \right\} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

Ctotal= Total Nilai Kapasitansi Kapasitor

C1 = Kapasitor ke-1 (F)

C2 = Kapasitor ke-2 (F)

C3 = Kapasitor ke-3 (F)

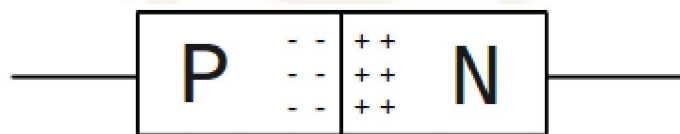
Cn = Kapasitor ke-n (F)

2.12 Dioda

Dioda dikemas didalam sebuah kapsul kecil yang terbuat dari kaca atau plastik. Kemasan ini memiliki dua kawat terminal. Yang satu disebut anoda, sedangkan yang lainnya disebut katoda. Biasanya terdapat sebuah cincin di badan dioda yang mengindikasikan terminal mana yang merupakan katoda.[16]

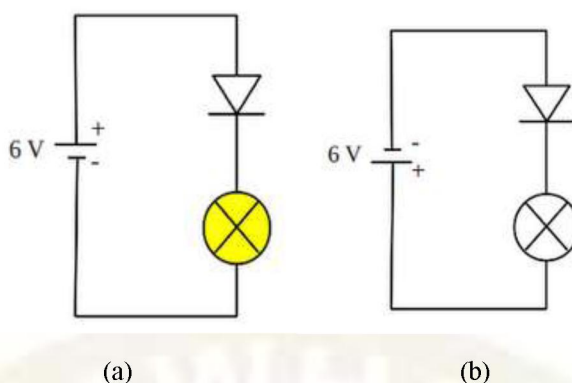
Sebuah dioda umumnya terbuat dari bahan silikon. Silikon adalah bahan yang tidak bersifat sebagai penghantar atau konduktor, namun tidak pula sebagai penyekat atau isolator. Silikon adalah bahan semikonduktor. Hal ini berarti bahwa sifat-sifat silikon berbeda dengan bahan-bahan konduktor biasa, seperti tembaga atau besi.

Sejumlah kecil zat dicampurkan ke dalam silikon untuk memberikan sifat-sifat khusus dioda ke bahan ini. Penyusun utama dari dioda adalah sambungan P - N atau disebut dengan P - N Junction.



Gambar 2. 26 Penyusun Utama Dioda

Bergantung pada polaritas tegangan yang diberikan kepadanya, dioda bisa berlaku sebagai sebuah saklar tertutup (apabila bagian anoda mendapatkan tegangan positif sedangkan katodanya mendapatkan tegangan negatif) dan berlaku sebagai saklar terbuka (apabila bagian anode mendapatkan tegangan negatif sedangkan katode mendapatkan tegangan positif). Kondisi tersebut terjadi hanya pada diode ideal-konseptual. Pada dioda faktual (riil), perlu tegangan lebih besar dari 0,7 V (untuk dioda yang terbuat dari bahan silikon) pada anoda terhadap katoda agar dioda dapat menghantarkan arus listrik. Tegangan sebesar 0,7 V ini disebut sebagai tegangan halang (barrier voltage).



Gambar 2. 27 Bias Maju dan Mundur Dioda

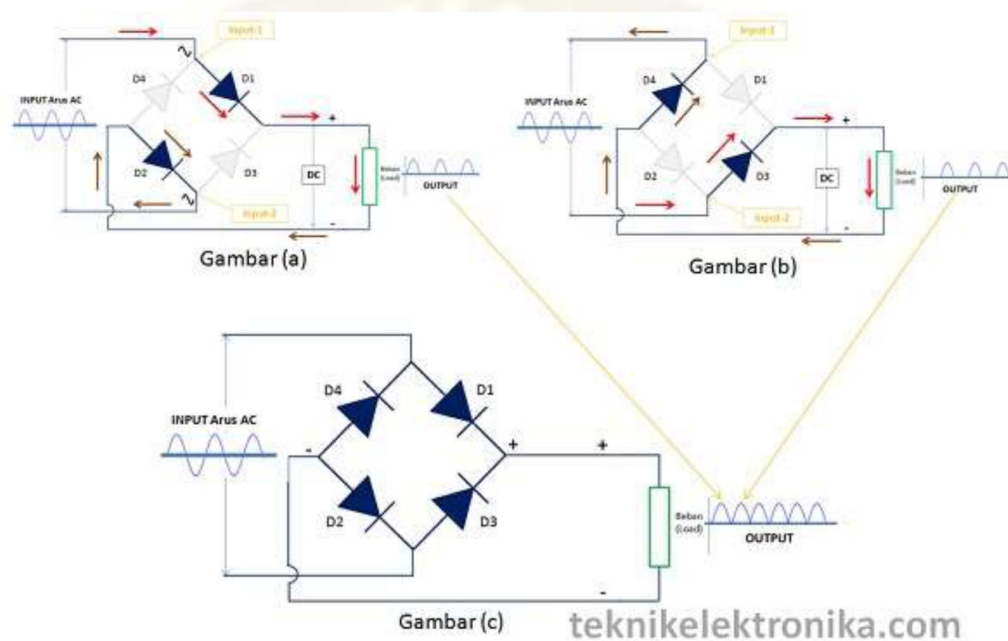
Ketika dioda disambungkan sebagaimana pada Gambar A diatas, dimana kaki anodanya disambungkan ke kutub positif dan katodanya disambungkan ke kutub negatif baterai, kita mengatakan bahwa dioda diberikan bias maju atau *forward biased*. Sebuah dioda hanya akan menghantarkan arus listrik (menyalakan lampu) apabila diberi bias maju.

Ketika sebuah dioda disambungkan dengan polaritas yang terbalik seperti pada Gambar B, dimana kaki katodanya disambungkan ke kutub positif dan kaki anodanya disambungkan ke kutub negatif, kita mengatakan bahwa dioda diberikan bias mundur atau *reverse biased*. Sebuah dioda tidak akan menghantarkan arus listrik (tidak menyalakan lampu) apabila diberi bias mundur.[17]

2.13 Dioda Bridge

Dioda Jembatan adalah jenis dioda yang berfungsi sebagai penyearah arus bolak-balik (*Alternating Current/AC*) menjadi arus searah (*Direct Current/DC*). Dioda Bridge pada dasarnya merupakan susunan dari empat buah Dioda yang dirangkai dalam konfigurasi rangkaian jembatan (*bridge*) yang dikemas menjadi satu perangkat komponen yang berkaki empat. Dua kaki Terminal dipergunakan sebagai Input untuk tegangan/ arus listrik AC (bolak balik) sedangkan dua kaki terminalnya

lagi adalah terminal Output yaitu Terminal Output Positif (+) dan Terminal Output Negatif (-). Prinsip Kerja Dioda Bridge pada dasarnya sama dengan 4 buah dioda penyearah biasa yang disusun dalam rangkaian jembatan. Cara kerjanya pun sama dengan cara kerja Penyearah Gelombang Penuh (Full Wave Rectifier). Untuk lebih jelas mengenai cara kerja bridge diode, kita dapat melihat gambar dibawah ini :



Gambar 2. 28 Prinsip Kerja Dioda *Bridge*

Seperti yang kita lihat pada gambar diatas, keempat Dioda yang diberi label D1, D2, D3 dan D4 disusun secara “seri berpasangan” dengan hanya dua dioda saja yang melewatkan arus satu sisi sinyal atau arus setengah siklus gelombang (half cycle). Pada saat sisi sinyal positif (+) diberikan ke Input-1 dan sinyal negatif (-) diberikan ke Input-2 Dioda bridge, rangkaian internal D1 dan D2 akan berada dalam kondisi *Forward Bias* sehingga melewatkan sinyal positif tersebut, sedangkan D3 dan D4 akan berada dalam kondisi *Reverse Bias* yang menghambat sinyal sisi negatifnya (lihat gambar (a) diatas).

Kemudian pada saat sinyal berubah menjadi sinyal negatif (-) yang diberikan ke Input-1 dan sinyal positif (+) ke Input-2 Dioda bridge maka D3 dan D4 akan berubah juga menjadi kondisi *Forward Bias* yang melewatkan sedangkan D1 dan D2-nya menjadi reverse bias yang menghambat sinyal sisi negatif (lihat gambar (b) diatas). Hasil dari Penyearah gelombang penuh adalah seperti yang dapat kita lihat di gambar c diatas.

2.14 *Light Emitting Diode (LED)*

LED merupakan perangkat yang sangat efisien, menggunakan arus yang kecil, bertahan jauh lebih lama dibandingkan dengan lampu-lampu filamen, dan tidak mudah pecah. Keuntungan menggunakan LED adalah struktur solid, ukuranya kecil, masa pakai tahan lama dan tidak terpengaruh oleh on/offpensaklaran, mudah dipakai dan mudah didapat. Karena tahan lama dan tidak terpengaruh.



Gambar 2. 29 Led

Radiasi cahaya yang dipancarkan LED tergantung dari materi dan susunan dioda P-N dan bahan semikonduktor penyusun LED itu sendiri. Bahan semikonduktor yang sering digunakan dalam pembuatan LED adalah Arus LED sebanding dengan intensitas cahaya yang dihasilkan. Jika arus yang melewati LED besar, maka intensitas cahaya yang dihasilkan juga terang. Sebaliknya jika arus yang lewat kecil, maka nyala LED akan redup atau LED tidak akan menyala sama sekali.

2.15 Modul Regulator *Step Down*

Module Regulator LM 2596 adalah rangkaian modul konverter DC/DC dengan frekuensi tetap 150 kHz *fixed-voltage* (PWM step-down) menggunakan IC Regulator LM2596, yang mampu menggerakkan beban 5A dengan efisiensi tinggi. Membutuhkan jumlah minimum komponen eksternal, regulator mudah digunakan dan termasuk kompensasi frekuensi internal dan osilator frekuensi tetap. Gambar Modul Stepdown dapat dilihat pada Gambar 2. 30.



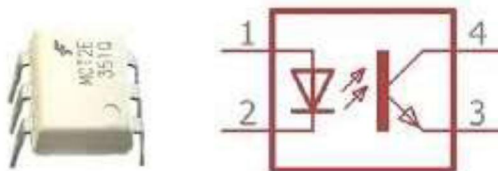
Gambar 2. 30 Regulator LM2596

Modul regulator LM2596 dapat bekerja dengan rentang tegangan *input* hingga 40 V dan suhu operasinya -40 - $+85$ *degrees*. Pada module regulator LM2596 menggunakan ic SMD (Surface Mount Device) dan terdapat sebuah potensio untuk mengatur tegangan keluarannya. rentang tegangan keluaran versi yang dapat disesuaikan: 1.2-V hingga 37-V $\pm 4\%$ maksimum kondisi saluran dan beban

2.16 *Optocoupler*

Optocoupler juga dikenal dengan sebutan Opto-isolator, *Photocoupler* atau Optical Isolator. Optocoupler adalah komponen elektronika yang berfungsi sebagai penghubung berdasarkan cahaya optik. Pada dasarnya Optocoupler terdiri dari 2 bagian utama yaitu transmitter yang berfungsi sebagai pengirim cahaya optik dan *Receiver* yang berfungsi sebagai pendeteksi sumber cahaya. Masing-masing bagian Optocoupler (*Transmitter* dan *Receiver*) tidak memiliki hubungan konduktif

rangkaian secara langsung tetapi dibuat sedemikian rupa dalam satu kemasan komponen.[18]



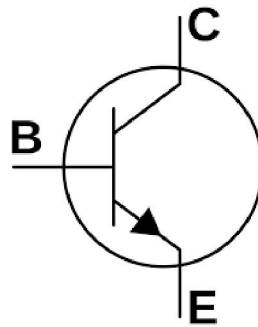
Gambar 2. 31 *Optocoupler*

Terlihat pada Gambar 2.31 diatas arus listrik yang mengalir melalui IR LED akan menyebabkan IR LED memancarkan sinyal cahaya Infra merahnya. Intensitas Cahaya tergantung pada jumlah arus listrik yang mengalir pada IR LED tersebut. Kelebihan Cahaya Infra Merah adalah pada ketahanannya yang lebih baik jika dibandingkan dengan Cahaya yang tampak.

Cahaya Infra Merah tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Cahaya Infra Merah yang dipancarkan tersebut akan dideteksi oleh Phototransistor dan menyebabkan terjadinya hubungan atau *Switch ON* pada Phototransistor. Prinsip kerja Phototransistor hampir sama dengan Transistor Bipolar biasa, yang membedakan adalah Terminal Basis (*Base*) Phototransistor merupakan penerima yang peka terhadap cahaya

2.17 Transistor

Transistor adalah alat semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (*switching*), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau sebagai fungsi lainnya. Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik, di mana berdasarkan arus inputnya (BJT) atau tegangan inputnya (FET), memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya.



Gambar 2. 32 Transistor

Pada umumnya, transistor memiliki 3 terminal, yaitu Basis (B), Emitor (E) dan Kolektor (C). Tegangan yang di satu terminalnya misalnya Emitor dapat dipakai untuk mengatur arus dan tegangan yang lebih besar daripada arus input Basis, yaitu pada keluaran tegangan dan arus output Kolektor.

Transistor merupakan komponen yang sangat penting dalam dunia elektronik modern. Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam amplifier (penguat). Rangkaian analog meliputi penguat suara, sumber listrik stabil (stabilisator) dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian- rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa transistor juga dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai *logic gate*, memori dan fungsi rangkaian- rangkaian lainnya.

2.18 Fuse

Sekering adalah komponen yang berfungsi sebagai pengaman dalam Rangkaian Elektronika maupun perangkat listrik. Fuse (Sekering) pada dasarnya terdiri dari sebuah kawat halus pendek yang akan meleleh dan terputus jika dialiri oleh Arus Listrik yang berlebihan ataupun terjadinya hubungan arus pendek (*short circuit*) dalam sebuah peralatan listrik I Elektronika. Dengan putusnya Fuse (sekering) tersebut, arus listrik yang berlebihan tersebut tidak dapat masuk ke dalam Rangkaian Elektronika sehingga tidak merusak komponen-komponen yang

terdapat dalam rangkaian Elektronika yang bersangkutan. Karena fungsinya yang dapat melindungi peralatan listrik dan peralatan Elektronika dari kerusakan akibat arus listrik yang berlebihan, Fuse atau sekering juga sering disebut sebagai pengaman listrik.



BAB III PERENCANAAN

3.1 Tahap Perencanaan

Sebelum pembuatan modul dan karya tulis, penulis terlebih dahulu membuat perencanaan modul yang akan dibuat. Hal ini bertujuan untuk memudahkan pembuatan modul dan karya tulis dan agar hasilnya sesuai dengan yang direncanakan.

Adapun langkah langkah perencanaan dalam pembuatan modul alat adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan blok diagram dari modul yang akan dibuat secara keseluruhan berdasarkan cara kerja yang diinginkan.
2. Merencanakan wiring diagram dari modul yang akan dibuat.
3. Menentukan komponen-komponen yang diperlukan dalam pembuatan modul sesuai dengan *wiring diagram* agar modul dapat bekerja dengan baik sesuai dengan harapan.
4. Merencanakan *flowchart* program dari modul yang akan dibuat.
5. Merancang koding dari program alat yang akan di buat.
6. Merencanakan desain alat sesuai dengan wiring diagram yang telah dibuat.
7. Menentukan titik-titik pengukuran (*test point*) untuk pendataan dan analisa rangkaian.
8. Melakukan pengujian dan perbaikan pada modul yang telah dibuat.

3.2 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat yang akan penulis buat adalah sebagai berikut :

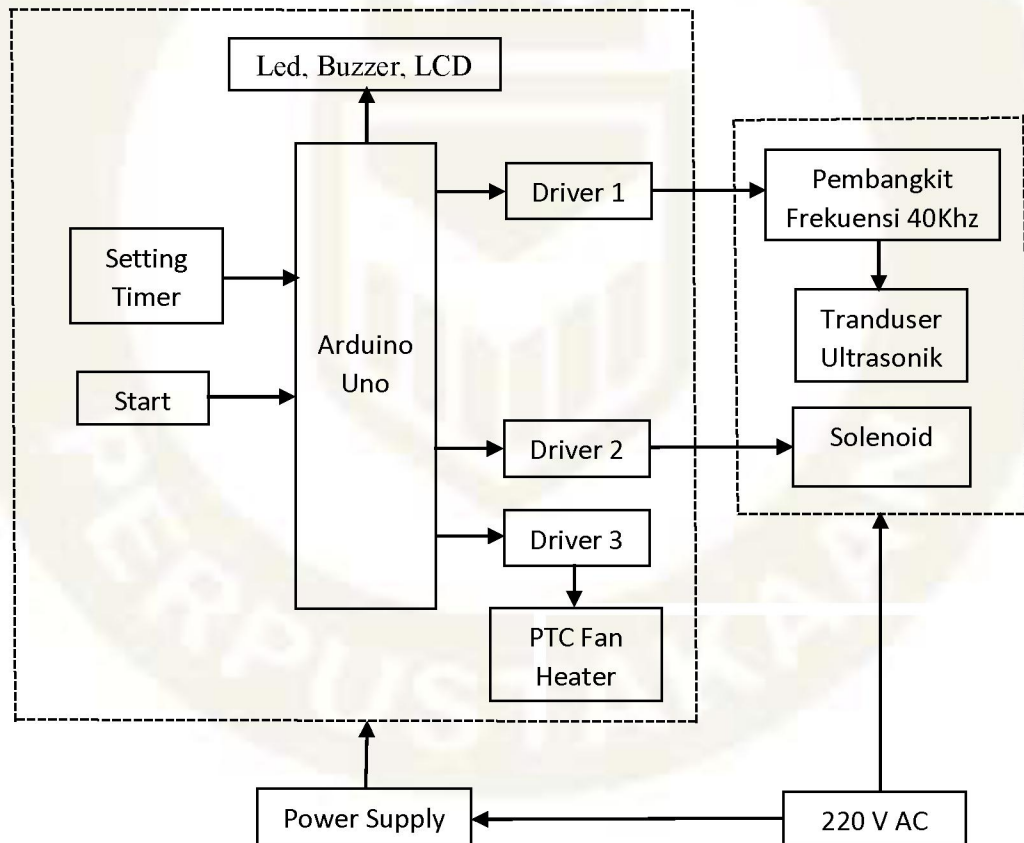
Nama Alat : *Ultrasonic Cleaner* Semi Otomatis Dilengkapi Dengan Pengering

Tegangan : 220 VAC

Frekuensi : 40 KHz

Tampilan : *LCD Display* 16x2

3.3 Blok Diagram



Gambar 3. 1 Blok Diagram

Fungsi dari masing masing blok :

1. 220 V AC

Merupakan tegangan utama untuk menyalakan alat

2. *Power Supply*

Memberikan catu daya keseluruhan rangkaian

3. Arduino Uno

Sebagai pusat proses *input* dan *output* sehingga alat dapat bekerja sesuai yang di inginkan

4. *Setting Timer*

Sebagai tombol settingan waktu yang diinginkan oleh pengguna

5. *Solenoid Valve*

Sebagai katup pembuangan air yang ada di *chamber* ketika alat sudah selesai bekerja

6. LCD

Berfungsi untuk menampilkan proses yang sedang berjalan serta menampilkan waktu hitungan mundur sesuai dengan settingan waktu

7. Buzer dan Led

Sebagai alarm dan penanda ketika proses telah selesai

8. Pembangkit Frekuensi

Sebagai pembangkit frekuensi tinggi

9. Transduser Ultrasonik

Sebagai alat pembersih dengan metode ultrasonic

10. *Driver*

Sebagai pemberi tegangan untuk menghidupkan dan mematikan masing masing blok tersebut

11. *PTC Fan Heater*

Sebagai sumber penghasil panas untuk sistem pengeringan.

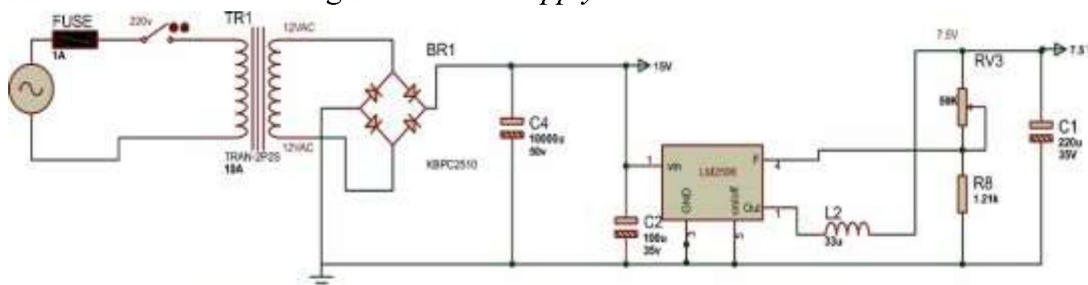
3.4 Cara Kerja Blok Diagram

Jala-jala PLN sebesar 220 VAC masuk menuju rangkaian *power supply*, *power supply* berfungsi sebagai pengubah tegangan AC menjadi DC tegangan tersebut masuk menuju mikrokontroler dan *PTC Fan Heater* masing masing sebesar 7,5 volt dan 12 volt dc. Mikrokontroler menggunakan Arduino Uno yang berfungsi untuk mengontrol ketiga rangkaian *driver*. *Driver* disini berfungsi sebagai saklar otomatis untuk menghidupkan dan mematikan masing - masing blok yang di kendalikan oleh mikrokontroler.

Frekuensi 40 kHz yang di hasilkan oleh pembangkit frekuensi inilah yang nantinya akan menghidupkan tranduser ultrasonik yang berfungsi sebagai penghantar gelombang pada *chamber* berisi air. Setelah timer tercapai *driver 2* dan *driver 3* akan menghidupkan *PTC Fan Heater* dan *solenoid valve* untuk mengeluarkan air sisa pencucian serta menghidupkan sistem pengering. Selanjutnya LCD, buzzer, LED akan menyala sebagai alarm bahwa proses telah selesai.

3.5 Perencanaan Wiring Diagram

3.5.1 Perencanaan Rangkaian Power Supply



Gambar 3. 2 Rangkaian Power Supply

Tegangan 220 VAC memasuki trafo *step down* kemudian diturunkan tegangannya menjadi 12 VAC. Tegangan tersebut menuju *dioda bridge* untuk di searahkan menjadi gelombang DC. Kapasitor digunakan untuk menyaring tegangan agar tidak ada *ripple*. Kemudian tegangan diregulasikan oleh LM2596 untuk mendapatkan tegangan yang sesuai kita inginkan dengan mengatur trimpod sesuai kebutuhan (7.5 V). Sedangkan tegangan yang tidak melalui LM2596 digunakan sebagai inputan PTC *Fan Heater*.

Dalam perencanaan nilai fuse yang digunakan, penulis menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \dots\dots\dots(2.8)$$

Diketahui :

$$V_p = 220 \text{ V}$$

$$V_s = 12 \text{ V}$$

$$I_s = 10 \text{ A}$$

Ditanyakan :

$$I_p = ?$$

Jawab :

$$\frac{220}{12} = \frac{10}{I_p}$$

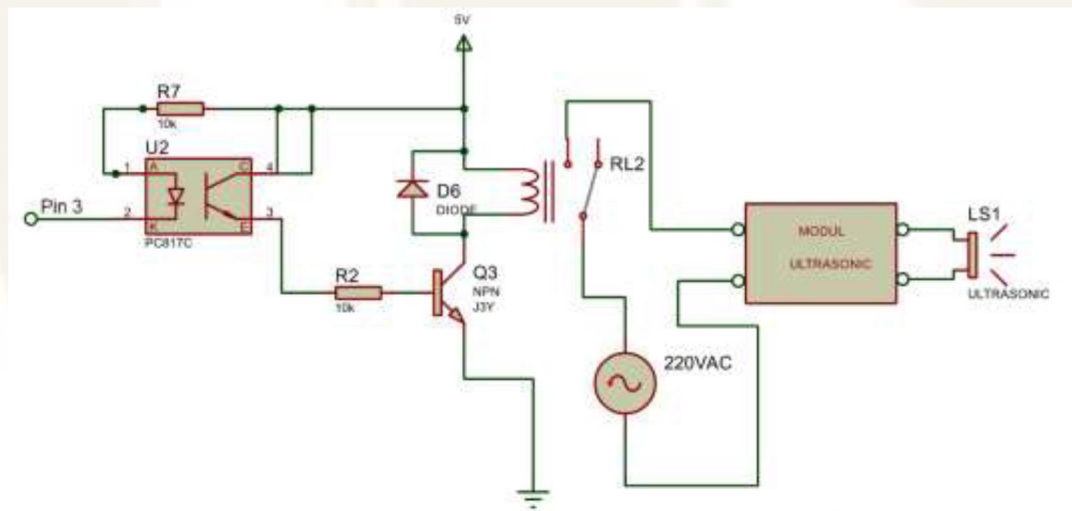
$$220 \cdot I_p = 120$$

$$I_p = \frac{120}{220}$$

$$I_p = 0,54 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan fuse diatas penulis menggunakan fuse sebesar 1 A karena dipasaran nilai yang mendekati adalah 1 A.

3.5.2 Perencanaan Rangkaian *Driver Ultrasonic*

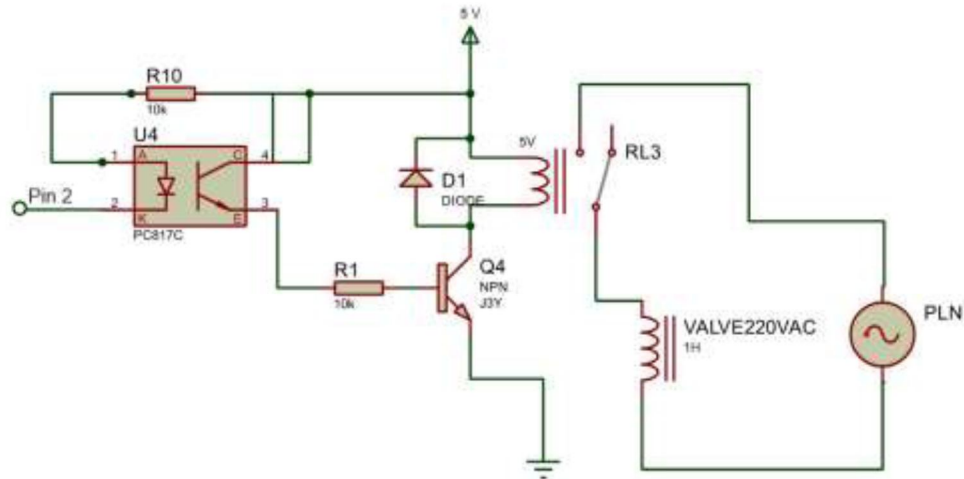


Gambar 3. 3 Rangkaian *Driver Ultrasonik*

Ketika pin 3 mikrokontroler memberikan perintah *LOW* maka led pada *optocoupler* dapat menyala karena mendapat tegangan 5 volt kemudian cahaya tersebut ditangkap oleh phototransistor menyebabkan kaki *collector* dan *emitor* terhubung kemudian tegangan dapat masuk ke kaki *basis* transistor NPN yang mentrigger kaki *collector dan emitter* terhubung, sehingga *coil* relay akan menarik

kontaktor sehingga tegangan 220 volt akan terhubung dan dapat mengaktifkan ultrasonic.

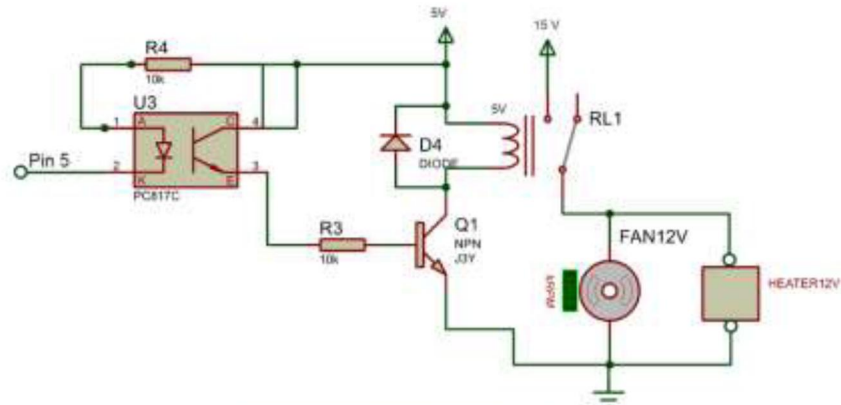
3.5.3 Perencanaan Rangkaian *Solenoid Valve*



Gambar 3. 4 Rangkaian *Driver Solenoid Valve*

Ketika pin 2 mikrokontroler memberikan perintah *LOW* maka led pada *optocoupler* dapat menyala karena mendapat tegangan 5 volt kemudian cahaya tersebut ditangkap oleh phototransistor menyebabkan kaki *collector* dan *emitor* terhubung kemudian tegangan dapat masuk ke kaki *basis* transistor NPN yang mentrigger kaki *collector dan emitter* terhubung, sehingga *coil* relay akan menarik kontaktor sehingga tegangan 220 volt akan terhubung dan dapat mengaktifkan *solenoid valve*.

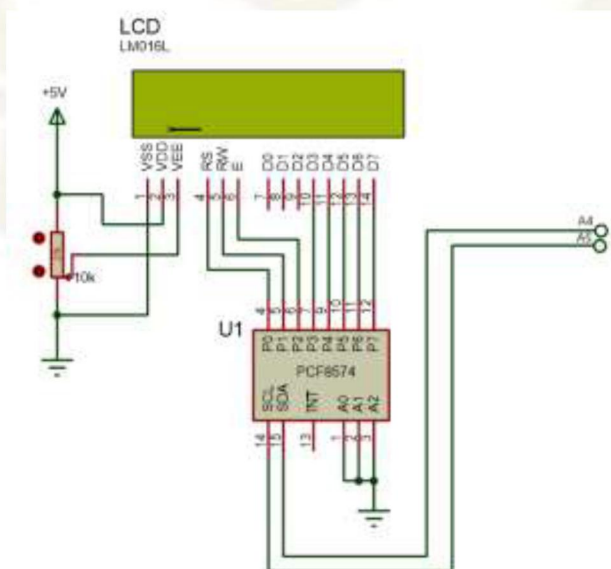
3.5.4 Perencanaan Rangkaian PTC Fan Heater



Gambar 3. 5 Rangkaian Driver PTC Fan Heater

Ketika pin 5 mikrokontroler memberikan perintah *LOW* maka led pada *optocoupler* dapat menyala karena mendapat tegangan 5 volt kemudian cahaya tersebut ditangkap oleh phototransistor menyebabkan kaki *collector* dan *emitor* terhubung kemudian tegangan dapat masuk ke kaki *basis* transistor NPN yang mentrigger kaki *collector* dan *emitter* terhubung, sehingga *coil* relay akan menarik kontaktor sehingga tegangan 12 volt akan terhubung dan dapat mengaktifkan PTC *Fan Heater*.

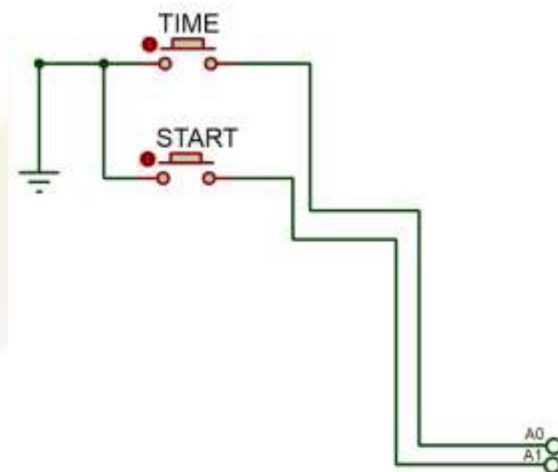
3.5.5 Perencanaan Rangkaian Display LCD



Gambar 3. 6 Rangkaian LCD

Pin pin LCD disambungkan ke I2C kemudian pin SCL SDA sambungkan ke pin A4 an A5 arduino. Untuk pin A0 A1 A2 pada I2C hubungkan ke ground.

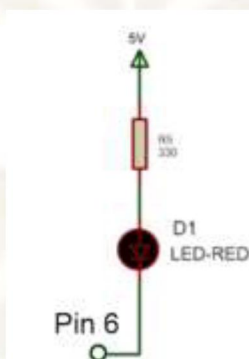
3.5.6 Perencanaan Rangkaian Tombol



Gambar 3. 7 Rangkaian Push Button

Tombol time di hubungkan pada pin A0 arduino sedangkan tombol start dihubungkan pada pin A1 arduino kemudian dihubungkan dengan *ground*.

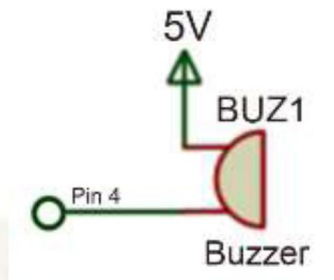
3.5.7 Perencanaan Rangkaian Led



Gambar 3. 8 Rangkaian Led

Pada rangkaian led kaki anoda dihubungkan dengan sumber tegangan 5 V sedangkan kaki katoda dihubungkan pada mikrokontroler pin 6.

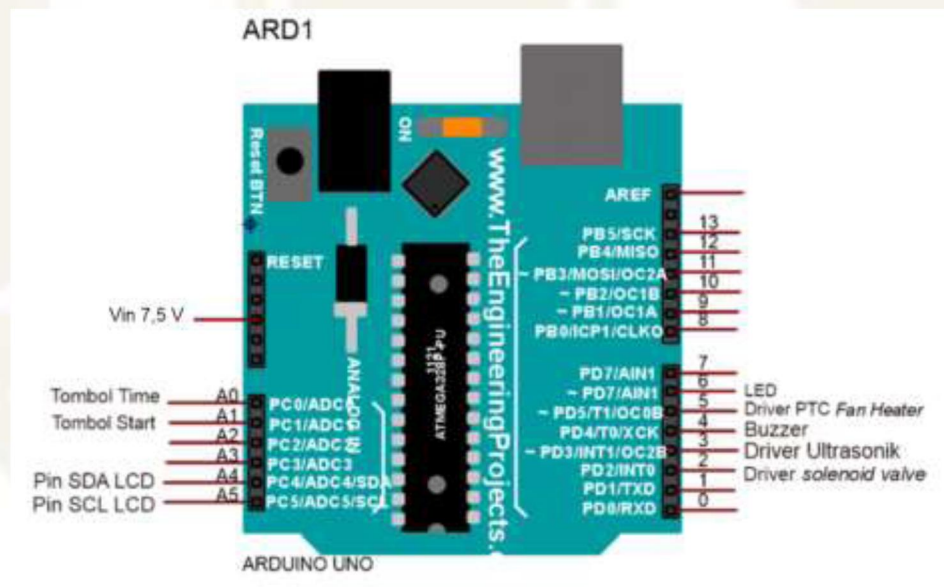
3.5.8 Perencanaan Rangkaian Buzzer



Gambar 3. 9 Rangkaian Buzzer

Rangkaian buzzer berfungsi sebagai alarm ketika semua proses telah selesai dengan dirangkai pada pin positif buzzer dihubungkan ke tegangan 5 V kemudian untuk pin negatif dihubungkan pada pin 4 mikrokontroler.

3.5.9 Perencanaan Rangkaian Mikrokontroler



Gambar 3. 10 Rangkaian Mikrokontroler

Pada rangkaian mikrokontroler terdiri dari semua komponen yang membentuk rangkaian minimum Arduino uno agar dapat bekerja normal.

3.6 Perencanaan Komponen

Komponen komponen elektronika yang digunakan dalam alat ini, ditentukan sesuai dengan fungsi dan karakteristik komponen serta tujuan pemanfaatan komponen. Daftar komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan modul tertera pada table-tabel berikut :

Tabel 3. 1 Perencanaan Komponen *Power Supply*

No	NAMA KOMPONEN	TIPE/ NILAI	JUMLAH
1	Trafo	Non-CT 10A	1
2	Fuse	1A	1
3	<i>Switch ON/ OFF</i>	-	1
4	<i>Dioda Bridge</i>	25A	1
5	Kapasitor	10000u	1
6	Kapasitor	100u	1
7	Kapasitor	22u	1
7	IC Regulator	LM2596	1
8	Resistor	1.2 K	1
9	Trimpot	50 K	1

Tabel 3. 2 Perencanaan Komponen *Driver Ultrasonik*

NO	NAMA KOMPONEN	TIPE/ NILAI	JUMLAH
1	Modul Ultrasonik 40KHz	40 KHz	1
2	Transduser Ultrasonik	60 W	1
3	Relay	5 V	1
4	Dioda	-	1

5	Resistor	10K	2
6	Transistor	NPN J3Y	1
7	<i>Optocopler</i>	PC817C	1

Tabel 3. 3 Perencanaan Komponen Driver PTC *Fan Heater*

NO	Nama Komponen	Tipe/ Nilai	Jumlah
1	<i>PTC Fan Heater</i>	70 W	1
2	Relay	5 V	1
3	Transistor	NPN J3Y	1
4	Resistor	10 K	2
5	Resistor	330	1
6	Led	Red	1
7	<i>Optocoupler</i>	PC817C	1

Tabel 3. 4 Perencanaan Komponen Driver *Solenoid Valve*

NO	Nama Komponen	Tipe/ Nilai	Jumlah
1	<i>Solenoid Valve</i>	220 AC	1
2	Relay	5 V	1
3	Transistor	NPN J3Y	1
4	Resistor	10 K	2
5	<i>Optocoupler</i>	PC817C	1

Tabel 3. 5 Perencanaan Komponen LCD

NO	Nama Komponen	Tipe/ Nilai	Jumlah
1	LCD	16x2	1
2	I2C	PCF8574	1

Tabel 3. 6 Perencanaan Komponen *Push Button*

NO	Nama Komponen	Tipe/ Nilai	Jumlah
1	<i>Push Button</i>	2 pin	2

Tabel 3. 7 Perencanaan Komponen LED

NO	Nama Komponen	Tipe/ Nilai	Jumlah
1	LED	RED	1
2	Resistor	330 Ohm	1

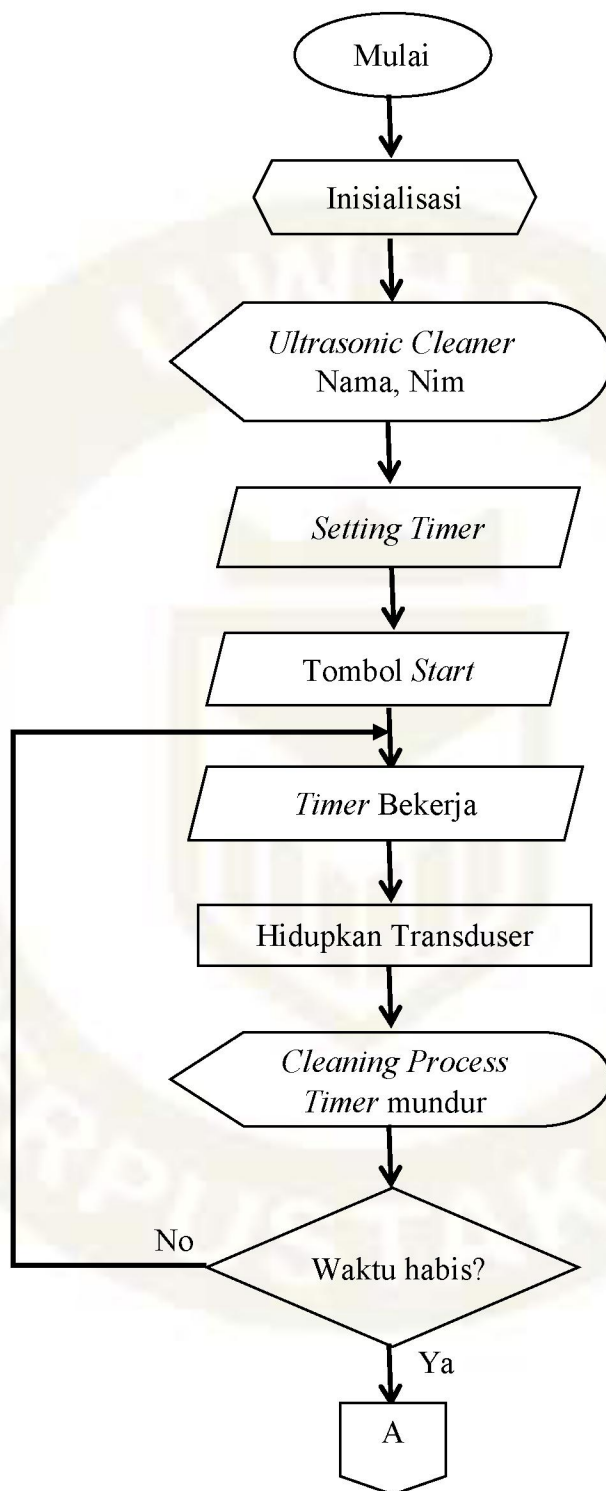
Tabel 3. 8 Perencanaan Komponen Buzzer

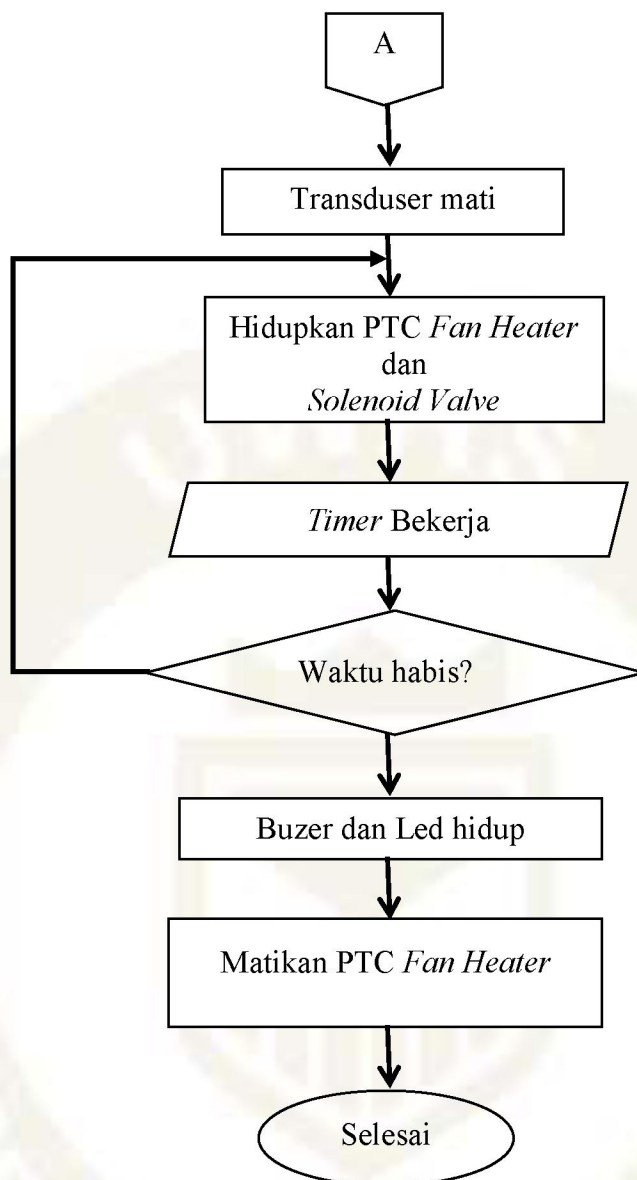
NO	Nama Komponen	Tipe/ Nilai	Jumlah
1	Buzzer	5 V	1

Tabel 3. 9 Perencanaan Mikrokontroler

NO	Nama Komponen	Tipe/ Nilai	Jumlah
1	Arduino Uno	328P	1

3.7 Perencanaan *Flow Chart*



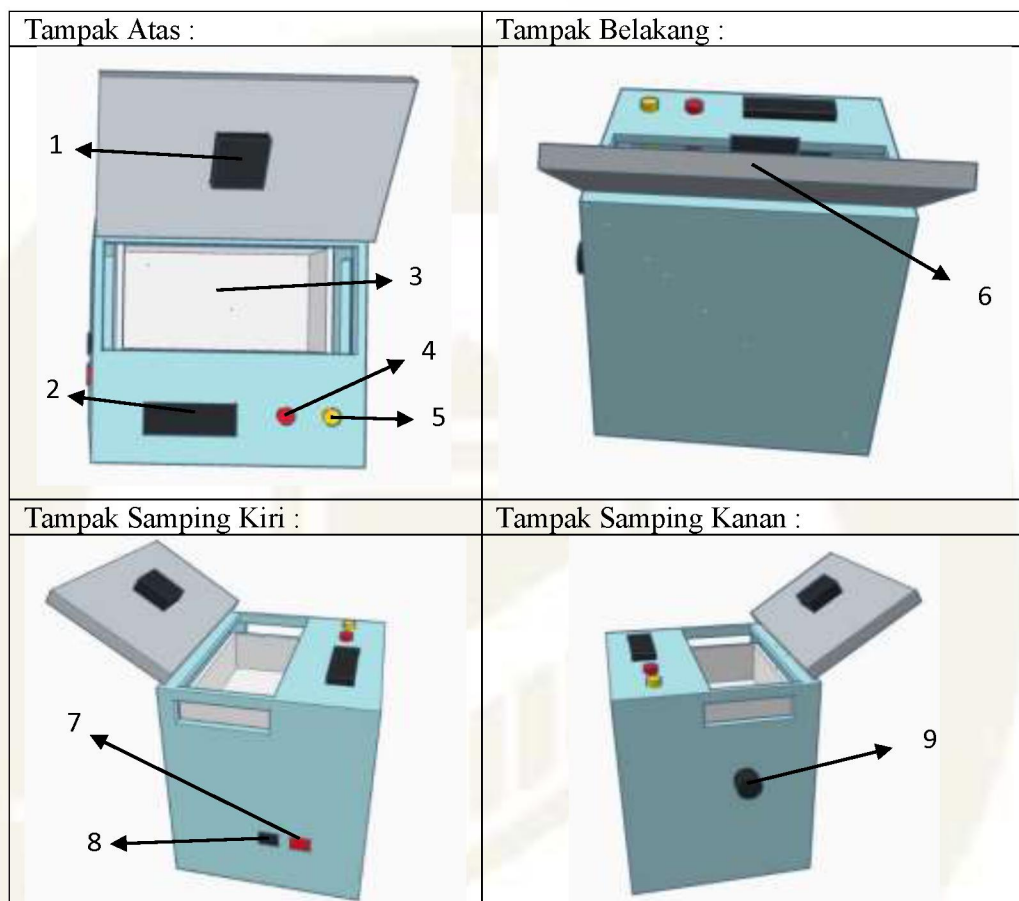


Gambar 3. 11 Flow Chart

3.8 Desain Alat

Berikut hasil desain alat *ultrasonic cleaner* semi otomatis dilengkapi dengan pengering :

Tabel 3. 10 Desain Alat



Dari tabel desain alat diatas kita dapat mengetahui bagian bagiannya yaitu :

1. PTC *Fan Heater*
2. LCD
3. *Chamber*
4. Tombol *Start*
5. Tombol *UP*
6. Tutup *chamber*

7. Saklar
8. Jack kabel *power*
9. Selang pembuangan air

3.9 Standar Operasional Prosedur (SOP)

1. Membuka penutup *chamber* dengan menariknya keatas
2. Meletakkan objek yang ingin di bersihkan kedalam *chamber*
3. Mengisi *chamber* dengan air bersih sampai objek terendam
4. Menghubungkan kabel power ke jala jala PLN
5. Menyalakan alat dengan menekan tombol saklar
6. Mensetting waktu dengan cara menekan tombol settingan waktu sesuai yang diinginkan
7. Menekan tombol start untuk memulai pembersihan
8. Menunggu hingga semua proses selesai
9. Memindah objek ketempat yang aman ketika proses pengeringan telah selesai
10. Mematikan alat dengan menekan tombol saklar.
11. Mencabut kabel *power* dan rapikan ketempat semula

3.10 Gambar *Ultrasonic Cleaner* Semi Otomatis Dilengkapi Dengan Pengering

Berikut ini gambar *prototype* alat *ultrasonic cleaner* semi otomatis dilengkapi dengan pengering.



Gambar 3. 12 Prototype Alat *Ultrasonic Cleaner*

Gambar diatas adalah alat *ultrasonic cleaner* yang dilengkapi dengan pengering dengan penambahan *heater* dan kipas (*PTC Fan Heater*) pengeringan dapat lebih singkat sekitar 40 menit dibandingkan dengan alat ultrasonic tanpa sistem pengeringan.

BAB IV PENGUKURAN DAN PENDATAAN

4.1 Pengertian

Pengukuran adalah kegiatan membandingkan suatu besaran yang diukur dengan alat ukur yang digunakan sebagai satuan. Titik pengukuran ditentukan berdasarkan kebutuhan untuk membandingkan antara perkiraan nilai menurut teori dan hasil pengukuran langsung pada titik-titik pengukuran. Hasil pengukuran disajikan dalam tabel pengukuran.

4.2 Persiapan Pengukuran

Dalam proses pengukuran ini dibutuhkan alat ukur, yang digunakan adalah:

1. Osiloskop Digital

Merk : OWON

Model : SDS1102

Buatan : China

2. Multimeter Digital

Merk : SANWA

Model : CD772

Buatan : CHINA

4.3 Metode Pengukuran

Untuk mengetahui keluaran dari beberapa komponen pada alat ini, penulis menentukan titik pengukuran sebagai berikut:




1. Titik pengukuran 1 (TP1) yaitu pada keluaran LM 2596. Untuk mengetahui besarnya tegangan *output* LM 2596, metode yang digunakan yaitu dengan mengukur *output* LM 2596 terhadap *ground*.
2. Titik pengukuran 2 (TP2) yaitu pada PTC *Fan Heater*. Untuk mengetahui besarnya tegangan *output* PTC *Fan Heater*, metode yang digunakan yaitu dengan mengukur *output* PTC *Fan Heater* terhadap *ground*.
3. Titik pengukuran 3 (TP3) yaitu pada rangkaian *solenoid valve*. Untuk mengetahui besarnya tegangan *output solenoid valve*, metode yang digunakan yaitu dengan mengukur *output solenoid valve* terhadap *ground*.
4. Titik pengukuran 4 (TP4) yaitu pada keluaran *Ultrasonic Generator*. Untuk mengetahui besarnya frekuensi *output Ultrasonic Generator*, metode yang digunakan yaitu dengan mengukur *output Ultrasonic Generator* terhadap *ground*.
5. Titik pengukuran 5 (TP 5) yaitu pada keluaran *diode bridge*. Untuk mengetahui besarnya tegangan *output diode bridge*, metode yang digunakan yaitu dengan mengukur tegangan positif dan tegangan negatif.
6. Titik pengukuran 6 (TP6) yaitu pada *optocoupler* yang berasal dari mikrokontroler pada rangkaian *driver PTC fan heater*, metode yang digunakan yaitu dengan membandingkannya terhadap *ground*.

7. Titik pengukuran 7 (TP7) yaitu pada *optocoupler* yang berasal dari mikrokontroler pada rangkaian *driver* modul *ultrasonic*, metode yang digunakan yaitu dengan membandingkannya terhadap *ground*.
8. Titik pengukuran 8 (TP8) yaitu pada *optocoupler* yang berasal dari mikrokontroler pada rangkaian *driver solenoid valve*, metode yang digunakanyaitu dengan membandingkannya terhadap *ground*.




4.4 Hasil Pengukuran

Dari pengukuran yang dilaksanakan pada titik pengukuran 1 (TP1) sampai dengan titik pengukuran 8 (TP8) diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Alat

TP	Hasil	Keterangan	Gambar
TP1	7,49 V	<i>Output LM2596</i>	
TP2	12,22 V	<i>Output PTC fan heater</i>	
TP 3	217 V	<i>Output Solenoid valve</i>	












TP 4	37.310 KHz	<i>Output frekuensi modul ultrasonic</i>	
TP 5	15,61 V	<i>Output diode bridge</i>	
	4,97 V	Output <i>optocoupler rangkaian PTC fan heater (OFF)</i>	
TP 6	0,19 V	Output <i>optocoupler rangkaian PTC fan heater (ON)</i>	
	4,97 V	Output <i>optocoupler rangkaian modul ultrasonic (OFF)</i>	

TP 7	0,13 V	Output <i>optocoupler</i> rangkaian modul <i>ultrasonic</i> (ON)	
	4,98 V	Output <i>optocoupler</i> rangkaian <i>solenoid valve</i> (OFF)	
TP 8	0,16 V	Output <i>optocoupler</i> rangkaian <i>solenoid valve</i> (ON)	

4.5 Hasil Pengujian Alat

Penulis menggunakan 4 instrumen medis yang berbeda untuk pengujian alat yang telah saya buat, hasil pengujian alat dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

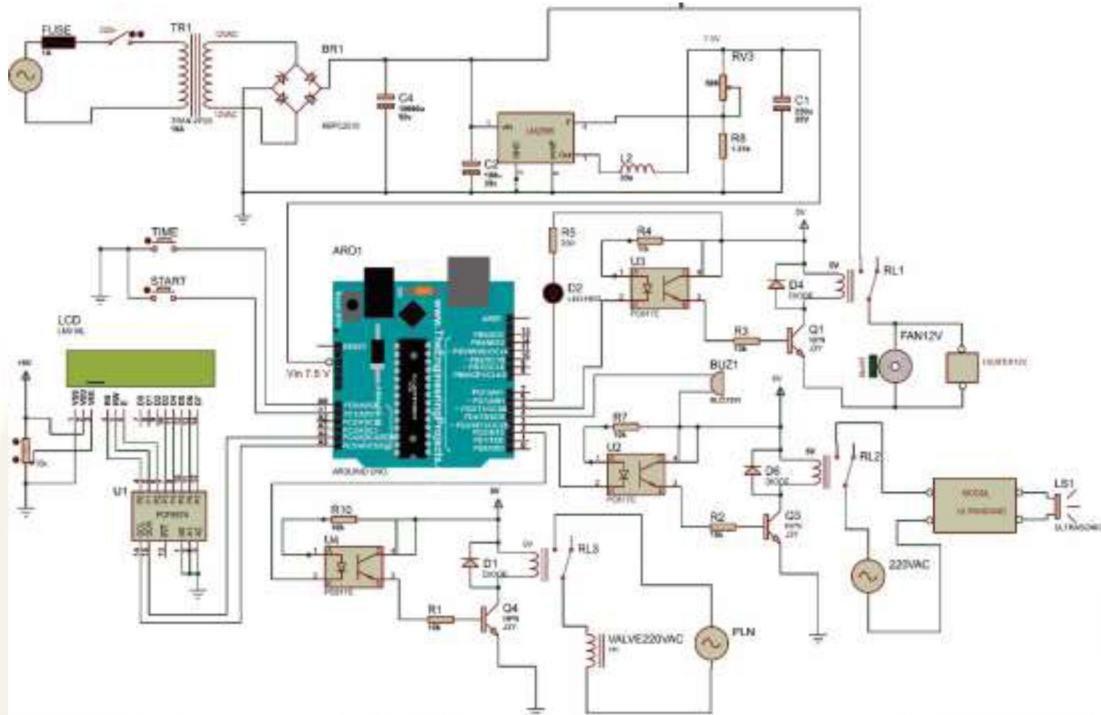
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian

No	Pengujian Alat	Proses Cleaning	Proses Drying	Hasil
1	Pisau (5 menit)			
2	Pinset (3 menit)			
3	Gunting (4 menit)			
4	Gunting Episiotomi (6 menit)			

Pengujian dilakukan menggunakan pisau dan gunting yang telah dilumuri *body lotion* selama 12 jam sebagai pengganti lendir atau cairan tubuh yang sudah mengering, pembersihan pisau dilakukan selama 5 menit sedangkan gunting 4 menit dengan hasil yang bersih tanpa meninggalkan *body lotion* serta kering dari air sisa pembersihan, kemudian pengujian selanjutnya dilakukan menggunakan pinset dan gunting episiotomi yang dilumuri *betadine* selama 12 jam sebagai pengganti darah yang sudah mengering, pembersihan pinset dilakukan selama 3 menit sedangkan gunting episiotomi 6 menit dengan hasil yang bersih tanpa meninggalkan bercak *betadine* serta kering dari air sisa pembersihan.

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Rangkaian Keseluruhan



Gambar 5. 1 Rangkaian Keseluruhan

5.2 Cara Kerja Rangkaian Keseluruhan

Tegangan 220 VAC memasuki trafo *step down* kemudian diturunkan tegangannya menjadi 12 VAC. Tegangan tersebut menuju *dioda bridge* untuk di searahkan menjadi gelombang DC. Kapasitor digunakan untuk menyaring tegangan agar tidak ada ripple. Kemudian tegangan diregulasikan oleh LM2596 untuk mendapatkan tegangan yang sesuai kita inginkan dengan mengatur trimpod sesuai kebutuhan (7.5 V). Sedangkan tegangan yang tidak melalui LM2596 digunakan sebagai inputan PTC Fan Heater.

Ketika alat sudah dihidupkan maka mikrokontroler memberikan perintah ke LCD untuk menampilkan menu settingan waktu. Setelah timer dipilih tekan tombol

start maka mikrokontroler memberikan perintah *LOW* pada pin 3 maka led pada *optocoupler* dapat menyala karena mendapat tegangan 5 volt kemudian cahaya tersebut ditangkap oleh phototransistor menyebabkan kaki *collector* dan *emitor* terhubung kemudian tegangan dapat masuk ke kaki *basis* transistor NPN yang mentrigger kaki *collector dan emitter* terhubung, sehingga *coil* relay akan menarik kontaktor sehingga tegangan 220 volt akan terhubung dan dapat mengaktifkan ultrasonic. Setelah waktu tercapai mikrokontroler mengirim perintah *HIGH* sehingga ultrasonic berhenti.

kemudian mikrokontroler memberikan perintah *LOW* pada pin 2 maka led pada *optocoupler* dapat menyala karena mendapat tegangan 5 volt kemudian cahaya tersebut ditangkap oleh phototransistor menyebabkan kaki *collector* dan *emitor* terhubung kemudian tegangan dapat masuk ke kaki *basis* transistor NPN yang mentrigger kaki *collector dan emitter* terhubung, sehingga *coil* relay akan menarik kontaktor sehingga tegangan 220 volt akan terhubung dan dapat mengaktifkan *solenoid valve*.

Pada saat bersamaan mikrokontroler memberikan perintah *LOW* pada pin 5 maka led pada *optocoupler* dapat menyala karena mendapat tegangan 5 volt kemudian cahaya tersebut ditangkap oleh phototransistor menyebabkan kaki *collector* dan *emitor* terhubung kemudian tegangan dapat masuk ke kaki *basis* transistor NPN yang mentrigger kaki *collector dan emitter* terhubung, sehingga *coil* relay akan menarik kontaktor sehingga tegangan 12 volt akan terhubung dan dapat mengaktifkan PTC *Fan Heater*.

Setelah waktu tercapai selanjutnya mikrokontroler memberikan perintah *LOW* pada pin 2 dan 5 sehingga tidak dapat memicu *optocoupler sehingga Solenoid*

Valve dan PTC Fan Heater mati tidak mendapat tegangan. Selanjutnya buzzer berkedip yang menandakan bahwa proses telah selesai dan tampilan alat kembali ke posisi menu awal.

5.3 Analisa Data Hasil Pengukuran

Analisa pendataan dilakukan agar dapat melakukan perbandingan antara teori dan praktek. Data yang didapatkan secara teori dan perhitungan secara matematis menggunakan rumus rumus yang relevan dan juga dari komponen yang dianalisa, sedangkan untuk prakteknya berupa data yang diperoleh dengan pengukuran *test point*.

Analisa data ini diperlukan untuk membandingkan antara hasil perhitungan secara teori dengan hasil pengukuran secara praktek sehingga dapat diketahui prosentase kesalahan (PK) dengan menggunakan rumus sebagai berikut ini :

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Teori} - \text{Hasil Ukur})}{\text{Hasil Teori}} \right| \times 100 \dots\dots\dots(5.1)$$

5.4 Analisa TP 1

TP 1 merupakan tegangan *output* LM2596 (Potensiometer). Diketahui hasil pengukuran TP 1 sebesar 7,49 V. Pada data sheet *output* komponen LM2596 memiliki rentang tegangan antara 1,2V – 37 V. Dari data tersebut menandakan keluaran tegangan LM2596 masih dalam batas *range*.

5.5 Analisa TP 2

TP 2 merupakan tegangan PTC *fan heater*. Diketahui hasil pengukuran TP 2 sebesar 12,22 V. Berdasarkan spesifikasi dibutuhkan tegangan sebesar 12 V.

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Teori} - \text{Hasil Ukur})}{\text{Hasil Teori}} \right| \times 100$$

$$PK = \left| \frac{(12 - 12,22)}{12} \right| \times 100$$

$$PK = 1,8\%$$

Dari perhitungan prosentase kesalahan di atas didapatkan sebesar 1,8 % dari data tersebut menandakan tegangan PTC *fan heater* masih dalam batas toleransi.

5.6 Analisa TP 3

TP 3 merupakan tegangan pada *Solenoid Valve*. Diketahui hasil pengukuran TP 3 sebesar 217 V diketahui tegangan PLN sebesar 220 V.

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Teori} - \text{Hasil Ukur})}{\text{Hasil Teori}} \right| \times 100$$

$$PK = \left| \frac{(220 - 217)}{220} \right| \times 100$$

$$PK = 1,3 \%$$

Dari perhitungan prosentase kesalahan di atas didapatkan sebesar 1,3 % dari data tersebut menandakan tegangan *solenoid valve* masih dalam batas toleransi.

5.7 Analisa TP 4

TP 4 merupakan keluaran frekuensi pada *output* modul *ultrasonic*. Diketahui hasil pengukuran TP 4 sebesar 37,31 KHz diketahui spesifikasi modul sebesar 40 KHz.

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Teori} - \text{Hasil Ukur})}{\text{Hasil Teori}} \right| \times 100$$

$$PK = \left| \frac{(40.000 - 37.310)}{40.000} \right| \times 100$$

$$PK = 6,7 \%$$

Dari perhitungan prosentase kesalahan di atas didapatkan sebesar 6,7 % dari data tersebut menandakan keluaran modul *ultrasonic* masih dalam batas toleransi.

5.8 Analisa TP 5

TP 5 merupakan keluaran dari *diode bridge*. Diketahui hasil pengukuran TP 5 sebesar 15,61 V, secara teori keluaran diode brigde sebesar 16,92 V.

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Teori} - \text{Hasil Ukur})}{\text{Hasil Teori}} \right| \times 100$$

$$PK = \left| \frac{(16,92 - 15,61)}{16,92} \right| \times 100$$

$$PK = 7,7 \%$$

Dari perhitungan prosentase kesalahan diatas didapatkan sebesar 7,7 % dari data tersebut menandakan keluaran *diode bridge* masih dalam batas toleransi.

5.9 Analisa TP 6

TP 6 merupakan kondisi pada saat mikrokontroler memberikan perintah *high* untuk mematikan rangkaian PTC *fan heater*, hasil pengukuran didapatkan sebesar 4,97V, secara teori rentang tegangan antara 3 – 5 V dari data tersebut menandakan *optocoupler* masih bekerja dengan normal karena tegangannya masih dalam batas toleransi.

Sedangkan pada saat mikrokontroler memberikan perintah *low* untuk menyalakan rangkaian PTC *fan heater*, hasil pengukuran didapatkan sebesar 0,19 V secara teori tegangan maksimal untuk kondisi *low* sebesar 0,8 V dari data tersebut menandakan keluaran pada *optocoupler* masih dalam batas toleransi.

5.10 Analisa TP 7

TP 7 merupakan kondisi pada saat mikrokontroler memberikan perintah *high* untuk mematikan rangkaian modul *ultrasonic cleaner*, hasil pengukuran didapatkan sebesar 4,97 V, secara teori rentang tegangan antara 3 – 5 V dari data tersebut menandakan *optocoupler* masih bekerja dengan normal karena tegangannya masih dalam batas toleransi.

Sedangkan pada saat mikrokontroler memberikan perintah *low* untuk menyalakan rangkaian modul *ultrasonic cleaner*, hasil pengukuran didapatkan sebesar 0,17 V secara teori tegangan maksimal untuk kondisi *low* sebesar 0,8 V dari data tersebut menandakan keluaran pada *optocoupler* masih dalam batas toleransi.

5.11 Analisa TP 8

TP 8 merupakan kondisi pada saat mikrokontroler memberikan perintah *high* untuk mematikan rangkaian solenoid valve, hasil pengukuran didapatkan sebesar 4,98V, secara teori rentang tegangan antara 3 – 5 V dari data tersebut menandakan *optocoupler* masih bekerja dengan normal karena tegangannya masih dalam batas toleransi.

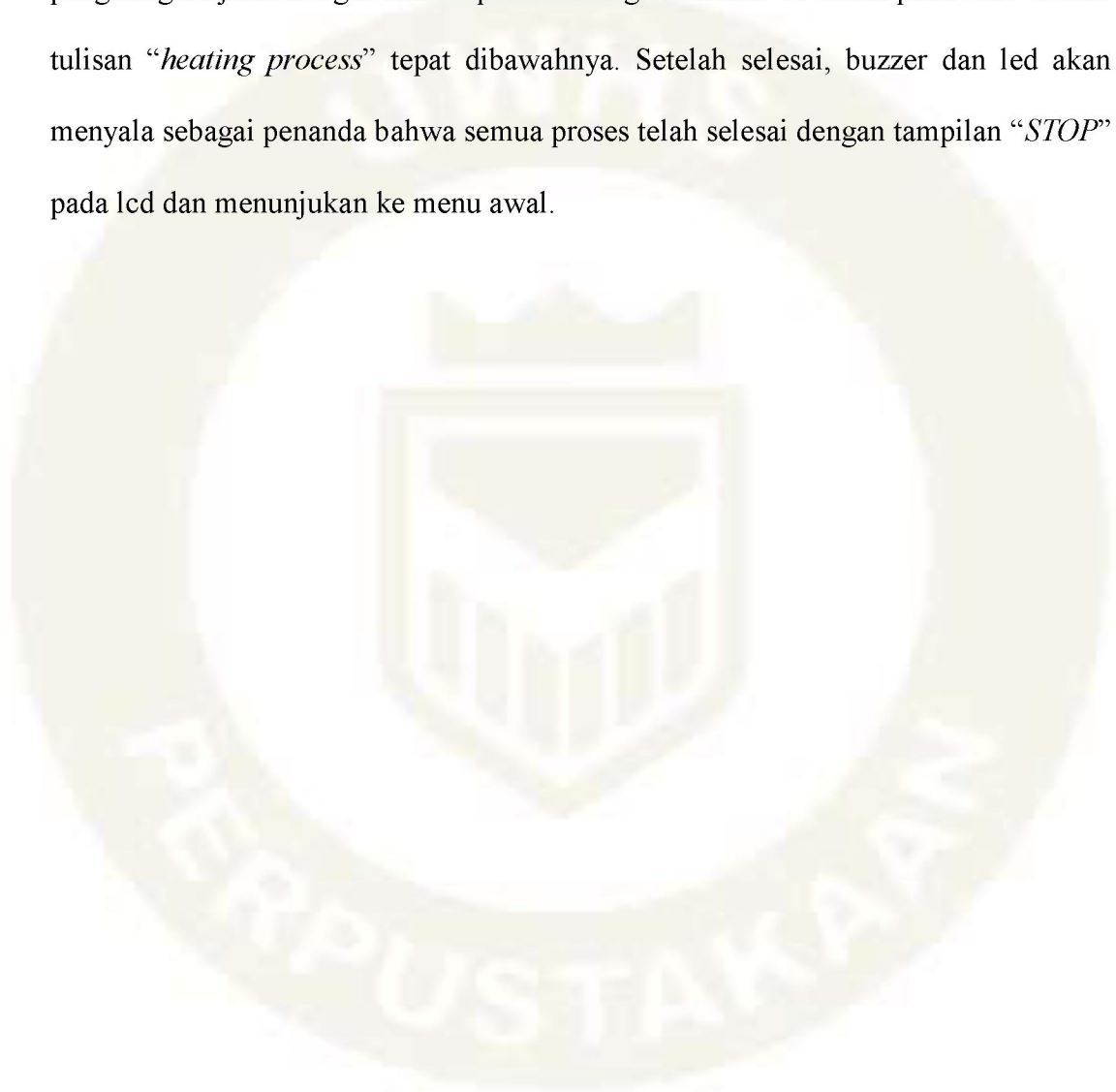
Sedangkan pada saat mikrokontroler memberikan perintah *low* untuk menyalakan rangkaian modul *solenoid valve*, hasil pengukuran didapatkan sebesar 0,16 V secara teori tegangan maksimal untuk kondisi *low* sebesar 0,8 V dari data tersebut menandakan keluaran pada *optocoupler* masih dalam batas toleransi.

5.12 Analisa Pengujian

Tampilan pertama ketika alat dinyalakan adalah “*ultrasonic cleaner* dengan pengering” kemudian muncul “nama dan nim” setelah itu terdapat menu settingan waktu 3, 4, 5, 6 menit. Tekan tombol *UP* untuk memilih settingan waktu. Saat tombol

start ditekan maka proses pembersihan berjalan dengan menampilkan *counter* hitungan mundur pada LCD sesuai dengan settingan kita dan di ikuti tulisan “*cleaning process*” tepat dibawahnya.

Ketika proses pembersihan selesai buzzer akan menyala kemudian sistem pengering berjalan dengan menampilkan hitungan mundur 10 menit pada LCD diikuti tulisan “*heating process*” tepat dibawahnya. Setelah selesai, buzzer dan led akan menyala sebagai penanda bahwa semua proses telah selesai dengan tampilan “*STOP*” pada lcd dan menunjukan ke menu awal.



BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan seluruh tahap mulai dari pembuatan modul hingga pengukuran dan analisa pada alat *ULTRASONIC CLEANER SEMI OTOMATIS DILENGKAPI DENGAN PENGERING* yang telah dibuat dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Ultrasonic cleaner* semi otomatis dilengkapi dengan pengering ini mampu digunakan untuk membersihkan instrument medis.
2. Pembuangan air otomatis bekerja dengan baik.
3. Sistem pengering bekerja dengan baik.
4. Presentasi kesalahan dari output pembangkit frekuensi sebesar 6,7 %.
5. Sistem pengering dapat mempersingkat waktu pengeringan kurang lebih 40 menit.

6.2 Saran

Pada akhir Bab ini, penulis menyampaikan saran yang ditunjukkan pada teman-teman atau pembaca. Saran dari penulis antara lain:

1. Memperbesar kapasitas *chamber* sehingga dapat menambah kapasitas penampungan alat yang ingin dibersihkan.
2. Penambahan *box* steril bisa berupa ultraviolet untuk mensterilkan alat yang telah selesai dibersihkan oleh ultrasonik.
3. Penambahan pengisian air otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhsa, Tezar Trimudha. 2018. "Ultrasonic Cleaner Dengan Sistem Pembuangan Air Otomatis Berbasis Atmega 8535". Semarang. Available: <https://eprints.uwhs.ac.id/1736/>
- [2] Setiawan I,Rudi., Pudji, Andjar., Indrato, Tri Bowo. 2016. "Ultrasonic Cleaner Berbasis Mikrokontroler ATMEGA". Surabaya.
- [3] Gultom, Nia Arissah 2017. "Rancang Bangun Mesin Cuci Souvenir Ultrasonic 40 Khz Berbasis ATMEGA 328". Sumatra.
- [4] P. Anto. 2017. "Alat Ukur Ultrasonic Cleaner" Available: <https://resistdance.wordpress.com/2017/12/07/alat-ukur-ultrasonic-cleaner/> Diakses pada 16 September 2023
- [5] Yusuf, Rahman. 2015. "Transduser Magnetostriktif & Piezoelektrik" [Online]. Available: <http://www.slideshare.net/yusufrahman8/transduser-magnetostr>. Diakses pada 20 Mei 2023
- [6] K Dickson, Teknik Elektronika, "Pengertian Osilator dan Prinsip Kerjanya" Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-osilator-prinsip-kerja-oscillator/> Diakses pada 10 juli 2023
- [7] T. Dermanto, 29 Agustus 2013. "Pengertian dan Prinsip Kerja Solenoid Valve". Available: <http://trikueni-desain•sistem.blogspot.com/2013/08/Solenoid-Valve.html>. Diakses pada 16 Juni 23
- [8] A. Faudin, "Cara mengakses modul display LCD 16×2," 16 September 2017. [Online]. Available: <https://www.nyebarilmu.com/cara-mengakses-modul-display-lcd-16x2/>. Diakses pada 11 Mei 2022
- [9]K Dickson, "Pengertian Resistor dan Jenis-jenisnya" <https://teknikelektronika.com/pengertian-resistor-jenis-jenis-resistor/> Diakses pada 11 Juli 2023
- [10] zona elektro "Pengertian Resistor, Kode Warna Resistor, Jenis Resistor dan Fungsi Resistor" Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-resistor-jenis-jenis-resistor/> Diakses pada 20 Juni 2023
- [11] Turang, Daniel Alexander Octavianus. 2015. "PENGEMBANGAN SISTEM RELAY PENGENDALIAN DAN PENGHEMATAN PEMAKAIAN LAMPU BERBASIS MOBILE". Yogyakarta.
- [12] S. S. Hidayatullah, "PENGERTIAN BUZZER ELEKTRONIKA BESERTA FUNGSI DAN PRINSIP KERJANYA," Oktober 2020. [Online]. Available: <https://www.belajaronline.net/2020/10/pengertian-buzzer-elektronika-fungsi-prinsip-kerja.html>. Diakses pada 4 Juli 2023

- [13] Zona elektro “Pengertian Thermistor (NTC dan PTC) dan Karakteristiknya“
Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-thermistor-ntc-ptc-karakteristik/> Diakses pada 20 Juni 2023
- [14] Dickson Kho, Teknik elektronika “Pengertian Transformator (Trafo) dan Prinsip Kerjanya” Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-transformator-prinsip-kerja-trafo/> Diakses pada 3 Juli 2023
- [15] guru Pendidikan, “Pengertian Kapasitor” 31 Mei 2023 Available:
<https://www.gurupendidikan.co.id/pengertian-kapasitor/> Diakses pada 3 Juli 2023
- [16] studio belajar, “pengertian diode”
Available: <https://www.studiobelajar.com/dioda/> diakses pada 3 juli 2023
- [17] Elektronika Bersama, “Dioda, Forward Bias dan Reverse Bias”
<https://www.elektronikabersama.web.id/2011/05/dioda-forward-bias-dan-reverse-bias.html> diakses pada 5 juli 2023
- [18] Supri, “Optocoupler “ Available: <https://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-optocoupler-dan-prinsip-kerjanya/> Diakses pada 13 Juli 2023

LAMPIRAN

