



UWHS

**MODIFIKASI ALAT SYRINGE PUMP
DENGAN PENDETEKSI OKLUSI**

Karya Tulis Ilmiah

Disusun Oleh :

Edwin Aryestha Kali Kulla

2004100

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

2023



UJHS

LEMBAR PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : MODIFIKASI ALAT SYRINGE PUMP

NAMA : Edwin Aryestha Kali Kulla

NIM : 2004100

“Saya menyatakan dan bertanggung jawab dengan sebenarnya bahwa Karya Tulis ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Karya Tulis ini sebagai kerjanya, yang di sertai dengan bukti-bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk di batalkan gelar Ahli Madya Teknologi Elektro Medis saya, beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut.

Semarang, 2023

Penulis

Edwin Aryestha Kali Kulla

20.04.100



PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN

JUDUL : MODIFIKASI ALAT SYRINGE PUMP

NAMA : Edwin Aryestha Kali Kulla

NIM : 2004100

Karya Tulis ini telah disetujui dan dipertahankan dihadapan tim penguji Ujian Akhir Program Studi Teknologi Elektro Medis Program Diploma Tiga Universitas Widya Husada Semarang.

Menyetujui
Pembimbing TA



Mulyono, M.Kom
NIDN. 0609088103



PENGESAHAN KARYA TULIS

JUDUL : MODIFIKASI ALAT SYRINGE PUMP

NAMA : Edwin Aryestha Kali Kulla

NIM : 2004100

Karya Tulis ini telah disetujui dan dipertahankan dihadapan tim penguji Ujian Akhir Program Studi Teknologi Elektro Medis Program Diploma Tiga Universitas Widya Husada Semarang pada hari, tanggal, bulan, tahun

Menyetujui

Ketua Penguji

Safira Fegi Nisrina, S.T., M.T
NIDN. 0628099601

Anggota Penguji

Agung Satrio Nugroho, M.Eng
NIDN. 0619058101

Ka Prodi

Agung Satrio Nugroho, M.Eng
NIDN. 0619058101

ABSTRAK

Masalah atau tindakan injeksi intravena pada pasien tertentu membutuhkan kecepatan, akurasi injeksi obat yang tepat, dan secara kontinyu. Penggunaan syringe pump yang menyebabkan cairan obat yang masuk ke dalam tubuh tidak mengalir secara konstan dan terbentuk tekanan besar pada syringe dan aliran cairan yang jika dibiarkan akan terjadi pembengkakan pada pembuluh darah pasien. Oklusi dipengaruhi oleh sifat darah pasien yaitu mudahnya terjadi koagulasi (penggumpalan), selang yang terjepit, dan adanya penggumpalan darah di jarum menuju pembuluh darah pasien. Meninjau dari hal tersebut, maka dirancang syringe pump dilengkapi dengan mekanisme alarm deteksi oklusi

Pada alat yang akan penulis buat berupa alat syringe pump yang dimana ketika terjadinya penyumbatan dan cairan hampir habis itu maka sensor oklusi berfungsi untuk mendeteksi terjadinya penyumbatan dan sensor nearly berfungsi untuk mendeteksi volume akhir cairan obat yang di injeksikan sehingga buzzer berbunyi untuk memberi peringatan kepengguna apabila tabung suntik kosong dan terjadi penyumbatan sedangkan LCD yang berfungsi untuk penampil nilai laju aliran cairan kepada pasien yang dapat digunakan untuk Tindakan emergency seperti pasien drop tiba-tiba ataupun pasien mengalami nyeri berlebihan dan kondisi tidak stabil.

Setelah melalui proses perencanaan, pembuatan modul dan analisa dihasilkan Modifikasi Alat Syringe Pump yang dapat bekerja dan berfungsi dengan baik sesuai dengan perencanaan yang telah di rencanakan dengan keakurasian Volume sebesar 98,6% yang artinya alat ini dapat menginjeksikan cairan nutrisi atau obat-obatan dalam jumlah tepat..

Kata Kunci : *syringe pump*, *flow rate*, *Occlusion* , mikrokontroler.

ABSTRACT

Intravenous injection problems or actions in certain patients require speed, accurate injection of the right drug, and continuously. The use of a syringe pump causes the drug liquid that enters the body to not flow constantly and a large pressure is formed in the syringe and the flow of fluid which, if left unchecked, will cause swelling in the patient's blood vessels. Occlusion is influenced by the nature of the patient's blood, namely the ease with which coagulation (clotting) occurs, the hose being pinched, and the presence of blood clots in the needle leading to the patient's vein. In view of this, a syringe pump is designed to be equipped with an occlusion detection alarm mechanism

In the tool that the author will make in the form of a syringe pump where when there is a blockage and the liquid is almost used up, the occlusion sensor functions to detect the occurrence of blockages and the nearly sensor functions to detect the final volume of the drug liquid inject

ed so that the buzzer sounds to warn the user if the tube the injection is empty and a blockage occurs while the LCD functions to display the value of the fluid flow rate to the patient. which can be used for emergency measures such as sudden drop in patients or patients experiencing excessive pain and unstable conditions.

After going through the process of planning, making modules and analyzing the resulting Modification of the Syringe Pump Tool which can work and function properly according to the planned plan with a Volume accuracy of 98.6% which means this tool can inject liquid nutrition or medicine in the right amount.

Keywords : *syringe pump, flow rate, occlusion, microcontroller.*

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kepada ALLAH yang telah melimpahkan nikmat, rahmat, dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal ini. Proposal ini merupakan salah satu syarat dalam menempuh program Pendidikan Diploma III Teknik Elektromedis Universitas Widya Husada Semarang. Adapun judul yang penulis buat adalah “ *Modifikasi Alat Syringe Pump Dengan Pendeteksi Oklusi*” untuk melengkapi tugas akhir di Prodi Teknik Elektromedik di Universitas Widya Husada Semarang. Dalam proses penyusunan proposal ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Orang tua beserta orang tersayang atas dukungan, doa yang tulus dan tiada hentinya untung memotifasi penulis dalam studi mau pun dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Dr.Hargianti Dini Aiswandari, drg, M.M selaku Rektor Universitas Widya Husada Semarang.
3. Dr. Didik Wahyudi, SKM, M.Kes selaku Dekan Universitas Widya Husada Semarang.
4. Agung Satrio N, M.Eng, selaku Kaprodi D III Teknik Elektromedik Universitas Widya Husada Semarang.
5. Bapak Mulyono, M.Kom selaku pembimbing yang telah membantu dan memberikan masukan dalam selama proses penyusunan Karya Tulis Ilmia ini.
6. Rekan-rekan TEM Angkatan 2020, dan sahabat penulis lainnya yang tidak dapat di sebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan matifasi dan masukannya.

Penulis mohon maaf apabila terdapat kesalahan dalam proposal ini karna penulis menyadari bahwa penyusunan proposal ini masih jau dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis membutuhkan keritik ataupun saran yang membangun dari para pembaca.

Semarang, 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN PENULIS	ii
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Daftar Istilah.....	3
BAB II TEORI DASAR	4
2.1 Syringe Pump.....	4
2.1.1 Pengertian Syringe Pump	4
2.2 Arduino Mega 2560	7
2.3 Resistor.....	9
2.3.1 Jenis – Jenis Resistor	9
2.3.2 Resistor 4 Gelang.....	12
2.3.3 Resistor 5 Gelang.....	13
2.3.4 Rangkaian Seri Resistor	14
2.3.5 Rangkaian Paralel Resistor.....	15
2.4 Kapasitor.....	16
2.4.1 Jenis – jenis Kapasitor.....	16
2.5 Dioda	18
2.6 Transistor.....	20
2.7 Liquid Crystal Display 20x4.....	22
2.8 Keypad Matrik 4x4	25
2.9 Baterai <i>Lithium ion</i> 4,2V	25
2.10 Motor Stepper.....	26
2.11 Sensor Potensio Geser	27
2.12 Buzzer.....	28
2.13 Sensor oklusi.....	29
2.14 IC RegulatorLM317.....	29
2.15 IC LM358	30
2.16 Trafo	32
2.16.1 Jenis Trafo	33
2.16.2 Prinsip Kerja Trafo.....	34
2.17 Driver Motor.....	35
BAB III PERENCANAAN ALAT	38
3.1 Tahap Perencanaan	38

3.2	Spesifikasi alat	39
3.3	Blok Diagram.....	39
3.4	Perencanaan Wiring Diagram.....	41
3.5.1	Perencanaan Power Supply dan Charger	41
3.5.2	Rangkaian Sensor Nearly	44
3.5.3	Rangkaian Sensor Oklusi	45
3.5.4	Rangkaian Sensor Syringe Size	46
3.5.5	Modul Arduino Mega 2560.....	48
3.5.6	Rangkaian Keypad.....	49
3.5.7	Rangkaian Driver Motor	50
3.5.8	Rangkaian Buzzer.....	51
3.5.9	Rangkaian LCD	52
3.5	Desain Alat	53
3.6	Persiapan Alat dan Bahan.....	53
3.7	Pembuatan Modul	54
3.8	Perencanaan Flow Chart.....	55
BAB IV PENGUKURAN DAN PENDATAAN		56
4.1	Pengertian Pengukuran.....	56
4.2	Persiapan Pengukuran	56
4.3	Metode Pengukuran	56
4.4	Hasil Pengukuran.....	57
4.5	Hasil Pengujian Kecepatan <i>Flow Rate</i>	59
BAB V PEMBAHASAN DAN ANALISA DATA		62
5.1	Wiring Diagram Secara Keseluruhan.....	62
5.2	Analisa Data	63
5.3.1	Analisa TP1	64
5.3.2	Analisa TP2	64
5.3.3	Analisa TP3	65
5.3.4	Analisa TP4	66
5.3.5	Analisa TP5	66
5.3.6	Analisa TP6	66
5.3	Analisa Data Hasil Perbandingan	67
BAB VI PENUTUP		68
6.1	Kesimpulan.....	68
6.2	Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA		69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Syringe Pump	5
Gambar 2. 2 Bagian-bagian Syringe Pump	6
Gambar 2. 3 Konfigurasi Arduino Mega2560	8
Gambar 2. 4 Resistor	9
Gambar 2. 5 Fixed Resistor	10
Gambar 2. 6 Variabel Resistor	11
Gambar 2. 7 Kode Warna Resistor	12
Gambar 2. 8 Perhitungan 4 Gelang Warna	12
Gambar 2. 9 Perhitungan 5 Gelang warna	13
Gambar 2. 10 Rangkaian Seri Resistor	14
Gambar 2. 11 Rangkaian Paralel Resistor	15
Gambar 2. 12 Kapasitor	16
Gambar 2. 13 Jenis-jenis Kapasitor	17
Gambar 2. 14 Dioda	18
Gambar 2. 15 Dioda Bias Maju dan Mundur	19
Gambar 2. 16 Dioda Emisi Cahaya	19
Gambar 2. 17 Dioda Penyearah	20
Gambar 2. 18 Rangkaian Transistor sebagai Penyearah	21
Gambar 2. 19 Karakteristik Transistor	21
Gambar 2. 20 LCD 20x 4	23
Gambar 2. 21 Modul 12C LCD	23
Gambar 2. 22 Keypad 4x4	25
Gambar 2. 23 Baterai Lithium Ion 4,2V	25
Gambar 2. 24 Motor Stepper	27
Gambar 2. 25 Potensio Geser	28
Gambar 2. 26 Buzzer	29
Gambar 2. 27 Sensor FSR	29
Gambar 2. 28 IC Regulator	30
Gambar 2. 29 IC LM358	30
Gambar 2. 30 Komparator	31
Gambar 2. 31 Trafo	33
Gambar 2. 32 Fluks Trafo	35
Gambar 2. 33 Driver Motor	36
Gambar 3. 1 Blok Diagram	39
Gambar 3. 2 Rangkaian Power Supply	41
Gambar 3. 3 Sensor Nearly	44
Gambar 3. 4 Sensor Oklusi	45
Gambar 3. 5 Sensor Syringe Size	46
Gambar 3. 6 Arduino Mega 2560	48

Gambar 3. 7 Modul Keypad	49
Gambar 3. 8 Rangkaian Driver Motor	50
Gambar 3. 9 Rangkain Buzzer	51
Gambar 3. 10 Rangkaian LCD	52
Gambar 3. 11 Desain Alat.....	53
Gambar 3. 12 Flow Chart	55
Gambar 5. 1 Wiring Diagram Keseluruhan	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Atmega2560.....	7
Tabel 2. 2 Fitur Tampilan LCD 20x4	23
Tabel 3. 1 Daftar Komponen Power Supply	43
Tabel 3. 2 Daftar Komponen Nearly Empty	45
Tabel 3. 3 Daftar Komponen Sensor Oklusi	46
Tabel 3. 4 Daftar Komponen Arduino Mega	49
Tabel 3. 5 Daftar Komponen Keypad	49
Tabel 3. 6 Daftar komponen Driver Motor	50
Tabel 3. 7 Daftar Komponen Buzzer	51
Tabel 3. 8 Daftar Komponen LCD	52
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran	57
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Flow Rate	60
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Flow Rate	61
Tabel 5. 1 Analisa hasil perbandingan	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam pelaksanaan pemberian obat terhadap pasien seorang paramedik harus memperhatikan enam prinsip benar pemberian obat yaitu benar klien, benar obat, benar dosis, benar rute, benar waktu, serta benar dokumentasi. Metode pemberian obat ada beberapa macam-macam namun yang sering digunakan yakni metode injeksi melalui intravena. Pemberian obat melalui intravena biasanya dilakukan secara intensif sehingga membutuhkan alat untuk mengontrol cairan obat yang masuk. Pemberian obat secara intravena memiliki 2 metode yaitu metode epidural bolus terkontrol dan metode infusion. Metode Infusion yaitu metode injeksi obat intravena dengan memperhatikan waktu dan kecepatan aliran obat yang masuk kedalam pasien, metode infusion ini dilakukan secara kontinyu dan otomatis. Sedangkan metode epidural bolus terkontrol adalah metode intravena yang dilakukan dengan tetap memperhatikan kecepatan aliran obat, namun aplikasi metode ini yaitu tidak secara kontinyu dan tidak otomatis melainkan obat akan mulai diinjeksikan ketika dibutuhkan saja.[1]

Tindakan injeksi intravena pada pasien tertentu membutuhkan ketepatan, akurasi injeksi obat yang sangat tinggi, dan secara kontinyu. Metode yang tepat untuk tindakan ini adalah tindakan injeksi intravena dengan metode infusion. Dengan metode ini tindakan injeksi obat sangat dipermudah karena perawat hanya melakukan pengaturan flow rate dan volume perjamnya (ml/jam) yang dibutuhkan oleh pasien. Alat yang dapat digunakan untuk tindakan injeksi intravena dengan tingkat ketelitian dan presisi yang sangat tinggi adalah *syringe pump*. Dengan memanfaatkan *syringe pump* proses injeksi obat dapat dilakukan secara tepat sesuai dengan jumlah saluran yang dibutuhkan pasien sehingga dapat mengurangi kesalahan dalam pemberian obat. Contohnya pasien yang dalam keadaan kondisi kritis atau sedang menjalani operasi sangat dibutuhkan injeksi obat secara intensif dengan dosis yang tepat dan konstan karena dalam 3 kondisi tersebut terjadi ketidakseimbangan cairan pada tubuh pasien sehingga hal ini sangat membahayakan bagian pasien. Dengan demikian perlu teknik

injeksi obat infusion sebagai tindakan injeksi obat dalam durasi waktu yang lama dengan kecepatan atau *flow rate* yang dapat diatur sesuai kebutuhan pasien dan dapat bekerja secara otomatis.

Sistem syringe pump dirancang dengan mekanisme pergerakan motor. Pergerakan motor akan menyebabkan ulir maju sehingga mendorong plunger atau biasa disebut pendorong suntikan sehingga proses injeksi mulai terjadi. Sistem syringe pump terdiri dari plunger, motor stepper, mekanisme pompa, pengontrol mekanisme pompa dan alarm (buzzer).

Masalah yang sering timbul saat penggunaan syringe pump adalah penyumbatan (oklusi) selama mekanisme pompa berlangsung yang menyebabkan cairan obat yang masuk kedalam tubuh tidak mengalir secara konstan dan terbentuk tekanan besar pada syringe pump dan aliran cair. Jika dibiarkan akan terjadi pembengkakan pada lengan pasien. Biasanya penyumbatan terjadi akibat sifat darah pasien yang mudah terjadi penggumpalan (koagulasi), selang yang terjepit dan adanya penggumpalan darah di jarum menuju pembuluh darah pasien.

Dalam hal ini, karya tulis ilmiah yang dibuat ini dilengkapi dengan sensor Oklusi dan sensor Nearly Empty. Sensor Oklusi berfungsi untuk mendeteksi adanya penyumbatan pada pembuluh darah. Sedangkan sensor Nearly Empty untuk mengindikasikan volume obat mendekati pompa jarum suntik sebagai penanda bahwa volume obat akan habis sehingga perawat dapat mendekati alat agar selang tidak dipasang terus menerus ketika volume sudah habis.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan memandang latar belakang diatas maka dengan ini penulis ingin membuat alat injeksi obat berupa alat syringe pump yang dilengkapi sensor oklusi dan sensor nearly empty dengan presisi yang sangat tinggi sehingga dapat digunakan untuk tindakan emergency seperti pasien drop tiba-tiba ataupun pasien mengalami nyeri berlebih dan kondisi yang tidak stabil. Diharapkan dengan adanya alat ini dapat memudahkan perawat dalam melaksanakan pemberian obat secara benar dan teratur sesuai kebutuhan pasien.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam pembuatan karya ilmiah ini yakni:

- a. Merancang dan membuat alat *syringe pump*. Bedanya, pada *syringe pump* bisa disesuaikan dosisnya dengan anjuran dokter. Volume dan waktunya pun bisa ditentukan.
- b. Menganalisis kinerja dari alat *syringe pump* yang telah dibuat.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan karya tulis ilmiah ini, penulis membatasi masalah hanya pada:

- a. Pemeliharaan ukuran spuit di lakukan secara manual dengan menekan tombol maju dan mundur motor.
- b. Pada alat ini tidak menampilkan waktu/timer saat proses injeksi berlangsung.

1.5 Daftar Istilah

Adapun istilah dalam pembuatan karya ilmiah ini yaitu:

- a. Injeksi atau penyuntikan adalah metode memasukan cairan ke tubuh menggunakan jarum.
- b. Oklusi adalah penyumbatan pembuluh darah yang di sebabkan oleh penggumpalan darah.
- c. Flow rate adalah ukuran volume cairan yang bergerak dalam jumlah waktu tertentu.

BAB II

TEORI DASAR

2.1 Syringe Pump

2.1.1 Pengertian Syringe Pump

Syringe pump merupakan alat medis yang difungsikan untuk melakukan injeksi cairan obat secara terus-menerus dengan dosis yang sangat presisi dan perhitungan tertentu. Secara khusus alat ini menitikberatkan atau memfokuskan pada jumlah cairan yang dimasukkan kedalam tubuh pasien dengan satuan millimeter per jam (ml/jam). *Syringe pump* didesain agar mempunyai ketepatan yang tinggi dan mudah digunakan. *Syringe pump* dirancang dengan mekanisme pergerakan motor. Prinsip kerjanya ketika motor bergerak maka menyebabkan ulir bergerak maju sehingga akan mendorong spuit (suntik) dan proses injeksi dimulai. [1]

Syringe pump mempunyai sistem keseluruhan mengontrol putaran motor sebagai pemompa spuit dan sistem alarm. Mekanisme pompa menggunakan gaya yang mendorong plunger sehingga cairan obat pada selang terdorong menuju pembuluh darah pasien. Penggunaan paling populer dari driver jarum suntik adalah dalam perawatan paliatif, untuk terus mengelola analgesik (penghilang rasa sakit), antiemetik (obat untuk menekan mual dan muntah) dan obat-obatan lainnya.



Gambar 2. 1 Syringe Pump

Memperhatikan pemberian obat merupakan hal yang sangat penting yang harus dilakukan oleh setiap perawat atau paramedis yang ingin melakukan injeksi obat terhadap pasien terutama pemberian obat secara intravena. Pada beberapa jenis obat, pelaksanaan pemberiannya harus diperhatikan waktunya. Biasanya 9 obat-obat tersebut adalah obat-obat yang digunakan untuk kepentingan anestesi dan analgesia, contohnya norepinefrin, dopamine, dobutin serta obat-obat analgesia yang lain. *Norepinefrin*, *dopamine*, *dobutin* merupakan obat yang digunakan untuk menjaga tekanan darah agar tetap stabil, apabila obat tersebut diberikan secara manual maka dikhawatirkan akan terjadi over dosis sehingga akan terjadi hipertensi dan apabila volume obat yang dimasukkan ke dalam tubuh pasien itu kurang maka akan terjadi hipotensi. Maka dari itu diperlukan teknik injeksi yang dapat memasukkan obat secara tepat, yaitu tepat dosis dan tepat waktu secara otomatis dan aman. *Syringe pump* memiliki sensor pokok sebagai safety, yaitu sensor *nearly empty* dan sensor oklusi. Sensor *nearly empty* merupakan sensor yang dapat mendeteksi cairan ketika cairan hampir habis pada spuit. Sedangkan sensor oklusi merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi apabila terjadi sumbatan pada saluran injeksi (selang) dan terjadi sumbatan pada pembuluh darah.[1]

Berikut merupakan fungsi-fungsi dari Syringe Pump yaitu :

- a. Untuk mengatur jumlah cairan yang masuk ke dalam sirkulasi darah melalui vena secara akurat.
- b. Mengurangi resiko bagi pasien yang alergi atau yang kesulitan dalam penggunaan obat tablet.
- c. Mencegah kadar obat berlebih, dimana tingkat obat dalam darah terlalu tinggi atau terlalu rendah.

Bagian-bagian Syringe Pump dapat dilihat pada gambar ilustrasi di bawah



Gambar 2. 2 Bagian-bagian Syringe Pump

Keterangan :

1. Operation Panel adalah tombol untuk mengoperasikan syringe pump
2. Clamp berfungsi sebagai penjepit spuit
3. Slit adalah celah untuk menempatkan syringe
4. Indikator syringe size merupakan tampilan ukuran spuit yang digunakan
5. Clutch merupakan pendorong spuit ketika syringe size mulai tindakan injeksi
6. Indikator alarm adalah tampilan untuk memberitahukan tanda ketika cairan obat pada spuit akan habis.

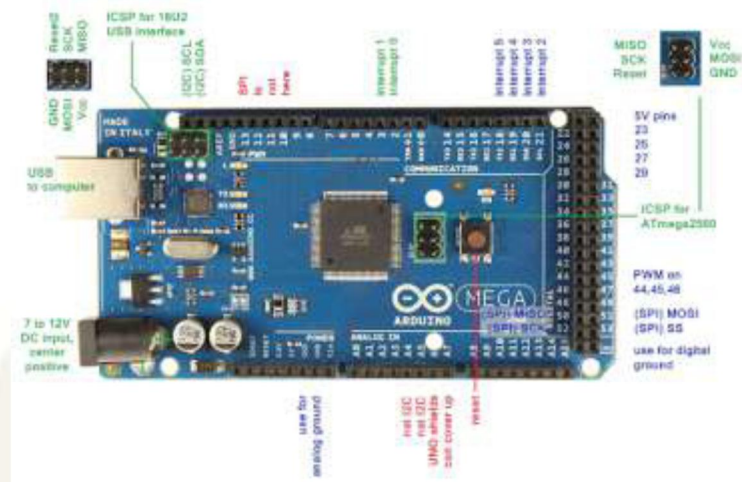
2.2 Arduino Mega 2560

Arduino Mega2560 adalah suatu komponen yang digunakan sebagai mikrokontroler. Board ini memiliki Pin I/O yang relatif banyak, 54 digital Input / Output, 15 buah di antaranya dapat di gunakan sebagai output PWM, 16 buah analog Input, 4 UART. Arduino Mega 2560 di lengkapi kristal 16. Mhz Untuk penggunaan relatif sederhana tinggal menghubungkan power dari USB ke PC / Laptop atau melalui Jack DC pakai adaptor 7-12 V DC.[2]

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Atmega2560

Mikrokontroler	<u>ATmega2560</u>
Tegangan Operasional	5V
Tegangan Input (rekomendasi)	7-12V
Tegangan Input (limit)	6-20V
Pin Digital I/O	54 (of which 15 provide PWM output)
Pin Analog Input	16
Arus DC per Pin I/O	20 mA
Arus DC untuk Pin 3.3 V	50 mA
Memori Flash	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Panjang	101.52 mm
Lebar	53.3 mm
Berat	37 g

Berikut adalah Gambar konfigurasi pin Arduino Mega2560



Gambar 2. 3 Konfigurasi Arduino Mega2560

Berikut ini adalah fitur dari pin Arduino Mega2560 :

- a. Serial 4 buah : Port Serial : Pin 0 (RX) dan Pin 1 (TX) ;Port Serial 1 : Pin 19 (RX) dan Pin 18 (TX); Port Serial 2 : Pin 17 (RX) dan Pin 16 (TX); Port Serial 3 : Pin 15 (RX) dan Pin 14 (TX).Pin Rx di gunakan untuk menerima data serial TTL dan Pin (Tx) untuk mengirim data serial TTL.
- b. External Interrupts 6 buah : Pin 2 (Interrupt 0),Pin 3 (Interrupt 1), Pin 18 (Interrupt 5), Pin 19 (Interrupt 4), Pin 20 (Interrupt 3) dan Pin 21 (Interrupt 2).
- c. PWM 15 buah : 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13 dan 44,45,46 pin-pin tersebut dapat di gunakan sebagai Output PWM 8 bit.
- d. Memiliki 32 buah pin I/O, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
- e. SPI : Pin 50 (MISO), Pin 51 (MOSI), Pin 52 (SCK), Pin 53 (SS) ,Di gunakan untuk komunikasi SPI menggunakan SPI Library.
- f. Memiliki SPI : Pin 50 (MISO), Pin 51 (MOSI), Pin 52 (SCK), Pin 53 (SS) ,Di gunakan untuk komunikasi SPI menggunakan SPI Library.
- g. LED : 13. Buit-in LED terhubung dengan Pin Digital 13.

2.3 Resistor

Resistor adalah komponen elektronika pasif yang memiliki nilai resistansi atau hambatan tertentu yang berfungsi untuk membatasi dan mengatur arus listrik dalam suatu rangkaian elektronika. Resistor atau dalam bahasa Indonesia sering disebut dengan Hambatan atau Tahanan dan biasanya disingkat dengan Huruf “R”. Satuan Hambatan atau Resistansi Resistor adalah OHM (Ω). Sebutan “OHM” ini diambil dari nama penemunya yaitu Georg Simon Ohm yang juga merupakan seorang Fisikawan Jerman.[3]



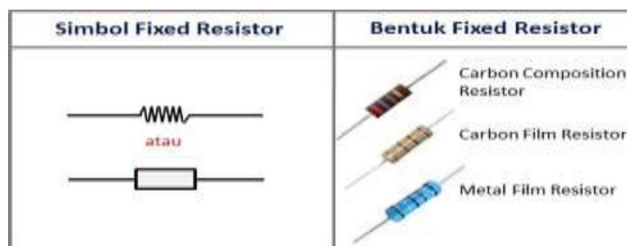
Gambar 2. 4 Resistor

Pada umumnya Resistor dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah Fixed Resistor, Variable Resistor, Thermistor dan LDR.

2.3.1 Jenis – Jenis Resistor

a. Fixed Resistor

Fixed Resistor adalah jenis Resistor yang memiliki nilai resistansinya tetap. Nilai Resistansi atau Hambatan Resistor ini biasanya ditandai dengan kode warna ataupun kode Angka.[3]



Gambar 2. 5 Fixed Resistor

Yang tergolong dalam Kategori *Fixed Resistor* berdasarkan Komposisi bahan pembuatnya diantaranya adalah :

b. Carbon Composition Resistor (Resistor Komposisi Karbon)

Resistor jenis *Carbon Compositition* ini terbuat dari komposisi karbon halus yang dicampur dengan bahan isolasi bubuk sebagai pengikatnya (*binder*) agar mendapatkan nilai *resistansi* yang diinginkan. Semakin banyak bahan karbonnya semakin rendah pula nilai *resistansi* atau nilai hambatannya. Nilai *resistansi* yang sering ditemukan di pasaran untuk Resistor jenis *Carbon Compositition Resistor* ini biasanya berkisar dari 1Ω sampai $200M\Omega$ dengan daya $1/10W$ sampai $2W$. [3]

c. Carbon Film Resistor (Resistor Film Karbon)

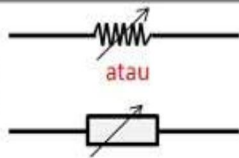


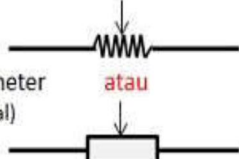

Resistor Jenis *Carbon Film* ini terdiri dari filem tipis karbon yang diendapkan Subtrat isolator yang dipotong berbentuk *spiral*. Nilai *resistansinya* tergantung pada proporsi karbon dan isolator. Semakin banyak bahan karbonnya semakin rendah pula nilai *resistansinya*. Keuntungan *Carbon Film Resistor* ini adalah dapat menghasilkan resistor dengan toleransi yang lebih rendah dan juga rendahnya kepekaan terhadap suhu jika dibandingkan dengan *Carbon Compositition Resistor*.

Nilai *Resistansi Carbon Film Resistor* yang tersedia di pasaran biasanya berkisar diantara 1Ω sampai $10M\Omega$ dengan daya $1/6W$ hingga $5W$. Karena

rendahnya kepekaan terhadap suhu, *Carbon Film Resistor* dapat bekerja di suhu yang berkisar dari -55°C hingga 155°C . [3]

d. Metal Film Resistor (Resistor Film Logam)

Metal Film Resistor adalah jenis Resistor yang dilapisi dengan *Film* logam yang tipis ke Subtrat Keramik dan dipotong berbentuk *spiral*. Nilai *Resistansinya* dipengaruhi oleh panjang, lebar dan ketebalan *spiral* logam. Secara keseluruhan, Resistor jenis *Metal Film* ini merupakan yang terbaik diantara jenis-jenis Resistor yang ada (*Carbon Composition Resistor* dan *Carbon Film Resistor*). *Variable Resistor* adalah jenis Resistor yang nilai *resistansinya* dapat berubah dan diatur sesuai dengan keinginan. Pada umumnya *Variable Resistor* terbagi menjadi Potensiometer, Rheostat dan Trimpot. [3]

Simbol Variable Resistor	Bentuk Variable Resistor
Rheostat (2 Terminal) 	 Potensiometer  Trimpot
Potensionmeter (3 Terminal) 	 Rheostat

Gambar 2. 6 Variabel Resistor

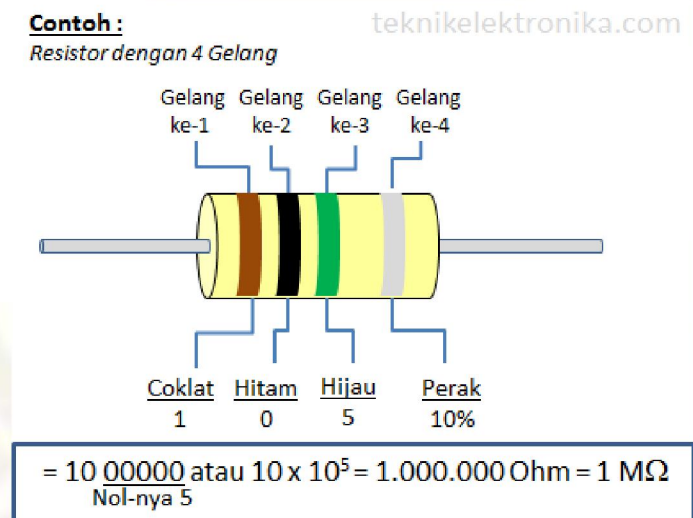
Tabel dibawah ini adalah warna-warna yang terdapat di Tubuh Resistor :

Warna	Nilai
Hitam	0
Coklat	1
Merah	2
Orange	3
Kuning	4
Hijau	5
Biru	6
Ungu	7
Abu-abu	8
Putih	9
Emas	5%
Perak	10%
Tak berwarna	20%

Gambar 2. 7 Kode Warna Resistor

2.3.2 Resistor 4 Gelang

Perhitungan untuk Resistor dengan 4 Gelang warna :



Gambar 2. 8 Perhitungan 4 Gelang Warna

Masukkan angka langsung dari kode warna Gelang ke-1 (pertama), masukkan angka langsung dari kode warna Gelang ke-2, masukkan Jumlah nol dari kode warna Gelang ke-3 atau pangkatkan angka tersebut dengan 10 (10n). Merupakan Toleransi dari nilai Resistor tersebut.

Contoh :

Gelang ke 1 : Coklat = 1

Gelang ke 2 : Hitam = 0

Gelang ke 3 : Hijau = 5 nol dibelakang angka gelang ke-2; atau kalikan 10^5

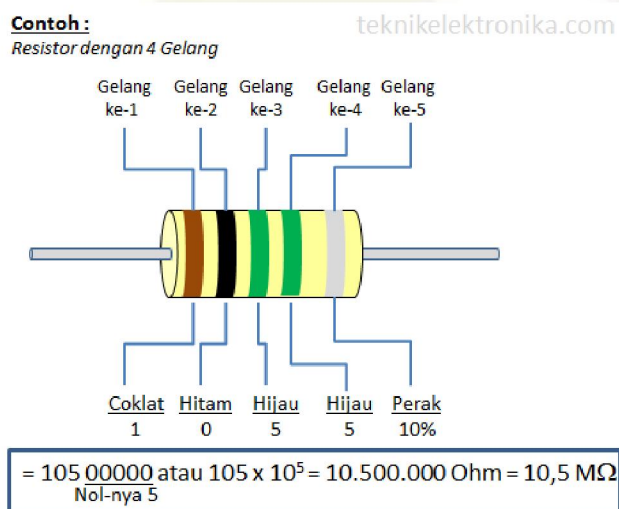
Gelang ke 4 : Perak = Toleransi 10%

Maka nilai Resistor tersebut adalah $10 * 10^5 = 1.000.000$ Ohm atau 1

MOhm dengan toleransi 10%.

2.3.3 Resistor 5 Gelang

Perhitungan untuk Resistor dengan 5 Gelang warna :



Gambar 2. 9 Perhitungan 5 Gelang warna

Masukkan angka langsung dari kode warna Gelang ke-1 (pertama)

Masukkan angka langsung dari kode warna Gelang ke-2

Masukkan angka langsung dari kode warna Gelang ke-3

Masukkan Jumlah nol dari kode warna Gelang ke-4 atau pangkatkan angka tersebut dengan 10 (10^n)

Merupakan Toleransi dari nilai Resistor tersebut

Contoh :

Gelang ke 1 : Coklat = 1

Gelang ke 2 : Hitam = 0

Gelang ke 3 : Hijau = 5

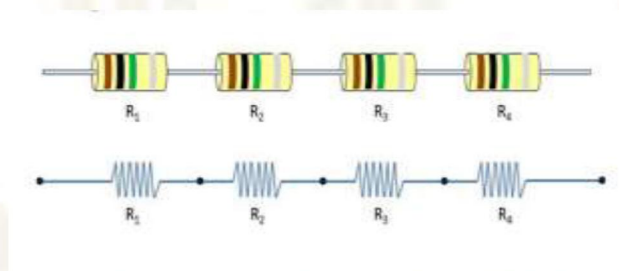
Gelang ke 4 : Hijau = 5 nol dibelakang angka gelang ke-2; atau kalikan 10^5

Gelang ke 5 : Perak = Toleransi 10%

Maka nilai Resistor tersebut adalah $105 * 10^5 = 10.500.000$ Ohm atau 10,5 MOhm dengan toleransi 10%.

2.3.4 Rangkaian Seri Resistor

Rangkaian Seri Resistor adalah sebuah rangkaian yang terdiri dari 2 buah atau lebih Resistor yang disusun secara sejajar atau berbentuk Seri. Dengan Rangkaian Seri ini kita bisa mendapatkan nilai Resistor Pengganti yang kita inginkan.



Gambar 2. 10 Rangkaian Seri Resistor

Rumus dari Rangkaian Seri Resistor adalah :

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

R_{total} = Total Nilai Resistor

R_1 = Resistor ke-1

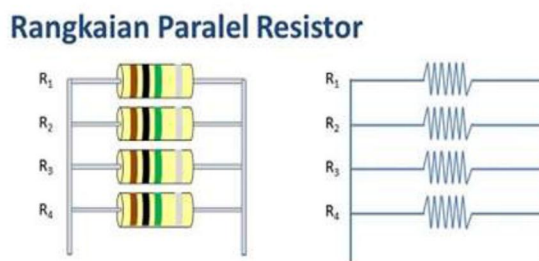
R_2 = Resistor ke-2

R_3 = Resistor ke-3

R_n = Resistor ke-n

2.3.5 Rangkaian Paralel Resistor

Rangkaian Paralel Resistor adalah sebuah rangkaian yang terdiri dari 2 buah atau lebih Resistor yang disusun secara berderet atau berbentuk Paralel. Sama seperti dengan Rangkaian Seri, Rangkaian Paralel juga dapat digunakan untuk mendapatkan nilai hambatan pengganti. Perhitungan Rangkaian Paralel sedikit lebih rumit dari Rangkaian Seri.



Gambar 2. 11 Rangkaian Paralel Resistor

Rumus dari Rangkaian parallel Resistor adalah :

$$1/R_{\text{total}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

R_{total} = Total Nilai Resistor

R_1 = Resistor ke-1

R_2 = Resistor ke-2

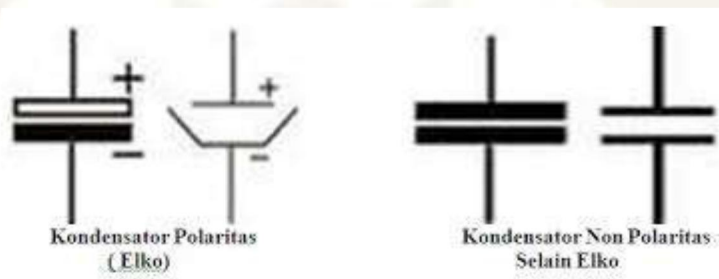
R_3 = Resistor ke-3

R_n = Resistor ke-n

Berikut ini adalah gambar bentuk Rangkaian Paralel :

2.4 Kapasitor

Kondensator atau sering disebut sebagai kapasitor merupakan suatu alat yang dapat menyimpan energi didalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidak seimbangan internal dari muatan listrik. Kondensator memiliki satuan yang disebut *Farad*. Kondensator diidentikkan mempunyai dua kaki dan dua kutub yaitu positif dan negatif serta memiliki cairan elektrolit dan biasanya berbentuk tabung. Sedangkan yang satunya lagi kebanyakan nilai kapasitasnya lebih rendah, tidak mempunyai kutub positif dan kutub negatif pada kakinya., kebanyakan berbentuk bulat pipih bewarna coklat, merah, hijau dan lainnya seperti tablet atau kancing baju. [4]



Gambar 2. 12 Kapasitor

2.4.1 Jenis – jenis Kapasitor

Berikut merupakan jenis – jenis Kapasitor :

a. Kapasitor/Kondensator Non Polar

Kapasitor non-polar dapat dipasang secara bolak-balik pada suatu rangkaian elektronik tanpa memperhatikan kutub-kutubnya.

b. Kapasitor/ Kondensator Polar

Kapasitor polar memiliki kutub positif dan negatif yang pada pemasangannya tidak boleh terbalik karena akan menyebabkan kerusakan bahkan ledakan.

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

Gambar 2. 13 Jenis-jenis Kapasitor

Pada peralatan elektronika, kapasitor merupakan salah satu jenis komponen elektronika yang paling sering digunakan. Hal ini dikarenakan kapasitor memiliki banyak fungsi sehingga hampir setiap rangkaian elektronika memerlukannya.

Dibawah ini beberapa fungsi kapasitor dalam rangkaian elektronika:

1. Sebagai penyimpan arus atau tegangan listrik
2. Sebagai konduktor yang dapat melewatkan arus AC (Alternating Current).
3. Sebagai filter dalam rangkaian Power Supply (Catu Daya).
4. Sebagai penggeser fasa.
5. Sebagai pemilih gelombang frekuensi (Kapasitor variabel yang digabungkan dengan spul atena dan osilator).

Kapasitor bekerja dengan cara menyimpan muatan listrik yang mengalir/masuk pada kapasitor tersebut, besar kecilnya muatan tersebut tergantung pada besar nilai kapasitor itu sendiri. Setelah kapasitor terisi muatan tersebut akan mengalir menuju komponen yang membutuhkan. [4]

2.5 Dioda

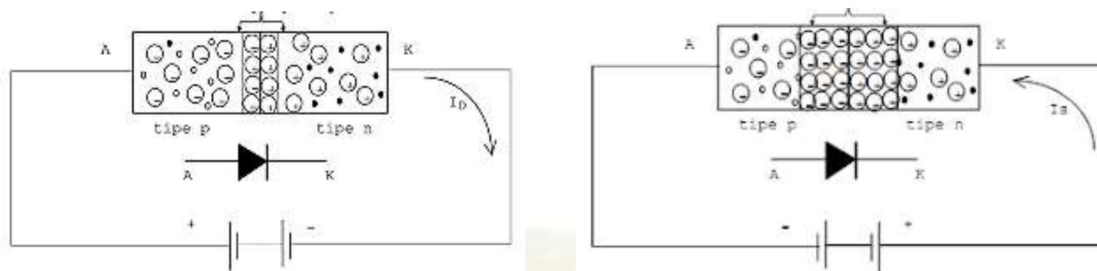
Dioda merupakan komponen dua kutub yang pada umumnya bersifat semikonduktor, yang memperbolehkan arus listrik mengalir ke satu arah (kondisi panjar maju) dan menghambat arus dari arah sebaliknya (kondisi panjar mundur). Dioda dapat disamakan sebagai fungsi kutub didalam bidang elektronika. dioda sebenarnya tidak menunjukkan karakteristik kesearahan yang sempurna, melainkan mempunyai karakteristik hubungan arus dan tegangan kompleks yang tidak linier dan seringkali tergantung pada teknologi atau material yang digunakan serta parameter penggunaan. Beberapa jenis dioda juga mempunyai fungsi yang tidak ditujukan untuk.

[5]



Gambar 2. 14 Dioda

Suatu dioda diberi bias bias mundur (*reverse bias*) dan diberi bias maju (*forward bias*) untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan. Bias mundur adalah pemberian tegangan negatif baterai ke terminal *anoda* (A) dan tegangan positif ke terminal katoda (K) dari suatu dioda. Dengan kata lain, tegangan anoda katoda V_{A-K} adalah negatif ($V_{A-K} < 0$). Apabila tegangan positif baterai dihubungkan ke terminal anoda (A) dan negatif ke terminal katoda (K), maka dioda disebut telah mendapatkan bias maju (*forward bias*). [5]



Gambar 2. 15 Dioda Bias Maju dan Mundur

Fungsi – Fungsi Dioda adalah sebagai berikut :

a. Light Emitting Diode (Dioda Emisi Cahaya)

Dioda yang sering disingkat LED ini merupakan salah satu piranti salah satu elektronik yang menghubungkan dua unsur yaitu optik dan elektronika yang disebut juga sebagai *Optoelectronic*. Dengan masing-masing elektrodanya berupa anoda (+) dan katoda (-), dioda jenis ini dikategorikan berdasarkan arah bias dan diameter cahaya yang dihasilkan, dan warnanya.[5]



Gambar 2. 16 Dioda Emisi Cahaya

b. Dioda *Rectifier* (Dioda Penyearah)

Dioda jenis ini merupakan dioda penyearah 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.[5]



Gambar 2. 17 Dioda Penyearah

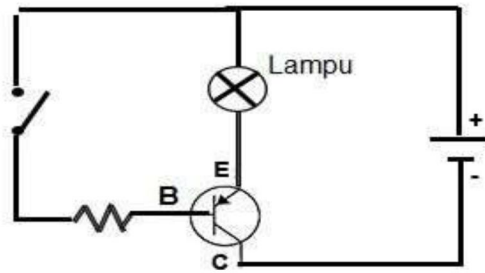
2.6 Transistor

Transistor adalah sebuah komponen elektronika yang mempunyai berbagai macam fungsi diantaranya sebagai saklar, penguat sinyal, osilator, modulator dan sebagainya. Komponen elektronika ini terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon.[6]

Transistor juga menjadi dasar dari gerbang logika yang kita kenal sekarang dimana kumpulan mosfet berubah menjadi IC (*Integrated Circuit*), dan kumpulan dari IC berubah menjadi sebuah Mikroprosesor.

- a. Transistor bipolar / BJT (*Bipolar Junction Transistor*) dan transistor efek medan / FET (*Field Effect Transistor*). Bipolar transistor (BJT) terdiri dari:
 - b. NPN arti npn (Negatif - Positif - Negatif)
 - c. PNP arti pnp (Positif - Negatif - Positif)
- d. *Field effect* transistor / transistor efek medan terdiri dari:
 - 1) JFET
 - 2) MOSFET
 - 3) UJT

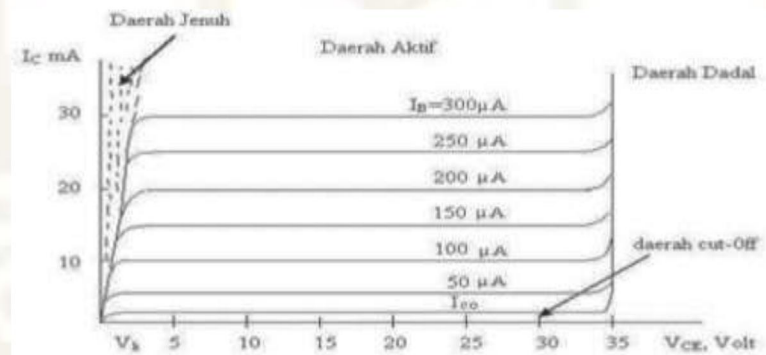
Transistor selalu punya tiga 3 elektroda atau tiga kaki yaitu pada transistor BJT kaki basis, emitor dan kolektor sementara pada transistor efekmedan yaitu kaki *gate*, *source* dan *draine* sebagai saklar.



Gambar 2. 18 Rangkaian Transistor sebagai Penyearah

Pada gambar diatas merupakan salah satu rangkaian dasar transistor yang berfungsi sebagai saklar. Seperti yang kita ketahui bahwa transistor memerlukan sebuah pemicu agar dapat mengalirkan arus dan pemicu tersebut adalah arus pada basis. Ketika basis dialiri arus minimal (sesuai *datasheet*) maka kaki emitor-kolektor akan berfungsi sebagai saklar tertutup dan mengalirkan arus sehingga lampu dapat menyala. [6]

Karakteristik Transistor



Gambar 2. 19 Karateristik Transistor

Karakteristik transistor Pada dasarnya mempunyai empat daerah kerja yaitu:

1) Daerah Potong (*cutoff*):

Daerah *cutoff* atau potong adalah ketika transistor (daerah emitor-kolektor) tidak mengalirkan arus karena pada daerah basis tidak diberi arus. Akibatnya, tidak terjadi pergerakan elektron, sehingga transistor berfungsi sebagai saklar terbuka.

2) Daerah Saturasi

Daerah saturasi adalah suatu keadaan dimana arus kolektor (IC) mencapai nilai maksimum. Ketika transistor dalam keadaan saturasi (jenuh) maka transistor berfungsi sebagai saklar tertutup.

3) Daerah Aktif

Daerah kerja aktif adalah daerah kerja transistor yang "normal", dimana ketika arus Kolektor (IC) konstan terhadap berapapun nilai VCE.

4) Daerah *Breakdown*

Daerah *breakdown* merupakan daerah yang tidak boleh terjadi pada transistor karena dapat menyebabkan kerusakan. Kondisi ini terjadi ketika tegangan pada VCE transistor melebihi batas sesuai *datasheet*.

2.7 **Liquid Crystal Display 20x4**

LCD 20x4 Blue Colour adalah suatu komponen elektronik yang berfungsi untuk menampilkan nilai suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (Liquid Cristal Display) dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada disekelilingnya terhadap front -lit. Bentuk fisik LCD 20x4 Blue Colour dapat dilihat pada Gambar 2.23 yang tersaja dibawah ini.[7]



Gambar 2. 20 LCD 20x 4

Fitur LCD Karakter 20 x 4:

- a. Memiliki 20 x 4 karakter dengan kursor.
- b. Dapat dijalankan dengan mikrokontroler.
- c. Tegangan kerja +5V DC.
- d. Memiliki 16 pin.
- e. Pin 16 atau A.K merupakan pin untuk LED.

LCD 20 x 4 menggunakan protokol serial sehingga memerlukan modul I2C yang berarti hanya memerlukan 2 kabel selain GND dan VCC untuk menghubungkan layar ke arduino. Dibawah ini merupakan gambar modul I2C dengan layar LCD.[7]



Gambar 2. 21 Modul I2C LCD

Beberapa fitur layar LCD disajikan dalam tabel dibawah ini

Tabel 2. 2 Fitur Tampilan LCD 20x4

Item	Dimenssion	Unit
------	------------	------

Dot Matrix (Resolution)	5x8 Dots Includes Cursor	Dots
Characters X Lines	20 Characters X 4 Lines	
Modul Dimenssion	77.0 X 47.0 X 12.4 (Max)	mm
View Area	60.0 X 22.0	mm
Active Area	55.1 X 17.56	mm
Mounting Hole	70.0 X 40.0	mm
Dot Size	0.46 X 0.42	mm
Dot Pitch	0.51 X 0.47	mm
Characters Size	4.03 X 2.30	mm
Characters Pitch	4.51 X 2.78	mm
View Direction	6 O'clock	
Built-In Controller	St7066 Or Equivalent	
Interface	6800, Option Spi / I2c (Rw1063 Ic)	
Power Suply	5v (Juga Tersedia Untuk 3v)	
Duty	1/16 Duty Cycle	
Type	Character Lcd Display	
Feature	Led Dapat Digerakkan Oleh Pin1, Pin2, Pin15, Pin16 Atau A Dan K	

2.8 Keypad Matrik 4x4



Gambar 2. 22 Keypad 4x4

Tombol *keypad* matrik 4x4 adalah susunan dari beberapa buah saklar tekan (*push button*) yang disusun secara matrik. Dipasaran terdapat beberapa jenis tombol keypad dan yang paling sering digunakan diantaranya adalah tombol keypad 4x4 dan keypad matrik 4x4. Tombol keypad ini banyak digunakan dalam aplikasi sistem berbasis mikrokontroler seperti untuk memasukan password atau data ke sebuah sistem. Cara mengakses tombol keypad ini yakni dengan cara *scanning*, yaitu memberi logika 0 pada salah satu pin (baik baris atau kolom) kemudian membaca titik yang lain. [8] dibawah ini merupakan gambar fisik keypad matrik 4x4. [8]

2.9 Baterai Lithium ion 4,2V



Gambar 2. 23 Baterai Lithium Ion 4,2V

Baterai *ion lithium* adalah salah satu anggota keluarga baterai isi ulang. Di dalam baterai ini, *ion lithium* bergerak dari elektroda negatif ke elektroda positif saat dilepaskan, dan Kembali saat di isi ulang.

Baterai *ion lithium* umumnya dijumpai pada barang-barang elektronik konsumen. Baterai ini merupakan jenis baterai isi ulang yang paling populer untuk peralatan elektronik portabel, karena memiliki salah satu kepadatan energi terbaik.

Tanpa efek memori dan lambat laun kehilangan isi yang lambat saat tidak digunakan. Selain digunakan pada peralatan elektronik konsumen, *LIB* juga sering digunakan dalam industri militer, kendaraan listrik, dan dirgantara.

Jadi, dari perhitungan penggunaan baterai sebanyak 3 buah yang di rangkai seri pada alat sebagai supply tegangan yakni sebesar 2200mAh. Alat masih mampu bekerja normal selama kurang lebih 1 jam 6 menit. Dari hasil perhitungan di atas maka dapat di jelaskan kondisi *battery* masih dapat bekerja dengan baik karena masih dalam batas toleransi kesalahan yakni sebesar 0,71%. [9]

2.10 Motor Stepper

Motor stepper merupakan perangkat pengendali yang mengkonversi bit-bit masukan menjadi posisi rotor yang bekerja secara bertahap dan memberikan tegangan secara terus-menerus. Motor stepper berputar secara bertahap yang tetap dari satu posisi ke posisi berikutnya. Besarnya pergeseran step tergantung dari konstruksi motor, yang biasanya disebut dengan derajat step atau step dingle (SA). Angka ini berkisar antara 1,8 – 2,5 – 3,75 – 7,5 – 15 dan 30°. [10]

Terdapat 2 jenis motor stepper, yakni bipolar dan unipolar. Dalam penelitian ini penulis menggunakan motor stepper jenis bipolar. Adapun bentuk fisik motor stepper bipolar ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2. 24 Motor Stepper

Penggunaan motor stepper memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bit-bit tersebut berasal dari terminal input motor stepper yang dihasilkan oleh perangkat lain misalnya mikrokontroler menjadi kutub-kutub magnet dalam motor. Keunggulan dari motor stepper antara lain: [10]

- a. Sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur.
- b. Motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak.
- c. Posisi dan pergerakan repetisinya dapat ditentukan secara presisi.
- d. Memiliki respon yang sangat baik terhadap mulai, stop dan berbalik.
- e. Sangat realibel karena tidak adanya sikat yang bersentuhan dengan rotor seperti pada motor DC (Direct Current).
- f. Dapat menghasilkan perputaran yang lambat sehingga beban dapat dikopel langsung ke porosnya.
- g. Frekuensi perputaran dapat ditentukan secara bebas dan mudah pada range yang luas.

2.11 Sensor Potensio Geser

Potensio geser atau yang sering disebut dengan variabel resistor yaitu resistor yang nilai tahanannya dapat diubah-ubah. Salah satu jenis potensiometer adalah potensio geser yang nilai tahanannya dapat diubah dengan cara menggeser

wiper pada knop geser potensiometer tersebut. Bentuk fisik potensio geser dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 25 Potensio Geser

Potensio geser memiliki sebuah pita film disebut sebagai jalur (*track*), yang terbuat dari karbon sedangkan knop geser terbuat dari bahan keramik yang berdifat konduktif.

Biasanya digunakan sebagai sensor volume cairan (*Syringe Size*) dengan cara mengukur posisi suntikan. [11]

2.12 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loudspeaker. *Buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet. Kumparan tersebut tertarik kedalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnet.

Kumparan yang dipasang pada diafragma akan menyebabkan setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak balik sehingga membuat udara bergetar menjadi suara. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bawa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah komponen alat (alarm). Berikut merupakan komponen fisik dari *buzzer*. [12]



Gambar 2. 26 Buzzer

2.13 Sensor oklusi

Sensor oklusi pada dasarnya merupakan **sensor tekanan**. Pada penelitian ini sensor tekanan yang digunakan adalah sensor FSR 402, Sensor ini memiliki resistansi yang dapat berubah-ubah sesuai dengan tekanan yang mengenai permukaannya. Pada saat tidak ada tekanan maka resistansi mencapai $10\text{M } \Omega$, semakin besar tekanannya maka resistansi akan semakin menurun

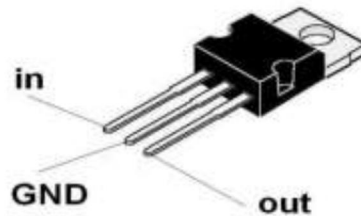


Gambar 2. 27 Sensor FSR

Sensor oklusi digunakan untuk mendeteksi terjadinya penyumbatan pembuluh darah pada tekanan 100 mmHg . [13]

2.14 IC Regulator LM317

Voltage Regulator atau Pengatur Tegangan adalah salah satu rangkaian yang sering dipakai dalam peralatan Elektronika. Fungsi Voltage Regulator adalah untuk mempertahankan atau memastikan Tegangan pada level tertentu secara otomatis. Artinya, Tegangan Output (Keluaran) DC pada Voltage Regulator tidak dipengaruhi oleh perubahan Tegangan Input (Masukan), Beban pada Output dan juga Suhu. Tegangan Stabil yang bebas dari segala gangguan seperti noise ataupun fluktuasi (naik turun) sangat dibutuhkan untuk mengoperasikan peralatan Elektronika terutama pada peralatan elektronika yang sifatnya digital seperti Mikrokontroler ataupun MikroProsesor.

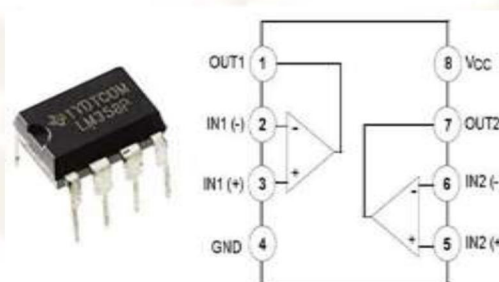


Gambar 2. 28 IC Regulator

Rangkaian Voltage Regulator ini banyak ditemukan pada Adaptor yang bertugas untuk memberikan Tegangan DC untuk Laptop, Handphone, Konsol Game dan lain sebagainya. Rangkaian Voltage Regulator juga merupakan suatu keharusan agar tegangan yang diberikan kepada rangkaian lainnya stabil dan bebas dari fluktuasi.

LM317 yang digunakan pada alat ini adalah komponen IC regulator yang dapat disetel yang memiliki 3 pin/terminal. Memiliki kemampuan pengaturan tegangan output yang cukup presisi dan memiliki jangkah tegangan keluaran yang cukup luas mulai 1.25 V sampai 37 V membuat IC ini banyak digunakan sebagai catu daya pada berbagai rangkaian elektronika.[14]

2.15 IC LM358

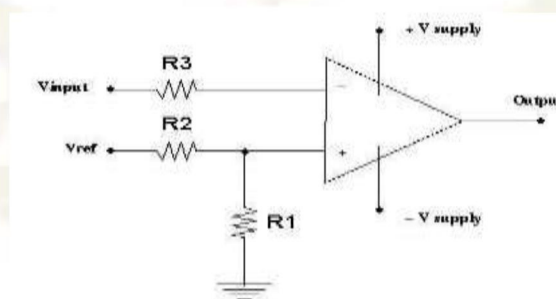


Gambar 2. 29 IC LM358

Penguat operasional atau op-amp adalah rangkaian elektronik yang dirancang dan dikemas secara khusus sehingga dengan menambahkan komponen luar sedikit saja dapat dipakai untuk berbagai keperluan. Dalam penulisan ini op-

amp digunakan sebagai penguat tegangan dari sensor. Pada dasarnya ada dua macam penguatan yaitu inverting dan non-inverting dengan konfigurasi seperti pada gambar. Pada rangkain yang dibuat penulis menggunakan IC LM358 sebagai penguat masukan dari sensor, fungsi rangkaian penguat adalah untuk memperbesar masukan dari sensor ke rangkaian ADC. [15]

Komparator adalah komponen elektronik yang berfungsi membandingkan dua nilai kemudian memberikan hasilnya, mana yang lebih besar dan mana yang lebih kecil. Komparator bisa dibuat dari konfigurasi open-loop Op Amp. Jika kedua input pada Op Amp pada kondisi open-loop, maka Op Amp akan membandingkan kedua saluran input tersebut. Hasil komparasi dua tegangan pada saluran masukan akan menghasilkan tegangan saturasi positif (+Vsat) atau saturasi negatif (-Vsat). Sebuah rangkaian komparator pada Op Amp akan membandingkan tegangan yang masuk pada satu saluran input dengan tegangan pada saluran input lain, yang disebut tegangan referensi. Tegangan output berupa tegangan high atau low sesuai dengan perbandingan V_{in} dan V_{ref} . Dan berikut adalah rangkaian komparator sederhana. [15]



Gambar 2. 30 Komparator

V_{ref} di hubungkan ke +V supply, kemudian R1 dan R2 digunakan sebagai pembagi tegangan, sehingga nilai tegangan yang di referensikan pada masukan + op-amp adalah sebesar : $V = [R1/(R1+R2)] * V_{supply}$ Op-amp tersebut akan

membandingkan nilai tegangan pada kedua masukannya, apabila masukan (-) lebih besar dari masukan (+) maka, keluaran op-amp akan menjadi sama dengan $-V_{supply}$, apabila tegangan masukan (-) lebih kecil dari masukan (+) maka keluaran op-amp akan menjadi sama dengan $+V_{supply}$. Jadi dalam hal ini jika V_{input} lebih besar dari V maka keluarannya akan menjadi $-V_{supply}$, jika sebaliknya, V_{input} lebih besar dari V maka keluarannya akan menjadi $+V_{supply}$. Untuk op-amp yang sesuai untuk di pakai pada rangkaian op-amp untuk komparator biasanya menggunakan op-amp dengan tipe LM324 yang banyak di pasaran. Secara umum prinsip kerja rangkaian komparator adalah membandingkan amplitudo dua buah sinyal, jika $+V_{in}$ dan $-V_{in}$ masing-masing menyatakan amplitudo sinyal *input* tak membalik dan *input* membalik, V_o dan V_{sat} masing-masing menyatakan tegangan *output* dan tegangan saturasi, maka prinsip dasar dari komparator adalah :[15]

$$+V_{in} \geq -V_{in} \text{ maka } V_o = V_{sat+}$$

$$+V_{in} < -V_{in} \text{ maka } V_o = V_{sat-}$$

Keterangan:

$$+V_{in} = \text{Amplitudo sinyal input tak membalik (V)}$$

$$-V_{in} = \text{Amplitudo sinyal input membalik (V)}$$

$$V_{sat+} = \text{Tegangan saturasi + (V)}$$

$$V_{sat-} = \text{Tegangan saturasi - (V)}$$

$$V_o = \text{Tegangan output (V)}$$

2.16 Trafo

Transformator atau sering disingkat dengan istilah Trafo adalah suatu alat listrik yang dapat mengubah taraf suatu tegangan AC ke taraf yang lain. Maksud dari pengubahan trafo tersebut diantaranya seperti menurunkan Tegangan AC dari

220VAC ke 12 VAC ataupun menaikkan Tegangan dari 110VAC ke 220 VAC. Transformator atau Trafo ini bekerja berdasarkan prinsip Induksi Elektromagnet dan hanya dapat bekerja pada tegangan yang berarus bolak balik (AC). Trafo memegang peranan yang sangat penting dalam pendistribusian tenaga listrik. Transformator menaikkan listrik yang berasal dari pembangkit listrik PLN hingga ratusan kilo Volt untuk di distribusikan, dan kemudian Transformator lainnya menurunkan tegangan listrik tersebut ke tegangan yang diperlukan oleh setiap rumah tangga maupun perkantoran yang pada umumnya menggunakan Tegangan AC 220Volt. Untuk menghitung jumlah lilitan, tegangan, dan arus yang ada di bagian primer dan sekundernya kita dapat menggunakan persamaan : $NP/NS = VP/VS = IS/IP$. [16]



Gambar 2. 31 Trafo

2.16.1 Jenis Trafo

Jenis trafo yang digunakan adalah sebagai berikut :

Transformator Step-Down

Transformator step-down ini mempunyai lilitan sekunder lebih sedikit dari pada lilitan primernya, sehingga berfungsi untuk penurun tegangan. Transformator jenis ini sangat mudah kita temui, terutama dalam adaptort AC-DC.

2.16.2 Prinsip Kerja Trafo

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

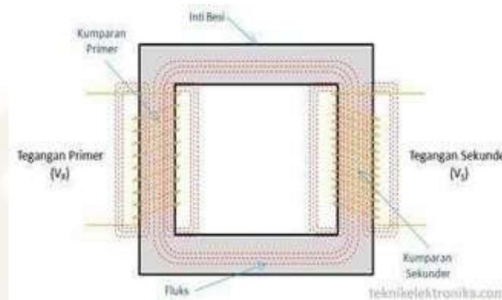
Sedangkan Inti besi pada Trafo pada umumnya adalah kumpulan lempenganlempengan besi tipis yang terisolasi dan ditempel berlapislapis dengan kegunaanya untuk mempermudah jalannya Fluks Magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik kumparan serta untuk mengurangi suhu panas yang ditimbulkan.

Beberapa bentuk lempengan besi yang membentuk Inti Trafo tersebut diantaranya seperti :

- a. E – I Lamination
- b. E – E Lamination

- c. L – L Lamination
- d. U – I Lamination

Di bawah ini Fluks pada Trafo:



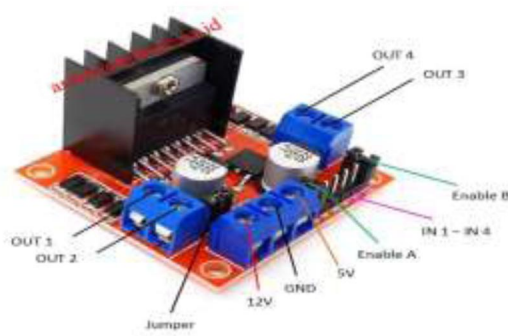
Gambar 2. 32 Fluks Trafo

Rasio lilitan pada kumparan sekunder terhadap kumparan primer menentukan rasio tegangan pada kedua kumparan tersebut. Sebagai contoh, 1 lilitan pada kumparan primer dan 10 lilitan pada kumparan sekunder akan menghasilkan tegangan 10 kali lipat dari tegangan input pada kumparan primer. Jenis Trafo ini biasanya disebut dengan Trafo Step Up. Sebaliknya, jika terdapat 10 lilitan pada kumparan primer dan 1 lilitan pada kumparan sekunder, maka tegangan yang dihasilkan oleh Kumparan Sekunder adalah $1/10$ dari tegangan input pada Kumparan Primer. Trafo jenis ini disebut dengan Trafo Step Down.[16]

2.17 Driver Motor

Driver motor merupakan modul driver motor DC yang digunakan untuk mengontrol kecepatan dan arah perputaran motor DC. Modul ini paling banyak digunakan dalam dunia elektronika dan sering dihubungkan ke mikrokontroler Arduino. Motor driver merupakan sebuah IC tipe H-bridge yang mampu mengendalikan beban induktif pada kumparan seperti solenoid, relay, motor DC dan motor stepper. Motor listrik terdiri dari lilitan kumparan sehingga memiliki beban induktif yang sangat besar. Pada motor driver terdapat transistor transistor

logic (TTL) dengan gerbang NAND yang berfungsi untuk mengubah arah putaran motor suatu motor dc maupun motor stepper. Di pasaran sudah terdapat modul driver motor menggunakan IC L298N, sehingga lebih praktis dalam penggunaannya karena pin I/O nya sudah dikemas dengan rapi dan mudah digunakan. Kelebihan akan modul driver motor L298N ini yaitu dalam hal kepresisian dalam mengontrol motor sehingga motor lebih mudah untuk di kontrol.[17]



Gambar 2. 33 Driver Motor

a. Pin Out

Pin out merupakan suatu pin yang digunakan untuk menghubungkan ke kutub motor, karena pin ini dihubungkan ke motor maka tidak ada kutub negatif dan positif sehingga pemasangan kabel ke kutub motor bisa dibalik.

b. Pin IN

Pin IN merupakan suatu pin yang dihubungkan ke pin digital Arduino. Pin ini digunakan untuk mengatur arah putaran motor yang dihubungkan ke driver L298N. Misalnya, jika IN1 HIGH dan IN2 LOW, maka motor berputar searah jarum jam. Namun jika IN1 LOW dan IN2 HIGH, maka motor berputar berlawanan arah jarum jam. Nilai logika LOW dan HIGH pada pin IN ini akan diatur pada coding Arduino.

c. Pin Enable

Pin enable merupakan suatu pin yang digunakan sebagai sumber tegangan tambahan motor DC agar kecepatan motor meningkat. Misalkan kita menghubungkan tegangan 12V ke pin enable tersebut maka kecepatan motor akan meningkat.

Keterangan :

- 1) **Enable A** : berfungsi untuk mengaktifkan bagian output motor dan meningkatkan tegangan dan kecepatan motor sebelah kiri (Output 1 dan 2).
- 2) **Enable B** : berfungsi untuk mengaktifkan bagian output motor B dan digunakan untuk meningkatkan tegangan dan kecepatan motor sebelah kanan (Output 3 dan 4).

d. Pin 12V DC

Pin yang digunakan untuk menghubungkan ke sumber tegangan baterai 12V DC.

e. Pin 5V DC

Pin yang digunakan untuk menghubungkan ke sumber tegangan baterai 5V DC.

f. Pin GND

Pin GND digunakan untuk menghubungkan ke ground Arduino.

g. Pin Jumper

Pin jumper digunakan untuk menghubungkan ke sumber tegangan tambahan apabila kecepatan motor kurang.

h. Control Pin

Control pin berfungsi sebagai kendali perputaran dan kecepatan motor yang dihubungkan ke mikrokontroler.

BAB III

PERENCANAAN ALAT

3.1 Tahap Perencanaan

Dalam bab ini akan dijelaskan langkah-langkah yang digunakan dalam meralisasikan dan merencanakan dari karya tulis ilmiah “*Modifikasi syeringe pump dengan sensor oklusi*” yang dibuat perencanaan pembuatan modul serta karya tulis, penulis melakukan langkah-langkah dalam pelaksanaan dan penyelesaian pembuatan. Hal ini bertujuan untuk memudahkan penulis saat pembuatan modul serta karya tulis nantinya dan juga agar hasil yang dicapai sesuai dengan yang penulis harapkan dari hasil perencanaan secara terperinci.

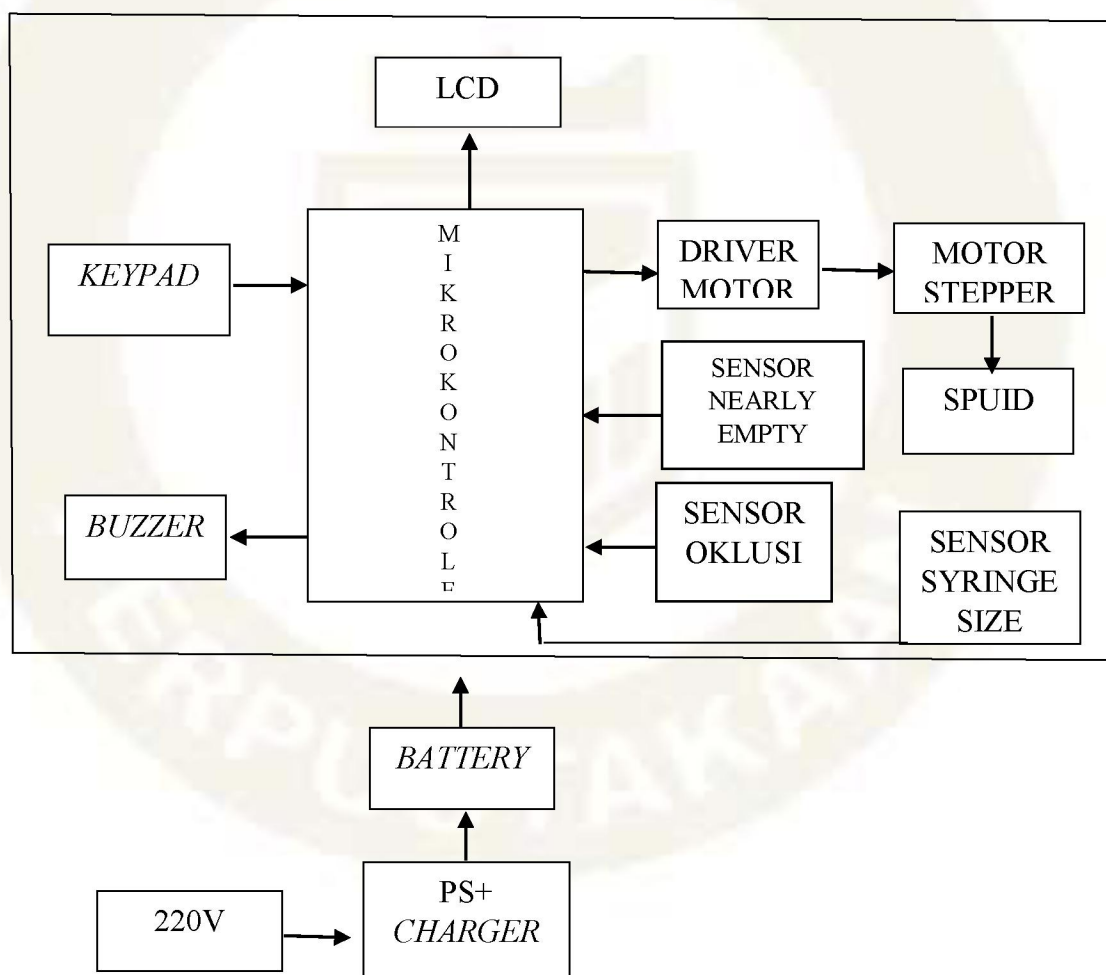
Tahapan-tahapan perencanaan dalam pembuatan modul adalah sebagai berikut:

- a. Merencanakan spesifikasi alat, dan spesifikasi teknis alat.
- b. Merancang blok diagram dan menentukan fungsi dari setiap blok diagram dan menentukan cara kerjanya.
- c. Merencanakan wiring diagram
- d. Merancang flowchart program dari alat yang akan di buat serta cara kerjanya.
- e. Membuat perencanaan desain alat sleep apnea
- f. Menyiapkan peralatan dan bahan yang di butuhkan
- g. Melakukan pembuatan modul
- h. Melakukan pembuatan papan rangkain (PCB)
- i. Melakukan pembuatan BOX/Casing alat
- j. Menentukan komponen-komponen apa saja yang di butuhkan dalam pembuatan
- k. Menentukan titik-titik pengukuran (test point) dan analisis rangkaian
- l. Melakukan pengujian dan perbaikan pada alat yang telah di buat.

3.2 Spesifikasi alat

- a. Nama Alat : *Modifikasi syringe pump dengan sensor oklusi*
- b. Power Supply Baterai : 12,6 VDC/ Fuse 1A
- c. Display : LCD 20x4
- d. Mikrokontroler : Arduino Mega 2560
- e. Kontrol : Kepad 4 x 4
- f. Sensor : Nearly empty, syringe size dan oklusi

3.3 Blok Diagram



Gambar 3. 1 Blok Diagram

Cara Kerja Blok Diagram

Pertama dari tegangan AC 220V akan di turunkan dan di serahkan menjadi tegangan DC untuk mensupply semua rangkaian. *Setting button* untuk mengatur kecepatan aliran dan volume sesuai yang diintruksikan kepada mikrokontroler, saat proses injeksi dimulai, driver motor berfungsi untuk menguatkan arus kendali dari mikrokontroler ke motor stepper. Mikrokontroler akan menggerakkan motor stepper dan driver motor sesuai dengan *setting* volume dan *flow rate*. Kemudian Sensor potensio geser / sensor *syringe zise* juga digunakan untuk menentukan seberapa cepat putaran motor, sebagai contoh *sprit* ukuran 20ml dan 10ml akan memiliki kecepatan motor berbeda meskipun kecepatan alirannya sama, hal ini dipengaruhi oleh luas penampang *sprit* yang berbeda. Saat cairan hampir habis, sensor *nearly empty* akan memberikan instruksi ke mikrokontroler sehingga *buzzer* akan berbunyi beberapa saat sebagai penanda (alarm) cairan pada *sprit* hampir habis. Setelah proses selesai maka *buzzer* akan berbunyi kembali dan pada LCD 20x4 akan menampilkan jumlah akhir volume cairan sesuai *settingan* sebelumnya. Jika terjadi penyumbatan terhadap cairan yang masuk ke dalam darah pasien maka sensor oklusi akan memberikan instruksi ke mikrokontroler agar *buzzer* berbunyi.

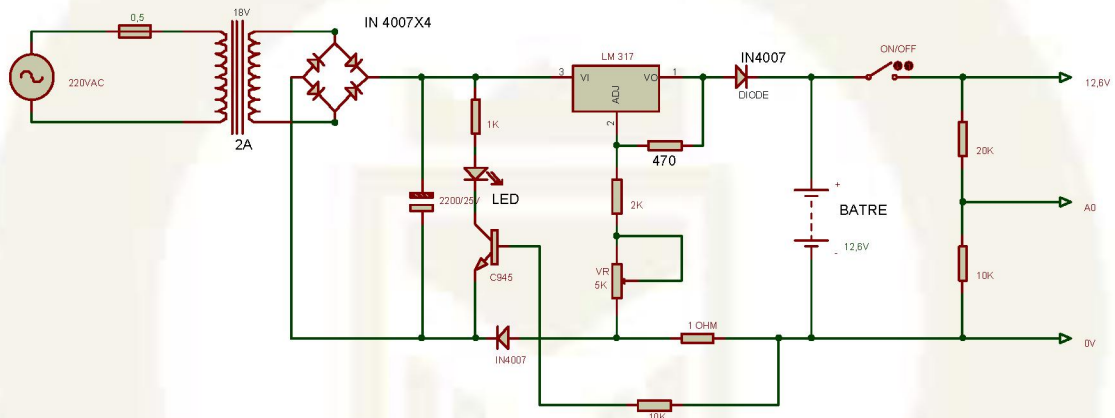
Keterangan :

1. **Mikrokontroler** sebagai pengendali utama atau otak proses kerja alat secara keseluruhan
2. **Baterai** berfungsi untuk menyuplai tegangan ke seluruh rangkaian
3. **LCD** di gunakan untuk menampilkan hasil pembacaan
4. **Buzzer** sebagai alarm tanda
5. **Sensor nearly** mendeteksi volume akhir cairan obat yang diinjeksikan sesuai settingan.

6. **Sensor potensio geser** bertujuan untuk menggerakkan posisi spuit
7. **Sensor oklusi** berfungsi apabila terjadi penyumbatan selama proses injeksi berjalan ,maka sensor uklusi akan membaca proses penyumbatan tersebut.
8. **Driver motor** berfungsi untuk menggerakkan semua rangkaian
9. **MOTOR Stepper** untuk penggerak
10. **Keyped** berfungsi untuk tombol sheting

3.4 Perencanaan Wiring Diagram

3.5.1 Perencanaan Power Supply dan Charger



Gambar 3. 2 Rangkaian Power Supply

Pada rangkaian ini terdapat sebuah transformator untuk penurunan tegangan dan fuse sebagai pengaman listrik, perencanaan pemakaian fuse yang dipakai dalam rangkaian power supply.

$$\begin{aligned}
 I_p &= \frac{I_s \times V_s}{V_p} \\
 &= \frac{2 \times 18}{220} \\
 &= 0,1636 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Kemudian akan disearahkan oleh diode bridge untuk diubah menjadi tegangan DC namun belum murni. Selanjutnya difilter oleh kapasitor C1 untuk diubah menjadi DC murni namun belum stabil, yang kemudian distabilkan oleh IC LM317 yang outputnya dapat

diregulasi atau diatur.

$$V_{out} = V_{ref} (1 + R2/R1)$$

$$R2 = R1 \frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1$$

$$= 470 \frac{12,6}{1,25} - 1$$

$$= 470 \times 10,08 - 1$$

$$= 470 \times 9,08$$

$$= 4.676 \Omega$$

Kemudian ketika baterai dicharger maka LED indikator D1 menyala dan sebaliknya apabila un-charger maka LED tersebut dalam kondisi mati. Terdapat 2 buah resistor di rangkaian secara seri yang berfungsi sebagai pembagi tegangan atau sebagai pendeteksi baterai.

Dik :

I Baterai : 2200mAh

I Alat : 1000mA

Dit : Lama alat bekerja tanpa PSU?

$$t = \frac{I \text{ Baterai}}{I \text{ Alat}}$$

$$t = \frac{2200 \text{ mAh}}{1000 \text{ mA}}$$

$$t = \frac{7,92 \times 10^6 \text{ mA}}{1000 \text{ mA}}$$

$$t = 7.920 \text{ detik}$$

$$t = 2 \text{ Jam } 2 \text{ menit}$$

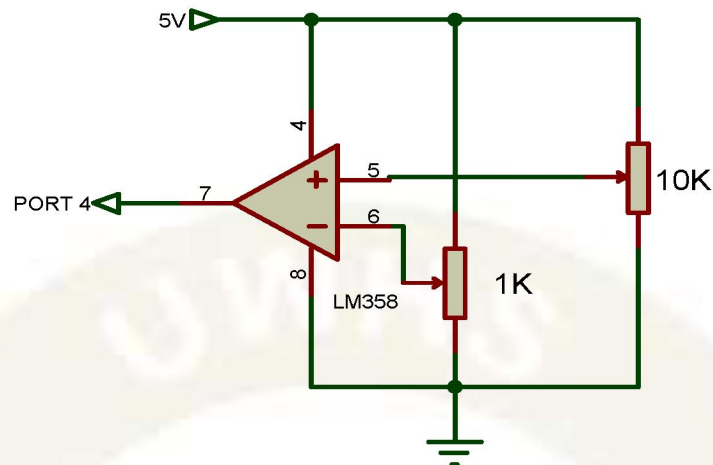
Selanjutnya output dari pendeteksi Battery tersebut akan di teruskan ke mikrokontroler untuk di proses, outputnya masuk melalui pin AO atau analog O darimikrokontroler. Led tersebut akan menyala ketika di bias maju dan posisi anodanya di berikan positif sedangkan katodanya negatif sehingga led tersebut bisa menyala. Untuk mencari nilai bateray tersebut menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 V_{out} &= \left(\frac{R1}{R1 + R2}\right)V_{in} & V_{out} &= \left(\frac{R1}{R1 + R2}\right)V_{in} \\
 &= \left(\frac{10}{10 + 20}\right) \times 12,6 & &= \left(\frac{10}{10 + 20}\right) \times 37V \\
 &= \left(\frac{10}{30}\right) \times 12,6 & &= \left(\frac{10}{30}\right) \times 37V \\
 &= 4,2 V & &= 12,33 V
 \end{aligned}$$

Tabel 3. 1 Daftar Komponen Power Supply

No	Nama Komponen	Tipe dan Nilai	Jumlah
1.	Fuse	1A	1
2.	Trafo	1A	1
3.	Dioda	1N4007	6
4.	Kapasitor	2200 μ F / 25V	1
5.	Saklar	-	1
6.	Resistor	10k	2
		1k	2
		2k	2
		470	1
		20k	1
7.	Transistor	C945	1
8.	IC Regulator	LM317	1

3.5.2 Rangkaian Sensor Nearly



Gambar 3. 3 Sensor Nearly

Rangkaian *Nearly Empty* disini menggunakan konsep Potensio Geser. *Voltage Reference* berfungsi untuk memberikan tegangan referensi kepada komparator agar tegangan yang keluar dari Potensio Geser dapat dibandingkan dengan tegangan V_{in} . Komparator dapat memberikan output berupa logic 1 jika tegangan dari photo dioda lebih besar, dan logic 0 jika tegangan referensi lebih kecil. Pada rangkaian tersebut penulis merencanakan tegangan referensinya sebesar 4,2 V dimana :

$$\begin{aligned}
 R2 &= \frac{V_{Ref} \times R_{Total}}{V_{in}} & R1 &= R_{total} - R2 \\
 &= \frac{4,2 \times 1K}{5} & &= 1K - 840\Omega \\
 &= 840\Omega & &= 160\Omega
 \end{aligned}$$

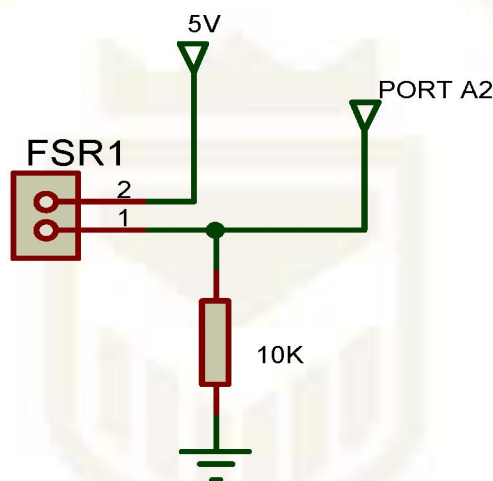
Pembuktian V_{ref}

$$\begin{aligned}
 V_{Ref} &= \frac{R2}{R1 + R2} \times V_{in} \\
 &= \frac{840}{160 + 840} \times 5 \\
 &= 4,2 V
 \end{aligned}$$

Tabel 3. 2 Daftar Komponen Nearly Empty

No.	Nama Komponen	Tipe dan Nilai	Jumlah
1.	Amplifier	LM358	1
2.	Resistor	4k	1
3.	Resistor	3k	1
4.	Led		2
5.	Potensio Meter		1
6.	Foto Dioda		1

3.5.3 Rangkaian Sensor Oklusi



Gambar 3. 4 Sensor Oklusi

Skematik ini merupakan sebuah gambaran rangkaian yang dibuat oleh penulis agar sensor oklusi agar dapat bekerja. Sensor oklusi pada dasarnya merupakan sensor tekanan. Pada penelitian ini sensor tekanan yang digunakan adalah sensor FSR 402, sensor ini merupakan sensor tekanan yang berbasis resistansi. Setiap terjadi sumbatan pada selang atau jalur aliran obat. maka tekanan akan semakin berat, dorongan spuit akan semakin berat. Dengan memandang kondisi tersebut maka peneliti akan mengambil nilai perubahan tekanan tersebut. FSR yang bernilai resistansi maka harus dirubah menjadi output tegangan dengan menggunakan sistem pembagi tegangan. Dari output inilah nilai

sensor dapat diolah oleh mikrokontroler. Sensor oklusi terhubung pada PORT A2.

Dengan perencanaan V_{ref} sebesar 1,4V dimana :

$$\begin{aligned} R2 &= \frac{V_{Ref} \times R_{Total}}{V_{in}} \\ &= \frac{1,4 \times 10K}{5} \\ &= 2800\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R1 &= R_{total} - R2 \\ &= 10K - 2800\Omega \\ &= 7200\Omega \end{aligned}$$

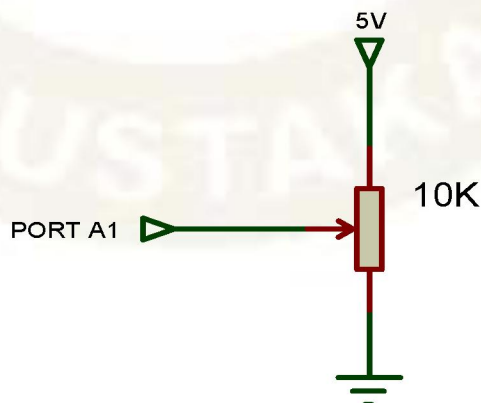
Pembuktian V_{ref} :

$$\begin{aligned} V_{Ref} &= \frac{R2}{R1 + R2} \times V_{in} \\ &= \frac{2800\Omega}{7200 + 2800} \times 5 \\ &= 1,4V \end{aligned}$$

Tabel 3. 3 Daftar Komponen Sensor Oklusi

No.	Nama Komponen	Tipe dan Nilai	Jumlah
1.	Sensor oklusi	FSR 402	1
2.	Resistor	10k	1

3.5.4 Rangkaian Sensor Syringe Size



Gambar 3. 5 Sensor Syringe Size

Rangkaian sensor syringe size ini digunakan untuk mendeteksi ukuran spuit 20 dan 50 ml yang dimana potensiometer akan berubah ubah nilai resistensinya sesuai besar spuit yang digunakan. Kemudian dikirim ke mikrokontroller untuk diolah dan dibaca berapa nilai ukuran spuitnya. Dengan perhitungan spuit 20 mL dan 50 mL sebagai berikut:

Pada saat Spuit Ukuran 20 mL :

$$V_{out} = \frac{R2}{R1 + R2} \times V_{in}$$

$$R2 = \frac{V_{out} \times R_{Total}}{V_{in}}$$

$$= \frac{3,19 V \times 10K}{5V}$$

$$= 6380\Omega$$

$$R1 = R_{Total} - R2$$

$$= 10K - 6380\Omega$$

$$= 3620\Omega$$

$$V_{out} = \frac{6380}{3620 + 6380} \times 5V$$

$$= 3,19V$$

Pada saat Spuit Ukuran 50 mL :

$$V_{out} = \frac{R2}{R1 + R2} \times V_{in}$$

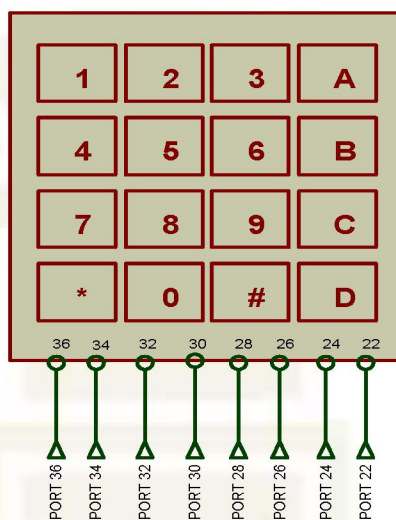
$$R2 = \frac{V_{out} \times R_{Total}}{V_{in}}$$

$$= \frac{4,17 V \times 10K}{5V}$$

Tabel 3. 4 Daftar Komponen Arduino Mega

No.	Nama Komponen	Tipe dan Nilai	Jumlah
1.	Mikrokontroler	Arduino Mega 2560	1

3.5.6 Rangkaian Keypad



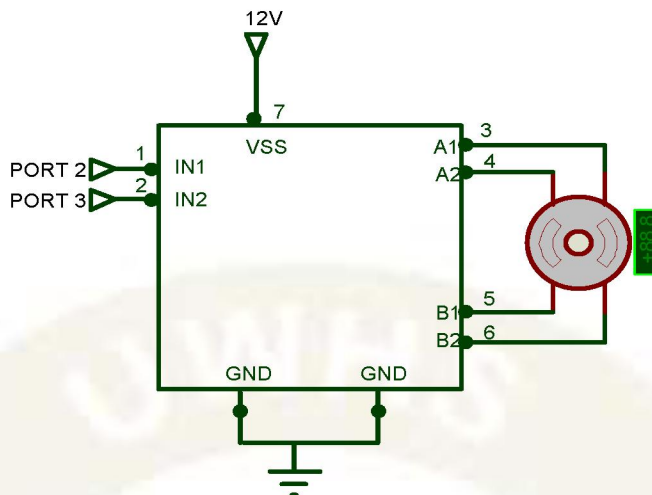
Gambar 3. 7 Modul Keypad

Keypad adalah salah satu modul dalam alat Turbidimeter yang digunakan untuk melakukan penyimpanan hasil ukur, melihat nilai pengukuran sebelumnya dan untuk mengeprint hasil ukur.

Tabel 3. 5 Daftar Komponen Keypad

No.	Nama Komponen	Tipe dan Nilai	Jumlah
1.	Keypad	4 x 4	1

3.5.7 Rangkaian Driver Motor



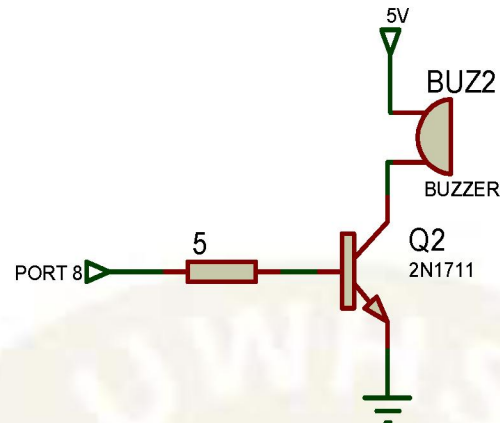
Gambar 3. 8 Rangkaian Driver Motor

Rangkaian driver motor berfungsi untuk mengontrol motor stepper, rangkaian ini bekerja berdasarkan perintah dari arduino uno. Rangkaian ini membutuhkan supply 12VDC. Motor stepper bergerak menggerakkan spuit dan membuat spuit menyuplai cairan obat kepada pasien dan pada saat input 1 posisi high dan input 2 posisi low, motor akan berputar ke arah kanan maka akan terjadi pendorongan spuit dan sebaliknya jika input 2 posisi high dan input 1 posisi low maka motor berputar ke arah kiri untuk mundur.

Tabel 3. 6 Daftar komponen Driver Motor

No.	Nama Komponen	Tipe dan Nilai	Jumlah
1.	Modul Driver Motor		1
2.	Motor Stepper	L298	1

3.5.8 Rangkaian Buzzer



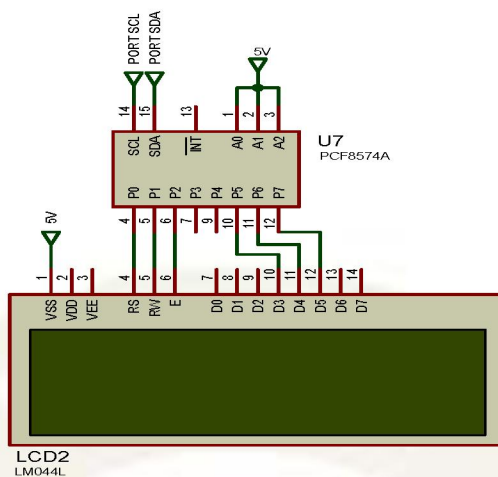
Gambar 3. 9 Rangkain Buzzer

Rangkaian *buzzer* berfungsi memberi tanda bahwa pada saat akan melakukan pengeprint maka *buzzer* akan bunyi. Cara mengaktifkan dengan menggunakan transistor NPN yang dapat masukan data dari mikrokontroller. Transistor NPN jga berfungsi sebagai saklar, dimana pada saat mendapatkan *high* dari mikrokonroller akan mentrigger basis transistor sehingga akan mengaktifkan *buzzer*. Tegangan keluaran dari mikrokontroller yang akan mentrigger basis transistor sebesar 5V yang menyebabkan transistor bekerja sebagai saklar.

Tabel 3. 7 Daftar Komponen Buzzer

No.	Nama Komponen	Tipe dan Nilai	Jumlah
1.	Transistor	2N1711	1
2.	resistor	5k	1
3.	Buzzer	Buz2	1

3.5.9 Rangkaian LCD



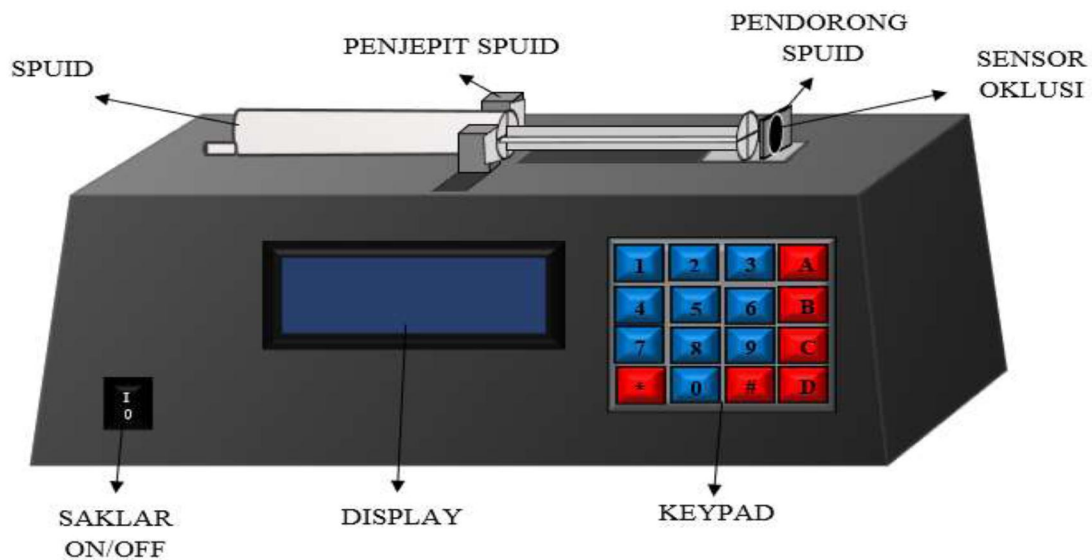
Gambar 3. 10 Rangkaian LCD

Display yang digunakan yaitu LCD dengan ukuran 20x4 karakter. LCD digunakan untuk menampilkan nilai adc, nilai kekeruhan(NTU), dan indikator baterai, dan menampilkan menu perin. Pada gambar juga terdapat I2C berfungsi untuk menampilkan I2C module ke LCD module.

Tabel 3. 8 Daftar Komponen LCD

No.	Nama Komponen	Tipe dan Nilai	Jumlah
1.	LCD	20x4	1
2.	Modul I2C	PCF8574AT	1

3.5 Desain Alat



Gambar 3. 11 Desain Alat

3.6 Persiapan Alat dan Bahan

a. Alat

- | | |
|----------------------------------|----------------------------|
| 1) Power Supply | 6) Solder |
| 2) Tool Set | 7) Pisau kater dan Gunting |
| 3) Alat Ukur mutimeter (Digital) | 8) Kertas Amplas |
| 4) Bor Listrik | 9) Project Board |
| 5) Pengaris dan Spidol | 10) Tergaji |

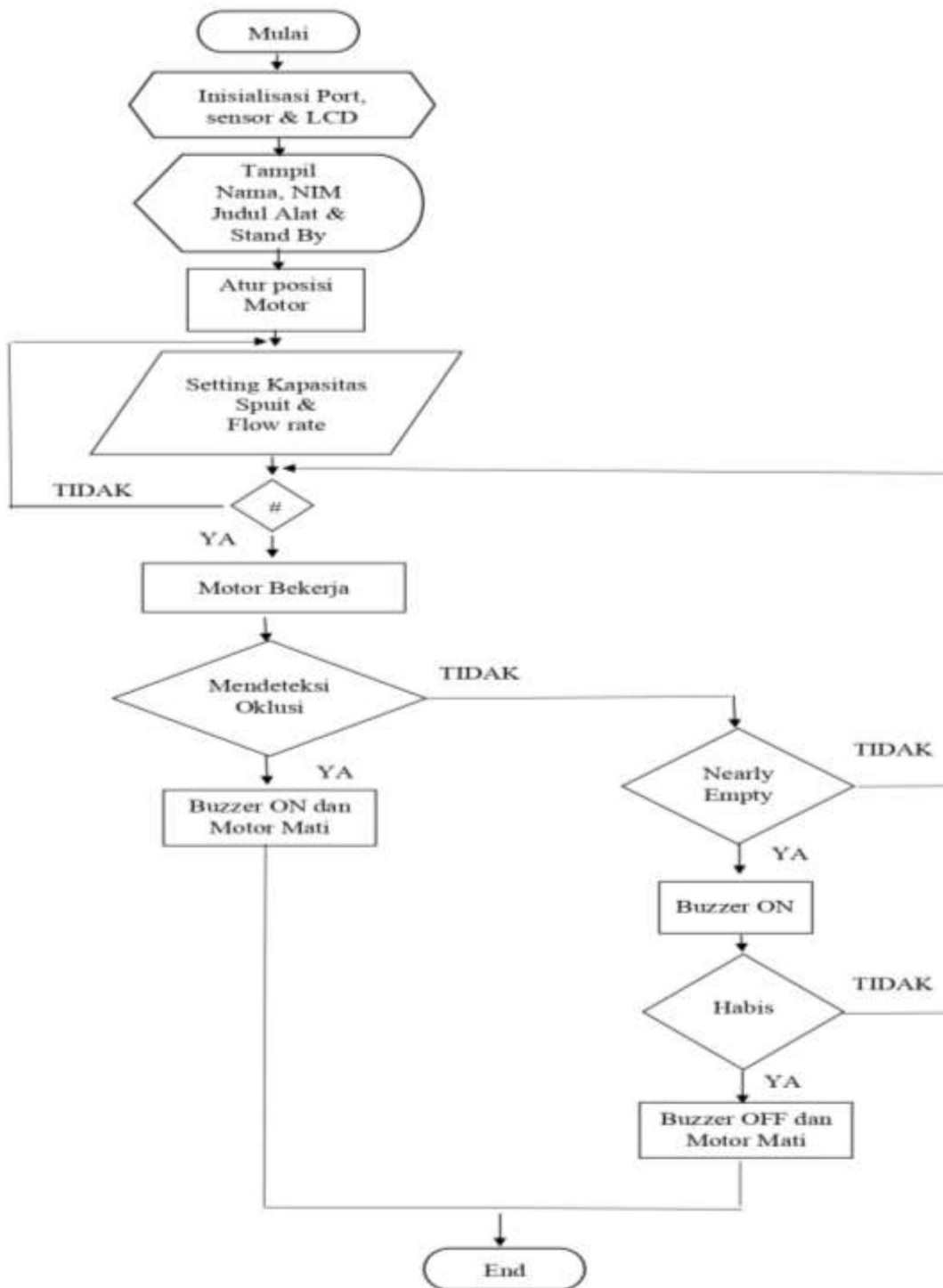
b. Bahan

- | | |
|------------------|---------------------|
| 1) Kabel Jamper | 5) Lem Alteco |
| 2) PCB polos | 6) Scotlat (stiker) |
| 3) Timah | 7) Double Tipe |
| 4) Papan Triplek | |

3.7 Pembuatan Modul

- a. Mempersiapkan gambar skematiknya sesuai dengan perencanaan yang telah di buat.
- b. Menentukan komponen-komponen yang diperlukan sesuai dengan rangkaian
- c. Menentukan bagian-bagian yang akan di pasang pada bagian luar casing, seperti saklar ON/OFF, LCD (display) dan Port charger.
- d. memastikan tiap titik memiliki hubungan tersendiri untuk dilakukan penyolderan komponen
- e. memastikan tidak ada jalur antar penghantar yang saling bersentuhan agar tidak terjadi short circuit
- f. Penggunaan *jumper* diusahakan seminimal mungkin
- g. penempatan komponen ditata secara rapi agar mudah dipahami
- h. potong triplex sesuai desain alat dan satukan dengan lem alteko
- i. pasang skotlet atau stiker dengan baik agar terlihat rapih.

3.8 Perencanaan Flow Chart



Gambar 3. 12 Flow Chart

BAB IV

PENGUKURAN DAN PENDATAAN

4.1 Pengertian Pengukuran

Pendataan adalah suatu proses pengukuran dan pengumpulan hasil dari proses pengukuran ada titik-titik 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 daei semua titik pengukuran adalah pengukuran yang dilakukan dengan membandingkan antara titik pengukuran dengan *ground*. Hasil pengukuran disajikan secara system table untuk mempermudah dan menganalisa data.

Sedangkan perbandingan alat adalah kegiatan membandingkan fungsi alat yang suda dibuat dengan alat pembanding sehingga keakurasian dari alat yang dibuat diketahui dab fungsinya depan dipertanggung jawabkan.

4.2 Persiapan Pengukuran

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

a) Multimeter Digital

Merek : SANWA

Model : CD720E

Buatan : JAPAN

4.3 Metode Pengukuran

Metode pengukuran digunakan yaitu metode pengukuran menggunakan multimeter pada beberapa titik pengukuran. Titik pengukuran adalah sebagai berikut:

1. Titik pengukuran 1 (TP1)

Yaitu pada ICLM317

2. Titik pengukuran 2 (TP2)

Yaitu output BATREY kondisi penuh dan kondisi satuan

3. Titik pengukuran 3 (TP3)

Yaitu keadaan sensor nearly empty dalam kondisi on dan off

4. Titik pengukuran 4 (TP4)

Yaitu kondisi driver motor *on* dan *off*

5. Titik pengukuran 5 (TP5)

Yaitu keadaan sensor syringe size menentukan ukuran spuit 20 dan 50

6. Titik pengukuran 6 (TP6)









Yaitu keadaan sersor oklusi on








4.4 Hasil Pengukuran

Sebelum melakukan pengukuran, terlebih dahulu melakukan persiapan bahan yang akan digunakan, serta melakukan kalibrasi alat ukur sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan pada modul rangkaian. Pengukuran ini dilakukan pada titik pengukuran yang telah ditentukan diatas. Berikut table hasil pengukuran dibawah ini

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran

TP	Keterangan	Hasil Teori	Hasil Pengukuran	Gambar
TP1	Output IC LM317	13,6V	13,29 V	






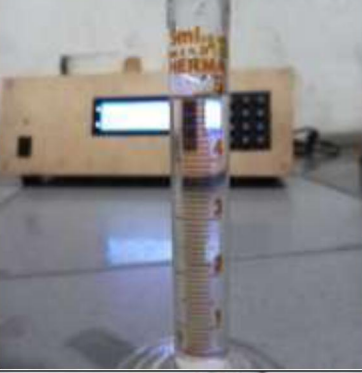


TP2 A	Tegangan output Baterai	12,6V	12,23 V	
TP2 B	Kondisi Baterai Penuh dalam 1 baterai	4,2V	4,17 V	
TP3 A	Sensor <i>Nearly Empty</i> saat tidak <i>Nearly Empty</i>	0V	0,888 V	
TP3 B	Sensor <i>Nearly Empty</i> saat <i>Nearly Empty</i>	$V_{in} > V_{ref}$	4,47 V	
TP3 C	Tegangan Reverensi Komparator (Vref)	4,2V	4,27V	
TP3 D	Tegangan output komparator pada saat Low	0V	0,778V	
TP3 E	Tegangan output komparator pada saat High	$V_{in} > V_{ref}$	4,96V	
TP4 A	Tegangan Input 1 dan 2 Driver Motor pada saat motor Maju	Input 1 High (5V)	5,01 V	

		Input 2 Low (0V)	30 mV	
TP4 B	Tegangan Input 1 dan 2 Driver Motor pada saat motor Mundur	Input 1 Low (0V)	0,3 mV	
		Input 2 High 5V	4,41V	
TP5 A	Sensor syringe size ukuran Sduit 20 mL	3,19V	3,19V	
TP5 B	Sensor syringe size ukuran Sduit 50 mL	4,17V	4,17V	
TP6 A	Sensor oklusi pada saat tidak tersumbat	$V_{in} < V_{ref}$	1,461V	
TP6 B	Sensor oklusi pada saat tersumbat	$V_{in} > V_{ref}$	2,070V	

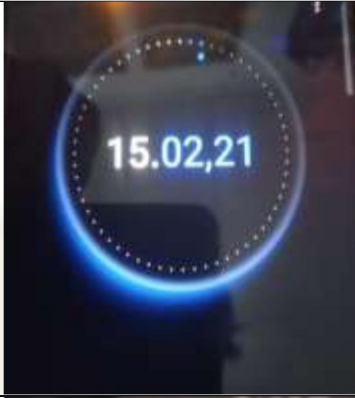





4.5 Hasil Pengujian Kecepatan *Flow Rate*

Pengujian alat syringe *pump* ini dilakukan dengan mengukur besar laju kecepatan aliran pada waktu tertentu menggunakan gelas ukur dan *timer*. Hasil pengukuran *flow rate* dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Flow Rate

Flowrate	Waktu Pengukuran (Timer)	Hasil Gelas Ukur	Keterangan
20 mL/Jam			5 ml
			5 ml
			4,8 ml
			4,9 ml

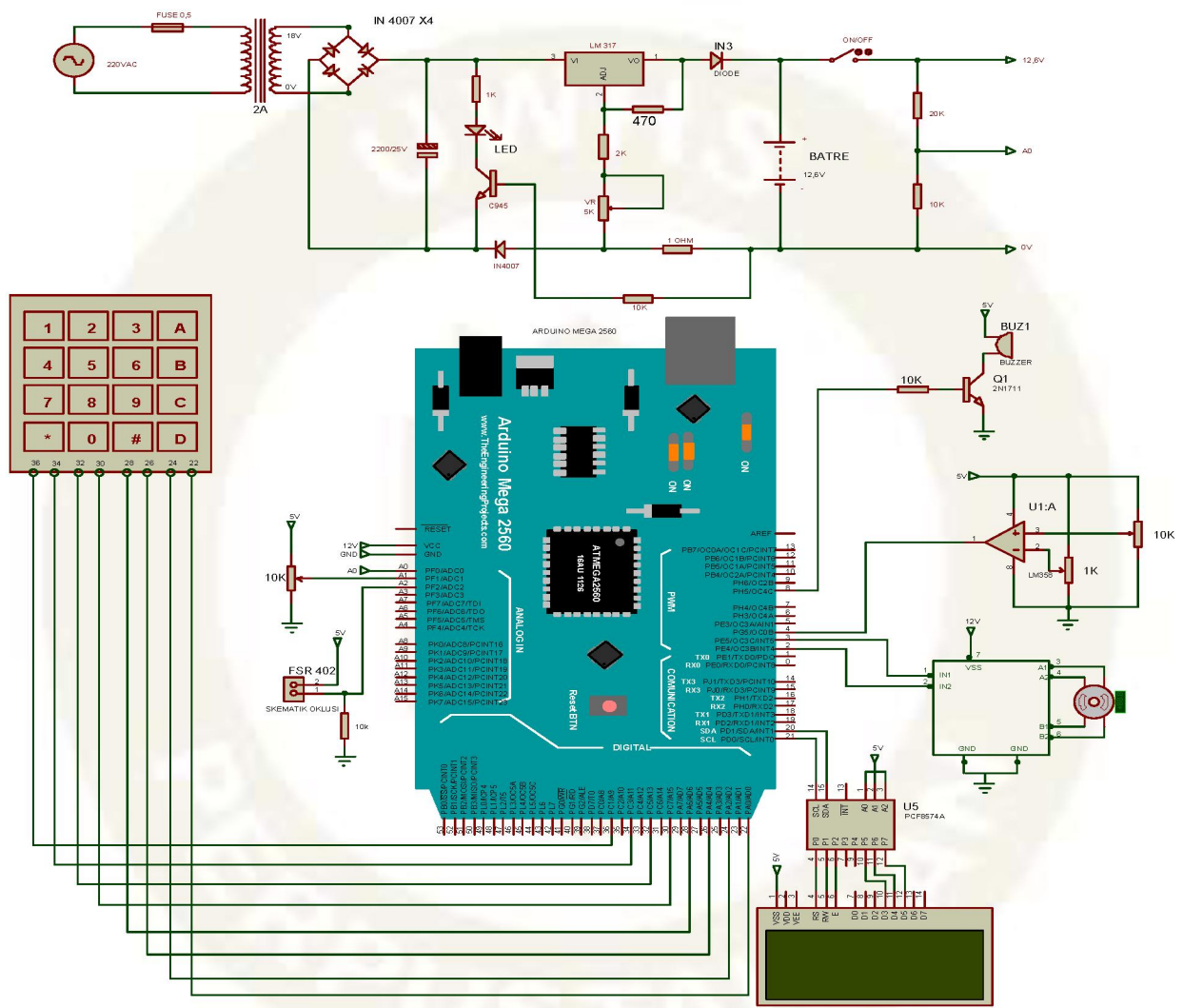
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Flow Rate

Flowrate	Waktu Pengukuran (Timer)	Hasil Gelas Ukur	Keterangan
			12,5 ml
50 mL/Jam			12,3 ml
			12,5 ml

BAB V

PEMBAHASAN DAN ANALISA DATA

5.1 Wiring Diagram Secara Keseluruhan



Gambar 5. 1 Wiring Diagram Keseluruhan

Cara Kerja Wiring

Rangkaian keseluruhan diatas memiliki prinsip kerja yaitu setelah alat dihubuhkan ke Stop kontak 220 VAC maka Arus akan masuk ke rangkaian *Power supply dan charger batrai* yang dimana pada rangkaian tersebut tegangan 220VAC akan di

diturunkan menjadi tegangan 12 VAC untuk mengisi ulang daya baterai dan akan disearahkan menjadi tegangan DC yang akan menghidupkan seluruh rangkaian alat. Ketika alat di ON kan maka alat akan menjalankan inisialisasi program dan memerintahkan untuk melakukan setting pada alat menggunakan *keypad matrix 4 x 4* yang dimana hasil settingan tadi akan diproses pada *mikrokontroler* dan akan ditampilkan pada *LCD*. Setelah alat telah melakukan inisialisasi dan telah setting maka mikrokontroler akan memberikan sinyal PWM terhadap *drivermotor* dan *motor stepper* akan bekerja mendorong spuit sehingga proses pemberian cairan obat terjadi sesuai settingan yang telah dilakukan dan sistem nilai counter akan mulai berjalan menunjukkan jumlah cairan keluar. Kecepatan motor pada masing-masing ukuran spuit berbeda meskipun dengan pengaturan kecepatan yang sama, hal ini diatur oleh *syringe size* (sensor potensio geser) yang berfungsi mengidentifikasi ukuran spuit dan akan memberikan konstanta yang berbeda setiap ukurannya. Konstanta inilah yang menyebabkan kecepatan motor berbeda. Ketika *sensor oklusi mengalami penyumbatan maka mikrokontroler akan memberikan perintah ke Buzzer untuk memberikan alarm peringatan dan begitu juga sensor nearly empty* ketika cairan obat hampir habis maka mikrokontroler akan memberikan perintah pada *Buzzer* untuk memberikan alarm peringatan.

5.2 Analisa Data

Analisa pendataan yang di lakukan bertujuan untuk membandingkan hasil antara teori dan praktek. Data yang di peroleh dari teori di hitung secara matematis menggunakan rumus yang sudah ada dan relevan berdasarkan rangkaian dan komponen yang di gunakan pada rangkaian, sedangkan untuk hasil ukur prakteknya di ukur secara langsung menggunakan multimeter pada titik pengukuran yang telah di tentukan sebelumnya pada BAB IV. Dari hasil teori dan praktek inilah nantinya akan di jadikan sebagai analisa data

dengan mencocokkan hasil praktek dengan hasil perhitungan secara teori sehingga dapat diketahui Presentase Kesalahan (PK) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

5.3.1 Analisa TP1

TP 1 merupakan pengukuran pada tegangan output IC Regulator LM317. Berdasarkan datasheet output tegangan IC Regulator LM317 adalah minimal 1,25 V dan maksimal 37 V. Hasil pengukuran menggunakan multimeter digital adalah 13,1V dengan perhitungan V_{out} sebagai berikut

$$V_{out} = V_{ref} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

$$V_{out} = 1,25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$V_{out} = 1,25 \left(1 + \frac{4.676}{470}\right)$$

$$V_{out} = 1,25 (1 + 6,28)$$

$$V_{out} = 13,6 \text{ VDC}$$

Dengan presentase kesalahan :

$$\begin{aligned} PK &= \frac{\text{Hasil Teori} - \text{Hasil Ukur}}{\text{Hasil Teori}} \times 100\% \\ &= \frac{13,6 - 13,29}{13,6} \times 100\% \\ &= 2,2\% \end{aligned}$$

Jadi pengukuran output pada IC regulator LM317 sesuai dengan datasheet IC regulator LM317 itu sendiri, karenanya hasil pengukurannya tidak melebihi batas maksimum dan batas minimum output tegangan IC regulator LM317.

5.3.2 Analisa TP2

TP2 merupakan pengukuran pada tegangan output baterai dan Kondisi baterai. Hasil pengukuran menggunakan multimeter digital adalah 12,23 V dan 4,17V . dari hasil

pengukuran diketahui bahwa baterai bekerja secara normal karena hasil pengukuran masih masuk dalam nilai kapasitas baterai dan kondisi baterai sebesar 12,6 V dan 4,2V dengan perhitungan kondisi baterai sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_{out} &= V_{in} \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \\
 &= 12,6 \left(\frac{10}{10 + 20} \right) \\
 &= 12,6 \left(\frac{10}{30} \right) \\
 &= 4,2
 \end{aligned}$$

Dengan Presentase kesalahan kondisi baterai Sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 PK &= \frac{\text{Hasil Teori} - \text{Hasil Ukur}}{\text{Hasil Teori}} \times 100\% \\
 &= \frac{4,2 - 4,17}{4,2} \times 100\% \\
 &= 0,7 \%
 \end{aligned}$$

5.3.3 Analisa TP3

TP3 merupakan pengukuran pada tegangan pada saat tidak Nerly, nerly, output V_{ref} , output komparator pada saat Low dan High . Sesuai teori komparator Non inverting jika V_{in} lebih besar dari V_{ref} , maka tegangan output adalah V_{sat} atau mendekati (VCC). maka ketika V_{in} lebih kecil dari V_{ref} , maka tegangan output adalah V_{sat} (-VEE).

Diketahui dari hasil pengukuran ini menunjukan bahwa pada saat titik pengukuran $3A < 3C = 3D$ atau $0,888 < 4,27 = 0,778$ yang artinya pada saat tidak nearly empty output komparator pada posisi low dan pada saat $3B > 3C = 3E$ atau $4,47 > 4,27 = 4,96$ yang artinya pada saat tidak nearly empty output komparator pada posisi High.

5.3.4 Analisa TP4

TP4 merupakan pengukuran pada tegangan input driver motor pada saat maju dan mundur. Menurut datasheet Arduino Mega 2560 tegangan input dari tiap Pin I/O pada saat High (I) adalah sebesar 5 V atau mendekati 5V dan pada Low (O) adalah sebesar 0V.

Diketahui hasil pengukuran TP4 A pada saat motor maju input 1 driver motor 5,01 V dan input 2 sebesar 30 mV . Selanjutnya TP4 B pada saat motor mundur input 1 driver motor 0,3 mV dan input 2 sebesar 4,41V. hasil dari pengukuran ini menunjukkan bahwa tegangan input driver motor pada saat motor maju dan mundur sesuai dengan teori tegangan input tiap Pin I/O menurut data sheet Arduino Mega 2560 yaitu pada saat High (5V) atau mendekati 5V dan pada saat Low (0V)

5.3.5 Analisa TP5

TP5 merupakan pengukuran pada tegangan output Sensor syringe Size pada Spuit 20 mL dan 50 mL. menurut teori perhitungan pembagi tegangan pada perencanaan sensor syringe size di dapatkan hasil pada ukuran spuit 20 mL di dapatkan hasil 3,19 V dan ukuran 50 mL sebesar 4,17 V. Diketahui dari hasil pengukuran pada Spuit 20 mL sebesar 3,19V dan pada spuid 50 mL sebesar 4,17V. Hasil dari pengukuran ini menunjukkan bahwa tegangan output sensor syringe size ukuran 20 mL dan 50 mL sesuai dengan hasil perhitungan tegangan output sensor syringe size pada spuit 20 mL dan 50 mL secara teori.

5.3.6 Analisa TP6

TP6 merupakan pengukuran pada tegangan ouput sensor Oklusi pada saat sebelum terjadi sumbatan dan setelah terjadi sumbatan. hasil dari pengukuran ini menunjukkan bahwa tegangan output sensor oklusi yaitu $V_{in} = V_{out}$ sehingga ketika $V_{in} < V_{ref} = V_{EE}$ atau $1,461 < 1,4 = 1,461$ yang artinya tidak terjadinya sumbatan dan ketika $V_{in} > V_{ref} = V_{CC}$ atau $2,070 > 1,4 = 2,070$ artinya ada terjadi sumbatan (oklusi)

5.3 Analisa Data Hasil Perbandingan

Perbandingan ini dilakukan pada Flow rate 20 mL/H dengan 4 kali pengukuran pada volume 5 mL pada waktu 15 menit tiap pengukuran dengan metode pengukuran menggunakan Stopwatch dan Gelas Ukur 5 mL sebagai alat pembanding. Dengan rumus presentase kesalahan sebagai berikut :

$$PK = \frac{\text{Hasil Pembanding} - \text{Hasil Modul TA}}{\text{Hasil Pembanding}} \times 100\%$$

Tabel 5. 1 Analisa hasil perbandingan

NO	Flow Rate	Timer (Menit)	Hasil Gelas Ukur (mL)	Presentase Kesalahan (PK)
1	20 mL/H	15,05	5	0,4%
2		15,09	5	0,6%
3		15,08	4,8	4,7%
4		15,06	4,9	2,4%
5	50 mL/H	15,02	12,5	0,1%
6		15,04	12,3	1,8%
7		15,06	12,5	0,1%
		Rata – rata		1,4%

Jadi berdasarkan hasil perhitungan diatas didapatkan rata – rata presentase kesalahan Volume 1,4% dengan tingkat keakurasian sebesar 98,6%

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Setelah melalui seluruh tahap perencanaan, pengukuran, pengujian, serta melakukan analisa dari alat ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Setelah melalui pengukuran dan analisa pada TP1 – TP6 maka di peroleh hasil tiap pengukuran yang sesuai atau mendekati dengan nilai teori yang telah direncanakan yang artinya alat ini dapat bekerja dengan baik karena memiliki presentase kesalahan yang masih mendekati atau sesuai dengan perencanaan secara teori.
2. Modifikasi Alat Syringe Pump yang telah dibuat ini dapat dapat bekerja dan berfungsi dengan baik sesuai dengan perencanaan yang telah di rencanakan dengan keakurasian Volume sebesar 98,6% yang arinya alat ini dapat menginjeksikan cairan nutrisi atau obat -obatan dalam jumlah tepat.

6.2 Saran

Dalam pembuatan alat ini masih banyak yang harus diperbaiki dan di tambahkan agar lebih baik lagi. Adapun saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan alat ini agar lebih baik lagi kedepannya adalah sebagai berikut :

1. Alat ini dapat dikembangkan dengan menggunakan LCD touchscreen agar mempermudah user dalam pengopersian alat.
2. Dapat dimodifikasi dengan menambahkan sistem monitoring secara andro.
3. Dapat menambahkan sistem pergeseran pendorong spuit majudan mundur secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. N. Lillah, "Syringe Pump," *Skripsi*, pp. 7–43, 2000.
- [2] A. Wicaksana and T. Rachman, "Arduino mega 2560," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., vol. 3, no. 1, pp. 10–27, 2018, [Online]. Available: <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- [3] D. Kho, "Pengertian Resistor dan Jenis-jenisnya," *Teknik Elektronika*, 2022. <https://teknikelektronika.com/pengertian-resistor-jenis-jenis-resistor/> (accessed Sep. 05, 2023).
- [4] Unimus, "Kapasitor," <http://Elektronika.dasar.ac.id/index.php/ME/article/view/364>, pp. 1–9, 2016, [Online]. Available: <http://jurnal.unimus.ac.id/index.php/ME/article/view/364>
- [5] M. A. Praztyio, "Dioda," *Elektron. Dasar*, p. 240, 2016, [Online]. Available: <https://repository.unikom.ac.id/34247/1/dioda.pdf>
- [6] H. D. Surjono, "Transistor," *Electronics*, no. Elektronika, p. 27, 2007, [Online]. Available: www.cerdas.co.id
- [7] Y. Zamrodah, "Display 20x4 dan fitur layar LCD," *keteknisian medis*, vol. 15, no. 2, pp. 1–23, 2016.
- [8] E. Teknologi, "Keypet Matrik 4x4," *edukasi elektronika*, 2020. <https://www.edukasielektronika.com/2021/01/keypad-4x4.html>
- [9] M. Winter and R. J. Brodd, "Battrai lithiun ion 4,2 V," *Chem. Rev.*, vol. 104, no. 10, pp. 4245–4269, 2004, doi: 10.1021/cr020730k.
- [10] Q. Reference, "NEMA 17 Stepper Motor Datasheet," *elektronika*, vol. 6200490, no. mm, pp. 2–3, 2018.
- [11] J. W. Gooch, "Tensiometer," *Encycl. Dict. Polym.*, pp. 734–734, 2011, doi: 10.1007/978-1-4419-6247-8_11641.
- [12] "Magnetic Buzzer KPX-1200C series Magnetic Buzzer KPMB-38012LC," *Dimension*, p. 87264906, 2019.
- [13] I. Rahayuningsih, "FSR 402," *indonesia dokumen*, 2019. <https://fdokumen.com/document/sensor-fsr-402.html?page=1>
- [14] N. G. Ruwano, "IC REGULATOR LM317," *Niguru.com*, 2020, [Online]. Available: <https://www.niguru.com/2020/12/lm317-ic-regulator-serbaguna.html>
- [15] J. K. Progo, "IC LM358," *Kumpul. Skema Eleltronika Untuk Hoby*, 2018, [Online]. Available: <https://elektro-hoby.blogspot.com/2018/05/pengertian-ic-lm358-dan-fungsinya.html>
- [16] B. Robert and E. B. Brown, "Trafo," *academia.edu*, no. 1, pp. 1–14, 2004.
- [17] E. A. Prastyo, "Driver Motor L298," *Arduino Indonesia*, 2020. <https://www.arduinoindonesia.id/2022/10/driver-motor-l298n.html>

