

# **MODIFIKASI *FRIABILATOR* BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 328**

**Karya Tulis ini Disusun sebagai  
Salah Satu Syarat dalam Menempuh Program  
Pendidikan Diploma III Teknik Elektromedik**



**Oleh:**

**Daris Arfan Maulana**

**NIM 16.040.16**

**PROGRAM STUDI D-III TEKNIK ELEKTROMEDIK  
SEKOLAH TINGGI ILMU KESEHATAN WIDYA HUSADA  
SEMARANG**

**2019**



STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG

**PERNYATAAN PENULIS**

JUDUL : Modifikasi *Friablilator* Berbasis Mikrokontroller ATmega 328

NAMA : Daris Arfan Maulana

NIM : 16.04.016

“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, 2019

Daris Arfan Maulana



STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG

**PERNYATAAN PERSETUJUAN**

JUDUL : Modifikasi *Friabilator* Berbasis Mikrokontroller ATmega 328

NAMA : Daris Arfan Maulana

NIM : 16.04.016

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

Menyetujui,

Pembimbing I

**Supriyanto, M.Kom.**

**NIDN.0616037101**



STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG

**PENGESAHAN KARYA TULIS**

JUDUL : Modifikasi *Friablilator* Berbasis Mikrokontroller ATmega 328

NAMA : Daris Arfan Maulana

NIM : 16.0040.16

Karya Tulis ini telah diujikan dan dipertahankan di hadapan tim penguji Ujian Akhir Program Pendidikan Diploma III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada Semarang pada hari **kamis** tanggal **26** bulan **September** tahun **2019**

Dewan Penguji:

Anggota I

Anggota II

**Agung Satrio Nugroho, MT**  
**NIDN.0619058101**

**Supriyanto, M.Kom**  
**NIDN.0616037101**

Ka. Prodi D-III TEM

Ketua Penguji

**Agung Satrio Nugroho, MT**  
**NIDN.0619058101**

**Agus Supriyanto, ST**  
**NUPN.9906977970**

## ABSTRAK

Dalam dunia Farmasi ada beberapa hal yang perlu di perhatikan dalam pembuatan tablet obat. Ada beberapa tahapan untuk mendapatkan tablet obat yang memenuhi standar, antara lain uji keseragaman ukuran, uji keseragaman sediaan, uji kekerasan, uji keregasan, uji waktu hancur, dan penetapan kadar. *Friabilator* adalah alat laboratorium farmasi yang digunakan untuk uji keregasan pada tablet obat. Yang mana *Friabilator* ini digunakan untuk pengujian tablet obat pada tahapan yang ke empat. Sebuah tablet di katakan baik dan memenuhi standar jika keregasan atau kerapuhan tablet obat tidak lebih dari 1% (Lachman, dkk, 1994). Beberapa laboratorium farmasi masih banyak terdapat cara pengujian keregasan atau kerapuhan pada tablet dengan menggunakan *Friabilator* yang masih sederhana.

Pada karya tulis ini, penulis membuat *Friabilator* yang dilengkapi dengan timbangan yang dikontrol oleh mikrokontroller dan disatukan pada *body friabilator*, sehingga perhitungan rumus keregasan tablet obat secara otomatis serta di lengkapi 1 (satu) *chamber*. Selain itu juga di lengkapi dengan settingan waktu (*timer*) dan settingan kecepatan (*Rpm*). Sensor *Optocoupler* sebagai sensor kecepatan guna memastikan kesesuaian kecepatan (*Rpm*) motor yang telah di setting untuk memutar *chamber* dan modul *Hx711 + loadcell* 1 kg guna mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran mikrokontroller. Settingan waktu (*timer*) dan settingan kecepatan (*Rpm*) serta nilai bobot tablet ini dapat di pantau dan dapat di tampilkan pada *LCD (Liquid Crystal Display)*. Hal ini berguna untuk mempermudah operator dalam hal pemantauan dalam pengujian tablet obat. Karena kecepatan (*Rpm*) dan waktu (*Timer*) sangat mempengaruhi hasil dari uji keregasan atau kerapuhan tablet obat tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian alat *friabilator* ini dapat bekerja sesuai perencanaannya yaitu menghitung hasil keregasan tablet obat dengan baik. Cara menghitung keregasan tablet obat dengan cara menghitung selisih berat tablet obat awal kemudian dikurangi berat tablet obat setelah *difriability*. Proses pengujiannya berhasil menggunakan nilai *25rpm* selama 4 menit, *35rpm* selama 3 menit, *50rpm* selama 2 menit, *60rpm* selama 1,5 menit. Keakurasian timernya 100% dan akurasi kecepatan 98,45%. Maka dari itu penulis menyarankan agar kedepannya bisa menggunakan timbangan *analytic* dan menambahkan printer untuk mencetak hasil keregasan.

Kata kunci : *Friabilator, Optocoupler, Hx11, rpm, analytic.*

## ABSTRACT

*In the world of Pharmacy there are several things that need to be considered in making drug tablets. There are several stages to get a drug tablet that meets the standards, including the size uniformity test, the uniformity test of the preparation, the hardness test, the hardness test, the disintegration time test, and the determination of levels. Friabilator is a pharmaceutical laboratory tool that is used to test the friability of a drug tablet. Which is the Friabilator used for testing drug tablets at the fourth stage. A tablet is said to be good and meets the standard if the rigidity or fragility of the drug tablet is no more than 1% (Lachman, et al, 1994). Some pharmaceutical laboratories still have a lot of ways to test the friability or friability of tablets by using Friabilator which is still simple.*

*In this paper, the author makes a Friabilator equipped with a scale that is controlled by a microcontroller and put together on the body of the friabilator, so that the calculation of the formula for drug tablet friability is automatically and completed with 1 (one) chamber. It is also equipped with a time setting (timer) and speed setting (Rpm). Optocoupler sensor as a speed sensor to ensure the suitability of the motor speed (Rpm) that has been set to rotate the chamber and the 1 kg Hx711 + loadcell module to convert measured changes in resistance changes and convert them into microcontroller quantities. The time setting (timer) and speed setting (Rpm) and the weight value of this tablet can be monitored and can be displayed on the LCD (Liquid Crystals Display). This is useful to facilitate the operator in terms of monitoring in drug tablet testing. Because the speed (rpm) and time (timer) greatly affect the results of the test of friability or friability of the drug tablets.*

*Based on the result of the procuring of this friabilator tool, it can be as soon as planned, which is to calculate the results of the drug tablet's hardness in a good way calculate the friability of drug tablets by calculating the weight difference of drug tablets early then the weight of the drug tablet is reduced after friability.*

*Keywords: Friabilator, Optocoupler, Hx11, rpm, analytic.*

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan rasa syukur yang tak terhingga penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala Rahmat dan Hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir tepat pada waktunya.

Pada pembuatan Karya Tulis Ilmiah dan Tugas Akhir ini merupakan persyaratan akademis untuk menyelesaikan ujian akhir pada program Diploma III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada Semarang. Dimana pada kesempatan ini penulis membuat sebuah alat dengan judul "Modifikasi *Friablilator* Berbasis Mikrokontroler ATmega 328", dalam proses penyusunan dan pembuatan modul ini tidak lepas dari bantuan dan motivasi berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih dan rasa syukur yang tak terhingga kepada:

1. Allah SWT atas limpahan berkat dan karunianya, kedua orang tuaku, adik Muhammad Fahry Arhab, Indar Lestari dan keluarga yang selalu mendukung dan memberikan semangat, serta materil dan do'anya yang tidak pernah berhenti hingga sekarang.
2. Dr. Hargianti Dini Iswandari, drg., MM., selaku ketua STIKES Widya Husada Semarang yang turut serta memberikan pengaruh dalam kemajuan kampus STIKES Widya Husada Semarang ini dengan management kepemimpinannya.
3. Agung Satrio Nugroho, ST., selaku ketua prodi D-III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada Semarang. yang selalu memberikan pengarahan, nasehat dan masukan yang sangat bermanfaat dalam Tugas Akhir ini sehingga

Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan selesai tepat pada waktu yang telah ditentukan.

4. Supriyanto, M.Kom., selaku dosen pembimbing yang selalu membantu dalam membuat Modul dan memberikan masukan, pengarahan dan nasehat yang benar– benar sangat bermanfaat sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan selesai tepat pada waktu yang telah ditentukan.
5. Terima kasih kepada seluruh Dosen dan Staf Jurusan D-III Teknik Elektromedik, terima kasih atas bekal ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
6. Terima kasih kepada semua teman-teman seangkatan tahun 2016 D-III Teknik Elektromedik Stikes Widya Husada Semarang yang telah memberi dukungan dan saling kerja dalam menggapai cita-cita kita semua, dan canda tawa kalian yang telah terukir di hati yang selalu akan teringat dalam hidupku.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta pihak yang ingin menyempurnakan Tugas Akhir ini. Diakhir kata penulis meminta maaf apabila terdapat kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Semarang, 11 Mei 2019

Daris Arfan Maulana

## DAFTAR ISI

JUDUL .....	i
PERNYATAAN PENULIS .....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN .....	iii
PENGESAHAN KARYA TULIS .....	iv
ABSTRAK .....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Definisi Istilah.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tablet .....	5
2.1.1 Sifat Sediaan Tablet.....	5
2.2 <i>Friabilator</i> .....	7
2.3 Resistor .....	8
2.3.1 Simbol Resistor.....	9
2.3.2 Kapasitas Daya Resistor .....	9
2.3.3 Nilai Toleransi Resistor .....	10
2.3.4 Kode Warna Resistor.....	11
2.3.5 Rangkaian Pembagi Tegangan .....	12
2.4 Kapasitor .....	14
2.4.1 Fungsi Kapasitor .....	15
2.4.2 Jenis-jenis Kapasitor .....	16
2.5 Dioda .....	22
2.5.1 Macam-macam Dioda.....	23
2.5.2 Karakteristik Dioda .....	23

2.6 Transistor.....	24
2.6.1 Fungsi Transistor .....	25
2.6.2 Jenis-jenis Transistor.....	25
2.6.3 Cara Kerja Transistor.....	28
2.7 <i>Push Button</i> .....	28
2.8 Buzzer.....	29
2.9 ATmega 328.....	30
2.10 <i>Optocoupler</i> .....	34
2.10.1 Prinsip Kerja dari <i>Optocoupler</i> .....	36
2.11. Motor.....	39
2.11.1. Komponen Utama Motor DC.....	39
2.11.2 Prinsip Kerja Motor DC.....	40
2.11.3 Prinsip Dasar Kerja Motor DC.....	40
2.12 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i> .....	43
2.12.2 Perangkat Penampil LCD.....	44
2.12.2 DDRAM- <i>Display Data RAM</i> .....	45
2.12.3CGROM- <i>Character Generator ROM</i> .....	45
2.12 Transfomator ( Trafo ) .....	46
2.13.1 Bentuk dan Simbol Transformator (Trafo) .....	47
2.13.2 Prinsip Kerja Transformator (Trafo).....	47
2.14 Sensor Berat ( <i>Load Cell</i> ).....	48
2.15 Modul <i>Hx711</i> .....	49
2.16 Saklar .....	49
2.17 <i>Light Emitting Diode ( LED )</i> .....	50
2.18 Sekering (Fuse).....	51
2.19 MOSFET .....	52
2.20 Photodioda .....	54

### **BAB III PERENCANAAN**

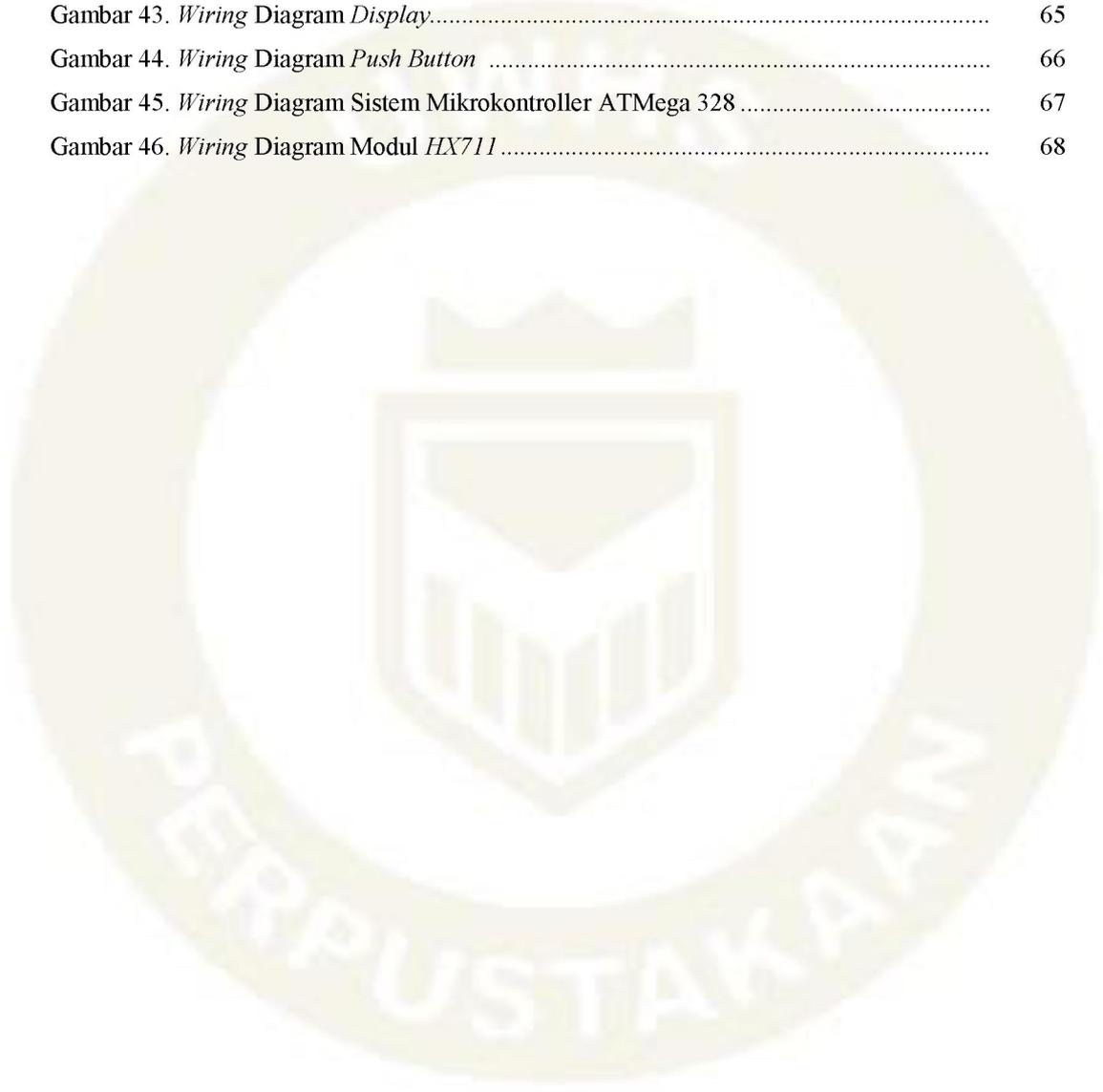
3.1 Tahapan Perencanaan .....	56
3.2 <i>Spesifikasi Alat</i> .....	57
3.3 Perencanaan Blok Diagram .....	58

3.4 Perencanaan <i>Wiring Diagram</i> .....	61
3.4.1 Perencanaan Rangkaian <i>Power Supply</i> .....	61
3.4.2 Perencanaan Rangkaian <i>Driver Motor</i> .....	62
3.4.3 Perencanaan Rangkaian Sensor Kecepatan.....	63
3.4.4 Perencanaan Rangkaian Buzzer.....	64
3.4.5 Perencanaan Rangkaian Display.....	65
3.4.6 Perencanaan Rangkaian Push Button .....	66
3.4.7 Perencanaan Rangkaian Sistem ATmega 328.....	67
3.4.7 Perencanaan Rangkaian Modul <i>HX711</i> .....	68
3.5 Perencanaan Diagram Alir .....	69
3.6 Perencanaan Titik pengukuran (Tp) .....	70
3.7 Perencanaan <i>Casing</i> .....	71
3.8 Persiapan Alat dan Bahan .....	72
3.9 Pembuatan Modul .....	72
<b>BAB IV PENDATAAN</b>	
4.1 Pengertian Pengukuran.....	74
4.2 Metode Pengukuran.....	75
4.3 Hasil Pengukuran.....	76
<b>BAB V PEMBAHASAN DAN ANALISIS DATA</b>	
5.1 Pembahasan Rangkaian Secara Keseluruhan.....	79
5.2 Analisis Hasil Pendataan .....	81
5.2.1 Analisa rangkaian TP1A, 1B, dan 1C .....	82
5.2.2 Analisa Rangkaian TP2.....	83
5.2.3 Analisa Rangkaian TP4.....	83
5.2.4 Analisa Akurasi RPM.....	84
<b>BAB VI PENUTUP</b>	
6.1 Kesimpulan .....	88
6.2 Saran .....	88
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Simbol Resistor .....	9
Gambar 2. Resistor.....	12
Gambar 3. Kapasitor Keramik .....	16
Gambar 4. Kapasitor <i>Polyester</i> .....	17
Gambar 5. Kapasitor Kertas .....	17
Gambar 6. Kapasitor Mika .....	18
Gambar 7. Kapasitor Elektrolit .....	18
Gambar 8. Kapasitor Tantalum .....	19
Gambar 9. VARCO ( <i>Variable Condensator</i> ).....	20
Gambar 10. Trimmer.....	22
Gambar 11. Dioda.....	23
Gambar 12. Pembiasan Pada Dioda .....	24
Gambar 13. Transistor.....	24
Gambar 14. Transistor PNP .....	26
Gambar 15. Transistor NPN.....	27
Gambar 16. Transistor Efek Medan (FET).....	27
Gambar 17. Bentuk Rangkaian <i>Push Button</i> .....	29
Gambar 18. <i>Buzzer</i> .....	30
Gambar 19. Mikrokontroler ATmega 328 .....	30
Gambar 20. Konfigurasi ATmega 328 .....	31
Gambar 21. <i>Optocoupler</i> .....	36
Gambar 22. Dasar Rangkaian <i>Optocoupler</i> .....	37
Gambar 23. Motor DC .....	39
Gambar 24. Medan Magnet yang Membawa Arus Mengelilingi Konduktor.....	41
Gambar 25. Reaksifluks .....	41
Gambar 26. <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i> .....	43
Gambar 27. Konfigurasi Pin LCD.....	44
Gambar 28. Bentuk dan Simbol Transformator .....	47
Gambar 29. Sensor Berat ( <i>Load Cell</i> ) .....	48
Gambar 30. Modul <i>Hx711</i> .....	49
Gambar 31. Rangkaian Sensor Loadcell <i>Hx711</i> .....	49
Gambar 32. Bentuk Fisik Saklar .....	50
Gambar 33. Simbol LED.....	51
Gambar 34. Sekering ( <i>Fuse</i> ) .....	52
Gambar 35 Transistor Mode Pengosongan .....	53
Gambar 36. Transistor Mode Peningkatan.....	53

Gambar 37. Photodioda.....	54
Gambar 38. Blok Diagram .....	58
Gambar 39. <i>Wiring Diagram Power Supply</i> .....	61
Gambar 40. <i>Wiring Diagram Driver Motor</i> .....	63
Gambar 41. <i>Wiring Diagram Sensor Kecepatan</i> .....	63
Gambar 42. <i>Wiring Diagram Buzzer</i> .....	64
Gambar 43. <i>Wiring Diagram Display</i> .....	65
Gambar 44. <i>Wiring Diagram Push Button</i> .....	66
Gambar 45. <i>Wiring Diagram Sistem Mikrokontroler ATmega 328</i> .....	67
Gambar 46. <i>Wiring Diagram Modul HX711</i> .....	68



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kode warna Resistor .....	10
Tabel 2. Satuan Kapasitansi .....	15
Tabel 4. Penjelasan pin pada mikrokontroler ATmega 328 .....	34
Tabel 5. Deskripsi pin LCD .....	45
Tabel 6. Komponen <i>Power Supply</i> .....	62
Tabel 7. Komponen <i>Driver Motor</i> .....	63
Tabel 8. Komponen Sensor Kecepatan .....	64
Tabel 9. Komponen <i>Buzzer</i> .....	65
Tabel 10. Komponen <i>Display</i> .....	66
Tabel 11. Komponen sistem mikrokontroler ATmega 328 .....	67
Tabel 12. Komponen Modul <i>HX711</i> .....	68
Tabel 13. Hasil Test Point .....	77
Tabel 14. Test Point RPM.....	78
Tabel 15. Hasil Uji Kecepatan .....	86
Tabel 16. Hasil Uji Keregasan .....	87

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang dan Masalah

Semakin berkembangnya zaman, maka akan semakin banyak pula inovasi-inovasi yang tercipta oleh Sumber Daya Manusia (SDM). Salah satunya perkembangan dan kemajuan sarana dalam dunia kesehatan. Hal ini terjadi karena semakin pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi akan metode-motode yang dapat mempermudah kinerja manusia dalam menjalankan kehidupan sehari-hari khususnya dalam pekerjaan dunia kesehatan. Contohnya seperti alat-alat kesehatan pada rumah sakit yang sangat membutuhkan alat-alat kesehatan yang canggih guna sebagai penunjang dalam memberikan pelayanan kesehatan yang efektif dan efisien. Dari latar belakang di atas maka alat kesehatan menjadi sangat penting perannya. Dari berbagai macam alat-alat kesehatan salah satunya adalah *friabilator* yang di gunakan dalam dunia farmasi.

*Friabilator* adalah alat laboratorium farmasi yang digunakan untuk uji keregasan pada tablet obat <sup>[1]</sup>. Karena sebuah tablet dikatakan baik dan memenuhi standar jika keregasan atau kerapuhan tablet tidak lebih dari 1% <sup>[2]</sup>. Uji Keregasan obat ini berguna untuk uji ketahanan permukaan tablet terhadap gesekan yang dialami selama pengemasan, pengiriman, dan penyimpanan. Selain itu juga bertujuan untuk menghindari tablet obat yang terlalu mudah larut atau mudah hancur sebelum pada waktunya saat dikonsumsi didalam tubuh. Alat *Friabilator* sebelumnya pernah dibuat oleh Dimas Nurcahyo (2013) dengan

nama *Friabilator* berbasis mikrokontroler ATmega 8535. Namun sistem timbangannya masih menggunakan timbangan eksternal.

Berdasarkan identifikasi masalah diatas penulis ingin memodifikasi alat sebelumnya ini dengan mengganti semua sistemnya dan membuat dari awal serta melengkapi timbangan yang langsung dikontrol oleh mikrokontroler ATmega 328. Karena pada karya tulis ilmiah sebelumnya masih menggunakan timbangan eksternal, yang proses penimbangannya masih manual. Oleh karena itu penulis menggunakan modul *hx711* dan *loadcell 1kg* pada komponen timbangan agar sistemnya bisa langsung dikontrol oleh mikrokontroler ATmega 328 sehingga prosesnya sudah bisa dikatakan otomatis.

## 1.2 Tujuan

Pembuatan tugas akhir dan karya tulis ilmiah dengan judul Modifikasi *Friabilator* Berbasis Mikrokontroler ATmega 328 dibuat dengan tiga tujuan :

- a. Mengembangkan *Friabilator* yang langsung menggunakan timbangan otomatis dikontrol oleh mikrokontroler.
- b. Proses pengujian hanya menggunakan nilai *25rpm* selama 4 menit, *35rpm* selama 3 menit, *50rpm* selama 2 menit, *60rpm* selama 1,5 menit.
- c. Bisa menghitung nilai hasil keregasan tablet obat yang akan diuji secara otomatis.

## 1.3 Batasan Masalah

- a. Timbangan yang digunakan berupa timbangan digital menggunakan sensor *loadcell* dan modul *hx711* yang dikontrol oleh mikrokontroler.
- b. Nilai maksimal timbangan pada modul yaitu seberat 1000 gram.

- c. Kecepatan dan waktu putaran chamber pada modul yaitu 4 menit untuk 25 Rpm, 3 menit untuk 35 Rpm, 2 menit untuk 50 Rpm, dan 1.5 menit untuk 60 Rpm.
- d. Dalam pengujian tablet obat ini minimal sekitar 20 tablet sebagai sampel [3].
- e. Jenis tablet biasa/tablet telan adalah *amoxicilin*, *paracetamol*, *demacolin*, *panadol*, *asam mefenamat* dan *antalgin* serta tablet kunyah adalah *polysilane*, *promag*, *disflatyl*, *panadol* anak, *berlosid* dan *bodrexin* anak.
- f. Hanya menguji nilai keregasan tablet obat.
- g. Memakai tampilan LCD (*Liquid Crystal Display*) untuk tampilan kecepatan motor (Rpm), lamanya *chamber* berputar dan hasil keregasan.
- h. Menggunakan *Optocoupler* untuk mendeteksi rotasi putaran permenit.

#### 1.4 Definisi Istilah

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

##### a. PROGRAM CODE VISION (CV) AVR

Code Vision AVR pada dasarnya merupakan perangkat lunak atau software pemrograman mikrokontroller keluarga AVR berbasis bahasa C. mikrokontroler dapat berfungsi jika telah diisi sebuah program, pengisian program ini dapat dilakukan menggunakan compiler yang selanjutnya diprogram ke dalam mikrokontroller menggunakan fasilitas yang sudah disediakan oleh program tersebut. Salah satu compiler program yang umum

digunakan sekarang ini adalah Code Vision AVR yang menggunakan bahasa pemrograman C.

**b. ATmega 328**

ATmega 328 adalah adalah sebuah mikrokontroller berbentuk IC yang dapat diprogram berulang kali, baik ditulis atau dihapus. Biasanya digunakan untuk pengontrolan otomatis dan manual pada perangkat elektronika. ATmega 328 ini berupa mikrokontroller CMOS 8 bit daya rendah berbasis arsitektur RISC (Reduce Instruction Set Computing). Instruksi dikerjakan pada satu siklus clock, dimana program berjalan lebih cepat karena hanya membutuhkan satu siklus clock untuk mengeksekusi satu instruksi program.

**c. PORT ADC (*analog to digital converter*)**

Yaitu suatu port pada mikrokontroller yang digunakan untuk kemampuan membaca sinyal analog kemudian dikonversikan menjadi data digital. Proses konversi tersebut dilakukan oleh ADC.

**d. PROM (*electrically erasable programmable read-only memory*)**

Fungsi dari EEPROM adalah untuk menyimpan data secara permanen, artinya jika kita menyimpan data dalam SRAM, maka ketika power dimatikan data akan hilang. Berbeda jika disimpan dalam EEPROM, data akan tetap tersimpan. Pengaksesan EEPROM secara umum dilakukan untuk dua hal : membaca data dan menulis data.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tablet**

Tablet adalah unit bentuk sediaan solid dibuat dengan mengempakan suatu campuran serbuk yang mengandung zat aktif dengan atau tanpa bahan atau bahan tertentu yang dipilih guna membantu dalam proses pembuatan dan untuk menciptakan sifat-sifat sediaan tablet yang dikehendaki [4].

##### **2.1.1 Sifat Sediaan Tablet**

Tujuan desain dan pembuatan tablet kempa adalah untuk menghantarkan secara oral jumlah zat aktif yang benar dalam bentuk yang sesuai pada waktu yang tepat dan dalam lokasi yang diinginkan. Keutuhan kimianya masih terlindungi sampai di tempat yang ditujukan. Selain sifat fisik dan zat aktif yang diformulasikan ke dalam tablet, desain fisik, proses pembuatan yang benar, dan susunan senyawa kimia yang lengkap, tablet dapat memiliki efek yang besar pada khasiat zat aktif yang diberikan [5].

Setiap metode pembuatan yang digunakan, tablet yang dihasilkan harus memenuhi sejumlah standar fisik dan biologi. Sifat sediaan tablet yang dapat diterima adalah sebagai berikut[4].

1. Cukup kuat dan tahan terhadap goncangan dan goresan selama pembuatan, pengemasan, pengiriman, dan penggunaan. Sifat ini diukur oleh dua pengujian, yaitu uji kekerasan dan uji kerapuhan (*friabilitas*).

2. Keseragaman zat aktif dalam bobot dan dalam tiap kandungan tablet. Hal ini diukur dengan uji keseragaman sediaan yang terdiri atas keseragaman bobot dan keseragaman kandungan.
3. Zat aktif yang dikandungnya tersedia hayati. Sifat ini juga diukur dengan dua pengujian, yaitu uji *disintegrasi* (uji aktu hancur) dan uji *disolusi* (uji kelarutan). Akan tetapi, ketersediaan hayati zat aktif suatu tablet atau bentuk sediaan lain adalah suatu masalah yang rumit dan hasil dari dua pengujian tersebut tidak dengan sendirinya memberikan suatu petunjuk ketersediaan hayati. Hal ini harus dilakukan dengan penetapan konsentrasi obat dalam darah setelah pemberian suatu tablet.
4. Penampilannya elok dan harus memiliki bentuk, warna karakteristik dan penandaan lain yang diperlukan untuk identifikasi suatu tablet. Penandaan biasanya monogram atau logo pabrik. Penandaan lain yang dapat muncul pada tablet adalah suatu torehan atau garis lipatan yang melintang pada permukaan pemberian tanda tempat membelah tablet menjadi bagian yang sama untuk pemberian setengah tablet. Akan tetapi, terdapat variasi yang besar dalam dosis zat aktif dalam kedua belahan tablet yang dibelah secara manual.
5. Mempertahankan semua atribut fungsinya, termasuk stabilitas fisik, kimiawi dan daya kerja sediaan tablet<sup>[6]</sup>. Sekarang hal tersebut telah dimengerti (berdasarkan hasil penelitian) bahwa sifat fisik berbagai tablet dapat mengalami perubahan di bawah lingkungan dan kondisi

yang kurang atau tidak bagus sehingga stabilitas fisik, yang khususnya mempengaruhi ketersediaan hayati dapat lebih signifikan dan mendapat perhatian dalam beberapa sistem tablet daripada stabilitas kimia[5].

6. Memiliki stabilitas kimia yang cocok sepanjang waktu sehingga tidak memungkinkan perubahan zat aktif. Dalam banyak hal, serangkaian tujuan tersebut berlomba.

Untuk memperoleh kriteria tablet obat kualitas baik yang tertera di atas, maka tablet dalam proses pembuatannya harus memenuhi beberapa proses pengujian tablet, antara lain[1]: uji keseragaman ukuran, uji keseragaman sediaan, uji kekerasan, uji keregasan, uji waktu hancur, dan penetapan kadar.

## **2.2 Friabilator**

Dalam melakukan proses pengujian tablet obat harus menggunakan sebuah alat, salah satunya adalah *friabilator*. *Friabilator* adalah alat laboratorium farmasi yang digunakan untuk uji keregasan pada tablet obat [1]. Yang mana *friabilator* ini di gunakan untuk pengujian tablet obat pada tahap yang ke-4 (empat). Adapun tahapan untuk mendapat tablet obat yang memenuhi standar, antara lain uji keseragaman ukuran, uji keseragaman sediaan, uji kekerasan, uji keregasan, uji waktu hancur, dan penetapan kadar. Sebuah tablet dikatakan baik dan memenuhi standar jika keregasan atau kerapuhan tablet obat tidak lebih dari 1% [2]. Adanya kehilangan massa akibat kerapuhan yang tinggi akan mempengaruhi kadar zat aktif yang masih terdapat dalam tablet.

*Friabilator* ini terdiri dari satu buah chamber yang diputar dengan kecepatan tertentu oleh sebuah motor. Chamber ini berguna sebagai tempat atau wadah untuk memutar dan mem*friability* tablet obat. Yang nanti prinsipnya adalah dengan menghitung bobot atau massa yang hilang dari 20 (tablet besar) atau 40 (tablet kecil) selama diputar dalam *friabilator* dengan menggunakan rumus, yaitu :

$$\frac{w_1-w_2}{w_1} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan : W1 = Berat awal tablet

W2 = Berat tablet setelah di friabilator

Pada proses pengujian kerapuhan ini, chamber diputar dengan kecepatan 25 Rpm atau 35 Rpm. Waktu dan jumlah putaran menggunakan kecepatan 25 Rpm adalah selama 4 menit dan jumlah putarannya adalah 100 putaran. Dan Jika menggunakan kecepatan 35 Rpm adalah selama 3 menit dan jumlah putarannya adalah 90 putaran [1].

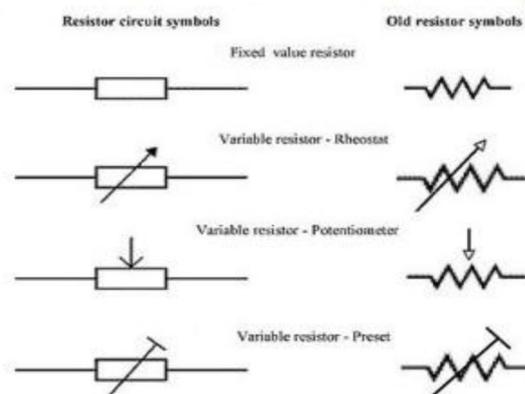
### 2.3 Resistor

Resistor adalah komponen elektronik dua saluran yang didesain untuk menahan arus listrik dengan memproduksi penurunan tegangan diantara kedua salurannya sesuai dengan arus yang mengalirinya. Resistor digunakan sebagai bagian dari jejaring elektronik dan sirkuit elektronik, dan merupakan salah satu komponen yang paling sering digunakan. Resistor dapat dibuat dari bermacam-macam kompondan film, bahkan kawat resistansi (kawat yang dibuat dari paduan resistivitas tinggi seperti nikel-kromium).

Karakteristik utama dari resistor adalah resistansinya dan daya listrik yang dapat diboroskan. Resistor dapat diintegrasikan kedalam sirkuit hibrida dan papan sirkuit cetak, bahkan sirkuit terpadu. Untuk daftar kode warna resistor dapat dilihat di tabel 1.

### 2.3.1 Simbol Resistor

Berikut adalah simbol resistor dalam bentuk gambar yang sering digunakan dalam suatu desain rangkaian elektronika.



Gambar 1. Simbol resistor

Resistor dalam suatu teori dan penulisan formula yang berhubungan dengan resistor disimbolkan dengan huruf "R". Kemudian pada desain skema elektronika resistor tetap disimbolkan dengan huruf "R", resistor variabel disimbolkan dengan huruf "VR" dan untuk resistor jenis potensiometer ada yang disimbolkan dengan huruf "VR" dan "POT".

### 2.3.2 Kapasitas Daya Resistor

Kapasitas daya pada resistor merupakan nilai daya maksimum yang mampu dilewatkan oleh resistor tersebut. Nilai kapasitas daya resistor ini

dapat dikenali dari ukuran fisik resistor dan tulisan kapasitas daya dalam satuan Watt untuk resistor dengan kemasan fisik besar. Menentukan kapasitas daya resistor ini penting dilakukan untuk menghindari resistor rusak karena terjadi kelebihan daya yang mengalir sehingga resistor terbakar dan sebagai bentuk efisiensi biaya dan tempat dalam pembuatan rangkaian elektronika.

### 2.3.3 Nilai Toleransi Resistor

Toleransi resistor merupakan perubahan nilai resistansi dari nilai yang tercantum pada badan resistor yang masih diperbolehkan dan dinyatakan resistor dalam kondisi baik. Toleransi resistor merupakan salah satu perubahan karakteristik resistor yang terjadi akibat operasional resistor tersebut. Nilai toleransi resistor ini ada beberapa macam yaitu resistor dengan toleransi kerusakan 1% (resistor 1%), resistor dengan toleransi kesalahan 2% (resistor 2%), resistor dengan toleransi kesalahan 5% (resistor 5%) dan resistor dengan toleransi 10% (resistor 10%)

Tabel 1. Kode Warna Resistor

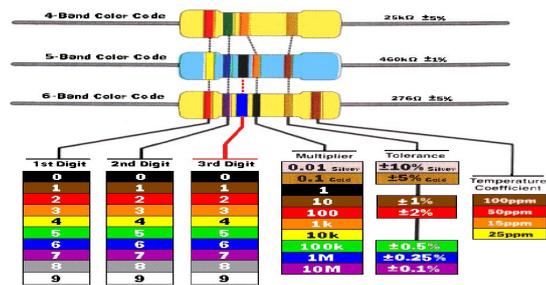
Warna	Nilai	Faktor Pengali	Toleransi
Hitam	0	1	
Coklat	1	10	1%
Merah	2	100	2%
Jingga	3	1.000	
Kuning	4	10.000	

Hijau	5	100.000	
Biru	6	$10^6$	
Violet	7	$10^7$	
Abu-abu	8	$10^8$	
Putih	9	$10^9$	
Emas	-	0.1	5%
Perak	-	0.01	10%
Tanpa warna	-	-	20%

Nilai toleransi resistor ini selalu dicantumkan di kemasan resistor dengan kode warna maupun kode huruf. Sebagai contoh resistor dengan toleransi 5% maka dituliskan dengan kode warna pada cincin ke 4 warna emas atau dengan kode huruf J pada resistor dengan fisik kemasan besar. Resistor yang banyak dijual dipasaran pada umumnya resistor 5% dan resistor 1%.

#### 2.3.4 Kode Warna Resistor

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



Gambar2. Resistor

**a. Resistor dengan 4 cincin kode warna**

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

**b. Resistor dengan 5 cincin kode warna**

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

**c. Resistor dengan 6 cincin warna**

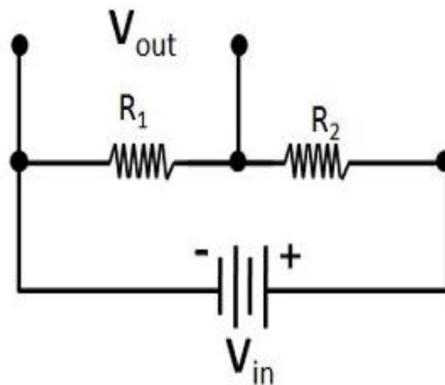
Resistor dengan 6 cincin warna pada prinsipnya sama dengan resistor dengan 5 cincin warna dalam menentukan nilai resistansinya. Cincin ke 6 menentukan coefisien temperatur yaitu temperatur maksimum.

**2.3.5 Rangkaian Sebagai Pembagi Tegangan (voltage divider)**

Voltage Divider atau Pembagi Tegangan adalah suatu rangkaian sederhana yang mengubah tegangan besar menjadi tegangan yang lebih kecil. Fungsi dari Pembagi Tegangan ini di Rangkaian Elektronika adalah untuk membagi Tegangan Input menjadi satu atau beberapa Tegangan

Output yang diperlukan oleh Komponen lainnya didalam Rangkaian. Hanya dengan menggunakan dua buah Resistor atau lebih dan Tegangan Input, kita telah mampu membuat sebuah rangkaian pembagi tegangan yang sederhana.

Pada dasarnya, Rangkaian Pembagi Tegangan terdiri dari dua buah resistor yang dirangkai secara Seri. Berikut ini adalah rangkaian sederhana sebuah pembagi tegangan atau Voltage Divider.



Aturan Pembagi Tegangan sangat sederhana, yaitu Tegangan Input dibagi secara proporsional sesuai dengan nilai resistansi dua resistor yang dirangkai Seri.

$$V_{out} = V_{in} \times (R_1 / (R_1 + R_2))$$

Contoh :

Sebagai contoh, kita memberikan tegangan input sebesar 9V pada rangkaian pembagi tegangan tersebut dengan nilai R1 adalah 1000 Ohm

dan  $R_2$  adalah 220 Ohm berapakah Tegangan Output pada  $R_1$  yang kita dapatkan ?

*Diketahui :*

$$V_{in} = 9V$$

$$R_1 = 1000 \text{ Ohm}$$

$$R_2 = 220 \text{ Ohm}$$

$$V_{out} = ?$$

*Penyelesaian :*

$$V_{out} = V_{in} \times (R_1 / (R_1 + R_2))$$

$$V_{out} = 9 \times (1000 / (1000 + 220))$$

$$V_{out} = 9 \times (1000 / 1220)$$

$$V_{out} = 9 \times 0.82$$

$$V_{out} = 7,38 \text{ Volt}$$

Jadi Tegangan Output dari rangkaian Pembagi tersebut adalah **7,38 Volt**.

## 2.4 Kapasitor

Kapasitor (*Capacitor*) atau disebut juga dengan Kondensator (*Condensator*) adalah Komponen Elektronika Pasif yang dapat menyimpan muatan listrik dalam waktu sementara dengan satuan kapasitansinya adalah Farad. Satuan Kapasitor tersebut diambil dari nama penemunya yaitu Michael Faraday (1791 ~ 1867) yang berasal dari Inggris. Namun Farad adalah satuan

yang sangat besar, oleh karena itu pada umumnya Kapasitor yang digunakan dalam peralatan Elektronika adalah satuan Farad yang dikecilkan menjadi pikoFarad, NanoFarad dan MicroFarad [7].

Tabel 2. Satuan Kapasitansi

Nilai Satuan	Epsilon	Simbol	Penerangan
Tera	$10^{12}$	T	1 THz = 1.000.000.000.000 Hz
Giga	$10^9$	G	1 GHz = 1.000.000.000 Hz
Mega	$10^6$	M	1 MV = 1.000.000 V
Kilo	$10^3$	K	1 kV = 1.000 V
Mili	$10^{-3}$	m	1 mA = 0,001 A
Mikro	$10^{-6}$	$\mu$	1 $\mu$ A = 0,000001 A
Nano	$10^{-9}$	n	1 nF = 0,000000001 F
Piko	$10^{-12}$	p	1 pF = 0,000000000001 F
Fepto	$10^{-15}$	f	1 fF = 0,000000000000001 F

#### 2.4.1 Fungsi Kapasitor

Fungsi kapasitor dalam komponen elektronika adalah sebagai penyimpan muatan listrik, selain berfungsi sebagai penyimpan listrik, kapasitor juga dapat digunakan sebagai penyaring frekuensi. Dalam muatan listrik terdapat kapasitas penyimpanan kemampuan kapasitor yang dinamakan Farad dengan simbol “F”. Simbol dari kapasitor sendiri adalah C (kapasitor).

Pada umumnya, kapasitor banyak dibuat dari dua buah lempengan logam yang saling sejajar antara satu dengan lainnya. Dan diantara kedua lempengan tadi terdapat bahan isolator yang biasa kita sebut dengan dielektrik. Yang di maksud Dielektrik adalah bahan yang dapat mempengaruhi nilai dari kapasitansi kapasitor. Bahan dielektrik yang banyak digunakan adalah kermaik, kertas, udara, metal film, gelas, vakum dan masih terdapat lagi bahan lainnya.

#### 2.4.2 Jenis-jenis Kapasitor

Kapasitor di bedakan atas 2 jenis, yaitu kapasitor polar dan kapasitor non polar. Berdasarkan bahan Isolator dan nilainya, Kapasitor dapat dibagi menjadi 2 Jenis yaitu Kapasitor Nilai Tetap dan Kapasitor Variabel. Berikut ini adalah penjelasan singkatnya untuk masing-masing jenis Kapasitor:

##### A. Kapasitor Nilai Tetap (*Fixed Capacitor*)

Kapasitor Nilai Tetap atau *Fixed Capacitor* adalah Kapasitor yang nilainya konstan atau tidak berubah-ubah. Berikut ini adalah Jenis-jenis Kapasitor yang nilainya Tetap:

##### 1) Kapasitor Keramik (*Ceramic Capacitor*)



Gambar 3. Kapasitor Keramik

Kapasitor Keramik adalah Kapasitor yang Isolatornya terbuat dari Keramik dan berbentuk bulat tipis ataupun persegi

empat. Kapasitor Keramik tidak memiliki arah atau polaritas, jadi dapat dipasang bolak-balik dalam rangkaian Elektronika. Pada umumnya, Nilai Kapasitor Keramik berkisar antara 1pf sampai  $0.01\mu\text{F}$ .

## 2) Kapasitor Polyester (*Polyester Capacitor*)



Gambar 4. *Kapasitor Polyester*

*Kapasitor Polyester* adalah kapasitor yang isolatornya terbuat dari *Polyester* dengan bentuk persegi empat. *Kapasitor Polyester* dapat dipasang terbalik dalam rangkaian Elektronika (tidak memiliki polaritas arah)

## 3) Kapasitor Kertas (*Paper Capacitor*)

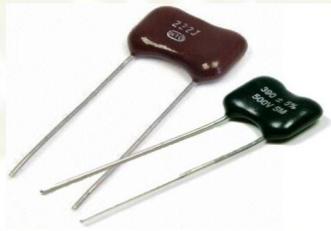


Gambar 5. Kapasitor Kertas

Kapasitor Kertas adalah kapasitor yang isolatornya terbuat dari Kertas dan pada umumnya nilai kapasitor kertas berkisar diantara 300pf sampai  $4\mu\text{F}$ . Kapasitor Kertas tidak memiliki

polaritas arah atau dapat dipasang bolak balik dalam Rangkaian Elektronika.

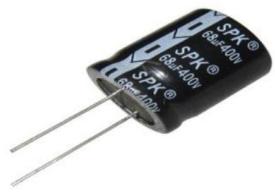
#### 4) Kapasitor Mika (*Mica Capacitor*)



Gambar 6. Kapasitor Mika

Kapasitor Mika adalah kapasitor yang bahan Isolatornya terbuat dari bahan Mika. Nilai Kapasitor Mika pada umumnya berkisar antara 50pF sampai 0.02 $\mu$ F. Kapasitor Mika juga dapat dipasang bolak balik karena tidak memiliki polaritas arah.

#### 5) Kapasitor Elektrolit (*Electrolyte Capacitor*)



Gambar 7. Kapasitor Elektrolit

Kapasitor Elektrolit adalah kapasitor yang bahan Isolatornya terbuat dari Elektrolit (*Electrolyte*) dan berbentuk Tabung / Silinder. Kapasitor Elektrolit atau disingkat dengan ELCO ini sering dipakai pada Rangkaian Elektronika yang

memerlukan Kapasitansi (*Capacitance*) yang tinggi. Kapasitor Elektrolit yang memiliki Polaritas arah Positif (+) dan Negatif (-) ini menggunakan bahan Aluminium sebagai pembungkus dan sekaligus sebagai terminal Negatif-nya.

Pada umumnya nilai Kapasitor Elektrolit berkisar dari  $0.47\mu\text{F}$  hingga ribuan microfarad ( $\mu\text{F}$ ). Biasanya di badan Kapasitor Elektrolit (ELCO) akan tertera Nilai Kapasitansi, Tegangan (Voltage), dan Terminal Negatif-nya. Hal yang perlu diperhatikan, Kapasitor Elektrolit dapat meledak jika polaritas (arah) pemasangannya terbalik dan melampui batas kemampuan tegangannya.

#### 6) Kapasitor Tantalum



Gambar 8. Kapasitor Tantalum

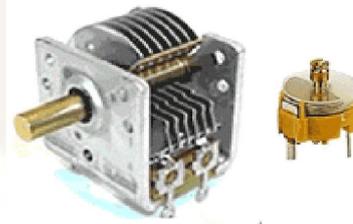
Kapasitor Tantalum juga memiliki Polaritas arah Positif (+) dan Negatif (-) seperti halnya Kapasitor Elektrolit dan bahan Isolatornya juga berasal dari Elektrolit. Disebut dengan Kapasitor Tantalum karena Kapasitor jenis ini memakai bahan Logam Tantalum sebagai Terminal Anodanya (+). Kapasitor Tantalum dapat beroperasi pada suhu yang lebih tinggi dibanding dengan

tipe Kapasitor Elektrolit lainnya dan juga memiliki kapasitansi yang besar tetapi dapat dikemas dalam ukuran yang lebih kecil dan mungil. Oleh karena itu, Kapasitor Tantalum merupakan jenis Kapasitor yang berharga mahal. Pada umumnya dipakai pada peralatan Elektronika yang berukuran kecil seperti di Handphone dan Laptop.

## **B. Kapasitor Variabel (*Variable Capacitor*)**

Kapasitor Variabel adalah Kapasitor yang nilai Kapasitansinya dapat diatur atau berubah-ubah. Secara fisik, Kapasitor Variabel ini terdiri dari 2 jenis yaitu:

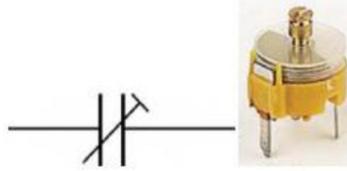
### **1) VARCO (*Variable Condensator*)**



Gambar 9. VARCO (*Variable Condensator*)

VARCO (*Variable Condensator*) yang terbuat dari Logam dengan ukuran yang lebih besar dan pada umumnya digunakan untuk memilih Gelombang Frekuensi pada rangkaian radio (digabungkan dengan Spul antena dan Spul Osilator). Nilai kapasitansi VARCO berkisar antara 100pF sampai 500pF.

## 2) Trimmer

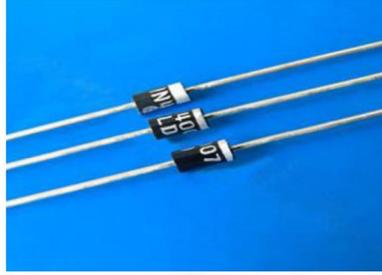


Gambar 10. Trimmer

Trimmer adalah jenis Kapasitor Variabel yang memiliki bentuk lebih kecil sehingga memerlukan alat seperti Obeng untuk dapat memutar Poros pengaturnya. Trimmer terdiri dari 2 pelat logam yang dipisahkan oleh selembur Mika dan juga terdapat sebuah Screw yang mengatur jarak kedua pelat logam tersebut sehingga nilai kapasitansinya menjadi berubah. Trimmer dalam Rangkaian Elektronika berfungsi untuk menepatkan pemilihan gelombang Frekuensi (*Fine Tune*). Nilai Kapasitansi Trimmer hanya maksimal sampai 100pF.

### 2.13 Dioda

Dioda adalah komponen aktif 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 merupakan salah satu bahan semikonduktor yang berfungsi untuk menyearahkan arus listrik atau mengaktifkan arus pada satu arah saja, yaitu dari anoda ke katoda [8].



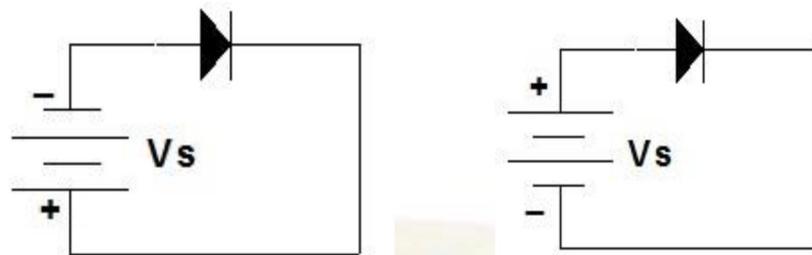
Gambar 11. Dioda

### 2.5.1 Macam-macam Dioda

- a. Dioda penyearah (rectifier)
- b. Dioda zener
- c. Dioda emisi cahaya (LED)
- d. Dioda cahaya
- e. Dioda varactor

### 2.5.2 Karakteristik Dioda

- a. Bila dioda diberi tegangan maju, maka dengan tegangan kecil saja (minimal 0,7 volt untuk dioda silikon dan 0,3 volt untuk dioda germanium) arus akan mengalir dari anoda ke katoda.
- b. 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 *break down*, yaitu dimana dioda tidak dapat lagi menahan aliran elektron yang terbentuk di lapisan deplesi. Untuk gambar
- c. pembiasan dioda dapat dilihat pada gambar berikut.

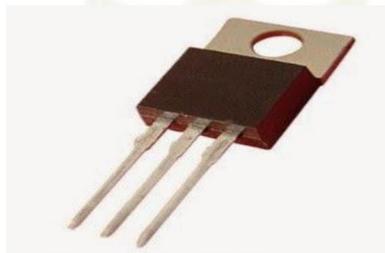


A) Bias maju

B) Bias balik

Gambar 12. Pembiasan Pada Dioda

## 2.6 Transistor



Gambar 13. Transistor

Transistor adalah alat semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (switching), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau sebagai fungsi dimana berdasarkan arus input (BJT) atau tegangan input (FET), memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya.

Pada umumnya transistor memiliki tiga terminal, antara lain: dimana transistor ini mempunyai tiga elektroda, yaitu Emitter (E), Collector (C) dan Base (B) [9].

### **2.6.1 Fungsi Transistor**

Adapun fungsi transistor antara lain:

1. sebagai penguat arus, tegangan, dan daya (AC dan DC).
2. Sebagai penyearah.
3. Sebagai mixer.
4. Sebagai switch.
5. Dll.

### **2.6.2 Jenis-jenis Transistor**

Sama halnya dengan komponen elektronika yang lain, transistor juga memiliki jenis yang berbeda-beda. Menurut Fathi (2011) “Jenis-Jenis Transistor yang paling umum di bedakan menjadi dua jenis, yaitu Transistor Bipolar dan Transistor Efek Medan”. Jenis transistor tersebut sangat mempengaruhi rangkaian yang terdapat transistor tersebut, beberapa rangkaian yang sangat dipengaruhi oleh jenis transistor yang digunakan atau dipasang adalah rangkaian amplifier, rangkaian audio, rangkaian saklar , rangkaian tegangan tinggi dan lain-lain.

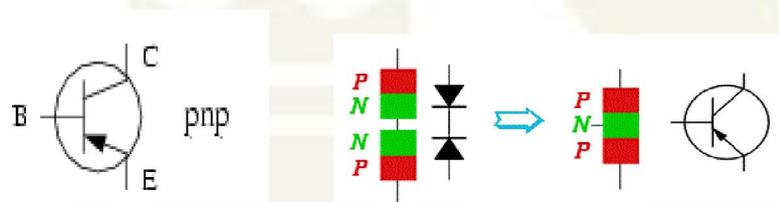
#### **1) Transistor Bipolar (Transistor Dwi kutub)**

Transistor jenis ini banyak sekali digunakan pada peralatan-peralatan elektronik di sekitar. Transistor ini memiliki 3 kaki yang berbeda-beda kaki pertama diberi nama Basis atau biasanya dengan kode (B), kaki Emitor atau (E), dan kaki Kolektor (K).

Transistor bipolar ini terdiri dari dua jenis apabila di tinjau dari jenis susunan lapisan yang ada di dalam transistor tersebut.

## 2) Transistor Jenis PNP

Transistor jenis ini terdiri dari dua lapis bahan semi konduktor jenis P dan satu lapis bahan konduktor jenis N. Menurut Wikipedia Inonesia (2013) “ Arus kecil yang meninggalkan basis pada moda tunggal emitor dikuatkan pada keluaran kolektor”. Dengan kata lain transistor jenis PNP akan hidup atau bekerja saat Basis lebih rendah dari pada Emitor. Lambang transistor ini memiliki tanda panah yang menunjuk ke dalam pada kaki Emitor (E).



Gambar 14. Transistor PNP

## 3) Transistor Jenis NPN

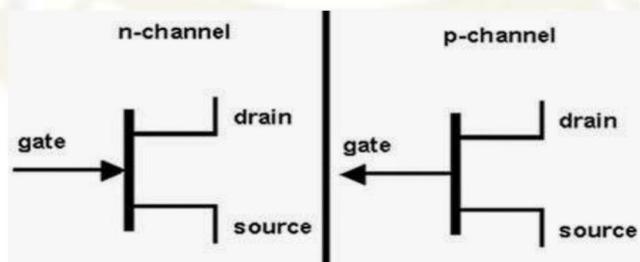
Transistor NPN terdiri dari dua lapis bahan semi konduktor jenis N, dan satu lapis bahan semi konduktor jenis P. Transistor jenis ini banyak digunakan karena pergerakan elektron pada bahan semi konduktor lebih tinggi sehingga memungkinkan operasi arus besar dan kecepatan tinggi. Cara kerja transistor ini berlawanan dengan transistor jenis PNP, atau dengan kata lain transistor jenis NPN akan bekerja saat Basis lebih tinggi daripada Emitor. Lambang transistor ini memiliki tanda panah yang menunjuk ke luar pada kaki Emitor.



Gambar 15. Transistor NPN

#### 4) Transistor Efek Medan (Transistor FET)

Transistor jenis ini bekerja dengan prinsip mengalirkan aliran elektron dari tegangan. Menurut komponen elektronika.org (2012) “FET beroperasi dengan efek medan listrik pada aliran elektron melalui satu jenis bahan semikonduktor”. Sama dengan transistor bipolar, transistor efek medan ini memiliki 3 kaki yang diberi nama Drain (D), Source (S) dan Gate (G). Sistem kerja dari transistor ini adalah dengan cara mengendalikan arus aliran elektron dari terminal Source ke Drain melalui saluran dengan menggunakan tegangan yang diberikan oleh terminal Gate. Saluran tersebut terbuat dari bahan semikonduktor jenis N dan P.



Gambar 16. Transistor Efek Medan (FET)

### 2.6.3 Cara Kerja Transistor

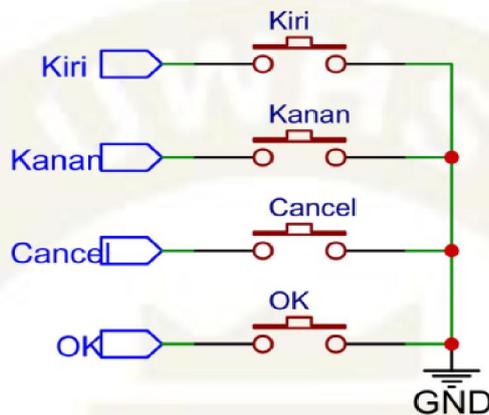
Pada dasarnya BJT dan FET masing – masing bekerja secara berbeda. BJT (dinamakan transistor bipolar) karena kanal konduksi utamanya menggunakan dua polaritas pembawa muatan:electron dan lubang, untuk membawa arus listrik. Dalam BJT arus listrik utama harus melewati satu daerah atau lapisan pembatas dinamakan depletion zone, dan ketebalan lapisan ini dapat diatur dengan kecepatan tinggi dengan tujuan untuk mengatur aliran arus utama tersebut.

FET ( juga dinamakan unipolar) karena hanya menggunakan satu jenis pembawa muatan (electron atau hole tergantung pada tipe FET). Dalam FET arus listrik utama mengalir dalam satu kanal konduksi sempit dengan depletion zone dikedua sisinya (dibandingkan dengan transistor bipolar dimana daerah basis memotong arah arus listrik utama). Dan ketebalan dari daerah pembatas ini dapat dirubah dengan perubahan tegangan yang diberikan, untuk mengubah ketebalan kanal konduksi tersebut.

### 2.7 Push Button

Fungsi utama *push button* pada rangkaian ini yaitu sebagai *inputan high* ke mikrokontroller.ketika *push button Tambah* ditekan maka akan memberikan instruksi ke mikrokontroller agar menaikkan angka pada timer yang telah di tetapkan, ketika *push button Kurang* di tekan maka akan memberikan instruksi ke mikrokontroller agar menurunkan angka pada timer yang telah ditetapkan. Ketika *push button OK* ditekan maka akan memberikan intruksi ke

mikrokontroller agar memulai pembersihan kemudian dilanjutkan dengan pembuangan. Ketika *push button CANCEL* ditekan maka akan memberikan instruksi ke mikrokontroller agar pembersihan dan pembuangan berhenti bekerja.



Gambar 17. Bentuk Rangkaian Push Button

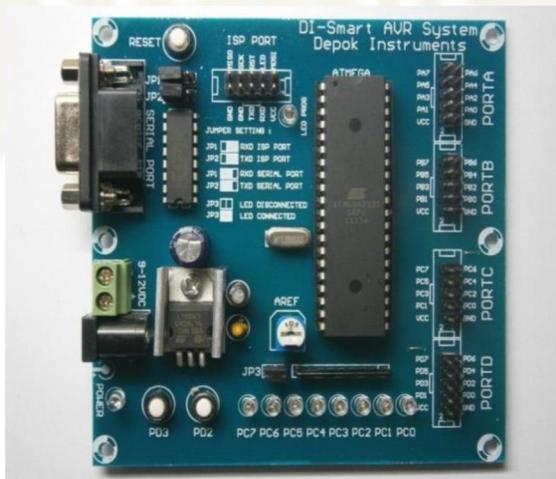
## 2.8 Buzzer

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 kedalam 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*).



Gambar 18. Buzzer

## 2.9 ATmega 328

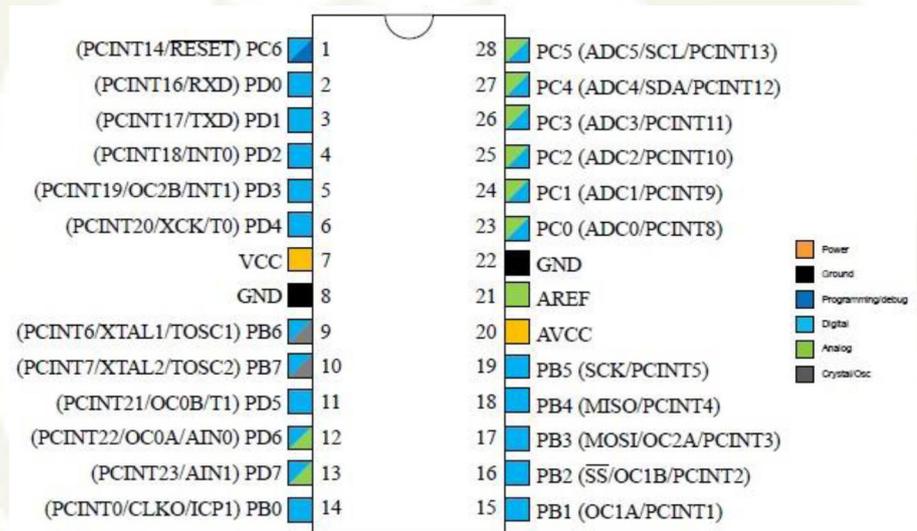


Gambar 19. Mikrokontroler ATmega 328

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC, sehingga sering disebut single chip microcomputer. Lebih lanjut, mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik, berbeda dengan PC (*Personal Computer*) yang memiliki beragam fungsi. Perbedaan lainnya adalah perbandingan RAM dan ROM yang sangat berbeda antara komputer dengan mikrokontroler.

ATMega328 merupakan mikrokontroler keluarga AVR 8 bit. Beberapa tipe mikrokontroler yang sama dengan ATMega8 ini antara lain ATMega8535, ATMega16, ATMega32, ATMega328, yang membedakan

antara mikrokontroler antara lain adalah, ukuran memori, banyaknya GPIO (pin *input/output*), peripheral (USART, *timer*, *counter*, dll). Dari segi ukuran fisik, ATmega328 memiliki ukuran fisik lebih kecil dibandingkan dengan beberapa mikrokontroler diatas. Namun untuk segi memori dan periperial lainnya ATmega328 tidak kalah dengan yang lainnya karena ukuran memori dan periperialnya relatif sama dengan ATmega8535, ATmega32, hanya saja jumlah GPIO lebih sedikit dibandingkan mikrokontroler diatas.



Gambar 20. Konfigurasi ATmega 328

ATmega328 memiliki 3 buah PORT utama yaitu PORTB, PORTC, dan PORTD dengan total pin *input/output* sebanyak 23 pin. PORT tersebut dapat difungsikan sebagai input/output digital atau difungsikan sebagai periperial lainnya.

### 1. Port B

Port B merupakan jalur data 8 bit yang dapat difungsikan sebagai input/output. Selain itu PORTB juga dapat memiliki fungsi alternatif seperti di bawah ini.

- a. ICP1 (PB0), berfungsi sebagai *Timer Counter 1 input capture* pin.
- b. OC1A (PB1), OC1B (PB2) dan OC2 (PB3) dapat difungsikan sebagai keluaran PWM (*Pulse Width Modulation*).
- c. MOSI (PB3), MISO (PB4), SCK (PB5), SS (PB2) merupakan jalur komunikasi SPI. Selain itu pin ini juga berfungsi sebagai jalur pemrograman serial (ISP).
- d. TOSC1 (PB6) dan TOSC2 (PB7) dapat difungsikan sebagai sumber *clock external untuk timer*.
- e. XTAL1 (PB6) dan XTAL2 (PB7) merupakan sumber clock utama mikrokontroler.

## 2. Port C

Port C merupakan jalur data 7 bit yang dapat difungsikan sebagai input/output digital. Fungsi alternatif PORTC antara lain sebagai berikut.

- a. ADC6 channel (PC0,PC1,PC2,PC3,PC4,PC5) dengan resolusi sebesar 10 bit. ADC dapat kita gunakan untuk mengubah input yang berupa tegangan analog menjadi data digital
- b. I2C (SDA dan SDL) merupakan salah satu fitur yang terdapat pada PORTC. I2C digunakan untuk komunikasi dengan sensor

atau *device* lain yang memiliki komunikasi data tipe I2C seperti sensor kompas, accelerometer nunchuck.

### 3. Port D

Port D merupakan jalur data 8 bit yang masing-masing pin-nya juga dapat difungsikan sebagai input/output. Sama seperti Port B dan Port C, Port D juga memiliki fungsi alternatif dibawah ini.

- a. USART (TXD dan RXD) merupakan jalur data komunikasi serial dengan level sinyal TTL. Pin TXD berfungsi untuk mengirimkan data serial, sedangkan RXD kebalikannya yaitu sebagai pin yang berfungsi untuk menerima data serial.
- b. Interrupt (INT0 dan INT1) merupakan pin dengan fungsi khusus sebagai *interupsi hardware*. Interupsi biasanya digunakan sebagai selaan dari program, misalkan pada saat program berjalan kemudian terjadi *interupsi hardware/software* maka program utama akan berhenti dan akan menjalankan program interupsi.
- c. XCK dapat difungsikan sebagai sumber *clock external* untuk USART, namun kita juga dapat memanfaatkan clock dari CPU, sehingga tidak perlu membutuhkan *external clock*.
- d. T0 dan T1 berfungsi sebagai masukan counter external untuk timer 1 dan timer 0.
- e. AIN0 dan AIN1 keduanya merupakan masukan input untuk *analog comparator*.

Table 3. Spesifikasi ATmega 328

Parameter	Nilai
Jenis CPU	8-bit AVR
Prestasi	20 <u>MIPS</u> pada 20 MHz
<u>flash memory</u>	32 kB
<u>SRAM</u>	2 kB
<u>EEPROM</u>	1 kB
Jumlah pin	28-pin <u>PDIP</u> , <u>MLF</u> , 32-pin <u>TQFP</u> , MLF
frekuensi operasi maksimum	20 MHz
Jumlah saluran sentuhan	16
<i>Hardware QTouch</i> Akuisisi	Tidak
I / pin O maksimum	26
interupsi eksternal	24
<u>USB</u> Antarmuka	Tidak
USB Kecepatan	Tidak

### 2.10 Optocoupler

*Optocoupler* merupakan piranti elektronika yang berfungsi sebagai pemisah antara rangkaian *power* dengan rangkaian *control*. *Optocoupler* merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai

pemicu *on/off*-nya. *Opto* berarti *optic* dan *coupler* berarti pemicu. Sehingga bisa diartikan bahwa *optocoupler* merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan picu cahaya *optic opto-coupler* termasuk dalam sensor, dimana terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*.

Pada transmitter dibangun dari sebuah *LED* infra merah. Jika dibandingkan dengan menggunakan *LED* biasa, *LED* infra merah memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap sinyal tampak. Cahaya yang dipancarkan oleh *LED* infra merah tidak terlihat oleh mata telanjang.

Pada bagian *receiver* dibangun dengan dasar komponen phototransistor. Phototransistor merupakan suatu transistor yang peka terhadap tenaga cahaya. Suatu sumber cahaya menghasilkan energi panas, begitu pula dengan spektrum infra merah. Karena spektrum infra mempunyai efek panas yang lebih besar dari cahaya tampak, maka phototransistor lebih peka untuk menangkap radiasi dari sinar infra merah.

*Optocoupler* dibentuk dari penggabungan sebuah sumber cahaya dengan fototransistor. Dioda cahaya sebagai sumber cahaya dipasang langsung dengan sumber tegangan. Keluaran dari sumber cahaya akan berbanding lurus dengan tegangan masukan pada dioda cahaya. *Optocoupler* atau optoisolator merupakan paket elektronik murni, jalur cahaya didalamnya yakni infra merah tertutup dalam sebuah paket. Ini menyebabkan transfer energi listrik dalam satu arah, dari infra merah ke fotodetektor, sambil mempertahankan isolasi listrik. Fungsi *optocoupler* pada umumnya selain sebagai sensor (dengan

kemasan tertentu) digunakan pula pada rangkaian listrik sebagai isolasi dari rangkaian kendali dan rangkaian tegangan tinggi (daya).

*Optocoupler* atau optoisolator merupakan komponen elektronik yang banyak dipakai dewasa ini, terutama untuk mengatasi perpindahan informasi dari tegangan tinggi ke tegangan rendah, atau sebaliknya. Pada rangkaian optocoupler terjadi isolasi tegangan tinggi antara sinyal masukan dan keluaran. Adapun cara kerja *optocoupler* adalah sebagai berikut :

1. Optocoupler bekerja berdasarkan pancaran *LED* yang mengenai penerima peka cahaya, misalnya fotodiode dan fototransistor.
2. Sinyal diode diberikan ke pin 1–2 dan sinyal keluaran diperoleh dari pin 4–5. Disini terjadi isolasi listrik antara masukan dan keluaran, karena informasi disampaikan melalui cahaya.



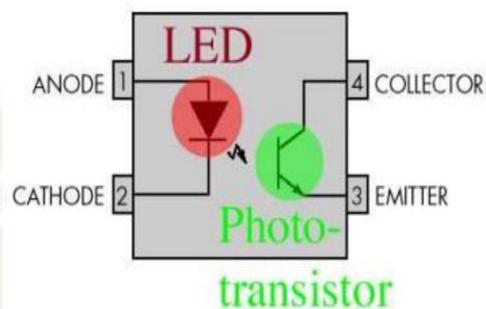
Gambar 21. *Optocoupler*

### 2.10.1 Prinsip Kerja dari *Optocoupler*

- a) Jika antara Phototransistor dan *LED* terhalang maka Phototransistor tersebut akan *off* sehingga output dari kolektor akan berlogika *high*.

b) Sebaliknya jika antara Phototransistor dan *LED* tidak terhalang maka Phototransistor dan *LED* tersebut akan on sehingga output-nya akan berlogika low. Sebagai piranti elektronika yang berfungsi sebagai pemisah antara rangkaian *power* dengan rangkaian *control*. Komponen ini merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu *on/off*-nya. Opto berarti optic dan coupler berarti pemicu. Sehingga bisa diartikan bahwa *optocoupler* merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan picu cahaya optic opto-coupler termasuk dalam sensor, dimana terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*.

Dasar rangkaian dapat ditunjukkan seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 22. Dasar Rangkaian *Optocoupler*

*Optocoupler* Sebagai pemancar atau transmitter dibangun dari sebuah *led* infra merah untuk mendapatkan ketahanan yang lebih baik

daripada menggunakan led biasa. Sensor ini bisa digunakan sebagai isolator dari rangkaian tegangan rendah kerangkaian tegangan tinggi. Selain itu juga bisa dipakai sebagai pendeteksi adanya penghalang antara *transmitter* dan *receiver* dengan memberi ruang uji dibagian tengah antara *led* dengan photo transistor. Penggunaan ini bisa diterapkan untuk mendeteksi putaran motor.

Jenis *optocoupler* yang sering ditemukan adalah *optocoupler* yang terbuat dari bahan semi konduktor dan terdiri dari kombinasi LED (*Light Emitting Diode*) dan *phototransistor*. Dalam kombinasi ini, LED berfungsi sebagai pengirim sinyal cahaya optic (*transmitter*), sedangkan *phototransistor* berfungsi sebagai penerima cahaya tersebut (*reseiver*). Jenis lain dari *optocoupler* diantaranya adalah kombinasi LED-Photodiode, LED-LASCR dan juga *lamp-photoresistor*.

## 2.11. Motor

Motor DC adalah jenis motor listrik yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Kumbaran medan pada Motor DC disebut dengan stator (bagian yang tidak berputar) dan kumbaran jangkar disebut rotor (bagian yang berputar).



Gambar 23. Motor DC

### 2.11.1. Komponen Utama Motor DC

Sebuah motor DC yang memiliki tiga komponen utama:

#### 1) Kutub medan magnet

Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan memiliki kumbaran motor DC untuk menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan.

#### 2) Kumbaran motor DC

Bila arus masuk menuju kumbaran motor DC, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. kumbaran motor DC yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil,

kumparan motor DC berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan kumparan motor DC.

### 3. Commutator Motor DC

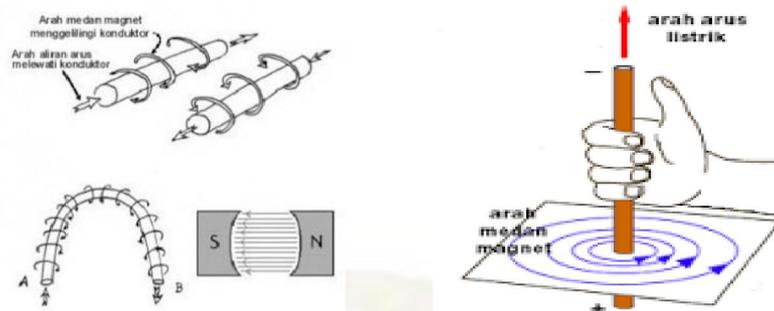
Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam kumparan motor DC. Commutator juga membantu dalam transmisi arus antara kumparan motor DC dan sumber daya.

#### **2.11.2 Prinsip Kerja Motor DC**

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan magnet untuk diubah menjadi energi mekanik. Bagian utama motor DC adalah stator dan rotor dimana kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.

#### **2.11.3. Prinsip Dasar Kerja Motor DC**

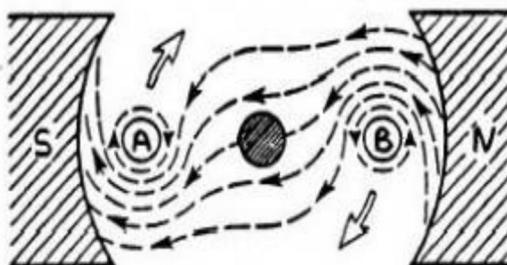
Jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor. Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 24. Medan Magnet yang Membawa Arus Mengelilingi Konduktor

Aturan Genggaman Tangan Kanan bisa dipakai untuk menentukan arah garis fluks di sekitar konduktor. Genggam konduktor dengan tangan kanan dengan jempol mengarah pada arah aliran arus, maka jari-jari akan menunjukkan arah garis fluks. Gambar diatas menunjukkan medan magnet yang terbentuk di sekitar konduktor berubah arah karena bentuk U. Medan magnet hanya terjadi di sekitar sebuah konduktor jika ada arus mengalir pada konduktor tersebut. Jika konduktor berbentuk U (angker dinamo) diletakkan di antara kutub utara dan selatan yang kuat medan magnet konduktor akan berinteraksi dengan medan magnet kutub.

Dan gambar dibawah merupakan reaksi fluks saat konduktor mendapat aliran arus listrik.



Gambar 25. Reaksifluks

Lingkaran bertanda A dan B merupakan ujung konduktor yang dilengkungkan (looped conductor). Arus mengalir masuk melalui ujung A dan keluar melalui ujung B. Medan konduktor A yang searah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di bawah konduktor. Konduktor akan berusaha bergerak ke atas untuk keluar dari medan kuat ini. Medan konduktor B yang berlawanan arah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di atas konduktor. Konduktor akan berusaha untuk bergerak turun agar keluar dari medan yang kuat tersebut. Gaya-gaya tersebut akan membuat angker dinamo berputar searah jarum jam. Dan kecepatan *Rpm* motor dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$n_s = \frac{120 \times F}{P} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :  $n_s$  = Kecepatan rotasi motor per menit (*Rpm*)

F = Frekuensi (Hz)

P = Jumlah kutub motor

## 2.12 *Liquid Crystal Display (LCD)*



Gambar 26. *Liquid Crystal Display (LCD)*

*LCD* adalah sebuah display suatu sistem dengan menggunakan mikrokontroler, *LCD* dapat berfungsi untuk menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler. M1632 merupakan modul *LCD* matrix dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan setiap karakternya dibentuk oleh baris pixel dan 5 kolom pixel (1 baris pixel terakhir adalah kursor).

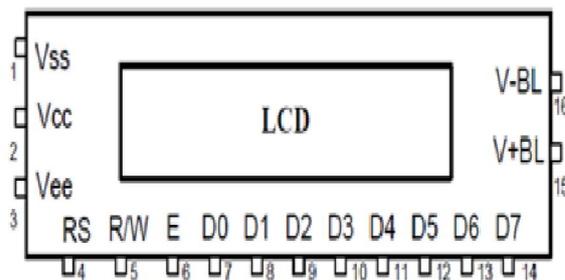
*LCD* ini hanya memerlukan daya yang sangat kecil, tegangan yang dibutuhkan juga sangat rendah yaitu +5 VDC. Panel TN *LCD* untuk pengaturan kekontrasan cahaya pada display dan *CMOSLCD drive* sudah terdapat di dalamnya. Semua fungsi display dapat dikontrol dengan memberikan instruksi dan dapat dengan mudah dipisahkan oleh *MPU*. Ini membuat *LCD* berguna untuk *range* yang luas dari terminal *display* unit untuk mikrokomputer dan display unit *measuring gages*.

### 2.12.1 Perangkat Penampil LCD

Perangkat penampil yang digunakan adalah modul *LCD* 16x2 (16 kolom, 2 baris) dengan konsumsi daya rendah. Modul *LCD* yang digunakan memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Terdapat 16x2 karakter huruf yang bisa ditampilkan.
2. Setiap huruf terdiri dari 5x7 dot-matrix cursor.
3. Terdapat 192 macam karakter.
4. Terdapat 80x8 bit display RAM (maksimal 80 karakter).
5. Memiliki kemampuan penulisan dengan 8 bit maupun dengan 4 bit.
6. Dibangun dengan osilator lokal.
7. Catu sumber tegangan 5 volt.
8. Otomatis *reset* saat tegangan dihidupkan.
9. Bekerja pada suhu 0 C sampai 55 C.

Konfigurasi pin dari LCD ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 27. Konfigurasi Pin LCD

### 2.12.2 DDRAM-Display Data RAM

Display Data RAM (*DDRAM*) menyimpan data *LCD* yang direpresentasikan dalam 8-bit kode karakter, kapasitasnya adalah 80 x 8 bit, atau 80 karakter. *DDRAM* merupakan tempat untuk menyimpan data yang akan ditampilkan pada *LCD*.

### 2.12.3 CGROM-Character Generator ROM

Ketika suatu nilai ASCII dikirimkan suatu ke *DDRAM* karakter tersebut bisa ditampilkan pada *LCD CGROM*. (*Character generator ROM*) ini menyimpan 5 x 8 dot atau 5 x 10 dot pola karakter dari kode karakter 8-bit.

Tabel 4. Deskripsi pin LCD

NO	Nama Pin	Deskripsi
1.	GDN	0V
2.	VCC	+5V
3.	VEE	Kotras <i>LCD</i>
4.	RS	<i>Register Select</i>
5.	R/W	1= <i>Read</i> ; 0= <i>Write</i>
6.	EN	<i>Enable LCD, 1=Write</i>
7.	D0	Data Bus 0
8.	D1	Data Bus 1
9.	D2	Data Bus 2
10.	D3	Data Bus 3
11.	D4	Data Bus 4
12.	D5	Data Bus 5

13.	D6	Data Bus 6
14.	D7	Data Bus 7
15.	Anoda	Anoda <i>Backlight LED</i>
16.	Katoda	Katoda <i>Backlight LED</i>

### 2.13 Transformator (Trafo)

Trafo adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan listrik. Dengan demikian fungsi transformator ini sangat diperlukan sekali dalam sebuah system /rangkaian elektronika. Di sini transformator berperan dalam menyalurkan tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan yang rendah atau sebaliknya, namun dengan frekuensi yang sama. Oleh karena itu pula transformator merupakan piranti listrik yang termasuk ke dalam golongan mesin listrik statis [11].

Pada pengertian transformator ini, biasanya alat ini terdiri dari 2 kabel yang melilit di sekeliling inti yang sama untuk menciptakan efek arus listrik yang sangat kuat dari ke 2 kabel tersebut. Inti tersebut biasanya di lapiasi dengan besi. Gulungan yang menerima aliran arus listrik merujuk pada untaian primer, sedangkan gulungan hasil disebut dengan untaian kedua. Sebuah arus listrik di salurkan melalui untaian primer transformer yang menghasilkan medan elektromagnetik di sekelilingnya dan bermacam perubahan magnetik pada inti dari transformer tersebut. Dengan induksi elektromagnetik, perubahan magnetik tersebut menghasilkan bermacam daya elektromotif pada untaian kedua, menghasilkan arus listrik sepanjang sambungan hasil. Jika ada banyak impedansi yang tersambung sepanjang

untaian kedua, aliran yang melewati untaian tersebut menyerap tenaga dari untaian primer dan sumber tenaganya.

Sedikit penjelasan tentang cara pengaplikasiannya pada pengertian transformator kali ini, fungsi transformer berdasarkan 2 prinsip hukum induksi elektromagnetik, yaitu sebuah arus elektrik yang melewati konduktor, seperti kabel, dapat menghasilkan sebuah medan elektrik yang mengelilingi kabel tersebut, dan sebuah perubahan medan magnetik di sekitar kabel dapat memberikan tegangan sepanjang ujung dari kabel tersebut.

### 2.13.1 Bentuk dan Simbol Transformator (Trafo)



Gambar 28. Bentuk dan Simbol Transformator

### 2.13.2 Prinsip Kerja Transformator (Trafo)

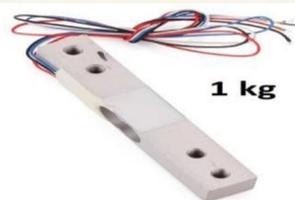
Sebuah Transformator yang sederhana pada dasarnya terdiri dari 2 lilitan atau kumparan kawat yang terisolasi yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Pada kebanyakan Transformator, kumparan kawat terisolasi ini dililitkan pada sebuah besi yang dinamakan dengan Inti besi (Core). Ketika kumparan primer dialiri arus AC (bolak-balik) maka akan menimbulkan medan magnet atau fluks magnetik disekitarnya. Kekuatan Medan magnet (densitas Fluks Magnet) tersebut dipengaruhi oleh besarnya arus listrik yang dialirinya. Semakin besar arus listriknya semakin besar pula medan magnetnya. Fluktuasi medan magnet yang

terjadi di sekitar kumparan pertama (primer) akan menginduksi GGL (Gaya Gerak Listrik) dalam kumparan kedua (sekunder) dan akan terjadi pelimpahan daya dari kumparan primer ke kumparan sekunder. Dengan demikian, terjadilah pengubahan taraf tegangan listrik baik dari tegangan rendah menjadi tegangan yang lebih tinggi maupun dari tegangan tinggi menjadi tegangan yang rendah.

Sedangkan Inti besi pada Transformator atau Trafo pada umumnya adalah kumpulan lempengan-lempengan besi tipis yang terisolasi dan ditempel berlapis-lapis dengan kegunaanya untuk mempermudah jalannya Fluks Magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik kumparan serta untuk mengurangi suhu panas yang ditimbulkan.

#### 2.14 Sensor Berat (*Load Cell*)

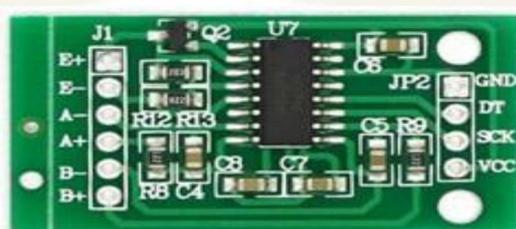
Load cell merupakan sensor timbangan digital yang bekerja secara mekanis yang terdiri dari konduktor, strain gauge, dan wheatstone bridge. Load cell menggunakan prinsip kerja yang memanfaatkan strain gauge sebagai pengindra atau (sensor). Strain gauge-nya adalah transduser pasif yang merubah suatu pergeseran mekanis menjadi perubahan tekanan. Perubahan ini kemudian di ukur dengan jembatan *Wheatstone* dimana tegangan keluarannya dijadikan referensi beban yang diterima Load cell.



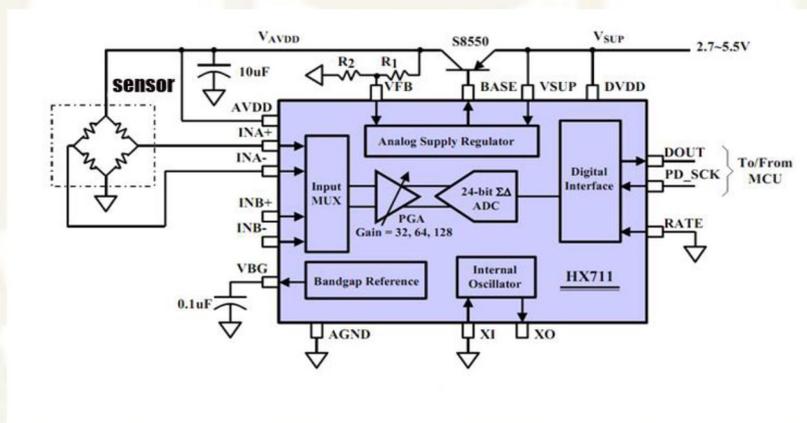
Gambar 29. Sensor Berat (*Load Cell*)

## 2.15 Modul Hx711

Hx711 merupakan modul timbangan yang memiliki prinsip kerja mengkonversi perubahan resistansi yang terbaca dalam perubahan dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. Modul ini memiliki struktur yang sederhana, mudah digunakan, hasilnya stabil dan reliabel, memiliki sensitivitas tinggi, dan mampu mengukur perubahan dengan cepat.



Gambar 30. Modul Hx711



Gambar 31. Rangkaian Sensor Loadcell Hx711

## 2.16 Saklar

Saklar (switch) adalah sebuah perangkat elektronik yang digunakan untuk memutuskan jaringan listrik atau untuk menghubungkannya. Jadi saklar pada dasarnya adalah alat penyambung atau pemutus aliran listrik. Selain untuk

jaringan listrik arus kuat, saklar berbentuk kecil juga dipakai untuk alat komponen elektronika arus lemah.

Secara sederhana, saklar terdiri dari dua bilah logam yang menempel pada suatu rangkaian, dan bisa terhubung atau terpisah sesuai dengan keadaan sambung (on) atau putus (off) dalam rangkaian itu. Material kontak sambungan umumnya dipilih agar supaya tahan terhadap korosi.



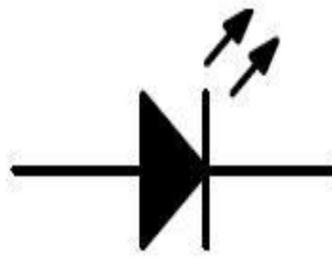
Gambar 32. Bentuk Fisik Saklar

Kalau logam yang dipakai terbuat dari bahan oksida biasa, maka saklar akan sering tidak bekerja. Untuk mengurangi efek korosi ini, paling tidak logam kontaknya harus disepuh dengan logam anti korosi dan anti karat.

### 2.17 *Light Emitting Diode (LED)*

LED adalah sejenis diode semikonduktor yang jika diberi tegangan, akan memancarkan cahaya non-koheren dengan panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang ini akan ditangkap oleh mata manusia sebagai warna.

LED bekerja dengan prinsip elektroluminasi, di mana dia akan memancarkan cahaya saat diberikan arus listrik. Material yang digunakan untuk membuat LED secara umum adakah material semikonduktor seperti silikon (Si), gallium (Ga), indium (In), atau aluminium (Al).



Gambar 33. Simbol LED

### 2.18 Sekering (*Fuse*)

*Fuse* atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Sekering adalah komponen yang berfungsi sebagai pengaman dalam Rangkaian Elektronika maupun perangkat listrik. 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 putusya 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, sekering juga sering disebut sebagai pengaman listrik.

Sekering terdiri dari 2 terminal dan biasanya dipasang secara seri dengan rangkaian elektronika/listrik yang akan dilindunginya sehingga apabila sekering tersebut terputus maka akan terjadi *Open Circuit* (rangkaiannya terbuka) yang memutuskan hubungan aliran listrik agar arus listrik tidak dapat mengalir masuk ke dalam Rangkaian yang dilindunginya<sup>[12]</sup>.



Gambar 34. Sekering (Fuse)

## 2.19 MOSFET

MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) adalah suatu transistor dari bahan semikonduktor (silikon) dengan tingkat konsentrasi ketidakmurnian tertentu. Tingkat dari ketidakmurnian ini akan menentukan jenis transistor tersebut, yaitu transistor MOSFET tipe-N (NMOS) dan transistor MOSFET tipe-P (PMOS).

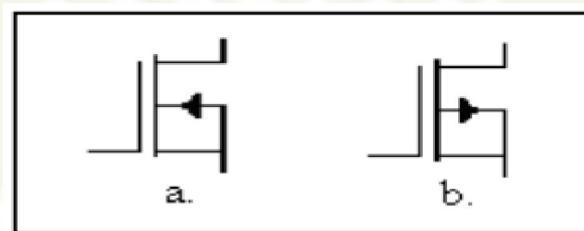
Bahan silicon digunakan sebagai landasan (substrat) dari penguras (drain), sumber (source), dan gerbang (gate). Selanjutnya transistor dibuat sedemikian rupa agar antara substrat dan gerbangnya dibatasi oleh oksida silikon yang sangat tipis. Oksida ini diendapkan di atas sisi kiri dari kanal, sehingga transistor MOSFET akan mempunyai kelebihan dibanding dengan transistor BJT (Bipolar Junction Transistor), yaitu menghasilkan disipasi daya yang rendah.

Bila dilihat dari cara kerjanya, transistor MOS dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

### a) Transistor Mode Pengosongan (Transistor Mode Depletion)

Pada transistor mode depletion, antara drain dan source terdapat saluran yang menghubungkan dua terminal tersebut, dimana saluran tersebut

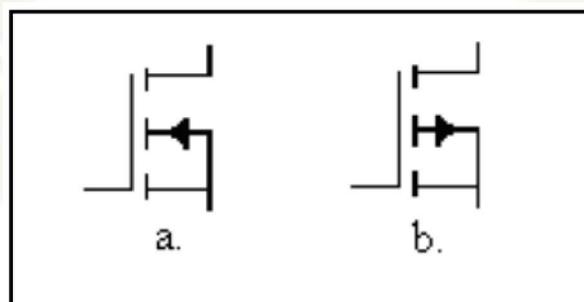
mempunyai fungsi sebagai saluran tempat mengalirnya elektron bebas. Lebar dari saluran itu sendiri dapat dikendalikan oleh tegangan gerbang. Transistor MOSFET mode pengosongan terdiri dari tipe-N dan tipe-P, simbol transistor ditunjukkan dalam Gambar dibawah.



Gambar 35. Transistor Mode Pengosongan

**b) Transistor Mode Peningkatan (Transistor Mode Enhancement)**

Transistor mode enhancement ini pada fisiknya tidak memiliki saluran antara drain dan sourcena karena lapisan bulk meluas dengan lapisan SiO<sub>2</sub> pada terminal gate. Transistor MOSFET mode peningkatan terdiri dari tipe-N dan tipe-P, simbol transistor ditunjukkan dalam Gambar dibawah.



Gambar 36. Transistor Mode Peningkatan

## 2.20 Photodioda

Photodioda adalah suatu jenis dioda yang resistansinya berubah-ubah kalau cahaya yang jatuh pada dioda berubahubah intensitasnya. Dalam gelap nilai tahanannya sangat besar hingga praktis tidak ada arus yang mengalir. Semakin kuat cahaya yang jatuh pada dioda maka makin kecil nilai tahanannya, sehingga arus yang mengalir semakin besar. Jika photodioda persambungan p-n bertegangan balik disinari, maka arus akan berubah secara linier dengan kenaikan fluks cahaya yang dikenakan pada persambungan tersebut. Photodioda terbuat dari bahan semikonduktor. Biasanya yang dipakai adalah silicon (Si) atau gallium arsenide (GaAs), dan lain-lain termasuk indium antimonide (InSb), indium arsenide (InAs), lead selenide (PbSe), dan timah sulfide (PBS). Bahan-bahan ini menyerap cahaya melalui karakteristik jangkauan panjang gelombang, misalnya: 250 nm ke 1100 untuk nm silicon, dan 800 nm ke 2,0  $\mu\text{m}$  untuk GaAs.

Dioda foto adalah jenis dioda yang berfungsi mendeteksi cahaya. Berbeda dengan diode biasa, komponen elektronika ini akan mengubah cahaya menjadi arus listrik. Cahaya yang dapat dideteksi oleh diode foto ini mulai dari cahaya infra merah, cahaya tampak, ultra ungu sampai dengan sinar-X. Aplikasi diode foto mulai dari penghitung kendaraan di jalan umum secara otomatis, pengukur cahaya pada kamera serta beberapa peralatan di bidang medis.



Gambar 37. Photodioda

### Tinjauan Modifikasi

Pada Karya Tulis Ilmiah sebelumnya yang telah dibuat oleh Dimas Nurcahyo (2013) dengan nama *Friabilator* berbasis mikrokontroler ATmega 8535. Beliau membuat *Friabilator* yang dilengkapi dengan timbangan eksternal yang ditempelkan dan disatukan pada body friabilator dan perhitungan rumus keregasan tablet obat secara manual. Selain itu juga dilengkapi dengan setingan waktu (*timer*) dan setingan kecepatan (*Rpm*). Alat ini akan penulis modifikasi dengan dilengkapi timbangan internal yang dikontrol langsung oleh mikrokontroller, serta sensor Optocoupler sebagai sensor kecepatan guna memastikan kesesuaian kecepatan (*Rpm*) motor yang telah di setting untuk memutar chamber. Setingan waktu (*timer*) dan setingan kecepatan (*Rpm*) serta nilai bobot tablet ini dapat di pantau dan dapat di tampilkan pada LCD. Hal ini berguna untuk mempermudah operator dalam hal pemantauan dalam pengujian tablet obat. Karena kecepatan (*Rpm*) dan waktu (*Timer*) sangat mempengaruhi hasil dari uji keregasan atau kerapuhan tablet obat tersebut.

## BAB III

### PERENCANAAN

#### 3.1 Tahapan Perencanaan

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

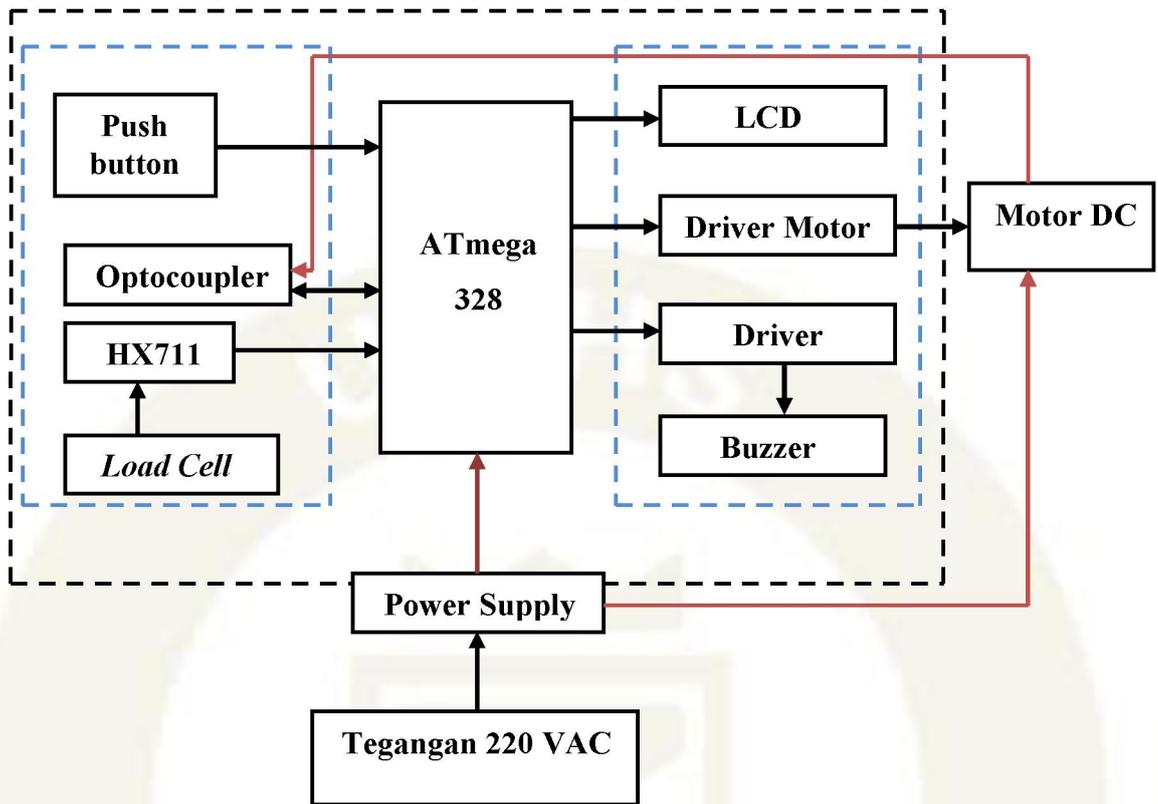
Tahapan-tahapan perencanaan dalam pembuatan modul adalah sebagai berikut:

1. Menentukan perancangan spesifikasi alat.
2. Merancang blok diagram dan fungsi dari masing-masing blok.
3. Merancang *wiring diagram* dari modul yang akan dibuat berdasarkan cara kerja yang diinginkan.
4. Membuat modul sesuai dengan *wiring diagram* yang telah dibuat.
5. Menentukan komponen-komponen yang diperlukan dalam pembuatan modul agar modul dapat bekerja dengan baik sesuai dengan harapan.
6. Membuat program sesuai dengan *flowchart* dan *men-download* program ke mikrokontroler.
7. Pembuatan *casing* sesuai dengan gambar yang telah dibuat.
8. Melakukan pengujian dan perbaikan pada modul yang telah dibuat.
9. Menyusun hasil dalam bentuk karya tulis ilmiah berdasarkan pada teori-teori yang relevan serta hasil pendataan modul.

### 3.2 Spesifikasi Alat

Nama Alat	: Modifikasi <i>friabilator</i> berbasis mikrokontroler ATmega 328
Catu Daya	: 220 VAC
<i>Sample</i>	: Obat
Ukuran <i>casing</i>	: 330.00 mm x 246.00 mm
Ukuran <i>chamber</i>	: 300.00 mm x 40.00 mm
<i>Display</i>	: LCD 16 x 2 karakter.
Tombol	: <i>keypad</i> .
Indikator	: <i>Led power, Buzzer</i> .

### 3.3 Perencanaan Blok Diagram



Gambar 38. Blok Diagram

Ket:  Arus 12 V  
 Arus 5 V (kecuali tanda panah dari 220 VAC)

Fungsi dari masing-masing blok:

1. Tegangan 220 VAC  
Sebagai sumber tegangan untuk *power supply*.
2. *Power Supply*  
Sebagai pemberi tegangan 12VDC ke seluruh rangkaian.
3. *Load cell*  
Sebagai sensor timbangan tablet obat
4. *Push Button*  
Sebagai tombol untuk mengoperasikan alat.

5. Atmega 328

Sebagai unit utama yang berisi *program* untuk menjalankan atau *mendriver* seluruh rangkaian

6. *Driver* motor

Sebagai pengendali penggerak mekanik motor.

7. Motor

Berfungsi untuk memutar *chamber*.

8. *Optocoupler*

Sebagai sensor kecepatan *RPM* motor.

9. *LCD*

Sebagai *display* pada *Friabilator*.

10. *Driver Buzzer*

Sebagai penggerak atau menghidupkan *buzzer*.

11. *Buzzer*

Sebagai indikator bunyi saat alat selesai beroperasi.

12. *Hx711*

Sebagai modul dari sensor *load cell*.

### **Cara kerja blok diagram:**

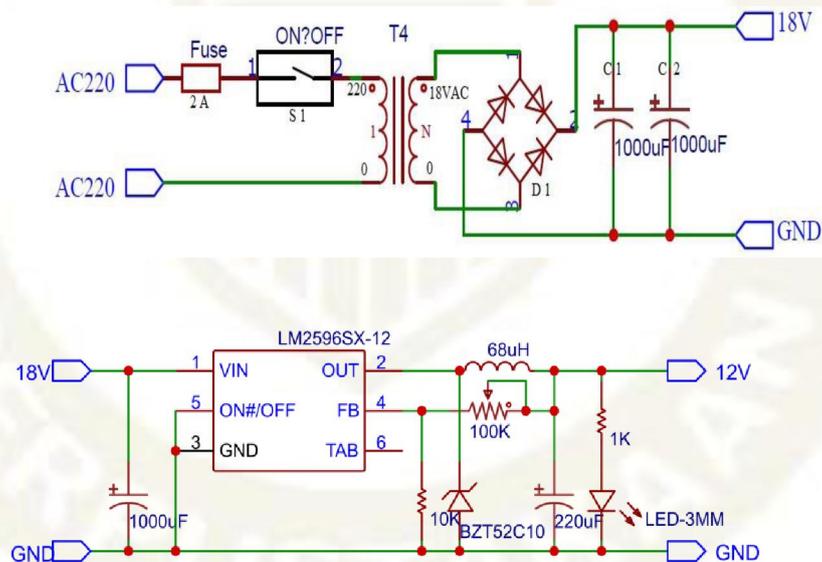
Tegangan 220 VAC digunakan sebagai tegangan inputan untuk power supply. Pada power supply, tegangan AC tersebut akan diubah menjadi tegangan DC dan disearahkan yang kemudian tegangan DC ini akan di gunakan untuk mensupply semua rangkaian. Pada Atmega 328 disini digunakan sebagai pengolah data untuk menjalankan program dan mendriver semua rangkaian. Sebelum Atmega 328 menjalankan friabilator, sensor load cell akan menimbang berat dari tablet obat sebelum tablet di friability yang nilai bobot atau massanya yang kemudian akan di simpan oleh Atmega 328 untuk dihitung nilai persentase keregasan sebuah tablet saat tablet selesai di friability. Setelah itu Atmega 328 mendapat inputan lagi dari beberapa inputan settingan dari push button. Diantaranya yaitu, SET waktu dan SET kecepatan. Inputan sinyal ini akan di outputkan ke rangkaian driver motor oleh Atmega328 guna menjalankan motor sesuai dengan settingan waktu dan kecepatan yang telah di setting pada keypad. Pada saat motor berputar akan di sensor kecepatannya oleh Optocoupler. Optocoupler akan mengirimkan kembali sinyal kecepatan ke Atmega 328. Kecepatan dan waktu ini akan di olah dan ditampilkan pada LCD. Pada saat motor berhenti sesuai dengan waktu yang telah di tentukan, atau proses dari alat ini telah selesai maka Buzzer akan berbunyi. Kemudian LCD akan menampilkan hasil keregasan tersebut.

### 3.4 Perencanaan *Wiring Diagram*

Dalam tahap perencanaan *wiring diagram* ini, penulis akan menggambar *wiring diagram* yang direncanakan dalam tahap pembuatan *friabilator*. Agar dalam tahap pembuatan *friabilator* ini dapat mempermudah penulis dalam merancang dan membuat alat sesuai dengan yang diinginkan. Perencanaan *wiring diagram* dari alat ini dibagi dalam tujuh bagian sebagai berikut:

#### 3.4.1 Perencanaan Rangkaian *Power Supply*

Rangkaian *power supply* digunakan untuk memberikan tegangan yang dibutuhkan oleh suatu rangkaian. Dalam modul ini dibutuhkan tegangan 12 V DC sebagai *supply* motor.



Gambar 39. *Wiring Diagram Power Supply*

Tegangan *supply* 220V AC masuk ke *fuse*, *fuse* bertujuan sebagai pengaman. Selanjutnya tegangan 220V AC masuk ke trafo *stepdown*, tegangan yang semula 220V di *stepdown* menjadi 18V AC dan disearahkan oleh penyearah gelombang penuh sehingga tegangan menjadi 18V DC. Tegangan DC *difilter* oleh kapasitor polar, kapasitor polar

menjadi penyempurna tegangan DC yang sudah disearahkan sehingga lebih bersih dari *noise*.

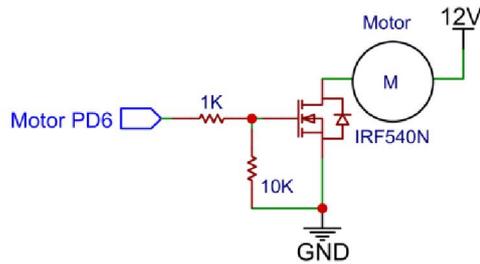
Tegangan 18V DC diturunkan lagi menjadi 12 V DC dengan menggunakan IC LM2596S sebagai inputan untuk motor *geared* yang digunakan sebagai *supply* untuk motor dan *mensupply* ke mikrokontroller.

Tabel 5. Komponen *Power Supply*

No	Nama Komponen	Type / Nilai	Jumlah
1	Fuse	2A	1
2	Transformator	2A	1
3	Dioda bridge	2W10	1
3	Kapasitor	1000 $\mu$ F	3
4	Kapasitor	220 $\mu$ F	1
5	IC Regulator	LM2596S	1
6	Resistor	1K	1
7	Resistor	10K	1
8	Resistor	100K	1
9	Dioda zener	BZT52C10	1
10	Led indikator	Warna putih	1

### 3.4.2 Perencanaan Rangkaian *Driver Motor*

Rangkaian motor berfungsi sebagai penggerak dari alat *Friabilator* ini. Saat rangkaian mendapat sinyal *high* dari mikrokontroler, maka motor akan berputar dengan kecepatan sesuai dengan frekuensi yang diberikan oleh mikrokontroller.



Gambar 40. Wiring Diagram Driver Motor

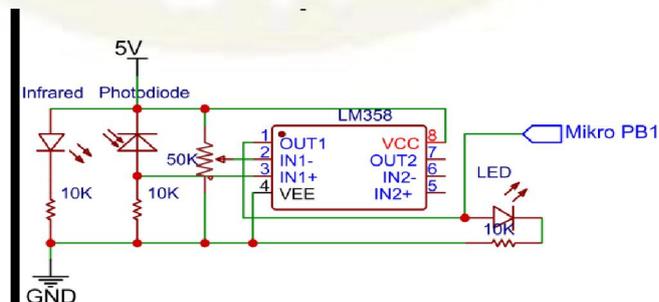
Daftar Komponen Rangkaian Driver Motor:

Tabel 6. Komponen Driver Motor

No	Nama Komponen	Type / Nilai	Jumlah
1	Motor	12 V	1
2	Resistor	1K $\Omega$	1
3	Resistor	10K $\Omega$	1
4	Transistor	IRF540N	1

### 3.4.3 Perencanaan Rangkaian Sensor Kecepatan

Pada rangkaian ini menggunakan sensor *photodiode*, prinsip kerja sensor *photodiode* yaitu saat listrik mengalir melalui *IR LED* memancarkan sinyal cahaya *inframerahnya*. Cahaya *inframerah* akan dipantulkan oleh baling-baling yang terdapat di motor dan akan dideteksi oleh *photodiode* yang menyebabkan terjadinya hubungan *switch ON* pada *photodiode* dan IC LM358 N.



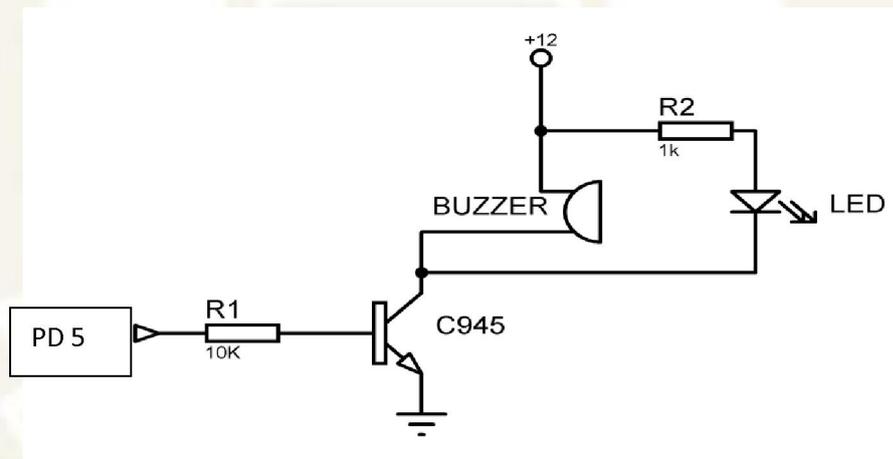
Gambar 41. Wiring Diagram Sensor Kecepatan

## Daftar Komponen Rangkaian Sensor Kecepatan:

Tabel 7. Komponen Sensor Kecepatan

NO	Nama Komponen	Type / Nilai	Jumlah
1	Sensor Kecepatan	LM358N	1
2	Resistor	10K $\Omega$	3
3	Resistor <i>variable</i>	50K $\Omega$	1
4	Dioda	Photodioda	1
5	Infrared		1
6	LED	Indikator	1

### 3.4.4 Perencanaan Rangkaian *Buzzer*



Gambar 42. *Wiring Diagram Buzzer*

Pada perencanaan rangkaian ini *buzzer* dan LED dikendalikan oleh mikrokontroler dengan *transistor C945* sebagai saklar untuk menghidupkan dan mematikan *buzzer* dan LED. Apabila *transistor* mendapat masukan *high* maka *transistor* dalam keadaan tertutup yang mengakibatkan *buzzer* dan LED menyala. Pada perencanaan alat ini *buzzer* menyala sebagai tanda pada saat alat telah selesai dalam bekerja.

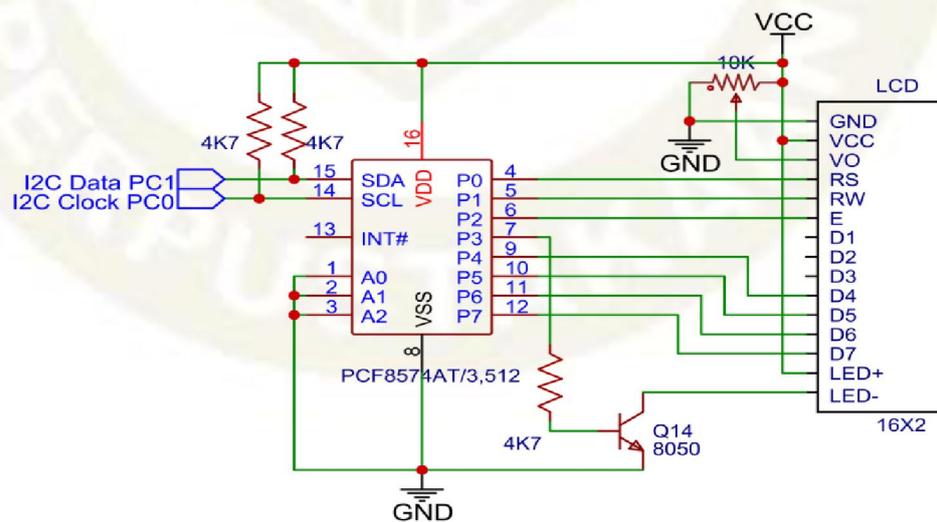
Daftar komponen perencanaan rangkaian *Buzzer* :

Tabel 8. Komponen *Buzzer*

No	Nama Komponen	Type	Jumlah
1	Buzzer	5V	1
2	Resistor	10k $\Omega$	1
3	Resistor	1k $\Omega$	1
4	Transistor	C945	1

### 3.4.5 Perencanaan Rangkaian Display

Dalam perancangan ini yang digunakan adalah *LCD Dot Matrix* 16x2 karakter sebagai display 5VDC sebagai *supply* tegangan *LCD* yang terhubung pada ATmega 8535. Penulis menggunakan modul i2c untuk meringkas kaki-kaki dari pin *LCD*. Pin VO pada lcd adalah potensiometer yang berguna untuk mengatur kontras *LCD*. Transistor yang terhubung dari pin *LED* negatif memp unyai fungsi untuk menghidupkan lampu latar/ *Back Light LCD*. Resistor 4K7 berfungsi untuk mestabilkan tegangan masuk pada layar *LCD*.



Gambar 43. *Wiring Diagram Display*

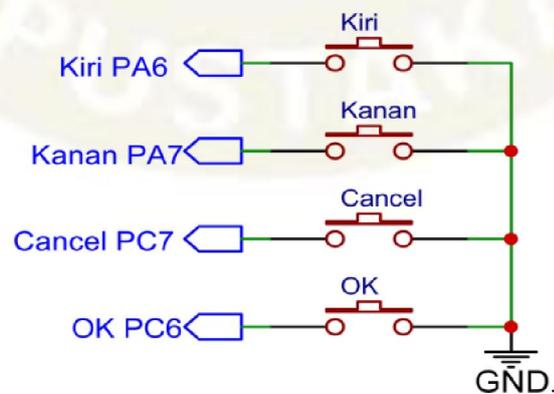
Daftar komponen perencanaan rangkaian display:

Tabel 9. Komponen *Display*

No	Nama Komponen	Type	Jumlah
1	LCD	LCM1602C	1
2	Resistor	10K	1
3	Resistor	4K7	3
4	Transistor	Q148050	1
5	I2c modul	PCF8574AT	1

### 3.4.6 Perencanaan Rangkaian *Push Button*

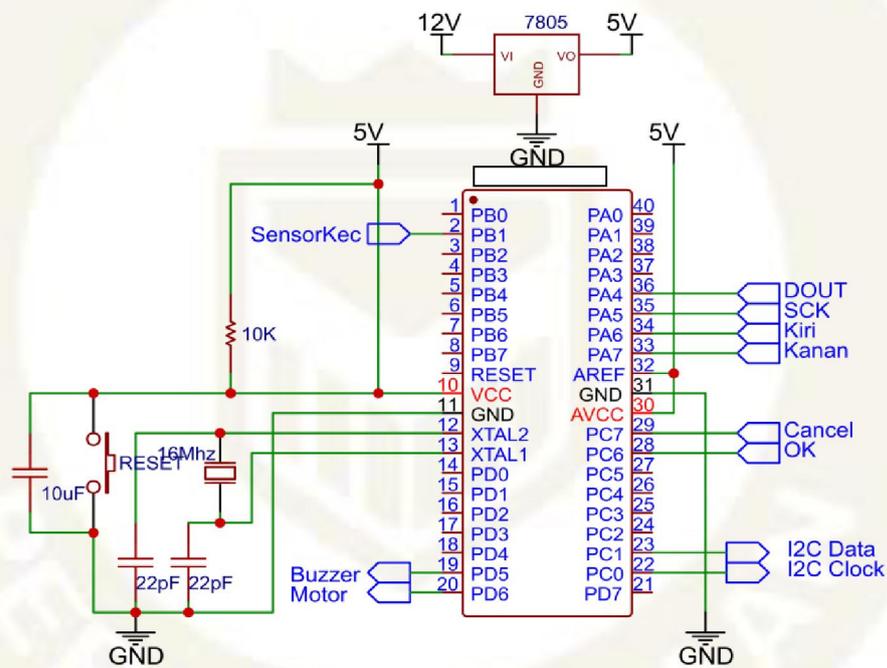
Fungsi utama *push button* pada rangkaian ini yaitu sebagai *inputan high* ke mikrokontroler. Ketika *push button tambah* ditekan maka akan memberikan instruksi ke mikrokontroler agar menaikkan angka pada timer yang telah di tetapkan, ketika *push button Kurang* di tekan maka akan memberikan instruksi ke mikrokontroler agar menurunkan angka pada timer yang telah ditetapkan. Ketika *push button OK* ditekan maka akan memberikan intruksi ke mikrokontroller agar memulai pembersihan kemudian dilanjutkan dengan pembuangan. Ketika *push button CANCEL* ditekan maka akan memberikan instruksi ke mikrokontroler agar pembersihan dan pembuangan berhenti bekerja



Gambar 44. *Wiring Diagram Push Button*

### 3.4.7 Perencanaan Rangkaian Sistem Mikrokontroler ATmega 328

Tegangan input 12V masuk IC regulator dikeluarkan menjadi 5V untuk mensupply seluruh rangkaian. Kapasitor 22pF pada rangkaian berfungsi sebagai osilator (pembangkit frekuensi). Kapasitor 10uF untuk memfilter tegangan agar lebih bersih dari noise. Pada pin PC1 dan PC0 berfungsi sebagai outputan LCD. Pin PC6, PC7, PA7, PA6 inputan dari *push button*. Pin PA4 dan PA5 inputan modul *HX711*. Pin PD5 sebagai inputan buzzer. Pin PD6 sebagai inputan motor.



Gambar 45. *Wiring Diagram* Sistem Mikrokontroler ATmega 328

Daftar komponen perencanaan rangkaian sistem mikrokontroler ATmega 328:

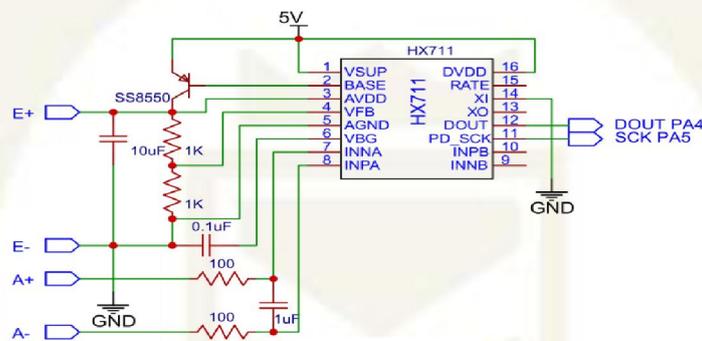
Tabel 10. Komponen sistem mikrokontroler ATmega 328

No	Nama Komponen	Type	Jumlah
1	IC	7805	1
2	Atmega	328	1
3	Resistor	10K	1

4	Kapasitor	10uF	2
5	Crystal	16Mhz	1
6	Kapasitor	22pF	2

### 3.4.8 Perencanaan Rangkaian Modul HX711

HX711 adalah adalah modul timbangan yang mempunyai prinsip kerja mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada.



Gambar 46. Wiring Diagram Modul HX711

Daftar komponen perencanaan modul HX711:

Tabel 11. Komponen Modul HX711

No	Nama Komponen	Type	Jumlah
1	Modul timbangan	HX711	1
2	Resistor	1K	2
3	Resistor	100Ω	2
4	Transistor	SS8550	1
5	Kapasitor	0.1uF	1
6	Kapasitor	1uF	1
7	Kapasitor	10uF	1

### 3.5 Perencanaan Diagram Alir



### 3.6 Perencanaan Titik pengukuran (Tp)

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

#### 1) Perencanaan Titik Pengukuran 1 (TP 1)

##### a. Perencanaan Titik Pengukuran 1a (TP 1a)

Perencanaan Titik Pengukuran 1a (TP 1a) terletak pada input dan output *transformator* 2A. Tujuannya untuk mengetahui besarnya tegangan input dan output dari *transformator* 2A. Pengukuran di TP 1a dilakukan untuk mengetahui tegangan AC220 apakah sudah di *stepdown* oleh *transformator* 2A menjadi tegangan 18V AC

##### b. Perencanaan Titik Pengukuran 1b (TP 1b)

Perencanaan Titik Pengukuran 1b (TP 1b) terletak pada output tegangan dioda bridge atau input tegangan LM2596S. Tujuannya untuk mengetahui besarnya tegangan output dioda bridge atau input tegangan LM2596S. Perencanaan pengukuran di TP 1b dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara keluaran dioda bridge atau input LM2596S dengan *datasheet*.

##### d. Perencanaan Titik Pengukuran 1c (TP 1c)

Perencanaan Titik Pengukuran 1c (TP 1c) terletak pada keluaran LM2596S. Tujuannya untuk mengetahui besarnya tegangan keluaran LM2596S. Perencanaan pengukuran di TP 1c dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara keluaran LM2596S dengan *datasheet*.

## 2) Perencanaan Titik Pengukuran 2 (TP 2)

Perencanaan Titik Pengukuran 2 (TP 2) terletak pada inputan driver motor dan output driver motor (aktif). Tujuannya untuk mengetahui besaran tegangan inputan dan output (aktif) yang diterima oleh driver motor.

## 3) Perencanaan Titik Pengukuran 3 (TP 3)

Perencanaan Titik Pengukuran 3 (TP 3) terletak pada outputan rangkaian *buzzer saat off dan on*. Tujuannya untuk mengetahui besaran tegangan outputan yang diterima oleh rangkaian *buzzer*.

## 4) Perencanaan Tes Keakurasian 4 (TK 4)

Perencanaan Titik Pengukuran 4 (TP 4) terletak pada output sensor kecepatan pada LM358 pada kondisi high atau low.

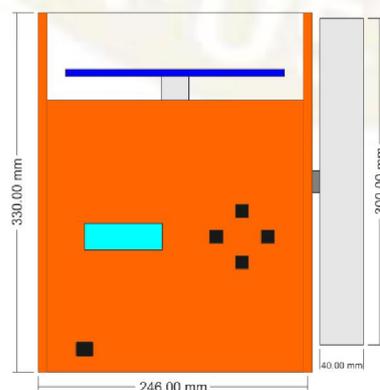
Tujuannya agar mengetahui besaran tegangan output sensor kecepatan pada LM358 pada kondisi high dan low.

## 5) Perencanaan Tes Keakurasian 5 (TK 5)

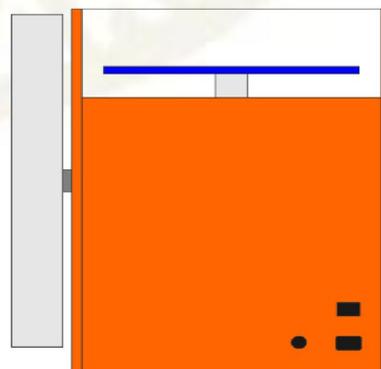
Perencanaan Titik Pengukuran 5 (TP 5) yaitu pengukuran keakurasian timer.

### 3.7 Perencanaan *Casing*

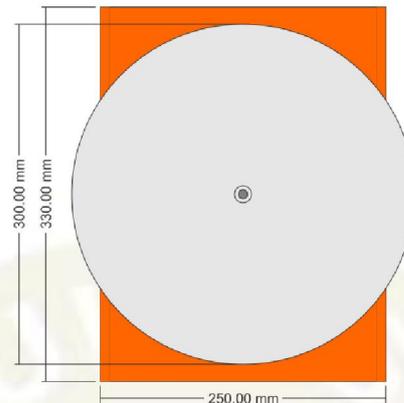
**Tampak Depan**



**Tampak Belakang**



## Tampak Samping



### 3.8 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  $\text{FeCl}_3$ .
- e. PCB polos.
- f. Solder dan timah.

Komponen-komponen elektronika yang dipersiapkan tertera pada tabel subbab perencanaan komponen.

### 3.9 Pembuatan Modul

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

- a. Mempersiapkan gambar rangkaian keseluruhan.
- b. Menentukan komponen elektronik yang diperlukan sesuai dengan rangkaian.

- c. Menentukan letak bagian-bagian yang akan dipasang pada *casing*, seperti *LED*, rangkaian mikrokontroler, *LCD*, dan rangkaian panel yang berisi saklar *power*, tombol *reset*, dan tempat titik pengukuran (TP).
- d. 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 hubung singkat.
  - 3) Merancang *layout* rangkaian yang akan digunakan, dalam hal ini dibantu oleh komputer melalui *software Eagle*.
  - 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  $\text{FeCl}_3$  dan air panas.
  - 7) Memastikan tidak ada jalur antar penghantar yang saling bersinggungan.
  - 8) Memasang komponen yang dibutuhkan di atas papan PCB.
  - 9) Penggunaan *jumper* diusahakan seminimal mungkin.
- e. Men-*download* program yang telah dibuat ke mikrokontroler menggunakan *software* ATmega 328 untuk men-*download* program dan modul *downloader* untuk menghubungkan komputer dengan mikrokontroler

## **BAB IV**

### **PENDATAAN**

#### **4.1 Pengertian Pengukuran**

Pendataan adalah suatu proses pengukuran dan pengumpulan hasil dari proses pengukuran pada titik-titik pengukuran yang ditentukan berdasarkan kebutuhan dari pembuatan 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 dalam sistem label untuk mempermudah dalam menganalisa data.

Untuk mendapatkan data yang diinginkan, maka penulis menggunakan beberapa peralatan dan perlengkapan sebagai berikut :

a. **Multimeter Digital**

- 1) Merk : SANWA
- 2) Type : CD800a
- 3) Buatan : CHINA

b. **Tachometer**

- 1) Merk : LUTRON
- 2) Type : DT-1236L
- 3) Buatan : CHINA

## 4.2 Metode Pengukuran

Metode yang digunakan yaitu metode pengukuran dengan Multimeter pada setiap titik pengukuran terhadap ground. Titik pengukuran tersebut ditentukan berdasarkan kebutuhan untuk memudahkan pengambilan data dan menganalisa data.

Titik pengukuran yang penulis tentukan sebagai berikut:

1. a. Titik Pengukuran 1A (TP1A) yaitu pada input dan output tegangan *transformator* 2A.

Untuk mengetahui besarnya tegangan input dan output *transformator* 2A. Metode yang digunakan yaitu membandingkan nilai pada TP1A dengan ground.

- b. Titik Pengukuran 1B (TP1B) yaitu pada output tegangan dioda bridge atau input tegangan IC LM2596S.

Untuk mengetahui besarnya tegangan output dioda bridge atau input IC LM2596S. Metode yang digunakan yaitu membandingkan nilai pada TP1B dengan ground.

- c. Titik Pengukuran 1C (TP1C) yaitu pada output tegangan IC LM2596S.

Untuk mengetahui besarnya tegangan output IC LM2596S. Metode yang digunakan yaitu membandingkan nilai pada TP1C dengan ground.

2. Titik Pengukuran 2 (TP2) yaitu pada inputan driver motor dan tegangan output driver motor (aktif).

Untuk mengetahui besarnya input pada driver motor dan tegangan output driver motor (aktif). Metode yang digunakan yaitu membandingkan TP2 dengan ground.

3. Titik Pengukuran 3 (TP3) yaitu pada outputan buzzer saat off dan on

Untuk mengetahui besarnya nilai tegangan outputan buzzer saat off dan on. Metode yang digunakan yaitu membandingkan TP3 dengan ground.

4. Titik Pengukuran 4 (TP4) yaitu pada output sensor kecepatan pada LM358 pada kondisi high atau low.

Metode yang digunakan yaitu membandingkan TP4 dengan ground.

5. Titik Pengukuran 5 (TP5) yaitu keakurasian timer pada alat.

### **4.3 Hasil Pengukuran**

Sebelum dilakukan pengukuran, penulis terlebih dahulu mengadakan persiapan bahan yang akan di gunakan, serta melakukan pengkalibrasian alat ukur sesuai dengan pengukuran yang akan dibutuhkan pada modul rangkaian. Pengukuran ini dilakukan pada titik pengukuran yang telah penulis tentukan di atas.

Adapun hasil pengukuran ini, penulis menggunakan Multimeter digital dan juga menggunakan alat *tachometer* jenis digital, pada masing-masing titik pengukuran yang telah ditentukan sebagai berikut ini:

Tabel 12. Hasil Test Point

Titik Pengukuran	Selektor	Hasil Pengukuran Multimeter	Keterangan
TP1 A	Volt AC		Tegangan input transformator
TP1 A	Volt AC		Tegangan output transformator
TP1 B	Volt DC		Tegangan output dioda bridge atau tegangan input IC LM2596S.
TP1 C	Volt DC		Tegangan output IC LM2596S
TP2	Volt DC		Tegangan input driver motor
			Tegangan output driver motor (aktif)
TP3	Volt DC		Tegangan ketika <i>buzzer ON</i>
			Tegangan ketika <i>buzzer OFF</i>

TP4	Volt DC		Tegangan output LM358 kondisi <i>hight</i>
			Tegangan output LM358 kondisi low

	Timer display pada alat	Timer pada handphone	Keterangan
TP 5			Timer pada alat yang diakurasi dengan timer handphone pada saat timer alat berjalan mundur selama 3 menit.

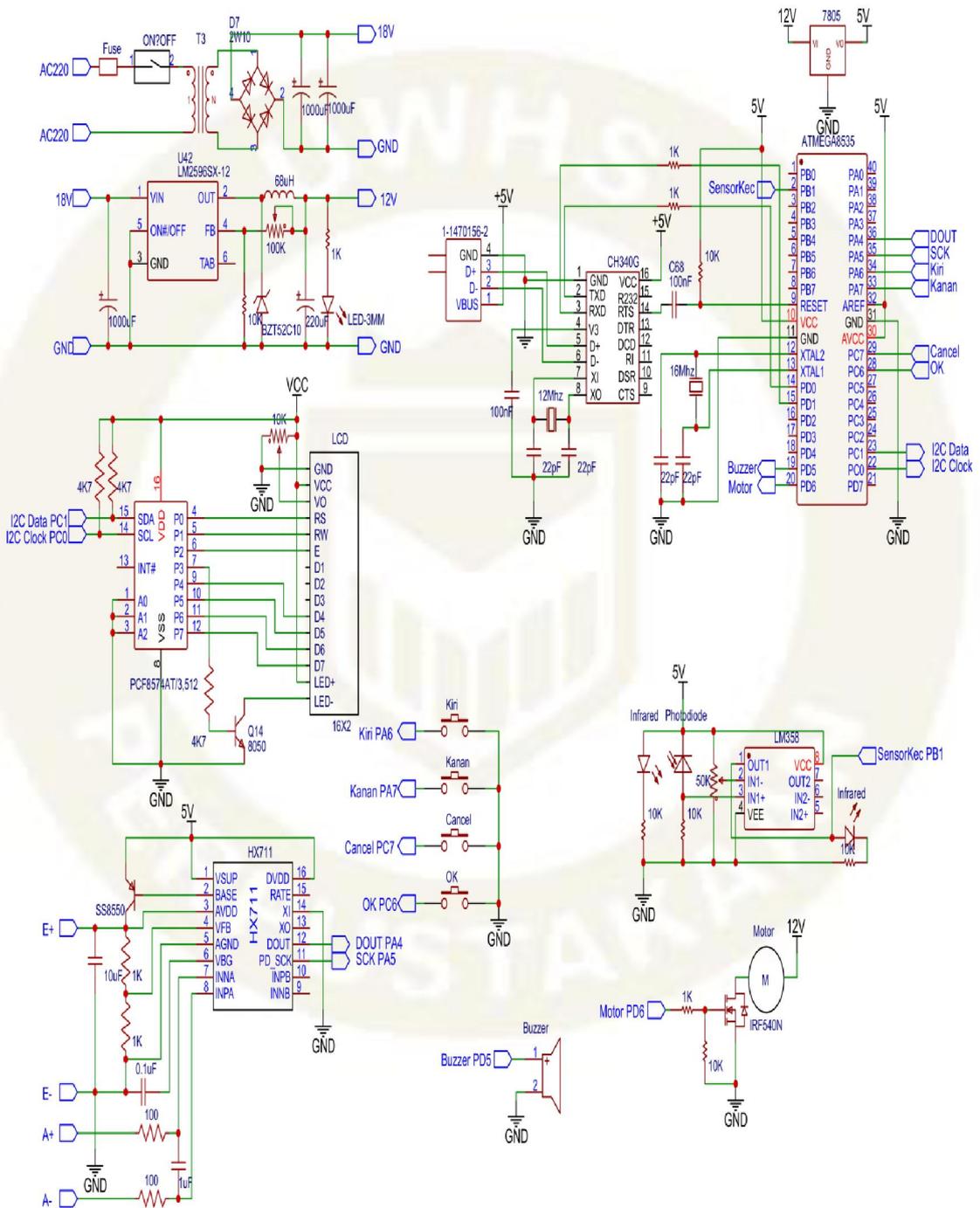
Tabel 13. Test Point RPM

RPM	Pengukuran			Rata-rata hasil ukur RPM
	1	2	3	
25 RPM	26,8 RPM	25,6 RPM	24,4 RPM	25,6 RPM
35 RPM	34,9 RPM	37,7 RPM	34,5 RPM	35,7 RPM
50 RPM	50,6 RPM	47,5 RPM	50,4 RPM	49,5 RPM
60 RPM	61,2 RPM	59,0 RPM	61,3 RPM	60,5 RPM

# BAB V

## PEMBAHASAN DAN ANALISIS DATA

### 5.1 Pembahasan Rangkaian Secara Keseluruhan



1

2

3

### **Cara Kerja Rangkaian**

Saat saklar *ON/OFF* ditekan, maka tegangan 220 VAC *power supply* memberikan masukan ke lilitan primer *transformator* 2A, kemudian tegangan di *step down* oleh *transformator* tersebut menjadi 18 VAC. Tegangan 18 VAC kemudian disearahkan oleh dioda menjadi 18 VDC. Tegangan keluaran dari dioda kemudian difilter oleh kapasitor untuk mengurangi ripple. Setelah di filter oleh kapasitor maka tegangan akan masuk ke IC regulator LM 2596S. IC regulator LM2596S akan meregulasi tegangan menjadi tegangan +12 VDC. Arus tegangan dari +12VDC akan digunakan untuk mensupply tiap-tiap blok rangkaian pada *friabilator* yang membutuhkan tegangan+12VDC, diantaranya yaitu rangkaian *buzzer*, dan motor.

Lalu tegangan +12VDC masuk ke rangkaian regulator +5VDC yang terdapat pada mikrokontroller untuk memberi tegangan ke mikrokontroller ATmega 328, *lcd*, sensor *optocoupler*, dan sensor *loadcell*. Mikrokontroller Atmega 328 disini akan mengelola dan memprogram kinerja tiap blok rangkaian yang terhubung pada port mikrokontroller ATMega 328 seperti *keypad*, *lcd*, motor , sensor *optocoupler*, sensor *loadcell* dan *buzzer*.

Alat ini akan berjalan dengan di operasikan melalui *keypad*. Setiap proses dari alat ini, semuanya akan di outputkan dan di tampilkan oleh mikro pada *lcd*. Saat salah satu *keypad* ditekan, maka *keypad* akan memberi inputan berupa high (1) pada mikro, mikro akan memproses data perintah sesuai dengan tombol *keypad* yang di tekan. Langkah pertama yang dilakukan yaitu melakukan penimbangan obat. Sensor load cell akan menimbang berat dari tablet obat sebelum tablet di *friability* yang nilai bobot atau massanya yang

kemudian akan di simpan oleh ATmega 328 untuk dihitung nilai persentase keregasan sebuah tablet saat tablet selesai di friability.

Setelah itu, *setting timer* dan kecepatan. *Setting timer* dilakukan dengan menekan tombol untuk menaikkan dan menurunkan *timer*. *Setting* kecepatan dengan menekan tombol pilihan. *Mikrokontroller* kemudian akan memberikan perintah ke *driver* motor sehingga akan menggerakkan motor sesuai dengan kecepatan yang telah di *setting*. Saat motor berputar, sensor *optocoupler* akan bekerja. berdasarkan prinsip kerja rangkaian *optocoupler*, bila sensor (photo transistor) terhalang oleh suatu objek dan tidak mendapatkan pancaran sinar infra merah dari dioda led maka *output* dari *optocoupler* tersebut akan berlogika 1 (*high*) atau menghasilkan tegangan 5 volt, dan jika sensor pada posisi normal atau cahaya infra merah dari dioda led ke photo transistor tidak terhalang oleh suatu objek maka *optocoupler* tersebut akan memberikan logika 0 (*low*) atau memberikan tegangan 0 volt pada pin outputnya. Kemudian tunggu sampai *buzzer* berbunyi, pada saat itulah sebagai tanda motor berhenti berputar.

## 5.2 Analisis Hasil Pendataan

Pada perencanaan dan proses pembuatan suatu alat mempunyai hubungan yang erat, khususnya untuk mendapatkan hasil alat sesuai yang diharapkan. Pada kenyataannya terkadang masih ada selisih antara data yang diukur dengan perencanaannya. Hal ini disebabkan karena beberapa faktor antara lain:

- a. Kesalahan manusia.
- b. Pemilihan komponen.

c. Kesalahan dalam pembacaan alat ukur.

Analisa rangkaian ini untuk melakukan perbandingan hasil perhitungan teori dan hasil pengukuran praktek sehingga dapat diketahui prosentase kesalahan (PK) dengan rumus berikut ini:

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

PK = Prosentase Kesalahan

HT = Hasil Teori

HU = Hasil Pengukuran

$$\text{Rata-rata} = \frac{\text{Hasil ukur}}{\text{Hasil Ukur Jumlah}}$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{PK}$$

### 5.2.1 Analisa rangkaian TP1A, 1b, dan 1C

a. *Test point* 1a merupakan perwakilan dari pengukuran *input* dan *output transformer*. Pada pengukuran menggunakan multimeter dengan hasil sebagai berikut:

Input : 229,6 V AC

Output : 18,47 V AC

b. *Test point* 1b merupakan perwakilan dari pengukuran output dari *dioda bridge*. Pada pengukuran menggunakan multimeter dengan hasil sebagai berikut: 24,15 V DC

c. *Test point* 1c merupakan perwakilan dari pengukuran *output power supply*. Pada pengukuran menggunakan multimeter dengan hasil sebagai berikut: 12,10 V DC

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

$$PK = \left| \frac{12 - 12,10 \text{ VDC}}{12 \text{ VDC}} \right| \times 100$$

$$= 0,83 \%$$

$$\text{Akurasi} = 100 \% - PK$$

$$= 100 \% - 0,83 \% = 99,17 \%$$

### 5.2.2 Analisa Rangkaian TP2

*Test point 2* merupakan perwakilan dari pengukuran rangkaian inputan driver motor dan outputan driver motor (aktif). Pada pengukuran menggunakan multimeter dengan hasil sebagai berikut:

$$\text{Input driver motor} = 12,10 \text{ V}$$

$$\text{Output driver motor (aktif)} = 11,98 \text{ V}$$

### 5.2.3 Analisa Rangkaian TP3

*Test point 3* merupakan perwakilan dari pengukuran rangkaian outputan *buzzer* saat *off* dan *on*. Pada pengukuran menggunakan multimeter dengan hasil sebagai berikut:

$$\text{Output saat } off = 0,2 \text{ mV}$$

$$\text{Output saat } on = 4,66 \text{ V}$$

### 5.2.4 Analisa Rangkaian TP4

Test point 4 merupakan perwakilan dari pengukuran rangkaian saat motor bekerja sensor kecepatan LM358 kondisi hight led menyala,

tegangan yang dihasilkan 3,67 V dan saat kondisi low led mati, tegangan yang dihasilkan 52,9 mV.

### 5.2.5 Analisa Akurasi RPM

Kecepatan putaran direncanakan dapat berputar sesuai setting kecepatan dengan metode pengukuran tachometer dan pada saat pengukuran didapatkan hasil rata-rata.

$$\text{Rata-rata} = \frac{\text{Hasil ukur}}{\text{Hasil Ukur Jumlah}}$$

a. Pada kecepatan 25 RPM

$$\text{Rata-rata} = \frac{26,8+25,6+24,4}{3} = 25,6 \text{ RPM}$$

Maka presentasi kesalahan sebesar

Diketahui:

$$\text{Hasil Teori (HT)} = 25 \text{ RPM}$$

$$\text{Hasil Pengukuran (HU)} = 25,6 \text{ RPM}$$

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

$$PK = \left| \frac{25 - 25,6}{25} \right| \times 100$$

$$PK = 2,4 \%$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - 2,4\% = 97,6\%$$

b. Pada kecepatan 35 RPM

$$\text{Rata-rata} = \frac{34,9+37,7+34,5}{3} = 35,7 \text{ RPM}$$

Maka presentasi kesalahan sebesar

Diketahui :

$$\text{Hasil Teori (HT)} = 35 \text{ RPM}$$

Hasil Pengukuran (HU) = 35,7 RPM

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

$$PK = \left| \frac{35 - 35,7}{35} \right| \times 100$$

$$PK = 2 \%$$

Akurasi = 100% - 2% = 98%

c. Pada kecepatan 50 RPM

$$\text{Rata-rata} = \frac{50,6 + 47,5 + 50,4}{3} = 49,5 \text{ RPM}$$

Maka presentasi kesalahan sebesar

Diketahui :

Hasil Teori (HT) = 50 RPM

Hasil Pengukuran (HU) = 49,5 RPM

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

$$PK = \left| \frac{50 - 49,5}{50} \right| \times 100$$

$$PK = 1 \%$$

Akurasi = 100% - 1% = 99%

d. Pada kecepatan 60 RPM

$$\text{Rata-rata} = \frac{61,2 + 59,0 + 61,3}{3} = 60,5 \text{ RPM}$$

Maka presentasi kesalahan sebesar

Diketahui :

Hasil Teori (HT) = 60 RPM

Hasil Pengukuran (HU) = 60,5 RPM

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

$$PK = \left| \frac{60 - 60,5}{60} \right| \times 100$$

$$PK = 0,8 \%$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - 0,8\% = 99,2\%$$

Tabel 14. Hasil Uji Kecepatan

NO	Setting RPM	Hasil Tachometer			Hasil rata-rata	Hasil PK	Hasil Akurasi
		1	2	3			
1	25 RPM	26,8	25,6	24,4	25,6	2,4 %	97,6 %
2	35 RPM	34,9	37,7	34,5	35,7	2 %	98 %
3	50 RPM	50,6	47,5	50,4	49,5	1 %	99 %
4	60 RPM	61,2	59,0	61,3	60,5	0,8 %	99,2 %

Tabel 15. Hasil Analisa Uji Keregasan

NO	Setting RPM	Hasil Uji Keregasan			Hasil rata-rata keregasan
		1	2	3	
1	25 RPM	B: 16,25-16,179 K: 0,079   0% %	B: 16,25-16,129 K: 0,129   1% %	B: 16,25-16,029 K: 0,239   1% %	0,14 g
2	35 RPM	B: 16,50-15,629 K: 0,899   5% %	B: 16,50-15,789 K: 0,739   4% %	B: 16,50-15,929 K: 0,589   4% %	0,73 g
3	50 RPM	B: 16,68-15,619 K: 1,079   6% %	B: 16,68-15,459 K: 1,239   7% %	B: 16,68-15,429 K: 1,089   6% %	1,12 g
4	60 RPM	B: 16,68-18,099 K: 1,599   10% %	B: 16,68-14,519 K: 2,189   13% %	B: 16,68-14,889 K: 1,809   11% %	1,85 g

## **BAB VI**

### **PENUTUP**

#### **6.1 Kesimpulan**

Setelah melakukan pembuatan karya tulis ilmiah beserta modulnya, penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan, antara lain:

- a. Terwujudnya modifikasi *friabilator* yang proses penimbangannya langsung dikontrol oleh mikrokontroler Atmega 328 dengan baik.
- b. Modifikasi *friabilator* dapat menghitung nilai keregasan dengan melakukan proses pengujian menggunakan nilai *25rpm* selama 4 menit, *35rpm* selama 3 menit, *50rpm* selama 2 menit, *60rpm* selama 1,5 menit.
- c. Modifikasi *friabilator* yang saya buat ini berhasil menghitung nilai hasil keregasan tablet obat secara otomatis.
- d. Timbangan yang dipakai dalam alat modifikasi *friabilator* berbasis mikrokontroler ATmega 328 dapat bekerja dengan baik, meskipun belum sangat presisi.
- e. Akurasi timer 100% dan akurasi kecepatan 98,45%

#### **6.2 Saran**

Agar modul yang telah dibuat dapat menjadi baik, antara lain:

- a. Untuk kedepannya bisa menggunakan timbangan *analytic* agar presisi.
- b. Untuk pengembangan bisa menambahkan printer untuk mencetak langsung hasil presentasi keregasan tablet obat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cindy Damei Yanti. P, *FRIABILITY TESTER BERBASIS MIKROKONTROLER AT89s52*. Surabaya, 2011.
- [2] Prof.Dr. Charles J.P. Siregar. M.Sc.Apt, *Teknologi Farmasi SEDIAAN TABLET Dasar-Dasar Praktis*, July Manurung, Nurul Aini, and Amalia H. Hadinata, Eds. Jakarta: ECG, 2010.
- [3] Prof.Dr Charles J.P. Siregar. Msc.Apt, *Teknologi farmasi sediaan tablet dasar-dasar praktis*. jakarta: EGC, 2010.
- [4] H.A. et Al. Lieberman, *Pharmaceutical Dosage Forms : Tablet volume 1, Second Edition, Revised and Expanded*, Marcel Dekker, Ed., 1989.
- [5] Lachman L.,et.Al., *The Theory and Practice of Industrial Pharmacy*, Lea & Febiger, Ed., 1986.
- [6] King, R.E., *Dispensing of Medication, 9th ed.*, Mack Publ. Co, Ed., 1984.
- [7] (2016, 18 juni) Teknik elektronika "fungsi kapasitor". [Online].  
<http://teknikelektronika.com/simbol-fungsi-kapasitor-beserta-jenis-jenis-kapasitor/>
- [8] (2016, 18 juni) komponen elektronika "jenis-jenis dioda dan fungsinya". [Online].<http://komponenelektronika.biz/jenis-jenis-dioda-danfungsinya.html>
- [9] (2016, 25 juni) Dasar elektronika "Transistor". [Online].  
<http://dasarelelektronika.com/pengertian-dan-fungsi-transistor/>
- [10] Agus bejo, *Belajar mikrokontroller ATmega 8535*. Surabaya: Erlangga, 2007.

[11] (2016, 18 juni) Teknik elektronika "pengertian transformator". [Online].

<http://teknikelektronika.com/pengertian-transformator-prinsip-kerja-trafo/>

[12] Lister , Ed.,, 1993.





# LAMPIRAN