

MODIFIKASI *HOT PLATE MAGNETIC STIRRER* BERBASIS

MIKROKONTROLLER ATmega 8535

Karya Tulis Ini Disusun Sebagai Salah Satu Syarat

dalam Menempuh Program Pendidikan

Diploma III Teknik Elektromedik



Oleh :

NATALIS DEO KRISTO

NIM 15.04.048

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK ELEKTROMEDIK

SEKOLAH TINGGI ILMU KESEHATAN WIDYA HUSADA

SEMARANG

2018



STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : Modifikasi *Hot Plate Magnetic Stirrer* Berbasis Mikrokontroler
Atmega 8535

NAMA : Natalis Deo Kristo

NIM : 15.04.048

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, 17 September 2018

Penulis
Natalis Deo Kristo



STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG

PERNYATAAN PERSETUJUAN

JUDUL : Modifikasi *Hot Plate Magnetic Stirrer* Berbasis Mikrokontroler
ATmega 8535

NAMA : Natalis Deo Kristo

NIM : 15.04.048

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

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Inayatus Solekhah,S.ST



STIKES WIDYA HUSADA SEMARANG

PENGESAHAN KARYA TULIS

JUDUL : Modifikasi *Hot Plate Magnetic Stirrer* Berbasis Mikrokontroler
ATMega 8535

NAMA : Natalis Deo Kristo

NIM : 15.04.048

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 Senin, Tanggal 17, Bulan September, Tahun 2018.

Dewan Penguji :

Anggota I

Anggota II

Mulyono, M.Kom

NIDN : 0609088103

Inayatus Solekhah, S.ST

Ketua Prodi

Ketua Penguji

Basuki Rahmat, M.T

NIDN : 0622057504

Prima Widyawati W, M.Eng

NIDN : 0609118401

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Yang Maha Esa, atas limpahan karunia-Nya lewat perantara Yesus Kristus putra yang adalah satu dengan-Nya membawa terang dan damai yang tidak pernah lelah membimbing seluruh umat manusia.

Puji Tuhan, penulis dapat menyelesaikan tugas karya tulis ilmiah ini. Karya tulis ilmiah ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan ujian akhir pada program Diploma III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada Semarang.

Adapun judul yang penulis buat adalah “MODIFIKASI *HOT PLATE MAGNETIC STIRRER* BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 8535”. Ucapan terima kasih serta penghargaan yang tulus penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan dan bimbingan selama penulisan karya tulis ilmiah, serta perhatian selama penulis menempuh kuliah di STIKES WidyaHusada Semarang. Penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Allah Yang Maha Esa atas limpahan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak dan ibu yang selalu memberikan do’a, nasehat dan dukungan baik materi maupun moril kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan di program studi D-III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada Semarang.
3. Dr. M. Sulaeman, Sp. A, MM, M. Kes. sebagai ketua STIKES Widya Husada Semarang.

4. Bapak Basuki Rahmat, M.T. selaku ketua Prodi D-III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada Semarang.
5. Ibu Inayatus Solekhah selaku dosen pembimbing, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini.
6. Bapak, Ibu dosen serta staff program D-III Teknik Elektromedik STIKES Widya Husada yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan karya tulis ilmiah.
7. Semua teman-teman almamater seperjuangan Teknik Elektromedik.

Semoga peran serta dari semua pihak yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini mendapat kebaikan dan limpahan pahala dari Allah Yang Maha Esa. Penulis menyadari bahwasannya dalam penulisan karya tulis ilmiah ini masih banyak 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, 17 September 2018

Penyusun

Natalis Deo Kristo

ABSTRAK

Salah satu alat laboratorium yang digunakan untuk pengadukan dan inkubasi suatu sample adalah *Hot Plate Magnetic Stirrer*, alat ini dapat digunakan untuk percobaan pencampuran reaksi atau pelarutan sample cair dengan cepat dan panas. Perangkat sederhana yang digunakan untuk mencampur cairan.

Berdasarkan latar belakang tersebut dibuatlah alat *Hot Plate Magnetic Stirrer* dengan kecepatan pengadukan Low 1000rpm, Medium 1500rpm, High 2000rpm yang sesuai dengan kebutuhan analisa yang mudah dilakukan dengan selector yang tersedia. Kondisi pencampuran yang sesuai dapat dicapai dengan menggunakan motor yang stabil. Alat ini terdiri dari sebuah motor DC dengan rangkaian pengendali motornya untuk proses pengadukan. Ketika gelas ukur (*pyrex*) yang sesuai diletakkan di atas plate maka panas yang dihasilkan heater terhadap plate akan merambat ke gelas ukur *pyrex* kemudian panas akan merambat ke cairan/sampelnya dan pengadukan dapat dilakukan.

Hasil analisa pengukuran kecepatan motor masing-masing di kecepatan *low* dengan PK 9,2%, *medium* 3,8% dan *high* 1,7%, hasil analisa pada pengukuran suhu *plate* terdapat selisih 1-2° *Celcius* pada setiap suhu seting terhadap hasil ukur.

Kata kunci :

Hot Plate Magnetic Stirrer, Mikrokontroler ATmega 8535, motor dc, heater

ABSTRACT

One of the laboratory tools used for stirring and incubating a sample is a Hot Plate Magnetic Stirrer, this tool can be used for experiments mixing the reaction or dissolution of liquid samples quickly and heat. A simple device used to mix liquids.

Based on this background, a Hot Plate Magnetic Stirrer tool was made with a 1000rpm Low stirring speed, Medium 1500rpm, High 2000rpm which was in accordance with the needs of the analysis which was easy to do with the available selector. Suitable mixing conditions can be achieved using a stable motor. This tool consists of a DC motor with a motor controller circuit. When the appropriate pyrex measuring cup is placed on the plate, the heat generated by the heater on the plate will propagate to the pyrex measuring cup, then the heat will travel to the liquid / sample and stirring can be done.

The result of the analysis of motor speed measurements of each at low speed PK 9,2%, medium 3,8%, high 1,7%, the result of analysis of temperature engraving there is a difference of 1-2° Celcius at each tempereture setting to the measurement results.

Keywords :

Hot Plate Magnetic Stirrer, ATmega 8535 Microcontroller, dc motor, heater

DAFTAR ISI

| | |
|---|----------|
| KATA PENGANTAR | v |
| ABSTRAK | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL..... | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Tujuan | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.5 Defenisi Istilah | 4 |
| BAB II DASAR TEORI..... | 5 |
| 2.1 Gambaran Umum <i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i> | 5 |
| 2.2 Resistor | 7 |
| 2.2.1 Rangkaian Resistor Seri..... | 9 |
| 2.2.2 Rangkaian Resistor Pararel | 10 |
| 2.3 Kapasitor | 11 |
| 2.3.1 Kapasitor Polar & Non Polar | 12 |
| 2.3.2 Rumus Kapasitansi | 12 |
| 2.4 Dioda..... | 13 |
| 2.4.1 Macam Macam Dioda : | 14 |
| 2.4.2 Karakteristik dioda adalah sebagai berikut : | 14 |
| 2.4 Transistor | 14 |
| 2.4.1 Transistor Sebagai Penguat..... | 16 |
| 2.5 Trioda AC (Triac) sebagai Saklar | 17 |
| 2.6 IC MOC 3020 sebagai Opto Osilator..... | 18 |
| 2.7 Trafo (<i>Transformator</i>) | 19 |
| 2.8.1 Trafo Adaptor | 21 |
| 2.8 MOSFET sebagai Saklar..... | 21 |

| | |
|---|----|
| 2.9.1 Wilayah Cut Off (MOSFET Off) | 21 |
| 2.9.2 Wilayah Saturasi (MOSFET On)..... | 22 |
| 2.10 Mikrokontroler ATmega 8535 | 24 |
| 2.11 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i> | 27 |
| 2.12 Keypad 4x4 | 29 |
| 2.13 Motor DC | 30 |
| 2.14 Sensor Kecepatan (<i>Photointerrupter</i>)..... | 31 |
| 2.15 Sensor DS 18B20 | 32 |
| 2.16 Heater | 34 |
| 2.15.1 Terjadinya Panas (Kalor) pada Heater..... | 35 |
| 2.17 LED (<i>Light Emitting Diode</i>) | 35 |
| 2.18 Buzzer | 36 |
| BAB III PERENCANAAN ALAT | 37 |
| 3.1 Tahapan Perencanaan..... | 37 |
| 3.2 Spesifikasi Alat | 38 |
| 3.3 Perencanaan Blok Diagram..... | 38 |
| 3.3.1 Cara Kerja..... | 40 |
| 3.4 Komponen yang digunakan (<i>Hardware</i>) | 41 |
| 3.4.1 Kebutuhan <i>Software</i> | 44 |
| 3.5 Perencanaan wiring diagram..... | 44 |
| 3.5.1 Rangkaian Power Supply | 44 |
| 3.5.2 Rangkaian Sensor Suhu DS 18B20 | 45 |
| 3.5.3 Rangkaian Sensor Kecepatan (<i>Photointerrupter</i>)..... | 46 |
| 3.5.4 Rangkaian Driver Heater | 47 |
| 3.5.5 Modul Keypad | 47 |
| 3.5.6 Rangkaian Display | 48 |
| 3.5.7 Rangkaian Driver Buzzer | 49 |
| 3.5.8 Rangkaian Driver Motor..... | 49 |
| 3.5.9 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler..... | 50 |
| 3.6 Perencanaan Flowchart | 52 |
| 3.7 Perencanaan Casing Hot Plate Magnetic Stirrer | 53 |

| | |
|--|----|
| 3.7.1 Persiapan Alat dan Bahan | 54 |
| 3.7.2 Pembuatan Modul | 54 |
| BAB IV PENGUKURAN DAN PENDATAAN | 56 |
| 4.1 Seluruh Rangkaian Alat | 56 |
| 4.2 Cara Kerja Alat | 57 |
| 4.2 Pengertian | 58 |
| 4.3 Persiapan Pengukuran | 58 |
| 4.4 Metode Pengukuran | 59 |
| 4.5 Hasil Pengukuran | 60 |
| BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN | 62 |
| 5.1 Analisis Data Hasil Pengukuran | 62 |
| 5.1.1 Analisa TP1 A | 62 |
| 5.1.2 Analisa TP1 B | 63 |
| 5.1.3 Analisa TP2 A | 63 |
| 5.1.4 Analisa TP2 B | 63 |
| 5.1.5 Analisa TP3 A | 64 |
| 5.1.6 Analisa TP3 B | 65 |
| 5.1.7 Analisa TP4 A | 65 |
| 5.1.8 Analisa TP4 B | 65 |
| BAB VI PENUTUP | 68 |
| 6.1 Kesimpulan | 68 |
| 6.2 Saran | 68 |
| DAFTAR PUSTAKA | 69 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1 Gambaran resistor | 8 |
| Gambar 2 Rangkaian Resistor Seri | 9 |
| Gambar 3 Rangkaian Resistor Pararel | 10 |
| Gambar 4. Bentuk Fisik Kapasitor | 11 |
| Gambar 5. Stuktur Kapasitor | 11 |
| Gambar 6. Bentuk Fisik Dioda..... | 13 |
| Gambar 7. Bias Maju (Kiri) & Bias Mundur (Kanan) | 14 |
| Gambar 8. Simbol Jenis Transistor | 15 |
| Gambar 9. Kurva Karakteristik Transistor | 16 |
| Gambar 10. Lambang Triac | 17 |
| Gambar 11. MOC 3020 dan Sistematis MOC 3020 | 19 |
| Gambar 12. Bentuk Fisik Transformator | 19 |
| Gambar 13. Rangkaian MOSFET Kondisi Cut Off | 22 |
| Gambar 14. Rangkaian MOSFET Kondisi Saturasi | 23 |
| Gambar 15. Konfigurasi pin ATmega 8535 | 25 |
| Gambar 16. Pin LCD | 27 |
| Gambar 17. Bentuk Fisik Keypad 4x4 | 30 |
| Gambar 18. Motor DC & Sistem Kerjanya | 31 |
| Gambar 19 Sensor Photointerrupter | 32 |
| Gambar 20 Rotary Encoder | 32 |
| Gambar 21 Bentuk fisik sensor DS 18B20 | 34 |
| Gambar 22. Block Diagram | 38 |
| Gambar 23. Rangkaian Power Supply | 44 |
| Gambar 24. Rangkaian Sensor Suhu DS 18B20 | 45 |
| Gambar 25 Rangkaian Sensor Kecepatan | 46 |
| Gambar 26. Driver Heater | 47 |
| Gambar 27. Modul Keypad | 47 |
| Gambar 28. Rangkaian Display | 48 |
| Gambar 29. Driver Buzzer | 49 |

| | |
|--|----|
| Gambar 30. Driver Motor | 49 |
| Gambar 31. Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler | 51 |
| Gambar 32 Perencanaan Flowchart | 53 |
| Gambar 33 Tampak Depan | 53 |
| Gambar 34 Tampak Belakang..... | 53 |
| Gambar 35 Rangkaian Alat Keseluruhan..... | 56 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 1 Perbedaan nilai resistor berdasarkan warna | 8 |
| Tabel 2. Deskripsi Pin ATmega 8535 | 25 |
| Tabel 3. Konfigurasi Pin LCD | 28 |
| Tabel 4. Daftar Komponen Rangkaian Power Supply | 41 |
| Tabel 5. Daftar Komponen Rangkaian Sensor Suhu | 42 |
| Tabel 6. Daftar Komponen Rangkaian Driver Heater | 42 |
| Tabel 7. Daftar Komponen Rangkaian Buzzer | 42 |
| Tabel 8. Daftar Komponen Rangkaian Pengendali Motor | 42 |
| Tabel 9. Daftar Komponen Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler | 43 |
| Tabel 10. Daftar Komponen Pendukung | 43 |
| Tabel 11 Hasil Ukur TP1 A & TP1 B | 60 |
| Tabel 12 Hasil Ukur TP2 A & TP2 B | 60 |
| Tabel 13 Hasil Ukur TP3 A & TP3 B | 60 |
| Tabel 14 Hasil Ukur TP4 A & TP4 B | 61 |
| Tabel 15 Data Akurasi Suhu Plate | 61 |
| Tabel 16 Data Akurasi Kecepatan Motor DC | 61 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan aplikasi teknologi elektro telah membuat dunia kedokteran berkembang pesat. Berbagai permasalahan di dunia kedokteran yang semula sulit untuk diselesaikan akhirnya mampu untuk diatasi. Salah satu diantaranya adalah permasalahan dalam bidang Laboratorium.

Salah satu alat laboratorium adalah *Hot Plate Magnetic Stirrer* yang digunakan saat ini menggunakan pengaturan suhu yang masih belum bisa membaca nilai suhu lebih presisi. Sensor DS1820 merupakan sebuah sensor yang memiliki fungsi seperti *thermometer* dimana akurasi nilai suhu dan kecepatan pengukuran memiliki kestabilan yang jauh lebih baik dan memiliki kemampuan untuk mengukur suhu pada kisaran -55°C sampai 125°C dengan kesalahan $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ untuk suhu dari 10°C sampai 85°C . Setiap awal melakukan pemanasan larutan masih perlu menggunakan termometer untuk mengukur suhu larutan sehingga user tetap harus memantau suhu yang ada pada larutan. [1]

Hot Plate Magnetic Stirrer memiliki beberapa jenis dengan fungsi yang berbeda. Alat ini digunakan untuk mengaduk atau mencampur sampel dalam skala besar, baik bahan maupun larutan kimia satu sama lain sampai homogen dengan bantuan motor DC yang memutar magnet didalam gelas ukur dan sekaligus menginkubasi sample . Pada alat ini ditambahkan pergerakan motor DC yang bisa diatur kecepatannya, sehingga bahan atau sample dapat tercampur sesuai dengan

karakteristik kekentalan pada cairan yang berbeda beda. *Hot Plate Magnetic Stirrer* terdapat banyak fungsi diantaranya untuk proses fermentasi, sterilisasi, analisis nutrisi, bakteri, SGOT, SGPT dan mikroorganisme. Pada *Hot Plate Magnetic Stirrer* suhu akan mempengaruhi tingkat kekentalan pada sample dan untuk tindakan atau proses kerja yang dapat dilakukan oleh alat kepada sampel terdapat beberapa tindakan yaitu hanya untuk mengaduk, hanya untuk diinkubasi dan inkubasi sekaligus pengadukan. Tingkat kekentalan sample dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya suhu, kecepatan putar *magnetic stirrer*, dan jenis zat larutan/sample.

Suhu yang dapat diseting untuk kestabilan inkubasi sample akan di atur maksimal 100°C dan kecepatan motornya maksimal 2000rpm. Pada bagian *hot plate* terdapat sensor suhu model DS 18B20 yang digunakan untuk mengetahui suhu pada permukaan *plate* tersebut yang diletakkan dibagian bawah *plate*. Bila suhu telah mencapai nilai setingan, sensor suhu yang bekerja akan membaca dan mengontrol suhu agar dapat dipertahankan dan motor juga akan bekerja sesuai dengan kecepatan yang dikehendaki.

Penulis akan melakukan modifikasi pada alat ini dengan pengaturan suhu menjadi lebih presisi sehingga operator dapat menggunakannya dengan hasil yang lebih akurat dan lebih teliti. Dari uraian di atas penulis tertarik membuat alat ini yang akan diajukan sebagai judul karya tulis ilmiah yaitu:

“Modifikasi Hot Plate Magnetic Stirrer Berbasis

Mikrokontroler ATmega 8535”

1.2 Tujuan

Adapun beberapa tujuan dalam penulisan Karya Tulis Ilmiah ini yaitu sebagai berikut :

- a. Terwujudnya alat *Hot Plate Magnetic Stirrer* berbasis mikrokontroler ATmega 8535 yang dapat bekerja dengan baik.
- b. Dengan menambahkan kontrol suhu, kecepatan dan waktu yang diharapkan dapat mempermudah *user* dalam pengoperasian alat pada laboratorium.
- c. Sebagai salah satu syarat kelulusan dalam menyelesaikan studi D3 Teknik Elektromedik, Stikes Widya Husada Semarang.

1.3 Batasan Masalah

Dalam Penulisan Karya Tulis Ilmiah ini, penulis memberi batasan masalah untuk mengantisipasi dan menghindari agar tidak terjadi pelebaran masalah dan kesalahpahaman, yaitu hanya membatasi pokok-pokok yang berhubungan dengan bahan, dan komponen pada rangkaian *Hot Plate Magnetic Sirrer* ini.

1.4 Rumusan Masalah

Dengan melihat latar belakang diatas maka bagaimana cara membuat alat dengan menggunakan seting suhu dan seting *timer* agar mendapatkan suhu yang stabil dan akurat yaitu pada suhu normal ruangan hingga suhu yang tidak lebih dari 100°C dan waktu yang akurat dengan kecepatan motor *low/medium/high* maksimal 2000 rpm sehingga penghangatan sampel tetap terjaga atau konstan.

1.5 Defenisi Istilah

Dalam bagian ini akan dijelaskan pengertian dari beberapa istilah yang digunakan dalam karya tulis ini. Istilah-istilah tersebut adalah sebagai berikut :

a. ***Hot Plate*** :

Suatu bahan yang berbentuk tipis seperti piringan yang digunakan sebagai media pemanasan.

b. ***Magnetik Stirrer*** :

Suatu metode putaran yang memanfaatkan medan magnet dan dikendalikan menggunakan motor DC yang disalah satu ujung poros motor ditempel sebuah magnet untuk memutar magnet serupa yang ada di dalam gelas ukur sample.

c. ***Homogen*** :

Menyatu menjadi satu kesatuan berasal dari suatu zat yang berbeda dengan suatu proses tertentu.

d. ***Inkubasi*** :

Dalam dunia medis disimpulkan proses menjaga dan merawat suatu hal dalam kondisi tertentu dengan tujuan sesuatu itu akan berkembang dan menghasilkan dengan baik sesuai harapan.

e. ***Sample*** :

Bagian suatu objek yang diambil dari keseluruhan objek yang diteliti dan di anggap mewakili seluruh kelompok atau populasi.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Gambaran Umum *Hot Plate Magnetic Stirrer*

Hot Plate Magnetic Stirrer adalah gabungan dari suatu mekanisme yang berbeda yaitu piringan pemanas (*hot plate*) adalah salah satu instrumen peralatan laboratorium yang digunakan sebagai alat pemanas. Umum nya *plate* terbuat dari logam atau keramik khusus berbentuk pipih dan dipanaskan dengan energi listrik, namun pada alat ini penulis menggunakan bahan fiber sebagai platnya yang dapat menginkubasi sample mencapai suhu 100° Celsius. Pengaduk megnet (*Magnetic Stirrer*) atau pencampur magnetik adalah alat laboratorium menggunakan magnet yang ditempelkan pada motor DC untuk memutar suatu magnet yang dicelupkan dalam *sample* yang diputar menggunakan prinsip medan magnet untuk menghomogenkan *sample*. [1]

Kedua sistem kerja alat yang berbeda tersebut digabungkan menjadi satu alat yang bernama *Hot Plate Magnetic Stirrer* dengan tujuan untuk mempermudah dan mengefisienkan kinerja yang dibutuhkan pada laboratorium.

Hot Plate Magnetic Stirrer adalah alat yang berfungsi untuk mempertahankan suhu pada plate dengan kondisi tertentu selama selang waktu yang ditentukan untuk menghangatkan suatu sampel agar temperaturnya tetap stabil dan menghomogenkan sampel yang akan diproses dalam kegiatan diagnosa, dengan pengaturan suhu atau temperatur yang diinginkan bersamaan dengan pengaturan kecepatan untuk proses pengadukan dengan mengatur suhu dan

kecepatan motor diinginkan atau diperlukan. Suhu yang diperlukan untuk menginkubasi *sample* harus sesuai dengan kebutuhan penelitian dan spesifikasi alat itu sendiri misalnya berkisar antara 35° C - 85° C, begitu juga dengan kecepatan motornya dapat diatur dengan metode yang berbeda-beda misalnya metode *low/medium/high* dengan kecepatan motor (rpm) yang dapat di atur beragam, low 1000 rpm, medium 1500 rpm, atau high 2000 rpm.

Nilai suhu untuk menginkubasi *sample* dipengaruhi oleh beberapa faktor misalnya jenis *sample* nya seperti tingkat kekentalan cairan dan media larutan misalnya ketebalan dan jenis gelas ukur atau jenis *plate* nya. Standar secara umum *Hot Plate Magnetic Stirrer* ini hanya untuk proses inkubasi bersamaan langsung dengan pengadukan atau dapat digunakan berbeda anatara keduanya dan untuk sampel yang digunakan adalah zat pelarut umumnya berupa cairan.

Tinggi rendahnya nilai suhu setingan pada plate tidak dapat menjamin bahwa nilai suhu pada sample juga akan sama, dikarenakan beberapa faktor yang sangat berpengaruh terhadap suatu rambatan panas yang dihasilkan heater terhadap sample. Panas tersebut akan merambat dari plate ke gelas ukur (*pyrex*), kemudian panasnya akan merambat ke cairan sample, semakin banyak proses rambatan juga akan berpengaruh. Dapat disimpulkan bahwa nilai suhu sample akan tetap lebih rendah terhadap nilai suhu setingan pada plate, user tetap harus memantau suhu pada sample secara berkala dengan thermometer, belum lagi dengan beberapa faktor yang sangat mempengaruhi rambatan panas tersebut salah satunya yakni suhu udara disekitar plate dan sample yang lebih rendah, namun suatu kualitas inkubasi yang baik dapat dilihat dari selisih nilai suhu setingan

terhadap suhu sample, semakin sedikit selisih derajatnya maka kualitas proses inkubasinya juga semakin baik.

Suhu yang dihasilkan akan dideteksi oleh sensor suhu DS 18B20 dan ditampilkan pada display. Timer dan kecepatan motor diatur sesuai dengan kebutuhan dan alat akan berhenti bekerja apabila waktu yang diatur telah habis dan *buzzer* akan berbunyi 3 kali.

2.2 Resistor

Resistor adalah komponen elektronik dua saluran yang didesain untuk menahan arus listrik dengan memproduksi penurunan tegangan diantara kedua salurannya sesuai dengan arus yang mengalirinya. Resistor digunakan sebagai bagian dari jejaring elektronik dan sirkuit elektronik, dan merupakan salah satu komponen yang paling sering digunakan. Resistor dapat dibuat dari bermacam-macam komponen dan film, bahkan kawat resistansi (kawat yang dibuat dari paduan resistivitas tinggi seperti nikel-kromium) [2]. Satuan atau nilai resistansi suatu resistor di sebut Ohm dan dilambangkan dengan simbol Omega (Ω).

Sesuai hukum Ohm bahwa resistansi berbanding terbalik dengan jumlah arus yang mengalir melaluinya. Rumus menghitung nilai resistansi resistor dibawah ini :

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (1)$$

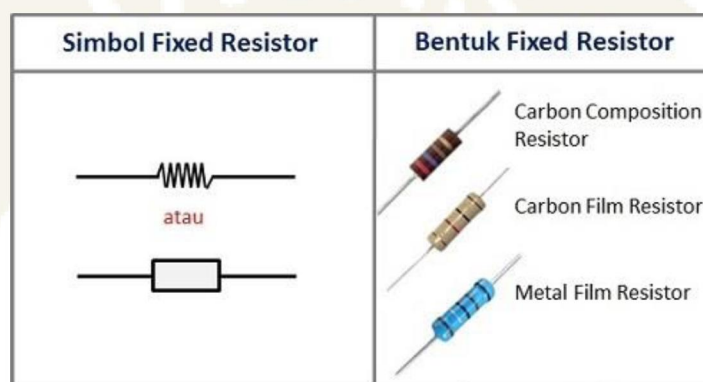
R = Resistor (Ω)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

Selain nilai resistansinya (Ohm) resistor juga memiliki nilai yang lain seperti nilai toleransi dan kapasitas daya yang mampu dilewatkannya.

Semua nilai yang berkaitan dengan resistor tersebut penting untuk diketahui dalam perancangan suatu rangkaian elektronika oleh karena itu pabrikan resistor selalu mencantumkan dalam kemasan resistor tersebut.



Gambar 1 Gambaran resistor

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

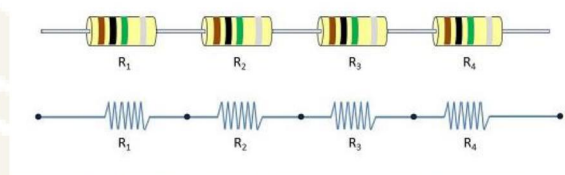
Tabel 1 Perbedaan nilai resistor berdasarkan warna

| W a r n a | Nilai | Faktor Pengali | Toleransi |
|-------------|-------|----------------|-----------|
| H i t a m | 0 | 1 | - |
| C o k l a t | 1 | 10 | 1% |
| M e r a h | 2 | 100 | 2% |
| J i n g g a | 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% |

2.2.1 Rangkaian Resistor Seri

Rangkaian Seri Resistor adalah sebuah rangkaian yang terdiri dari 2 buah atau lebih Resistor yang disusun secara sejajar atau berbentuk Seri. Rumus dari Rangkaian Seri seperti dibawah ini:



Gambar 2 Rangkaian Resistor Seri

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \dots \dots \dots (2)$$

R_{total} = Total Nilai Resistor (Ω)

R_1 = Resistor ke-1 (Ω)

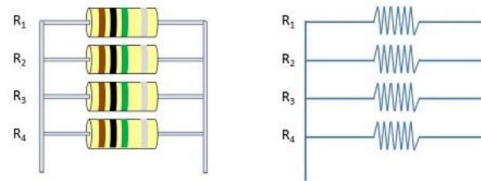
R_2 = Resistor ke-2 (Ω)

R_3 = Resistor ke-3 (Ω)

R_n = Resistor ke-n (Ω)

2.2.2 Rangkaian Resistor Pararel

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



Gambar 3 Rangkaian Resistor Pararel

$$R_{total} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \dots \dots + \frac{1}{R_n} \dots \dots \dots (3)$$

R_{total} = Total Nilai Resistor (Ω)

R_1 = Resistor ke-1 (Ω)

R_2 = Resistor ke-2 (Ω)

R_3 = Resistor ke-3 (Ω)

R_n = Resistor ke-n (Ω)

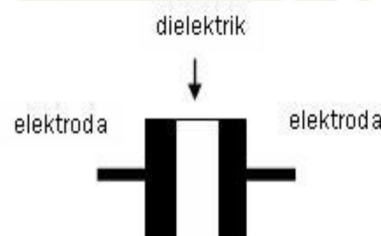
2.3 Kapasitor

Kapasitor yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf “C” adalah suatu komponen yang dapat menyimpan energi/muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik.



Gambar 4. Bentuk Fisik Kapasitor

Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi.



Gambar 5. Stuktur Kapasitor

Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. [2]

2.3.1 Kapasitor Polar & Non Polar

1. Kapasitor Polar

Kapasitor Polar adalah kapasitor yang kedua kutubnya mempunyai polaritas positif dan negatif, biasanya kapasitor polar memiliki bahan dielektrik yang terbuat dari elektrolit dan kapasitor ini memiliki nilai kapasitansi yang besar dibandingkan dengan kapasitor berbahan dielektrik kertas, mika atau keramik.

2. Kapasitor Non Polar

Kapasitor Non polar adalah kapasitor yang pada kutubnya tidak memiliki polaritas positif dan negatif maka kapasitor ini dapat dipakai secara terbalik. Biasanya kapasitor Non Polar memiliki nilai kapasitansi yang kecil yang bahannya terbuat dari mika, keramik, dll.

2.3.2 Rumus Kapasitansi

Pada kapasitor terdapat rumus untuk mengetahui nilai atau besarnya kapasitansi suatu kapasitor, yakni jumlah muatan listrik yang dapat tersimpan

$$\text{yaitu : } C = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

C = Kapasitansi

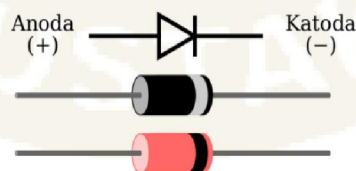
Q = Muatan listrik (*Coulomb*)

V = Volt

2.4 Dioda

Dioda adalah komponen aktif dua kutub yang pada umumnya bersifat semikonduktor, yang memperbolehkan arus listrik mengalir ke satu arah (kondisi panjar maju) dan menghambat arus dari arah sebaliknya (kondisi panjar mundur). Dioda dapat disamakan sebagai fungsi katup didalam bidang elektronika. Dioda sebenarnya tidak menunjukkan karakteristik kesearahan yang sempurna, melainkan mempunyai karakteristik hubungan arus dan tegangan kompleks yang tidak linier dan sringkali tergantung pada teknologi atau material yang digunakan serta parameter penggunaan. [2]

Beberapa jenis dioda juga mempunyai fungsi yang tidak ditujukan untuk penggunaan penyearahan.



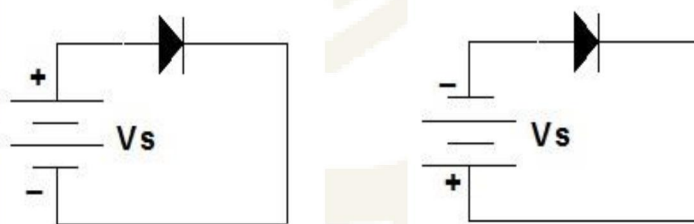
Gambar 6. Bentuk Fisik Dioda

2.4.1 Macam Macam Dioda :

- Dioda penyearah (rectifier)
- Dioda zener
- Dioda emisi cahaya (LED)
- Photo dioda
- Dioda varactor

2.4.2 Karakteristik dioda adalah sebagai berikut :

- Bila dioda diberi tegangan maju, maka dengan tegangan kecil saja (minimal 0,7 volt untuk dioda silikon dan 0,3 volt untuk dioda germanium) arus akan mengalir dari anoda ke katoda.
- Bila dioda diberi tegangan balik, maka untuk tegangan yang masih dibawah tegangan *break down*, arus tidak akan mengalir dari anoda ke katoda sampai tegangan yang diberikan mencapai tegangan *break down*, yaitu dimana dioda tidak dapat lagi menahan aliran elektron yang terbentuk dilapisan deplesi.

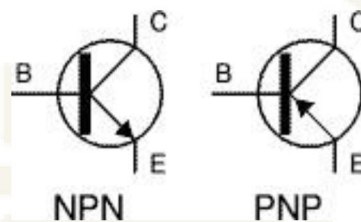


Gambar 7. Bias Maju (Kiri) & Bias Mundur (Kanan)

2.4 Transistor

Transistor adalah komponen aktif yang sangat sering digunakan dalam rangkaian-rangkaian elektronika, antara lain sebagai penguat (misalnya : penguat audio), sebagai saklar, inverter dan lain-lain. Sebuah transistor tersusun dari tiga

buah bahan semikonduktor yang bersusun berselang-selang. Jika yang ditengah bahan jenis P, maka yang mengapit adalah bahan jenis N dan dinamakan transistor NPN. Sebaliknya yang ditengah jenis N, maka yang mengapit berjenis P dan dinamakan transistor PNP. Ketiga bahan semikonduktor tersebut dinamai kolektor (pengumpul), basis (landasan) dan emitor (penyebar). Arus listrik dalam transistor terutama disebabkan oleh aliran elektron-elektron bebas dari emitor ke kolektor. [3]



Gambar 8. Simbol Jenis Transistor

Untuk mengoperasikan transistor harus diketahui dulu daerah kerjanya. Ada tiga daerah kerja transistor yaitu :

a. Daerah sumbat (*cut off*)

Daerah sumbat merupakan daerah kerja transistor saat mendapat bias arus basis ($I_b \leq 0$). Pada saat daerah ini terjadi bocor dari basis ke emitor (I_{BEO}). Hal ini sama dapat terjadi pada hubungan kolektor-basis. Jika arus emitor sangat kecil ($I_e = 0$), emitor dalam keadaan terbuka dan arus mengalir dari kolektor ke basis (I_{CBO}).

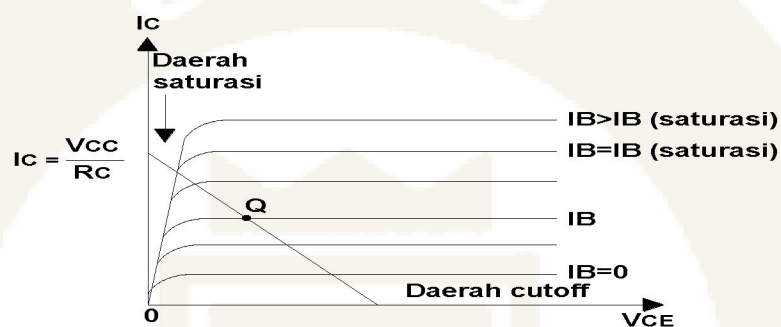
b. Daerah aktif

Daerah aktif terletak antara daerah jenuh dan daerah sumbat. Agar transistor bekerja pada daerah aktif, maka transistor harus mendapatkan arus basis lebih

besar dari 0 ($I_b > 0$), dalam keadaan ini keluaran arus kolektor akan berubah sesuai dengan pemberian arus basisnya.

c. Daerah jenuh (saturasi)

Transistor akan bekerja pada daerah jenuh ketika hambatan basis terlalu kecil, maka arus kolektor meningkat sampai nilai maksimum dan tegangan kolektor-emitor turun mendekati nol.



Gambar 9. Kurva Karakteristik Transistor

2.4.1 Transistor Sebagai Penguat

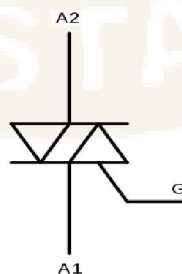
Transistor Sebagai penguatan sinyal/amplifier adalah dengan meningkatkan amplitudo sinyal yang diberikan pada input yang tentunya tanpa mengubah karakteristik dari sinyal itu sendiri. Transistor yang akan difungsikan sebagai penguat harus membuat transistor tersebut dalam keadaan saturasi atau keadaan *cut off* [3]. Berdasarkan sistem *grounding* penguat transistor dibagi menjadi 3 jenis yaitu :

1. Penguat *Common Base (Grounded Base)* adalah penguat yang kaki basisnya di *groundkan* lalu input dimasukkan ke kaki emitor dan output diambil pada kaki kolektor. Penguat common base memiliki karakteristik sebagai penguat tegangan.

2. Penguat *Common Emitter* adalah penguat yang kaki emitornya *digroundkan* lalu input dimasukkan ke kaki basis dan output diambil dari kaki kolektor. Penguat common emitter juga memiliki karakteristik sebagai penguat tegangan.
3. Penguat *Common Colector* adalah penguat yang kaki kolektornya *digroundkan* lalu input dimasukkan ke kaki basis dan output diambil di kaki emitor. Penguat common colector memiliki karakteristik sebagai penguat arus.

2.5 Trioda AC (Triac) sebagai Saklar

Triac komponen tiga elektroda yang berfungsi sebagai saklar. Triac mempunyai elektroda kendali (gerbang) terpisah guna memungkinkan pemberian level tegangan yang akan memulai triac untuk berkonduksi. Triac banyak digunakan pada rangkaian pengendali, penyaklaran ataupun pemicu. Prinsip kerja Triac sama seperti SCR (silicon Control Rectifier), dan Triac sendiri dapat digambarkan sebagai penggabungan dua buah SCR yang dipasang anti parallel dan diberi satu elektroda pintu. [2]



Gambar 10. Lambang Triac

Triac banyak digunakan pada beban yang mempunyai daya besar. Daerah kerja Triac meliputi jangkauan yang lebar dari 0,5A sampai dengan 40A, dan bekeja 2322pada tegangan sampai dengan 600 V.

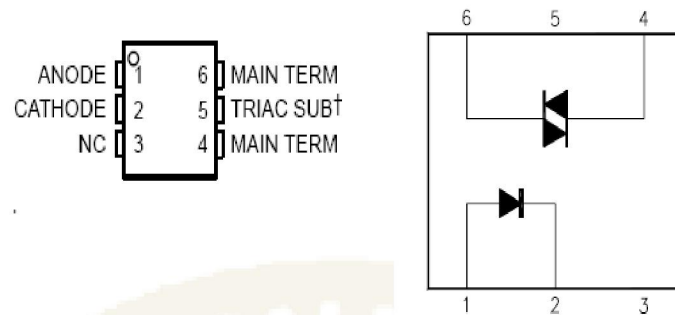
Gambar diatas merupakan lambang dari Triac, terminal utamanya adalah terminal satu dan dua yaitu untuk keluaran dan terminal bersama gerbang atau gate merupakan terminal masukan atau terminal kendali.

2.6 IC MOC 3020 sebagai Opto Osilator

IC MOC 3020 merupakan komponen yang berfungsi sebagai Opto Osilator, Opto Osilator adalah sebuah osilator yang tergandeng optik, yaitu suatu komponen yang menghubungkan Led dengan Detector dalam satu kemasan yang mempunyai Led pada sisi input sebagai masukannya dan Photo Triac pada keluarannya.

Opto osilator berdasarkan picu cahaya optic, Photo Triac akan mendapat bias maju bila mendapat sinar dari Led sehingga Triac terhubung singkat, dengan kata lain Photo Triac digunakan sebagai opto osilator antara rangkaian Input dan *Output* IC MOC 3020 ini dapat digunakan sebagai penggerak tegangan AC atau sebagai komponen elektronik pengganti Relay. [3]

Fungsi IC MOC 3020 adalah sebagai opto isolator dengan bagian DC dari rangkaian kendali utama agar tidak terhubung secara langsung ke jaringan AC. Selain sebagai isolator, MOC tersebut sebagai antarmuka antara bagian kendali (rangkaiian DC) agar dapat berkomunikasi dengan jaringan AC.



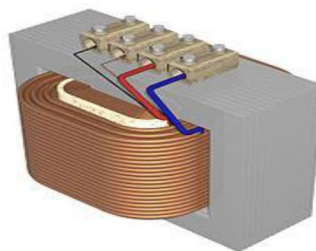
Gambar 11. MOC 3020 dan Sistematik MOC 3020

Keterangan pin MOC 3020 :

- a. Kaki 1 Anoda
- b. Kaki 2 Katoda
- c. Kaki 3 & 5 NC
- d. Kaki 4 & 6 *Input/Output* Tegangan AC

2.7 Trafo (*Transformer*)

Trafo terdiri dari dua kumparan yang dililitkan pada sebuah inti. Inti trafo dibentuk dari lapisan-lapisan besi. Kumparan pertama disebut kumparan primer dan kumparan kedua disebut kumparan sekunder. Perbandingan jumlah lilitan antar kedua kumparan menentukan perbandingan voltase antara kedua kumparan tersebut..



Gambar 12. Bentuk Fisik Transformator

Komponen ini berfungsi sebagai perubah tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya, sesuai kebutuhan. Ketika arus AC mengalir melewati kumparan primer, maka terbentuklah medan magnet bolak-balik. Medan magnet ini akan menginduksikan arus bolak-balik pada kumparan sekunder. Hal tersebut terjadi Karena saat arus mengalir melewati kumparan primer, akan dihasilkan sebuah medan magnet. Inti besi trafo menyediakan sebuah jalur untuk dilalui oleh garis-garis gaya magnet sehingga hampir semua garis gaya yang terbentuk dapat sampai ke kumparan sekunder.

Pada bagian primer, tegangan yang masuk disebut dengan tegangan primer (V_p) dengan lilitannya yang disebut dengan lilitan primer (N_p), sedangkan pada bagian sekunder tegangan yang masuk disebut dengan tegangan sekunder (V_s) dengan lilitannya disebut dengan lilitan sekunder (N_s). Dengan demikian didapatkan hubungan bahwa :

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

V_p = Tegangan primer (Volt)

V_s = Tegangan sekunder (Volt)

N_p = Jumlah lilitan primer (lilitan)

N_s = Jumlah lilitan sekunder (lilitan)

I_s = Arus primer (Ampere)

I_p = Arus sekunder (Ampere)

2.8.1 Trafo Adaptor

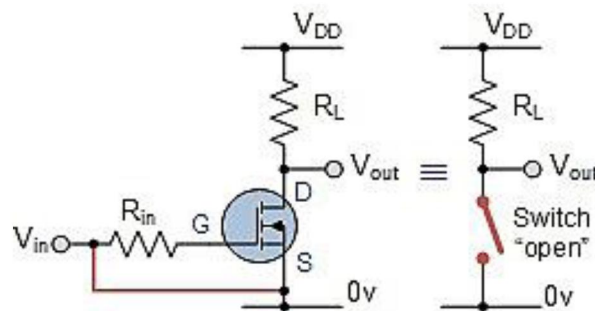
Trafo adaptor berfungsi untuk mengubah arus AC menjadi DC. Merupakan trafo yang digunakan dalam rangkaian adaptor. Bagian inputnya mendapat tegangan yang berasal dari jala-jala PLN yaitu tegangan 220VAC, sedangkan bagian outputnya yaitu pada gulungan sekunder dilengkapi dengan cabang-cabang pengeluaran (output) yang disesuaikan dengan kebutuhan seperti 12V DC dan 5V DC.

2.8 MOSFET sebagai Saklar

MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) merupakan salah satu jenis transistor yang memiliki impedansi masukan (gate) sangat tinggi (hampir tak berhingga) sehingga dengan menggunakan MOSFET sebagai saklar elektronik, memungkinkan untuk menghubungkannya dengan semua jenis gerbang logika. Dengan menjadikan MOSFET sebagai saklar, maka dapat digunakan untuk mengendalikan beban dengan arus yang tinggi. [3] Untuk membuat MOSFET sebagai saklar maka hanya menggunakan MOSFET pada kondisi saturasi (ON) dan kondisi cut-off (OFF).

2.9.1. Wilayah Cut Off (MOSFET Off)

Pada daerah Cut-Off, MOSFET tidak mendapatkan tegangan input ($V_{in} = 0V$) sehingga tidak ada arus drain I_d yang mengalir. Kondisi ini akan membuat tegangan $V_{ds} = V_{dd}$. Dengan beberapa kondisi diatas maka pada daerah cut-off ini MOSFET dikatakan OFF (Full-Off). Kondisi cut-off ini dapat diperoleh dengan menghubungkan jalur input (gate) ke ground, sehingga tidak ada tegangan input yang masuk ke rangkaian saklar MOSFET.



Gambar 13. Rangkaian MOSFET Kondisi Cut Off

Karakteristik MOSFET pada daerah Cut-Off antara lain sebagai berikut :

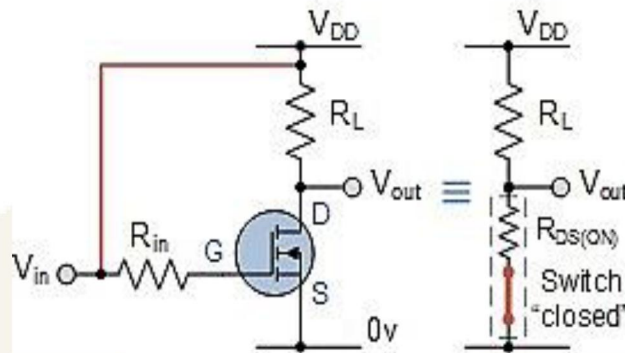
- Input gate tidak mendapat tegangan bias karena terhubung ke ground (0V).
- Tegangan gate lebih rendah dari tegangan threshold ($V_{gs} < V_{th}$).
- MOSFET OFF (Fully-Off) pada daerah cut-off ini.
- Tidak arus drain yang mengalir pada MOSFET.
- Tegangan output $V_{out} = V_{ds} = V_{dd}$.
- Pada daerah cut-off MOSFET dalam kondisi open circuit.

Dengan beberapa karakteristik diatas maka dapat dikatakan bahwa MOSFET pada daerah Cut-Off merupakan saklar terbuka dengan arus drain $I_d = 0$ Ampere. Untuk mendapatkan kondisi MOSFET dalam keadaan open maka tegangan gate V_{gs} harus lebih rendah dari tegangan threshold V_{th} dengan cara menghubungkan terminal input (gate) ke ground.

2.9.2. Wilayah Saturasi (MOSFET On)

Pada daerah saturasi MOSFET mendapatkan bias input (V_{gs}) secara maksimum sehingga arus drain pada MOSFET juga akan maksimum dan

membuat tegangan $V_{ds} = 0V$. Pada kondisi saturasi ini MOSFET dapat dikatakan dalam kondisi ON secara penuh (Fully-ON).



Gambar 14. Rangkaian MOSFET Kondisi Saturasi

Karakteristik MOSFET pada kondisi saturasi antara lain adalah :

- Tegangan input gate (V_{gs}) tinggi.
- Tegangan input gate (V_{gs}) lebih tinggi dari tegangan threshold ($V_{gs} > V_{th}$).
- MOSFET ON (Fully-ON) pada daerah Saturasi.
- Tegangan drain dan source ideal (V_{ds}) pada daerah saturasi adalah $0V$ ($V_{ds} = 0V$).
- Resistansi drain dan source sangat rendah ($R_{ds} < 0,1 \text{ Ohm}$).
- Tegangan output $V_{out} = V_{ds} = 0,2V (R_{ds} \cdot I_d)$.
- MOSFET dianalogikan sebagai saklar kondisi tertutup.

Kondisi saturasi MOSFET dapat diperoleh dengan memberikan tegangan input gate yang lebih tinggi dari tegangan thresholdnya dengan cara menghubungkan terminal input ke V_{dd} . Sehingga MOSFET menjadi saturasi dan dapat dianalogikan sebagai saklar pada kondisi tertutup.

2.10 Mikrokontroler ATmega 8535

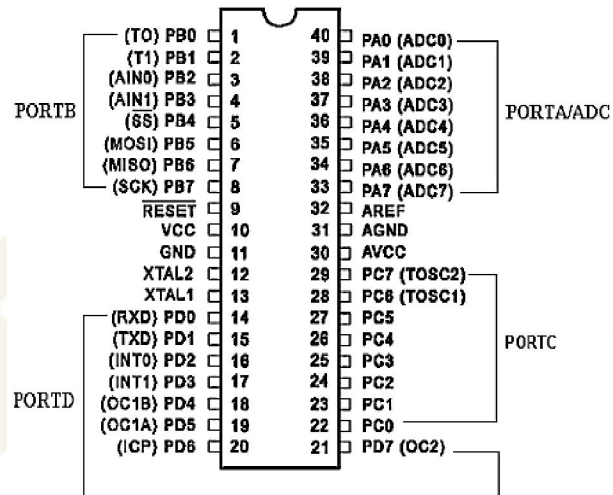
Mikrokontroler merupakan *chip* cerdas yang menjadi tren dalam pengendalian dan otomatisasi. Dengan banyak jenis keluarga, kapasitas memori, dan berbagai fitur, mikrokontroler menjadi pilihan dalam aplikasi prosesor mini untuk pengendalian skala kecil.

Secara umum, Avr dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga ATmega, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan hampir sama.

Salah satu jenis dari keluarga ATmega adalah mikrokontroler ATmega8535 yang memiliki fitur-fitur utama, seperti berikut :

- a. Saluran I/O sebanyak 32 buah yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, dan *Port D*.
- b. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
- c. Tiga unit *Penuliser/Counter* dengan kemampuan perbandingan.
- d. CPU yang terdiri atas 32 buah register.
- e. *Watchdog Timer* dengan osilator *internal*.
- f. SRAM sebesar 512 *byte*.
- g. Memori *Flash* sebesar 8 *kbytes* dengan kemampuan *Read While Write*.
- h. Unit interupsi *internal* dan eksternal.
- i. Port antarmuka SPI.
- j. EEPROM sebesar 512 *byte* yang dapat diprogram saat operasi.
- k. Antarmuka komparator analog.

1. Port USART untuk komunikasi serial [8].



Gambar 15. Konfigurasi pin ATmega 8535

Tabel 2. Deskripsi Pin ATmega 8535

| <i>Nama Pin</i> | <i>Fungsi</i> |
|-----------------------------|---|
| <i>VCC</i> | <i>Catu Daya</i> |
| <i>GND</i> | <i>Ground</i> |
| <i>Port A</i> (PA7..PA0) | <i>Port I/O 8bit dua arah dengan resistor pullup internal. Juga berfungsi sebagai masukan analog ke ADC (ADC0 s.d. ADC7)</i> |
| <i>Port B</i> (PB7..PB0) | <i>Port I/O 8bit dua arah dengan resistor pullup internal.</i> <i>Fungsi khusus masing-masing pin :</i> <i>Port Pin Fungsi lain</i> <i>PB T0 (Pemuliser/Counter0 External Counter Input)</i> <i>PB1 T1 (Pemuliser/Counter1 External Counter Input)</i> <i>PB2 AIN0 (Analog Comparator Positive Input)</i> <i>PB3 AIN1 (Analog Comparator Negative Input)</i> |

| | |
|--------------------------|--|
| | <i>PB4 SS (SPI Slave Select Input)</i> <i>PB5 MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)</i> <i>PB6 MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)</i> <i>PB7 SCK (SPI Bus Serial Clock)</i> |
| <i>Port C (PC7..PC0)</i> | <i>Port I/O 8bit dua arah dengan resistor pullup internal. Dua pin yaitu PC6 dan PC7 berfungsi sebagai oscillator luar untuk Pemuliser/Counter2</i> |
| <i>Port D (PD7..PD0)</i> | <i>Port I/O 8bit dua arah dengan resistor pullup internal.</i> <i>Fungsi khusus masing-masing pin :</i> <i>Port Pin Fungsi lain</i> <i>PD0 RXD (UART Input Line)</i> <i>PD1 TXD (UART Output Line)</i> <i>PD2 INT0 (External Interrupt 0 Input)</i> <i>PD3 INT1 (External Interrupt 1 Input)</i> <i>PD4 OC1B (Pemuliser/Counter1 Output CompareB Match Output)</i> <i>PD5 OC1A (Pemuliser/Counter1 Output CompareA Match Output)</i> <i>PD6 ICP (Pemuliser/Counter1 Input Capture Pin)</i> <i>PD7 OC2 (Pemuliser/Counter2 Output Compare Match Output)</i> |
| <i>RESET</i> | <i>Masukan reset. Sebuah reset terjadi jika pin ini diberi logika rendah melebihi periode minimum yang diperlukan.</i> |
| <i>XTAL1</i> | <i>Masukan ke inverting oscillator amplifier dan masukan ke rangkaian clock internal.</i> |
| <i>XTAL2</i> | <i>Keluaran dari inverting oscillator amplifier.</i> |
| <i>AVCC</i> | <i>Catu daya untuk port A dan ADC.</i> |
| <i>AREF</i> | <i>Referensi masukan analog untuk ADC.</i> |
| <i>AGND</i> | <i>Ground analog.</i> |

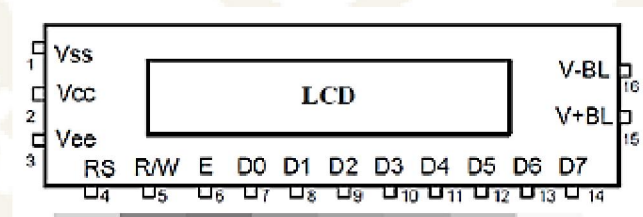
2.11 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Perangkat penampil yang digunakan adalah modul LCD 16x2 (16 kolom, 2 baris) dengan konsumsi daya rendah.

Modul LCD yang digunakan memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Terdapat 16x2 karakter huruf yang bisa ditampilkan.
- b. Setiap huruf terdiri dari 5x7 dot-matrix cursor.
- c. Terdapat 192 macam karakter.
- d. Terdapat 80x8 bit display RAM (maksimal 80 karakter).
- e. Memiliki kemampuan penulisan dengan 8 bit maupun dengan 4 bit.
- f. Dibangun dengan osilator local.
- g. Catu sumber tegangan 5 volt.
- h. Otomatis *reset* saat tegangan dihidupkan.
- i. Bekerja pada suhu 0 °C sampai 55 °C.

Konfigurasi pin dari LCD ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 16. Pin LCD

Tabel 3. Konfigurasi Pin LCD

| No. | Nama Pin | Deskripsi |
|-----|----------|------------------------|
| 1 | GND | 0V |
| 2 | VCC | +5V |
| 3 | VEE | Kontras LCD |
| 4 | RS | Register Select |
| 5 | R/W | 1 = Read ; 0 = Write |
| 6 | EN | Enable LCD, 1 = enable |
| 7 | D0 | Data Bus 0 |
| 8 | D1 | Data Bus 1 |
| 9 | D2 | Data Bus 2 |
| 10 | D3 | Data Bus 3 |
| 11 | D4 | Data Bus 4 |
| 12 | D5 | Data Bus 5 |
| 13 | D6 | Data Bus 6 |
| 14 | D7 | Data Bus 7 |
| 15 | Anoda | Anoda Backlight LED |
| 16 | Katoda | Katoda Backlight LED |

Untuk keperluan antar muka suatu komponen elektronika dengan mikrokontroler, perlu diketahui fungsi dari setiap kaki yang ada pada komponen tersebut :

- Kaki 1 (VCC) : Kaki ini berhubungan dengan tegangan + 5 Volt yang merupakan tegangan untuk sumber daya.
- Kaki 2 (GND) : Kaki ini berhubungan dengan tegangan 0 volt (Ground).
- Kaki 3 (VEE/VLCD) : Tegangan pengatur kontras LCD, kaki ini terhubung pada cermet. Kontras mencapai nilai maksimum pada saat kondisi kaki ini pada tegangan 0 volt.

- d. Kaki 4 (RS) : *Register Select*, kaki pemilih register yang akan diakses. Untuk akses ke Register Data, logika dari kaki ini adalah 1 dan untuk akses ke Register Perintah, logika dari kaki ini adalah 0.
- e. Kaki 5 (R/W) : Logika 1 pada kaki ini menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode pembacaan dan logika 0 menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode penulisan. Untuk aplikasi yang tidak memerlukan pembacaan data pada modul LCD, kaki ini dapat dihubungkan langsung ke Ground.
- f. Kaki 6 (E) : *Enable Clock LCD*, kaki mengaktifkan clock LCD. Logika 1 pada kaki ini diberikan pada saat penulisan atau pembacaan data.
- g. Kaki 7 – 14 (D0 – D7) : Data bus, kedelapan kaki LCD ini adalah bagian dimana aliran data sebanyak 4 bit ataupun 8 bit mengalir saat proses penulisan maupun pembacaan data.
- h. Kaki 15 (Anoda) : Berfungsi untuk tegangan positif dari backlight LCD sekitar 4,5 volt (hanya terdapat untuk LCD yang memiliki backlight).
- i. Kaki 16 (Katoda) : Tegangan negative backlight LCD sebesar 0 volt (hanya terdapat pada LCD yang memiliki backlight).

2.12 Keypad 4x4

Keypad termasuk alat interface yang sering dan cukup mudah untuk digunakan. Karena keypad salah satu sarana inputan yang banyak digunakan dalam

aplikasi *machine interface* misalnya :

- a. Pada sistem pengaturan suhu, keypad bisa digunakan operator untuk menentukan set point suhu yang diinginkan.
- b. Pada sistem absensi pegawai, keypad bisa digunakan bagi pegawai untuk memasukkan ID-nya, dll.



Gambar 17. Bentuk Fisik Keypad 4x4

2.13 Motor DC

Pada prinsipnya motor DC memiliki dua bagian dasar :

- a. Bagian yang tetap/stasioner disebut stator, stator ini menggunakan medan magnet, baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektromagnet) ataupun magnet permanen.
- b. Bagian yang berputar disebut rotor atau amature. Rotor ini berupa sebuah koil dimana arus listrik mengalir. Jenis motor dibedakan berdasarkan pengaturan listrik dan konstruksi fisiknya, yaitu motor standar, motor bell dan motor disc. Dalam hal kelistrikan perbedaan motor DC adalah pada medan magnetnya yang dihasilkan didalam stator. Motor DC bekerja bila pada kedua kaki stator diberikan stator diberikan tegangan 12V dengan arus sekitar 2A sehingga pada rotor terjadi perubahan energi listrik menjadi energi mekanik yang mengakibatkan terjadinya tolak menolak antara rotor dan stator, karena kedua bagian ini dipasang secara berdampingan dengan kutub yang berbeda. Dari

tolak menolak yang terjadi pada kedua magnet yang ditimbulkan oleh stator dan rotor maka terjadi suatu pergerakan yang mengakibatkan rotor akan berputar sesuai dengan pemberian tegangan pada kaki stator. [5]



Gambar 18. Motor DC & Sistem Kerjanya

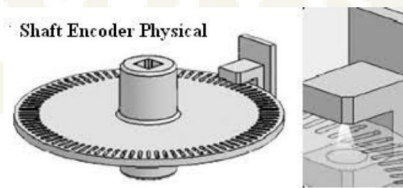
2.14 Sensor Kecepatan (*Photointerrupter*)

Photointerrupter adalah foto sensor dengan transmisi yang biasanya terdiri dari elemen *infra red* sebagai pemancar cahaya dan elemen penerima cahaya yaitu *phototransistor*. [4]

Sensor dengan type ITR 8102 ini berfungsi sebagai pendeteksi kecepatan motor DC yang membaca sebuah *rotary encoder* yang diputar oleh motor DC dengan jumlah lubang yang bervariasi. Sensor ini akan membaca kecepatan motor DC berdasarkan banyaknya lubang pada *rotary encoder* dimana lubang-lubang tersebut akan melewati celah antara *infra red* dan *phototransistor* selama motor berputar. Banyaknya lubang pada *rotary encoder* akan mempengaruhi tingkat resolusi pembacaan kecepatan motor DC.



Gambar 19 Sensor Photointerrupter



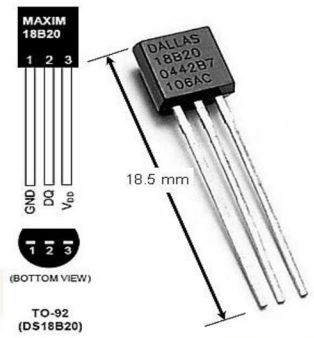
Gambar 20 Rotary Encoder

2.15 Sensor DS 18B20

DS18B20 adalah sensor suhu digital seri terbaru dari Maxim. Sensor ini mampu membaca suhu dengan ketelitian 9 hingga 12-bit, rentang -55°C hingga 125°C dengan ketelitian $(\pm 0.5^{\circ}\text{C})$. Setiap sensor yang diproduksi memiliki kode unik sebesar 64-Bit yang disematkan pada masing-masing chip, sehingga memungkinkan penggunaan sensor dalam jumlah besar hanya melalui satu kabel saja (single wire data bus/1-wire protocol). Ini merupakan komponen yang luar biasa, dan merupakan batu patokan dari banyak proyek-proyek data logging dan kontrol berbasis temperatur di luar sana.

Sebagai acuan dan informasi pendukung, sensor ini memiliki fitur utama sebagai berikut:

1. Antarmuka hanya menggunakan satu kabel sebagai komunikasi (menggunakan protokol Unique 1-Wire)
2. Setiap sensor memiliki kode pengenalan unik 64-bit yang tertanam di onboard ROM
3. Kemampuan multidrop yang menyederhanakan aplikasi penginderaan suhu terdistribusi
4. Tidak memerlukan komponen tambahan
5. Juga bisa diumpankan daya melalui jalur datanya. Rentang dayanya adalah 3.0V hingga 5.5V
6. Bisa mengukur temperatur mulai dari -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$
7. Memiliki akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pada rentang -10°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$
8. Resolusi sensor bisa dipilih mulai dari 9 hingga 12 bit
9. Bisa mengkonversi data suhu ke 12-bit digital word hanya dalam 750 milidetik (maksimal)
10. Memiliki konfigurasi alarm yang bisa disetel (nonvolatile)
11. Bisa digunakan untuk fitur pencari alarm dan alamat sensor yang temperaturnya diluar batas (temperature alarm condition)
12. Penggunaannya bisa dalam lingkungan kendali termostatis, sistem industri, produk rumahan, termometer, atau sistem apapun yang memerlukan pembacaan suhu.

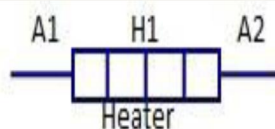


Gambar 21 Bentuk fisik sensor DS 18B20

Sensor DS 1820 merupakan sensor suhu 9-12 bit yang memiliki fungsi seperti thermometer serta terdapat sistem alarm. Sensor DS1820 memiliki kemampuan untuk mengukur suhu pada kisaran -55°C sampai 125°C dan bekerja secara akurat dengan kesalahan $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada kisaran -10°C sampai 85°C . Selain itu, daya yang digunakan sensor suhu DS1820 bisa langsung didapat dari data line ("parasite power"), sehingga tidak perlu lagi listrik eksternal.

2.16 Heater

Energi listrik dapat dikonversikan menjadi beberapa bentuk energi lain, salah satu energi yang merupakan hasil konversi listrik tersebut adalah energi kalor atau panas. Sistem pemanasan heater adalah dengan pemanfaatan lilitan kawat nikelin yang kemudian dihubungkan dengan tegangan AC 220 V.



Gambar 18. Simbol Heater

2.15.1 Terjadinya Panas (Kalor) pada Heater

Kalor adalah bentuk energi dengan satuan SI yaitu joule atau kalori, dengan perbandingan 1 joule sama dengan 0.24 kalori. Sedangkan energi Termal atau Kalor (ΔQ) adalah energi yang mengalir dari satu benda ke benda lain karena perbedaan suhu, karena kalor selalu berpindah dari benda panas ke benda yang dingin.

Kalor jenis suatu zat (C) adalah kalor diperlukan untuk menaikkan suhu satu satuan massa zat tersebut sebanyak satu derajat. Apabila kalor yang sebanyak ΔQ diperlukan untuk menaikkan suhu zat massa (m) sebanyak ΔT , maka kapasitas kalor jenis zat itu adalah :

$$C = \frac{\Delta Q}{m \Delta T} \quad \text{atau} \quad Q = C \cdot m \cdot \Delta T \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

C : Kalor jenis ($J/Kg^{\circ}C$)

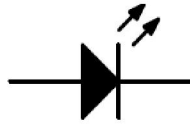
ΔQ : Jumlah kalor (Joule)

m : Massa (Kg)

ΔT : Perbedaan temperature ($^{\circ}C$)

2.17 LED (*Light Emitting Diode*)

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



Gambar 19. Skematik LED

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

2.18 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara.

Gambar 20. Bentuk Fisik *Buzzer*

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

BAB III

PERENCANAAN ALAT

3.1 Tahapan Perencanaan

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

Tahapan-tahapan perencanaan dalam pembuatan modul adalah sebagai berikut:

- a. Merancang blok diagram dan *wiring diagram* dari modul yang akan dibuat berdasarkan cara kerja yang diinginkan.
- b. Menentukan komponen-komponen yang diperlukan dalam pembuatan modul untuk kebutuhan hardware dan software.
- c. Membuat modul sesuai dengan *wiring diagram* yang telah dibuat.
- d. Merancang *flowchart* program dari modul yang akan dibuat.
- e. Pembuatan *casing* serta persiapan alat dan bahan yang akan digunakan.
- f. Menentukan titik-titik pengukuran (*test point*) untuk pendataan dan analisa rangkaian.
- g. Melakukan pengujian dan perbaikan pada modul yang telah dibuat.
- h. Menyusun hasil dalam bentuk karya tulis ilmiah berdasarkan pada teori-teori yang relevan serta hasil pendataan modul.

3.2 Spesifikasi Alat

Nama Alat : *Hot Plate Magnetic Stirrer* Berbasis Mikrokontroler

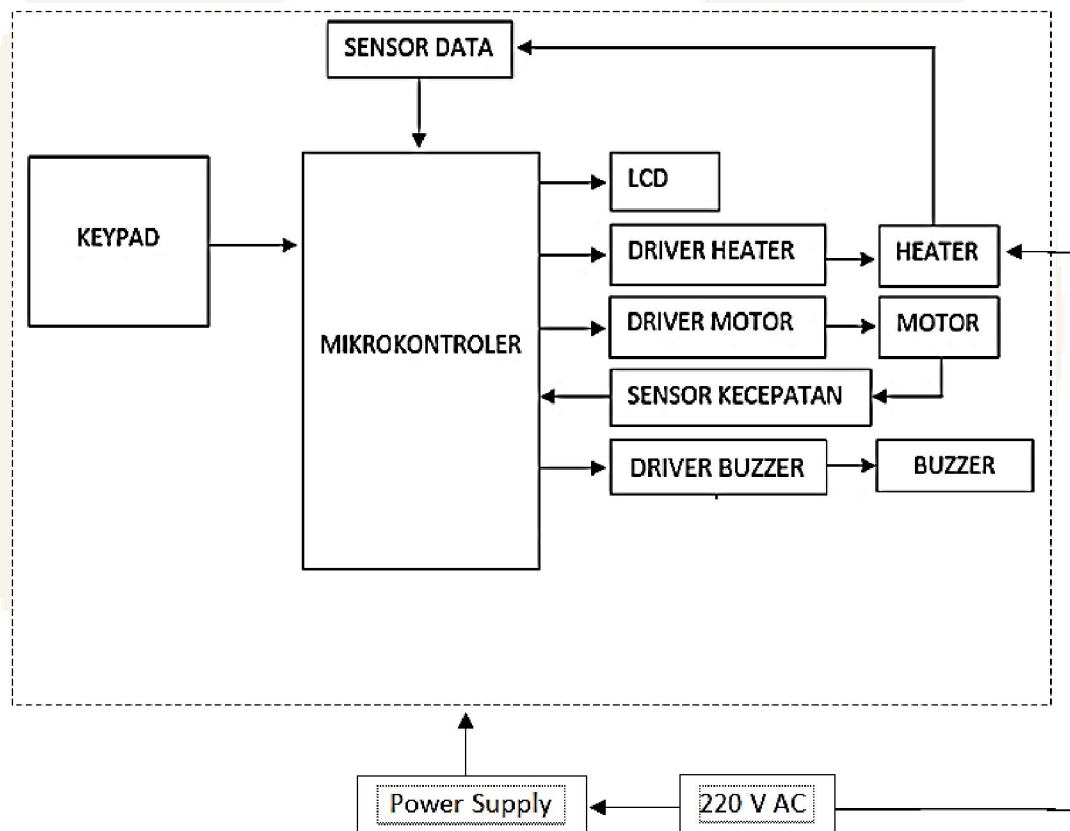
ATMega 8535

Catu Daya : +12V DC & 5V DC

Display : LCD 16 x 2 karakter

Suhu : Maksimal 100° C

3.3 Perencanaan Blok Diagram



Gambar 22. Block Diagram

----- = Tegangan

—————> = Arah Kerja

Fungsi dari masing-masing blok adalah:

a. PLN 220V AC

Berfungsi sebagai sumber tegangan 220V AC ke rangkaian.

b. PS (Power Supply) 12V DC

Berfungsi sebagai mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC dan menyuplai tegangan DC ke seluruh rangkaian.

c. Mikrokontroller ATmega 8535

Sebagai pengendali utama atau otak proses kerja alat secara keseluruhan.

d. Keypad

Berfungsi untuk menginput timer, suhu dan kecepatan motor.

e. Sensor Suhu DS 1820

Sebagai pendeteksi suhu pada plate

f. Driver Heater

Sebagai pengontrol untuk menyalakan heater.

g. Heater

Berfungsi menghasilkan sumber panas yang digunakan sebagai pemanas air yang berada didalam gelas pyrex

h. Driver Motor

Sebagai pengontrol untuk menggerakkan motor DC.

i. Motor DC

Sebagai penggerak pada alat tersebut.

j. Sensor Kecepatan (*Photointerrupter*)

Menghitung atau mendeteksi kecepatan putar motor dalam satuan rpm

k. Driver Buzzer

Sebagai pengontrol untuk menyalakan buzzer.

l. Buzzer

Sebagai indikator ketika waktu telah tercapai

m. LCD

Digunakan untuk menampilkan setting suhu, timer dan kecepatan motor.

3.3.1 Cara Kerja

Ketika alat dinyalakan dengan menekan tombol "on", *power supply* yang telah menerima tegangan dari jala-jala PLN sebesar 220V AC akan mendistribusikan tegangan ke seluruh blok rangkaian sebesar 12 Volt DC. Setelah alat menyala beserta LCD dan lampu indikator, kemudian dapat diseting hanya waktu untuk proses lamanya pencampuran sampel lalu tekan tombol kecepatan rpm motor (1 low/2 medium/3 high), atau hanya seting suhu sesuai keperluan *user* lalu atur waktu pemanasan dan tekan enter maka setelah memasukkan perintah (*input*) dari keypad, menekan tombol *enter* akan mengaktifkan heater & motor, beserta waktu proses kerja alat yang kinerjanya telah di atur oleh mikrokontroller Atmega 8535. Saat alat sedang dalam proses bekerja berdasarkan waktu yang ditentukan, sensor DS 18B20 sebagai sensor suhu pada *plate* akan aktif untuk mendeteksi tinggi rendahnya suhu plate dalam satuan derajat *Celcius* dan sensor kecepatan menggunakan *optocoupler* dengan *rotary encoder* nya yang di letakkan pada poros motor DC untuk mendeteksi kecepatan putarannya dalam satuan RPM (*Rotary Per Minute*). Setelah waktu proses pencampuran selesai/tercapai, maka mikrokontroler akan memberikan perintah untuk menonaktifkan rangkain motor

atau heater, dan buzzer sebagai alarm penanda akan berbunyi yang menandakan waktu proses kerja alat telah selesai.

3.4 Komponen yang digunakan (*Hardware*)

Komponen-komponen elektronika yang digunakan dalam alat ini, ditentukan sesuai dengan fungsi dan karakteristik komponen serta tujuan pemanfaatan komponen sebagai syarat memenuhi kebutuhan sistem hardware.

Daftar komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan modul tertera pada tabel-tabel dibawah ini :

Tabel 4. Daftar Komponen Rangkaian Power Supply

| No. | Nama Komponen | Type/Nilai | Jumlah |
|-----|---------------------|-------------|--------|
| 1. | Trafo | 2Ampere | 1 |
| 2. | IC <i>Regulator</i> | 7812 | 1 |
| 3. | IC <i>Regulator</i> | 7805 | 1 |
| 4. | Fuse | 2A / 220VAC | 1 |
| 5. | Dioda | 1N4007 | 4 |
| 6. | Kapasitor | 2200uF/25V | 1 |
| 7. | Kapasitor | 1000uF/16V | 2 |
| 8. | Kapasitor | 100uF/25V | 1 |
| 9. | Transistor | TIP41 | 1 |

Tabel 5. Daftar Komponen Rangkaian Sensor Suhu

| No. | Nama Komponen | Type/Nilai | Jumlah |
|-----|---------------|------------|--------|
| 1. | Sensor Suhu | DS18B20 | 1 |
| 2. | Resistor | 1 K Ohm | 1 |

Tabel 6. Daftar Komponen Rangkaian Driver Heater

| No. | Nama Komponen | Type/Nilai | Jumlah |
|-----|---------------|--------------|--------|
| 1. | Heater | 120 Watt | 1 |
| 2. | Triac | BTA 12A | 1 |
| 3. | Optocoupler | MOC3020 | 1 |
| 4. | Resistor | 100 Ω | 1 |
| 5. | Resistor | 1 K Ω | 1 |

Tabel 7. Daftar Komponen Rangkaian Buzzer

| No. | Nama Komponen | Type/Nilai | Jumlah |
|-----|---------------|--------------|--------|
| 1. | Buzzer | Kecil | 1 |
| 2. | Transistor | C945 | 1 |
| 3. | Resistor | 10k Ω | 1 |

Tabel 8. Daftar Komponen Rangkaian Pengendali Motor

| No. | Nama Komponen | Type/Nilai | Jumlah |
|-----|---------------|---------------|--------|
| 1. | Motor DC | 12Volt/400rpm | 1 |
| 2. | Mosfet | IRF520 | 1 |

| | | | |
|----|-------------|--------------|---|
| 3. | Resistor | 10K Ω | 1 |
| 4. | Resistor | 2K2 Ω | 1 |
| 5. | Resistor | 1K Ω | 1 |
| 6. | Optocoupler | PC817 A | 1 |

Tabel 9. Daftar Komponen Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroller

| No | Nama Komponen | Type/Nilai | Jumlah |
|----|------------------|---------------|--------|
| 1. | Mikrokontroler | ATMega 8535 | 1 |
| 2. | Resistor | 39 k Ω | 1 |
| 3. | Kapasitor | 22 pF | 2 |
| 4. | Kapasitor | 100 μ F | 1 |
| 5. | Osilator Kristal | 4 MHz | 1 |
| 6. | Push Button | Push to ON | 1 |
| 7. | Soket IC | 40 pin | 1 |
| 9. | Kapasitor | 100uF | 1 |

Tabel 10. Daftar Komponen Pendukung

| No | Nama Komponen | Type/Nilai | Jumlah |
|----|-------------------|---------------------|--------|
| 1. | Saklar | On/off | 1 |
| 2. | Box | Triplek | 1 |
| 3. | PCB | <i>Single Layer</i> | 1 |
| 4. | <i>Pin Header</i> | 10 in | 3 |
| 5. | Keypad | 4x4 | 1 |
| 6. | Photointerrupter | ITR 8102 | 1 |

| | | | |
|-----|---------------------|--------------------|---|
| 7. | Stirrer Bar | 8x13 mm | 1 |
| 8. | Gelas ukur | Pyrex TE-32, 250ml | 1 |
| 9. | Conector downloader | USB | 1 |
| 10. | Laptop | Toshiba | 1 |

3.4.1 Kebutuhan *Software*

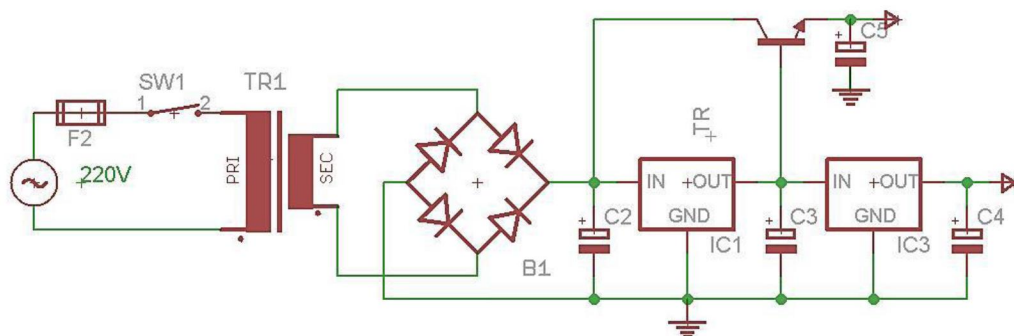
Perencanaan untuk kebutuhan menjalankan fungsi alat juga diperlukan suatu *software* (perangkat lunak), *software* yang akan digunakan diantaranya :

| No | Nama | Jumlah |
|----|------------------------|--------|
| 1. | CodeVision AVR V2.05.3 | 1 |
| 2. | Eagle | 1 |
| 3. | Turbo C++ | 1 |

3.5 Perencanaan *wiring diagram*

Perencanaan *wiring diagram* dari alat ini sebagai berikut :

3.5.1 Rangkaian *Power Supply*

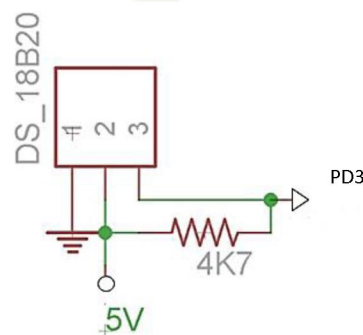


Gambar 23. Rangkaian *Power Supply*

Saat tegangan 220VAC melewati sekunder trafo *step down*, tegangan akan diturunkan menjadi 15VAC kemudian disearahkan oleh *dioda brige* sehingga tegangan berubah menjadi DC, kapasitor (C) berfungsi sebagai filter frekuensi tegangan untuk diteruskan ke ic regulator 1812 sebagai regulator suplai 12VDC, transistor NPN akan menguatkan arus suplai 12VDC tersebut karena motor DC memerlukan arus setidaknya 2 ampere untuk bekerja. Untuk suplai tegangan 5VDC tegangan dari IC regulator 7812 diteruskan ke IC regulator 7805 untuk diturunkan teganganya sehingga dapat mensuplai komponen-komponen yang membutuhkan.

Pada rangkaian *power supply* ini menggunakan IC LM 7812 dan IC LM 7805 sebagai regulator tegangan sehingga output *power supply* +12V DC untuk motor DC dan +5V DC untuk suplai tegangan ke mikrokontroler, *display*, rangkaian sensor suhu, rangkaian sensor kecepatan, dan *buzzer*.

3.5.2 Rangkaian Sensor Suhu DS 18B20

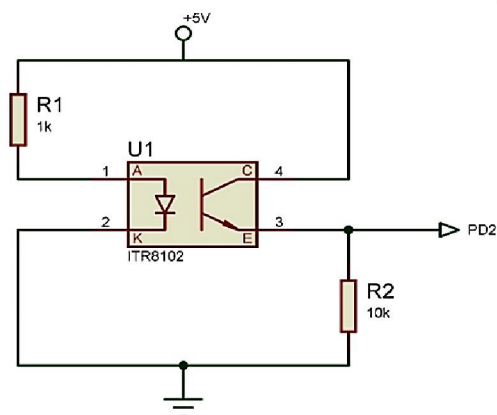


Gambar 24. Rangkaian Sensor Suhu DS 18B20

Rangkaian sensor suhu DS 18B20 bekerja untuk mengetahui atau mendeteksi suhu pada *plate*. Saat suhu telah diatur maka sensor DS 18B20 yang telah aktif diberi tegangan +5V DC akan memberikan data kepada mikrokontroler untuk diproses, sehingga suhu pada *plate* akan ditampilkan pada *display*.

3.5.3 Rangkaian Sensor Kecepatan (*Photointerrupter*)

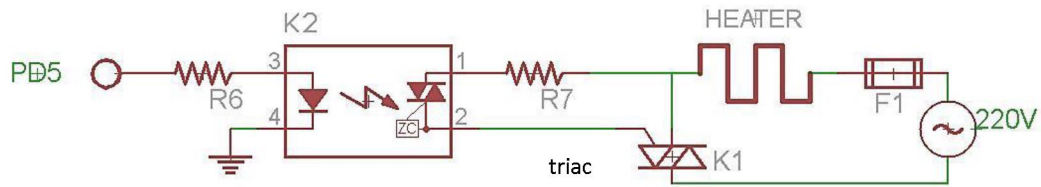
Rangkaian sensor kecepatan yang dimiliki alat ini yaitu rangkaian *common colector*. Jika terdapat halangan pada celah antara *infra red* dan *photo transistor* maka akan menghasilkan *output* belogika *Low*, namun jika tidak terhalang maka *outputnya* berlogika *High*.



Gambar 25 Rangkaian Sensor Kecepatan

Sensor kecepatan ITR8102 akan memberikan masukan ke mikrokontroler setelah membaca *rotary encoder* mendapat tegangan sebesar +5V DC untuk diproses kemudian hasil pembacaan sensor yang telah diproses akan ditampilkan pada *display*.

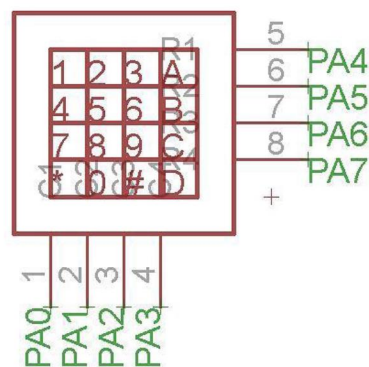
3.5.4 Rangkaian Driver Heater



Gambar 26. Driver Heater

Rangkaian driver heater bekerja untuk mengaktifkan heater yang berfungsi sebagai pemanas untuk memanaskan sample pada *plate*. Saat mikrokontroler memberikan logika high, MOC 3020 akan memberikan picu ke gate sehingga triac akan menyalakan heater. Tetapi jika mikrokontroler memberikan logika low, maka MOC 3020 tidak aktif dan tidak akan memberikan picu ke gate triac sehingga heater tidak akan menyala.

3.5.5 Modul Keypad



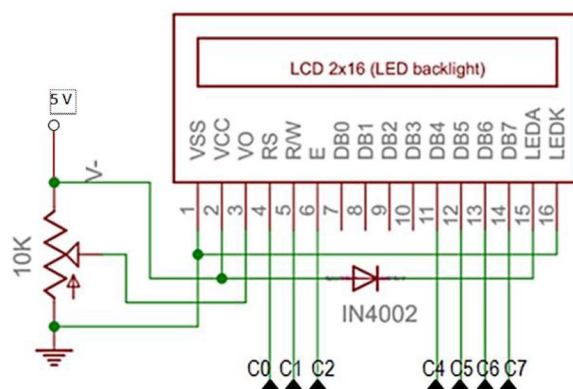
Gambar 27. Modul Keypad

Keypad pada modul ini berfungsi sebagai inputan untuk menyetting suhu, timer dan juga kecepatan motor dan input untuk mulai melakukan proses kerja.

3.5.6 Rangkaian Display

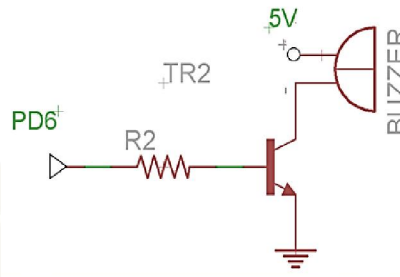
Penulis akan merencanakan menampilkan informasi yaitu yang menunjukkan timer, suhu dan kecepatan motor. Dalam perancangan ini yang digunakan adalah LCD 2x16 karakter sebagai display.

Rangkaian LCD terdiri dari sebuah modul LCD yang menggunakan catu tegangan 5V agar dapat bekerja. Pin D4, D5, D6, dan D7 pada LCD merupakan input data 4 bit yang dihubungkan dengan PORTC.0 – PORTC.3. Pin RS yang merupakan reset LCD terhubung ke PORTC.7, pin R/W (*Read/Write*) yang merupakan mode tulis data ke LCD atau baca data dari LCD) terhubung pin 1 dan 3, dan pin E (*enable*) merupakan input *enable* sebagai saklar antara LCD bekerja (*enable*) dan tidak bekerja (*inhibit*) terhubung ke PORTC.6.



Gambar 28. Rangkaian Display

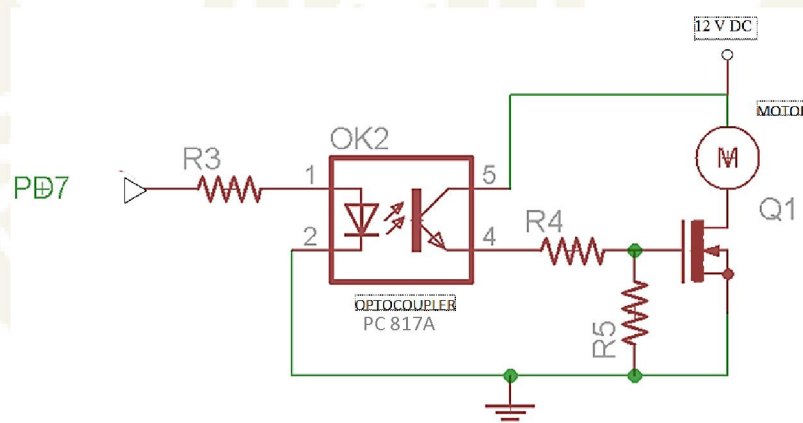
3.5.7 Rangkaian Driver Buzzer



Gambar 29. Driver Buzzer

Rangkaian driver buzzer ini bekerja sebagai saklar untuk menyalakan dan mematikan buzzer yang akan aktif saat waktu setting proses kerja alat selesai. Saat transistor mendapatkan logika high, maka arus akan mengalir di basis dan akan menghidupkan buzzer.

3.5.8 Rangkaian Driver Motor



Gambar 30. Driver Motor

Rangkaian motor berfungsi sebagai penggerak sebuah magnet yang ada didalam gelas ukur saat sample sedang dilakukan pengadukan . Saat rangkaian

mendapat sinyal high dari mikrokontroller, maka motor akan berputar dengan kecepatan sesuai dengan frekuensi yang diberikan oleh mikrokontroller. Karena masukan dari motor ke mikro merupakan PWM (Pulse Width Modulation), maka akan didapatkan rumus konversi data batas yang merupakan perbandingan antara ketetapan konversi data batas dengan tegangan analog. Salah satu contoh penghitungan saat kecepatan motor disetting (1000 rpm) :

$$\frac{23 - 0}{\text{range pwm max} - 0} = \frac{y - 0}{5 - 0}$$

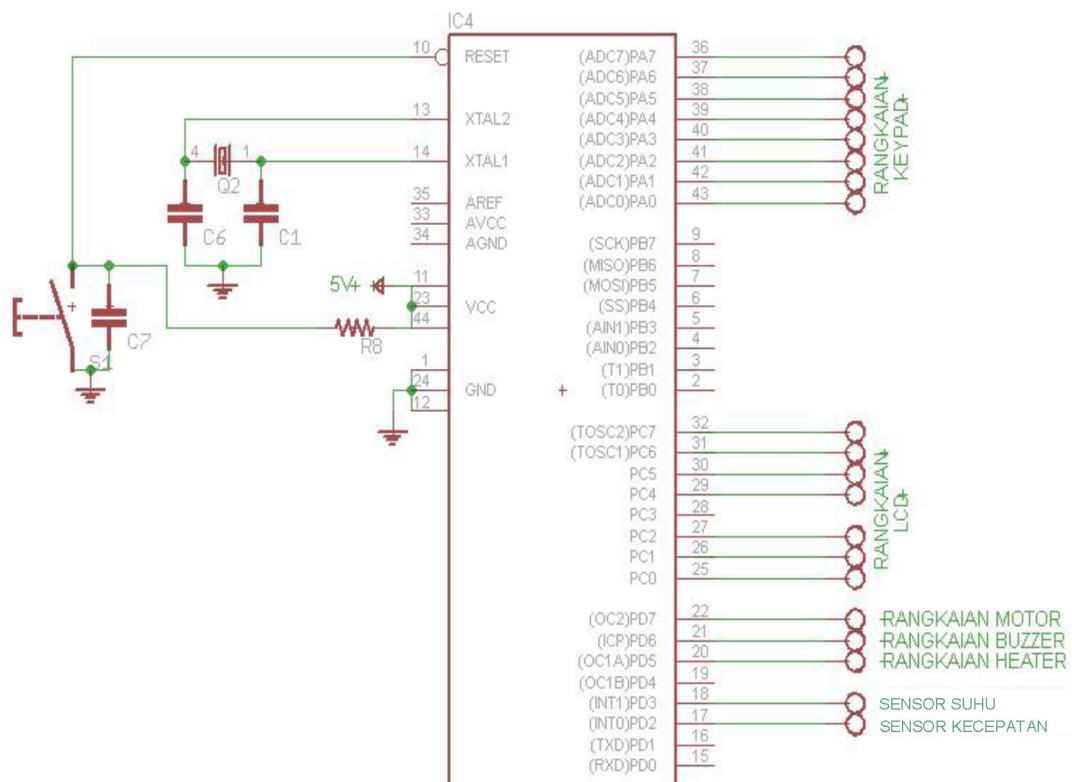
$$\frac{23}{255} = \frac{y}{5}$$

$$y = \frac{23}{255} \times 5 \text{ Volt}, \quad y = 0,450 \text{ Volt}$$

3.5.9 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler

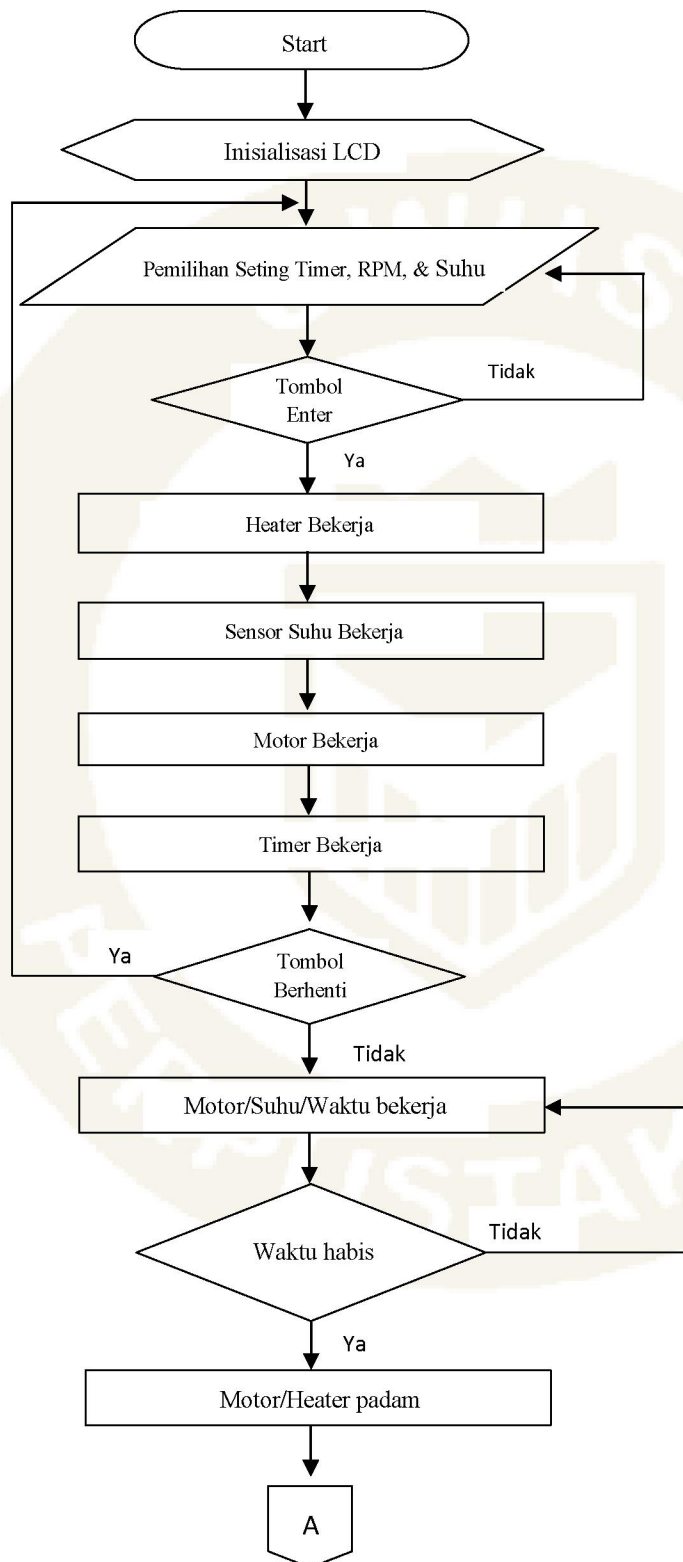
Rangkaian ini terdiri dari osilator kristal 4 MHz sebagai sumber clock mikrokontroler dengan dua buah kapasitor filter frekuensi tinggi, serta rangkaian reset yang terdiri dari *pushbutton*, resistor *pull up* untuk menjaga tegangan reset stabil di 5V, dan kapasitor untuk mencegah loncatan (*bounce*) ketika *pushbutton* ditekan.

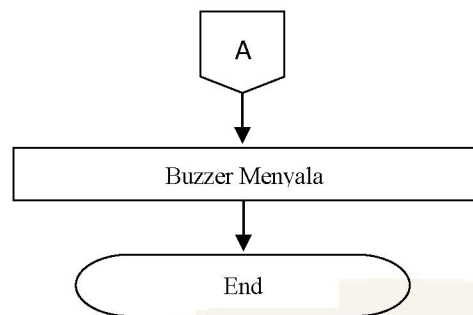
Rangkaian reset ini menggunakan mode *activelow* (aktif rendah) yaitu menggunakan logika nol untuk mereset program mikrokontroler.



Gambar 31. Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler

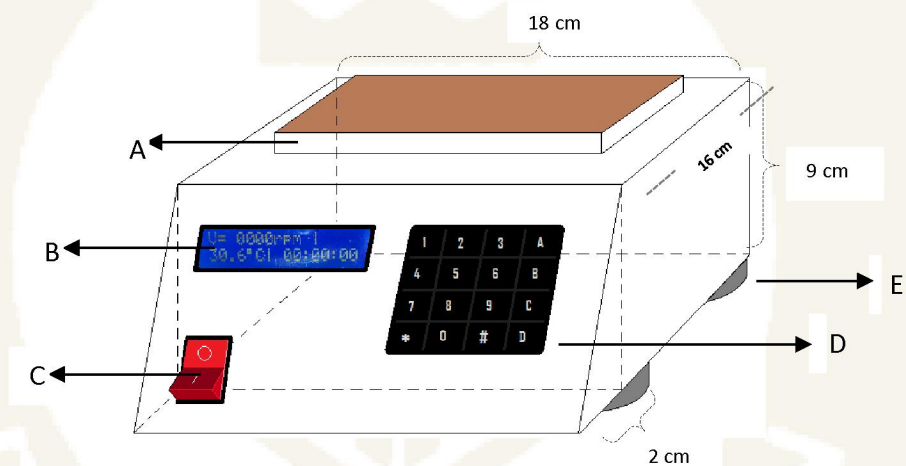
3.6 Perencanaan Flowchart



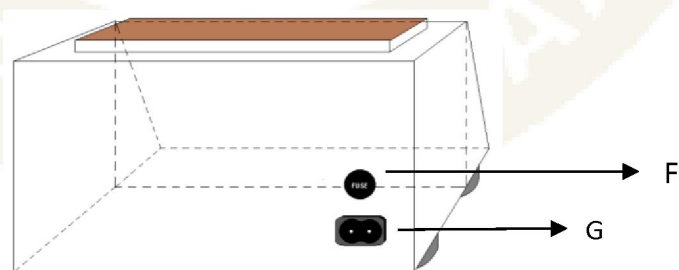


Gambar 32 Perencanaan Flowchart

3.7 Perencanaan Casing Hot Plate Magnetic Stirrer



Gambar 33 Tampak Depan



Gambar 34 Tampak Belakang

Keterangan :

A) Plate

D) Keypad (4x4)

G) Input 220VAC

B) LCD (16x2)

E) Kaki Anti Selip

C) Tombol ON/OFF

F) Rumah Fuse

3.7.1 Persiapan Alat dan Bahan

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

- a. *Project Board*
- b. *Tool set*
- c. Alat Ukur, seperti multimeter
- d. Larutan FeCl_3
- e. PCB polos fiber
- f. Solder dan timah.

3.7.2 Pembuatan Modul

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

- a. Mempersiapkan gambar rangkaian keseluruhan.
- b. Menentukan komponen elektronika yang diperlukan sesuai dengan rangkaian.
- c. Menentukan letak bagian-bagian yang akan dipasang pada *casing*, seperti sensor, rangkaian mikrokontroller, LCD, motor DC, power supply, keypad,

dan rangkaian panel yang berisi saklar power, tombol reset dan tempat titik pengukuran (TP).

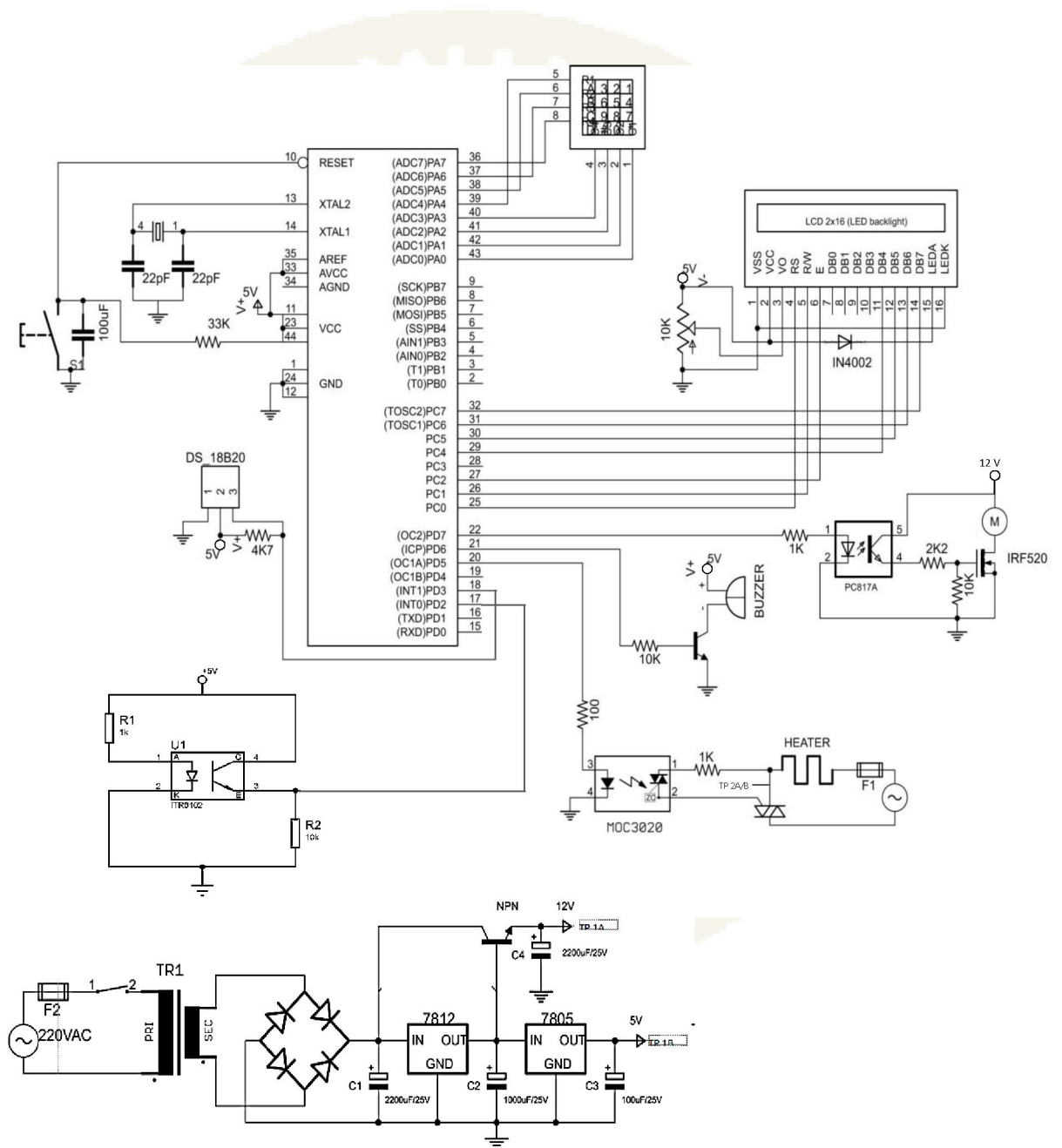
d. Membuat papan rangkaian dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Mempersiapkan papan PCB.
- 2) Merancang tata letak komponen dan jalur-jalur hubungan antara komponen dan dijaga untuk menghindari hubung singkat.
- 3) Merancang *layout* rangkaian yang akan digunakan, dalam hal ini dibantu oleh komputer melalui *software eagle*.
- 4) Hasil *layout* kemudian dicetak di atas kertas khusus kemudian dipanaskan pada PCB agar gambar *layout* tercetak permanen pada PCB.
- 5) Setelah hasil cetak *layout* telah jadi, papan PCB polos dilubangi dengan bor PCB sesuai dengan letak pin komponen yang telah dibuat.
- 6) Melarutkan PCB yang telah tercetak gambar *layout* dengan bantuan FeCl_3 dan air panas.
- 7) Memastikan tidak ada jalur antar penghantar yang saling bersinggungan.
- 8) Memasang komponen yang dibutuhkan di atas papan PCB.
- 9) Penggunaan jumper seminimal mungkin.

BAB IV

PENGUKURAN DAN PENDATAAN

4.1 Seluruh Rangkaian Alat



Gambar 35 Rangkaian Alat Keseluruhan

4.2 Cara Kerja Alat

Ketika alat dinyalakan dengan menekan tombol "on", *power supply* yang telah menerima tegangan dari jala-jala PLN sebesar 220V AC akan mendistribusikan tegangan ke elemen heater dan *power supply*, kemudian *power supply* akan mendistribusikan tegangan ke seluruh blok rangkaian sebesar 12 Volt DC untuk motor DC dan 5V DC ke rangkaian lainnya

Saat *user* telah menentukan setingan dan menekan tombol enter, untuk seting suhu maka mikrokontroller memberikan logika *high* ke rangkaian *driver heater*, MOC 3020 akan memberikan picu ke *gate* sehingga mengaktifkan transistor dan *heater* menjadi aktif. Tapi saat mikrokontroller memberikan logika *low*, MOC 3020 tidak akan aktif dan tidak memberikan picu ke *gate* sehingga *heater* akan mati.

Untuk seting kecepatan motor, maka mikrokontroller memberikan inputan logika *high* ke rangkaian *driver* motor yang akan mengaktifkan IC optocoupler PC817A yang akan membuat motor bekerja. Saat mikrokontroller memberikan logika *low*, IC optocoupler PC817A tidak akan aktif untuk memberi input ke gate mosfet sehingga motor tidak akan bekerja.

Saat alat sedang dalam proses bekerja berdasarkan waktu yang ditentukan, sensor DS 18B20 sebagai sensor suhu pada *plate* yang telah aktif untuk membaca tinggi rendahnya suhu plate dalam satuan derajat *Celcius* dan sensor kecepatan menggunakan *optocoupler* dengan *rotary encoder* nya yang di tempel pada poros motor DC untuk mendeteksi kecepatan putarannya dalam satuan RPM (*Rotary Per Minute*). Setelah waktu proses pencampuran selesai/tercapai, maka

mikrokontroler akan memberi logika *low* untuk menonaktifkan rangkain driver motor atau heater. Lalu mikrokontroller akan memberi logika high ke driver buzzer untuk berbunyi yang menandakan waktu proses kerja alat telah selesai.

4.2 Pengertian

Pengukuran adalah suatu 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 1-4. Hasil pengukuran disajikan dalam tabel untuk mempermudah analisa data.

4.3 Persiapan Pengukuran

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

1. Multimeter Digital

Merk : SANWA

Model : CD-700E

Buatan : China

2. Tachometer Digital DT-2234C⁺

3. Osiloskop

Merk : Digital Stronge Osiloskop

Model : DS 0201

Buatan : Taiwan

4. Thermometer Digital



4.4 Metode Pengukuran

Titik titik yang akan diukur nilainya adalah sebagai berikut :



1. Titik Pengukuran 1 A (TP1A) terletak pada keluaran rangkaian power supply, untuk mengetahui berapa tegangan yang keluaran 12 V DC pada power supply.
2. Titik Pengukuran 1 B (TP1B) terletak pada keluaran *power supply*, untuk mengetahui berapa tegangan yang keluaran 5 V DC pada *power supply*.
3. Titik pengukuran 2A (TP2 A) merupakan keluaran tegangan pada outputan kaki Gate TRIAC mendapat picu dari MOC3020 saat heater hidup.
4. Titik pengukuran 2B (TP2 B) merupakan keluaran tegangan pada outputan kaki Gate TRIAC mendapat Picu dari MOC3020 saat heater mati.
5. Titik pengukuran 3A (TP3 A) merupakan titik pengukuran pada keluaran tegangan Kaki MOSFET antara 0 Volt DC pada *Power Supply* saat Motor dalam Keadaan Hidup
6. Titik pengukuran 3B (TP3 B) merupakan titik pengukuran pada keluaran tegangan Kaki MOSFET antara 0 Volt DC pada *Power Supply* saat Motor dalam Keadaan Mati
7. Titik pengukuran 4 A (TP4 A) merupakan titik pengukuran pada keluaran tegangan sensor *photointerrupter* pada saat celah sensor tertutup.
8. Titik pengukuran 4 B (TP4 B) merupakan titik pengukuran pada keluaran tegangan sensor *photointerrupter* pada saat celah sensor terbuka.

4.5 Hasil Pengukuran





Tabel 11 Hasil Ukur TP1 A & TP1 B

| TP | Keterangan | Hasil Ukur | Gambar Hasil Ukur |
|-------|--------------------------------|---------------|---|
| TP1 A | Output Power Supply 12 Volt DC | 11,39 Volt DC |  |
| TP1 B | Output Power Supply 5 Volt DC | 4,95 Volt DC |  |


Tabel 12 Hasil Ukur TP2 A & TP2 B

| TP | Keterangan | Hasil Ukur | Gambar Hasil Ukur |
|-------|----------------------------------|---------------|---|
| TP2 A | Output Gate Triac Heater Menyala | 0,329 Volt AC |  |
| TP2 B | Output Gate Triac Heater Mati | 0,023 Volt AC |  |

Tabel 13 Hasil Ukur TP3 A & TP3 B

| TP | Keterangan | Hasil Ukur | Gambar Hasil Ukur |
|-------|----------------------------------|--------------------|---|
| TP3 A | Output mosfet saat motor menyala | Low : 9,37 Volt |  |
| | | Medium : 8,64 Volt |  |
| | | High : 7,95 Volt |  |
| TP3 B | Output mosfet saat motor mati | 11,39 Volt |  |

Tabel 14 Hasil Ukur TP4 A & TP4 B

| TP | Keterangan | Hasil Ukur | Gambar Hasil Ukur |
|-------|---|-------------|---|
| TP4 A | Output Optocoupler saat celah sensor tertutup | 138,2 mVolt |  |
| TP4 B | Output Optocoupler saat celah sensor terbuka | 4,85 Volt |  |

Tabel 15 Data Akurasi Suhu Plate

| No | Suhu Seting | Thermometer |
|----|-------------|-------------|
| 1 | 30°C | 33,6°C |
| 2 | 35°C | 36,4°C |
| 3 | 40°C | 41,8°C |

Tabel 16 Data Akurasi Kecepatan Motor DC

| No | Hasil Ukur | Hasil Teori | Hasil PK |
|----|------------|-------------|----------|
| 1 | 9086 rpm | 1000 rpm | 9,2% |
| 2 | 1446 rpm | 1500 rpm | 3,6% |
| 3 | 1965 rpm | 2000 rpm | 1,75% |

Tabel 17 Data akurasi ketepatan waktu (*timer*)

| No | Set Waktu | Hasil Pengukuran | Selisih waktu |
|----|-----------|----------------------|---------------|
| 1 | 1 menit | 59 detik /12 m detik | 1 detik |
| 2 | 5 menit | 4 menit/58,33 detik | 2 detik |
| 3 | 10 menit | 9 menit/56,74 detik | 4 detik |
| 4 | 15 menit | 14 menit/52,91 detik | 8 detik |

BAB V

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Data Hasil Pengukuran

Analisa data hasil pengukuran ini bertujuan untuk :

- a. Membandingkan antara hasil menurut teori dan hasil ukur pada tiap – tiap titik pengukuran.
- b. Mengetahui besarnya persentase kesalahan (PK) pada tiap titik pengukuran.
- c. Mengetahui kemungkinan penyebab perbedaan antara hasil teori dan hasil ukur.

Persentase Kesalahan (PK) dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$PK = \left| \frac{HASIL\ TEORI\ (HT) - HASIL\ UKUR\ (HU)}{HASIL\ TEORI\ (HT)} \right| \times 100\% \dots \dots \dots (5)$$

Analisa data untuk masing-masing titik pengukuran adalah sebagai berikut :

5.1.1 Analisa TP1 A

Titik Pengukuran 1 A (TP1A) terletak pada keluaran rangkaian power supply, untuk mengetahui berapa tegangan yang keluaran 12 V DC pada power supply yaitu sebesar 11,39 Volt DC, diketahui :

Hasil Teori (HT) = 12 V DC, Hasil Pengukuran (HU) = 11,39 V DC

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

$$PK = \left| \frac{12 - 11,39}{12} \right| \times 100\%$$

$$PK = 5,08 \%$$

Jadi, presentase kesalahan TP1A sebesar 5,08 %

5.1.2 Analisa TP1 B

Titik Pengukuran 1 B (TP1B) terletak pada keluaran *power supply*, untuk mengetahui berapa tegangan yang keluaran 5 V DC pada *power supply* yaitu sebesar 4,95 Volt DC.

Hasil Teori (HT) = 5 VDC

Hasil Pengukuran (HU) = 4,95 VDC

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

$$PK = \left| \frac{5 - 4,95}{5} \right| \times 100\%$$

$$PK = 1 \%$$

Jadi, presentase kesalahan TP1 sebesar 1 %

5.1.3 Analisa TP2 A

Titik pengukuran 2A (TP2 A) merupakan keluaran tegangan pada outputan kaki Gate TRIAC mendapat picu dari MOC3020 saat heater hidup adalah sebesar 0,329 mVolt AC.

5.1.4 Analisa TP2 B

Titik pengukuran 2B (TP2 B) merupakan keluaran tegangan pada outputan kaki Gate TRIAC mendapat Picu dari MOC3020 saat heater mati adalah sebesar 0,023 mVolt AC.

5.1.5 Analisa TP3 A

Titik pengukuran 3A (TP3 A) merupakan titik pengukuran pada keluaran tegangan Kaki MOSFET antara 0 Volt DC pada *Power Supply* saat Motor dalam Keadaan Hidup adalah dengan kecepatan Low sebesar : 9,37 Volt DC, Medium sebesar: 8,64 Volt DC, High sebesar : 7,95 Volt DC.

Untuk mengetahui keakurasian kecepatan putaran pada motor DC. Hasil pengukuran dilakukan dengan Tachometer yang akan dibandingkan dengan kecepatan secara teori.

- a. Kecepatan Motor Pada Nilai 1000 RPM pada LCD

$$PK = \left| \frac{RPM \text{ teori} - RPM \text{ pada Tachometer}}{RPM \text{ teori}} \right| \times 100\%$$

$$PK = \left| \frac{1000 - 908,6}{1000} \right| \times 100\%$$

$$PK = 0,092 \times 100\%, \quad PK = 9,2\%$$

- b. Kecepatan Motor Pada Nilai 1500 RPM pada LCD

$$PK = \left| \frac{RPM \text{ teori} - RPM \text{ pada Tachometer}}{RPM \text{ teori}} \right| \times 100\%$$

$$PK = \left| \frac{1500 - 1446}{1500} \right| \times 100\%$$

$$PK = -0,036 \times 100\%, \quad PK = 3,6 \%$$

- c. Kecepatan Motor Pada Nilai 2000 RPM pada LCD

$$PK = \left| \frac{RPM \text{ teori} - RPM \text{ pada Tachometer}}{RPM \text{ teori}} \right| \times 100\%$$

$$PK = \left| \frac{2000 - 1965}{2000} \right| \times 100\%$$

$$PK = 0,075 \times 100\%, \quad PK = 1,75\%$$

5.1.6 Analisa TP3 B

Titik pengukuran 3B (TP3 B) merupakan titik pengukuran pada keluaran tegangan Kaki MOSFET antara 0 Volt DC pada *Power Supply* saat Motor dalam Keadaan Mati adalah sebesar 11,39 Volt DC.

5.1.7 Analisa TP4 A

Titik pengukuran 4 A (TP4 A) merupakan titik pengukuran pada keluaran tegangan sensor *Photo Interrupter* pada saat motor memutar *rotary encorder* pada kondisi menutupi celah antara *infra red* dan *photo transistor* dengan tujuan mengetahui kelayakan kinerja sensor dengan membandingkan tegangan keluarannya saat celah tertutup.

5.1.8 Analisa TP4 B

Titik pengukuran 4 B (TP4 B) merupakan titik pengukuran pada keluaran tegangan sensor *Photo Interrupter* pada saat motor memutar *rotary encorder* pada kondisi celah terbuka antara *infra red* dan *photo transistor* dengan tujuan mengetahui kelayakan kinerja sensor dengan membandingkan tegangan keluarannya saat celah terbuka.

5.1.9 Analisa Data Akurasi Suhu

- a. Suhu pada nilai seting 30°C

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

$$PK = \left| \frac{30 - 33,6}{30} \right| \times 100\%$$

$$PK = 0,12 \times 100\%, \quad PK = 12\%$$

- b. Suhu pada nilai seting 35°C

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

$$PK = \left| \frac{35 - 36,4}{35} \right| \times 100\%$$

$$PK = 0,04 \times 100\%, \quad PK = 4\%$$

- c. Suhu pada nilai seting 40°C

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

$$PK = \left| \frac{40 - 41,8}{40} \right| \times 100\%$$

$$PK = 0,04 \times 100\%, \quad PK = 4,5\%$$

5.1.10 Analisa Data Akurasi Waktu

- a. Waktu pada nilai seting 1 menit/60 detik

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

$$PK = \left| \frac{60 - 59,12}{60} \right| \times 100\%$$

$$PK = 0,01 \times 100\%, \quad PK = 1,46\%$$

b. Waktu pada nilai seting 5 menit

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

$$PK = \left| \frac{5 - 4,58}{5} \right| \times 100\%$$

$$PK = 0,084 \times 100\%, \quad PK = 8,4\%$$

c. Waktu pada nilai seting 10 menit

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

$$PK = \left| \frac{10 - 9,56}{10} \right| \times 100\%$$

$$PK = 0,04 \times 100\%, \quad PK = 4,4\%$$

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Setelah melakukan proses pembuatan, percobaan, pengujian dan pendataan, penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut:

- a. Alat Stirrer Magnetik telah berhasil dibuat berdasarkan urutan langkah-langkah kerja dan hasilnya dapat bekerja dengan baik untuk mengaduk dan menginkubasi sample/serum pada laboratorium.
- b. Alat ini dapat bekerja dengan 3 level kecepatan yang berbeda yaitu *Low (1000 RPM)*, *Medium (1500 RPM)* dan *High (2000 RPM)*, dengan pengaturan waktu dan suhu maksimal 100° C.

6.2 Saran

- a. Pada alat Hot Plate Magnetik Stirrer yang penulis buat ini masih harus memperhatikan sistem kerja antara magnet terhadap heater, jika diperlukan dapat diganti dengan sistem pengadukan yang bukan sistem *magnetic*. Suhu panas tinggi akan sangat berpengaruh terhadap daya tarik magnet yang menuju pada kehilangan daya putar untuk fungsi pengadukan.
- b. Alat ini dapat dikembangkan dengan menambahkan kecepatan pengadukan yg lebih tinggi misalnya hingga 5000 rpm atau lebih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Laboratorium, "Hot Plate Laboratorium," 3 Februari 2018. [Online]. Available: <https://www.alatalatlab.com/hot-plate-laboratorium/>. [Diakses Juni 2018].
- [2] D. Kho, "Teknik Elektronika," 2014. [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/jenis-jenis-komponen-elektronika-beserta-fungsi-dan-simbolnya/>. [Diakses Minggu Juni 2018].
- [3] Malvino Barwani, Prinsip-prinsip Elektronika Edisi ketiga Jilid 2, Jakarta: Erlangga.
- [4] R. Semiconductor, "Electronics Basics," [Online]. Available: <https://www.rohm.com/electronics-basics/photointerrupters/types-of-photointerrupters>. [Diakses Kamis Juni 2018].
- [5] O. Bishop, Dasar-dasar Elektronika, Jakarta: Erlangga, 2004.
- [6] B. Sasongko, "Informasi elektronika dan komunikasi," Kamis Juli 2010. [Online]. Available: <http://etekno.blogspot.com/2010/07/pengendalian-motor-dc-dengan.html>. [Diakses Jumat Oktober 2018].