

HOT PLATE STIRRER ATMEGA 16

Karya Tulis Ini Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Menempuh Progam

Pendidikan Diploma III Teknik Elektromedik

Stikes Widya Husada Semarang



Oleh :

Rizal Yola Wardhana

NIM : 13.04.054

PROGRAM STUDI D-III TEKNIK ELEKTROMEDIK

SEKOLAH TINGGI ILMU KESEHATAN WIDYA HUSADASEMARANG

2017



STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : Hot Plate Stirer Atmega 16

NAMA : Rizal Yola Wardhana

NIM : 13.04.054

“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, 15 September 2017

Penulis

RIZAL YOLA WARDHANA



STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG

PERNYATAAN PERSETUJUAN

JUDUL : Hot Plate Stirer Atmega 16

NAMA : Rizal Yola Wardhana

NIM : 13.04.054

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

Ir. Vivi Vira Viridanti, M.Kes



STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG

PENGESAHAN KARYA TULIS

JUDUL : Hot Plate Stirrer ATMEGA 16

NAMA : Rizal Yola Wardhana

NIM 1304054

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 Jumat tanggal 15 bulan September tahun 2017

Dewan Penguji:

Agus Supriyanto, ST
Anggota 1

Ir. Vivi Vira Viridianti, M.Kes
Anggota 2

Basuki Rahmat, M.T.
Ka. Prodi DIII TEM

Mulyono, M.Kom.
Ketua Penguji

ABSTRACT

One of the Laboratory tools used for stirring or mixing the observation liquid is Hot Plate Stirrer. This tool can be used for mixing experiment, reaction or dissolution of liquid sample quickly and hot. A simple device used to mix liquids.

Based on that background, a Hot Plate Stirrer tool is made, Speed up to 2,000 Rpm which suits the needs of the analysis can be easily done with the available selectors. The most suitable mixing conditions can be achieved with the use of a stable motor. This motor tool with a vertical drive motor. When the erlenmeyer tube or other suitable container is placed then it is transmitted to the liquid in it and the vortex is made.

From TP analysis result there is no mistake. Sedangkan from the test of the accuracy of temperature test of 1.9% and from the motor speed accuracy test there is error 4.45%

Keywords: Hot Plate Stirrer, dc motor, speed, Erlenmeyer tube.

ABSTRAK

Salah satu alat Laboratium yang digunakan untuk mengaduk atau mencampurkan cairan pengamatan adalah Hot Plate Stirrer, Alat ini dapat digunakan untuk percobaan pencampuran, reaksi atau pelarutan sampel cair dengan cepat dan panas. Perangkat sederhana yang digunakan untuk mencampur cairan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dibuatlah sebuah alat Hot Plate Stirrer dengan, Kecepatan sampai 2.000 Rpm yang sesuai dengan kebutuhan analisa dapat mudah dilakukan dengan selector yang tersedia. Kondisi pencampuran yang paling sesuai dapat dicapai dengan penggunaan motor yang stabil. Alat ini terdiri dari sebuah motor dc dengan driver motor berorientasi vertical. Ketika tabung erlenmeyer atau wadah lain yang sesuai di letakkan maka ditransmisikan ke cairan di dalamnya dan pusaran dibuat.

. Dari hasil analisa TP tidak terdapat kesalahan. Sedagkan dari analisa tes keakurasian suhu 1.9% dan dari tes keakurasian kecepatan motor terdapat kesalahan 4.45.

Kata kunci : Hot Plate Stirrer , motor dc, kecepatan, tabung Erlenmeyer.

KATA PEGANTAR

Segala puji syukur peneliti ucapkan kehadirat Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. Suri tauladan terbaik sepanjang masa.

Alhamdulillah, peneliti telah menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Karya tulis ilmiah ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan tugas akhir pada program Diploma III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada Semarang.

Adapun judul yang penulis buat adalah “Hot Plate Stirrer ATMEGA 16”. Ucapan terima kasih serta penghargaan yang tulus penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan selama proses penulisan karya tulis ilmiah, serta perhatian selama penulis menempuh kuliah di STIKES Widya Husada Semarang. Penulis mengucapkan banyak terima kasih khususnya kepada :

1. Allah SWT.
2. Dr. Hargianti Dini Iswandari, drg, MM. selaku Ketua STIKES Widya Husada Semarang.
3. Bapak Basuki Rahmat, M.T. selaku ketua Prodi D-III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada Semarang.
4. Ir. Vivi Vira Viridanti, M.Kes selaku pembimbing.
5. Dosen wali Bapak Agung Satrio Nugroho. ST
6. Bapak serta Ibu dosen serta staff program D-III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan karya tulis ilmiah.

7. Ampron Rachman S. SOS dan Rita Elly Meriprlita S.Kep persembahkan tugas akhir ini spesial buat kalian.
8. Dais Rochimatur Alma Fardhani, jangan pernah menyerah untuk membanggakan orangtua kita.
9. Widi Anom Prabowo (Pak Dhe), Bagus Bakhrul Iman dan Mahasiswa Angkatan 2014 terutama David Adi Purnawan (Kebo), Fajar Anggara gustianto (petek), Terimakasih untuk semangat serta bantuan kalian selama ini.
10. Teman-teman, sukses untuk kita semua

Semoga peran serta dari semua pihak yang telah diberikan kepada peneliti dalam menyelesaikan tugas akhir ini mendapat kebaikan dan limpahan pahala dari Allah SWT. Dalam penulisan karya tulis ilmiah ini terdapat kekurangan baik dari segi teknis, teori maupun materi yang terkandung di dalamnya. Untuk itu saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan demi pengetahuan dan perbaikan penulis untuk masa yang akan datang.

Akhirnya penulis berharap agar karya tulis ilmiah ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa prodi Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada pada khususnya dan bagi semua pembaca pada umumnya.

Semarang, 15 September 2017

RIZAL YOLA WARDHANA

DAFTAR ISI

PERNYATAAN PENULIS	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN	iii
PENGESAHAN KARYA TULIS	iv
ABSTRACT	v
ABSTRAK	vi
KATA PEGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	1
1.3 Batasan masalah	1
BAB II TEORI DASAR	2
2.1 Campuran ^[1]	2
2.2 Larutan ^[1]	3
2.3 Hot Plate Stirrer	5
2.4 Motor DC ^[2]	6
2.4.1 Pengertian Motor DC ^[2]	7
2.4.2 Mekanisme Secara Umum ^[2]	10

2.4.3	Komponen Utama Motor DC ^[2]	13
2.5	MIKROKONTROLER ATmega 16 ^[3]	15
2.5.1	Konfigurasi Pin ATmega16 ^[3]	16
2.5.2	Memori Data EEPROM ^[3]	18
2.5.3	Analog To Digital Converter ^[3]	19
2.5.4	Mikrokontroler ^[3]	25
2.6	Optocoupler ^[4]	26
2.6.1	Optocoupler ^[4]	27
2.7	TRIAC ^[5]	27
2.7.1	Bentuk dan Simbol TRIAC ^[5]	28
2.7.2	Aplikasi TRIAC ^[5]	28
2.7.3	Rangkaian Switching TRIAC ^[5]	29
2.8	TRANSISTOR ^[6]	30
2.8.1	Fungsi Transistor ^[6]	30
2.8.2	Jenis-Jenis Transistor ^[6]	32
2.8.3	Transistor sebagai saklar ^[7]	35
2.9	RECTIFIERE ^[8]	37
2.10	HEATER ^[9]	43
2.10.1	Aplikasi Heater ^[9]	44
2.11	IC Regulator ^[10]	52
2.10.1	IC Regulator ^[10]	53
2.12	SENSOR ^[11]	54

2.13	IC SENSOR	55
2.13.1	Kelebihan dan Kekurangan IC Sensor Suhu	55
2.14	<i>Liquid Crystal Display</i> (LCD) 16 x 2 ^[12]	56
2.14.1	Spesifikasi Kaki LCD 16 x 2 ^[12]	57
2.14.2	Cara Kerja LCD Secara Umum ^[12]	58
2.15	Piezoelectric <i>Buzzer</i>	59
2.15.1	Cara Kerja Piezoelectric Buzzer	60
2.16	RPM ^[13]	61
2.17	Transformator ^[14]	61
2.18	Kapasitor ^[15]	63
2.19	Dioda ^[16]	63
2.20	Resistor ^[17]	64
2.21	PUSH BUTTON ^[18]	65
BAB III PERENCANAAN.....		66
3.1	Tahapan Perencanaan.....	66
3.2	Spesifikasi Alat	67
3.3	Perencanaan Desain Alat	67
3.4	Perencanaan Blok Diagram.....	68
3.5	Cara Kerja Blok Diagram	69
3.6	Perencanaan Wiring Diagram	70
3.6.1	Rangkaian Power Supply	70
3.6.2	Rangkaian Motor DC	71

3.6.3 Rangkaian optocoupler	71
3.6.4 Rangkaian mikrokontroller Atmega 16.....	72
3.6.5 Rangkaian LCD 16x2.....	73
3.6.6 Rangkaian Driver Heater.....	73
3.6.7 Rangkaian sensor LM35	74
3.6.8 Rangkaian Buzzer	75
3.7 Perencanaan Flowchart	76
3.8 Perencanaan Komponen.....	77
3.9 Perencanaan Alat Dan Bahan.....	78
3.10 Pembuatan Modul	78
3.11 Pembuatan Papan Rangkaian (PCB).....	79
3.12 Pembuatan Casing.....	79
BAB IV PENGUKURAN DAN PENDATAAN.....	80
4.1 Pengertian	80
4.2 Persiapan Pengukuran.....	80
4.3 Metode Pengukuran	81
4.4 Hasil Pengukuran	81
4.5 Hasil Keakurasian RPM.....	83
4.6 Hasil Data Keakurasian Suhu	84
BAB V ANALISIS DATA	86
5.1 Rangkaian Keseluruhan	86
5.2 Cara Kerja Rangkaian	87

5.3	Analisis data hasil pengukuran	87
5.3.1	Analisis TP 1	88
5.3.2	Analisa TP 2	88
5.3.3	Analisis TP 3	90
5.3.4	Analisis TP 4	90
BAB VI		92
PENUTUP		92
6.1	KESIMPULAN	92
6.2	SARAN	92
DAFTAR PUSTAKA		93
LAMPIRAN		95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Hot plate stirer	5
Gambar 2 Badan Mesin	8
Gambar 3 kutub magnet dan penguat magnet	9
Gambar 4 sikat - sikat	9
Gambar 5 jangkar	10
Gambar 6 Belitan jangkar	10
Gambar 7 Gaya medan magnet	10
Gambar 8 Gaya medan magnet	11
Gambar 9 Gaya medan magnet	11
Gambar 10 Arus medan magnet	12
Gambar 11 Kutub Medan	13
Gambar 12 Dinamo	13
Gambar 13 Commutator	14
Gambar 14 MOC 3021	26
Gambar 15 Struktur dan simbol TRIAC	28
Gambar 16 Rangkaian <i>Switching TRIAC</i>	29
Gambar 17 Gambar Transistor	30
Gambar 18 Simbol NPN dan PNP	33
Gambar 19 FET (Field-Effect Transistor)	34
Gambar 20 BD 139	35
Gambar 21 Transistor NPN dan Transistor PNP	36
Gambar 22 Penyearah gelombang	37
Gambar 23 Penyearah setengah gelombang	38
Gambar 24 Bentuk penyearah setengah gelombang	38
Gambar 25 penyearah gelombang penuh	40
Gambar 26 Bentuk penyearah gelombang penuh	41
Gambar 27 Siklus positif	41
Gambar 28 Siklus negatif	42
Gambar 29 Grafik gelombang penuh 2 dioda	43
Gambar 30 <i>simbol heater</i>	43
Gambar 31 Coil Heater	44

Gambar 32 Infra Red Heater	45
Gambar 33 Heater Silica dan Infra Fara	46
Gambar 34 Penggunaan Heater Silica dan Infra Fara	46
Gambar 35 Quartz Heater	47
Gambar 36 Tubular Model Standar	47
Gambar 37 Deffrost Heater	48
Gambar 38 Finned/Sirip Heater	48
Gambar 39 Immersion Heater	49
Gambar 40 Macam macam water Heater	49
Gambar 41 Penggunaan stripe Heater	50
Gambar 42 Pemasangan Band Heater Dan Nozlle Heater	50
Gambar 43 Cast-In Heater	51
Gambar 44 Pemasangan Catridge Heater	51
Gambar 45 IC Regulator 7805	52
Gambar 46 LM 35	54
Gambar 47 IC SENSOR	55
Gambar 48 IC Sensor Suhu	56
Gambar 49 LCD 16 x 2	56
Gambar 50 Trafo	62
Gambar 51 Kapasitor	63
Gambar 52 Dioda	63
Gambar 53 Resistor	64
Gambar 54 Desain Alat	67
Gambar 55 Blok Diagram	68
Gambar 56 Rangkaian Power Supply	70
Gambar 57 Rangkaian Motor DC	71
Gambar 58 Perencanaan Ouptocoupler	71
Gambar 59 Rangkaian Mikrokontroller	72
Gambar 60 Rangkaian LCD	73
Gambar 61 rangkaian Driver Heater	73
Gambar 62 Sensor LM35	74
Gambar 63 Rangkaian Buzzer	75

Gambar 64 wiring diagram 86



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Analog Digital Converter	20
Tabel 2 Spesifikasi kaki LCD	57
Tabel 3 Resistor.....	64
Tabel 4 Tabel Komponen Driver Heater.....	74
Tabel 5 Daftar Komponen.....	77
Tabel 6 Hasil Titik Pengukuran	82
Tabel 7. Hasil pengukuran RPM.....	84
Tabel 8. Data Keakurasian Suhu.....	85
Tabel 9 Tabel Pengukuran Suhu	88
Tabel 10Tabel Pengukuran	88
Tabel 11.Hasil ukur motor DC.....	90

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era sekarang ini teknologi berkembang dengan pesatnya baik dibidang industri, pendidikan, kesehatan, dll. Kemajuan teknologi dapat dilihat dalam katalog produk alat laboratorium dan penunjang pendidikan yang di gunakan semakin canggih tetapi yang menjadi kendalanya adalah harga alat – alat tersebut yang relatif mahal.

Alat yang peneliti buat dinamakan Hot Plate Stirrer. Merupakan Magnetik terkendali temperatur dan kecepatan pengaduk .Alat ini dikendalikan oleh system temperatur dengan kecepatan dari pengaduknya. Pengendalian sistem ini dengan menggunakan push button yang kemudian dihubungkan dengan rangkaian mikrokontroler untuk diproses dan dikirim ke display sehingga didapatkan hasil yang diinginkan.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mewujudkan alat Hot Platr Stirrer yang mampu berputar dengan kecepatan hingga 2.000 RPM dan pengaturan suhu sampel dalam jangkauan 33°C - 50°C.

1.3 Batasan masalah

1. Putaran maksimal alat adalah 2.000RPM.
2. Suhu setting maksimal sampel adalah 50°C.

BAB II

TEORI DASAR

2.1 Campuran ^[1]

Campuran adalah materi yang terdiri atas dua macam zat atau lebih dan masih memiliki sifat-sifat zat asalnya. Jika kita mencampur minyak dengan air, terlihat ada batas di antara kedua cairan tersebut.

Dari batasan mengenai pengertian campuran dapat diuraikan beberapa sifat dari campuran, Diantaranya :

1. Terdiri dari dua jenis Zat tunggal atau lebih.
2. Komposisi campuran tidak tetap tapi bervariasi.
3. Sifat Zat-Zat pembentuk campuran masih tampak pada campuran yang dibentuknya.
4. Zat – Zat pembentuk campuran dapat dipisahkan secara fisis.

- **Jenis-jenis Campuran**

Jenis-jenis campurn dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu :

1. Campuran Homogen adalah campuran yang seluruh bagiannya mempunyai perbandingan komponen yang sama sehingga sangat sulit untuk membedakan komponen zat penyusunnya. Contoh campuran Homogen adalah larutan.
2. Campuran Heterogen adalah campuran yang perbandingan komponen disetiap bagiannya tidak sama sehingga masih dapat dibedakan zat-zat penyusunnya. Contoh campuran Heterogen adalah Suspensi. ^[1]

- Secara khusus campuran dapat dibedakan ke dalam 2 (dua) bentuk yaitu :

2.2 Larutan ^[1]

Larutan adalah campuran homogen yang terdiri dari dua atau lebih zat. Zat yang jumlahnya lebih sedikit di dalam larutan disebut zat terlarut, sedangkan zat yang jumlahnya lebih banyak daripada zat-zat lainnya dalam larutan disebut pelarut. Komposisi zat terlarut dan pelarut dalam larutan dinyatakan sebagai konsentrasi larutan. Contoh larutan:

- a. Larutan garam adalah campuran homogen dari garam dalam air
- b. Larutan gula adalah campuran homogen dari gula dalam air
- c. Larutan oralit adalah campuran homogen dari gula dan garam dalam Emulsi adalah sediaan yang mengandung bahan obat cair atau cairan obat terdispersi dalam cairan pembawa distabilkan dengan zat pengemulsi atau surfaktan yang cocok. Merupakan sistem dua fase, yang salah satu cairannya terdispersi dalam cairan yang lain, dalam bentuk tetesan kecil. yang berukuran 0,1-100 mm, yang distabilkan dengan emulgator/surfaktan yang cocok.

Emulsi berasal dari kata emulgeo yang artinya menyerupai milk, warna emulsi adalah putih. Emulsi dapat dibedakan dalam 2 bentuk yaitu: Emulsi Vera (emulsi alam), dibuat dari biji atau buah, dimana terdapat disamping minyak lemak juga emulgator yang biasanya merupakan zat seperti putih telur. Dan emulsi spuria (emulsi buatan) yang terbentuk karena penambahan emulgator dari luar.

Emulsi dibuat untuk diperoleh suatu preparat yang stabil dan rata dari campuran dua cairan yang saling tidak bisa bercampur. Tujuan pemakaian emulsi adalah :

Emulsi dibuat untuk diperoleh suatu preparat yang stabil dan rata dari campuran dua cairan yang saling tidak bisa bercampur. Tujuan pemakaian emulsi adalah :

- a. Dipergunakan sebagai obat dalam / peroral. Umumnya emulsi tipe O/W.
- b. Dipergunakan sebagai obat Bisa tipe O/W maupun W/O tergantung banyak faktor misalnya sifat zat atau jenis efek terapi yang dikehendaki.

- Tipe Emulsi

Berdasarkan macam zat cair yang berfungsi sebagai fase internal ataupun eksternal, maka emulsi digolongkan menjadi dua macam yaitu :

- a. emulsi tipe O/W (oil in water) atau M/A (minyak dalam air). Adalah emulsi yang terdiri dari butiran minyak yang tersebar kedalam air. Minyak sebagai fase internal dan air fase eksternal.
- b. Emulsi tipe W/O (water in oil) atau A/M (air dalam minyak).^[1]

2.3 Hot Plate Stirrer



Gambar 1 Hot plate stirrer

Hot Plate Stirrer pada laboratorium, ataupun Rumah Sakit dan di tempat-tempat lain alat ini dapat digunakan untuk percobaan pencampuran, reaksi atau pelarutan sampel cair dengan cepat. Sebuah pemanas pusran adalah alat sederhana yang digunakan untuk mencampur cairan contohnya NaCl dan Aquades.

Kecepatan yang sesuai dengan kebutuhan analisa dapat mudah dilakukan dengan tombol yang tersedia. Kondisi pencampuran yang paling sesuai dapat dicapai dengan penggunaan motor.

Alat ini terdiri dari sebuah motor listrik dengan motor berorientasi vertikal. Ketika tabung reaksi atau wadah lain yang sesuai di letakkan maka gerak ditransmisikan ke cairan di dalamnya dan pusran dibuat. Ini Hot Plate Stirrer memiliki pengaturan kecepatan variabel dan dapat diatur untuk terus berjalan, atau berjalan hanya ketika tombol *push bottom* di tekan.

Alat ini hanya menggunakan sistem mode *setting* yang terdiri dari sebuah motor dc dengan *driver motor* menggunakan dan memiliki magnetik dan penampil kecepatan serta dilengkapi juga penampil kecepatan (*Tachometer*) serta pemanasan.

RPM adalah RPM Meter atau sering di kenal dengan nama *Tachometer* adalah sebuah instrumen atau alat yang mampu untuk mengukur putaran seperti yang terdapat pada sebuah motor atau mesin lainnya.

Alat ini biasanya menampilkan *revolution per minute* (rpm) pada sebuah pengukur skala analog maupun digital. *Tachometer* berasal dari bahasa Yunani yaitu "*tachos*" yang berarti kecepatan dan "*metros*" yang berarti mengukur.

Putaran yang dimaksud adalah suatu gerak putar yang dihasilkan oleh benda atau alat berupa gerakan mekanik yang akan diukur kecepatannya, seperti putaran mesin sepeda motor atau putaran roda sepeda motor. Bagi *Tachometer* putaran ini menjadi masukan untuk diukur.

2.4 Motor DC ^[2]

Motor arus searah (motor DC) telah ada selama lebih dari seabad. Keberadaan motor DC telah membawa perubahan besar sejak dikenalkan motor induksi, atau terkadang disebut AC *Shunt* Motor. Motor DC telah memunculkan kembali *Silicon Controller Rectifier* yang digunakan untuk memfasilitasi kontrol kecepatan pada motor.

Mesin listrik dapat berfungsi sebagai motor listrik apabila didalam motor listrik tersebut terjadi proses konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik merupakan perangkat *elektromagnetis* yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik.

Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar *impeller* pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor dan mengangkat bahan. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, *fan angin*) dan di industri. Motor listrik

terkadang disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Sedangkan untuk motor DC itu sendiri memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan jangkar dan kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Pada motor DC kumparan medan disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor DC sering dimanfaatkan sebagai penggerak pintu geser otomatis dan dalam rangkaian robot sederhana.

Motor DC memiliki manfaat yang sangat banyak dalam kehidupan sehari-hari dan dalam dunia industri. Motor DC memudahkan pekerjaan sehingga proses industri dapat berjalan efisien. Semakin banyak industri yang berkembang, maka akan semakin banyak mesin yang digunakan. Semakin banyak mesin yang digunakan, maka semakin banyak penggunaan motor DC.

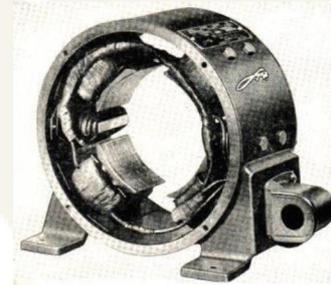
2.4.1 Pengertian Motor DC ^[2]

Sebuah motor listrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Kebanyakan motor listrik beroperasi melalui interaksi medan magnet dan konduktor pembawa arus untuk menghasilkan kekuatan, meskipun motor elektrostatis menggunakan gaya elektrostatis.

Proses sebaliknya, menghasilkan energi listrik dari energi mekanik, yang dilakukan oleh generator seperti alternator, atau dinamo. Banyak jenis motor listrik dapat dijalankan sebagai generator, dan sebaliknya. Motor listrik dan generator yang sering disebut sebagai mesin-mesin listrik.

Motor listrik DC (arus searah) merupakan salah satu dari motor DC. Mesin arus searah dapat berupa generator DC atau motor DC. Generator DC alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik DC. Motor DC alat yang mengubah energi listrik DC menjadi energi mekanik putaran. Sebuah motor DC dapat difungsikan sebagai generator atau sebaliknya generator DC dapat difungsikan sebagai motor DC. Pada motor DC kumparan medan disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tagangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Bagian-bagian penting motor DC :

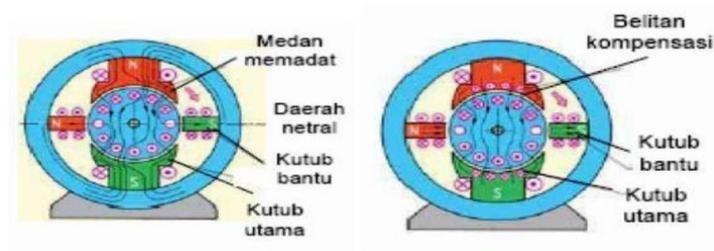
1. **Badan mesin**



Gambar 2 Badan Mesin

Badan mesin ini berfungsi sebagai tempat mengalirnya fluks magnet yang dihasilkan kutub magnet, sehingga harus terbuat dari bahan ferromagnetik. Fungsi lainnya adalah untuk meletakkan alat-alat tertentu dan mengelilingi bagian-bagian dari mesin, sehingga harus terbuat dari bahan yang benar-benar kuat, seperti dari besi tuang dan plat campuran baja.

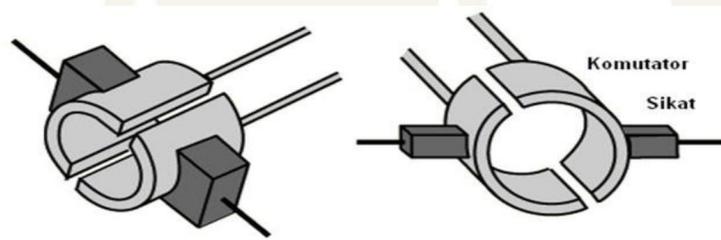
2. Inti kutub magnet dan belitan penguat magnet



Gambar 3 kutub magnet dan penguat magnet

Inti kutub magnet dan belitan penguat magnet ini berfungsi untuk mengalirkan arus listrik agar dapat terjadi proses elektromagnetik. Adapun aliran fluks magnet dari kutub utara melalui celah udara yang melewati badan mesin.

3. Sikat-sikat



Gambar 4 sikat - sikat

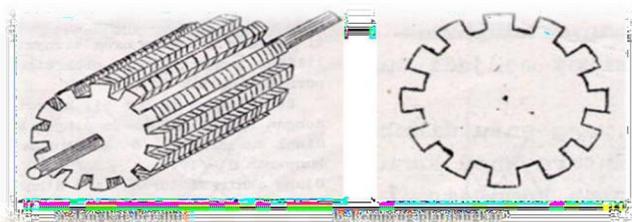
Sikat - sikat ini berfungsi sebagai jembatan bagi aliran arus jangkar dengan bebas, dan juga memegang peranan penting untuk terjadinya proses komutasi.

4. Komutator

Komutator ini berfungsi sebagai penyearah mekanik yang akan dipakai bersama-sama dengan sikat. Sikat-sikat ditempatkan sedemikian rupa sehingga komutasi terjadi pada saat sisi kumparan berbeda.

5. Jangkar

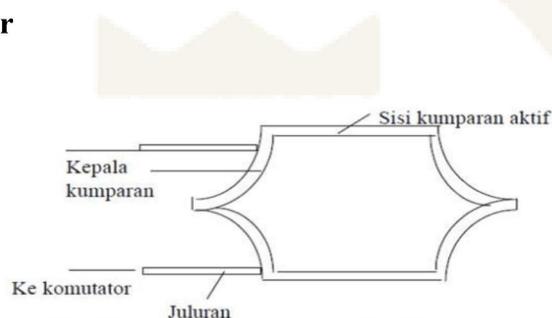
Jangkar dibuat dari bahan *ferromagnetic* dengan maksud agar kumparan



Gambar 5 jangkar

jangkar terletak dalam daerah yang induksi magnetiknya besar, agar tegangan induksi yang dihasilkan dapat bertambah besar.

6. Belitan jangkar



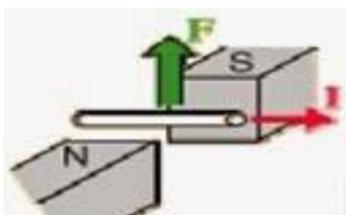
Gambar 6 Belitan jangkar

Belitan jangkar merupakan bagian yang terpenting pada mesin arus searah, berfungsi untuk tempat timbulnya tenaga putar motor.

2.4.2 Mekanisme Secara Umum ^[2]

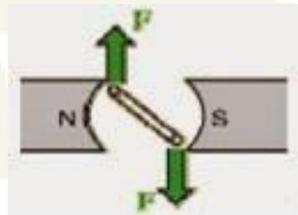
Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor listrik secara umum :

1. Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.



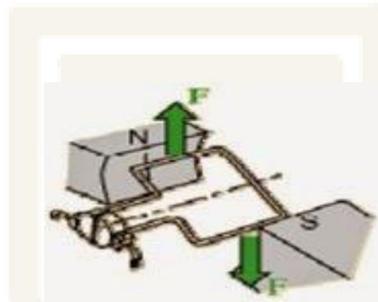
Gambar 7 Gaya medan magnet

2. Jika kawat yang membawa arus di bengkokkan menjadi sebuah lingkaran atau loop maka kedua sisi loop yaitu pada sudut kanan medan magnet akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.



Gambar 8 Gaya medan magnet

3. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar atau *torque* untuk memutar kumparan.



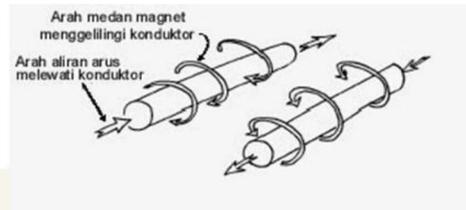
Gambar 9 Gaya medan magnet

4. Motor-motor memiliki beberapa loop pada dinamanya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

Sedangkan untuk prinsip kerja pada Motor DC adalah jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar konduktor. Medan magnet hanya terjadi di sekitar sebuah konduktor jika ada arus mengalir pada konduktor

tersebut. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor.

Dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 10 Arus medan magnet

Pada motor dc, daerah kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya berlangsung melalui medan magnet, dengan demikian medan magnet disini selain berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan energi, sekaligus sebagai tempat berlangsungnya proses perubahan energi.

Agar proses perubahan energi mekanik dapat berlangsung secara sempurna, maka tegangan sumber harus lebih besar daripada tegangan gerak yang disebabkan reaksi lawan. Dengan memberi arus pada kumparan jangkar yang dilindungi oleh medan maka menimbulkan perputaran pada motor.

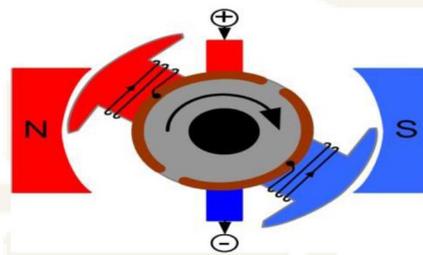
Kutub-kutub magnet akan menghasilkan medan magnet dengan arah dari kutub utara ke kutub selatan. Jika medan magnet memotong sebuah kawat penghantar yang dialiri arus searah dengan empat jari, maka akan timbul gerak searah ibu jari. Gaya ini disebut *gaya Lorentz*, yang besarnya sama dengan F . Prinsip motor adalah aliran arus di dalam penghantar yang berada di dalam pengaruh medan magnet akan

menghasilkan gerakan. Besarnya gaya pada penghantar akan bertambah besar jika arus yang melalui penghantar bertambah besar.

2.4.3 *Komponen Utama Motor DC*^[2]

1. Kutub medan

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



Gambar 11 Kutub Medan

Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.

2. Dinamo

Bila arus masuk menuju dinamo, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke penggerak untuk menggerakkan beban.

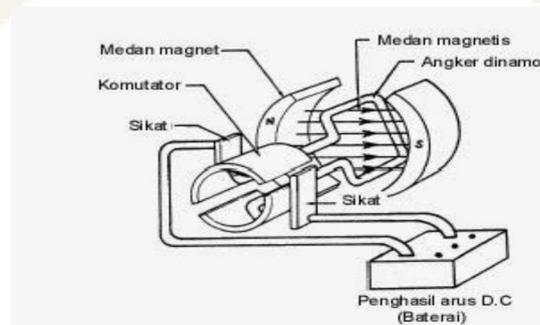


Gambar 12 Dinamo

Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo 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 dinamo.

3. *Commutator*

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



Gambar 13 Commutator

Catu tegangan dc dari lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar di atas disebut angker dinamo. Angker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet.

Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban dalam hal ini mengacu kepada keluaran tenaga putar / *torque* sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan ke dalam tiga kelompok :

1. Beban *torque* konstan adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun *torque* nya tidak bervariasi. Contoh beban dengan *torque* konstan adalah conveyors, rotary kilns, dan pompa displacement konstan.
2. Beban dengan variabel *torque* adalah beban dengan *torque* yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan variabel *torque* adalah pompa sentrifugal dan fan (*torque* bervariasi sebagai kuadrat kecepatan).
3. Beban dengan energi konstan adalah beban dengan permintaan *torque* yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

2.5 MIKROKONTROLER ATMega 16^[3]

Mikrokontroler ini menggunakan arsitektur Harvard yang memisahkan memori program dari memori data, baik bus alamat maupun bus data, sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (*concurrent*), adapun block diagram arsitektur ATMega16. Secara garis besar mikrokontroler ATMega16 terdiri dari :

1. Arsitektur RISC dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16Mhz.
2. Memiliki kapasitas Flash memori 16Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1Kbyte.
3. Saluran I/O 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. User interupsi internal dan eksternal.
6. Port antarmuka SPI dan Port USART sebagai komunikasi serial.

7. Fitur Peripheral :

- Dua buah 8-bit timer/counter dengan prescaler terpisah dan *mode compare*.
- Satu buah 16-bit timer/counter dengan prescaler terpisah, *mode compare*, dan *mode capture*.
- Real time counter dengan osilator tersendiri.
- Empat kanal PWM dan Antarmuka komparator analog.
- 8 kanal, 10 bit ADC.
- *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*.
- *Watchdog* timer dengan osilator internal.

2.5.1 Konfigurasi Pin ATmega16^[3]

Konfigurasi pin mikrokontroler Atmega16 dengan kemasan 40. Dari gambar tersebut dapat terlihat ATmega16 memiliki 8 Pin untuk masing-masing Port A, Port B, Port C, dan Port D. Deskripsi Mikrokontroler ATmega16 VCC (*Power Supply*) dan GND(*Ground*).

A. Port A (PA7.PA0)

Port A berfungsi sebagai input analog pada konverter A/D. Port A juga sebagai suatu port I/O 8-bit dua arah, jika A/D konverter tidak digunakan. Pin-pin Port dapat menyediakan resistor internal *pull-up* (yang dipilih untuk masing-masing bit). Port A output *buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber.

Ketika pin PA0 ke PA7 digunakan sebagai input dan secara eksternal ditarik rendah, pin-pin akan memungkinkan arus sumber jika resistor internal *pull-up*

diaktifkan. Port A adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi *reset* menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

B. Port B (PB7.PB0)

Pin B adalah suatu pin I/O 8-bit dua arah dengan resistor internal *pull-up* yang dipilih untuk beberapa bit. Pin B output *buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber.

Sebagai input, Pin B yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pin B adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi *reset* menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

C. Port C (PC7.PC0)

Pin C adalah suatu pin I/O 8-bit dua arah dengan resistor internal *pull-up* yang dipilih untuk beberapa bit. Pin C output *buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber.

Sebagai input, pin C yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pin C adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi *reset* menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

D. Port D (PD7.PD0)

Pin D adalah suatu pin I/O 8-bit dua arah dengan resistor internal *pull-up* yang dipilih untuk beberapa bit. Pin D output *buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber.

Sebagai input, pin D yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pin D adalah *tri-stated* mana kala suatu kondisi *reset* menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

E. RESET (*Reset input*)

F. XTAL1 (*Input Oscillator*)

G. XTAL2 (*Output Oscillator*)

H. AVCC

Adalah pin penyedia tegangan untuk Port A dan Konverter A/D.

I. AREF

Adalah pin referensi analog untuk konverter A/D.

J. Peta Memori ATmega16

Memori Program Arsitektur ATmega16 mempunyai dua memori utama, yaitu memori data dan memori program. Selain itu, ATmega16 memiliki memori EEPROM untuk menyimpan data.

ATmega16 memiliki 16Kbyte *On-chip In-System Reprogrammable Flash Memory* untuk menyimpan program. Instruksi ATmega16 semuanya memiliki format 16 atau 32 bit, maka memori flash diatur dalam 8K x 16 bit. Memori flash dibagi kedalam dua bagian, yaitu bagian program boot dan aplikasi. *Bootloader* adalah program kecil yang bekerja pada saat sistem dimulai yang dapat memasukkan seluruh program aplikasi ke dalam memori prosesor.

2.5.2 Memori Data EEPROM^[3]

ATmega16 terdiri dari 512 *byte* memori data EEPROM 8 bit, data dapat ditulis / dibaca dari memori ini, ketika catu daya dimatikan, data terakhir yang

ditulis pada memori EEPROM masih tersimpan pada memori ini, atau dengan kata lain memori EEPROM bersifat *nonvolatile*. Alamat EEPROM mulai dari \$000 sampai \$1FF.

2.5.3 Analog To Digital Converter^[3]

AVR ATMega16 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan resolusi 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC dapat dikonfigurasi, baik *single ended* input maupun differential input.

Selain itu, ADC ATMega16 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau (*noise*) yang amat fleksibel sehingga dapat dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan dari ADC itu sendiri. ADC pada ATMega16 memiliki fitur-fitur antara lain :

- AREF adalah pin referensi analog untuk konverter A/D.
- Resolusi mencapai 10-bit.
- Akurasi mencapai ± 2 LSB.
- Waktu konversi 13-260 μ s.
- 8 saluran ADC dapat digunakan secara bergantian.
- Jangkauan tegangan input ADC bernilai dari 0 hingga VCC.
- Disediakan 2,56V tegangan referensi internal ADC.
- Mode konversi kontinyu atau mode konversi tunggal.
- Interupsi ADC *complete*.
- *Sleep Mode Noise Canceler*.

Proses inisialisasi ADC meliputi proses penentuan clock, tegangan referensi, format data keluaran, dan modus pembacaan. Register-register yang perlu diatur adalah sebagai berikut :

ADC Control and Status Register A – ADCSRA.

ADEN : 1 = adc enable, 0 = adc disable.

ADCS : 1 = mulai konversi, 0 = konversi belum terjadi.

ADATE: 1 = auto trigger diaktifkan, trigger berasal dari sinyal yang dipilih (set pada trigger SFIOR bit ADTS). ADC akan start konversi pada edge positif sinyal trigger.

ADIF :1= jika konversi ADC selesai dan data register terupdate. Namun ADC *Conversion Complete Interrupt* dieksekusi jika bit ADIE dan bit-I dalam register SREG diset.

Tabel 1 Analog Digital Converter

ADTS2	ADTS1	ADTS0	Trigger Source
0	0	0	Free Running mode
0	0	1	Analog Comparator
0	1	0	External Interrupt Request 0
0	1	1	Timer/Counter0 Compare Match
1	0	0	Timer/Counter0 Overflow
1	0	1	Timer/Counter Compare Match B
1	1	0	Timer/Counter1 Overflow
1	1	1	Timer/Counter1 Capture Event

LM35, sensor suhu yg memiliki output yang linear sebesar $10\text{mV}/^\circ\text{C}$. Jadi tiap kenaikan 10mV , maka suhu bertambah 1°C . Dengan tingkat akurasi 0.5°C . Memiliki range pengukuran antara -55 s/d 150°C . Dengan menggunakan rangkaian dasar, atau yang disebut *Basic Centigrade Temperature Sensor*, maka si LM35 memiliki range pengukuran $0\text{mV} - 10\text{mV}/^\circ\text{C}$. Jika dibuatkan kesetaraan antara voltage dengan suhu, maka akan terlihat sbb :

$$0\text{V}=0^\circ\text{C}$$

$$10\text{mV}=1^\circ\text{C}$$

$$100\text{mV}=10^\circ\text{C}$$

$$1000\text{mV}=100^\circ\text{C}$$

$$1500\text{mV} = 150^\circ\text{C}$$

Jika menggunakan rangkaian *Full-Range Centigrade Temperature Sensor*, lain lagi range pengukurannya. Dengan melihat karakteristik tersebut, maka dengan teknik ADC (*Analog to Digital Conversion*) kita bisa melakukan konversi dari tegangan ke suhu. Karena yang didiskusikan kali ini menggunakan mikrokontroler ATMEGA8535. Maka secara internal dia sudah memiliki ADC yang berjumlah 8 channel 10 bit. Range voltage dari 0 s/d volt_{max} sama dengan nilai 0 s/d 1024 (2^{10}). Secara internal, si uC menggunakan rumus sebagai berikut untuk mengeluarkan output ADC :

Hasil Konversi ADC = $(V_{\text{in}} * 1024) / V_{\text{ref}}$ Dimana V_{in} adalah output LM35.

Jika V_{ref} diberi tegangan 5 V (5000 mV). Dan LM35 tidak mengeluarkan tegangan, maka $0 * 1024 / 5000 = 0$. Jika LM35 mengeluarkan tegangan sebesar 1 mV, maka uC akan mengeluarkan angka digital: $1 * 1024 / 5000 = 0.2048 \Rightarrow 0$.

Jika LM35 mengeluarkan tegangan sebesar 10 mV, maka uC akan mengeluarkan

angka digital : $10 * 1024 / 5000 = 2.048 \Rightarrow 2$. Jika LM35 mengeluarkan tegangan sebesar 1 V (1000 mV), maka uC akan mengeluarkan angka digital: $1000 * 1024 / 5000 = 204.8 \Rightarrow 205$. Sekarang cara membacanya dibalik. Setiap kita mendapatkan output digital dari uC, berapa hasil konversinya dalam bentuk tegangan?. Dari pertanyaan tersebut dihasilkan kesimpulan, bahwa setiap satu digit LSB yang dikeluarkan ADC uC akan bernilai sebesar : $1 \text{ LSB} = V_{\text{ref}} / (2^n - 1)$

Jika V_{ref} adalah 5000 mV, maka : 1 LSB-nya kurang lebih = 4.9 mV (pembulatan). Sehingga rumus konversinya adalah :

$$\text{SUHU} = \text{Output_ADC} * \text{Kenaikan_satu_LSB} / \text{Volt_per_Celcius}$$

Dimana :

Output_ADC = adalah hasil pembacaan ADC uC

Kenaikan_satu_LSB = 4.9(jika $V_{\text{ref}} = 5\text{V}$)

Volt_per_celcius = 10 (karakteristik LM35, $10\text{mV}/^\circ\text{C}$)

Fitur :

- Kinerja tinggi, rendah daya AVR 8-bit Mikrokontroller.
- Advanced RISC Arsitektur :
 - 131 Instruksi Powerfull - *Most Single-clock Cycle Execution.*
 - 32 x 8 Register General Purpose Working.
 - Operasi Statis Penuh.
 - Sampai dengan 16 MIPS throughput pada 16 MHz.
 - 2-siklus Multiplier berada pada chipnya.

- **Ketahanan Tinggi segmen memori Non-volatile :**

- 16K *Byte* pemrograman memori flash didalam sistemnya.
- 512 *Byte* EEPROM.
- 1K *Byte* internal SRAM.
- Menulis / Menghapus dengan Siklus: 10.000 Flash/100, 000 EEPROM.
- Data retensi: 20 tahun pada 85 ° C/100 tahun pada 25 ° C (1).
- Boot Kode Bagian Opsional dengan Bits Lock Independen.
- Pemrograman didalam sistem secara On-chip Program Boot Baca-Tulis-Saat beroperasi.
- Programming Lock untuk Keamanan Software.

- **JTAG (IEEE std 1149,1 Compliant) Interface :**

- Batas-scan Kemampuan Menurut Standar JTAG.
- Ekstensif On-chip Dukungan Debug.
- Pemrograman Flash, EEPROM, Sekering, dan Lock Bits melalui Antarmuka JTAG.

- **Fitur Peripheral :**

- Dua 8-bit Timer / Counter dengan Prescalers terpisah dan Mode Bandingkan.
- Satu 16-bit Timer / Counter dengan Prescaler terpisah, Mode Bandingkan, dan *Capture Mode*.
- Counter Real Time dengan Osilator terpisah.
- Empat PWM Channels.
- 8-channel, 10-bit ADC.

- 8 Single-ended Saluran.
- 7 Differential Saluran dalam Paket TQFP Hanya.
- Differential Saluran dengan Gain Programmable pada 1x, 10x, atau 200x.
- *Byte-oriented* Antarmuka Dua-kawat Serial.
- Serial USART Programmable.
- Master / Slave SPI Serial Interface.
- Timer Programmable Watchdog On-chip dengan Oscillator terpisah .
- Komparator Analog On-chip.

- **Fitur Khusus Mikrokontroler :**

- Power-on *Reset* dan Programmable *Brown-out Detection*.
- RC Oscillator internal yang Dikalibrasi.
- Interrupt Sumber Eksternal dan Internal.
- Enam Sleep Mode: *Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby* dan siaga diperpanjang.

- **I / O dan Paket :**

- 32 Programmable I / O.
- 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, dan 44-pad QFN / MLF.

- **Operasi Tegangan :**

- 5.5V untuk ATmega16L.
- -5.5V untuk ATmega16.

- **Kelas Kecepatan :**

- 0 - 8 MHz untuk ATmega16L.
- 0 - 16 MHz untuk ATmega16.

- **Konsumsi Daya @ 1 MHz, 3V, dan 25 ° C untuk ATmega16L**
 - Aktif: 1,1 mA.
 - Diam Mode: 0,35 mA.
 - Power-down Mode: 10^{-4} mA.

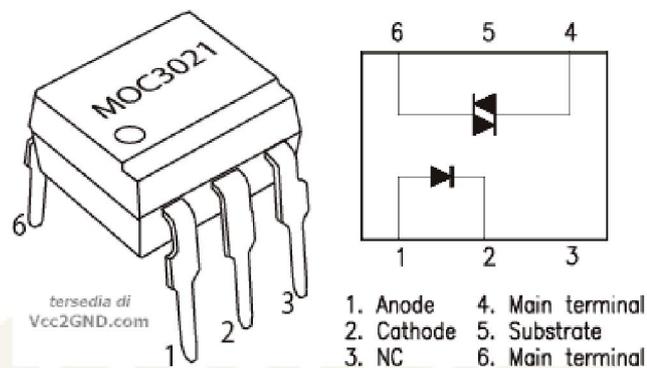
2.5.4 Mikrokontroler ^[3]

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu chip. Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa port masukan maupun keluaran, dan beberapa peripheral seperti pencacah / pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan serial komunikasi.

Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (*Reduce Instruction Set Compute*) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard. Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega dan ATtiny.

Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fiturnya. Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroler ATmega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya *Arithmetic and Logical Unit* (ALU), himpunan register kerja, register dan dekoder instruksi, dan pewaktu serta komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam chip yang sama dengan prosesornya (in chip).

2.6 Optocoupler ^[4]



Gambar 14 MOC 3021

MOC 3021 adalah sebagai Optoisolator merupakan komponen semikonduktor yang tersusun atas LED infra merah dan sebuah photo *triac* yang digunakan sebagai pengendali *triac*. Optoisolator biasanya digunakan sebagai antar muka (interface) antara rangkaian pengendali dengan rangkaian daya (*triac*) dan juga sebagai pengamanan rangkaian kendali, karena antara LED infra merah dan photo *triac* tidak terhubung secara elektrik, sehingga bila terjadi kerusakan pada rangkaian daya (*triac*) maka rangkaian pengendali tidak ikut rusak.

Optoisolator biasanya terdiri dari dua macam yaitu optoisolator yang terintegrasi dengan rangkaian *zero crossing* detector dan optoisolator yang tidak memiliki rangkaian *zero crossing* detector.

Optoisolator yang terintegrasi dengan *zero crossing* detector biasanya menggunakan *triac* sebagai *solid state relay* (SSR), sedangkan pada optoisolator yang tidak terintegrasi dengan *zero crossing* detector biasanya menggunakan *triac* untuk mengendalikan tegangan.

Simbol Optoisolator hal-hal yang diperlukan dalam menggunakan optoisolator adalah besarnya arus pada dioda infra merah untuk membuat photo triac terkunci (*latch*), juga besarnya arus maksimum yang mampu dilewati photo triac untuk mengalirkan arus gate pada triac daya.

2.6.1 Optocoupler^[4]

Optocoupler yang terbuat dari bahan Semikonduktor dan terdiri dari kombinasi LED (*Light Emitting Diode*) dan Phototransistor. Dalam kombinasi ini, LED berfungsi sebagai pengirim sinyal cahaya optik (Transmitter) sedangkan Phototransistor berfungsi sebagai penerima cahaya tersebut (Receiver). Jenis-jenis lain dari Optocoupler diantaranya adalah kombinasi LED-Photodiode, LED-LASCR dan juga Lamp-Photoresistor.

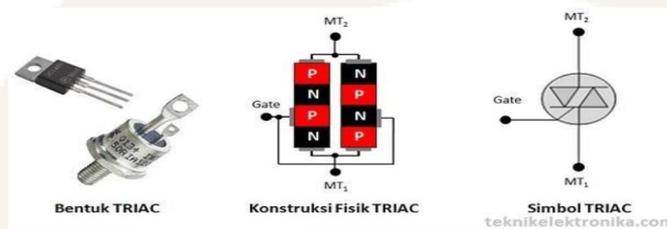
2.7 TRIAC^[5]

Pengertian TRIAC dan Aplikasinya – TRIAC adalah perangkat semikonduktor berterminal tiga yang berfungsi sebagai pengendali arus listrik. Nama TRIAC ini merupakan singkatan dari TRIode for Alternating Current (Trioda untuk arus bolak balik). Sama seperti SCR, TRIAC juga tergolong sebagai Thyristor yang berfungsi sebagai pengendali atau Switching. Namun, berbeda dengan SCR yang hanya dapat dilewati arus listrik dari satu arah (*unidirectional*), TRIAC memiliki kemampuan yang dapat mengalirkan arus listrik ke kedua arah (*bidirectional*) ketika dipicu. Terminal Gate TRIAC hanya memerlukan arus yang relatif rendah untuk dapat mengendalikan aliran arus listrik AC yang tinggi dari dua arah terminalnya. TRIAC sering juga disebut dengan Bidirectional Triode Thyristor. Pada dasarnya, sebuah TRIAC sama dengan dua buah SCR yang disusun dan disambungkan secara antiparalel (paralel yang

berlawanan arah) dengan Terminal Gerbang atau Gate-nya dihubungkan bersama menjadi satu. Jika dilihat dari strukturnya, TRIAC merupakan komponen elektronika yang terdiri dari 4 lapis semikonduktor dan 3 Terminal, Ketiga Terminal tersebut diantaranya adalah MT1, MT2 dan Gate. MT adalah singkatan dari Main Terminal.

2.7.1 Bentuk dan Simbol TRIAC ^[5]

Berikut ini adalah gambar dan Struktur serta Simbol TRIAC.



Gambar 15 Struktur dan simbol TRIAC

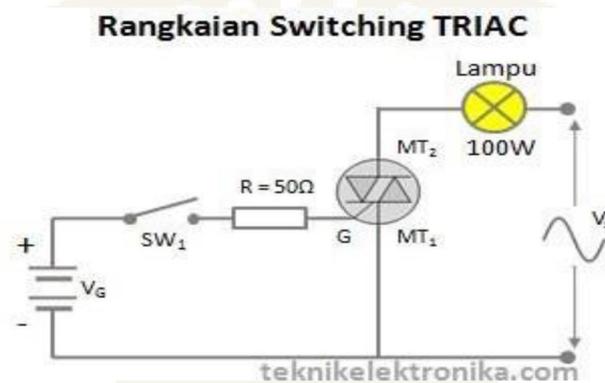
2.7.2 Aplikasi TRIAC ^[5]

TRIAC merupakan komponen yang sangat cocok untuk digunakan sebagai *AC Switching* (Saklar AC) karena dapat mengendalikan aliran arus listrik pada dua arah siklus gelombang bolak-balik AC. Kemampuan inilah yang menjadi kelebihan dari *TRIAC* jika dibandingkan dengan *SCR*. Namun *TRIAC* pada umumnya tidak digunakan pada rangkaian *switching* yang melibatkan daya yang sangat tinggi. Salah satu alasannya adalah karena karakteristik *Switching TRIAC* yang non-simetris dan juga gangguan elektromagnetik yang diciptakan oleh listrik yang berdaya tinggi itu sendiri.

Beberapa aplikasi *TRIAC* pada peralatan-peralatan Elektronika maupun listrik diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Pengatur pada Lampu Dimmer.
2. Pengatur Kecepatan.
3. Pengatur Motor kecil.
4. Pengatur pada peralatan-peralatan rumah tangga yang berarus listrik AC.

2.7.3 Rangkaian Switching TRIAC^[5]



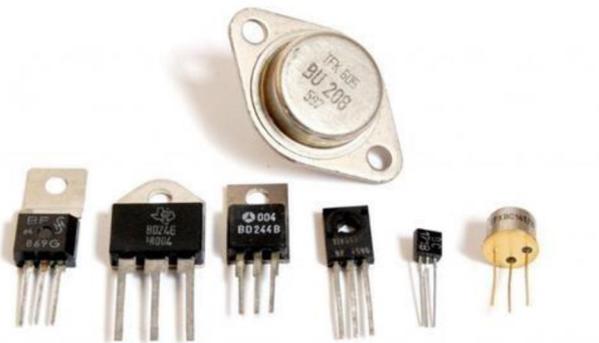
Gambar 16 Rangkaian *Switching TRIAC*

Gambar diatas adalah Rangkaian dasar dari aplikasi *TRIAC* yang digunakan sebagai *Switching* (Saklar). Pada saat SW_1 terbuka, tidak ada arus listrik yang mengalir ke terminal *Gate TRIAC* dan Lampu dalam kondisi *OFF* (mati). Saat SW_1 tertutup/dihubungkan, Terminal *Gate* pada *TRIAC* akan dialiri oleh arus listrik melalui Resistor (R) dari sumber daya DC atau Baterai (V_G). Hal ini akan menggerakkan *TRIAC* menjadi Konduktor yang menghubungkan Lampu dengan sumber arus listrik AC. Lampu akan berubah menjadi *ON* (Nyala).

2.8 TRANSISTOR ^[6]

Transistor adalah komponen elektronika semikonduktor yang memiliki 3 kaki elektroda, yaitu Basis (dasar), Kolektor (pengumpul) dan Emitor (pemancar).

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



Gambar 17 Gambar Transistor

2.8.1 Fungsi Transistor ^[6]

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

- a. Sebagai sebuah penguat (amplifier).
- b. Sebagai saklar atau sirkuit pemutus dan penyambung (switching).
- c. Stabilisasi tegangan (stabilisator).
- d. Sebagai perata arus.

- e. Menahan sebagian arus.
- f. Memperkuat arus.
- g. Meningkatkan frekuensi rendah maupun tinggi.
- h. Modulasi sinyal dan berbagai fungsi lainnya.

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

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

Daerah Jenuh Transistor pada daerah kerja transistor saat jenuh adalah keadaan dimana transistor mengalirkan arus secara maksimum dari kolektor ke emitor sehingga transistor tersebut seolah-olah short pada hubungan kolektor – emitor. Pada daerah ini transistor dikatakan menghantar maksimum (sambungan CE terhubung maksimum)

Daerah Aktif Transistor pada daerah kerja ini transistor biasanya digunakan sebagai penguat sinyal. Transistor dikatakan bekerja pada daerah aktif karena transistor selalu mengalirkan arus dari kolektor ke emitor walaupun tidak dalam proses penguatan sinyal, hal ini ditujukan untuk menghasilkan sinyal keluaran

yang tidak cacat. Daerah aktif terletak antara daerah jenuh (saturasi) dan daerah mati (Cut off).

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

Untuk membuat transistor menghantar, pada masukan basis perlu diberi tegangan. Besarnya tegangan harus lebih besar dari V_{be} (0,3 untuk germanium dan 0,7 untuk silicon). Dengan mengatur $I_b > I_c/\beta$ kondisi transistor akan menjadi jenuh seakan kolektor dan emitor short circuit. Arus mengalir dari kolektor ke emitor tanpa hambatan dan $V_{ce} \approx 0$. Besar arus yang mengalir dari kolektor ke emitor sama dengan V_{cc}/R_c . Keadaan seperti ini menyerupai saklar dalam kondisi tertutup (ON). Dengan mengatur $I_b = 0$ atau tidak memberi tegangan pada bias basis atau basis diberi tegangan mundur terhadap emitor maka transistor akan dalam kondisi mati (cut off), sehingga tak ada arus mengalir dari kolektor ke emitor ($I_c \approx 0$) dan $V_{ce} \approx V_{cc}$.

2.8.2 Jenis-Jenis Transistor^[6]

a. BJT (Bipolar Junction Transistor)

BJT memiliki dua dioda yang kutub positif dan negatifnya berhimpitan, serta memiliki 3 buah terminal yaitu emitter (E), kolektor (C), dan basis (B).

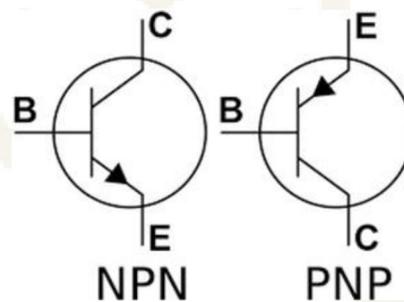
BJT dapat di bagi lagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. NPN (Negative Positive Negative)

Huruf n dan p pada transistor jenis ini menunjukkan pembawa muatan mayoritas pada daerah yang berbeda pada transistor. Transistor NPN terdiri dari 1 lapisan semi konduktor tipe p di antara dua lapisan semi konduktor tipe n. Arus kecil yang melalui basis pada emiter dikuatkan di keluaran kolektor. Dengan kata lain transistor NPN hidup ketika tegangan basis lebih tinggi dari tegangan emiter. Tanda panah pada simbol diletakkan pada kaki emiter dan menunjuk keluar (arah aliran arus konvensional ketika piranti di bias maju).

2. PNP (Positiv Negative Positive)

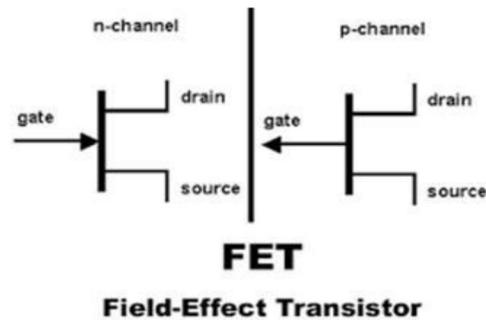
Transistor PNP terdiri dari satu lapisan semi konduktor tipe n di antara dua lapisan semikonduktor tipe p. Arus kecil yang meninggalkan basis pada mode tunggal emiter dikuatkan di keluaran kolektor. Dengan kata lain transistor PNP hidup ketika tegangan basis lebih rendah daripada tegangan emiter. Tanda panah pada simbol diletakkan pada emiter dan menunjuk ke dalam.



Gambar 18 Simbol NPN dan PNP

b. FET (Field Effect Transistor)

FET menggunakan medan listrik untuk mengendalikan konduktifitas suatu kanal dari pembawa, muatan tunggal dalam semi konduktor.



Gambar 19 FET (Field-Effect Transistor)

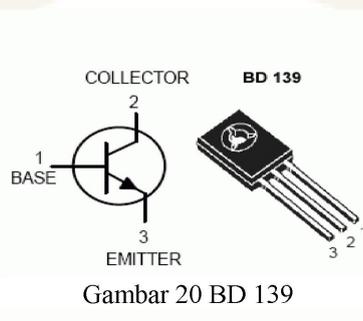
FET memiliki 3 terminal, yaitu *source* (S), *Gate* (G) dan *Drain* (D).

Jenis transistor *FET* dapat dibagi menjadi:

1. *JFET* (*Junction FET*), dengan metode mempertemukan antara p - n yang di panjang guna memisahkan *Gate* dan *Body*.
2. *MOSFET* (*Metal Oxide Semiconductor FET*), menempatkan isolator di antara *Gate* dan *Body*.
3. *MESFET* (*Metal Semiconductor FET*) , pertemuan antara p dan n pada *JFET* digantikan dengan penghalang *Schottky*, yang digunakan pada *GaAs* dan semikonduktor lainnya.
4. *HEMT* (*High Electron Mobility Transistor*/ Transistor yang memiliki pergerakan elektron yang tinggi), disebut juga *HFET* (*Heterostructure FET*, *FET Struktur Campuran*), isolator antar *gate* dan *body* dibentuk dari material yang memiliki lebar celah berbeda.
5. *FREDFET* (*Fast Reverse/ Recovery Epitaxial Diode FET*, *FET dioda Eitaksial Cepat Balik/ Pulih*). *FET* di desain khusus untuk memperlancar / mempercepat pemulihan dioda pada *body*.

6. *ISFET (Ion Sensitive FET/ FET Sensitif Ion)*, digunakan untuk mengukur konsentrasi ion pada larutan. Ketika konsentrasi ion (pH) berubah, arus mengalir pada transistor akan juga berubah.
7. *DNAFET*, adalah *FET* khusus yang berfungsi sebagai biosensor dengan menggunakan gerbang (gate) yang di buat dari molekul salah satu helai dari DNA untuk mendeteksi helaian DNA yang sesuai/cocok.

2.8.3 Transistor sebagai saklar^[7]



Transistor bekerja sebagai saklar. Saklar transistor berfungsi seperti halnya saklar mekanik yaitu memutuskan (off) dan menghubungkan (on) arus listrik. Saklar transistor mempunyai keuntungan dibandingkan dengan saklar mekanik :

Saklar transistor mempunyai keuntungan dibandingkan dengan saklar mekanik :

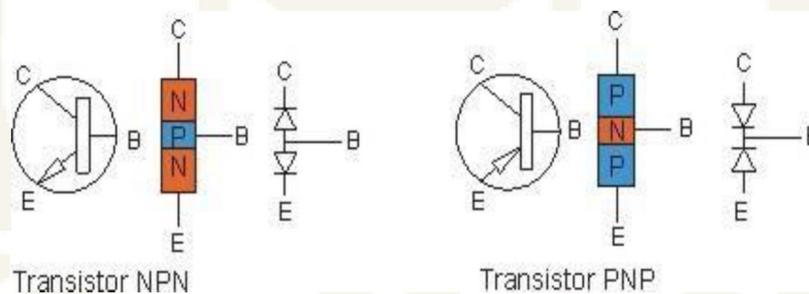
1. Transistor dapat dibuat dalam ukuran sangat kecil.
2. Dapat bekerja sangat cepat dan dapat diandalkan.

Transistor menyumbat karena pembawa muatan terperosok sehingga aliran listrik terhenti. Agar transistor dapat menghantar pembawa muatan yang terperosok

tadi perlu kita bantu dorong agar dapat menghantar listrik. Baiklah sekarang kita tinjau lebih terperinci.

Transistor dibuat dengan tiga lapis semikonduktor. Dapat dibuat lapisan PNP ataupun lapisan NPN. Dengan demikian kita mengenal 2 macam transistor, yaitu transistor PNP dan transistor NPN sesuai dengan jenis penyusunnya. Transistor mempunyai tiga kaki (elektroda) yang diberi nama *basis* (b), *emitor* (e) dan *colector* (c). *Basis* dihubungkan dengan pada lapisan tengah sedang *emitor* dan *colector* pada lapisan tepi.

Emitor artinya pemancar, disinilah pembawa muatan berasal. *Colector* artinya pengumpul. Pembawa muatan yang berasal dari *emitor* ditampung pada *Colector*. *Basis* artinya dasar, *basis* digunakan sebagai elektroda mengendali.



Gambar 21 Transistor NPN dan Transistor PNP

Sudah dapat anda tebak sambungan PNP atau NPN pastilah tidak dapat menghantar listrik karena susunan ini seperti dua dioda yang dipasang berhadapan. Seperti sudah kita ketahui pada sambungan P-N terdapat medan listrik. Keberadaan medan listrik tadi menjelaskan mengapa terjadi halangan potensial ketika dioda diberi tegangan maju dan adanya arus listrik pada *Solar Cell* saat cahaya jatuh padanya.

2.9 RECTIFIERE ^[8]

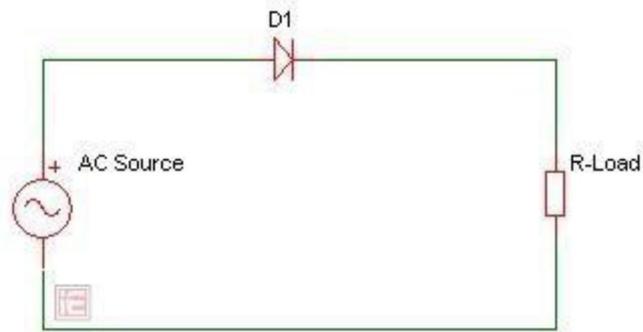
Pengertian *Rectifier* (Penyearah Gelombang) – *Rectifier* atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Penyearah Gelombang adalah suatu bagian dari Rangkaian Catu Daya atau *Power Supply* yang berfungsi sebagai pengubah sinyal AC (*Alternating Current*) menjadi sinyal DC (*Direct Current*). Rangkaian *Rectifier* atau Penyearah Gelombang ini pada umumnya menggunakan Dioda sebagai Komponen Utamanya. Hal ini dikarenakan Dioda memiliki karakteristik yang hanya melewatkan arus listrik ke satu arah dan menghambat arus listrik dari arah sebaliknya. Jika sebuah Dioda dialiri arus Bolak-balik (AC), maka Dioda tersebut hanya akan melewatkan setengah gelombang, sedangkan setengah gelombangnya lagi diblokir. Untuk lebih jelas, silakan lihat gambar dibawah ini :



Gambar 22 Penyearah gelombang

a. Penyearah Setengah Gelombang

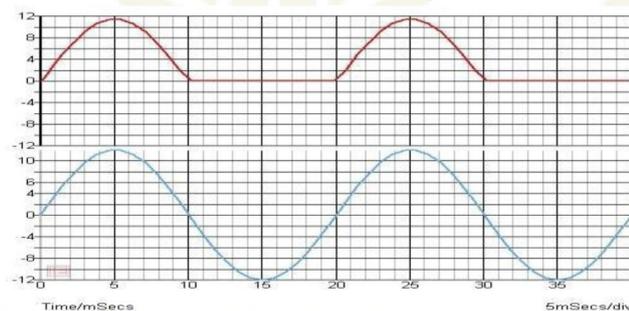
Rangkaian penyearah setengah gelombang merupakan rangkaian penyearah sederhana yang hanya dibangun menggunakan satu dioda saja, seperti diilustrasikan pada gambar berikut ini.



Gambar 23 Penyearah setengah gelombang

Prinsip kerja dari rangkaian penyearah setengah gelombang ini adalah pada saat setengah gelombang pertama (puncak) melewati dioda yang bernilai positif menyebabkan dioda dalam keadaan „forward bias“ sehingga arus dari setengah gelombang pertama ini bisa melewati dioda.

Pada setengah gelombang kedua (lembah) yang bernilai negatif menyebabkan dioda dalam keadaan „reverse bias“ sehingga arus dan setengah gelombang kedua yang bernilai negatif ini tidak bisa melewati dioda. Keadaan ini terus berlanjut dan berulang sehingga menghasilkan bentuk keluaran gelombang seperti diperlihatkan pada gambar berikut ini.



Gambar 24 Bentuk penyearah setengah gelombang

Dari gambar di atas, gambar kurva „D1-anoda“ (biru) merupakan bentuk arus AC sebelum melewati dioda dan kurva „D1-katoda“ (merah) merupakan bentuk arus AC yang telah dirubah menjadi arus searah ketika melewati sebuah dioda. Pada gambar tersebut terlihat bahwa ketika gelombang masukan bernilai

positif, arus dapat melewati dioda tetapi ketika gelombang masukan bernilai negatif, arus tidak dapat melewati dioda. Karena hanya setengah gelombang saja yang bisa di searah-kan, itu sebabnya mengapa disebut sebagai Penyearah Setengah Gelombang. Rangkaian penyearah setengah gelombang ini memiliki kelemahan pada kualitas arus DC yang dihasilkan. Arus DC rata-rata yang dihasilkan dari rangkaian ini hanya 0,318 dari arus maksimum-nya, jika dituliskan dalam persamaan matematika adalah sebagai berikut;

$$I_{AV} = 0,318 \cdot I_{MAX}$$

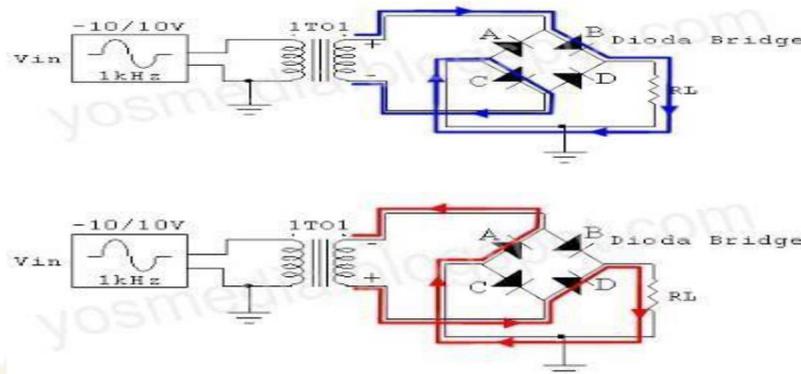
Oleh sebab itu rangkaian penyearah setengah gelombang lebih sering digunakan sebagai rangkaian yang berfungsi untuk menurunkan daya pada suatu rangkaian elektronika sederhana dan digunakan juga sebagai demodulator pada radio penerima AM.

b. Penyearah gelombang penuh

Penyearah gelombang penuh (full wave rectifier) adalah sistem penyearah yang menyearahkan semua siklus gelombang sinus menggunakan dua blok dioda (satu blok dioda bisa berupa satu atau beberapa dioda yang diparalel) yang bekerja secara komplen. Satu dioda bekerja pada fase siklus positif dan satu dioda bekerja pada fase siklus negatif yang telah dibalik. Oleh karena itu penyearah gelombang penuh identik dengan penggunaan transformator center tap (CT) yang memiliki dua buah output sinyal AC dengan fase berkebalikan.

Rangkaian penyearah gelombang penuh menghasilkan tegangan DC dengan riak (ripple) yang lebih sedikit dibanding penyearah setengan gelombang. Hal ini karena gelombang yang dihasilkan lebih rapat yaitu hasil penggabungan dari siklus sinyal sinus positif dan siklus sinyal sinus negatif yang telah dibalik

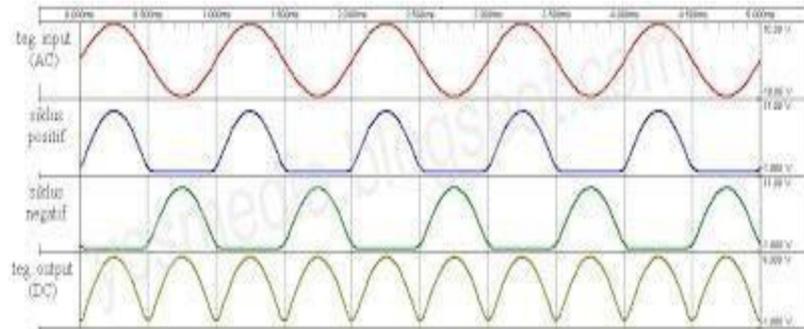
menjadi siklus positif. Jadi penyearah akan tetap mengeluarkan output pada periode gunung dan lembah dari sinyal sinus.



Gambar 25 penyearah gelombang penuh

1. Penyearah gelombang penuh dengan jembatan dioda (dioda bridge)

Pada dioda bridge, hanya ada 2 dioda saja yang menghantarkan arus untuk setiap siklus tegangan AC sedangkan 2 dioda lainnya bersifat sebagai isolator pada saat siklus yang sama. Untuk memahami cara kerja dioda bridge, perhatikanlah kedua gambar berikut. Saat siklus positif tegangan AC, arus mengalir melalui dioda B menuju beban dan kembali melalui dioda C. Pada saat yang bersamaan pula, dioda A dan D mengalami reverse bias sehingga tidak ada arus yg mengalir atau kedua dioda tersebut bersifat sebagai isolator. Sedangkan pada saat siklus negatif tegangan AC, arus mengalir melalui dioda D menuju beban dan kembali melalui dioda A. Karena dioda B dan C mengalami reverse bias maka arus tidak dapat mengalir pada kedua dioda ini. Kedua hal ini terjadi berulang secara terus menerus hingga didapatkan tegangan beban yang berbentuk gelombang penuh yang sudah disearahkan (tegangan DC). Grafik sinyal dari penyearah gelombang penuh dengan jembatan dioda (dioda bridge) ditunjukkan seperti pada gambar berikut :

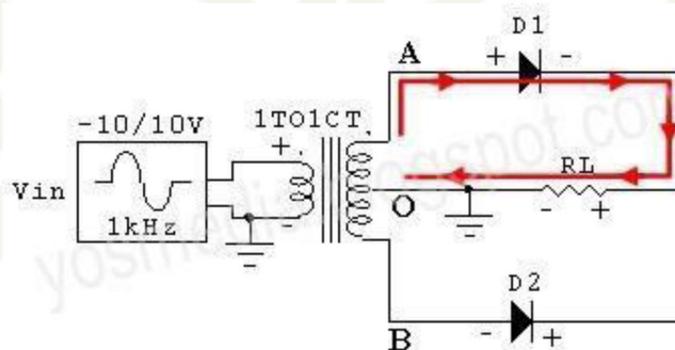


Gambar 26 Bentuk penyearah gelombang penuh

Jembatan dioda (dioda bridge) tersedia dalam bentuk 1 komponen saja atau pun bisa dibuat dengan menggunakan 4 dioda yang sama karakteristiknya. Yang harus diperhatikan adalah besar arus yang dilewatkan oleh dioda harus lebih besar dari besar arus yang dilewatkan pada rangkaian.

2. Penyearah gelombang penuh menggunakan 2 dioda

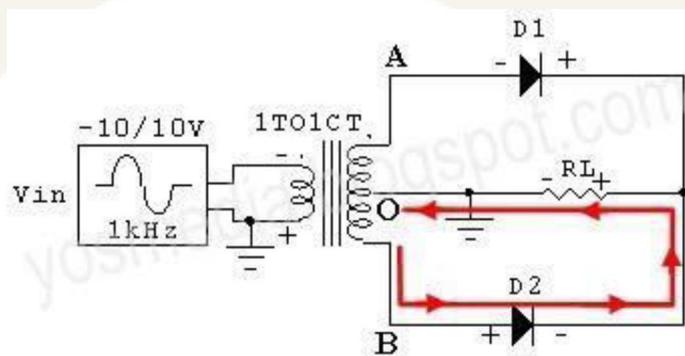
Seperti telah disebutkan diatas, penyearah gelombang penuh menggunakan 2 dioda ini hanya bisa digunakan pada transformator CT, dimana tegangan sekunder yang dihasilkan oleh trafo CT ini adalah :
dimana V_1 =teg primer dan V_2 =teg sekunder



Gambar 27 Siklus positif

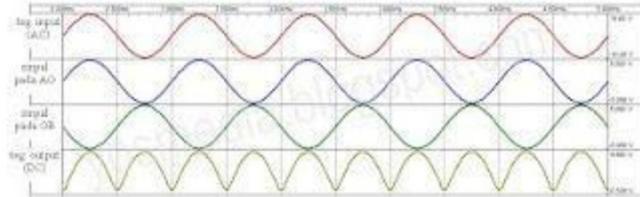
Cara kerja penyearah gelombang penuh jenis ini dapat dijelaskan seperti berikut :

Pada artikel mengenai trafo diketahui bahwa pada bagian sekunder trafo CT terdapat 2 sinyal output yang terjadi secara bersamaan, mempunyai amplitudo yang sama namun berlawanan fasa. Saat tegangan input (teg primer) berada pada siklus positif, pada titik AO akan terjadi siklus positif sementara pada titik OB akan terjadi siklus negatif. Akibatnya D1 akan mengalami panjaran maju (forward bias) sedangkan D2 mengalami panjaran balik (reverse bias) sehingga arus akan mengalir melalui D1 menuju ke beban dan kembali ke titik center tap.



Gambar 28 Siklus negatif

Saat tegangan input (teg primer) berada pada siklus negatif, pada titik AO akan terjadi siklus negatif sementara pada titik OB akan terjadi siklus positif. Akibatnya D2 akan mengalami panjaran maju (forward bias) sedangkan D1 mengalami panjaran balik (reverse bias) sehingga arus akan mengalir melalui D2 menuju ke beban dan kembali ke titik center tap. Dari penjelasan cara kerja penyearah gelombang penuh jenis ini terlihat bahwa tegangan yang terjadi pada beban mempunyai polaritas yang sama tanpa memperdulikan dioda mana yang menghantar karena arus mengalir melalui arah yang sama sehingga akan terbentuk gelombang penuh yang disearahkan seperti ditunjukkan pada grafik sinyal berikut.



Gambar 29 Grafik gelombang penuh 2 dioda

2.10 HEATER ^[9]

Pemanas listrik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, baik didalam rumah tangga ataupun pada peralatan dan mesin industri. Bentuk dan type dari Electrical Heating Element ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan. Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (Resistance Wire) biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan.



Gambar 30 simbol heater

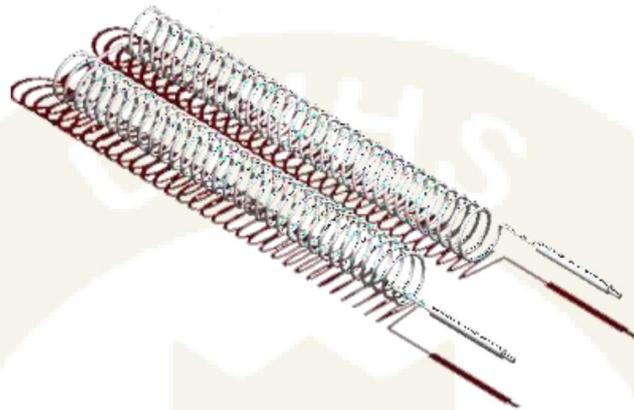
Ada 2 macam jenis utama pada elemen pemanas listrik ini yaitu :

Elemen Pemanas Listrik bentuk Dasar yaitu elemen pemanas dimana Resistance Wire hanya dilapisi oleh isolator listrik, macam-macam elemen pemanas bentuk ini adalah : Keramik Heater, Silica Dan Quartz Heater, Bank Channel heater, Black Body Keramik Heater.

2.10.1 Aplikasi Heater¹⁹⁾

Berikut ini diuraikan aplikasi dari elemen pemanas (*heater*) sesuai dengan jenis dan bentuk nya.

1. *Coil Heater*



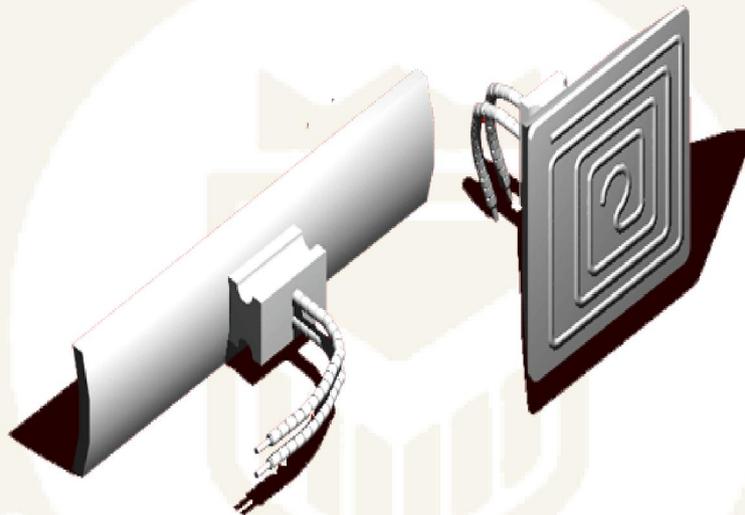
Gambar 31 Coil Heater

Bentuknya yang telanjang (tidak tertutup isolator ataupun pipa selongsong) cocok untuk memanaskan udara, panas yang dihasilkan langsung di transfer keudara sekitarnya, pemasangan heater ini menggunakan support (pegangan) dengan bahan isolator listrik yang baik dan tahan panas tinggi seperti : keramik, mika, asbes, fibrothal, castable dll.

Cocok untuk digunakan pada kompor listrik dan *oven* dan *furnace* (tungku) dimana media yang akan dipanaskan tidak langsung mengenai gulungan heater ini.

2. INFRA RED HEATER

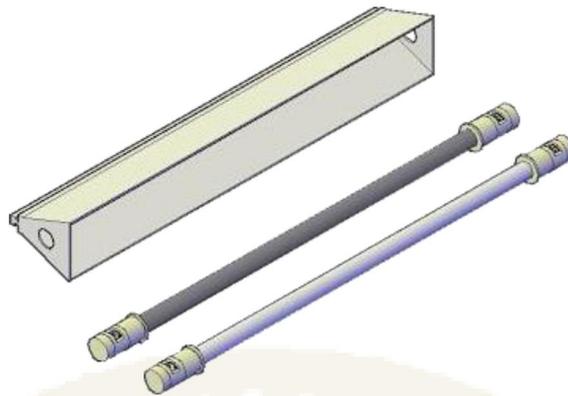
Coil (gulungan) niklin dicor bersama -sama bahan keramik. Pada Heater type ini digunakan sebagai sumber panas radiasi, dimana permukaan keramik pelapisnya berfungsi sebagai *reflector*. Heater jenis ini banyak digunakan untuk memanaskan benda - benda yang hasil permukaannya mengkilap seperti pada pengeringan hasil pengecatan atau pewarnaan, pembuatan *foam*, pengeringan hasil sablon dll.



Gambar 32 Infra Red Heater

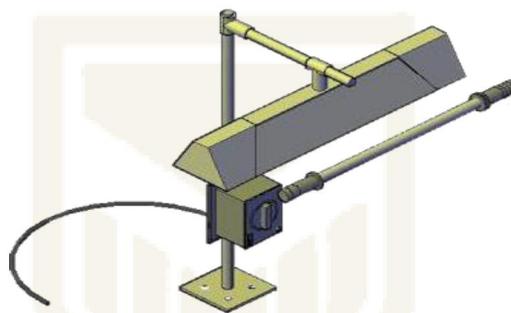
3. Silica & Infrara Heater

Coil atau gulungan niklin dimasukkan kedalam tabung (pipa) dari bahan *silica* atau *black body ceramic* yang di kedua ujungnya di beri terminal baut sebagai input *power* listrik dan kemudian ditutup oleh dop keramik.



Gambar 33 Heater Silica dan Infra Fara

Fungsi kedua type *heater* ini hampir sama dengan *infra red heater*, pemasangannya dilengkapi dengan *reflector* yang terbuat dari bahan *stainless steel* ataupun aluminium.

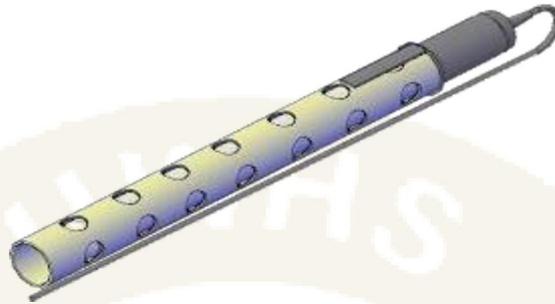


Gambar 34 Penggunaan Heater Silica dan Infra Fara

4. QUARTZHEATER

Heater jenis ini elemen pemanasnya di gulung diatas batangan keramik , sehingga kedua terminalnya ada pada satu sisi, kemudian gulungan ini dimasukan ke dalam tube berbahan Quartz (silica) dengan warna putih susu dan tube tadi di beri lapisan pipa pvc / teflon berlubang yang berfungsi sebagai pelindung quartz dari benturan dengan benda lain saat di celup ke cairan yg akan dipanaskan. Penggunaan *quartz heater* ini untuk memanaskan cairan kimia dengan suhu yang

tidak terlalu tinggi. seperti pada pengerjaan *electroplating*, *hardchrome* dan lain lain.



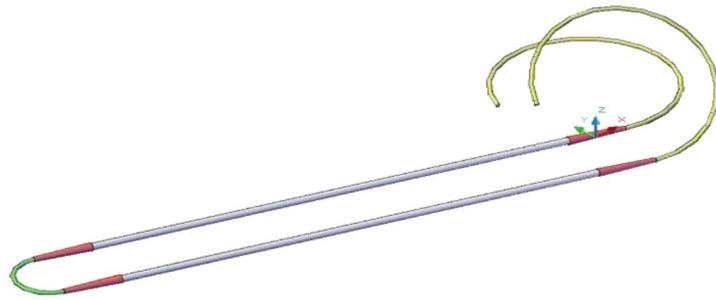
Gambar 35 Quartz Heater

5. **TUBULARHEATER**

Tubular Heater ini paling banyak bentuk nya, namun bisa digolongkan menurut pemakaiannya yaitu: **Tubularheater standar** Berbentuk lurus , *U form* , *W form multyform* ataupun *overtheside heater* digunakan untuk memanaskan udara atau cairan.



Gambar 36 Tubular Model Standar



Gambar 37 Deffrost Heater

Dipasaran heater jenis ini disebut juga *deffrost heater*, merupakan bentuk lanjut dari tubular heater hanya pada kedua terminal nya disambung kabel dan ditutup dengan resin khusus dimaksudkan agar tidak kemasukan cairan. Heater jenis ini banyak digunakan pada mesin-mesin pendingin dan pintu-pintu ruang pendingin agar tidak membeku sehingga mudah di buka.

a. *FINNEDHEATER*

Banyak digunakan pada *blowe rheater* , *dryer* dengan *fan motor* yang menghembuskan udara kepermukaan sirip atau *finned*.

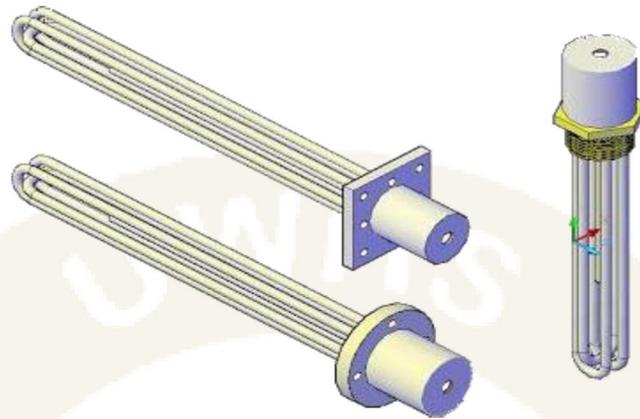


Gambar 38 Finned/Sirip Heater

b. *IMMERSIONHEATER*

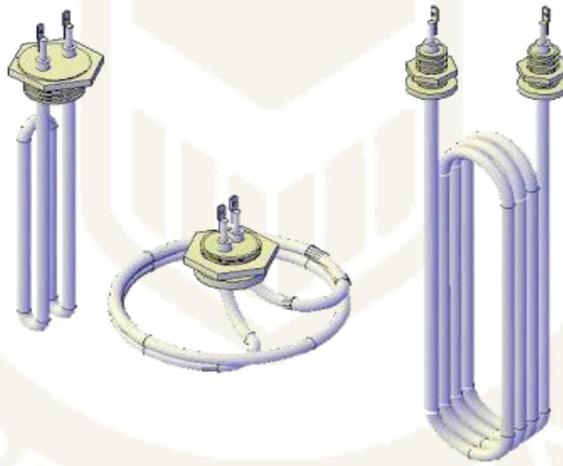
Adalah pemanas yang digunakan untuk memanaskan cairan, baik air ataupun bahan kimia. terdiri dari 1 atau lebih *tubular heater* berbentuk u

form yang dipasang pada flans ataupun nipple screw. ada beberapa jenis *flans* yaitu *flans* bulat dan persegi empat.



Gambar 39 Immersion Heater

c. *WATER HEATER*

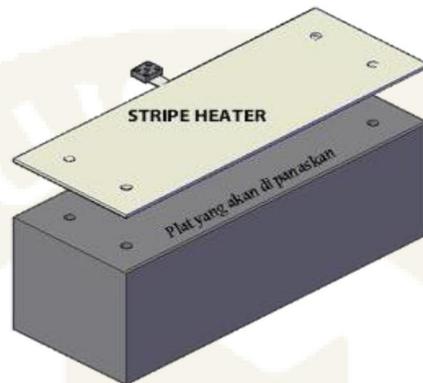


Gambar 40 Macam macam water Heater

Sesuai dengan namanya *heater* jenis ini digunakan untuk memanaskan cairan.

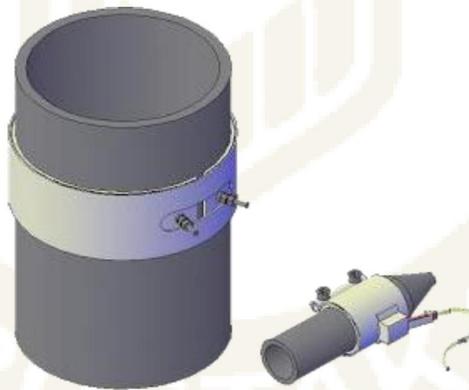
6. *STRIPE, NOZZLE DAN BAND HEATER*

Stripe heater digunakan untuk memanaskan permukaan benda yang rata, seperti pada *hotplate* dsb.



Gambar 41 Penggunaan stripe Heater

Band heater digunakan untuk memanaskan tabung atau pipa, *band heater* ini dilengkapi dengan baut pengunci pada bagian plat sabuk nya.



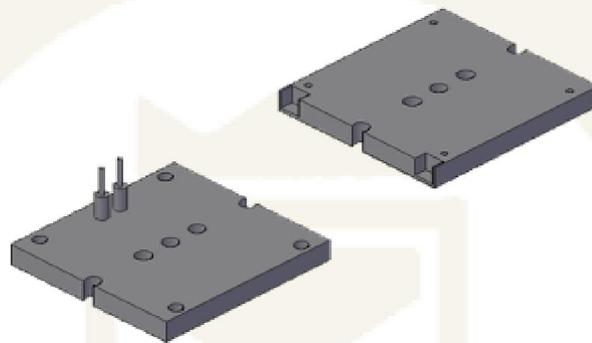
Gambar 42 Pemasangan Band Heater Dan Nozzle Heater

Seperti *band heater*, *nozzle heater* juga dipergunakan untuk memanaskan tabung, perbedaannya diameter *nozzle heater* lebih kecil dari 50 mm. *Nozzle heater* dan *band heater* paling banyak dipergunakan untuk *barrel* mesin ekstruder

dan *injection* plastik, pada *barrel* nya dipasang *band heater* dan pada ujung keluaran cairan plastik (*nozzle*) di pasang *nozzle heater*.

7. **CAST-INHEATER**

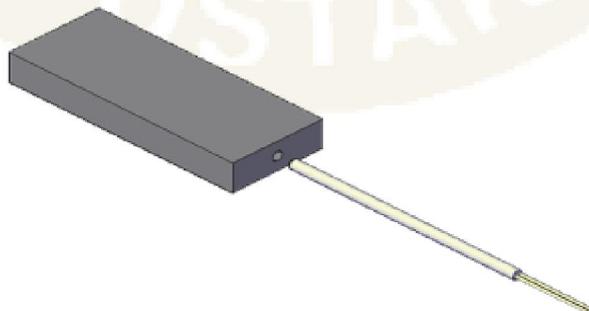
Bentuk dan fungsi nya sama dengan *stripe*, *nozzle* dan *band heater*, karena *heater* awal nya berbentuk tubular heater yang kemudian dicor dengan bahan alumunium atau kuningan, maka ketebalan *heater* ini minimum 18 mm dan kekuatannya jauh diatas *stripe*, *nozzle* dan *band heater*.



Gambar 43 Cast-In Heater

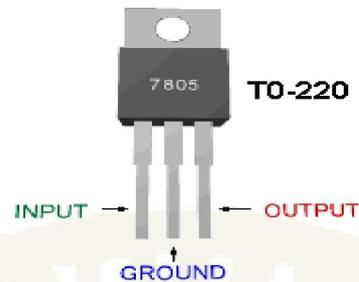
8. **CATRIDGE HEATER**

Heater jenis ini banyak digunakan untuk memanaskan cetakan cetakan (*muould*) ataupun *die block* dengan cara memasukannya kedalam lubang (*hole*) cetakan cetakan atau die Block tersebut dimana diameter lubang sama dengan diameter Pipa *Catridge* dengan toleransi tidak lebih dari 0.127 mm



Gambar 44 Pemasangan Cartridge Heater

2.11 IC Regulator ^[10]



Gambar 45 IC Regulator 7805

Voltage regulator IC adalah IC yang digunakan untuk mengatur tegangan. IC 7805 adalah *Regulator 5V Voltage* yang membatasi output tegangan 5V dan menarik 5V diatur *power supply*. Muncul dengan ketentuan untuk menambahkan *heatsink*. Nilai maksimum untuk input ke *regulator* tegangan 35V. Hal ini dapat memberikan aliran tegangan stabil konstan 5V untuk input tegangan yang lebih tinggi sampai batas ambang 35V. Jika tegangan dekat 7.5V maka tidak menghasilkan panas dan karenanya tidak perlu untuk *heatsink*. Jika input tegangan lebih, maka kelebihan listrik dibebaskan sebagai panas dari 7805. Ini mengatur output stabil 5V jika tegangan input adalah marah dari 7.2V ke 35V. Oleh karena itu untuk menghindari kehilangan daya mencoba mempertahankan input ke 7.2V. Dalam beberapa fluktuasi tegangan sirkuit fatal (untuk misalnya Microcontroller), untuk situasi semacam itu untuk memastikan tegangan konstan IC 7805 *Voltage Regulator* digunakan. Untuk informasi lebih lanjut tentang spesifikasi dari 7805 *Voltage Regulator* silakan lihat lembar data di sini (*IC 7805 Voltage Regulator Data Sheet*). IC 7805 adalah serangkaian 78XX regulator tegangan. Ini standar , dari nama dua digit terakhir menunjukkan 05 jumlah tegangan yang mengatur. Oleh karena itu 7805 akan mengatur 5V dan 7806 akan mengatur 6V

dan seterusnya. Skema yang diberikan di bawah ini menunjukkan bagaimana menggunakan IC 7805, ada 3 pin di IC 7805, pin 1 mengambil tegangan input dan pin 3 menghasilkan tegangan output.

The GND dari kedua input dan out yang diberikan ke pin 2. 7805 *VOLTAGE REGULATOR IC CIRCUIT* 7805 Voltage. Regulator IC untuk mengatur tegangan 5V > IC 7805 Skema pengantar regulator tegangan regulator tegangan Keterangan :
-*Voltage Regulator* adalah salah satu komponen listrik yang paling penting dan sering digunakan.

Voltage Regulator bertanggung jawab untuk menjaga tegangan stabil di sistem elektronik. Fluktuasi tegangan dapat menyebabkan efek yang tidak diinginkan pada sistem elektronik, sehingga untuk mempertahankan tegangan

2.10.1 IC Regulator ^[10]

Terdapat beberapa cara pengelompokan pengatur tegangan yang berbentuk IC (*Integrated Circuit*), diantaranya adalah berdasarkan Jumlah Terminal (3 Terminal dan 5 Terminal), berdasarkan *Linear Voltage Regular* dan *Switching Voltage Regulator*. Sedangkan cara pengelompokan yang ketiga adalah dengan menggolongkannya menjadi 3 jenis yakni *Fixed Voltage Regulator*, *Adjustable Voltage Regulator* dan *Switching Voltage Regulator*.

Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai 3 Jenis IC Pengatur Tegangan DC (*DC Voltage Regulator*): *FIXED VOLTAGE REGULATOR* (Pengatur Tegangan Tetap) IC jenis Pengatur Tegangan Tetap (*Fixed Voltage Regulator*) ini memiliki nilai tetap yang tidak dapat disetel (*di-adjust*) sesuai dengan keinginan Rangkaiannya.

Tegangannya telah ditetapkan oleh produsen IC sehingga Tegangan DC yang diatur juga Tetap sesuai dengan spesifikasi IC-nya. Misalnya IC *Voltage Regulator* 7805, maka Output Tegangan DC-nya juga hanya 5 Volt DC. Terdapat 2 jenis Pengatur Tegangan Tetap yaitu *Positive Voltage Regulator* dan *Negative Voltage Regulator*.

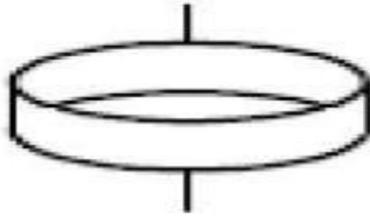
2.12 SENSOR ^[11]



Gambar 46 LM 35

1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mVolt/ °C, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam *celcius*.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5 °C pada suhu 25 °C.
3. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 °C sampai +150 °C.
4. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
5. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 μ A.
6. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (*low-heating*) yaitu kurang dari 0,1 °C pada udara diam.
7. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
8. Memiliki ketidak linieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4}$ °C.

2.13 IC SENSOR



Gambar 47 IC SENSOR

IC Sensor adalah sensor suhu dengan rangkaian terpadu yang menggunakan chip silikon untuk kelemahan penginderanya. Mempunyai konfigurasi output tegangan dan arus yang sangat linear.

2.13.1 Kelebihan dan Kekurangan IC Sensor Suhu

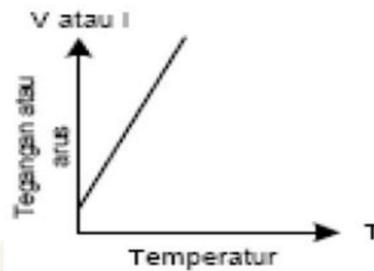
- **Kelebihan**

- Output paling linier.
- Perubahan level output yang tinggi.
- Harga murah.

- **Kekurangan**

- Temperatur kerja dibawah 200 0C ($T < 200 \text{ 0C}$).
- Memerlukan supply daya.
- Respon time yang lambat.
- Mengalami *self heating*.
- Konfigurasi terbatas.

- **Karakteristik IC Sensor Suhu**



Gambar 48 IC Sensor Suhu

Salah satu jenis IC sensor suhu adalah IC sensor suhu tipe LM35. IC sensor suhu LM 35 ini memiliki output yang linier dan bekerja dengan tegangan 5 volt DC. IC sensor suhu LM 35 sering digunakan sebagai pengindera *temperature* atau suhu ruangan.

Dalam menentukan sensor suhu sebaiknya kita tau objek atau medan/tempat sensor suhu bekerja sehingga kita dapat menentukan ukuran fisik dan jenis sensor suhu yang tepat.

2.14 *Liquid Crystal Display (LCD) 16 x 2* ^[12]



Gambar 49 LCD 16 x 2

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan

diberbagai bidang misalnya alal–alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer.

Pada postingan aplikasi LCD yang digunakan ialah LCD *dot matrik* dengan jumlah karakter 2 x 16. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat.

Adapun fitur yang disajikan dalam LCD ini adalah :

1. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
2. Mempunyai 192 karakter tersimpan.
3. Terdapat karakter generator terprogram.
4. Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit.
5. Dilengkapi dengan *back light*.

2.14.1 Spesifikasi Kaki LCD 16 x 2 ^[12]

Tabel 2 Spesifikasi kaki LCD

Pin	Deskripsi
1.	Ground
2.	Vcc
3.	Pengatur kontras
4.	“RS” <i>Instruction/Register Select</i>
5.	“R/W” <i>Read/Write LCD Registers</i>
6.	“EN” <i>Enable</i>
7.	Data I/O Pins
8.	Vcc
9.	Ground

2.14.2 Cara Kerja LCD Secara Umum^[12]

Pada aplikasi umumnya RW diberi logika rendah “0”. Bus data terdiri dari 4-bit atau 8-bit. Jika jalur data 4-bit maka yang digunakan ialah DB4 sampai dengan DB7. Sebagaimana terlihat pada table diskripsi, *interface* LCD merupakan sebuah *parallel* bus, dimana hal ini sangat memudahkan dan sangat cepat dalam pembacaan dan penulisan data dari atau ke LCD.

Kode ASCII yang ditampilkan sepanjang 8-bit dikirim ke LCD secara 4-bit atau 8 bit pada satu waktu. Jika mode 4-bit yang digunakan, maka 2 nibble data dikirim untuk membuat sepenuhnya 8-bit (pertama dikirim 4-bit MSB lalu 4-bit LSB dengan pulsa *clock EN* setiap nibblenya).

Jalur control EN digunakan untuk memberitahu LCD bahwa mikrokontroller mengirimkan data keLCD. Untuk mengirim data keLCD program harus maset EN ke kondisi *high* “1” dan kemudian maset dua lajur control lainnya (RS dan R/W) atau juga mengirimkan data ke jalur data bus.

Saat jalur lainnya sudah siap, EN harus diset ke “0” dan tunggu beberapa saat (tergantung pada *datasheet* LCD), dan set EN kembali ke *high* “1”. Ketika jalur RS berada dalam kondisi *low* “0”, data yang dikirimkan ke LCD dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti bersihkan layar, posisi kursor dll). Ketika RS dalam kondisi *high* atau “1”, data yang dikirimkan adalah data ASCII yang akan ditampilkan dilayar.

Misal, untuk menampilkan huruf “A” pada layar maka RS harus *diset* ke “1”. Jalur kontrol R/W harus berada dalam kondisi *low* (0) saat informasi pada

data bus akan dituliskan ke LCD. Apabila R/W berada dalam kondisi *high* “1”, maka program akan melakukan *query* (pembacaan) data dari LCD.

Instruksi pembacaan hanya satu, yaitu *Get LCD* status (membaca status LCD), lainnya merupakan instruksi penulisan. Jadi hampir setiap aplikasi yang menggunakan LCD, R/W selalu *diset* ke “0”. Jalur data dapat terdiri 4 atau 8 jalur (tergantung mode yang dipilih pengguna), DB0, DB1, DB2, DB3, DB4, DB5, DB6 dan DB7.

Mengirim data secara parallel baik 4-bit atau 8-bit merupakan 2 mode operasi primer. Untuk membuat sebuah aplikasi interface LCD, menentukan mode operasi merupakan hal yang paling penting. Mode 8-bit sangat baik digunakan ketika kecepatan menjadi keutamaan dalam sebuah aplikasi dan setidaknya minimal tersedia 11 pin I/O (3 pin untuk kontrol, 8 pin untuk data).

Sedangkan mode 4 bit minimal hanya membutuhkan 7-bit (3 pin untuk kontrol, 4 pin untuk data). Bit RS digunakan untuk memilih apakah data atau instruksi yang akan ditransfer antara mikrokontroller dan LCD. Jika bit ini di set (RS = 1), maka *byte* pada posisi kursor LCD saat itu dapat dibaca atau ditulis. Jika bit ini di *reset* (RS = 0), merupakan instruksi yang dikirim ke LCD atau status eksekusi dari instruksi terakhir yang dibaca.

2.15 Piezoelectric Buzzer

Sebuah komponen elektronika yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara. Pada umumnya, *Buzzer* yang merupakan sebuah perangkat audio ini sering digunakan pada rangkaian anti-maling, Alarm pada Jam Tangan, Bel Rumah, peringatan mundur pada Truk dan perangkat peringatan bahaya lainnya.

Jenis *Buzzer* yang sering ditemukan dan digunakan adalah *Buzzer* yang berjenis *Piezoelectric*, hal ini dikarenakan *Buzzer Piezoelectric* memiliki berbagai kelebihan seperti lebih murah, relatif lebih ringan dan lebih mudah dalam menggabungkannya ke Rangkaian Elektronika lainnya. *Buzzer* yang termasuk dalam keluarga Transduser ini juga sering disebut dengan *Beeper*.

Efek *Piezoelectric* (*Piezoelectric Effect*) pertama kali ditemukan oleh dua orang fisikawan Perancis yang bernama *Pierre Curie* dan *Jacques Curie* pada tahun 1880. Penemuan tersebut kemudian dikembangkan oleh sebuah perusahaan Jepang menjadi *Piezo Electric Buzzer* dan mulai populer digunakan sejak 1970.

2.15.1 Cara Kerja Piezoelectric Buzzer

Seperti namanya, *Piezoelectric Buzzer* adalah jenis *Buzzer* yang menggunakan efek *Piezoelectric* untuk menghasilkan suara atau bunyinya. Tegangan listrik yang diberikan ke bahan *Piezoelectric* akan menyebabkan gerakan mekanis, gerakan tersebut kemudian diubah menjadi suara atau bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia dengan menggunakan diafragma dan resonator.

Jika dibandingkan dengan *Speaker*, *Piezo Buzzer* relatif lebih mudah untuk digerakan. Sebagai contoh, *Piezo Buzzer* dapat digerakan hanya dengan menggunakan output langsung dari sebuah IC TTL, hal ini sangat berbeda dengan *Speaker* yang harus menggunakan penguat khusus untuk menggerakkan *Speaker* agar mendapatkan intensitas suara yang dapat didengar oleh manusia.

Piezo Buzzer dapat bekerja dengan baik dalam menghasilkan frekuensi di kisaran 1 – 5 kHz hingga 100 kHz untuk aplikasi Ultrasound. Tegangan

Operasional *Piezoelectric Buzzer* yang umum biasanya berkisar diantara 3Volt hingga 12 Volt.

2.16 RPM ^[13]

RPM adalah RPM Meter atau sering di kenal dengan nama *Tachometer* adalah sebuah instrumen atau alat yang mampu untuk mengukur putaran seperti yang terdapat pada sebuah motor atau mesin lainnya. Alat ini biasanya menampilkan *revolution per minute* (rpm) pada sebuah pengukur skala analog maupun digital.

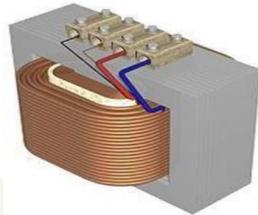
Tachometer berasal dari bahasa *yunani* yaitu “*tachos*” yang berarti kecepatan dan “*metros*” yang berarti mengukur. Putaran yang dimaksud adalah suatu gerak putar yang dihasilkan oleh benda atau alat berupa gerakan mekanik yang akan diukur kecepatannya, seperti putaran mesin sepeda motor atau putaran roda sepeda motor.

2.17 Transformator ^[14]

Transformator adalah alat untuk menggabungkan (*coupling*) daya atau sinyal AC dari suatu rangkaian ke rangkaian yang lainnya. Tegangan dapat dinaikan (*stepped-up*) tegangan sekunder lebih besar dari tegangan primer atau diturunkan (*stepped-down*) tegangan sekunder lebih kecil dari tegangan primer.

Transformator adalah komponen pasif seperti halnya resistor, kapasitor, dan induktor. Aplikasi-aplikasi umum *transformator* meliputi penaikan atau penurunan tegangan sumber pada catu daya, penggabungan sinyal-sinyal pada amplifier AF untuk memperoleh kesesuaian impedansi (*impedansi matching*) dan untuk mengisolasi potensial-potensial DC yang berkaitan dengan komponen aktif.

Karakteristik listrik dari sebuah *transformator* ditentukan oleh sejumlah faktor, termasuk di antaranya adalah bahan inti dan dimensi-dimensi fisik.



Gambar 50 Trafo

Spesifikasi dari sebuah *transformator* umumnya mencakup rating tegangan arus primer dan sekunder, rating daya yang dibutuhkan (yaitu daya maksimum, biasanya dinyatakan dalam *volt-ampere* VA) yang dapat secara terus-menerus

diberikan oleh transformator pada kondisi-kondisi tertentu, kisaran frekuensi untuk komponen (biasanya dinyatakan sebagai batas atas dan batas bawah dari frekuensi kerja), dan pengaturan dari transformator (biasanya dinyatakan sebagai presentase dari beban penuh). Spesifikasi yang terakhir ini merupakan ukuran kemampuan transformator untuk mempertahankan tegangan output yang di-rating dalam kondisi berbeban.

2.18 Kapasitor ^[15]

Kapasitor (*Kondensator*) yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf "C" adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi / muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidak seimbangan internal dari muatan listrik. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik.



Gambar 51 Kapasitor

2.19 Dioda ^[16]

Dioda merupakan komponen yang memberikan resistansi yang sangat rendah terhadap aliran arus, pada arah yang berlawanan. Karakteristik ini memungkinkan dioda untuk digunakan dalam aplikasi-aplikasi yang menuntut rangkaian untuk tanggapan yang berbeda sesuai dengan arah arus yang mengalir di dalamnya.



Gambar 52 Dioda

2.20 Resistor ^[17]

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 komponean film, bahkan kawat resistansi (kawat yang dibuat dari paduan resistivitas tinggi seperti ini kel-kromium).

Karakteristik utama dari resistor adalah resistansi adanya daya listrik yang dapat diboroskan. Resistor dapat diintegrasikan kedalam sirkuit hibrida dan papan sirkuit cetak, bahkan sirkuit terpadu. Untuk daftar kode warna resistor.



Gambar 53 Resistor

Tabel 3 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	0.5%
Biru	6	10^6	0.25%
Violet	7	10^7	0.1%
Abu-abu	8	10^8	0.05%
Putih	9	10^9	-
Emas	-	0.1	5%
Perak	-	0.01	10%
Tanpa warna	-	-	20%

2.21 PUSH BUTTON ^[18]

Swich Push Button adalah saklar tekan yang berfungsi untuk menghubungkan atau memisahkan bagian – bagian dari suatu instalasi listrik satu sama lain (suatu sistem saklar tekan *push button* terdiri dari saklar tekan *start*), *Stop reset* dan saklar tekan untuk *emergency*. *Push button* memiliki kontak NC (*normally close*) dan NO (*normally open*), kontak ini memiliki 2 buah terminal baut sebagai kontak sambungan.

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 memudahkan pembuatan modul serta karya tulis dan agar hasil yang tercapai sesuai dengan yang direncanakan.

Tahapan-tahapan perencanaan dalam pembuatan modul adalah sebagai berikut:

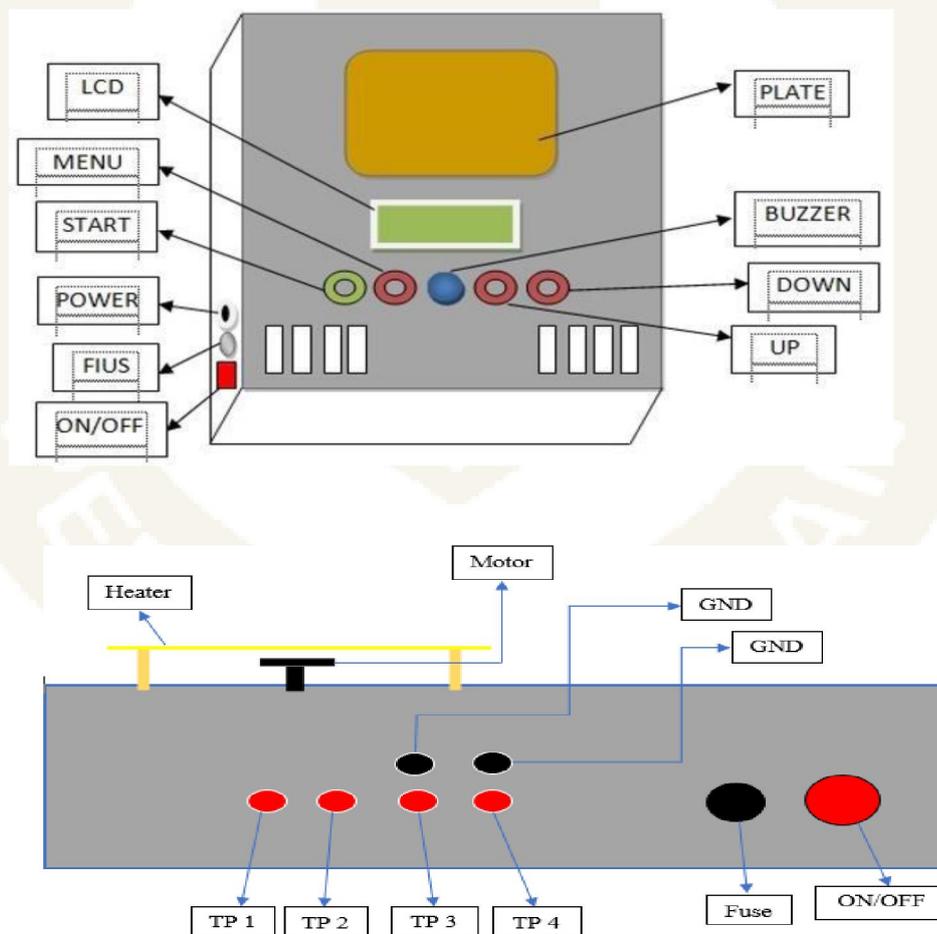
1. Perencanaan casing.
2. Merancang blok diagram dan *wiring diagram* dari modul yang akan dibuat berdasarkan cara kerja yang diinginkan.
3. Pendahuluan perencanaan pendahuluan.
4. Merancang flowchart program dari alat yang akan dibuat.
5. Menentukan titik-titik pengukuran (*test poin*) untuk pendataan dan analisa rangkaian.
6. Membuat modul sesuai dengan *wiring diagram* yang telah dibuat.
7. Membuat program sesuai dengan *flowchart* dan men-*download* program ke atmega16.
8. Melakukan pengujian dan perbaikan pada modul yang telah di buat.

3.2 Spesifikasi Alat

Nama Alat	: Hot Plate Stirrer ATMEGA 16.
Power Supply	: 15V, 15V, 12V, 12V DC.
Ukuran	: 25,5 cm (P) x 19cm (L) x 8 cm (T).
Display	: LCD (Liquid Cristal Display)
Tombol	: Push Button.
Selector	: Start / stop, Menu, Setting.

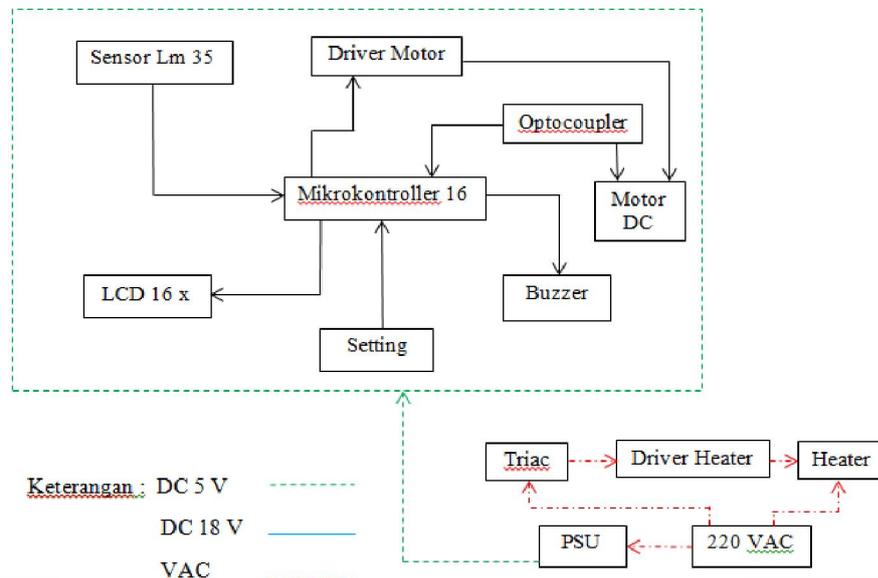
3.3 Perencanaan Desain Alat

Perencanaan desain alat yang akan penulis buat adalah sebagai berikut :



Gambar 54 Desain Alat

3.4 Perencanaan Blok Diagram



Gambar 55 Blok Diagram

Fungsi masing-masing Blok :

1. *Heater*

Adalah pemanas cairan dan cairan ini menggunakan botol *Erlenmeyer* sebagai wadah cairan tersebut.

2. *Triac*

Blok ini digunakan untuk mengalirkan arus dalam 2 arah dari Anoda ke Katoda atau sebaliknya dari Katoda ke Anoda.

3. Mikro Kontroller

Untuk menghidupkan program dan menjalankan rangkaian tersebut.

4. *Setting*

Motor digunakan untuk memutar botol reaksi.

5. LCD (*Liquid Cristal Display*)

Menampilkan Menu, kecepatan motor, suhu panas tersebut.

6. Sensor LM 35

Sensor ini berfungsi untuk mengetahui keluaran panas yang di timbulkan.

7. Optocoupler

Sensor ini berfungsi sebagai penampil kecepatan di LCD.

8. Driver Motor

Driver motor digunakan untuk mengenalkan putaran motor.

9. Motor

Motor digunakan untuk memutar botol reaksi.

10. *Buzzer*

Untuk menandakan alat sudah mencapai tingkat pengoprasian.

3.5 Cara Kerja Blok Diagram

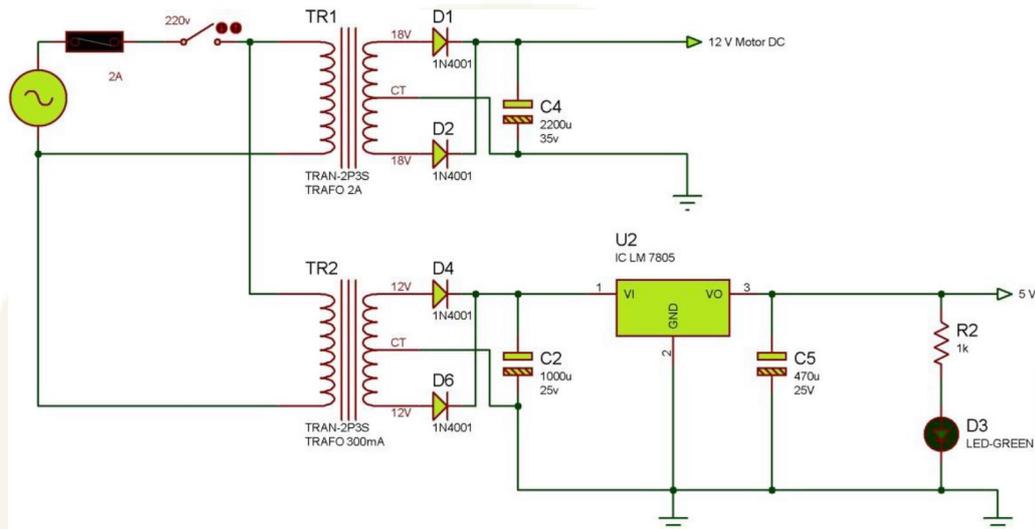
Power supply saat aktif akan men-supplay tegangan keseluruh rangkaian.

Tekan tombol *Menu*, *Setting*, *up down* lalu kembali tekan tombol *Menu* lagi tekan tombol *Run* kemudian baru alat tersebut berkerja, setelah alat sudah mencapai tingkat yang di butuhkan baru *Buzzer* bunyi menandakan alat telah selesai beroperasi.

3.6 Perencanaan Wiring Diagram

Perencanaan *wiring diagram* dari alat ini dibagi menjadi 5 bagian sebagai berikut :

3.6.1 Rangkaian Power Supply

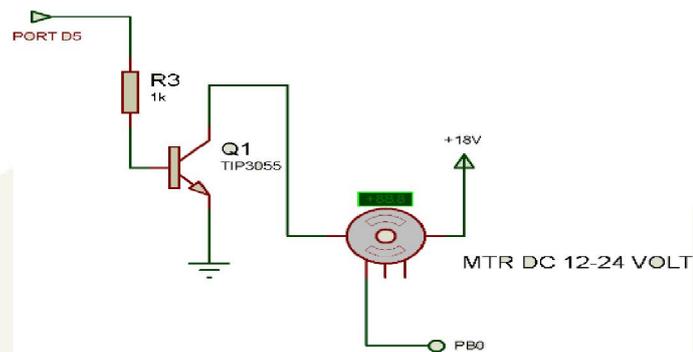


Gambar 56 Rangkaian Power Supply

Rangkaian *power supply* adalah rangkaian yang berfungsi untuk menyediakan daya yang digunakan untuk mencatu daya kebutuhan daya seluruh komponen dalam rangkaian. Tegangan bolak-balik (AC) yang berasal dari tegangan 220VAC akan diturunkan tegangannya dengan transformator stepdown sehingga mendapat tegangan 18 VAC. Tegangan yang sudah diturunkan akan disearahkan oleh 2 diode , sehingga didapatkan tegangan searah (DC) sebesar 18 VDC untuk mensuplai pada rangkaian motor dan difilter pada kapasitor untuk mendapatkan tegangan yang stabil karena masih mengandung ripple – ripple tegangan. Kemudian tegangan masuk ke IC 7805 yang berfungsi untuk mendapatkan tegangan yang di inginkan dengan menurunkan tegangan untuk

dapat menghasilkan output tegangan DC sebesar +5V, tegangan +5V digunakan untuk mensuplai pada rangkaian buzzer, LM 35.

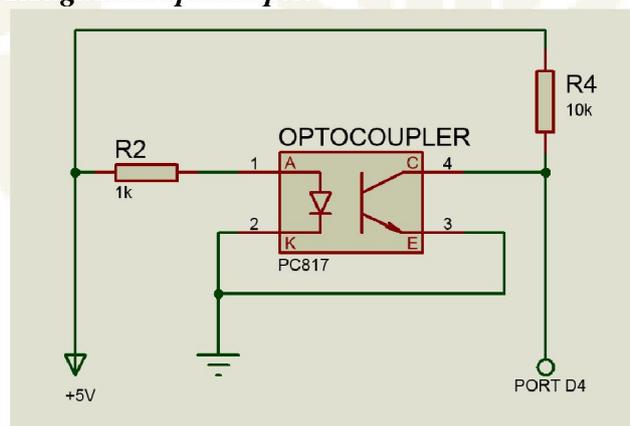
3.6.2 Rangkaian Motor DC



Gambar 57 Rangkaian Motor DC

Pada rangkaian ini transistor TIP3055 berfungsi sebagai saklar atau driver yang menggerakkan motor DC. Saat TIP3055 mendapat sinyal *high* dari mikrokontroller, maka motor akan berputar dengan kecepatan sesuai dengan diberikan oleh mikrokontroller.

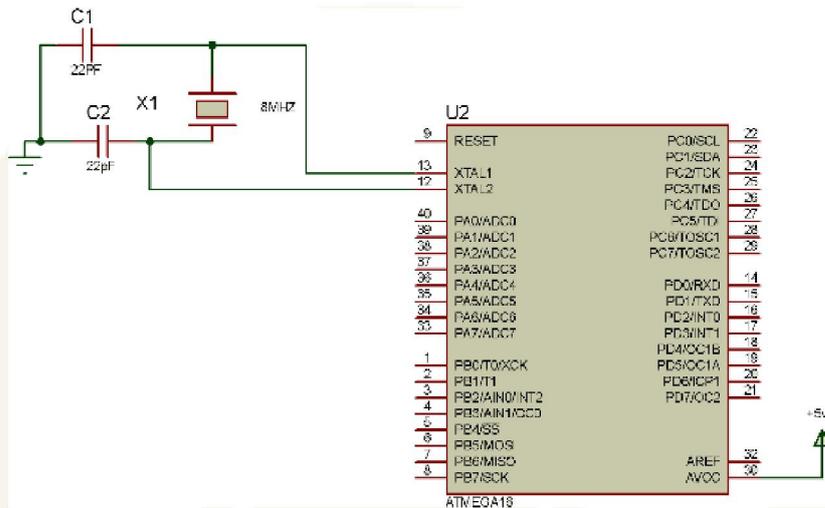
3.6.3 Rangkaian optocoupler



Gambar 58 Perencanaan Ouptocoupler

Rangkaian optocoupler berfungsi sebagai pembaca kecepatan motor yang akan ditampilkan pada LCD. Rangkaian ini menggunakan IC Optpcoupler PORT D4 sebagai pembaca kecepatan motor.

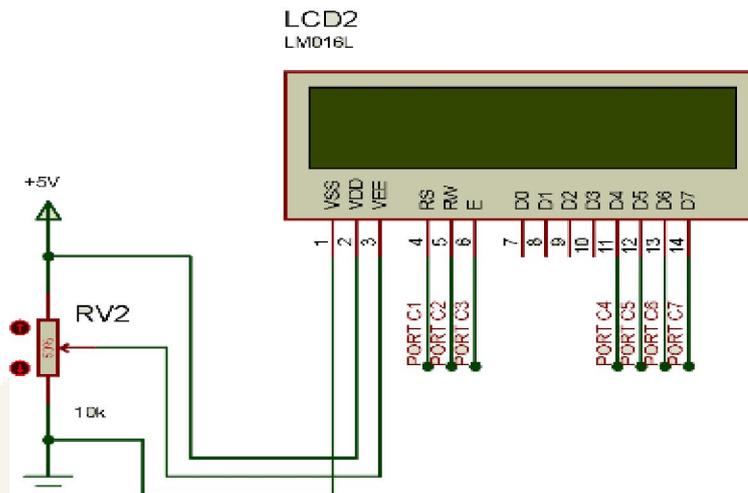
3.6.4 Rangkaian mikrokontroller Atmega 16



Gambar 59 Rangkaian Mikrokontroller

Rangkaian ini terdiri dari osilator Kristal 8MHz sebagai sumber clock mikrokontroller dengan dua buah kapasitor filter frekuensi tinggi.

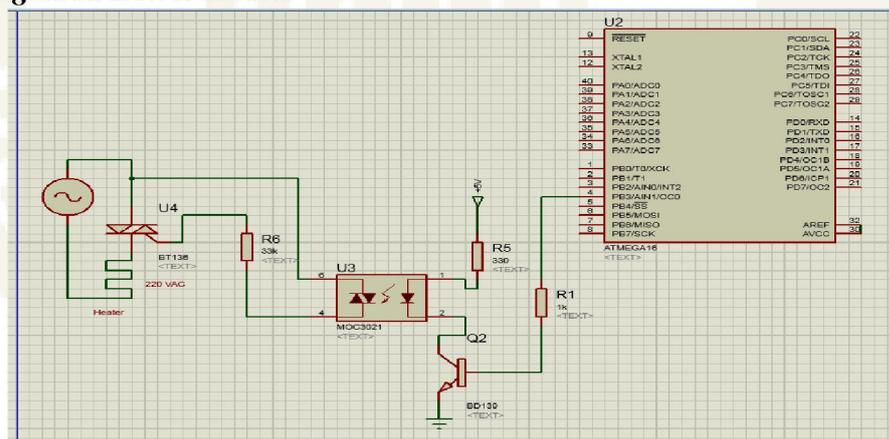
3.6.5 Rangkaian LCD 16x2



Gambar 60 Rangkaian LCD

Penulis akan merencanakan menampilkan informasi yaitu yang menunjukkan timer, status dan kecepatan motor. Dalam perancangan ini yang digunakan adalah LCD 16x2 karakter sebagai display. Rangkaian LCD terdiri dari sebuah modul LCD yang menggunakan catu tegangan 5V.

3.6.6 Rangkaian Driver Heater



Gambar 61 rangkaian Driver Heater

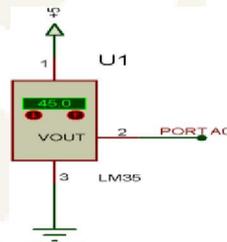
Rangkaian *driver heater* adalah rangkaian saklar otomatis yang digunakan untuk menyalakan dan mematikan *heater*, rangkaian ini menggunakan moc 3021 yang difungsikan untuk menisolasi rangkaian kontrol (*microcontroller, led,*

keypad, lcd, dan lainnya) dari rangkaian power, rangkaian ini juga menggunakan TRIAC BT136 yang digunakan untuk memutus tegangan AC yang menyuplai heater, sehingga heater tidak bekerja pada saat suhu sudah terpenuhi.

Tabel 4 Tabel Komponen Driver Heater

NO	NAMA KOMPONEN	TYPE/NILAI	JUMLAH
1.	MOC	3021	1
2.	TRIAC	BT136	1
3.	Resistor	33kohm	2
4.	Microcontroller	ATMega 16	1

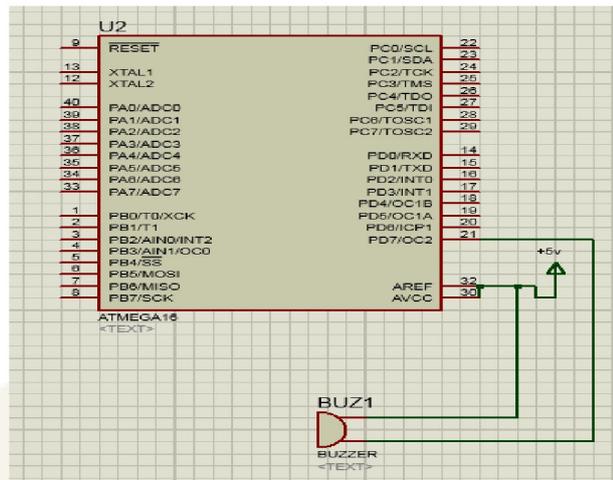
3.6.7 Rangkaian sensor LM35



Gambar 62 Sensor LM35

Pada rangkaian ini LM35 berfungsi sebagai sensor suhu yang diproses oleh mikro dan di tampilkan oleh LCD.

3.6.8 Rangkaian Buzzer

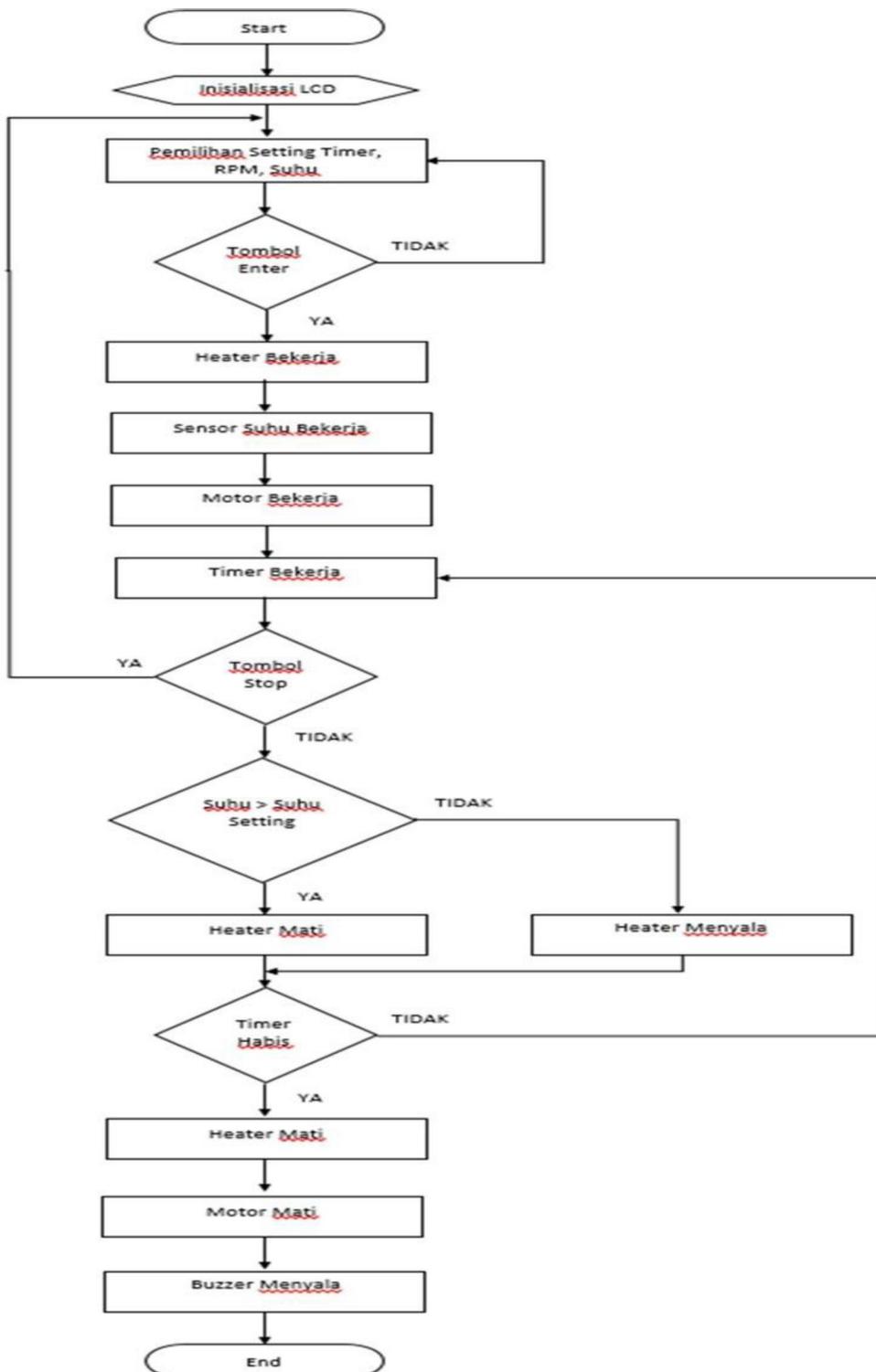


Gambar 63 Rangkaian Buzzer

Rangkaian buzzer ini digunakan sebagai penanda kepada user saat alat selesai bekerja.

NO	NAMA KOMPONEN	TYPE/NILAI	JUMLAH
1.	Microcontroller	ATMega16	1
2.	Buzzer	-	1

3.7 Perencanaan Flowchart



3.8 Perencanaan Komponen

Komponen-komponen elektronika yang digunakan dalam alat ini di tentukan sesuai dengan fungsi dan karakteristik komponen serta tujuan pemanfaatan komponen.

Berikut ini daftar komponen yang digunakan dalam pembuatan modul serta tertera pada table dibawah ini :

Tabel 5 Daftar Komponen

NO	Komponen	Tipe/Nilai	Jumlah
1.	Trafo	2A dan 300Ma	2
2.	Dioda	1N4001	4
3.	Kapasitor	2200u,1000u,470u,22PF,22PF	5
4.	Resistor	1K 2, 33K, 330K	4
5.	Push Button	-	4
6.	Motor DC	12 V	1
7.	Mikrokontroler	ATMEGA 16	1
8.	IC	MOC 3021	1
9.	Triac	BT136	1
10.	IC	AN 7805	1
11.	Buzzer	-	1
12	Resistor Variable	-	1

3.9 Perencanaan 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 FeCl_3 .
- e. PCB polos.
- f. Solder dan timah.

3.10 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*, yang berisi motor DC, rangkaian panel, tombol *power*, LCD, *selector*, *fuse*.
- d. Memastikan tiap titik memiliki hubungan tersendiri untuk dilakukan penyolderan komponen.
- e. Memastikan tidak ada jalur penghantar yang saling bersinggungan.
- f. Penggunaan jumper diusahakan seminimal mungkin.
- g. Penempatan komponen secara rapi dan mudah dipahami.

3.11 Pembuatan Papan Rangkaian (PCB)

- a. Mempersiapkan gambar skematik.
- b. Merancang tata letak komponen dan jalur-jalur hubungan antara komponen dan dijaga untuk menghindari hubung singkat.
- c. Selanjutnya memasang komponen yang dibutuhkan di atas papan PCB.
- d. Pembuatan PCB terminal pusat untuk penggabungan tiap *ground* dan *Vcc* tiap blok diagram.

3.12 Pembuatan Casing

- a. Mempersiapkan gambar desain alat.
- b. Mempersiapkan *acrylix*.
- c. Mengukur panjang dan lebar keseluruhan alat.

BAB IV

PENGUKURAN DAN PENDATAAN

4.1 Pengertian

Pengukuran adalah kegiatan membandingkan suatu besaran yang diukur dengan alat ukur yang digunakan sebagai satuan. Titik pengukuran ditentukan berdasarkan kebutuhan untuk membandingkan antara perkiraan nilai menurut teori dan hasil pengukuran langsung pada titik-titik pengukuran 1 – 5. Hasil pengukuran disajikan dalam tabel untuk mempermudah analisa data.

4.2 Persiapan Pengukuran

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

1. Multimeter Digital
Merk : HELES
Model : UX-369C
2. Buatan : *China*
3. *Tacho Meter*
4. Osiloskop
Merek : Digital Stronge Osilloskop
Model : DS 0201
Buatan : *Taiwan*

4.3 Metode Pengukuran

Titik-titik yang akan diukur nilainya adalah sebagai berikut :

1. Titik pengukuran 1 (TP1) yaitu pada keluaran Tegangan keluaran output IC 7805.

Untuk mengetahui besarnya tegangan keluaran output IC 7805. Metode yang akan di gunakan yaitu membandingkan TP1 terhadap *ground*.

2. Titik pengukuran 2 (TP2) yaitu TP2 yaitu pada outputan tegangan LM 35.

Untuk mengetahui besarnya tegangan keluaran IC LM 35 saat sensor mendeteksi suhu pada *chamber*. Metode yang digunakan yaitu membandingkan TP2 terhadap *ground*.

3. Titik pengukuran 3 (TP3) yaitu pada *basis transistor* BD 139 Untuk mengetahui besarnya tegangan keluaran *basis transistor* BD 139 saat *heater* hidup dan saat *heater* mati. Metode yang digunakan yaitu membandingkan nilai pada TP3 terhadap *ground*.

4. Titik pengukuran 4 (TP4)) yaitu pada tegangan keluaran motor

Untuk mengetahui besarnya tegangan keluaran dari motor saat motor berputar dengan setting kecepatan *up* dan *down*. Metode yang digunakan yaitu membandikan nilai TP4 terhadap *ground*

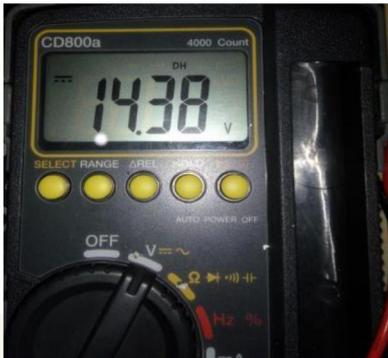
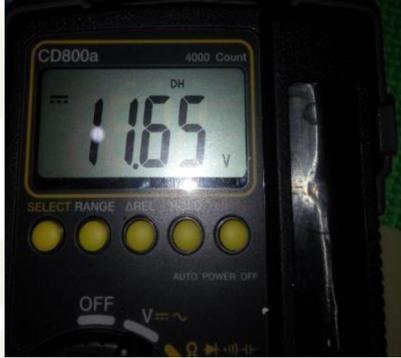
4.4 Hasil Pengukuran

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

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

Tabel 6 Hasil Titik Pengukuran

Titik Pengukuran	Hasil	Gambar	Keterangan
TP1	5 Volt		Output trafo (5 Volt)
TP2	0,431 Volt		Waktu LM35 berkerja saat suhu 43°C
	0.488Volt		Waktu LM35 berkerja saat suhu 48°C
	0.502Volt		Waktu LM35 berkerja saat suhu 50°C
TP3	0,747 Volt		Basis transistor

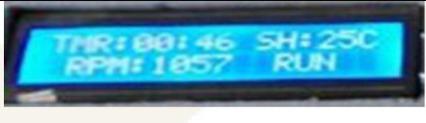
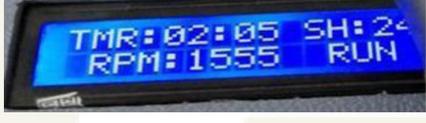
	14,38Volt		Kecepatan Motor 1.000RPM
TP4	11,65 Volt		Kecepatan Motor 1.500RPM
	9,54Volt		Kecepatan Motor 1.500RPM

4.5 Hasil Keakurasian RPM

Hasil perbandingan alat dilakukan dengan membandingkan nilai RPM pada alat Hot Plate Stirrer Atmega 16 dengan tachometer. Hasil pengujian RPM juga

berpengaruh pada saat peletakan tachometer dari alat uji. Adapun hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 7. Hasil pengukuran RPM

NO.	Hasil alat	Hasil alat ukur
1.		
2.		
3.		
4.		

Hasil perbandingan alat di lakukan dengan membandingkan nilai termeter pada alat Hot Plate Stirrer Atmega 16. Hasil pengujian termometer juga berpengaruh pada saat peletakan tarmometer dari alat uji. Adapun hasil pengujian sebagai berikut :

4.6 Hasil Data Keakurasian Suhu

Dari pengukuran yang dilakukan pada suhu cairan / aquades perbandingan alat ukur thermometer diperoleh hasil keakurasian suhu sebagai berikut :

Tabel 8. Data Keakurasian Suhu

Pengukuran	Hasil Alat	Hasil alat ukur	Perbandingan
Suhu 43°C			1°C
Suhu 48°C			0°C
Suhu 50°C			0°C



5.2 Cara Kerja Rangkaian

Power supply digunakan sebagai sumber tegangan yang dibutuhkan untuk mensuplai tegangan pada seluruh rangkaian. Tegangan 220 AC diturunkan oleh transformator sebesar 15 VAC dan 12VAC, kemudian diubah menjadi tegangan DC oleh dioda. Penyearah Output tegangan 15 VDC digunakan untuk perputaran motor, output tegangan digunakan untuk tegangan pada LM35, sedangkan tegangan +5 VDC digunakan keseluruhan rangkaian.

Power supply saat aktif akan men-*supply* tegangan keseluruhan rangkaian. Tekan tombol *Setting, up, down* lalu kembali tekan tombol *setting* lagi tekan tombol *Run Stop* kemudian baru alat tersebut berkerja, setelah alat sudah mencapai tingkat yang di butuhkan baru *Buzzer* bunyi menandakan alat telah selesai beroperasi.

5.3 Analisis data hasil pengukuran

Analisis data hasil pengukuran ini bertujuan untuk :

1. Membandingkan antara hasil menurut teori dan hasil ukur pada tiap-tiap titik pengukuran.
2. Mengetahui besarnya presentasi kesalahan (PK) pada tiap tiap pengukuran.
3. Mengetahui kemungkinan penyebab perbedaan antara hasil teori dan hasil pengukuran. Presentasi Kesalahan (PK) dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

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

Analisa data untuk masing-masing titik adalah sebagai berikut :

5.3.1 Analisis TP 1

- **TP 1**

Merupakan keluaran dari IC regulator 7805 untuk sumber daya rangkaian. hasil pengukuran sebesar 5,00 V

Maka toleransi tegangan **TP 1** masih dalam *range datasheet* IC regulator 7805.

5.3.2 Analisa TP 2

- **TP2**

Adalah output LM 35. Saat alat berkerja di dapatkan hasil pengukuran dengan setiap $1^{\circ}\text{C} = 10 \text{ mV}$ di dapatkan hasil pengukuran tersebut maka LM 35 dapat berfungsi dengan baik.

Tabel 9 Tabel Pengukuran Suhu

Suhu alat	thermometer
43°C	44°C
48°C	48°C
50°C	50°C

Tabel 10Tabel Pengukuran

Hasil Pengukuran	Hasil Teori	Hasil PK
Volt		
0,431 V	0,430 V	0,2 %

0,488 V	0,480 V	1,6 %
0,502 V	0,500 V	0,4 %

$$\text{Rumus PK} = \frac{\text{Hasil teori} - \text{Hasil Pengukuran}}{\text{Hasil Teori}} \times 100\%$$

$$1. \quad \text{Presentase Kesalahan} = \frac{\text{Hasil teori} - \text{Hasil Pengukuran}}{\text{Hasil Teori}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,430 - 0,431}{0,430} \times 100\%$$

$$= 0,2 \%$$

$$2. \quad \text{Presentase Kesalahan} = \frac{\text{Hasil teori} - \text{Hasil Pengukuran}}{\text{Hasil Teori}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,480 - 0,488}{0,480} \times 100\%$$

$$= 1,6 \%$$

$$3. \quad \text{Presentase Kesalahan} = \frac{\text{Hasil teori} - \text{Hasil Pengukuran}}{\text{Hasil Teori}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,500 - 0,502}{0,500} \times 100\%$$

$$= 0,4 \%$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan presentase kesalahan secara keseluruhan dari sensor suhu LM35 yaitu =

$$\text{Presentase Kesalahan Keseluruhan} = \frac{0,2 + 1,6 + 0,4}{3} \times 100\%$$

$$= 1,9 \%$$

5.3.3 Analisis TP 3

- TP 3

Merupakan tegangan inputan heater didapatkan hasil pengukuran sebesar 0,747V, secara teori keluaran basis transistor adalah 0,7 V maks 1 V, dengan didapatkan hasil pengukuran maka keluaran BD139 masih dalam nilai toleransi.

5.3.4 Analisis TP 4

- TP 4

TP4 merupakan keluaran TIP3055 dengan tegangan pada motor DC saat di setting 1000 rpm mendapatkan hasil ukur 14,38 Volt, saat di setting 1500 rpm mendapatkan hasil 11,65 Volt dan saat disetting 2000 rpm mendapatkan hasil ukur 95,5 volt.

Tabel 11. Hasil ukur motor DC

Hasil ukur	Hasil Teori	Hasil PK
464	500	7.2%
1067	1000	6.7%
1451	1500	3.2%
2140	2000	7%

$$\text{Rumus PK} = \frac{\text{Hasil teori} - \text{Hasil Pengukuran}}{\text{Hasil Teori}} \times 100\%$$

$$1. \text{ Presentase Kesalahan} = \frac{\text{Hasil teori} - \text{Hasil Pengukuran}}{\text{Hasil Teori}} \times 100\%$$

$$= \frac{500 - 464}{500} \times 100\%$$

$$= 7,2 \%$$

$$2. \text{ Presentase Kesalahan} = \frac{\text{Hasil teori} - \text{Hasil Pengukuran}}{\text{Hasil Teori}} \times 100\%$$

$$= \frac{1000-1067}{1000} \times 100\%$$

$$= 6,7 \%$$

$$3. \quad \text{Presentase Kesalahan} = \frac{\text{Hasil teori} - \text{Hasil Pengukuran}}{\text{Hasil Teori}} \times 100\%$$

$$= \frac{1500-1451}{1500} \times 100\%$$

$$= 3,2 \%$$

$$4. \quad \text{Presentase Kesalahan} = \frac{\text{Hasil teori} - \text{Hasil Pengukuran}}{\text{Hasil Teori}} \times 100\%$$

$$= \frac{2000-2140}{2000} \times 100\%$$

$$= 7 \%$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan presentase kesalahan secara keseluruhan dari motor DC yaitu =

$$\text{Presentase Kesalahan Keseluruhan} = \frac{7,2+6,7+3,2+7}{4} \times 100\%$$

$$= 4,45 \%$$

BAB VI

PENUTUP

6.1 KESIMPULAN

Setelah dilakukan seluruh tahap mulai dari pembuatan modul hingga pengukuran dan analisis, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat Hot Plate Stirrer ATMEGA 16 dapat berkerja dengan baik pada kecepatan maksimal 2.000 RPM.
2. Dari hasil analisa TP tidak terdapat kesalahan. Sedangkan dari analisa tes keakurasian suhu 1.9% dan dari tes keakurasian kecepatan motor terdapat kesalahan 4.45%.

6.2 SARAN

Alat ini dapat dikembangkan dengan menaikkan kecepatan motor 5.000RPM.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] www.soluspintar.net/uncategorized/campuran-dan-larutan/
- [2] Azzahratunnisa. (2007-2009, November) Motor DC. [Online].
<http://one.indoskripsi.com/judulskripsitugasmakalah/elektronikaindustri/motor-dc>
- [3] Heri Adrianto, program mikrokontroler AVR ATMEGA 16.:
INFORMATIKA, FEBRUARI 2016.
- [4] Team Elektronika. (2016) Teknik elektronika. [Online].
<http://teknikelektronika.com/pengertian-optocoupler-fungsi-prinsip-kerja-optocoupler/>
- [5] <http://teknikelektronika.com/pengertian-triac-dan-aplikasi-triac-thyristor/>
- [6] eko rudiawan. (2013, januari) dasar elektronika. [Online].
<http://dasarelelektronika.com/pengertian-dan-fungsi-transistor/>
- [7] <http://gemar-elektronika.com/tutorial/1-transistor.html?start=3>
- [8] <http://teknikelektronika.com/pengertian-rectifier-penyearah-gelombang-jenis-rectifier/>
- [9] <http://penjualheater.blogspot.co.id/p/tentang-heater.html>
- [10] <http://teknikelektronika.com/jenis-ic-voltage-regulator-pengatur-tegangan/>
- [11] Teknik Elektronika. (2016, juli) Pengertian sensor suhu. [Online].
<http://teknikelektronika.com/pengertian-ensor-suhu-jeni-jenis-sensor-suhu/>
- [12] <https://fahmizaleeits.wordpress.com/tag/teori-mengenai-lcd/>

- [13] <http://www.alatuji.com/article/detail/190/rpm-mesin-salah-satu-indikator-penting-dalam-kendaraan#.WcVQn1WWbDc>
- [14] PH.D E E Albert Paul Malvino, Prinsip prinsip elektronika. jakarta: salemba teknika, 2003.
- [15] (17 oktober 2015) teknik elektronika, "kapasitor". [Online].
<http://teknikelektronika.com/symbol-fungsi-kapasitor-berserta-jenis-jenis-kapasitor/>.
- [16] Mismail, B. (2011). Dasar Teknik Elektro Elektronika. Malang: UB.
- [17] (2014, agustus) zona elektro. [Online]. <http://zoniaelektro.net/resistor-karakteristik-nilai-dan-fungsinya/>
- [18] <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.co.id/2014/04/Pengertian-Push-Button.html>



LAMPIRAN