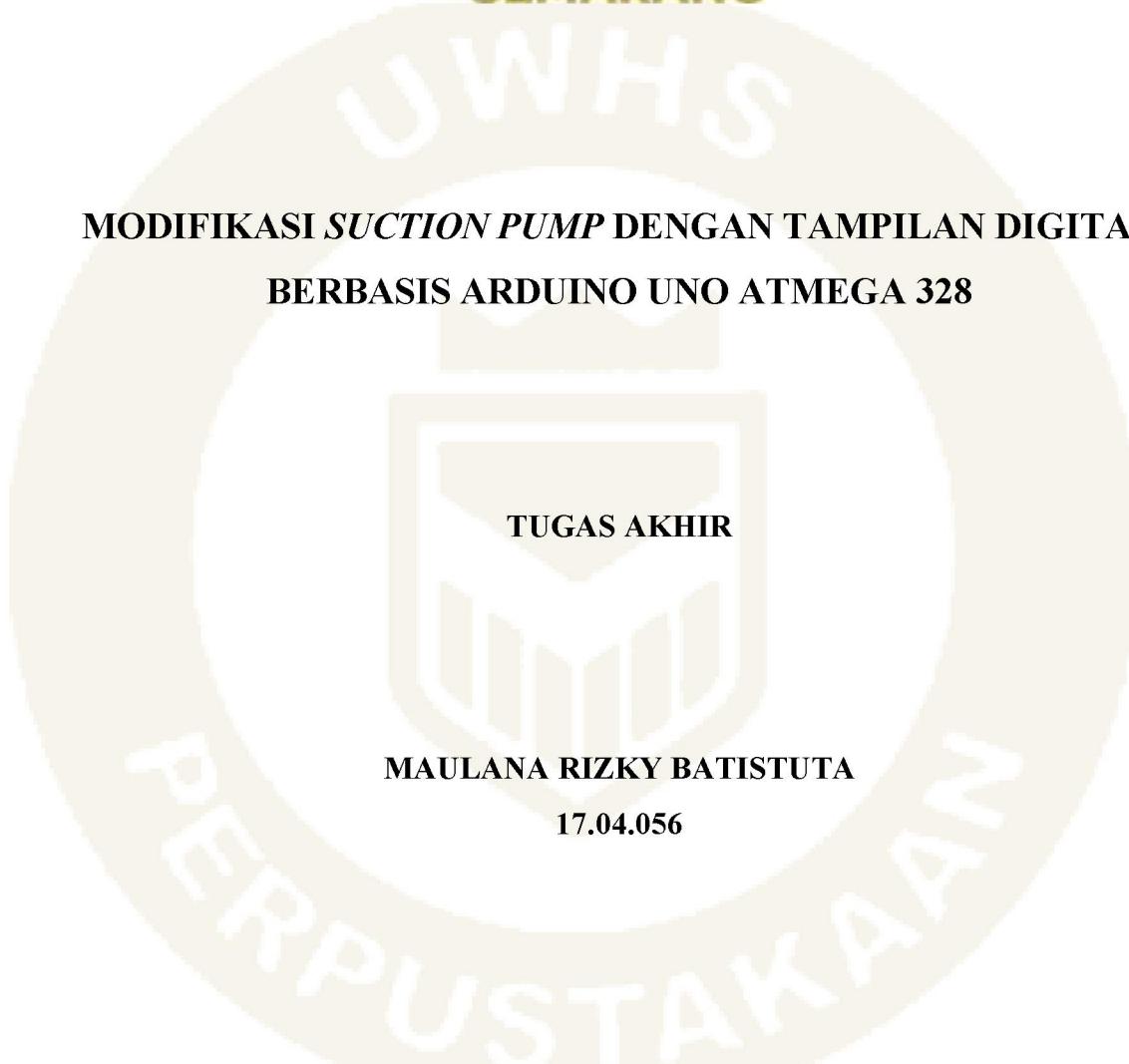




UNIVERSITAS
WIDYA HUSADA
SEMARANG



FAKULTAS KESEHATAN DAN KETEKNISIAN MEDIK

PROGRAM STUDI D-III TEKNIK ELEKTROMEDIK

SEMARANG

2020



PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : MODIFIKASI SUCTION PUMP DENGAN TAMPILAN
DIGITAL BERBASIS ARDUINO UNO ATMEGA 328

NAMA : MAULANA RIZKY BATISTUTA
NIM 1704056

“Saya menyatakan dan bertanggung jawab dengan sebenarnya bahwa Karya Tulis ini adalah hasil karya saya 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 dibatalkan gelar Ahli Madya Teknik Elektromedik saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”.

Semarang, 6 Oktober 2020

Penulis

Maulana Rizky Batistuta



PERNYATAAN PERSETUJUAN

JUDUL : MODIFIKASI SUCTION PUMP DENGAN TAMPILAN
DIGITAL BERBASIS ARDUINO UNO ATMEGA 328

NAMA : MAULANA RIZKY BATISTUTA

NIM : 1704056

Karya Tulis ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan penguji ujian Akhir Program Pendidikan Diploma III Teknik Elektromedik Universitas Widya Husada Semarang.

Menyetujui,

Pembimbing

Anggiat Winner P.O, S.ST



PENGESAHAN KARYA TULIS

JUDUL : MODIFIKASI SUCTION PUMP DENGAN TAMPILAN
DIGITAL BERBASIS ARDUINO UNO ATMEGA 328

NAMA : MAULANA RIZKY BATISTUTA

NIM 1704056

Karya Tulis ini telah diujikan dan dipertahankan dihadapan tim penguji Ujian Akhir Program Pendidikan Diploma III Teknik Elektromedik Universitas Widya Husada Semarang pada hari Selasa tanggal 06 bulan Oktober tahun 2020.

Dewan Penguji:

Anggota 1

Anggota 2

Basuki Rahmat, MT
NIDN. 0622057504

Anggiat Winner P.O, S.ST

Ka. Prodi D-III Teknik Elektromedik

Ketua Penguji

Agung Satrio Nugroho, S.T., M.Eng
NIDN. 0619058101

Supriyanto, M.Kom
NIDN. 0616037101

ABSTRAK

Suction pump merupakan alat medis yang dapat menghisap cairan berupa darah, air liur, nanah, lendir atau berbagai jenis cairan yang terbentuk dari proses sekresi tubuh yang dalam kondisi tertentu perlu untuk dihilangkan atau dibersihkan pada saat proses operasi. Suction pump merupakan alat yang terdiri dari motor penggerak atau pompa dengan piston atau kipas dan juga membran sebagai jenis sistem hisapnya, katup-katup (katup hisap dan katup tekan), selang-selang (selang hisap dan selang buang), tabung vakum sebagai media cairan yang dihisap dan manometer yang menunjukkan tekanan negatif pada suction pump.

Kebanyakan alat suction yang digunakan masih dengan tampilan sederhana atau masih dengan manometer. Modifikasi suction pump ini menggunakan tampilan digital yang akan menampilkan tekanan hisap pada display berupa LCD yang dapat mempermudah user untuk memastikan daya hisap yang dihasilkan oleh suction pump. Dan juga dilengkapi dengan sistem keamanan pada alat dengan menggunakan alarm lalu alat akan mati secara otomatis ketika cairan dalam tabung hampir penuh yang tujuan agar cairan yang dihisap tidak masuk ke rangkaian dan melindungi komponen motor penggerak atau pompa agar tidak terjadi konsleting.

Pada modifikasi suction pump ini sistem elektronik terdiri atas mikrokontroler Arduino Uno ATmega 328 sebagai pusat pengendali, sensor MPX digunakan sebagai sensor tekanan udara dan juga sekaligus digunakan untuk sistem pengamannya yang akan menyalaikan alarm lalu mematikan alat secara otomatis.

Kata kunci : *Suction pump, cairan, tekanan vakum, Arduino Uno ATmega 328, sensor MPX, alarm*

ABSTRACT

A suction pump is a medical device that can suck fluids in the form of blood, saliva, pus, mucus or various types of fluids that are formed from the body's secretion process which under certain conditions needs to be removed or cleaned during the operation process. A suction pump is a device consisting of a motor or pump with a piston or fan and a membrane as a type of suction system, valves (suction and pressure valves), hoses (suction and exhaust hoses), vacuum tubes as a liquid medium suction pump and a manometer that shows negative pressure on the suction pump.

Most of the suction tools used are still simple or still with a manometer. This suction pump modification uses a digital display that will display the suction pressure on an LCD display which can make it easier for the user to ensure the suction power generated by the suction pump. And it is also equipped with a security system on the device using an alarm and then the tool will automatically shut down when the liquid in the tube is almost full, which aims to prevent the sucked liquid from entering the circuit and protect the components of the motor or pump so that a short circuit does not occur.

In this modification of the suction pump, the electronic system consists of the Arduino Uno ATmega 328 microcontroller as the control center, the MPX sensor is used as an air pressure sensor and is also used for the safety system which will turn on the alarm and then turn off the appliance automatically.

Keywords : Suction pump, liquid, vacuum pressure, Arduino Uno ATmega 328, MPX sensor, alarm

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kepada ALLAH SWT yang telah melimpahkan nikmat, rahmat, dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini. Karya ilmiah ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan ujian akhir pada program Diploma III Teknik Elektromedik Universitas Widya Husada Semarang. Adapun judul yang penulis buat adalah “Modifikasi *Suction Pump* Dengan Tampilan Digital Berbasis Arduino Atmega 328” untuk melengkapi tugas akhir di Akademi Teknik Elektromedik di Universitas Widya Husada Semarang. Dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah (KTI) ini, penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan karunia dan berkat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak, Ibu dan Adik-adik saya yang telah mencerahkan dukungan penuh berupa doa, moral dan material kepada penulis.
3. Ibu Dr. Hargianti Dini Iswandri, dr.g.MM sebagai rektor Universitas Widya Husada Semarang
4. Bapak Agung Satrio Nugroho, S.T., M.Eng Ketua Program Studi DIII Elektromedik Universitas Widya Husada Semarang.
5. Bapak Anggiat Winner P.O, S.ST, selaku pembimbing yang telah membantu dan mendukung dalam proses penggeraan Karya Tulis Ilmiah ini.
6. Staf administrasi Program Studi Diploma III Teknik Elektromedik Universitas Widya Husada yang telah membantu dalam proses pembuatan Karya Tulis Ilmiah ini.
7. Rekan-rekan di Pondok Pesantren Mahasiswa (PPM) Al Hikmah Semarang Barat yang telah mendukung saya dalam proses penggeraan Karya Tulis Ilmiah ini.
8. Rekan-rekan kontrakan Kos Surga yang telah mendukung saya dalam proses penggeraan Karya Tulis Ilmiah ini.

9. Rekan-rekan Sobat Perwayuhan yang telah mendukung saya dalam proses penggerjaan Karya Tulis Ilmiah ini.
10. Rekan-rekan ATEM angkatan 2017 yang telah berjuang bersama selama tiga tahun, dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang membantu proses penggerjaan Karya Tulis Ilmiah ini.

Penulis mohon maaf apabila terdapat kesalahan dalam Karya Tulis ini karena penulis menyadari bahwa penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis membutuhkan kritik ataupun saran yang membangun dari para pembaca.

Semoga Karya Tulis ini dapat memberikan manfaat secara umum bagi masyarakat dan secara khusus bagi kemajuan Program Studi DIII Teknik Elektromedik.

Semarang, 6 Oktober 2020

Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN PENULIS	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN	iii
PENGESAHAN KARYA TULIS.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	1
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Daftar Istilah.....	3
BAB II TEORI DASAR	5
2.1 Tekanan	5
2.1.1 <i>Jenis Tekanan.</i>	5
2.1.2 <i>Tekanan Vakum.</i>	8
2.2 <i>Suction Pump</i>	9
2.2.1 <i>Jenis Suction Pump</i>	10
2.2.2 <i>Portable Suction Pump</i>	12
2.3 Pompa	13
2.3.1 <i>Jenis Pompa</i>	13
2.3.2 <i>Pompa Hisap (Reciprocating)</i>	14

2.4	Mikrokontroller	16
2.4.1	<i>Jenis Mikrokontroller Arduino</i>	16
2.4.2	<i>Arduino Uno</i>	18
3.4.3	<i>Spesifikasi Arduino Uno</i>	22
3.4.4	<i>Konfigurasi Pin Arduino</i>	23
3.4.5	Memori	25
3.4.6	<i>Input dan Output</i>	25
2.5	<i>Inter Integrated Circuit (I2C)</i>	27
2.6	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	29
2.7	Sensor Tekanan (MPX5500)	30
2.8	<i>Buzzer</i>	32
2.9	Saklar	33
2.10	Push Button.....	35
2.11	Transformator	36
2.11.1	<i>Prinsip Kerja Transformator</i>	37
2.11.2	<i>Jenis Transformator</i>	37
2.12	Modul Step-Down LM2596	39
2.13	Resistor	41
2.14	Transistor	44
2.14.1	<i>Transistor Sebagai Saklar</i>	46
2.14.2	<i>Titik Kerja Transistor</i>	48
2.15	Kapasitor	52
2.16	Dioda.....	54
2.17	<i>Fuse</i>	58
2.18	Teori Presentase Kesalahan	59
	BAB III PERENCANAAN ALAT	61
3.1	Tahapan Perencanaan	61
3.2	Spesifikasi Alat.....	62

3.3	Perencanaan Blok Diagram	62
3.3.1	<i>Cara Kerja Alat</i>	64
3.4	Perencanaan Diagram Alur.....	65
3.5	Perencanaan Rangkaian	67
3.5.1	<i>Rangkaian Power Supply</i>	67
3.5.2	<i>Rangkaian Step Down</i>	68
3.5.3	<i>Rangkaian Mikrokontroller</i>	70
3.5.4	<i>Rangkaian Display</i>	71
3.5.5	<i>Rangkaian Pompa Hisap</i>	72
3.5.6	<i>Rangkaian Sensor Tekanan (MPX5500)</i>	73
3.5.7	<i>Rangkaian Alarm Buzzer</i>	74
3.5.8	<i>Rangkaian Pengatur Kecepatan Pompa</i>	74
3.6	Perencanaan Casing.....	75
3.7	Persiapan Alat dan Bahan.....	76
3.8	Pembuatan Modul.....	76
	BAB IV PENDATAAN DAN PENGUKURAN	78
4.1	Pengertian	78
4.2	Persiapan Alat	78
4.3	Metode Pengukuran	79
4.4	Hasil Pengukuran	80
	BAB V ANALISA DATA	84
5.1	Rangkaian Keseluruhan	84
5.2	Analisa Rangkaian	86
5.2.1	<i>Analisa Rangkaian TP 1</i>	87
5.2.2	<i>Analisa Rangkaian TP 2</i>	88
5.2.3	<i>Analisa Rangkaian TP 3</i>	89
5.2.4	<i>Analisa Rangkaian TP 4</i>	90
	BAB VI PENUTUP	93

6.1	Kesimpulan.....	93
6.2	Saran	93
DAFTAR PUSTAKA		95



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Klasifikasi Tekanan Menurut Tingkat Pengukurannya	7
Gambar 2. Mekanisme Vakum Suction Cup.....	9
Gambar 3. Mekanisme Pompa <i>Reciprocating</i>	14
Gambar 4. Bentuk Fisik Pompa Hisap (Pompa <i>Reciprocating</i>).....	15
Gambar 5. Bentuk Fisik Arduino Uno	18
Gambar 6. Arsitektur Arduino Uno.....	19
Gambar 7. Konfigurasi Pin Arduino	23
Gambar 8. Bentuk Fisik <i>Inter Integrated Circuit (I2C)</i>	27
Gambar 9. Bentuk Fisik LCD	29
Gambar 10. Konfigurasi Pin LCD.....	30
Gambar 11. Bentuk Fisik Sensor MPX5500DP	30
Gambar 12. Konfigurasi Sensor MPX5500DP	31
Gambar 13. Kurva Perbandingan Tegangan dan Tekanan	32
Gambar 14. Bentuk Fisik dan Bagian-Bagian <i>Buzzer</i>	33
Gambar 15. Bentuk Fisik Saklar	33
Gambar 16. Cara Kerja Saklar	34
Gambar 17. Bentuk Fisik <i>Push Button</i>	35
Gambar 18. Posisi <i>Push Button</i>	36
Gambar 19. Bentuk Fisik Transformator	37
Gambar 20. Bagian – Bagian Tranformator.....	38
Gambar 21. Bentuk Fisik Modul <i>Step Down</i>	39
Gambar 22. Konfigurasi Pin IC LM2596.....	40
Gambar 23. Bentuk Fisik Transistor	45
Gambar 24. <i>Cut-off</i> Transistor	47
Gambar 25. Saturasi Transistor	48
Gambar 26. Grafik Kerja Transistor	49
Gambar 27. Bentuk Fisik Transistor Mosfet	50
Gambar 28. Simbol Transistor MOSFET <i>Mode Depletion</i> (a) <i>N-Channel Depletion</i> (b) <i>P-Channel Depletion</i>	51

Gambar 29. Simbol Transistor MOSFET <i>Mode Enhancement</i>	
(a) <i>N-Channel Enhancement</i> (b) <i>P-Channel Enhancement</i>	52
Gambar 30. Jenis dan Simbol Kapasitor	54
Gambar 31. Jenis dan Simbol Dioda.....	56
Gambar 32. Struktur dan Simbol Dioda.....	57
Gambar 33. Simbol <i>Fuse</i>	58
Gambar 34. Blok Diagram Alat	62
Gambar 35. Gambar Diagram Alir	66
Gambar 36. Gambar Rangkaian <i>Power Supply</i>	67
Gambar 37. Gambar Rangkaian <i>Step Down</i>	68
Gambar 38. Gambar Rangkaian Mikrokontroller	70
Gambar 39. Gambar Rangkaian Display	71
Gambar 40. Gambar Rangkaian Pompa Hisap	72
Gambar 41. Gambar Rangkaian Sensor Tekanan (MPX5500).....	73
Gambar 42. Gambar Rangkaian Alarm <i>Buzzer</i>	74
Gambar 43. Gambar Rangkaian Pengatur Kecepatan Pompa.....	74
Gambar 44. Gambar Perencanaan <i>Casing</i>	75
Gambar 45. <i>Wirring</i> Keseluruhan Alat	84

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Konversi Tekanan	7
Tabel 2. Spesifikasi Arduino Uno	22
Tabel 3. Kode Warna Resistor	43
Tabel 4. Komponen <i>Power Supply</i>	68
Tabel 5. Komponen <i>Step Down</i>	69
Tabel 6. Komponen Mikrokontroller	70
Tabel 7. Komponen Rangkaian Pompa Hisap.....	73
Tabel 8. Komponen Sensor Tekanan	73
Tabel 9. Komponen Alarm.....	74
Tabel 10. Komponen Pengatur Kecepatan Pompa	75
Tabel 11. Hasil Pengukuran TP 1.....	80
Tabel 12. Hasil Pengukuran TP 2.....	81
Tabel 13. Hasil Pengukuran TP 3.....	82
Tabel 14. Hasil Pengukuran TP 4.....	83

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suction pump merupakan alat medis yang digunakan untuk menghilangkan dan membersihkan cairan yang tidak diperlukan pada saat proses operasi dengan cara dihisap. *Suction pump* ini dapat menghisap cairan berupa darah, air liur, nanah, lendir atau berbagai jenis cairan yang terbentuk dari proses sekresi tubuh yang dalam kondisi tertentu perlu untuk dihilangkan atau dibersihkan. Penggunaan *suction* untuk profesional dapat digunakan untuk menghilangkan darah dari daerah yang akan dioperasi untuk memungkinkan ahli bedah melihat dan bekerja pada daerah tersebut. Alat ini bekerja dengan menggunakan motor penggerak atau pompa dengan *piston* atau kipas dan juga membran sebagai jenis sistem hisapnya, terdapat katup-katup (katup hisap dan katup tekan), selang-selang untuk tempat jalannya cairan (selang hisap dan selang buang), tabung vakum sebagai tempat penampung pada cairan yang dihisap dan juga manometer yang menunjukkan nilai tekanan negatif pada *suction pump*.

Dewasa ini dalam bidang industri, perlahan-lahan peralatan manual mulai digantikan dengan peralatan elektronik yang dapat bekerja secara otomatis dengan sistem yang digital. Kebanyakan dari *suction pump* saat ini tampilan tekanan masih menggunakan tampilan yang sederhana atau dengan menggunakan tampilan jarum manometer. Alat *suction* yang masih dengan tampilan manometer juga mengakibatkan *user* akan kesulitan untuk menentukan secara tepat daya hisap yang

keluar dari *suction pump*. Sedangkan pada kegiatan tertentu, *user* memerlukan untuk mengetahui daya hisap yang dikeluarkan oleh *suction pump* secara tepat. Selain itu *suction* saat ini juga sering mengalami henti kerja sesaat, hingga mengalami kerusakan. Kerusakan tersebut diakibatkan karena tabung *suction* yang sudah melebihi batas daya tampung dan tidak dapat menampung cairan lagi sehingga cairan tersebut masuk ke dalam komponen *suction*. Akibatnya, komponen tersebut menjadi konslet atau bahkan dapat mati total sehingga alat tersebut tidak dapat digunakan lagi.

Berdasarkan dari permasalahan ini, penulis tertarik untuk membuat alat *suction pump* dengan menggunakan tampilan digital dan juga dilengkapi dengan sistem keamanan pada alat yang tujuannya untuk melindungi rangkaian atau komponen penggerak motor atau pompa sebagai objek dari karya tulis ilmiah dengan judul :

**“MODIFIKASI SUCTION PUMP DENGAN TAMPILAN DIGITAL
BERBASIS ARDUINO UNO ATMEGA 328”**

1.2 Tujuan

Tujuan penyusunan karya tulis ini antara lain :

1. Membuat modul Tugas Akhir berupa Modifikasi *Suction Pump* Dengan Tampilan Digital Berbasis Arduino Uno ATmega 328
2. Serta dilengkapi sistem pengaman pada alat berupa indikator alarm ketika cairan pada tabung penuh.

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi pelebaran masalah dalam pembahasan, pada tugas akhir ini penulis membatasi pokok-pokok permasalahan sebagai berikut:

1. Menggunakan mikrokontroller Arduino Uno ATmega 328.
2. Sistem hisapnya dengan menggunakan pompa hisap berjenis *reciprocating* bertegangan DC.
3. Pengaturan kecepatan pompa dapat diatur pada kecepatan *low*, *medium* dan *high*.
4. Sensor tekanan digunakan untuk sistem pengaman alat dan juga membaca tekanan hisap yang dihasilkan oleh pompa.
5. Alarm akan berbunyi dan mesin akan mati secara otomatis ketika cairan berada pada level 1000 ml.

1.4 Daftar Istilah

Dalam penulisan karya tulis ilmiah ini penulis menggunakan beberapa kata-kata yang tidak baku atau kata-kata yang tidak umum di antaranya :

- a. *Suction pump* : merupakan alat medis yang digunakan untuk membersihkan dan menghilangkan cairan yang tidak diperlukan pada saat proses operasi dengan cara dihisap.
- b. Sekresi tubuh : proses untuk membuat dan melepaskan substansi kimiawi dalam bentuk lendir yang dilakukan oleh sel tubuh dan kelenjar.
- c. Piston : merupakan sumbat geser yang terpasang di dalam sebuah silinder mesin pembakaran dalam silinder hidraulik, pneumatik dan silinder pompa.

- d. Membran : selaput, kulit tipis, atau lembaran bahan tipis yang berfungsi sebagai pemisah selektif.
- e. Katup : merupakan sebuah perangkat yang mengatur, mengarahkan atau atau mengontrol aliran dari suatu cairan (gas, cairan, padatan terfluidisasi) dengan membuka, menutup atau menutup sebagian dari jalan alirannya.
- f. Tabung Vakum : merupakan tabung yang sifatnya kedap udara atau sering juga disebut tabung suction untuk menampung cairan.
- g. Manometer : alat yang digunakan untuk mengukur tekanan suatu fluida dalam ruang tertutup.
- h. Tekanan negatif : merupakan keadaan dimana tekanan gas dan uap yang nilainya lebih rendah dari tekanan atmosfer yang biasanya dimanfaatkan untuk menghisap.

BAB II

TEORI DASAR

2.1 Tekanan

Tekanan adalah sebuah istilah fisika yang digunakan untuk menyatakan besarnya gaya per satuan luas. Perlu diperhatikan bahwa gaya yang dimaksud disini adalah gaya yang tegak lurus dengan permukaan dari suatu objek. Tekanan biasanya digunakan untuk mengukur kekuatan dari suatu zat yang berupa cairan atau gas. Untuk zat padat jarang digunakan istilah tekanan karena zat pada bentuk dan volumenya tidak berubah-ubah. Tekanan juga sering dihubungkan dengan volume dan suhu. Semakin tinggi tekanan di suatu tempat yang volumenya sama, maka suhu pada tempat tersebut juga akan semakin tinggi. Satuan Internasional (SI) untuk tekanan adalah Pascal (Pa), pascal ini sama dengan newton per meter persegi (N/m^2).

2.1.1 Jenis Tekanan

Secara umum terdapat dua jenis tekanan, jika tekanan itu berhubungan dengan zat cair disebut dengan Tekanan Hidrostatis, sedangkan tekanan yang berhubungan dengan zat gas disebut Tekanan Udara.

a. Tekanan Hidrostatis

Sesuai dengan namanya, kata hidrostatis berasal dari dua kata, yaitu “*hidro*” yang artinya air dan “*statis*” yang artinya tetap. Jadi tekanan hidrostatis merupakan tekanan pada zat cair dalam keadaan diam. Tekanan hidrostatis ini ada pada kesetimbangan zat cair dalam posisi diam karena dipengaruhi oleh

gaya gravitasi. Tekanan Hidrostatis tidak dipengaruhi oleh volume dari zat cair tersebut. Tiga hal utama yang mempengaruhi tekanan hidrostatis pada suatu tempat adalah :

- Kedalaman
 - Massa jenis zat cair tersebut
 - Gaya gravitasi pada tempat itu

b. Tekanan Udara

Tekanan udara adalah tekanan yang menggerakan massa udara dalam setiap satuan luas tertentu. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur tekanan udara disebut barometer. Satuan dari tekanan udara adalah milibar (mb). Besarnya tekanan udara akan berbanding terbalik dengan ketinggian suatu tempat, semakin tinggi tempat tersebut, maka semakin rendah tekanan udaranya, demikian pula sebaliknya.

Tekanan udara diukur berdasarkan tekanan gaya pada permukaan dengan luas tertentu. Tekanan (P) adalah besaran fisika untuk menyatakan gaya (F) per satuan luas (A) dan dirumuskan sebagai berikut :

dimana :

P = tekanan, dalam Pa (Pascal)

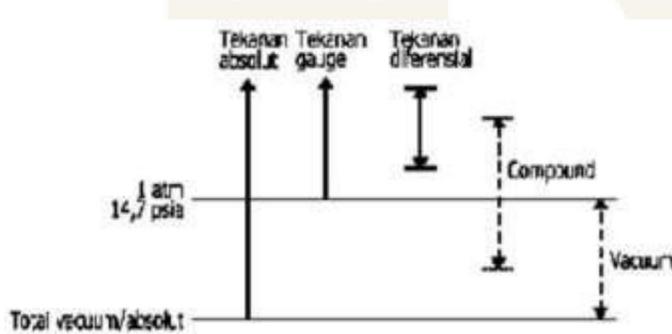
F = gaya, dalam N (newton)

A = luas permukaan yang memperoleh tekanan, dalam m² (meter persegi).

Klasifikasi tekanan menurut tingkat pengukurannya seperti ditunjukkan pada

Gambar 1, adalah:

1. Tekanan Absolut, adalah tekanan mutlak pada suatu zat.
2. Tekanan Vakum, menunjukkan seberapa lebih tekanan atmosfer dari tekanan mutlak.
3. Tekanan *Differensial*, sama seperti tekanan gauge tetapi tidak dimulai dari tekanan atmosfer, melainkan di atas tekanan atmosfer.
4. Tekanan *Compound*, yaitu tekanan diantara tekanan atmosfer.



Gambar 1. Klasifikasi Tekanan Menurut Tingkat Pengukurannya

Dalam sistem satuan Internasional, satuan tekanan adalah Pa (pascal). Satuan - satuan tekanan dan konversinya seperti ditunjukkan pada Tabel 1 [1].

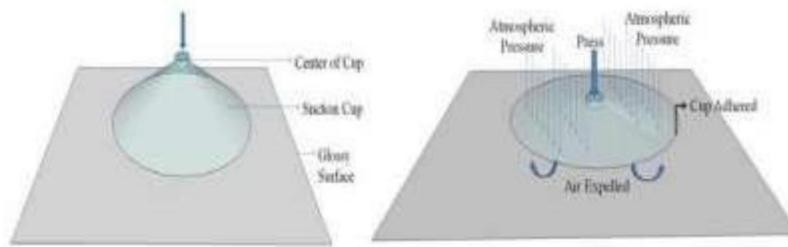
Tabel 1. Konversi Tekanan

	kPa	mmHg	Milibar	PSI
1 atm	101,325	760	1013,25	14,696
1 kPa	1	7,5	10	0,145
1 mmHg	0,1332	1	1,3322	0,01933
1 mbar	0,1	0,75	1	0,0145
1 PSI	6,89473	51,7148	68,9473	1

2.1.2 Tekanan Vakum

Tekanan relatif atau tekanan terukur adalah tekanan yang diukur berdasarkan tekanan atmosfer (di atas atau bawah tekanan atmosfir). Jadi tekanan relatif adalah selisih antara tekanan absolute dengan tekanan atmosfer (1 atmosfer = 760 mmHg = 14.7 psia). Tekanan ini bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfir. Tekanan relatif dari zat cair yang berhubungan dengan dara luar (atmosfir) bertekanan “nol” sehingga tekanan relatif adalah positif bila lebih besar dari tekanan atmosfir dan negatif apabila lebih kecil. Tekanan relatif biasa disebut “*relative pressure / gage pressure*”.

Jadi tekanan vakum atau juga disebut tekanan negatif merupakan keadaan dimana tekanan gas dan uap yang nilainya lebih rendah dari tekanan atmosfer. *Vacuum* berasal dari bahasa latin yang berarti “kosong” [2]. Ada beberapa metode untuk membuat mekanisme vakum, dapat dihasilkan dengan menggunakan tuas *push-pull vacuum pads* dari material metal atau dapat dibuat dengan cara menekan bagian tengah dari *suction cup* terhadap permukaan datar. Volume ruang / udara di sekitar *suction cup* dan permukaan benda akan dikeluarkan melalui tepi *suction cup*. Setelah berhenti memberikan tekanan, *suction cup* yang terbuat dari karet cenderung kembali ke bentuk awalnya. Setelah semua udara dipaksa keluar dari bagian dalam *suction cup*, maka di dalam *suction cup* tidak terdapat udara dan tekanan udara. Perbedaan tekanan antara atmosfer di bagian luar *suction cup* dan tekanan rendah di dalam *suction cup*, merupakan penyebab *suction cup* merekat pada permukaan benda. Mekanisme *vacuum suction cup* mencengkeram dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Mekanisme Vakum Suction Cup

Tekanan vakum juga digunakan pada alat *suction pump* yang digunakan untuk menghisap cairan - cairan, alat ini umum digunakan dengan memanfaatkan perbedaan tekanan yang terjadi. Pada sistem ini sendiri komponen utama yang dapat menimbulkan kevakuman ialah adanya impeller atau kipas yang berputar sehingga menimbulkan perbedaan tekanan dan terjadi kevakuman atau penghisapan [3].

2.2 *Suction Pump*

Alat *suction pump* sudah ada sejak tahun 1933 merupakan alat medis yang digunakan untuk menghilangkan dan membersihkan cairan yang tidak diperlukan pada saat proses operasi dengan cara dihisap. *Suction pump* ini dapat menghisap cairan berupa darah, air liur, nanah, lendir atau berbagai jenis cairan yang terbentuk dari proses sekresi tubuh yang dalam kondisi tertentu perlu untuk dihilangkan atau dibersihkan. Penggunaan *suction* untuk profesional dapat digunakan untuk menghilangkan darah dari daerah yang akan dioperasi untuk memungkinkan ahli bedah melihat dan bekerja pada daerah tersebut. *Suction* juga dapat digunakan untuk menghilangkan darah yang telah ada dalam tengkorak setelah pendarahan intracranial [4].

Alat ini bekerja dengan cara menghisap cairan tersebut karena alat ini merupakan alat yang terdiri dari motor penggerak atau pompa untuk sistem hisap,

dan tabung vakum sebagai tempat penampung pada cairan yang dihisap. Terdapat dua buah selang pada *suction* yang masing-masing berfungsi sebagai selang hisap dan selang buang, selang hisap dihubungkan langsung dengan pasien dan selang buang dihubungkan dengan sistem hisap dari motor, sistem penghisap ini ada beberapa macam yaitu menggunakan *piston*, kipas dan juga membran. Tabung berisi udara normal yang dihisap oleh motor akan mengakibatkan kevakuman tabung sehingga udara akan masuk melalui selang yang dihubungkan ke pasien. Dari sini akan terjadi penghisapan cairan yang menutupi lubang selang. Alat ini sering digunakan pada ruang operasi dan *Intensive Care Unit (ICU)*.

2.2.1 *Jenis Suction Pump*

Suction pump ini sendiri memiliki banyak jenis dan tipe bergantung pada tujuan, lingkungan dan tingkat tenaga hisapnya. Namun, untuk lingkungan rumah sakit dan sebagainya jenis-jenis *suction pump* yang biasa digunakan dapat diperangkas sebagai berikut :

a. Portable Suction Pump

Portable Suction Pump yang menonjolkan segi mobilitas dan fleksibilitasnya. Biasanya *suction* jenis ini menggunakan tenaga baterai atau listrik dengan memiliki kekuatan hisap berbeda – beda pada setiap alatnya dengan rata – rata untuk maksimal tekanan negatifnya mencapai 40 Kpa – 66 Kpa (300 mmHg – 500 mmHg). *Suction* jenis ini dapat dibawa kemana saja sehingga mudah ditemukan pada lokasi – lokasi darurat, strategis dan skenario – skenario medis.

b. Mobile Suction Pump

Suction jenis ini memiliki kekuatan hisap yang tinggi yaitu mencapai 90 Kpa – 96 Kpa (680 mmHg – 720 mmHg) sehingga cocok digunakan untuk penggunaan di ICU, UGD, ruang operasi, sampai dengan pada klinik perawatan kecantikan. Berbeda dengan *suction* jenis *portable* bentuk *mobile suction pump* lebih besar dengan dilengkapi roda atau troli pada bagian bawahnya sehingga mudah untuk dipindahkan dan juga dilengkapi dengan 2 tabung suction untuk penampung cairannya.

c. Transport Suction Pump

Alat yang satu ini digunakan untuk kebutuhan saat diperjalanan. Motor digerakkan dengan menggunakan baterai. Alat yang berbentuk ringkas dan ringan namun tetap efektif menjalankan tugasnya dengan memiliki kekuatan daya hisap mencapai 20 Kpa – 26 Kpa (150 mmHg – 200 mmHg). Biasanya dapat menemukan alat ini pada ambulan, kendaraan evakuasi, dan lain sebagainya.

d. Manual Suction Pump

Seperti namanya, alat ini merupakan alat yang digunakan secara manual tanpa menggunakan tenaga listrik atau baterai. Cara kerja alat ini umumnya menggunakan pompa tangan yang disambungkan ke tabung cairan, karena masih menggunakan sistem manual jadi kekuatan daya hisapnya tergantung besarnya tenaga manusia untuk menjalankan pompa. Jenis *suction* ini sudah tidak digunakan lagi oleh kebanyakan rumah sakit atau instansi medis lainnya karena hasil yang tidak dapat diprediksi dan tidak konsisten.

e. *Wall Mounted Suction Pump*

Merupakan jenis *suction* yang dipasangkan ke tembok dan terintegrasi dengan struktur bangunan. Pada umumnya *suction* jenis ini ada pada tempat-tempat yang dimana sang pasien tidak dalam kondisi yang perlu untuk berpindah-pindah [5].

2.2.2 Portable Suction Pump

Prinsip dasar kerja alat ini menggunakan motor vakum yang daya hisapnya dapat diatur (*Low, Medium* dan *High*). Tiap titik hisapan daya hisap yang digunakan berbeda-beda penghisapan dengan tekanan 14,66 – 19,99 Kpa (109,95 – 149,925 mmHg) untuk dewasa, 12,66 – 14,66 Kpa (94,95 – 109,95 mmHg) untuk anak-anak, dan 6,66 – 12,66 Kpa (49,95 – 94,95 mmHg) untuk bayi. Adapun tekanan penghisapan yang digunakan dalam operasi menggunakan satuan mmHg. Kemudian cairan yang sudah dihisap dari tubuh pasien akan ditampung dalam botol penampung.

Kekuatan daya hisapnya dikontrol dengan menggunakan regulator, ini biasanya diatur saat *suction* digunakan untuk kondisi hisapan yang berbeda-beda, ketika cairan terlalu kental maka regulator diatur dengan kemampuan hisap yang lebih besar sedang untuk kondisi cairan yang lebih encer maka sebaliknya.

Tabung vakum, fungsi dari botol vakum adalah untuk memberikan kevakuman udara pada saat digunakan. Pada alat ada yang dapat berfungsi hanya dengan satu buah botol, tetapi akan lebih baik jika menggunakan dua botol, pada botol akan dilengkapi dengan tutup botol dan disana terdapat dua lubang. Selain itu aksesoris lain yang digunakan adalah *suction* / selang untuk vakum yang besarnya

disesuaikan dengan lubang *proft* dan panjangnya disesuaikan antara jarak penghisap dan botol. *Suction pump* banyak digunakan pada kegiatan operasi di ruang bedah, yaitu untuk menghisap darah yang keluar dari pasien, sedangkan diruang perawatan untuk menghisap lendir dalam mulut dan tenggorokan [6].

2.3 Pompa

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus.

2.3.1 Jenis Pompa

a. Pompa Sentrifugal (*Centrifugal Pump*)

Sifat dari hidrolik ini adalah memindahkan energi pada daun/kipas pompa dengan dasar pembelokan/pengubah ariran (*fluid dynamics*). Kapasitas yang dihasilkan oleh pompa sentrifugal adalah sebanding dengan putaran, sedangkan total head (tekanan) yang dihasilkan oleh pompa sentrifugal adalah sebanding dengan pangkat dua dari kecepatan putaran.

b. Pompa *Reciprocating*

Beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*).

c. *Jets pump*

Sebagai pendorong untuk mengangkat cairan dari tempat yang sangat dalam.

d. *Air lift pumps (mammoth pumps)*

Cara kerja pompa ini sangat tergantung pada aksi dari campuran antara cairan dan gas (*two phase flow*)

e. *Hidraulic pumps*

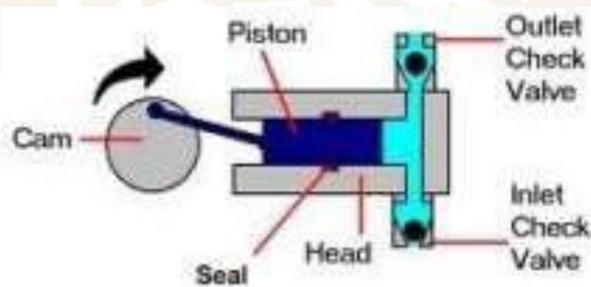
Pompa ini menggunakan kinetik energi dari cairan yang dipompakan pada suatu kolom dan energi tersebut diberikan pukulan yang tiba-tiba menjadi energi yang berbentuk lain (energi tekan).

f. *Elevator Pump*

Sifat dari pompa ini mengangkat cairan ke tempat yang lebih tinggi dengan menggunakan roda timbah [7].

2.3.2 Pompa Hisap (*Reciprocating*)

Pada pompa jenis ini, sejumlah volume fluida masuk kedalam silinder melalui *valve inlet* pada saat langkah masuk dan selanjutnya dipompa keluar melalui *valve outlet* pada langkah maju. Fluida yang keluar dari pompa *reciprocating*, berdenyut dan hanya bisa berubah apabila kecepatan pompanya berubah. Ini karena volume sisi inlet yang konstan.



Gambar 3. Mekanisme Pompa *Reciprocating*

Saat mengalirkan fluida yaitu mengonversikan atau mengubah energi mekanis dari penggerak pompa menjadi energi dinamis atau potensial terhadap cairan yang dipindahkan. Perpindahan energi ke cairan terjadi melalui elemen berupa *gear* atau sering juga disebut *crank / cam* yang bergerak secara memutar dan memberikan dorongan terhadap *piston*. Prinsip kerja dari pompa *reciprocating* yakni memberikan tekanan terhadap cairan melalui jarum *piston*, piston inilah yang selanjutnya akan menekan fluida ke arah *discharge* sehingga dapat mengalir. Pompa ini biasa digunakan untuk memompa cairan kental.



Gambar 4. Bentuk Fisik Pompa Hisap (Pompa *Reciprocating*)

Pompa yang saya gunakan ini bekerja menggunakan motor DC dengan tegangan ± 12 V DC dan beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran [8].

2.4 Mikrokontroller

Mikrokontroller adalah sebuah sistem komputer yang dibangun pada sebuah keping (*chip*) tunggal. Jadi, hanya dengan sebuah keping IC saja dapat dibuat sebuah sistem komputer yang dapat dipergunakan untuk mengontrol alat.

Saat ini sebagian besar peralatan elektronika dikontrol dengan mikrokontroller, misalnya mesin *fax*, mesin foto – *copy* , mesin cuci otomatis, sampai *handphone*. Peralatan tersebut tidak akan dapat dibuat dengan ukuran yang cukup kecil jika tidak menggunakan kontrol menggunakan mikrokontroller.

2.4.1 Jenis Mikrokontroller Arduino

Saat ini terdapat banyak jenis bentuk papan Arduino yang disesuaikan dengan peruntukannya seperti diperlihatkan berikut ini :

- a. Arduino Uno adalah jenis yang yang paling banyak digunakan. Terutama untuk pemula sangat disarankan untuk menggunakan Arduino Uno. Dan banyak sekali referensi yang membahas Arduino Uno. Versi yang terakhir adalah Arduino Uno R3 (Revisi 3), menggunakan ATMEGA328 sebagai Microcontrollernya, memiliki 14 pin I/O digital dan 6 pin *input* analog. Untuk pemograman cukup menggunakan koneksi USB *type A to type B*. Sama seperti yang digunakan pada USB printer.
- b. Arduino Due berbeda dengan saudaranya, Arduino Due tidak menggunakan ATMEGA, melainkan dengan *chip* yang lebih tinggi ARM Cortex CPU. Memiliki 54 I/O pin digital dan 12 pin input analog. Untuk pemogramannya menggunakan Micro USB, terdapat pada beberapa handphone.

- c. Arduino Mega mirip dengan Arduino Uno, sama-sama menggunakan USB *type A to B* untuk pemogramannya. Tetapi Arduino Mega menggunakan *chip* yang lebih tinggi ATMEGA2560. Dan tentu saja untuk pin I/O digital dan pin *input analognya* lebih banyak dari Uno.
- d. Arduino Leonardo bisa dibilang Leonardo adalah saudara kembar dari Uno. Dari mulai jumlah pin I/O digital dan pin *input analognya* sama. Hanya pada Leonardo menggunakan Micro USB untuk pemogramannya.
- e. Arduino Fio bentuknya lebih unik terutama untuk socket nya. Walau jumlah pin I/O digital dan *input analognya* sama dengan uno dan leonardo, tapi Fio memiliki socket XBee. XBee membuat Fio dapat dipakai untuk keperluan projek yang berhubungan dengan *wireless*.
- f. Arduino Lilypad papan dengan bentuk yang melingkar. Contoh: Lilypad Arduino 00, Lilypad Arduino 01, Lilypad Arduino 02, Lilypad Arduino 03, Lilypad Arduino 04. Dengan 14 pin I/O digital, dan 6 pin *input analognya*.
- g. Arduino Nano sepertinya namanya, Nano yang berukuran kecil dan sangat sederhana ini, menyimpan banyak fasilitas. Sudah dilengkapi dengan FTDI untuk pemograman lewat *Micro USB*. 14 pin I/O digital, dan 8 pin *input analog* (lebih banyak dari Uno). Dan ada yang menggunakan ATMEGA168, atau ATMEGA328.
- h. Arduino Mini fasilitasnya sama dengan yang dimiliki Nano. Hanya tidak dilengkapi dengan *Micro USB* untuk pemograman. Dan ukurannya hanya 30 mm x 18 mm saja.

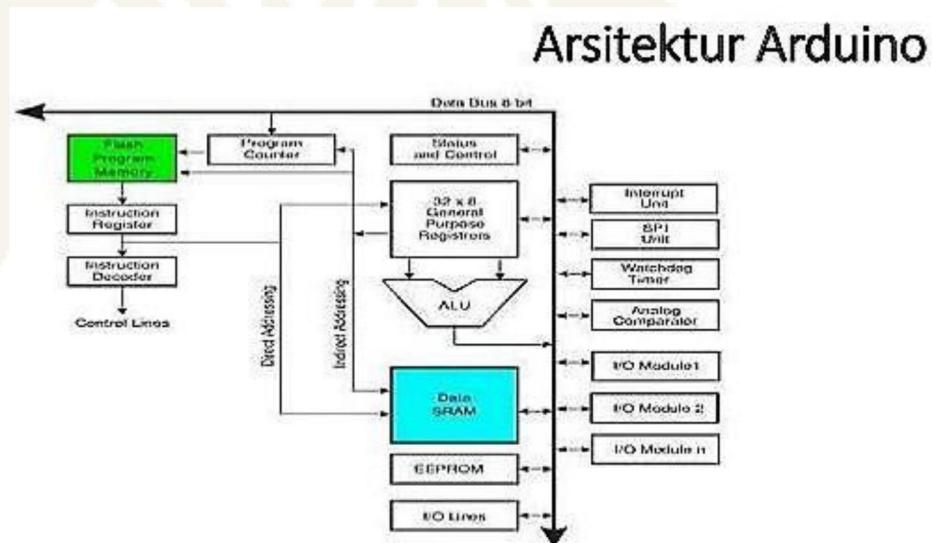
- i. Arduino *Micro* ukurannya lebih panjang dari Nano dan Mini. Karena memang fasilitasnya lebih banyak yaitu; memiliki 20 pin I/O digital dan 12 pin *input* analog.
 - j. Arduino Ethernet, arduino yang sudah dilengkapi dengan fasilitas ethernet. Membuat Arduino kamu dapat berhubungan melalui jaringan LAN pada komputer. Untuk fasilitas pada pin I/O digital dan *input* analognya sama dengan Uno.
 - k. Arduino Esplora, rekomendasi bagi kamu yang mau membuat gadget seperti *smartphone*, karena sudah dilengkapi dengan *joystick*, *button*, dan sebagainya. Kamu hanya perlu tambahkan LCD, untuk lebih mempercantik Esplora.
1. Arduino Robot, ini adalah paket komplit dari Arduino yang sudah berbentuk robot. Sudah dilengkapi dengan LCD, *speaker*, roda, sensor *infrared*, dan semua yang kamu butuhkan untuk robot sudah ada pada Arduino ini.

2.4.2 *Arduino Uno*



Gambar 5. Bentuk Fisik Arduino Uno

Arduino UNO adalah papan sirkuit berbasis mikrokontroller ATmega328. IC (*integrated circuit*) ini memiliki 14 *input / output* digital (6 *output* untuk PWM), 6 analog *input*, resonator kristal keramik 16 MHz, koneksi USB, soket adaptor, pin *header* ICSP, dan tombol *reset*. Hal inilah yang dibutuhkan mensupport mikrokontroller secara mudah terhubung dengan kabel *power* USB atau kabel *power supply* adaptor AC ke DC atau juga ke baterai.



Gambar 6. Arsitektur Arduino Uno

Beberapa fitur yang umumnya ada di dalam Arduino Uno adalah sebagai berikut :

1. ROM (*Read Only Memory*) berfungsi untuk tempat penyimpanan variabel. Memori ini bersifat *volatile* yang berarti akan kehilangan semua datanya jika tidak mendapat catu daya.
2. RAM (*Random Acces Memory*) digunakan oleh mikrokontroller untuk tempat menyimpan program yang akan diberikan oleh *user*.
3. *Register* merupakan tempat penyimpanan nilai-nilai yang akan digunakan dalam proses yang telah disediakan oleh Arduino.

4. *Special Function Register* merupakan register khusus yang berfungsi untuk mengatur jalannya Arduino. *Register* ini terletak pada RAM.

5. *Input* dan *Output* Pin

Pin *input* adalah bagian yang berfungsi sebagai penerima signal dari luar, pin ini dapat dihubungkan ke berbagai media inputan seperti *keypad*, sensor dan sebagainya. Pin *output* adalah bagian yang berfungsi untuk mengeluarkan sinyal dari hasil proses algoritma Arduino.

6. *Interrupt* adalah bagian Arduino yang berfungsi sebagai bagian yang dapat melakukan interupsi, sehingga ketika program utama sedang berjalan, program utama tersebut dapat di interupsi dan menjalankan program interupsi terlebih dahulu. Beberapa *interrupt* pada umumnya adalah sebagai berikut:

- a. *Interrupt* eksternal ialah *interrupt* akan terjadi bila ada inputan dari pin *interrupt*.
- b. *Interrupt timer* ialah *interrupt* akan terjadi bila waktu tertentu telah tercapai.
- c. *Interrupt serial* ialah *interrupt* yang terjadi ketika ada penerimaan data dari komunikasi serial.

Arduino Uno memiliki beberapa kriteria standar yaitu memiliki 32 KB *Flash Programmable* dan 1 KB EEPROM yang dapat diprogram ulang sekitar 1000 kali *write* atau *erase cycle*, 2 KB SRAM, 14 jalur I/O, 6 pin analog, dua buah 16 bit *timer/counter*, dengan arsitektur lima vector, empat-level *interrupt*, *full duplex serial port*, *on chip oscillator* dan *on chip timer/counter*. Arduino beroperasi pada frekuensi *clock* sampai 16 Mhz. ATmega328 memiliki dua *Power Saving Mode* yang dapat

dikontrol melalui *software*, yaitu *Idle Mode* dan *Power Down Mode*. Pada *Idle Mode*, CPU tidak aktif sedangkan isi RAM tetap dipertahankan dengan *timer/counter*, serial *port* dan *interrupt system* tetap berfungsi. Pada *Power Down Mode*, isi RAM akan disimpan tetapi oscillator-nya tidak akan berfungsi sehingga semua fungsi dari *chip* akan berhenti sampai mendapat *reset* secara *hardware*.

Arduino Uno memiliki arsitektur Harvard yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan parallelism.

1. Instruksi-instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi-instruksi dapat dieksekusi dalam setiap siklus clock.
2. 32x8-bit *register* serbaguna digunakan untuk mendukung operasi pada ALU (*Arithmetic Logic Unit*) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. 6 dari *register* serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah *register pointer* 16-bit pada mode pengalamatan tak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data. Ketiga *register pointer* 8-bit ini disebut dengan *register X* (gabungan R26 dan R27), *register Y* (gabungan R28 dan R29), dan *register Z* (gabungan R30 dan R31).
3. Hampir semua instruksi Arduino memiliki format 8-bit. Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 8-bit atau 32-bit. Selain *register* serbaguna di atas, terdapat *register* lain yang terpetakan dengan teknik *memory mapped I/O* selebar 64 bit. Beberapa *register* ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai

register control timer/Counter, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM, dan fungsi I/O lainnya. Register-register ini menempati memori pada alamat 0x20h-0x5Fh [9].

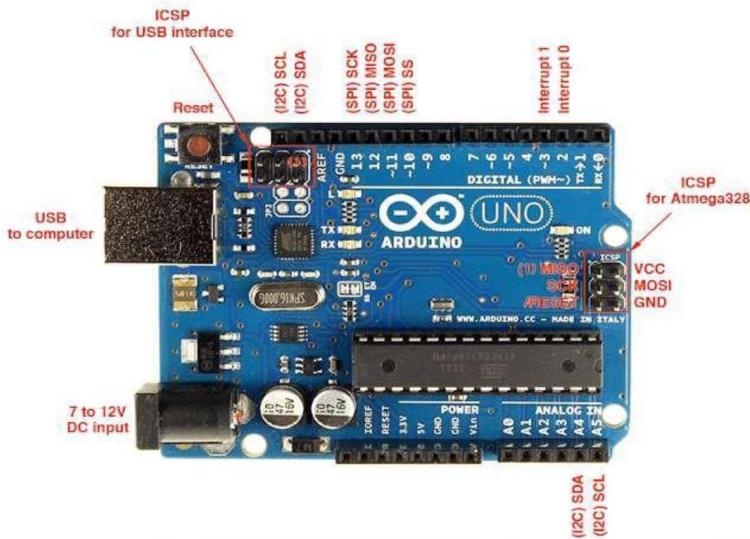
3.4.3 Spesifikasi Arduino Uno

Tabel 2. Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O pins	14 (dimana 6 memberikan output PWM)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O pin	40mA
DC Current for 3.3V Pin	50ma
Flash Memory	32Kb (ATmega328) of which 0.5Kb used by bootloader
SRAM	2Kb (ATmega328)
EEPROM	1Kb (ATmega328)
Clock Speed	16MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

3.4.4 Konfigurasi Pin Arduino

Arduino memiliki banyak pin yaitu 14 *input / output* digital (6 *output* untuk PWM), 6 analog input, resonator kristal keramik 16 MHz, koneksi USB, soket adaptor, pin *header* ICSP, dan tombol *reset* yang dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Konfigurasi Pin Arduino

Berikut fungsi dari pin Arduino UNO:

1. SPI (*Serial Peripheral Interface*)

Fungsi dari SPI adalah untuk sinkronisasi yang digunakan oleh mikrokontroller untuk berkomunikasi dengan satu atau lebih perangkat dengan cepat dalam jarak pendek.

2. SCK (*Serial Clock*)

SCK berfungsi mensetting Clock dari master ke slave.

3. MOSI (*Master Out, Slave In*)

MOSI digunakan pada SPI, dimana data ditransfer dari *master* ke *slave*.

4. MISO (*Master In, Slave Out*)

Digunakan pada SPI, dimana data ditransfer dari *slave* ke *master*

5. I₂C

Protokol yang menggunakan jalur *clock* (SCL) dengan SDA untuk bertukar informasi.

6. SCL

Jalur data yang digunakan oleh I₂C untuk mengidentifikasi bahwa data sudah siap ditransfer.

7. SDA

Jalur data (dua arah) yang digunakan oleh I₂C.

8. ICSP (*In Circuit Serial Programming*)

ICSP digunakan untuk memprogram sebuah mikrokontroller seperti ATmega328 menggunakan jalur USB ATmega16U2. ICSP sendiri menggunakan jalur SPI untuk transfer data.

9. VCC

VCC merupakan jalur *supply* tegangan biasanya +5V.

10. IOREF

Input / Output referensi yang berguna untuk melindungi *board* agar tidak terjadi *over voltage*

11. Vin

Pin ini berfungsi untuk mensupply tegangan dari eksternal, misal adapter. (jangan mensupply tegangan dari luar bila *board* anda sudah mendapatkan *supply* dari USB).

12. GND

Jalur *ground*.

13. USB

Digunakan untuk mentransfer data dari computer ke *board* anda.

14. PWM (*Pulse Width Modulation*)

Pin yang ditandai dengan “~” mendukung signal PWM, PWM sendiri berfungsi untuk mengatur kecepatan motor, atau kecerahan lampu dan lain-lain.

15. Analog Pins

A0-A5 merupakan Pin Analog, membaca nilai analog dari 0-1023.

3.4.5 Memori

ATmega328 memiliki 32 kb (dengan 0,5 kb digunakan untuk *bootloader*), 2 kb dari SRAM dan 1 kb EEPROM (yang dapat dibaca dan itulis dengan EEPROM library).

3.4.6 Input dan Output

Masing-masing dari 14 pin digital di Arduino Uno dapat digunakan sebagai *input* atau *output* dan beroperasi dengan daya 5V. Setiap pin dapat memberikan atau

menerima maksimum 40 mA dan memiliki *internal pull-up* resistor (secara *default* terputus) dari 20-50 kOhm. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus, yaitu:

- a. Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) TTL data serial. Pin ini dihubungkan ke pin yang berkaitan dengan *chip* serial ATmega8U2 USB-to-TTL.
- b. Eksternal *interrupt*: pin 2 dan pin 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu *interrupt* pada nilai yang rendah, dengan batasan tepi naik atau turun, atau perubahan nilai.
- c. PWM: pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11. Menyediakan output PWM 8-bit dengan fungsi *analog write ()*.
- d. SPI: pin 10 (SS), pin 11 (Mosi), pin 12 (MISO), pin 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan SPI *library*.
- e. LED: pin 13. Ada *built-in* LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai nilai *HIGH*, LED *on*, ketika pin bernilai *LOW*, LED *off*.

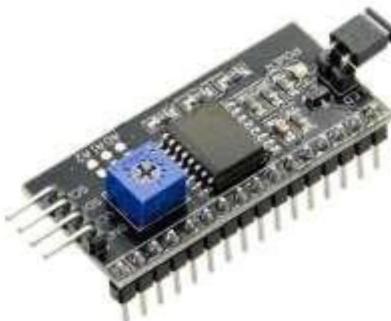
Arduino UNO memiliki 6 masukan analog, berlabel A0 sampai dengan A5, yang masing-masing menyediakan 10 bit dengan resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda).

Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus, yaitu:

- a. I2C: pin A4 (SDA) dan pin A5 (SCL). Dukungan I2C (TWI) menggunakan *library wire*.
- b. Aref: tegangan referensi (0 sampai 5V saja) untuk *input* analog. Digunakan dengan fungsi *analog reference()*.

- c. Reset: jalur *LOW* ini digunakan untuk mereset (menghidupkan ulang) mikrokontroller [10].

2.5 *Inter Integrated Circuit (I2C)*



Gambar 8. Bentuk Fisik *Inter Integrated Circuit (I2C)*

I2C singkatan dari *Inter Integrated Circuit* merupakan cara komunikasi data secara serial diantara perangkat I2C dengan dua jalur. Pada protokol I2C, data dikirim secara serial melalui jalur SDA, sedangkan untuk clock dikirim melalui jalur SCL.

a. Komunikasi I2C

I2C Philips mendefinisikan konsep perangkat master dan *slave*. Perangkat master adalah suatu perangkat yang mengatur jalur pada waktu komunikasi bekerja. Selain itu perangkat master juga mengatur signal *START* dan *STOP* juga *clock*. Sedangkan untuk perangkat *slave* akan menunggu signal dari master dan berjalan sesuai signal dan data yang dikirimkan. Perangkat master dapat mengirim data ke *slave* dan menerima data dari *slave*, tetapi *slave* tidak dapat berkomunikasi antar *slave* gambar fisik I2C dapat dilihat pada gambar 8. Urutan

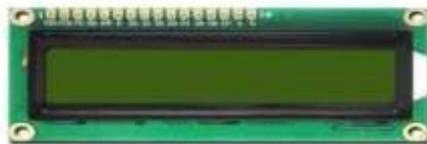
proses membaca (*read*) dan menulis (*write*) dari perangkat master ke *slave* secara I2C yaitu sebagai berikut :

- a) Mengirimkan bit *START* (S)
 - b) Mengirimkan alamat *slave* yang dituju (ADDR)
 - c) Mengirimkan bit baca (*READ / R – 1*) atau bit tulis (*WRITE / W – 0*)
 - d) Menunggu bit *acknowledge* (A)
 - e) Mengirimkan byte data (DATA) sebesar 8 bit
 - f) Mengirimkan bit *acknowledge* (A)
 - g) Mengirimkan bit *STOP* (P)
- b. Proses mengirimkan data byte dan bit *acknowledge* dapat diulang sehingga beberapa blok data dapat ditulis atau dibaca.
- c. Perangkat master mengirimkan urutan S ADDR W kemudian menunggu bit *acknowledge* (A) dari *slave* yang hanya akan diberikan oleh *slave* jika alamat yang dikirimkan oleh master sesuai dengan alamat pada *slave*. Jika bit *acknowledge* (A) dikirim, perangkat master akan mengirimkan DATA dan menunggu bit *acknowledge* (A) dari *slave*. Perangkat master akan mengakhiri proses transfer DATA byte dengan memberikan signal *STOP* atau mengirim *START* untuk pengiriman data lagi.
- d. Proses yang hampir sama pada saat master membaca byte dari perangkat *slave*, hanya bedanya kali ini R (*READ*) yang dikirimkan. Setelah data dikirimkan dari *slave* ke master, master mengirimkan signal *acknowledge* (A), jika master tidak

mau menerima data lagi dari *slave*, sinyal *not-acknowledge* (NACK) akan dikirimkan yang berarti *slave* harus selesai melakukan proses pengiriman informasi. Proses tersebut akan membuat perangkat master mengirimkan sinyal *STOP* atau sinyal *START* yang berulang.

- e. Untuk setiap komponen dalam bus I2C harus memiliki alamat masing-masing yang unik. Kapasitas maximum dari komponen yang dihubungkan menggunakan jalur I2C dibatasi oleh jumlah alamat *maximum* dan total kapasitansi bus I2C, yakni 400 pF.
- f. Untuk signal *START* dan *STOP* merupakan signal unik yang hanya dapat dibuat oleh perangkat master. Bit *START* dan *STOP* didefinisikan sebagai *rising edges* atau *falling edges* di jalur data bus ketika jalur *clock* tetap bernilai logika *high* [11].

2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*)

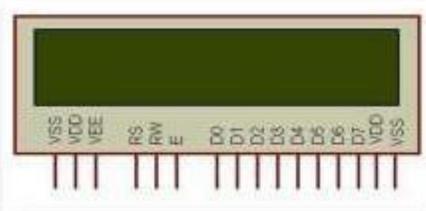


Gambar 9. Bentuk Fisik LCD

LCD adalah sebuah *display dot-matrix* yang berfungsi untuk menampilkan tulisan berupa angka atau huruf sesuai dengan yang diinginkan berdasarkan program yang digunakan untuk mengotrolnya. Pada tugas akhir ini penulis menggunakan

LCD dengan karakter 2x16 maka untuk lebih yang dapat kita lihat pada gambar 9 diatas.

Huruf dan angka yang ditampilkan dikirim ke LCD dalam bentuk ASCII, kode ASCII ini diterima dan diolah oleh mikrokontroller di dalam LCD menjadi titik – titik LCD yang dimana konfigurasi pin LCD dapat kita lihat pada gambar 10 yang terbaca sebagai huruf dan angka. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa, tugas dari mikrokontroller yang menggunakan LCD adalah mengirim kode – kode ASCII untuk tampilan [12].



Gambar 10. Konfigurasi Pin LCD

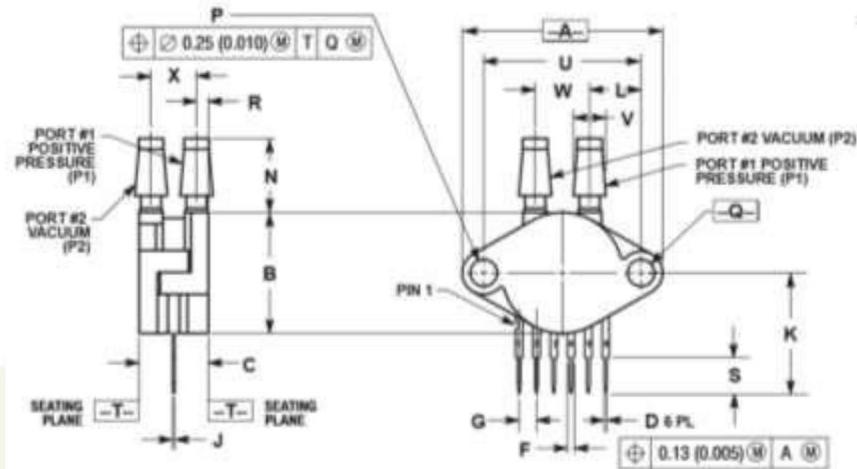
2.7 Sensor Tekanan (MPX5500)



Gambar 11. Bentuk Fisik Sensor MPX5500DP

Bentuk fisik dari sensor tekanan MPX5500 cukup kecil sehingga dapat digunakan dengan lebih praktis dan efisien tempat peletakan sensor tekanan MPX5500 tersebut. Dengan adanya rangkaian pengkondisi sinyal, sensor ini dapat

terhubung langsung pada Analog *to* Digital *Converter*. Rangkaian pengkondisi sinyal menghasilkan tegangan analog dengan Skala Penuh (*Full Scale*) hingga 5 Volt.



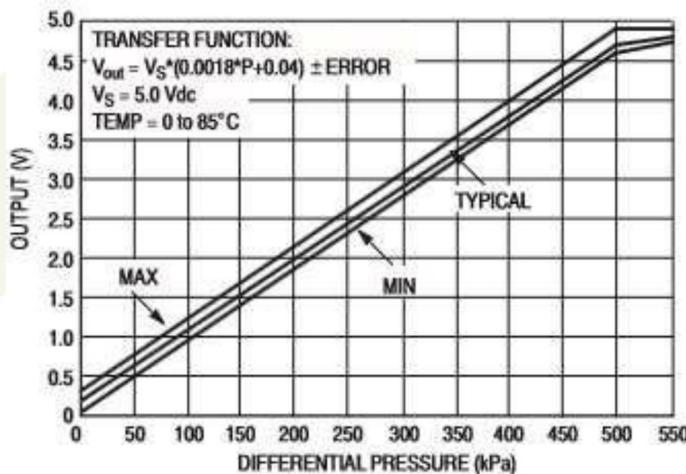
Gambar 12. Konfigurasi Sensor MPX5500DP

Dari gambar di atas, terdapat konfigurasi pin sensor adalah sebagai berikut:

- Pin 1 merupakan pin *Vout*
- Pin 2 merupakan pin *GND*
- Pin 3 adalah pin *V_s*.
- Pin 4, 5, dan 6 tidak digunakan untuk *external circuit*, tetapi digunakan untuk *internal device connections*.
- Port 1* untuk membaca tekanan positif (*positive pressure*)
- Port 2* untuk membaca tekanan negatif (*vacuum*)

MPX5500 adalah sensor tekanan udara yang dapat mengukur tekanan antara 0 hingga 500 kPa untuk satuan mmHg yaitu mencapai 3.750 mmHg (1 kPa = 7,50062 mmHg). Dan memiliki tegangan keluaran analog 0,2 hingga 4,7 V. Sensor ini memiliki toleransi akurasi maksimal 2,5 % pada suhu antara 0 hingga 85 °C. Tipe sensor ini adalah *differential* yaitu mengukur perbedaan tekanan udara dari setiap

sisinya. Grafik perbandingan antara output dalam Volt dengan tegangan yang menunjukkan sinyal keluaran sensor relatif terhadap masukan tekanan. Kurva keluaran umum, minimum, dan maksimum ditampilkan untuk operasi pada kisaran suhu 0° hingga 85°C terlihat pada gambar 13 [13].



Gambar 13. Kurva Perbandingan Tegangan dan Tekanan

Tegangan keluaran menurut teori dari sensor dapat dicari dengan rumus :

Dimana :

V_{out} = besaran tegangan keluaran pada sensor menurut teori (V)

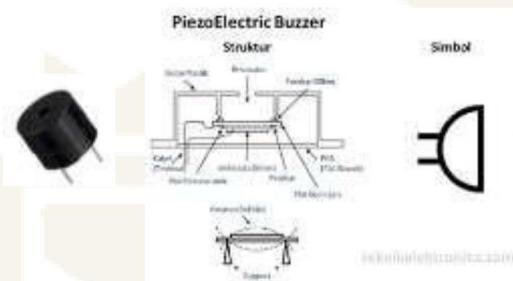
V_s = besaran tegangan input pada sensor (5 V)

P = besaran tekanan pada sensor (kPa)

2.8 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. 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. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm) [14].



Gambar 14. Bentuk Fisik dan Bagian-Bagian *Buzzer*

2.9 Saklar

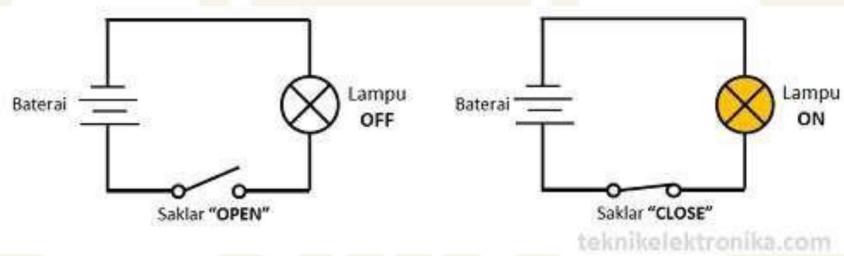
Saklar adalah suatu komponen atau perangkat yang digunakan untuk memutuskan atau menghubungkan aliran listrik. Saklar yang dalam bahasa Inggris disebut dengan *switch* ini merupakan salah satu komponen atau alat listrik yang paling sering digunakan. Hampir semua peralatan elektronika dan listrik memerlukan saklar untuk menghidupkan atau mematikan alat listrik yang digunakan.



Gambar 15. Bentuk Fisik Saklar

Pada dasarnya, sebuah saklar sederhana terdiri dari dua bilah konduktor (biasanya adalah logam) yang terhubung ke rangkaian eksternal. Saat kedua bilah konduktor tersebut terhubung maka akan terjadi hubungan arus listrik dalam rangkaian. Sebaliknya, saat kedua konduktor tersebut dipisahkan maka hubungan arus listrik akan ikut terputus.

Saklar yang paling sering ditemukan adalah saklar yang dioperasikan oleh tangan manusia dengan satu atau lebih pasang kontak listrik. Setiap pasangan kontak umumnya terdiri dari 2 keadaan atau disebut dengan “*State*”. Kedua keadaan tersebut diantaranya adalah Keadaan “*Close*” atau “Tutup” dan Keadaan “*Open*” atau “Buka”. *Close* artinya terjadi sambungan aliran listrik sedangkan *Open* adalah terjadinya pemutusan aliran listrik.



Gambar 16. Cara Kerja Saklar

Berdasarkan dua keadaan tersebut, saklar pada umumnya menggunakan istilah *Normally Open* (NO) untuk saklar yang berada pada keadaan terbuka (*Open*) pada kondisi awal. Ketika ditekan, saklar yang *Normally Open* (NO) tersebut akan berubah menjadi keadaan tertutup (*Close*) atau “*ON*”. Sedangkan *Normally Close* (NC) adalah saklar yang berada pada keadaan tertutup (*Close*) pada kondisi awal dan akan beralih ke keadaan terbuka (*Open*) ketika ditekan [15].

2.10 Push Button

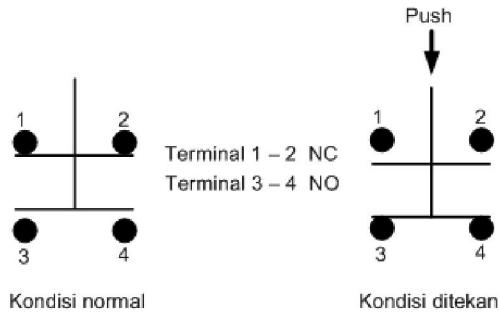
Push button switch (saklar tombol tekan) adalah perangkat / saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan *unlock* (tidak mengunci). Sistem kerja *unlock* disini berarti saklar akan bekerja sebagai *device* penghubung atau pemutus aliran arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tidak ditekan (dilepas), maka saklar akan kembali pada kondisi normal.



Gambar 17. Bentuk Fisik *Push Button*

Sebagai *device* penghubung atau pemutus, *push button switch* hanya memiliki 2 kondisi, yaitu *On* dan *Off* (1 dan 0). Istilah *On* dan *Off* ini menjadi sangat penting karena semua perangkat listrik yang memerlukan sumber energi listrik pasti membutuhkan kondisi *On* dan *Off*.

Karena sistem kerjanya yang *unlock* dan langsung berhubungan dengan operator, *push button switch* menjadi *device* paling utama yang biasa digunakan untuk memulai dan mengakhiri kerja mesin di industri. Secanggih apapun sebuah mesin bisa dipastikan sistem kerjanya tidak terlepas dari keberadaan sebuah saklar seperti *push button switch* atau perangkat lain yang sejenis yang bekerja mengatur pengkondisian *On* dan *Off*.



Gambar 18. Posisi Push Button

Berdasarkan fungsi kerjanya yang menghubungkan dan memutuskan, *push button switch* mempunyai 2 tipe kontak yaitu NC (*Normally Close*) dan NO (*Normally Open*).

- NO (*Normally Open*), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya terbuka (aliran arus listrik tidak mengalir). Dan ketika tombol saklar ditekan, kontak yang NO ini akan menjadi menutup (*Close*) dan mengalirkan atau menghubungkan arus listrik. Kontak NO digunakan sebagai penghubung atau menyalaikan sistem circuit (*Push Button ON*).
 - NC (*Normally Close*), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya tertutup (mengalirkan arus listrik). Dan ketika tombol saklar push button ditekan, kontak NC ini akan menjadi membuka (*Open*), sehingga memutus aliran arus listrik. Kontak NC digunakan sebagai pemutus atau mematikan sistem circuit (*Push Button Off*) [16].

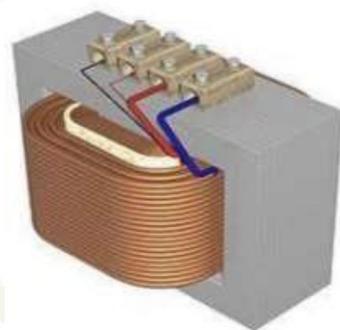
2.11 Transformer

Transformator atau transformer atau trafo adalah komponen elektromagnet untuk memindahkan daya listrik (arus dan tegangan) dari satu tempat ke tempat yang lain. Alat ini terdiri dari kumparan kawat-kawat dengan ukuran dan jumlah

kumparan kawat yang sudah ditentukan sesuai dengan kebutuhan. Kumparan kawat tersebut digulungkan pada inti besi (dari bahan ferromagnetik) yang dibuat tipis dan berlapis lapis.

2.11.1 Prinsip Kerja Transformator

Transformator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Tegangan masukan bolak-balik yang membentangi primer menimbulkan fluks magnet yang idealnya semua bersambung dengan lilitan sekunder. Fluks bolak-balik ini menginduksikan GGL dalam lilitan sekunder. Jika efisiensi sempurna, semua daya pada lilitan primer akan dilimpahkan ke lilitan sekunder, gambar fisik transformator dapat dilihat pada gambar 19.



Gambar 19. Bentuk Fisik Transformator

2.11.2 Jenis Transformator

a. Transformator Step - Up

Transformator *step-up* adalah transformator yang memiliki lilitan sekunder lebih banyak daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penaik tegangan. Transformator ini biasa ditemui pada pembangkit tenaga listrik sebagai penaik tegangan yang dihasilkan generator menjadi tegangan tinggi yang digunakan dalam transmisi jarak jauh.

b. Transformator *Step - Down*

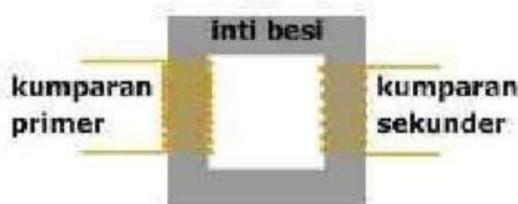
Transformator *step-down* memiliki lilitan sekunder lebih sedikit daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penurun tegangan. Transformator jenis ini sangat mudah ditemui, terutama dalam adaptor AC-DC.

c. Transformator Auto / Autotransformator

Transformator jenis ini hanya terdiri dari satu lilitan yang berlanjut secara listrik, dengan sadapan tengah. Dalam transformator ini, sebagian lilitan primer juga merupakan lilitan sekunder. Fasa arus dalam lilitan sekunder selalu berlawanan dengan arus primer, sehingga untuk tarif daya yang sama lilitan sekunder bisa dibuat dengan kawat yang lebih tipis dibandingkan transformator biasa. Keuntungan dari autotransformator adalah ukuran fisiknya yang kecil dan kerugian yang lebih rendah daripada jenis dua lilitan. Tetapi transformator jenis ini tidak dapat memberikan isolasi secara listrik antara lilitan primer dengan lilitan sekunder. Selain itu, autotransformator tidak dapat digunakan sebagai penaik tegangan lebih dari beberapa kali lipat (biasanya tidak lebih dari 1,5 kali).

d. Autotransformator Variabel

Autotransformator variabel sebenarnya adalah autotransformator biasa yang sadapan tengahnya bisa diubah-ubah, memberikan perbandingan lilitan primer-sekunder yang berubah-ubah yang dapat dilihat pada gambar 20.



Gambar 20. Bagian – Bagian Tranformator

Spesifikasi dari sebuah transformator umumnya mencakup rating tegangan arus primer dan sekunder, rating daya yang dibutuhkan (yaitu daya maksimum, biasanya dinyatakan dalam volt-ampere (VA) yang dapat secara terus-menerus diberikan oleh transformator pada kondisi-kondisi tertentu, kisaran frekuensi untuk komponen (biasanya dinyatakan sebagai batas atas dan batas bawah dari frekuensi kerja), dan pengaturan dari transformator (biasanya dinyatakan sebagai persentase dari beban penuh). Spesifikasi yang terakhir ini merupakan ukuran kemampuan transformator untuk mempertahankan tegangan output yang di-rating dalam kondisi berbeban [17].

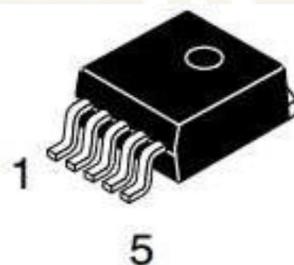
2.12 Modul *Step-Down* LM2596



Gambar 21. Bentuk Fisik Modul *Step Down*

Fungsi Step-Down LM2596 dalam perancangan rangkaian adalah untuk menurunkan tegangan atau mengubah tegangan sesuai dengan kebutuhan dengan memutar / mengatur bagian *pot trim*-nya. Modul step-down ini menggunakan IC LM2596. Dimana IC LM2596 adalah sirkuit terpadu / *integrated circuit* yang berfungsi sebagai *step down* DC converter dengan current rating 3A. Terdapat beberapa varian dari IC seri ini yang dapat dikelompokkan dalam dua kelompok yaitu versi *adjustable* yang tegangan keluarannya dapat diatur, dan versi *fixed voltage output* yang tegangan keluarannya sudah tetap / *fixed*. Pada modul diatas

menggunakan seri IC *adjustable* yang tegangan keluarannya dapat diubah-ubah. Dalam perancangan ini digunakan untuk menurunkan tegangan *power supply* dari 12 V DC ke tegangan yang dibutuhkan untuk mensuplay kemikrokontroller yaitu 5 V Keunggulan modul step down LM2596 dibandingkan dengan step down tahanan resistor / potensiometer adalah besar tegangan *output* tidak berubah (stabil) walaupun tegangan input naik turun. Modul ini memiliki toleransi akurasi maksimal 4 %.



Gambar 22. Konfigurasi Pin IC LM2596

Dari gambar di atas, terdapat konfigurasi pin dari IC LM2596 adalah sebagai berikut:

- a. Pin 1 merupakan pin *Vin*, pin ini adalah suplai *input* positif untuk regulator *step-down switching* LM2596. Untuk meminimalkan transien tegangan dan untuk mensuplai arus *switching* yang dibutuhkan oleh regulator harus ada kapasitor *bypass input* yang sesuai.
- b. Pin 2 merupakan pin *Output*, ini adalah emiter dari sakelar internal. Tegangan saturasi Vsat dari sakelar keluaran ini biasanya 1,5 V. Perlu diingat seharusnya area PCB yang terhubung ke pin ini harus dijaga seminimal mungkin untuk meminimalkan sambungan ke sirkuit sensitif.
- c. Pin 3 merupakan pin *Ground*.

- d. Pin 4 merupakan pin *Feedback*, pin ini adalah input langsung dari penguat kesalahan dan jaringan resistor yang dihubungkan secara eksternal untuk memungkinkan pemrograman tegangan output.
- e. Pin 5 merupakan pin *ON/OFF*, pin ini memungkinkan rangkaian regulator *switching* dimatikan menggunakan sinyal level logika [18].

2.13 Resistor

Resistor adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk menghambat atau membatasi aliran listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian elektronika. Sebagaimana fungsi resistor yang sesuai namanya bersifat resistif dan termasuk salah satu komponen elektronika dalam kategori komponen pasif. Satuan atau nilai resistansi suatu resistor disebut Ohm dan dilambangkan dengan simbol Omega (Ω). Sesuai hukum Ohm bahwa resistansi berbanding terbalik dengan jumlah arus yang mengalir melaluiinya. Selain nilai resistansinya (Ohm) resistor juga memiliki nilai yang lain seperti nilai toleransi dan kapasitas daya yang mampu dilewatkannya. Semua nilai yang berkaitan dengan resistor tersebut penting untuk diketahui dalam perancangan suatu rangkaian elektronika oleh karena itu pabrikan resistor selalu mencantumkan dalam kemasan resistor tersebut.

- 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 menunjukan nilai toleransi resistor.

c. Resistor Dengan 6 Cincin Warna

Resistor dengan 6 cicin 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.

d. Kode Huruf Resistor

Resistor dengan kode huruf dapat kita baca nilai resistansinya dengan mudah karena nilai resistansi dituliskan secara langsung. Pada umumnya resistor yang dituliskan dengan kode huruf memiliki urutan penulisan kapasitas daya, nilai resistansi dan toleransi resistor. Kode huruf digunakan untuk penulisan nilai resistansi dan toleransi resistor.

Kode Huruf Untuk Nilai Resistansi :

- a) R, berarti $\times 1$ (Ohm)
- b) K, berarti $\times 1000$ (KOhm)
- c) M, berarti $\times 1000000$ (MOhm)

Kode Huruf Untuk Nilai Toleransi :

- a) F, untuk toleransi 1%
- b) G, untuk toleransi 2%

- c) J, untuk toleransi 5%
- d) K, untuk toleransi 10%
- e) M, untuk toleransi 20%

Kemudian berdasarkan nilai resistansinya resistor dibedakan menjadi 2 jenis yaitu resistor tetap (*Fixed Resistor*) dan resistor tidak tetap (*Variable Resistor*).

Tabel 3. Kode Warna Resistor

Warna Cincin	Cincin I	Cincin II	Cincin III	Cincin IV Pengali	Cincin V Toleransi
Hitam	0	0	0	$\times 1$	
Coklat	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
Merah	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
Jingga	3	3	3	$\times 10^3$	
Kuning	4	4	4	$\times 10^4$	
Hijau	5	5	5	$\times 10^5$	
Biru	6	6	6	$\times 10^6$	
Ungu	7	7	7	$\times 10^7$	
Abu-abu	8	8	8	$\times 10^8$	
Putih	9	9	9	$\times 10^9$	
Emas				$\times 0,1$	$\pm 5\%$
Perak				$\times 0,01$	$\pm 10\%$
Tanpa warna					$\pm 20\%$

e. Resistor Tetap

Resistor tetap merupakan resistor yang nilai resistansinya tidak dapat diubah atau tetap. Resistor jenis ini biasa digunakan dalam rangkaian elektronika sebagai pembatas arus dalam suatu rangkaian elektronika. Resistor tetap dapat kita temui dalam beberapa jenis, seperti :

- a) *Metal Film Resistor*
- b) *Metal Oxide Resistor*
- c) *Carbon Film Resistor*

- d) *Ceramic Encased Wirewound*
 - e) *Economy Wirewound*
 - f) *Zero Ohm Jumper Wire*
 - g) S I P Resistor Network
- f. Resistor Tidak Tetap (Variable Resistor)

Resistor tidak tetap atau variabel resistor terdiri dari :

- a) Pontensiometer, tipe variabel resistor yang dapat diatur nilai resistansinya secara langsung karena telah dilengkapi dengan tuas kontrol. Potensiometer terdiri dari 2 jenis yaitu Potensiometer Linier dan Potensiometer Logaritmik.
- b) Trimer Potensiometer, yaitu tipe variabel resistor yang membutuhkan alat bantu (obeng) dalam mengatur nilai resistansinya. Pada umumnya resistor jenis ini disebut dengan istilah “Trimer Potensiometer atau VR”.
- c) Thermistor, yaitu tipe resistor variabel yang nilai resistansinya akan berubah mengikuti suhu disekitar resistor. Thermistor terdiri dari 2 jenis yaitu NTC dan PTC.
- d) LDR (*Light Depending Resistor*), yaitu resistor variabel nilai resistansinya akan berubah mengikuti cahaya yang diterima oleh LDR tersebut [15].

2.14 Transistor

Transistor adalah komponen elektronika semikonduktor yang memiliki 3 kaki elektroda, yaitu dasar (*basis*), pengumpul (*colektor*) dan pemancar (*emitor*). Transistor sebenarnya berasal dari kata “transfer” yang berarti pemindahan dan

“resistor” yang berarti penghambat. Dari kedua kata tersebut dapat kita simpulkan, pengertian transistor adalah pemindahan atau peralihan bahan setengah penghantar menjadi suhu tertentu. Transistor pertama kali ditemukan pada tahun 1948 oleh William Shockley, John Barden dan W.H, Brattain yang dapat dilihat pada gambar 23. Tetapi, komponen ini mulai digunakan pada tahun 1958.



Gambar 23. Bentuk Fisik Transistor

Fungsi transistor sangatlah besar dan mempunyai peranan penting untuk memperoleh kinerja yang baik bagi sebuah rangkaian elektronika. Dalam dunia elektronika, fungsi transistor ini adalah sebagai berikut:

- a. Sebagai sebuah penguat (amplifier).
- b. Sirkuit pemutus dan penyambung (*switching*).
- c. Stabilisasi tegangan (stabilisator).
- d. Sebagai perata arus.
- e. Menahan sebagian arus.
- f. Menguatkan arus.
- g. Membangkitkan frekuensi rendah maupun tinggi.
- h. Modulasi sinyal dan berbagai fungsi lainnya.

Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam penguat (amplifier). Rangkaian analog ini meliputi pengeras suara, sumber listrik stabil, dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa diantara transistor dapat juga dirangkai sedemikian rupa sehingga fungsi transistor menjadi sebagai *logic gate*, memori, dan komponen-komponen lainnya.

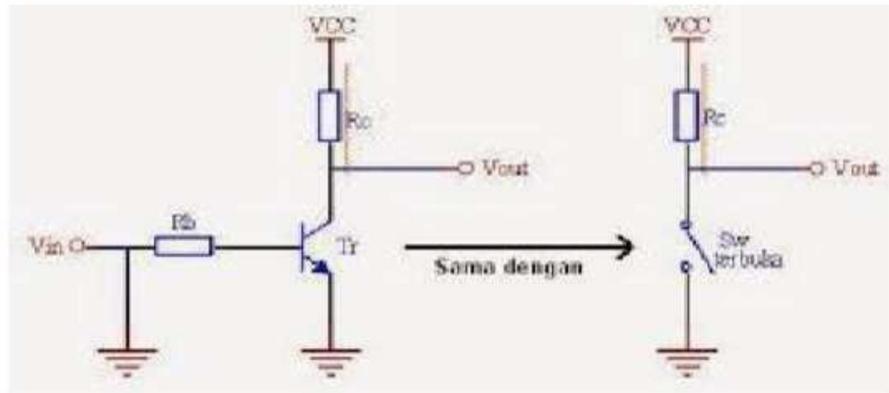
2.14.1 Transistor Sebagai Saklar

Salah satu fungsi transistor adalah sebagai saklar yaitu bila berada pada dua daerah kerjanya yaitu daerah jenuh (saturasi) dan daerah mati (*cut-off*). Transistor akan mengalami perubahan kondisi dari menyumbat ke jenuh dan sebaliknya. Transistor dalam keadaan menyumbat dapat dianalogikan sebagai saklar dalam keadaan terbuka, sedangkan dalam keadaan jenuh seperti saklar yang menutup.

Rangkaian *switch* dengan transistor banyak digunakan sebagai pengontrol relay, motor, selenoid dan lampu atau sebagai *driver input-output* pada rangkaian IC digital (TTL). Cara kerja transistor sebagai saklar berada pada 2 keadaan yaitu; kondisi Saturasi (*switch ON*) dan kondisi *Cut-Off* (*switch OFF*), yaitu :

a. Wilayah mati (*Cut-Off*) Transistor

Ketika arus yang masuk ke kaki basis sangat kecil bahkan mendekati nol, kondisi ini mengakibatkan transistor berada pada kondisi *Cut-Off* sehingga arus pada kolektor menjadi nol dan besar tegangan antara kaki kolektor dan emitor sama dengan suplay (VCC). kondisi ini tidak ada arus mengalir antara kaki kolektor dan emitor seperti saklar terbuka atau *OFF*. Perhatikan gambar 25 dibawah ini.

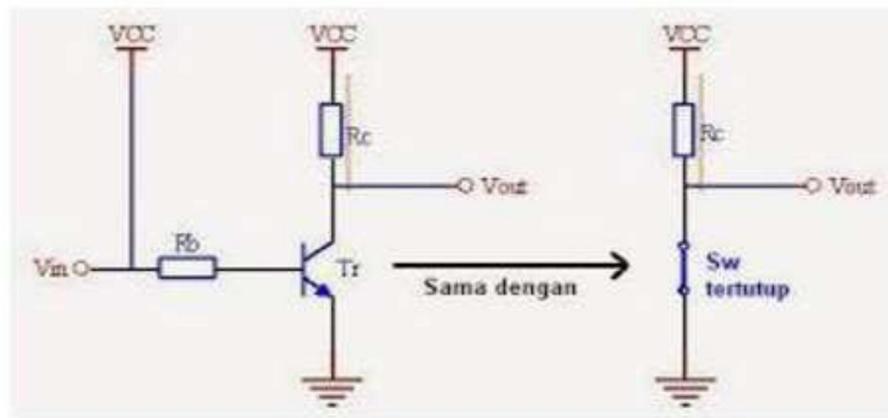
Gambar 24. *Cut-off* Transistor

Karakteristik *Cut-Off* Transistor

1. Tegangan basis emitor (VBE) kurang dari 0,7V.
2. Kondisi *forward* bias antara kaki basis dan kaki emitor
3. Kaki basis - kolektor pada kondisi *reverse* bias
4. Tidak ada arus yang mengalir ke kolektor atau $IC = 0$
5. $V_{out} = V_{CE} = V_{CC} = 1$
6. Transistor beroperasi seperti saklar terbuka.
7. Kaki basis harus lebih negatif dari emiter untuk transistor jenis NPN, dan untuk transistor tipe PNP arus basis harus lebih positif dari kolektor.

b. Wilayah Saturasi Transistor

Transistor akan berada pada kondisi saturasi jika arus yang masuk ke kaki basis sangat besar, bahkan sampai ketik jenuh sehingga arus pada kaki kolektor akan maksimum ($IC=V_{CC}/RL$). Kondisi seperti ini diibaratkan seperti saklar pada posisi *ON*. Perhatikan gambar 26 berikut.



Gambar 25. Saturasi Transistor

Karakteristik Saturasi Transistor

1. Tegangan basis - emitor (VBE) lebih besar dari 0,7V
2. Kondisi basis - emitor adalah *forward bias*
3. Kondisi basis - kolektor adalah *forward bias*
4. Arus yang mengalir pada kolektor adalah maksimum ($I_c = V_{cc}/R_L$)
5. $V_{OUT} = V_{CE} = 0$
6. Transistor beroperasi seperti saklar tertutup.
7. Kaki basis harus lebih positif dari emiter untuk transistor jenis NPN, dan untuk transistor tipe PNP arus basis harus lebih negatif dari kolektor.

2.14.2 Titik Kerja Transistor

a. Daerah Jenuh Transistor

Daerah kerja transistor saat jenuh adalah keadaan dimana transistor mengalirkan arus secara maksimum dari kolektor ke emitor sehingga transistor tersebut seolah-olah *short* pada hubungan kolektor – emitor. Pada daerah ini

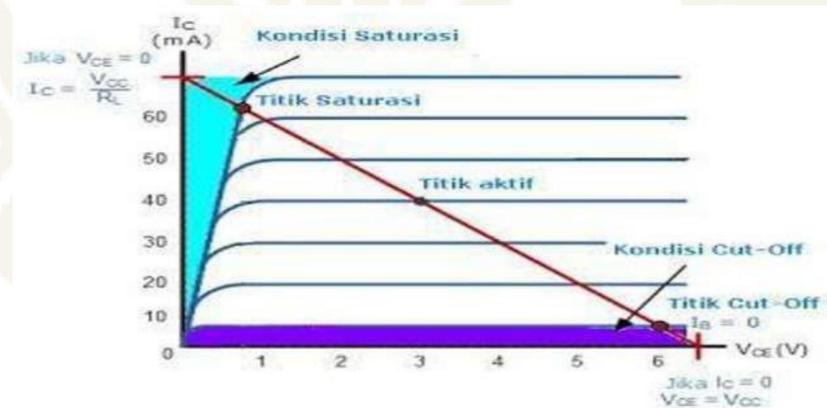
transistor dikatakan menghantar maksimum (sambungan CE terhubung maksimum)

b. Daerah Aktif Transistor

Pada daerah kerja ini transistor biasanya digunakan sebagai penguat sinyal. Transistor dikatakan bekerja pada daerah aktif karena transistor selalu mengalirkan arus dari kolektor ke emitor walaupun tidak dalam proses penguatan sinyal, hal ini ditujukan untuk menghasilkan sinyal keluaran yang tidak cacat. Daerah aktif terletak antara daerah jenuh (saturasi) dan daerah mati (*Cut off*).

c. Daerah Mati Transistor

Daerah *cut off* merupakan daerah kerja transistor dimana keadaan transistor menyumbat pada hubungan kolektor – emitor. Daerah *cut off* sering dinamakan sebagai daerah mati karena pada daerah kerja ini transistor tidak dapat mengalirkan arus dari kolektor ke emiter. Pada daerah *cut off* transistor dapat di analogikan sebagai saklar terbuka pada hubungan kolektor – emitor.



Gambar 26. Grafik Kerja Transistor

Untuk membuat transistor menghantar, pada masukan basis perlu diberi tegangan. Besarnya tegangan harus lebih besar dari V_{be} (0,3 untuk germanium

dan 0,7 untuk silicon). Dengan mengatur $I_b > I_c/\beta$ kondisi transistor akan menjadi jenuh seakan kolektor dan emitor *short circuit*. Arus mengalir dari kolektor ke emitor tanpa hambatan dan $V_{ce} \approx 0$. Besar arus yang mengalir dari kolektor ke emiter sama dengan V_{cc}/R_c . Keadaan seperti ini menyerupai saklar dalam kondisi tertutup (*ON*).

Dengan mengatur $I_b = 0$ atau tidak memberi arus pada bias basis atau basis diberi bias mundur terhadap emiter maka transistor akan dalam kondisi mati (*cut off*), sehingga tak ada arus mengalir dari kolektor ke emiter ($I_c \approx 0$) dan $V_{ce} \approx V_{cc}$.

Secara umum, transistor dapat digolongkan menjadi dua keluarga besar yaitu Transistor Bipolar dan Transistor Efek Medan (*Field Effect Transistor*). Perbedaan yang paling utama diantara dua pengelompokan tersebut adalah terletak pada bias *Input* (atau *Output*) yang digunakannya. Transistor Bipolar memerlukan arus (*current*) untuk mengendalikan terminal lainnya sedangkan *Field Effect Transistor* (FET) hanya menggunakan tegangan saja (tidak memerlukan arus).

Transistor yang saya pakai pada alat saya menggunakan transistor MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*). Transistor ini memiliki empat gerbang terminal antara lain adalah *Source (S)*, *Gate (G)*, *Drain (D)* dan *Body (B)*.



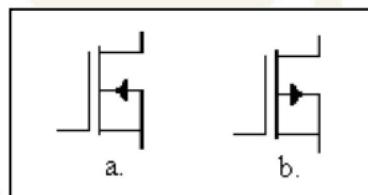
Gambar 27. Bentuk Fisik Transistor Mosfet

Transistor Efek Medan atau *Field Effect Transistor* yang disingkat menjadi FET ini berfungsi sebagai *switching* adalah jenis transistor yang menggunakan listrik untuk mengendalikan konduktifitasnya. Yang dimaksud dengan medan listrik disini adalah tegangan listrik yang diberikan pada terminal *Gate* (G) untuk mengendalikan aliran arus dan tegangan pada terminal *Drain* (D) ke terminal *Source* (S).

Mosfet memiliki dua mode, mode pertama adalah *Depletion Mode* dan *Enhancement Mode* yaitu:

a. *Depletion Mode*

Ketika tidak ada tegangan pada *Gate* maka kondisi *channel* berada pada kondisi maksimum. Karena tegangan pada gerbang positif atau negatif konduksi pada *channel* menurun. Transistor memerlukan tegangan *Gate-Source*, (VGS) untuk mengalihkan perangkat dalam kondisi "OFF". *Depletion Mode* Mosfet seperti saklar "Normally Closed".

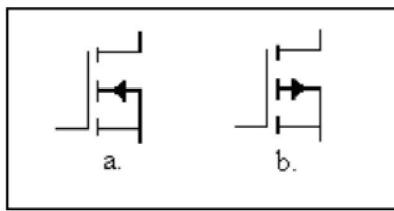


Gambar 28. Simbol Transistor MOSFET *Mode Depletion*

(a) *N-Channel Depletion* (b) *P-Channel Depletion*

b. *Enhancement Mode*

Ketika tidak ada tegangan pada *Gate*, Mosfet tidak akan bersifat konduksi. Tegangan yang meningkat pada *Gate*, maka sifat konduksi pada *channel* semakin lebih baik. Transistor memerlukan tegangan *Gate-Source*, (VGS) untuk mengalihkan perangkat dalam kondisi "ON". *Enhancement Mode* MOSFET seperti saklar "Normally Open".



Gambar 29. Simbol Transistor MOSFET *Mode Enhancement*

(a) *N-Channel Enhancement* (b) *P-Channel Enhancement*

2.15 Kapasitor

Kondensator (kapasitor) adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Kondensator mempunyai 2 kaki dan 2 kutub, yaitu kutub positif dan kutub negatif serta memiliki cairan elektrolit dan biasanya berbentuk tabung. Berikut merupakan bentuk fisik dan simbol untuk kondensator (kapasitor). Kondensator memiliki satuan yang disebut Farad. Satu farad = $9 \times 10^{11} cm^2$. Artinya luas permukaan kepingan tersebut menjadi 1 farad sama dengan 106 mikroFarad (μF), jadi $1 \mu F = 9 \times 10^5 cm^2$. Satuan-satuan sentimeter persegi (cm^2) jarang sekali digunakan karena kurang praktis, satuan yang banyak digunakan adalah :

$$1 \text{ Farad} = 1.000.000 \mu F \text{ (mikro Farad)}$$

$$1 \mu F = 1.000 \text{ pF (piko Farad)}$$

$$1 \text{ pF} = 1.000 \text{ nF (nano Farad)}$$

$$1 \text{ nF} = 1.000 \text{ pF (piko Farad)}$$

Berdasarkan kegunaannya, kapasitor terdiri atas kapasitor tetap dan kapasitor variabel yang nilainya dapat diubah. Kondensator tetap ialah kondensator yang nilainya konstan dan tidak berubah-ubah. Berikut merupakan jenis kapasitor tetap:

a. Kapasitor Keramik

Kapasitor keramik mempunyai bentuk bulat atau persegi panjang. Dalam pemasangan kapasitor keramik dalam rangkaian (PCB) boleh bolak-balik karena tidak mempunyai titik positif dan titik negatif.

Kapasitor jenis ini mempunyai kapasitas mulai dari beberapa pikoFarad sampai dengan ratusan kilopikoFarad (kpF) dengan tegangan kerja maksimal 25 volt – 100 volt, tetapi ada juga yang sampai ribuan volt.

b. Kapasitor Polyester

Pada dasarnya sama saja dengan kapasitor keramik begitu juga cara menghitung nilai kapasitasnya. Bentuknya persegi empat, biasanya mempunyai warna merah, coklat dan sebagainya.

c. Kapasitor Kertas

Kapasitor kertas adalah kapasitor yang isolatornya atau dielektriknya terbuat kertas dan umumnya mempunyai nilai kapasitansi berkisar antara 300pF sampai $4\mu F$. Kapasitor kertas tidak memiliki arah polaritas atau dengan kata lain dapat dipasang bolak-balik pada rangkaian elektronika.

d. Kapasitor Elektrolit

Kapasitor elektrolit biasanya berbentuk tabung yang mempunyai 2 kutub kaki berpolaritas positif dan negatif, ditandai dengan kaki yang panjang positif, sedangkan yang pendek negatif. Nilai kapasitansinya dari $0,47\mu F$ (mikroFarad) sampai ribuan mikroFarad dengan voltase kerja dari beberapa volt hingga ribuan volt.

Selain kapasitor tetap, kapasitor juga mempunyai jenis lain yaitu :

a. Kapasitor Variabel

Kapasitor variabel (nilai kapasitansnya dapat diubah-ubah) Kapasitor variabel dan timer adalah jenis kondensator yang dapat diubah-ubah. Kapasitor ini dapat dirubah kapasitansnya karena secara fisik mempunyai poros yang dapat diputar dengan menggunakan obeng. Kapasitor variabel mempunyai kapasitas maksimum sekitar 100 pF (pikoFarad) sampai 500 pF (100Pf = 0,00001 μ F). Berikut merupakan gambar dan lambang dari kapasitor variabel.

b. Kapasitor Trimmer

Kapasitor trimmer biasanya dirangkai secara paralel dengan variabel kapasitor yang berfungsi untuk menempatkan pemilihan gelombang frekuensi tersebut. Kapasitor trimmer mempunyai kapasitas dibawah 100 pF (pikoFarad) [15].

Nama Komponen	Gambar	Simbol
Kapasitor Biasa (Non-Polaritas)		
Kapasitor Elektrolit (memiliki Polaritas)		 atau
Kapasitor Variabel (Variable Capacitor)		

Gambar 30. Jenis dan Simbol Kapasitor

2.16 Dioda

Dioda merupakan komponen yang memberikan resistansi yang sangat rendah terhadap aliran arus, pada arah yang berlawanan. Karakteristik ini memungkinkan dioda untuk digunakan dalam aplikasi-aplikasi yang menuntut rangkaian untuk

memberikan tanggapan yang berbeda sesuai dengan arah arus yang mengalir di dalamnya, dioda juga memiliki beberapa jenis yaitu :

a. Dioda Emisi Cahaya (*Light Emitting Diode*)

Dioda yang sering disingkat LED ini merupakan salah satu piranti elektronik yang menggabungkan dua unsur yaitu optik dan elektronik yang disebut juga sebagai Opteolotronic.dengan masing-masing elektrodanya berupa anoda (+) dan katoda (-), dioda jenis ini dikategorikan berdasarkan arah bias dan diameter cahaya yang dihasilkan, dan warnanya.

b. Dioda Cahaya (*Photo Diode*)

Dioda jenis ini merupakan dioda yang peka terhadap cahaya, yang bekerja pada daerah-daerah tertentu sehingga arus cahaya tertentu saja yang dapat melewatkannya, dioda ini biasa dibuat dengan menggunakan bahan dasar silikon dan geranium. Dioda cahaya saat ini banyak digunakan untuk alarm, pita data berlubang yang berguna sebagai sensor, dan alat pengukur cahaya (Lux Meter).

c. Dioda Kapasitas (*Diode Varactor*)

Dioda jenis ini merupakan dioda yang unik, karena dioda ini memiliki kapasitas yang dapat berubah-ubah sesuai dengan besar kecilnya tegangan yang diberikan kepada dioda ini, contohnya jika tegangan yang diberikan besar, maka kapasitasnya akan menurun,berbanding terbalik jika diberikan tegangan yang rendah akan semakin besar kapasitasnya, pembiasan dioda ini secara reverse. Dioda jenis ini banyak digunakan sebagai pengaturan suara pada televisi, dan pesawat penerima radio.

d. Dioda Penyearah (*Diode Rectifier*)

Dioda jenis ini merupakan dioda penyuarah arus atau tegangan yang diberikan, contohnya seperti arus berlawanan (AC) disearahkan sehingga menghasilkan arus searah (DC). Dioda jenis ini memiliki karakteristik yang berbeda-beda sesuai dengan kapasitas tegangan yang dimiliki.

e. Diode Zener

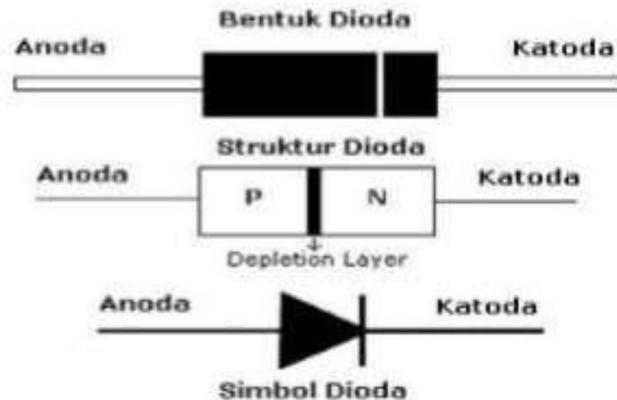
Dioda jenis ini merupakan dioda yang memiliki kegunaan sebagai penyelaras tegangan baik yang diterima maupun yang dikeluarkan, sesuai dengan kapasitas dari dioda tersebut, contohnya jika dioda tersebut memiliki kapasitas 5,1 V, maka jika tegangan yang diterima lebih besar dari kapasitasnya, maka tegangan yang dihasilkan akan tetap 5,1 tetapi jika tegangan yang diterima lebih kecil dari kapasitasnya yaitu 5,1, dioda ini tetap mengeluarkan tegangan sesuai dengan inputnya jenis dan simbol dioda bisa dilihat pada gambar 31.

Nama Komponen	Gambar	Simbol
Dioda Penyuarah		
Dioda Zener		
LED (Light Emitting Diode)		
Dioda Foto (Photo Diode)		
SCR (Silicon Control Rectifier)		

Gambar 31. Jenis dan Simbol Dioda

Sambungan PN dengan sedikit porsi kecil yang disebut lapisan deplesi (*depletion layer*), dimana terdapat keseimbangan hole dan elektron. Pada sisi P

banyak terbentuk *hole-hole* yang siap menerima elektron sedangkan di sisi N banyak terdapat elektron elektron bebas simbol dapat dilihat pada gambar



Gambar 32. Struktur dan Simbol Dioda

Karakteristik dioda adalah sebagai berikut :

- Bila dioda diberi tegangan maju, maka dengan tegangan kecil saja (umumnya kira-kira 0,7 volt) arus akan mengalir dari anoda ke katoda.
- Bila dioda diberi tegangan balik maka untuk tegangan yang masih dibawah tegangan *break down*, arus tidak akan mengalir dari anoda ke katoda sampai tegangan yang diberikan mencapai tegangan *breakdown*.

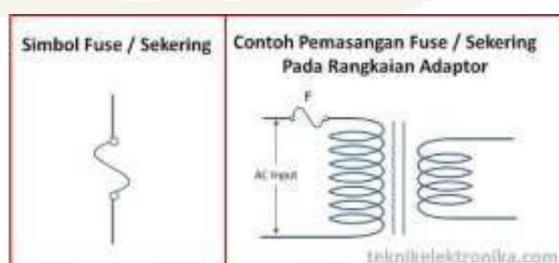
Peralatan elektronika mestinya dicatu oleh suplai arus searah DC (*direct current*) yang stabil agar dapat bekerja dengan baik. Baterai atau *accu* adalah sumber catu daya DC yang paling baik. Namun untuk aplikasi yang membutuhkan catu daya lebih besar, sumber dari baterai tidak cukup. Sumber catu daya yang besar adalah sumber bolak-balik AC (*alternating current*) dari pembangkit tenaga listrik. Untuk itu diperlukan suatu perangkat catu daya yang dapat mengubah arus AC menjadi DC yaitu rangkaian penyearah [15].

2.17 Fuse

Fuse atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan 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 / 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.

Fuse (Sekering) terdiri dari 2 terminal dan biasanya dipasang secara seri dengan rangkaian elektronika / listrik yang akan dilindunginya sehingga apabila *fuse* (sekering) tersebut terputus maka akan terjadi “*Open Circuit*” yang memutuskan hubungan aliran listrik agar arus listrik tidak dapat mengalir masuk ke dalam Rangkaian yang dilindunginya.

Berikut ini adalah Simbol *Fuse* (Sekering) dan posisi pemasangan *Fuse* secara umum:



Gambar 33. Simbol *Fuse*

Bentuk *fuse* (sekering) yang paling sering ditemukan adalah berbentuk tabung (silinder) dan Pisau (*Blade Type*). *Fuse* yang berbentuk tabung atau silinder sering ditemukan di peralatan listrik rumah tangga sedangkan *fuse* yang berbentuk pisau (*blade*) lebih sering digunakan di bidang otomotif (kendaraan bermotor).

Nilai *fuse* biasanya tertera pada badan *fuse* itu sendiri ataupun diukir pada terminal *fuse*, nilai *fuse* diantaranya terdiri dari Arus Listrik (dalam satuan Ampere (A) ataupun miliAmpere (mA) dan Tegangan (dalam satuan Volt (V) ataupun miliVolt (mV). Dalam rangkaian eletronika maupun listrik, *fuse* atau sekering ini sering dilambangkan dengan huruf “F” [15].

2.18 Teori Presentase Kesalahan

Setiap rangkaian yang dibuat dan dioperasikan pasti akan menghasilkan suatu hasil kerja output yang diinginkan, untuk dapat mengetahuinya dilakukan pengujian pada alat tersebut. Pengujian alat ini dilakukan dengan tujuan untuk dapat mengetahui apakah alat yang dirancang dapat bekerja dengan baik atau tidak, kemudian dapat di analisa dari hasil pengukuran sehingga diketahui kelebihan dan kelemahan alat. Analisa pendataan dilakukan agar dapat melakukan perbandingan antara teori dan praktek. Data yang didapatkan secara teori dan diperhitungkan secara metematis menggunakan rumus – rumus yang relevan dan juga dari komponen yang dianalisa, sedangkan untuk prakteknya berupa data yang diperoleh dengan pengukuran pada *test point*. Analisa data ini diperlukan untuk membandingkan antara hasil perhitungan secara teori dengan hasil pengukuran secara praktek sehingga dapat diketahui nilainya. Persentasi Kesalahan (PK) dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$PK = \left| \frac{HT - HU}{HT} \right| \times 100 \%(2.3)$$

Dimana :

PK = presentase kesalahan dari hasil pengukuran

HT = hasil teori output rangkaian

HU = hasil ukur output rangkaian

Dan rata – rata presentasi kesalahan dapat dicari menggunakan rumus berikut :

$$\text{rata – rata } PK = \left| \frac{(PK_1 + PK_2 + \dots + PK_n)}{n \text{ total}} \right| \times 100 \% = \left| \frac{\sum PK_i}{n \text{ total}} \right| \times 100 \% = ..(2.2)$$

Dimana :

$\sum PK_i$ = adalah jumlah seluruh nilai presentase kesalahan.

N total = banyaknya nilai presentase kesalahan [19].

BAB III

PERENCANAAN ALAT

3.1 Tahapan Perencanaan

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

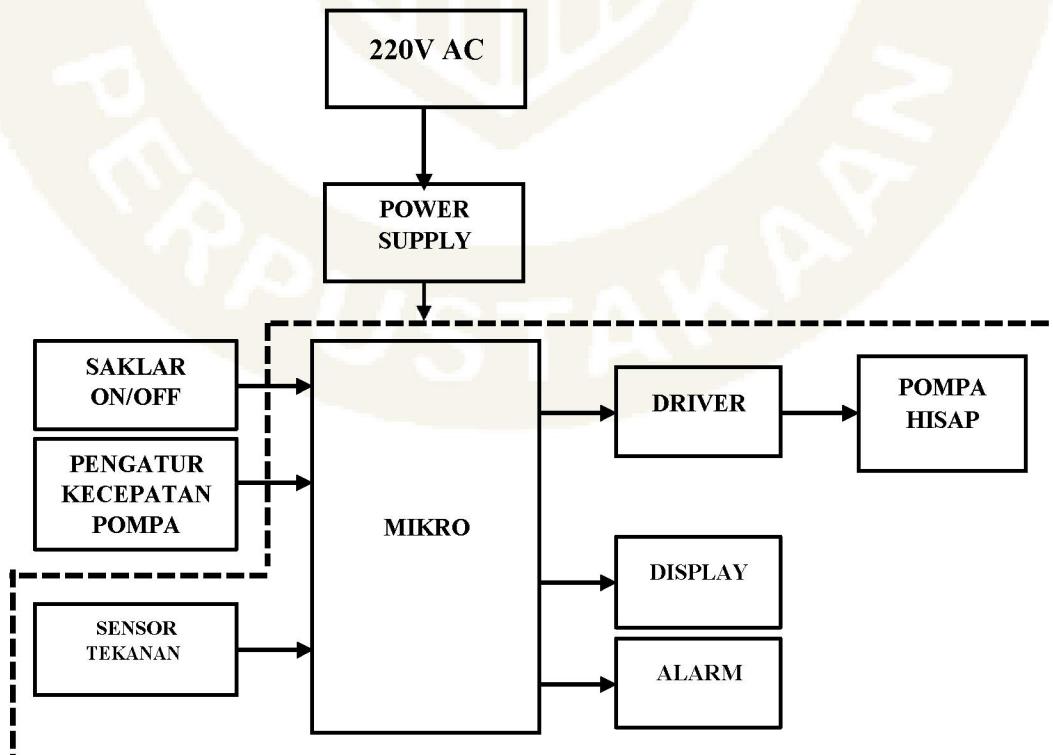
Tahapan-tahapan perencanaan dalam pembuatan modul adalah sebagai berikut:

- a. Merancang blok diagram dari modul yang akan dibuat berdasarkan cara kerja yang diinginkan.
- b. Merancang diagram alir dari modul yang akan dibuat berdasarkan cara kerja yang diinginkan.
- c. Merancang wiring dari modul yang akan dibuat berdasarkan cara kerja yang diinginkan.
- d. Menentukan komponen-komponen yang diperlukan dalam pembuatan modul.
- e. Membuat modul sesuai dengan wiring diagram yang telah dibuat.
- f. Merancang casing untuk modul.
- g. Melakukan pengujian dan perbaikan pada modul yang telah dibuat.
- h. Pembuatan casing sesuai dengan gambar yang telah dibuat.
- i. Menentukan titik-titik pengukuran (*test point*) untuk pendataan dan analisa rangkaian.

3.2 Spesifikasi Alat

Nama Alat	: Modifikasi Suction Pump Dengan Tampilan Digital Berbasis Arduino Uno Atmega 328
Display	: LCD karakter 16×2
Tegangan	: 220 V
Kecepatan pompa atur	: <i>low</i> , <i>medium</i> , dan <i>high</i>
Daya hisap	: <i>low</i> (0 – 115 mmHg), <i>medium</i> (0 – 160 mmHg), dan <i>high</i> (0 – 200 mmHg)
Sistem pengaman	: <i>low</i> (200 mmHg), <i>medium</i> (250 mmHg), dan <i>high</i> (300 mmHg)
Kapasitas tabung	: 1000 mL (1 Liter)

3.3 Perencanaan Blok Diagram



Gambar 34. Blok Diagram Alat

Fungsi dari masing – masing blok adalah :

- a. *Supply 220V AC*

Berfungsi sebagai sumber tegangan pada *power supply*.

- b. Power Supply

Berfungsi sebagai suplay tegangan DC ke seluruh rangkaian, yaitu rangkaian pompa hisap, rangkaian mikrokontroller, rangkaian sensor tekanan, rangkaian display dan juga rangkaian alarm.

- c. Saklar ON/OFF

Berfungsi untuk menyalakan dan mematikan alat.

- d. Pengatur Kecepatan Pompa

Berfungsi untuk pengaturan naik turunnya kecepatan pompa (*low / medium / high*).

- e. Mikrokontroller

Sebagai pengendali utama atau otak proses kerja alat secara keseluruhan, yaitu yang akan mengatur pada driver pompa, sensor tekanan, display, dan alarm (*buzzer*).

- f. *Driver Pompa Hisap*

Berfungsi sebagai *switching* pompa hisap dan juga pengatur kecepatan pompa hisap (PWM).

- g. Pompa Hisap

Berfungsi untuk menghasilkan daya hisap yang nantinya akan menghisap pada cairan tersebut.

- h. Sensor Tekanan (MPX)

Berfungsi untuk membaca tekanan yang dihasilkan oleh pompa.

i. Display

Digunakan untuk menampilkan hasil yang diproses dari mikrokontroller yang nantinya akan menampilkan pengaturan kecepatan pompa dan tekanan daya hisap yang dihasilkan oleh pompa.

j. Alarm

Berupa buzzer yang berfungsi sebagai peringatan ketika cairan pada tabung *suction* sudah penuh.

3.3.1 Cara Kerja Alat

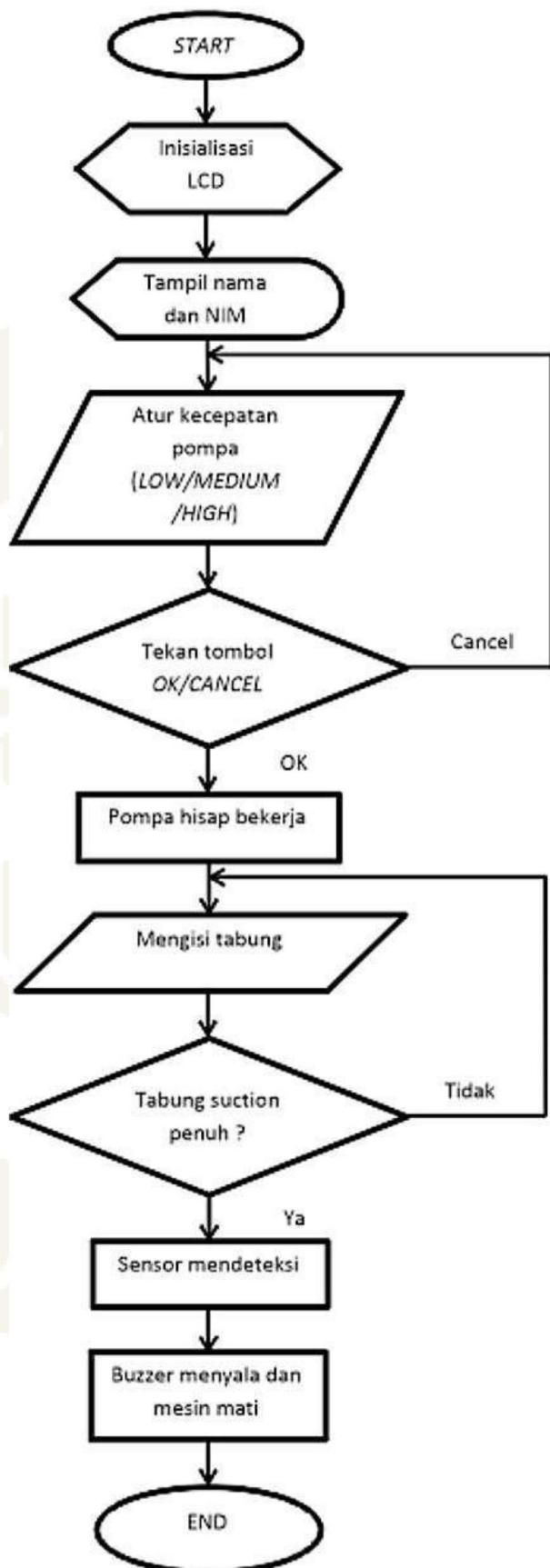
Pada saat alat dinyalakan tegangan AC 220 V dari jala – jala PLN akan masuk ke rangkaian *Power Supply* yang mana tegangan tersebut akan diubah menjadi arus DC untuk mensupply ke seluruh rangkaian, yaitu yang akan mengatur pada driver pompa, sensor tekanan, display, dan alarm (*buzzer*). Ketika tombol saklar *ON* ditekan terjadi inisialisasi pada display LCD. Tombol yang terdiri dari Kurang, Tambah, OK dan *Cancel* digunakan untuk mengatur kecepatan pada pompa dengan *range low, medium* dan *high* lalu tekan OK menjalankan pengaturan dan *Cancel* untuk membatalkan pengaturan. Yang inputan pengaturan tersebut akan diolah di mikrokontroller dan di outputkan ke *driver* pompa untuk menyalaikan pompa sesuai dengan pengaturan. Sensor MPX akan membaca besaran tekanan hisap yang dihasilkan oleh pompa saat alat bekerja. Pengaturan kecepatan pada pompa dan besaran tekanan hisap tersebut akan tampilan pada display LCD.

Pompa bekerja dengan menghisap cairan sesuai besaran kecepatan yang telah ditentukan dengan menggunakan selang hisap lalu akan ditampung ke tabung *suction*, dan selang lainnya yang menghubungkan tabung *suction* menuju pompa hisap. Ketika tabung *suction* sudah penuh oleh cairan lalu pengaman pada tabung

suction akan naik dan menutup lubang selang menuju pompa, dan ketika saluran menuju pompa tertutup tekanan *suction* otomatis akan naik yang tekanan tersebut akan dibaca oleh sensor MPX lalu memberikan inputan yang akan diproses pada mikrokontroller untuk menyalakan alarm dan secara otomatis akan mematikan pompa.

3.4 Perencanaan Diagram Alur

Berdasarkan perancangan alat yang telah dilakukan, kinerja sistem pada alat yaitu ketika alat dalam keadaan hidup, maka kemudian terjadi inisialisasi dari *input-output* mikrokontroller dan antarmuka LCD 2 X 16. Kemudian tampil nama dan NIM pada LCD. Atur kecepatan pada pompa (*low/medium/high*) kemudian tekan OK untuk mengontak *driver* pompa dan pompa akan bekerja apabila tekan CANCEL maka akan kembali ke tampilan pengaturan kecepatan pompa. Lalu cairan akan dihisap ke dalam tabung *suction*, dan besaran tekanan hisap akan tertampil pada LCD. Ketika tabung *suction* penuh lalu pengaman pada tabung *suction* akan naik dan menutup lubang saluran menuju pompa, dan ketika tertutup tekanan *suction* otomatis akan naik yang tekanan tersebut akan dibaca oleh sensor MPX lalu memberikan inputan yang akan diproses pada mikrokontroller untuk menyalakan alarm dan secara otomatis akan mematikan motor. Apabila tidak, maka *suction* akan terus menyedot cairan. Untuk proses diagram alir dapat diliat pada gambar 35.

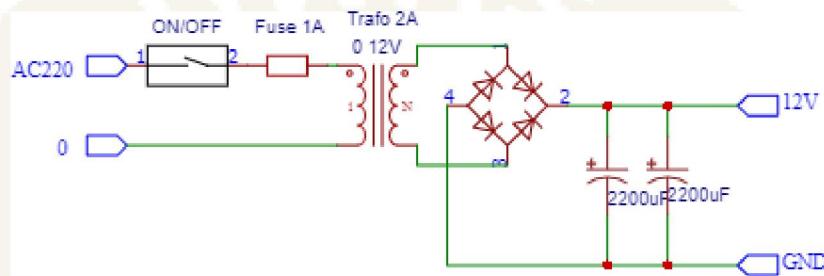


Gambar 35. Gambar Diagram Alir

3.5 Perencanaan Rangkaian

Untuk dapat menghasilkan rangkaian modul sesuai rencana, maka sebelum memulai pembuatan modul, penulis merancang dan melakukan uji coba rangkaian pada tiap blok dengan memilih bahan atau komponen sesuai dengan dasar teori dan perhitungan teoritis.

3.5.1 Rangkaian Power Supply



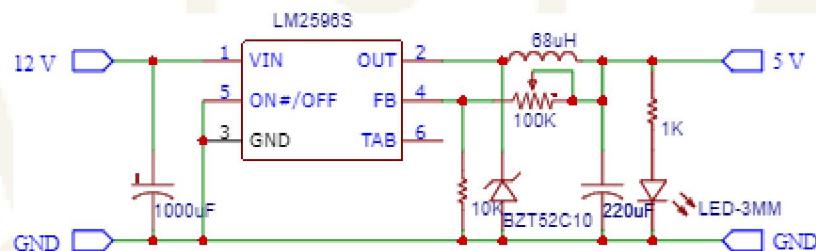
Gambar 36. Gambar Rangkaian *Power Supply*

Rangkaian power supply diatas berfungsi sebagai suplay tegangan ke seluruh rangkaian yang menggunakan tegangan DC. Prinsip kerja *power supply* adalah dengan mengubah tegangan AC 220 V dari jala-jala PLN menjadi tegangan DC dengan menggunakan transformator *step down* sebagai penurun tegangan. Setelah tegangan AC 220 V masuk ke trafo kemudian diturunkan menjadi 12 V AC. Dari tegangan 12 V AC tersebut melewati dioda *bridge* yang berfungsi sebagai penyearah tegangan lalu diubah menjadi tegangan DC yaitu menjadi 12 V DC. Keluaran dari dioda *bridge* ini akan masuk ke kapasitor yang bekerja untuk mengurangi *ripple* tegangan. *Output* tegangan 12 V DC dari *power supply* digunakan untuk suplay rangkaian pompa hisap dan juga rangkaian *step down*. *Fuse* disitu berfungsi sebagai pengaman ketika ada arus listrik yang berlebihan ataupun terjadinya hubungan arus pendek (*short circuit*).

Tabel 4. Komponen Power Supply

NO	NAMA KOMPONEN	TIPE/NILAI	JUMLAH
1.	Fuse	1 A	1
2.	Saklar	-	1
3.	Trasformator Step Down	CT 220 V / 12 V	1
4.	Dioda Bridge	3 A	1
5.	Kapasitor	2200 uF	2

3.5.2 Rangkaian Step Down



Gambar 37. Gambar Rangkaian Step Down

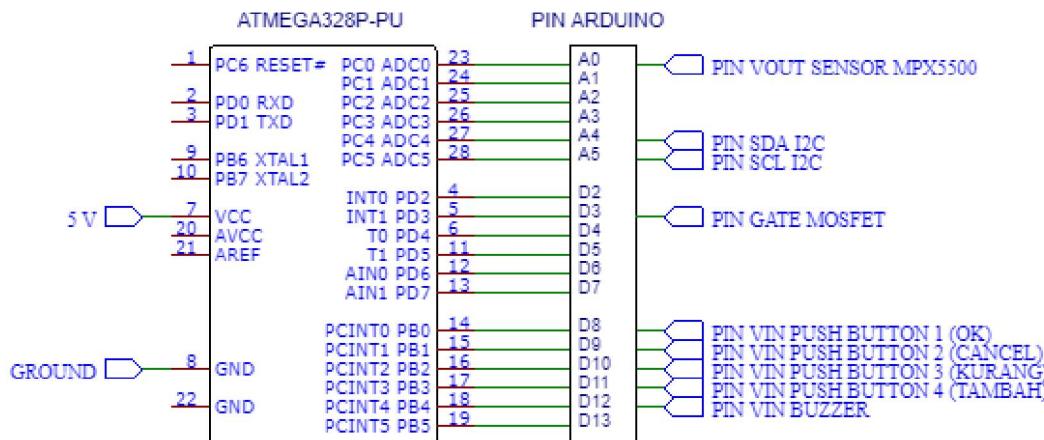
Rangkaian ini berfungsi untuk menurunkan tegangan DC to DC. Dimana *output* dari *power supply* 12 V DC yang menjadi *input* untuk rangkaian *step down* yang akan menurunkan tegangan menjadi 5 V DC sesuai yang dibutuhkan untuk *input* mikrokontroler. Tegangan dari *power supply* kemudian menuju *Vin* *modul step down* yang sebelumnya melewati kapasitor digunakan untuk untuk menyaring *ripple* tegangan. Potensio (*pot trim*) yang digunakan untuk mengatur besaran keluaran

tegangan, sebelum tegangan di distribusikan ke rangkaian lain maka masuk ke kapasitor untuk mengurangi *ripple* tegangan lagi. Diode zener disini sebagai penstabil agar tegangan *output* nya tetap 5 V DC. Lilitan induktor berfungsi untuk menyimpan energi dalam bentuk arus. Tegangan tersebut akan menyalakan LED sebagai indikator modul bekerja yang sebelumnya melewati resistor untuk dihambat besaran arusnya agar dapat menyalakan LED. *Output* tegangan 5 V DC dari rangkaian ini digunakan untuk mensuplay mikrokontroller.

Tabel 5. Komponen Step Down

NO	NAMA KOMPONEN	TIPE/NILAI	JUMLAH
1.	Kapasitor	1000 uF	1
2.	Kapasitor	220 uF	1
4.	Resistor	1 K / 1000 Ohm	1
5.	Potensio	100 K	1
6.	Dioda Zenner	BZT52C10	1
7.	IC LM2596S	LM2596S	1
8.	Induktor	68 uF	1
9.	LED	3 mm	1

3.5.3 Rangkaian Mikrokontroller



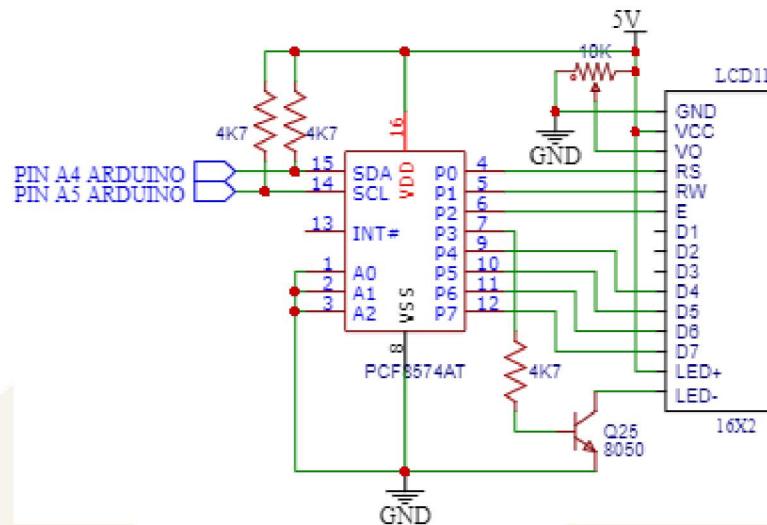
Gambar 38. Gambar Rangkaian Mikrokontroller

Rangkaian mikrokontroller akan bekerja apabila mendapat suplay tegangan DC dari *power supply*. Tegangan 5 V DC dari *power supply* akan masuk pada pin VCC. Rangkaian tombol pengatur kecepatan pompa terhubung pada pin D8 (OK), pin D9 (*Cancel*), pin D10 (Tambah) dan pin D11 (Kurang) dan rangkaian tersebut akan mengontak rangkaian pompa yang terhubung pada pin A3 yang menghasilkan PWM sesuai dengan pengaturan. Rangkaian sensor tekanan terhubung pada pin A0. Semua inputan rangkaian tersebut yang masuk ke arduino akan diolah lalu datanya akan dikirimkan pada rangkaian *display* melalui pin A4 (SDA) dan A5 (SCL) untuk menampilkan data pada *display*. Rangkaian alarm / *buzzer* terhubung pada pin D12.

Tabel 6. Komponen Mikrokontroller

NO	NAMA KOMPONEN	TIPE/NILAI	JUMLAH
1.	Arduino	Atmega 328	1

3.5.4 Rangkaian Display



Gambar 39. Gambar Rangkaian Display

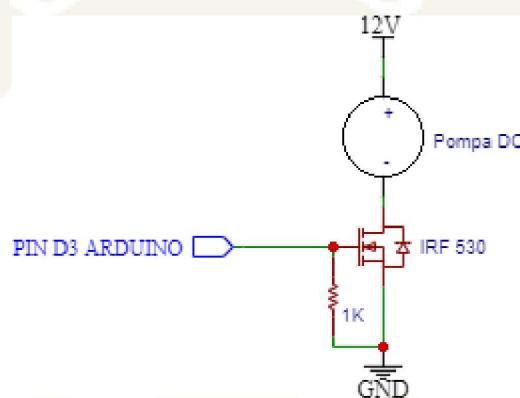
Rangkaian LCD I2C ini merupakan IC yang berguna meringkas pin *pin output* dari LCD biasa. Keluaran hanya ada 4 point yaitu SDA, SCL VCC dan GND. Intensitas warna latar / *brightness* LCD bisa diatur dengan memutar tegangan di variable resistornya. Inputan dari I2C ini mendapat suplai sebesar 5V DC dari *port* 5V Arduino Uno agar bisa bekerja. SDA disini disambungkan ke port mikrokontroler A4 dan SCL ke port A5 pada mikrokontroler.

Tabel 7. Komponen *Display*

NO	NAMA KOMPONEN	TIPE/NILAI	JUMLAH
1.	LCD	16 x 2	1
2.	I2C	PCF574AT	1

3.	Resistor	10 K	1
4.	Resistor	4K7	3
5.	Transistor	Q25 8050	1

3.5.5 Rangkaian Pompa Hisap



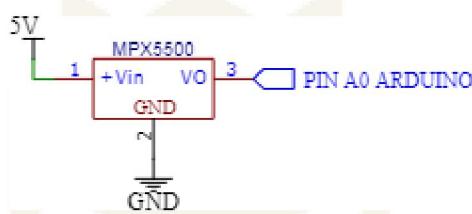
Gambar 40. Gambar Rangkaian Pompa Hisap

Rangkaian di atas merupakan rangkaian pompa hisap yang berfungsi sebagai saklar pada pompa. Fungsi transistor mosfet ini berfungsi sebagai *switching*. Resistor berfungsi untuk membatasi arus keluaran dari arduino yang akan menuju mosfet, kemudian tegangan akan masuk ke gerbang *Gate* pada mosfet. Ketika kaki *Gate* mendapat tegangan maka mosfet keadaannya saturasi (aktif) dan akan menghubungkan kaki *Drain* dan kaki *Source* sehingga *Ground* terhubung ke pompa dan akan mengaktifkan pompa tersebut (*ON*). Tapi ketika kaki *Gate* tidak mendapat tegangan maka mosfet keadaannya *cut off* (tidak aktif), karena antara kaki *Drain* dan kaki *Source* tidak terhubung lalu pompa akan mati (*OFF*). Selain itu, mosfet juga sebagai pengatur PWM dari mikrokontroller ke pompa.

Tabel 7. Komponen Rangkaian Pompa Hisap

NO	NAMA KOMPONEN	TIPE/NILAI	JUMLAH
1.	Resistor	1 K	1
2.	Transistor Mosfet	IRF 530	1
3.	Motor DC	12 V DC	1

3.5.6 Rangkaian Sensor Tekanan (MPX5500)



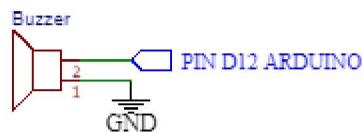
Gambar 41. Gambar Rangkaian Sensor Tekanan (MPX5500)

Penggunaan rangkaian sensor MPX5500 ini berfungsi untuk melakukan proses pembacaan tekanan hisap yang dihasilkan oleh pompa saat alat bekerja. Modul sensor tersebut mendapatkan tegangan input dari mikrokontroler arduino sebesar 5V. Proses pembacaan ini diolah di dalam mikrokontroller yang kemudian akan ditampilkan pada layar LCD.

Tabel 8. Komponen Sensor Tekanan

NO	NAMA KOMPONEN	TIPE/NILAI	JUMLAH
1.	Sensor Tekanan	MPX5700	1

3.5.7 Rangkaian Alarm Buzzer



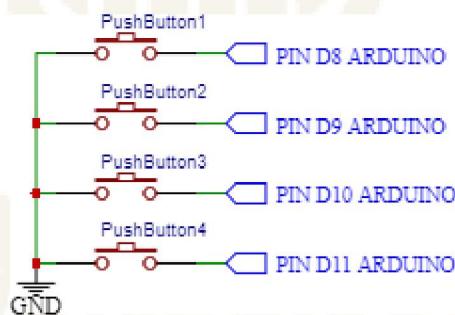
Gambar 42. Gambar Rangkaian Alarm *Buzzer*

Rangkaian *buzzer* ini digunakan sebagai indikator alarm pada alat. Ketika mendapat tegangan dari mikrokontroller maka *buzzer* akan berbunyi yang berarti tabung penampung cairan sudah penuh.

Tabel 9. Komponen Alarm

NO	NAMA KOMPONEN	TIPE/NILAI	JUMLAH
1.	<i>Buzzer</i>	5 V	1

3.5.8 Rangkaian Pengatur Kecepatan Pompa



Gambar 43. Gambar Rangkaian Pengatur Kecepatan Pompa

Fungsi utama *push button* pada rangkaian ini yaitu sebagai inputan high ke mikrokontroler. *Push button* 3 (Tambah) dan *push button* 4 (Kurang) digunakan untuk mengatur kenaikan dan penurunan kecepatan pada pompa. Setelah pemilihan

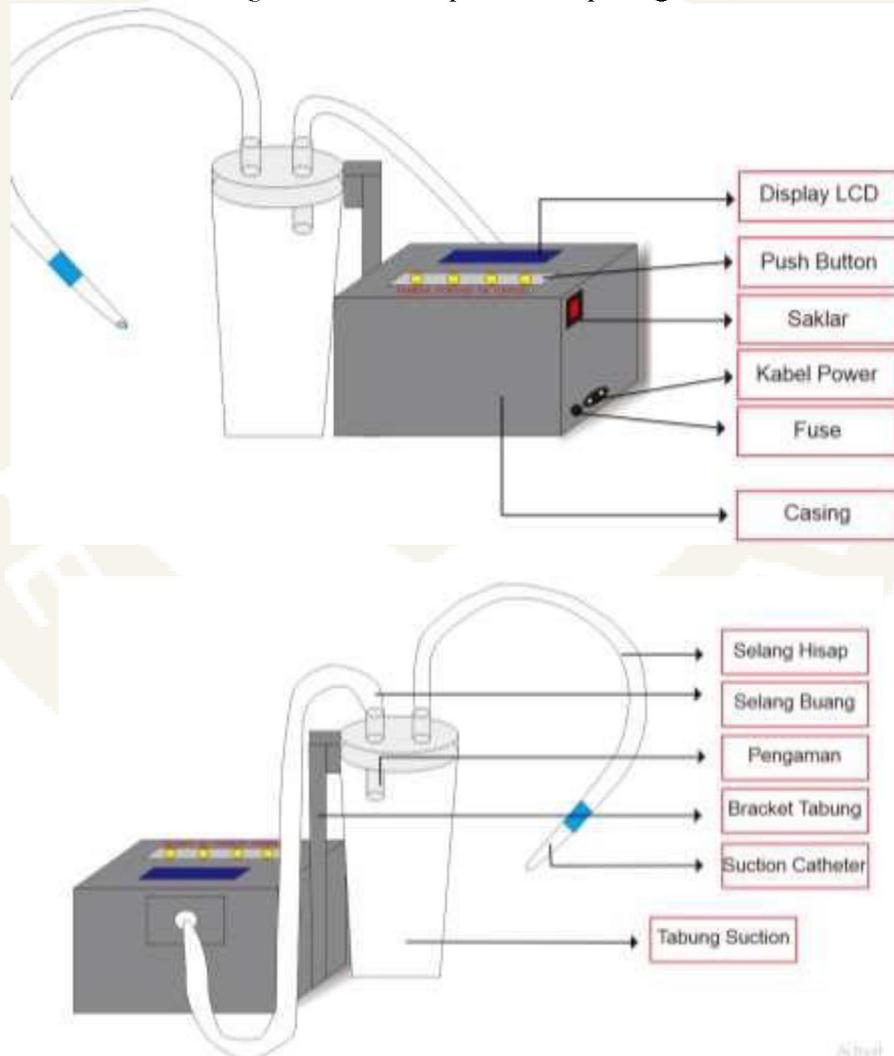
selesai digunakan *push button* 1 (OK) untuk menjalankan alat dan *push button* 2 (CANCEL) untuk membatalkan perintah / pemilihan.

Tabel 10. Komponen Pengatur Kecepatan Pompa

NO	NAMA KOMPONEN	TIPE/NILAI	JUMLAH
1.	<i>Push Button</i>	-	4

3.6 Perencanaan Casing

Perencanaan *casing* dari modul dapat dilihat pada gambar 44.



Gambar 44. Gambar Perencanaan Casing

3.7 Persiapan Alat dan Bahan

Sebelum memulai pembuatan modul, terlebih dahulu dipersiapkan peralatan dan bahan-bahan yang akan digunakan. Adapun alat penunjang yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- a. *Project Board*
- b. *Tool set*
- c. Alat Ukur, seperti multimeter
- d. Larutan FeCl₃
- e. PCB
- f. Solder dan timah.

3.8 Pembuatan Modul

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan modul adalah sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan gambar rangkaian keseluruhan.
- b. Menentukan komponen elektronika yang diperlukan sesuai dengan rangkaian.
- c. Menentukan letak bagian-bagian yang akan dipasang pada *casing* seperti sensor, rangkaian mikrokontroller, power supply, modul *step down*, *push button*, pompa hisap, *buzzer* dan rangkaian panel yang berisi saklar power dan tempat titik pengukuran (TP).

- d. Memastikan tidak ada jalur penghantar yang saling bersinggungan.
- e. Membuat papan rangkaian dengan langkah-langkah sebagai berikut :
 - 1. Mempersiapkan papan PCB.
 - 2. Merancang tata letak komponen dan jalur-jalur hubungan antara komponen dan dijaga untuk menghindari dari hubungan singkat (*short circuit*).
 - 3. Merancang *layout* rangkaian yang akan digunakan, dalam hal ini dibantu oleh komputer melalui *software* Easyeda.
 - 4. Hasil *layout* kemudian dicetak di atas kertas khusus kemudian dipanaskan pada PCB agar gambar *layout* tercetak permanen pada PCB.
 - 5. Setelah hasil cetak *layout* telah jadi, papan PCB polos dilubangi dengan bor PCB sesuai dengan letak pin komponen yang telah dibuat.
 - 6. Melarutkan PCB yang telah tercetak gambar *layout* dengan bantuan FeCl₃ dan air panas.
 - 7. Memastikan tidak ada jalur antar penghantar yang saling bersinggungan.
 - 8. Memasang komponen yang dibutuhkan di atas papan PCB. Penggunaan jumper diusahakan seminimal mungkin.

BAB IV

PENDATAAN DAN PENGUKURAN

4.1 Pengertian

Pendataan adalah suatu proses pengukuran dan pengumpulan hasil dari proses pengukuran pada titik-titik pengukuran yang ditentukan berdasarkan kebutuhan dari pembuat alat. Titik pengukuran ditentukan berdasarkan kebutuhan untuk membandingkan antara hasil ukur menurut teori terhadap hasil pengukuran langsung terhadap titik-titik pengukuran (praktek).

Data yang diambil dari semua titik pengukuran adalah pengukuran yang dilakukan dengan membandingkan antara titik pengukuran terhadap *ground*. Hasil-hasil pengukuran disajikan secara sistem tabel untuk mempermudah dalam menganalisa data.

4.2 Persiapan Alat

Dalam proses pengukuran ini, alat ukur yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Multimeter Digital

Merek : SANWA

Model : CD770

Buatan : TOKYO, JAPAN

b. Osiloscope

Merek : GW INSTEK

Model : GDS-1002A-U

Buatan : JAPAN

4.3 Metode Pengukuran

Metode yang digunakan yaitu metode pengukuran menggunakan multimeter dan osiloscope pada beberapa titik pengukuran. Titik-titik pengukurannya adalah sebagai berikut :

1. Titik Pengukuran (TP1)

Titik pengukuran (TP1) terletak pada :

- a) Pada *output* rangkaian *power supply*, untuk mengetahui besarnya tegangan pada *output* rangkaian *power supply*.
- b) Pada *output* modul *step down*, untuk mengetahui besarnya tegangan pada *output* modul *step down*.

2. Titik Pengukuran (TP2)

Titik pengukuran (TP2) terletak pada :

- a) Pada *input* pompa hisap, untuk mengetahui besarnya *duty cycle* ketika kecepatan pompa *low* (150 PWM).
- b) Pada *input* pompa hisap, untuk mengetahui besarnya *duty cycle* ketika kecepatan pompa *medium* (200 PWM).
- c) Pada *input* pompa hisap, untuk mengetahui besarnya *duty cycle* ketika kecepatan pompa *high* (250 PWM).

3. Titik Pengukuran (TP3)

Titik Pengukuran (TP3) terletak pada :

- a) Pada *input* SCL I2C LCD, untuk mengetahui besarnya tegangan ketika tekanan hisap pada sensor MPX5500 sebesar 50 mmHg.
- b) Pada *input* SCL I2C LCD, untuk mengetahui besarnya tegangan ketika tekanan hisap pada sensor MPX5500 sebesar 100 mmHg.
- c) Pada *input* SCL I2C LCD, untuk mengetahui besarnya tegangan ketika tekanan hisap pada sensor MPX5500 sebesar 150 mmHg.
4. Titik Pengukuran (TP4)
- Titik Pengukuran (TP4) terletak pada :
- a) Pada *output* sensor MPX5500, untuk mengetahui besarnya tegangan ketika tekanan hisap sebesar 50 mmHg.
- b) Pada *output* sensor MPX5500, untuk mengetahui besarnya tegangan ketika tekanan hisap sebesar 100 mmHg.
- c) Pada *output* sensor MPX5500, untuk mengetahui besarnya tegangan ketika tekanan hisap sebesar 150 mmHg.

4.4 Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran yang dilakukan pada tiap titik pengukuran yang ditentukan di peroleh hasil sebagai berikut :

- a. Hasil Pengukuran TP 1

Tabel 11. Hasil Pengukuran TP 1

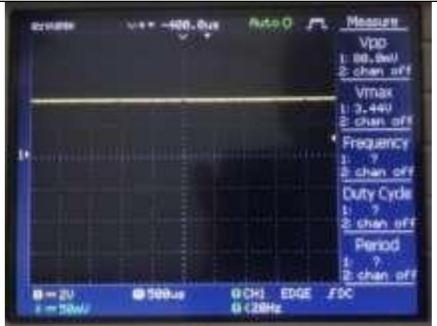
Titik Pengukuran (TP1)	Hasil Pengukuran	Gambar

a). Output power supply	15,32 V DC	
d). Output Modul step down LM2596	05,02 V DC	

b. Hasil Pengukuran TP 2

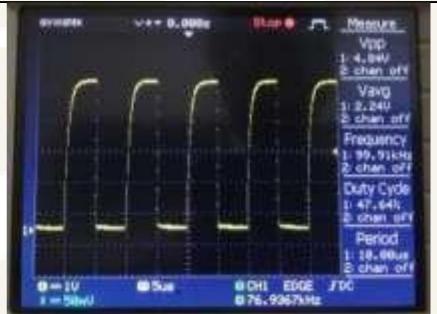
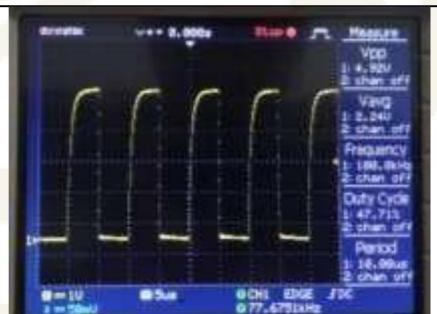
Tabel 12. Hasil Pengukuran TP 2

Titik Pengukuran (TP2)	Hasil Pengukuran	Gambar
a) Input pompa low (150 PWM)	58,84 % <i>Duty Cycle</i>	
b) Input pompa medium (200 PWM)	78,45 % <i>Duty Cycle</i>	

c) Input pompa high (250 PWM)	Full sinyal / High (100%)	
-------------------------------------	---------------------------------	--

c.. Hasil Pengukuran TP 3

Tabel 13. Hasil Pengukuran TP 3

Titik Pengukuran (TP3)	Hasil Pengukuran	Gambar
a) Input SCL LCD (50 mmHg)	4.84 V	
b) Input SCL LCD (100 mmHg)	4.92 V	

c) Input SCL LCD (150 mmHg)	5.00 V	
--------------------------------	--------	--

d. Hasil Pengukuran TP 4

Tabel 14. Hasil Pengukuran TP 4

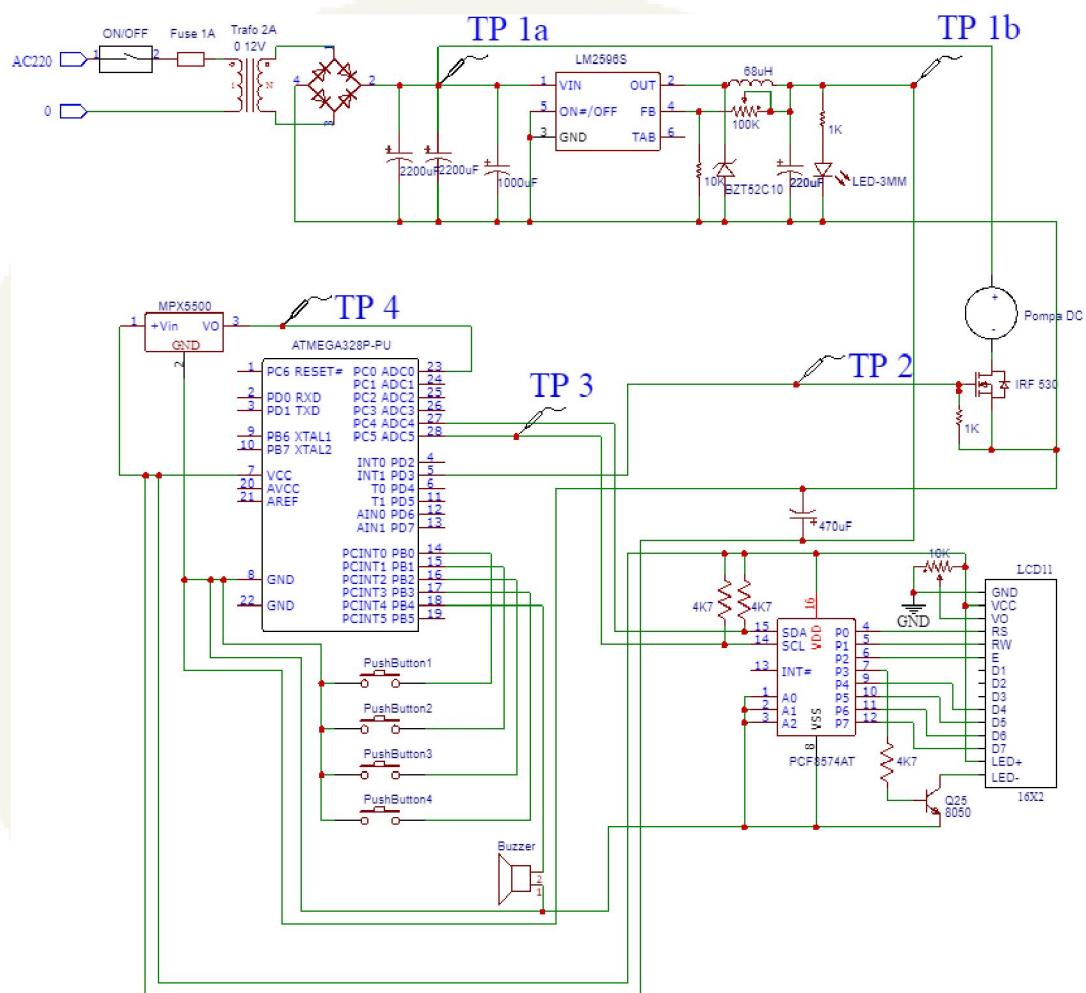
Titik Pengukuran (TP4)	Hasil Pengukuran	Gambar
a) Output sensor MPX (50 mmHg)	281,8 mV DC	
b) Output sensor MPX (100 mmHg)	344,7 mV DC	
c) Output sensor MPX (150 mmHg)	399,9 mV DC	

BAB V

ANALISA DATA

5.1 Rangkaian Keseluruhan

Berikut ini adalah *wirring* keseluruhan yang terdapat pada alat :



Gambar 45. *Wirring* Keseluruhan Alat

Cara kerja :

Pada saat alat dinyalakan maka tegangan 220 V AC dari PLN akan masuk ke rangkaian *power supply*. Pada rangkaian *power supply* berfungsi sebagai suplay

tegangan ke seluruh rangkaian yang menggunakan tegangan DC. Prinsip kerja *power supply* adalah dengan mengubah tegangan AC 220 V dari jala-jala PLN menjadi tegangan DC dengan menggunakan transformator *step down* sebagai penurun tegangan. Setelah tegangan AC 220 V masuk ke trafo kemudian diturunkan menjadi 12 V AC. Dari tegangan 12 V AC tersebut melewati dioda *bridge* yang berfungsi sebagai penyuarah tegangan yang akan diubah menjadi tegangan DC yaitu menjadi 12 V DC. Keluaran dari dioda *bridge* ini akan masuk ke kapasitor yang bekerja untuk mengurangi *ripple* tegangan. *Output* tegangan dari *power supply* digunakan untuk suplay rangkaian pompa hisap dan juga modul *step down*.

Output dari *power supply* 12 V DC yang juga menjadi *input* untuk rangkaian *step down* akan diturunkan tegangannya menjadi 5 V DC sesuai yang dibutuhkan untuk *input* mikrokontroler. Keluaran tegangan dari *power supply* kemudian menuju V_{in} modul *step down* yang sebelumnya melewati kapasitor yang berfungsi untuk menyaring *ripple* tegangan. Setelah itu tegangan akan diatur keluarannya menjadi 5 V DC dengan menggunakan potensio (*pot trimmer*), sebelum tegangan di distribusikan ke rangkaian lain maka masuk ke kapasitor untuk mengurangi *ripple* tegangan lagi. Dioda zener disini sebagai penstabil agar tegangan *output* nya tetap 5 V DC. Lilitan induktor berfungsi untuk menyimpan energi dalam bentuk arus. Tegangan tersebut akan menyalakan LED sebagai indikator modul bekerja yang sebelumnya melewati resistor untuk dihambat besaran arusnya agar dapat menyalakan LED. *Output* tegangan 5 V DC dari rangkaian ini digunakan untuk mensuplay mikrokontroller.

Ketika mikrokontroller mendapatkan tegangan maka akan terjadi inisialisasi dari display LCD, yang akan menampilkan nama dan NIM kemudian menampilkan

pemilihan kecepatan pompa dan besaran tekanan hisap. Untuk menentukan pilihan dari kecepatan pompa, kenaikan dan penurunan ditentukan dengan menggunakan rangkaian pengatur kecepatan pompa (*push button*) yaitu dengan *range low, medium* atau *high*. Kemudian setelah pemilihan selesai tekan tombol OK maka pompa hisap akan bekerja. Sebagai pengatur *driver* pompa dengan memanfaatkan fungsi mosfet (IRF 530) sebagai *switching*, ketika kaki *Gate* mendapat tegangan dari mikrokontroller maka mosfet keadaannya saturasi dan akan menghubungkan kaki *Drain* dan kaki *Source* sehingga *Ground* terhubung ke pompa dan akan mengaktifkan pompa tersebut (*ON*). Tapi ketika kaki *Gate* tidak mendapat tegangan maka mosfet keadaannya *cut off*, antara kaki *Drain* dan kaki *Source* tidak terhubung lalu pompa akan mati (*OFF*). Selain itu, mosfet juga sebagai pengatur PWM dari mikrokontroller ke pompa.

Kemudian saat alat bekerja sensor MPX5500 akan membaca besaran tekanan yang dihasilkan oleh pompa. Pada saat tabung *suction* telah terisi penuh maka pelampung pengaman pada tabung akan menutupi saluran hisap menuju pompa, ketika saluran tertutup terjadi kenaikan tekanan hisap pada alat yang akan dibaca oleh sensor MPX5500 lalu memberikan inputan yang akan diproses pada mikrokontroller untuk menyalakan *buzzer* dan secara otomatis akan mematikan pompa.

5.2 Analisa Rangkaian

Analisa pendataan dilakukan agar dapat melakukan perbandingan antara teori dan praktek. Data yang didapatkan secara teori dan diperhitungkan secara metematis menggunakan rumus – rumus yang relevan dan juga dari komponen yang dianalisa, sedangkan untuk prakteknya berupa data yang diperoleh dengan pengukuran pada

test point. Analisa data ini diperlukan untuk membandingkan antara hasil perhitungan secara teori dengan hasil pengukuran secara praktek sehingga dapat diketahui.

Persentasi Kesalahan dapat diketahui (PK) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Dan rata – rata presentasi kesalahan dapat dicari menggunakan rumus berikut :

5.2.1 Analisa Rangkaian TP 1

Berikut merupakan analisis TP 1 :

- a. Merupakan *output* dari rangkaian *power supply*.

Dengan hasil perhitungan sebagai berikut :

Hasil Teori = 12 V DC

Hasil Ukur = 15,32 V DC

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

$$= \left| \frac{(12 - 15,32)}{12} \right| \times 100 \% = 0,3 \%$$

Persentasi kesalahannya 0,3 %, maka pada TP 1a masih bekerja dengan normal karena tegangan keluaran yang melewati kapasitor masih dalam nilai toleransi.

- b. Merupakan *output* dari modul *step down* LM2596.

Dengan hasil perhitungan sebagai berikut:

Hasil Teori = 5 V DC

Hasil Ukur = 5,02 V DC

$$\begin{aligned} PK &= \left| \frac{(Hasil\ Teori - Hasil\ Ukur)}{Hasil\ Teori} \right| \times 100 \% \\ &= \left| \frac{(5 - 5,02)}{5} \right| \times 100 \% = 0,004 \% \end{aligned}$$

Persentasi kesalahannya 0,4 %, maka pada TP 1b masih bekerja dengan normal karena tegangannya masih dalam nilai toleransi yaitu 4 % sesuai dengan *data sheet* LM2596.

5.2.2 Analisa Rangkaian TP 2

Berikut merupakan analisis TP 2 :

- Merupakan *input duty cycle* pada saat pompa hisap kecepatan *low*.

Dengan hasil perhitungan sebagai berikut :

Hasil Teori = 59 %

Hasil Ukur = 58,84 %

$$\begin{aligned} PK &= \left| \frac{(Hasil\ Teori - Hasil\ Ukur)}{Hasil\ Teori} \right| \times 100 \% \\ &= \left| \frac{(59 \% - 58,84 \%)}{59 \%} \right| \times 100 \% = 0,0027 \% \end{aligned}$$

Persentasi kesalahannya 0,0027 %, maka pada TP 2a masih bekerja dengan normal karena nilainya masih dalam nilai toleransi yaitu sebesar 5 %.

- Merupakan *input duty cycle* pada saat pompa hisap kecepatan *medium*.

Dengan hasil perhitungan sebagai berikut :

Hasil Teori = 79 %

Hasil Ukur = 78,45 %

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

$$= \left| \frac{(79 \% - 78.45 \%)}{79 \%} \right| \times 100 \% = 0,6 \%$$

Persentasi kesalahannya 0,6 %, maka pada TP 2b masih bekerja dengan normal karena nilainya masih dalam nilai toleransi yaitu sebesar 5 %.

- c. Merupakan *input duty cycle* pada saat pompa hisap kecepatan *high*.

Dengan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Hasil Teori} = 100 \%$$

$$\text{Hasil Ukur} = 100 \%$$

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

$$= \left| \frac{(100 \% - 100 \%)}{100 \%} \right| \times 100 \% = 0 \%$$

Persentasi kesalahannya 0 %, maka pada TP 2c masih bekerja dengan normal.

Rata – rata presentasi kesalahannya adalah :

$$\text{Rata – rata PK} = \left| \frac{(PK_1 + PK_2 + \dots + PK_n)}{n \text{ total}} \right| \times 100 \%$$

$$\text{Rata – rata PK} = \left| \frac{(0,0027 + 0,6 + 0)}{3} \right| \times 100 \% = 0,2 \%$$

Dari pengujian dan pengukuran pada kecepatan pompa low, medium dan high didapatkan rata – rata presentase kesalahan sebesar 0,2 %. Hasil data pengukuran masih berada di batas toleransi karena memiliki presentase kesalahan yang masih berada di dibawah toleransi yaitu 5%.

5.2.3 Analisa Rangkaian TP 3

Berikut merupakan analisis TP 3 :

- a. Merupakan input SCL I2C LCD pada saat tekanan hisap 50 mmHg. Hasil yang didapatkan adalah 4.84 V.

- b. Merupakan input SCL I2C LCD pada saat tekanan hisap 100 mmHg. Hasil yang didapatkan adalah 4.92 V.
- c. Merupakan input SCL I2C LCD pada saat tekanan hisap 150 mmHg. Hasil yang didapatkan adalah 5.00 V.

5.2.4 Analisa Rangkaian TP 4

Berikut merupakan analisis TP 4 :

- a. Merupakan *output* tegangan MPX5500 pada saat tekanan hisap 50 mmHg.

Dengan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Hasil Ukur} = 281,8 \text{ mV} = 0,281 \text{ V DC}$$

$$1 \text{ mmHg} = 0,1332 \text{ kPa}$$

$$P = 50 \text{ mmHg}$$

$$= 50 \times 0,1332$$

$$= 6,66 \text{ kPa}$$

$$Vs = 5 \text{ V}$$

$$V_{out} = Vs \times (0,0018 \times P + 0,04)$$

$$= 5 \times (0,0018 \times 6,66 + 0,04)$$

$$= 0,259 \text{ V DC}$$

$$\text{Hasil Teori} = 0,259 \text{ V DC}$$

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

$$= \left| \frac{(0,259 - 0,281)}{0,259} \right| \times 100\ % = 0,08\ %$$

Persentasi kesalahannya 0,08 %, maka tegangan pada TP 4a masih bekerja dengan normal karena tegangannya masih dalam nilai toleransi sesuai dengan *data sheet* MPX5500.

- b. Merupakan *output* tegangan MPX5500 pada saat tekanan hisap 100 mmHg.

Dengan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Hasil Ukur} = 344,7 \text{ mV} = 0,344 \text{ V DC}$$

$$1 \text{ mmHg} = 0,1332 \text{ kPa}$$

$$P = 100 \text{ mmHg}$$

$$= 100 \times 0,1332$$

$$= 13,33 \text{ kPa}$$

$$Vs = 5 \text{ V}$$

$$V_{\text{out}} = Vs \times (0,0018 \times P + 0,04)$$

$$= 5 \times (0,0018 \times 13,33 + 0,04)$$

$$= 0,319 \text{ V DC}$$

$$\text{Hasil Teori} = 0,319 \text{ V DC}$$

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

$$= \left| \frac{(0,319 - 0,344)}{0,319} \right| \times 100 \% = 0,07 \%$$

Persentasi kesalahannya 0,07 %, maka tegangan pada TP 4b masih bekerja dengan normal karena tegangannya masih dalam nilai toleransi sesuai dengan *data sheet* MPX5500.

- c. Merupakan *output* tegangan MPX5500 pada saat tekanan hisap 150 mmHg.

Dengan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Hasil Ukur} = 399,9 \text{ mV} = 0,399 \text{ V DC}$$

$$1 \text{ mmHg} = 0,1332 \text{ kPa}$$

$$P = 150 \text{ mmHg}$$

$$= 150 \times 0,1332$$

$$= 20 \text{ kPa}$$

$$V_s = 5 \text{ V}$$

$$V_{out} = V_s \times (0,0018 \times P + 0,04)$$

$$= 5 \times (0,0018 \times 20 + 0,04)$$

$$= 0,38 \text{ V DC}$$

$$\text{Hasil Teori} = 0,38 \text{ V DC}$$

$$\begin{aligned} PK &= \left| \frac{(Hasil\ Teori - Hasil\ Ukur)}{Hasil\ Teori} \right| \times 100 \% \\ &= \left| \frac{(0,38 - 0,399)}{0,38} \right| \times 100 \% = 0,05 \% \end{aligned}$$

Persentasi kesalahannya 0,05 %, maka tegangan pada TP 4c masih bekerja dengan normal karena tegangannya masih dalam nilai toleransi sesuai dengan *data sheet* MPX5500.

Rata – rata presentasi kesalahannya adalah :

$$\text{Rata – rata PK} = \left| \frac{(PK_1 + PK_2 + \dots + PK_n)}{n\ total} \right| \times 100 \%$$

$$\text{Rata – rata PK} = \left| \frac{(0,08 + 0,07 + 0,05)}{3} \right| \times 100 \% = 0,2 \%$$

Dari pengujian dan pengukuran pada pembacaan tekanan hisap sebesar 50 mmHg, 100 mmhg dan 150 mmHg didapatkan rata – rata presentase kesalahan sebesar 0,2 %. Hasil data pengukuran masih berada di batas toleransi karena memiliki presentase kesalahan yang masih berada di dibawah toleransi sensor yaitu 2,5%.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Setelah melakukan proses pembuatan, percobaan, pengujian alat dan pendataan, dapat disimpulkan bahwa alat dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan harapan, yaitu :

- a. Terwujudnya modul Tugas Akhir berupa Modifikasi *Suction Pump* Dengan Tampilan Digital Berbasis Arduino Uno ATmega 328 yang telah dilengkapi dengan indikator alarm pada alat.
- b. Setelah dilakukan pengujian dan pengukuran, pada kecepatan *low*, *medium*, dan *high* didapatkan data dengan rata – rata presentase kesalahan sebesar 2 %. Hasil data pengukuran masih berada di batas toleransi yaitu 5%.
- c. Dari pembacaan pada tekanan hisap sebesar 50 mmHg, 100 mmHg dan 150 mmHg didapatkan rata – rata presentase kesalahan sebesar 0,2 %. Hasil data pengukuran masih berada di batas toleransi yaitu 2,5%.

6.2 Saran

Setelah melakukan proses pembuatan, percobaan, pengujian alat dan pendataan, penulis memberikan saran sebagai pengembangan peneliti selanjutnya yaitu sebagai berikut:

- a. Pembuatan modul dapat dikembangkan dengan menggunakan tegangan dari baterai agar dapat di gunakan dimana saja.
- b. Pembuangan cairan / kotoran pada tabung *suction* dapat dikembangkan dengan menggunakan sistem pembuangan secara otomatis.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suharmanto, A., & Musafa, A. (2013). Perancangan Sistem Pengisian Udara Ban Kendaraan Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Arsitron*, 4(1), 72-80.
- [2] Player, Doc. “Vakum Pressure”, <https://docplayer.info/52003473-Bab-i-vacum-pressure-tekanan-hampa-adalah-tekanan-yang-lebih-rendah-dari-tekanan-atmosfer.html>, Diakses tanggal 24 Agustus 2020 pukul 01.18.
- [3] Uzma, I. K. (2019). Perancangan Alat Bantu Angkat Kabinet Dengan Mekanisme Vacuum (Grip) Untuk Mengurangi Beban Kerja Operator Di Pt. Yamaha Indonesia.
- [4] W. Senavongse and T. Sutdaen, 2012. “Development of Simple Low Pressure Suction Machine,” 2nd International Conference on Environment and BioScience vol. 44, pp. 100–104.
- [5] A. Aubrey, L. Burgess, and D. R. Spotz, “Portable Suction Pump System,” 1971. United States Patent.
- [6] Medik, Galeri. 2016. “Mengenal Alat Suction Pump, Alat Sedot Cairan Lendir / Dahak”, <http://www.galerimedika.com/Mengenal-Alat-Suction-Pump-Alat-Sedot-Cairan-Lendir-Dahak/>, Diakses tanggal 24 Agustus 2020 pukul 02.15
- [7] Hidayat, T. (2018). PERANCANGAN IMPELLER VACUUM PADA KENDARAAN VACUUM CLEANER TROTOAR (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Unpas).
- [8] Wibowo, F. A. B., & Mrihardjono, J. (2013). ANALISIS PERFORMA EFISIENSI AUXILIARY OIL PUMP (AC LUBE OIL PUMP) PADA SISTEM PELUMASAN TURBIN UNIT 10 PLTU I JAWA TENGAH REMBANG (EFFICIENCY ANALYSIS OF AUXILIARY OIL PUMP (AC LUBE OIL PUMP)'S PERFORMANCE ON LUBRICATING TURBINE SYSTEM UNIT 10 PLTU CENTRAL JAVA REMBANG) (Doctoral dissertation, D3 Kerjasama PT. PLN Fakultas Teknik).

- [9] 503hendri. (2013, Maret). “Arduino UNO”, <https://belajar-dasar-pemrograman.blogspot.com/2013/03/arduino-uno.html>. Diakses tanggal 24 Agustus 2020 pukul 00.00.
- [10] idekubagus. (2018, Januari 10). “15 Fungsi Pin pada Arduino Uno r3”, <https://www.idekubagus.com/2018/01/15-fungsi-pin-pada-arduino-uno-r3.html>, Diakses tanggal 24 Agustus 2020 pukul 00.00.
- [11] Mengenal-komunikasi-i2c[Online]:<http://lang8088.blogspot.com.html>,” Diakses tanggal 25 Agustus 2020 pukul 02.00.
- [12] Kho, Dickson. 2014. “Pengertian LCD dan Prinsip Kerja LCD”, <https://teknikelektronika.com/pengertian-lcd-liquid-crystal-display-prinsip-kerja-lcd/>, Diakses tanggal 25 Agustus 2020 pukul 02.15
- [13] Freescale Semiconductor, Inc. 2007. “MPX5500 Datasheet (PDF)”, <http://alldatasheet.com/datasheet.pdf/view/MPX5500/datasheet.pdf>, Diakses tanggal 26 Agustus 2020 pukul 00.00.
- [14] Kho, Dickson. 2014. “Pengertian Piezoelectric Buzzer dan Cara Kerjanya”, <https://teknikelektronika.com/pengertian-piezoelectric-buzzer-cara-kerja-buzzer/>, Diakses tanggal 30 April 2020 pukul 13.30.
- [15] Risdiyanto, Gunawan. 2017. “ Modul Pembelajaran Elektronika dan Mekatronika”, <http://repositori.kemdikbud.go.id/5016/1/T03SNCe0U84geC1QQgQNj4ZxmUYM10bher0Qzp7B.pdf>, Diakses tanggal 30 April 2020 pukul 14.30.
- [16] Dermanto, Trikueni. 2014. “Pengertian Push Button”, <http://trikueni-desainsistem.blogspot.com/2014/04/Pengertian-Push-Button.html>, diakses pada 30 April pukul 13.11
- [17] Kho, Dickson. 2014. “Pengertian Transformator (Trafo) dan Prinsip Kerjanya” <https://teknikelektronika.com/pengertian-transformator-prinsip-kerja-trafo/>, Diakses tanggal 14 Agustus 2020 pukul 00.15
- [18] Freescale Semiconductor, Inc. 2007. “LM2596 Datasheet (PDF)”, <https://www.alldatasheet.com/datasheet->

pdf/pdf/315343/ONSEMI/LM2596.html, Diakses tanggal 3 September 2020 pukul 02.00.

- [19] Jurnal Ilmiah TEKNO Vol. 14 No.1, April 2017 36 – 42
- [20] Mursalina, Lutfia. 2011. Modul Dasar-dasar Elektronika. Semarang: Universitas Negeri Semarang



LAMPIRAN



```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
#define ok 8
#define cancel 9
#define tambah 10
#define kurang 11
#define pompa 3
#define mpx A0
#define buzer 12
const int numReadings = 20;
int readings[numReadings];
int readIndex = 0;
int total = 0;
int average = 0;
int power, menu, mmhg, adcnilai, angka;
int setmmhg;
void setup() {
  lcd.begin();
  pinMode(ok, INPUT_PULLUP);
  pinMode(cancel, INPUT_PULLUP);
  pinMode(tambah, INPUT_PULLUP);
  pinMode(kurang, INPUT_PULLUP);
  pinMode(pompa, OUTPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  digitalWrite(buzzer, LOW);
  menu = 0;
  power = 100;
  angka = 0;
```

```
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Maulana Rizky B.");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" 1704056   ");
delay(2000);
lcd.clear();
}
```

```
void loop() {
    bacampx();
    switch (menu)
    {
        case 0:
            analogWrite(pompa, 0);
            if (mmhg >= setmmhg)
            {
                power = 0;
            }
            lcd.setCursor(0, 0);
            lcd.print("Tekanan: ");
            lcd.print(mmhg);
            lcd.print(" mmhg ");
            lcd.setCursor(0, 1);
            lcd.print("Pompa : ");
            if (angka == 0)
            {
                lcd.print("LOW ");
                power = 150;
                setmmhg = 200;
```

```
}

if (angka == 1)
{
    lcd.print("MED ");
    power = 200;
    setmmhg = 250;
}

if (angka == 2)
{
    lcd.print("HIGH ");
    power = 255;
    setmmhg = 300;
}

if (digitalRead(tambah) == LOW && angka <= 1)
{
    delay(250);
    angka++;
}

if (digitalRead(kurang) == LOW && angka >= 1)
{
    delay(250);
    angka--;
}

if (digitalRead(ok) == LOW)
{
    delay(250);
    lcd.clear();
    menu = 1;
```

```
        }
        break;
    case 1:
        analogWrite(pompa, power);
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Power : ");
        if (angka == 0)
        {
            lcd.print("LOW ");
        }
        if (angka == 1)
        {
            lcd.print("MED ");
        }
        if (angka == 2)
        {
            lcd.print("HIGH ");
        }
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Tekanan: ");
        lcd.print(mmhg);
        lcd.print(" mmhg ");
        if (digitalRead(cancel) == LOW)
        {
            delay(250);
            lcd.clear();
            menu = 0;
        }
        if (mmhg >= setmmhg)
```

```
{  
    analogWrite(pompa, 0);  
    digitalWrite(buzzer, HIGH);  
    delay(250);  
    lcd.clear();  
    delay(2000);  
    digitalWrite(buzzer, LOW);  
    menu = 2;  
}  
break;  
case 2:  
    analogWrite(pompa, 0);  
    lcd.setCursor(0, 0);  
    lcd.print("    Tabung    ");  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("    Penuh!    ");  
    if(digitalRead(ok) == LOW)  
    {  
        delay(250);  
        lcd.clear();  
        menu = 0;  
    }  
    break;  
}  
}  
void bacampx()  
{  
    adcnilai = analogRead(mpx);  
    total = total - readings[readIndex];
```

```
readings[readIndex] = adcnilai;  
total = total + readings[readIndex];  
readIndex = readIndex + 1;  
if (readIndex >= numReadings) {  
    readIndex = 0;  
}  
  
average = total / numReadings;  
mmhg = map(average, 40, 983, 0, 3750);  
if (mmhg <= 0)  
{  
    mmhg = 0;  
}  
}
```