

**RANCANG BANGUN *HOT PLATE MAGNETIC STIRRER*
DIGITAL DENGAN PENGATURAN WAKTU
BERBASIS ARDUINO**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains



ALLYA NISSA DASWAR

14034012 / 2014

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2018

PERSETUJUAN SKRIPSI

RANCANG BANGUN *HOT PLATE MAGNETIC STIRRER* DENGAN
PENGATURAN WAKTU BERBASIS ARDUINO

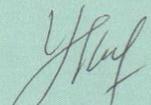
Nama : Allya Nissa Daswar
NIM : 14034012
Program Studi: Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

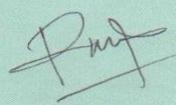
Padang, 1 Agustus 2018

Pembimbing I

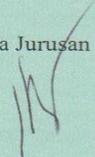
Disetujui oleh

Pembimbing II


Yohandri, M. Si, Ph. D
NIP. 19780725 200604 1 003


Dr. Ramli M.Si
NIP. 19730204 200112 1 002

Ketua Jurusan


Dr. Ratnawulan, M. Si
NIP. 19690120 199303 2 002

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Allya Nissa Daswar
NIM/TP : 14034012/2014
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
dengan judul

**RANCANG BANGUN *HOT PLATE MAGNETIC STIRRER* DENGAN
PENGATURAN WAKTU BERBASIS ARDUINO**

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan didepan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Fisika Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 1 Agustus 2018

Tim Penguji

Ketua : Yohandri, M.Si, Ph.D
Sekretaris : Dr. Ramli, M.Si
Anggota : Drs. Asrizal M.Si
Anggota : Drs. Hufri M.Si
Anggota : Syafriani, M.Si, Ph.D

Tanda Tangan

1.
2.
3.
4.
5.

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul “ Rancang Bangun *Hot Plate Magnetic Stirrer* dengan Pengaturan Waktu Berbasis Arduino”, adalah asli karya sendiri;
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali dari pembimbing;
3. Didalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan didalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada kepustakaan;
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 1 Agustus 2018

Yang membuat pernyataan,



Allya Nissa Daswar

NIM. 14034012/2014

ABSTRAK

Allya Nissa Daswar : Rancang Bangun *Hot Plate Magnetic Stirrer* Digital dengan Pengaturan Waktu Berbasis Arduino.

Magnetic Stirrer adalah sebuah perangkat yang menerapkan prinsip medan magnet, dimana ketika motor DC berputar maka *stirr bar* akan berputar untuk menghomogenisi dua cairan kimia atau lebih. Salah satu faktor untuk mempercepat proses homogen yaitu temperatur. *Magnetic stirrer* perlu dikembangkan menggunakan *hot plate*, sehingga proses homogenisasi suatu larutan menjadi lebih cepat.

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa, dimana penelitian ini menjelaskan desain spesifikasi dan desain performansi *hot plate magnetic stirrer*. Spesifikasi performansi menjelaskan kinerja dari alat *hot plate magnetic stirrer*, sedangkan spesifikasi desain menjelaskan akurasi dan ketelitian alat *hot plate magnetic stirrer*. Teknik pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran langsung dilakukan terhadap kecepatan *hot plate magnetic stirrer*, pembacaan suhu *hot plate magnetic stirrer*, dan lamanya proses sistem *hot plate magnetic stirrer* berjalan. Pengukuran tidak langsung dilakukan dengan menganalisis ketepatan dan ketelitian sistem *hot plate magnetic stirrer*.

Hasil yang didapatkan spesifikasi performansi adalah *hot plate magnetic stirrer* digital menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang berfungsi untuk mengolah hasil keluaran dari sensor, LCD akan menampilkan nilai *input* variabel terikat, yaitu kecepatan alat, batas suhu yang digunakan untuk cairan, dan waktu proses sistem *hot plate magnetic stirrer*. Sensor yang digunakan adalah sensor *optocoupler* untuk mendeteksi kecepatan dan sensor *thermocouple* untuk mendeteksi suhu pada cairan kimia. Tingkat keakuratan rata-rata kecepatan *hot plate magnetic stirrer* 98,5%, keakuratan pembacaan suhu *hot plate magnetic stirrer* 90,948%, sedangkan ketelitian kecepatan *hot plate magnetic stirrer* pada *input* kecepatan 760 rpm adalah 95,7%. Ketelitian pembacaan suhu *hot plate magnetic stirrer* 99,99%

Kata kunci : *magnetic Stirrer*, mikrokontroler, motor dc

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT, karena atas segala rahmat, nikmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa kita curahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Judul dari Skripsi ini adalah “**Rancang Bangun *Hot Plate Magnetic Stirrer* dengan Pengaturan Waktu Berbasis Arduino**” disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Penulis dapat menulis Skripsi ini karena adanya bantuan, bimbingan, arahan dan petunjuk dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Yohandri, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Pembimbing I, Bapak Dr. Ramli S.Pd, M.Si sebagai Pembimbing II atas segala bantuannya yang tulus dan ikhlas memberikan motivasi, bimbingan, arahan dan saran dalam penyelesaian Skripsi ini.
2. Bapak Drs. Asrizal, M.Si, Bapak Drs. Hufri, M.Si, dan Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D, sebagai dosen penguji pada tugas akhir ini yang telah memberikan kritik dan saran terhadap penyelesaian Skripsi ini.
3. Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D, sebagai Penasehat Akademik, yang selalu memberikan motivasi dan semangat untuk menyelesaikan Skripsi ini.
4. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si, selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

5. Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D, sebagai Ketua Prodi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
6. Bapak dan Ibu Dosen jurusan Fisika FMIPA UNP.
7. Staf administrasi dan Laboran di Laboratorium Fisika FMIPA UNP.
8. Keluarga tercinta serta seluruh orang tersayang yang telah memberikan motivasi, bantuan material, non material, serta kasih sayang dan dukungan kepada penulis.

Dalam penyusunan Skripsi ini penulis telah berusaha menyelesaikan dengan sebaik mungkin, akan tetapi penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan Skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk lebih baiknya Skripsi ini. Penulis berharap Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca sebagai referensi serta sebagai sarana untuk menambah ilmu pengetahuan dan informasi.

Padang, Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A.Latar Belakang	1
B.Perumusan Masalah	3
C.Tujuan Penelitian	4
D.Pertanyaan Penelitian	4
E.Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. <i>Magnetic Stirrer</i>	5
B.Medan Magnet.....	7
C. <i>Heater</i>	9
D. <i>Pulse Width Modulation (PWM)</i>	10
E.Komponen Elektronika	12
BAB III METODE PENELITIAN	20
A.Tempat dan Waktu Penelitian.....	20
B.Jenis Penelitian	20
C.Variabel Penelitian.....	21
D.Alat dan Bahan	21
E.Desain Penelitian	22

F. Prosedur Penelitian.....	25
G. Teknik Pengumpulan Data	27
H. Teknik Analisis Data	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
A. Hasil Penelitian.....	30
B. Pembahasan	45
C. Aplikasi	48
BAB V PENUTUP	50
A. Kesimpulan.....	50
B. Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Pin Thermocouple MAX6675 dengan Arduino	14
Tabel 2. Komponen Pendukung Alat <i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i> Digital	32
Tabel 3. Nilai Keypad yang Tampil Di LCD	33
Tabel 4. Perbandingan Waktu Pematian Alat dengan <i>Stopwatch</i>	43
Tabel 5. Ketelitian Suhu <i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i> pada Suhu Input 40°C.	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. <i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i>	6
Gambar 2. Stirr Bar.....	6
Gambar 3. Ilustrasi Arah Dari Garis-Garis Gaya Magnet	8
Gambar 4. Menentukan Gaya Medan Magnet Dengan Kaidah Tangan Kanan	8
Gambar 5. Jenis-Jenis Heater	9
Gambar 6. Tubular Heater.....	10
Gambar 7. Persentasi Duty Cycle.....	11
Gambar 9. Sensor <i>Thermocouple</i>	14
Gambar 10. Rangkaian <i>Display LCD</i>	16
Gambar 11. <i>Liquid Crystal Display(LCD)</i>	17
Gambar 12. Rangkaian Catu Daya Teregulasi	19
Gambar 13. Desain Sistem Secara Umum.....	22
Gambar 14. Rangkaian Pengatur Kecepatan Pada Motor.....	23
Gambar 15. Tampilan Desain <i>Hot Plate Magnetic Stirrer Digital</i>	24
Gambar 16. Flowchart <i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i>	25
Gambar 17. Alat <i>Hot Plate Magnetic Stirrer Digital</i>	31
Gambar 18. Hasil Desain Rangkaian Elektronika Sistem	34
Gambar 19. Karakteristik Nilai Vin dengan Kecepatan Motor Alat	38
Gambar 20. Pengambilan Data Ketepatan Kecepatan Yang Terbaca Oleh Alat.....	39
Gambar 21. Perbandingan Nilai Rpm Terhadap Tegangan Input.....	39
Gambar 22. Karakteristik Pembacaan Suhu Alat <i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i>	40
Gambar 23. Ketepatan Pembacaan Suhu Alat dan <i>Thermometer</i>	41

Gambar 24. Fluktuasi Suhu Alat Pada Suhu Pengontrolan 40°C42

Gambar 25. Selisih Timer Alat Sebelum Perbaikan Program dan Setelah Perbaikan.....43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Foto Pengambilan Data <i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i> Digital	54
Lampiran 2. Data Karakteristik Motor dan Hasil Ketepatan <i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i> dengan Variasi Tegangan Input Motor.....	55
Lampiran 3. Data Hasil Karakteristik Sensor <i>Thermocouple</i> dan Ketepatan <i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i> dengan Variasi Suhu Input.....	57
Lampiran 4. Data Hasil Pembacaan Suhu Alat <i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i> Saat <i>Relay</i> Nonaktif Hingga Aktif	59
Lampiran 5. Data Hasil Ketelitian <i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i> Dari Input Motor Terhadap RPM.....	60
Lampiran 6. Data Hasil ketelitian <i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i> dari <i>Input</i> Suhu Dengan Pembacaan Sensor <i>Thermocouple</i>	61
Lampiran 7. Program <i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i> Digital dengan Pengaturan Waktu Berbasis <i>Arduino</i>	62

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Teknologi berkembang seiring dengan kemajuan dan kebutuhan manusia. Perkembangan yang semakin pesat, telah banyak memberikan kemudahan dan keuntungan bagi manusia dalam melakukan berbagai aktivitas hidup. Kemajuan teknologi selalu bersangkutan dengan elektronika dalam membantu memenuhi kebutuhan manusia. Menurut Prastyo (2013) elektronika adalah suatu ilmu yang mempelajari alat listrik arus lemah yang dioperasikan dengan cara mengontrol aliran elektron atau partikel bermuatan listrik dalam suatu bahan semikonduktor. Karena itu, bidang kajian elektronika menjadi perhatian yang serius dan menarik dikalangan generasi perancang teknologi baru.

Elektronika akan menghasilkan suatu instrumentasi. Instrumentasi adalah alat-alat dan peranti yang dipakai untuk pengukuran dan pengendalian dalam suatu sistem yang lebih besar dan lebih kompleks. Instrumentasi elektronika dapat membantu pekerjaan manusia, seperti yang terdapat pada laboratorium, industri, kedokteran, pertanian maupun pendidikan. Instrumentasi elektronika yang digunakan di laboratorium yaitu, penggunaan instrumentasi elektronika pada proses penelitian, seperti melarutkan larutan kimia. Salah satu alat yang dapat mengaduk larutan yaitu *magnetic stirrer*.

Magnetic stirrer adalah alat yang menggunakan medan magnet yang berputar menggunakan *stirr bar* magnet, *stirr bar* magnet berfungsi mengaduk larutan agar menjadi homogen. Di laboratirum Fisika Universitas Negeri Padang (UNP), terdapat *magnetic stirrer* yang mengatur kecepatan dengan knop dan

layar tampilan pada LCD. Ketika alat dinyalakan, kecepatan dapat diatur dengan mengatur sinyal PWM, namun pembacaan kecepatan masih belum stabil karena belum dipasangnya sensor kecepatan. Kecepatan dapat dideteksi dengan sensor *optocoupler*.

Kecepatan putar motor akan mempengaruhi proses homogenisasi larutan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kelarutan yaitu, temperatur (suhu), Ph, jenis pelarut, dan waktu pengadukan. Adanya faktor yang mempengaruhi kelarutan, maka diperlukan penambahan plat pemanas atau dapat disebut *hot plate magnetic stirrer*. Pemberian plat pemanas akan membuat proses *stirring* larutan pada gelas kimia menjadi lebih cepat homogen. Pembacaan suhu pada cairan kimia dapat dideteksi oleh sensor *thermocouple*. Pembacaan sensor *thermocouple* melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek "*Thermo-electric*", dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradien akan menghasilkan tegangan listrik.

Faktor kelarutan lainnya yang dapat ditambahkan pada alat adalah waktu. Lamanya proses pengadukan pada *magnetic stirrer* dilakukan secara manual. Saat proses pengadukan cairan kimia selama 15 menit, pengguna *magnetic stirrer* memasang *stopwatch* dan mematikan alat secara manual. Waktu proses *stirring* yang berbeda-beda akan menghasilkan konsentrasi yang berbeda, Ph yang berbeda serta warna larutan yang berbeda sebelum larutan terlarut dengan larutan yang telah terlarut. Sistem yang otomatis perlu dilakukan karena dengan adanya

sistem kontrol dapat memudahkan pekerjaan manusia. Pengguna *magnetic stirrer* tidak perlu ragu dan takut untuk meninggalkan alat yang sedang berjalan.

Pada studi sebelumnya, (Rahman, 2011) merancang bangun *hot plate magnetik stirrer* terkendali temperatur dan kecepatan pengaduk menggunakan mikrokontroler ATmega16, akan tetapi alat tersebut masih belum menerapkan waktu pengadukan. Pada dua tahun berikutnya (Faisal, 2013) membuat rancang bangun *magnetic stirrer* berbasis mikrokontroler AT89s52 dengan pengaturan waktu melalui *keypad*, namun tidak menggunakan pemanas pada alat *magnetik stirrer* tersebut. Karena itu, peneliti ingin membuat rancang bangun alat *hot plate magnetic stirrer* yang dapat mengatur kecepatan, suhu, serta waktu penggunaan dari *hot plate magnetic stirrer* secara digital.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti merasa tertarik membuat alat yang dibutuhkan untuk melarutkan zat kimia. Alat tersebut menggunakan sensor dan terkontrol secara otomatis. Sehingga peneliti ingin membuat alat dengan judul penelitian “Rancang Bangun *Hot Plate Magnetic Stirrer* Digital dengan Pengaturan Waktu Berbasis Arduino”.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan suatu permasalahan dalam penelitian ini. Sebagai perumusan masalah penelitian yaitu: “Bagaimana spesifikasi performansi dan desain dari Rancang Bangun *Hot Plate Magnetic Stirrer* Digital dengan Pengaturan Waktu Berbasis Arduino?”

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana cara kerja alat *hot plate magnetic stirrer*, tetapi secara khusus tujuan dari penelitian sebagai berikut :

1. Menjelaskan spesifikasi performansi Rancang Bangun *Hot Plate Magnetic Stirrer* Digital dengan Pengaturan Waktu Berbasis Arduino.
2. Menjelaskan spesifikasi desain Rancang Bangun *Hot Plate Magnetic Stirrer* Digital dengan Pengaturan Waktu Berbasis Arduino.

D. Pertanyaan Penelitian

Untuk menjelaskan permasalahan dalam penelitian ini dikemukakan beberapa pertanyaan sebagai berikut :

1. Bagaimana spesifikasi performansi Rancang Bangun *Hot Plate Magnetic Stirrer* Digital dengan Pengaturan Waktu Berbasis Arduino.
2. Bagaimana spesifikasi desain Rancang Bangun *Hot Plate Magnetic Stirrer* Digital dengan Pengaturan Waktu Berbasis Arduino.

E. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat pada :

1. Laboratorium Fisika yang memerlukan instrumentasi *Hot Plate Magnetic Stirrer* Digital dengan Pengaturan Waktu.
2. Bidang kajian elektronika dan instrumentasi Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang, sebagai acuan pengembangan ilmu dan teknologi yang berkembang sehingga melahirkan ide-ide baru yang lebih inovatif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Magnetic Stirrer*

Magnetic stirrer merupakan alat laboratorium yang berfungsi untuk mengaduk suatu sampel sehingga sampel tersebut dapat tercampur menjadi homogen. *Magnetic stirrer* dibangun atas beberapa hal, yaitu pengatur kecepatan dan *stirr bar*. *Magnetic stirrer* dapat melakukan *stirring* karena adanya gaya magnet antara *stirr bar* dan magnet yang berada pada motor penggerak yang berotasi. Ketika tanpa larutan, kecepatan putar pada *stirr bar* akan sama dengan kecepatan putar motor yang bergerak. Pengembangan alat *magnetic stirrer* dilakukan dengan menambahkan plat pemanas atau biasa disebut, *hot plate magnetic stirrer*. Plat pemanas berfungsi untuk memanaskan cairan kimia, dimana dengan adanya pemanas pada alat *hot plate magnetic stirrer* dapat membantu proses homogenisasi menjadi lebih cepat.

Proses homogenesi merupakan proses melarutkan dua larutan atau lebih menjadi homogen. Kelarutan didefinisikan sebagai jumlah maksimum zat terlarut yang akan melarut dalam sejumlah pelarut pada suhu tertentu (Chang, 2005). Kelarutan suatu zat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah suhu. Kenaikan suhu menyebabkan larutan semakin cepat larut dalam zat terlarut. Dalam *Farmakope Indonesia* menyatakan bahwa suhu dari air hangat sekitar 30°C sampai 40°C dan air panas mempunyai suhu diatas 40°C. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kelarutan suatu zat adalah Ph, temperatur, jenis pelarut, dan waktu pelarutan (*Farmakope Indonesia*, 1995).

Prinsip kerja *hot plate magnetic stirrer* adalah memutar larutan kimia di atas plat yang dapat dipanaskan. Larutan dapat berputar karena hubungan antara dua magnet yaitu, magnet yang dihubungkan pada motor dan magnet (*stirr bar*) yang dimasukkan dalam wadah gelas yang berisi larutan kimia yang ditempatkan di atas plat pemanas. Alat *hot plate magnetic stirrer* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Hot Plate Magnetic Stirrer*
Sumber : Irsyad, 2016

Gambar 1 menunjukkan bagaimana proses *magnetic stirrer* bekerja memutar *stirr bar*. Sensor yang digunakan untuk pendeteksi kecepatan adalah *optocoupler*, dimana sensor membaca sinyal dari banyaknya putaran yang terdeteksi. Kecepatan putar motor akan mempengaruhi *stirr bar* atau batang pengaduk. Gambar *stirr bar* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. *Stirr Bar*

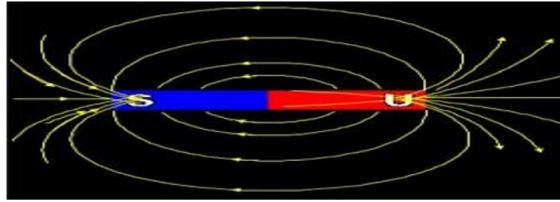
Gambar 2. Memperlihatkan bentuk ukuran *stirr bar*. *Stirr bar* memiliki ukuran yang bervariasi dan kekuatan daya tarik magnet yang bervariasi. *Stirr bar* digunakan untuk mengaduk cairan. *Beaker glass* yang terbuat dari kaca, tidak memberikan efek apapun terhadap medan magnet, maka batang pengaduk

magnetik dapat bekerja dengan baik pada (*beaker glass*). Batang pengaduk biasanya dilapisi oleh *teflon*, atau sedikit mengandung bahan kaca (Irsyad, 2016).

B. Medan Magnet

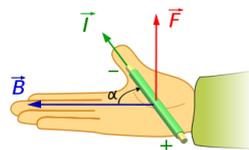
Kemagnetan adalah suatu sifat zat yang teramati sebagai suatu gaya tarik atau gaya tolak antara kutub-kutub. Gaya magnet tersebut paling kuat di dekat ujung-ujung atau kutub-kutub magnet tersebut. Semua magnet memiliki dua kutub magnet yang berlawanan, utara (U) dan selatan (S). Magnet dapat menarik benda lain. Beberapa benda yang dapat ditarik dengan kuat yaitu benda yang berbahan logam. Besi dan baja adalah dua contoh materi yang mempunyai daya tarik yang tinggi oleh magnet. Satuan intensitas pada Satuan Internasional (SI) adalah Tesla dan SI unit untuk total fluks magnetik adalah Weber. $1 \text{ Weber/m}^2 = 1 \text{ Tesla}$, yang memengaruhi satu meter persegi (Hariady, 2004).

Medan listrik adalah sebuah medan vektor yang mana merupakan distribusi vektor-vektor (Halliday, 2010). Di dalam medan listrik terdapat garis-garis medan listrik. Hubungan antara garis-garis medan dan vektor medan listrik dapat terlihat ketika *stirr bar* berada dititik yang berlawanan dengan magnet yang berada pada motor DC. Jati (2010) menyatakan bahwa, besarnya medan magnet sebanding dengan rapat garis medan magnet persatuan luas. Garis medan magnet selalu membentuk loop atau lintasan tertutup. Ilustrasi arah dari garis-garis gaya magnet ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi Arah Dari Garis-Garis Gaya Magnet

Gambar 3 menunjukkan ilustrasi arah dan garis gaya magnet, dimana magnet akan mempunyai garis gaya magnet jika berdekatan dengan magnet lainnya. Garis gaya yang muncul pada ujung magnet disebut kutub utara magnet sedangkan ujung lain dimana garis gaya memasuki magnet disebut kutub selatan. Kutub magnet yang berlawanan saling menarik, dan kutub magnet yang sama saling menolak (Halliday, 2010). Gaya yang ditimbulkan oleh muatan listrik yang bergerak atau oleh arus listrik yang berada dalam suatu medan magnet disebut Gaya Lorentz. Arah dari gaya Lorentz selalu tegak lurus dengan arah kuat arus listrik (I) dan induksi magnetik yang ada (\vec{B}). Arah gaya ini akan mengikuti arah maju skrup yang diputar dari vektor arah gerak muatan listrik (\vec{v}) ke arah medan magnet. Cara menentukan gaya medan magnet terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Menentukan Gaya Medan Magnet dengan Kaidah Tangan Kanan

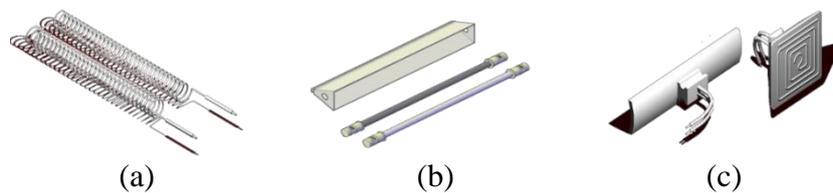
Gambar 4 menunjukkan arah gaya magnet dengan kaidah tangan kanan. Dimana (I) arah kuat arus listrik, (\vec{B}) arah kuat arus listrik dan (\vec{F}) gaya magnetik. Jika kecepatan partikel (v) sejajar atau berlawanan arah terhadap (\vec{B}), gaya magnetik (\vec{F}) = 0. Hal ini dikarenakan lintasan muatan (q) yang bergerak lurus pada kecepatan tetap. Hubungan antara F , q , dan B dinyatakan pada Persamaan 1:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B} \quad (1)$$

C. Heater

Pada *hot plate magnetic stirrer, heater/electrical Heating Element* (elemen pemanas listrik) merupakan komponen utama yang berfungsi untuk memanaskan plat pemanas. Bentuk dan tipe elemen pemanas listrik bermacam-macam, disesuaikan dengan fungsi, tempat pemanasan dan media yang akan dipanaskan. Menurut Ariffudin (2014), panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah nikelin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga dan aman digunakan. Ada 2 macam jenis utama elemen pemanas listrik menurut Irsyad (2016), yaitu :

- a. Elemen pemanas bentuk dasar, dimana *Resistance Wire* hanya dilapisi oleh isolator listrik, macam-macam elemen pemanas bentuk ini yaitu, *ceramic heater* dan *silica, infra red heater* dan *coil heater*. Elemen pemanas jenis ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Jenis-jenis Heater (a) *Coil Heater* (b) *Silica dan Ceramic Heater* (c) *Infra Red Heater* (Ariffudin, 2014)

Gambar 5. menunjukkan jenis-jenis pada heater bentuk dasar. Elemen pemanas tingkat dasar memiliki *Resistance Wire* yang hanya dilapisi oleh isolator listrik. Elemen pemanas dasar yang sering ditemukan adalah jenis *coil heater*.

- b. Elemen pemanas listrik bentuk lanjut merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam. Bahan logam yang digunakan adalah : *mild stell*, *stainless stell*, tembaga dan kuningan. Salah satu contoh dari jenis ini yaitu *Tubular heater* yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tubular Heater
Sumber : Irsyad, 2016

Gambar 6 menunjukkan jenis *heater* tingkat lanjut, dimana *heater* dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam. Elemen pemanas tingkat lanjut biasanya ditemukan pada kompor listrik.

D. *Pulse Width Modulation (PWM)*

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan suatu teknik yang digunakan dalam sistem pengontrolan (*control system*) dari suatu alat. Sinyal PWM memiliki amplitudo dan frekuensi yang tetap, namun lebar pulsa bervariasi. Lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (0% - 100%). Jika diatur lebar pulsa “*on*” dan “*off*” dalam satu perioda gelombang melalui pemberian sinyal referensi *output* dari suatu PWM, didapatkan nilai *duty cycle*. *Duty cycle* dari PWM dapat dinyatakan pada Persamaan 2.

$$\text{Duty cycle} = \left(\frac{t_{\text{on}}}{t_{\text{on}} + t_{\text{off}}} \right) \times 100\% \quad (2)$$

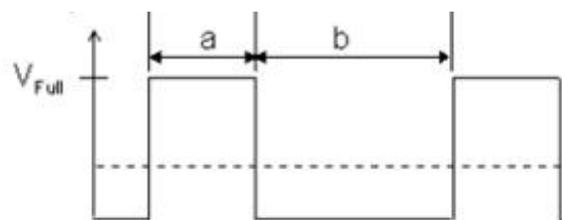
Persamaan 2 menjelaskan bahwa t_{on} merupakan kondisi sinyal pada posisi *high* sedangkan t_{off} merupakan kondisi sinyal pada posisi *low*.

Duty cycle 100% menandakan bahwa sinyal tegangan pengaturan motor dilewatkan seluruhnya jika tegangan sumber 100V, maka motor akan mendapatkan tegangan 100V, saat *duty cycle* 50%, tegangan pada motor hanya akan diberikan 50% dari tegangan total yang ada. Persentasi *duty cycle* dapat terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Persentasi *Duty Cycle*

Gambar 7 memperlihatkan persentase *duty cycle* dimana perhitungan pengontrolan dengan metode PWM akan didapatkan nilai tegangan *output* yang dihasilkan *duty cycle*. Ilustrasi pada *duty cycle* ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Sinyal Tegangan PWM

Gambar 8 menunjukkan ilustrasi sinyal *average voltage*, dimana tegangan *output* pada motor yang dikontrol oleh sinyal PWM. Variabel *a* merupakan nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “on”, sedangkan variabel *b* adalah nilai *duty cycle* saat

kondisi sinyal “off”. V_{full} adalah tegangan maksimal pada motor (Rudito, 2013).

Persamaan *average voltage* ditunjukkan pada persamaan 3.

$$\text{Average voltage} = \frac{a}{a+b} V_{full} \quad (3)$$

Menurut Rahman (2011), frekuensi yang dihasilkan pada PWM didapatkan pada

Persamaan 4, dimana T merupakan perioda yang didapatkan dari nilai $a+b$.

$$f = \frac{1}{T} \quad (4)$$

E. Komponen Elektronika

Komponen elektronika merupakan peranti pembangun berjalannya sistem.

Hot plate magnetic stirrer digital memiliki komponen pembangun sistem seperti, motor DC, sensor dan peranti lainnya. Komponen elektronika pembangun sistem dijelaskan sebagai berikut:

1. Motor DC

Motor DC adalah motor yang menggunakan sumber tegangan DC yang dapat mengubah tegangan listrik menjadi tegangan mekanis. Prinsip kerja motor DC adalah elektromagnet. Ketika tegangan *input* diberikan, medan magnet akan membuat rotor sehingga dapat berputar dan dapat dimanfaatkan untuk memutar benda lain. Kecepatan putaran motor DC ditentukan oleh besar tegangan. Semakin tinggi tegangannya, semakin cepat putaran motor DC (Kadir, 2013). Menurut Irsyad (2016), untuk dapat membuat alat *magnetic stirrer* yang stabil maka diperlukan motor DC yang mempunyai torsi yang besar sehingga pada saat motor mendapat beban, kecepatan motor akan relatif stabil.

2. *Optocoupler*

Sensor *optocoupler* merupakan sensor optik berupa sepasang pemancar dan penerima inframerah. Sensor *optocoupler* merupakan sensor yang terdiri dari LED inframerah dan fototransistor. Menurut Gunawan (2012) LED inframerah hanya mampu melewatkan arus sebesar 20 mA, sehingga perlu ditambahkan nilai resistor minimal yang dapat ditentukan dengan Persamaan 5.

$$R = \frac{V}{I} \quad (5)$$

Dimana R adalah nilai tahanan, V adalah nilai tegangan dan I adalah nilai arus. Cara kerja dari sensor *optocoupler* jika sensor terhalang maka *output* akan *open*, dan bila tidak terhalang maka *output* akan *short*. Dengan begitu sinar inframerah akan putus-putus dan menimbulkan pulsa-pulsa listrik. Pulsa-pulsa itu kemudian dapat diolah dan ditangkap oleh mikrokontroler (Rasyid, 2016).

3. *Sensor Thermocouple*

Thermocouple adalah jenis sensor suhu untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek "*Thermo-electric*". Efek *Thermo-electric* pada *Termocouple* berupa sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradien akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan tegangan listrik diantara dua persimpangan (*junction*) ini dinamakan dengan Efek "*Seeback*". Gambar 9 menunjukkan bentuk dari sensor *thermocouple*.



Gambar 9. Sensor *Thermocouple*

Gambar 9 menunjukkan bentuk fisis sensor *thermocouple*, dimana bagian warna merah pada sensor *thermocouple* merupakan bagian positif dan bagian warna biru pada sensor merupakan bagian negatif. Untuk mendapatkan nilai suhu pada *thermocouple* tipe-K, dilakukan dengan menggunakan pendekatan karakteristik, dimana perubahan tegangan sebesar $41\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Persamaan nilai suhu *thermocouple* tipe-K ditunjukkan pada Persamaan 6.

$$V_{\text{out}} = (41\mu\text{V} / ^\circ\text{C}) 5 (T_{\text{R}} - T_{\text{AMB}}) \quad (6)$$

Persamaan 6. menjelaskan bahwa V_{out} adalah V_{output} termokopel (μV), T_{R} adalah temperatur remote junction ($^\circ\text{C}$), T_{AMB} adalah temperatur *ambient* ($^\circ\text{C}$). Hubungan pin mikrokontroler dengan modul MAX6675 ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pin Thermocouple MAX6675 dengan Arduino

Modul MAX6675	Mikrokontroler ATmega32
VCC	+5V
SO	MISO (PB6)
CS	SS (PB4)
CSK	SCK (PB7)
GND	GND

Tabel 1 menjelaskan bagian dari sensor *thermocouple*, dimana VCC merupakan sumber positif sensor, SO, CS dan CSK merupakan MISO, SS dan SCK yang berada pada pin Arduino dan GND adalah sumber negatif sensor.

4. Mikrokontroler Arduino

Mikrokontroler adalah suatu komponen elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Cara kerja mikrokontroler sebenarnya adalah membaca dan menulis data. Dengan kata lain, mikrokontroler merupakan komputer di dalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektif biaya. Secara harfiahnya bisa disebut pengendali kecil dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler.

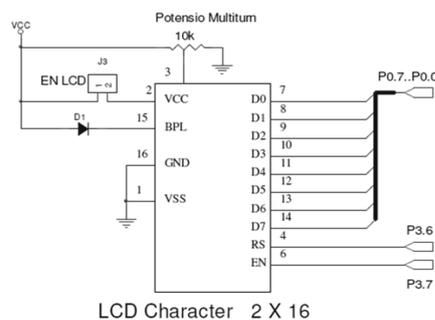
Menurut Yohandri (2013) mikrokontroler sudah dilengkapi dengan periferan pendukung sehingga membentuk sebuah komputer lengkap dalam level chip, secara sederhana mikrokontroler adalah sebuah IC yang terdiri atas ROM, RAM, parallel I/O, serial I/O, counter, dan *clock circuit*. Istilah lain dalam menggambarkan mikrokontroler adalah pengontrol yang kecil, karena fungsinya dapat sebagai pengontrol objek, proses atau kejadian. Mikrokontroler Arduino adalah sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Menurut Agung (2012), secara umum Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu :

- a. *Hardware* (papan *input/output* (I/O)).
- b. *Software* (*Software* Arduino meliputi IDE untuk menulis program, *driver* untuk koneksi dengan komputer, contoh program dan *library* untuk pengembangan program).

Menurut Guntoro (2013) kelebihan arduino tidak memerlukan perangkat *chip programmer* karena didalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari komputer, Arduino sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki *port serial/RS323* bisa menggunakannya. Bahasa pemrograman relatif mudah karena *software* Arduino dilengkapi dengan kumpulan *library* yang cukup lengkap, dan Arduino memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bisa ditancapkan pada *board* Arduino. Misalnya *shield* GPS, *Ethernet*, *SD Card*, dan lain-lain.

5. *Liquid Crystal Display (LCD)*

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan salah satu jenis tampilan yang dapat digunakan untuk menampilkan angka atau karakter. LCD terdiri atas tumpukan tipis dari dua lembar kaca dengan pinggiran yang tertutup rapat. Antara dua lembar kaca tersebut diberi bahan kristal cair (*liquid crystal*) yang tembus cahaya. Permukaan luar dari masing-masing keping kaca mempunyai lapisan penghantar tembus cahaya seperti oksida timah atau oksida indium (Wulandari, 2009). Untuk rangkaian *display* LCD terdapat pada Gambar 10.

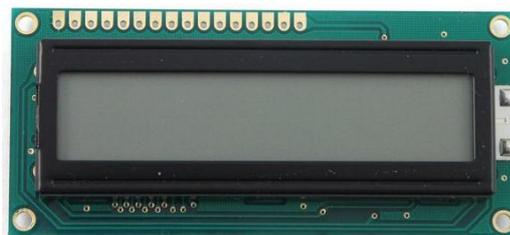


Gambar 10. Rangkaian *Display* LCD
(Triwiyanto, 2009)

Gambar 10 merupakan rangkaian *display* LCD, *display* karakter pada LCD ini diatur oleh pin EN, RS dan RW. Jalur EN diset *Enable* untuk memberitahu LCD bahwa data sedang dikirim. Untuk itu, program EN harus dibuat logika *low* “0” dan set pada dua jalur kontrol yang lain RS dan RW. Ketika dua jalur yang lain telah siap, set EN dengan logika “1” dan tunggu untuk sejumlah waktu tertentu (sesuai dengan datasheet dari LCD tersebut) dan set EN ke logika *low* “0” lagi.

Jalur RS adalah jalur *register select*. Ketika RS berlogika *low* “0”, data akan dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti *clear screen*, posisi kursor dan lain-lain). Ketika RS berlogika *high* “1”, data yang dikirim adalah data teks yang akan ditampilkan pada *display* LCD. Jalur RW adalah jalur kontrol *Read/ Write*. Ketika RW berlogika *low* (0), maka informasi data akan dituliskan pada layar LCD. Ketika RW berlogika *high* ”1”, maka program akan melakukan pembacaan memori dari LCD. Sedangkan pada aplikasi umum pin RW selalu diberi logika *low* ”0” (Triwiyanto, 2009).

LCD banyak digunakan karena memiliki banyak keuntungan. Diantaranya adalah dapat menampilkan data, baik data digital maupun analog dalam bentuk grafik, memiliki bentuk yang tipis, mudah dalam pengoperasian, membutuhkan tegangan yang kecil dan dapat menampilkan berbagai karakter. Bentuk LCD dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. *Liquid Crystal Display* (LCD)

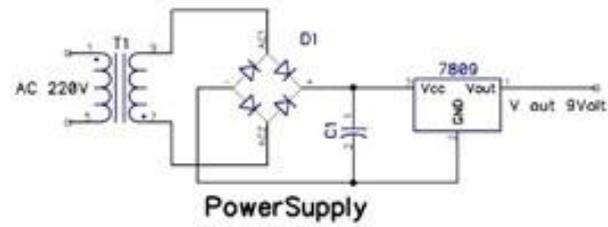
Gambar 11 menunjukkan bentuk fisis LCD, dimana LCD memiliki beberapa ukuran. Pemilihan LCD bergantung dengan kebutuhan pengguna. LCD yang berukuran kecil memiliki 2 baris dan 16 kolom. Sedangkan LCD dalam ukuran sedang memiliki 4 baris dan 20 kolom.

6. Power Suply

Perangkat elektronika memerlukan catu daya untuk dapat bekerja dengan baik. Sumber catu daya yang besar adalah sumber bolak-balik AC (*Alternating Current*) dari pembangkit tenaga listrik. Namun peralatan elektronika pada umumnya memerlukan tegangan DC (*Direct Current*) untuk mengoperasikannya. Karena sumber arus searah DC yang stabil membuat perangkat elektronika bekerja dengan baik. Untuk itu diperlukan suatu perangkat catu daya yang dapat mengubah arus AC menjadi DC.

Catu daya yang baik selalu dilengkapi dengan *regulator* tegangan. Tujuan pemasangan *regulator* tegangan pada catu daya adalah untuk menstabilkan tegangan keluaran apabila terjadi perubahan tegangan masukan pada catu daya. catu daya teregulasi dibangun dari IC *regulator* (Ginting, 2013).

IC *regulator* diantaranya adalah seri IC 78XX dan 79XX. Regulasi tegangan yang tidak terlalu ketat dapat digunakan *regulator* tegangan IC tiga terminal. Terdapat *regulator* seri 78XX dan 79XX. Regulator IC 78XX adalah *regulator* tegangan positif untuk XX Volt, sedangkan 79XX adalah *regulator* tegangan negatif untuk XX Volt (Sutrisno, 2009). Rangkaian catu daya menggunakan IC 7809 terdapat pada Gambar 12.



Gambar 12. Rangkaian Catu Daya Teregulasi

Gambar 12 memperlihatkan bagaimana bentuk rangkaian catu daya (*power supply*). Listrik PLN yang masuk akan disearahkan oleh penyearah gelombang oleh dioda dan difilter oleh transistor. Keluaran catu daya akan bergantung oleh regulator yang digunakan.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian *Hot Plate Magnetic Stirrer* Digital Dengan Pengaturan Waktu Berbasis Arduino dikemukakan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Hasil spesifikasi performansi sistem *hot plate magnetic stirrer* digital terdiri dari sistem mekanik dan ditunjang oleh sistem elektronik. Rangkaian elektronika pembangun sistem terdiri dari *power supply* 13V, rangkaian sensor *optocoupler*, rangkaian sensor *thermocouple*, rangkaian LCD, rangkaian *keypad* dan sistem mikrokontroler Arduino Mega 2560. Ketika suhu cairan sama dengan suhu input maka pemanas *hot plate magnetic stirrer* akan mati dan akan hidup kembali ketika temperatur yang terbaca pada LCD *hot plate magnetic stirrer* lebih kecil dari 3°C suhu input. *Input* waktu merupakan proses lamanya motor dan pemanas berjalan, maka motor dan pemanas akan dalam keadaan *off* secara otomatis ketika timer selesai.
2. Hasil penentuan spesifikasi desain *hot plate magnetic stirrer* digital adalah sebagai berikut:
 - a. Ketepatan kecepatan motor, pembacaan suhu air dan waktu proses alat yang terbaca pada LCD *hot plate magnetic stirrer* dibandingkan dengan alat ukur standar yaitu *tachometer*, *thermometer* dan *stopwatch*. Persentase ketepatan relatif rata-rata sistem kecepatan alat 98,918%. Persentasi ketepatan relatif pembacaan suhu alat sebesar 90%, dan proses *timer* alat sesuai dengan nilai *timer* yang diinputkan.

b. Ketelitian pembacaan kecepatan putar alat *hot plat magnetic stirrer* setelah diulang sebanyak 10 pengulangan, didapatkan persentase ketelitian rata-ratanya adalah 99%. Persentase ketelitian pembacaan suhu *hot plate magnetic stirrer* adalah 99%. *Timer* alat *hot plate magnetic stirrer* mengalami ketepatan yang sangat bagus karena diatur oleh program .

B. Saran

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan maka sebagai saran untuk tindak lanjut dan pengembangan penelitian ini, yaitu:

1. *Hot plat magnetic stirrer* digital memiliki kecepatan 1200 RPM dengan catu daya 13V dan motor dc. Untuk mendapatkan nilai rpm yang lebih besar sebaiknya menggunakan motor jenis lain agar kecepatan putar *hot plat magnetic stirrer* melebihi dari 3000 rpm.
2. *Hot plat magnetic stirrer* digital menggunakan magnet neodim yang berdiameter 1cm, untuk mendapatkan tarik menarik magnet dengan *stirr bar* yang lebih kencang sebaiknya mencari magnet yang lebih besar.
3. *Hot plat magnetic stirrer* digital menggunakan plat pemanas dari alumunium agar tidak ada gaya tarik magnet pada motor dengan *stirr bar*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariffudin, Satriya Dwi., 2014, Perancangan Sistem Pemanas Pada Rancang Bangun Mesin Pengaduk Bahan Baku Sabun Mandi Cair, *JRM*. Universitas Negeri Surabaya. Volume 01 Nomor 02 Tahun 2014
- Cooper, WD. (1999). Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran. Erlangga, Jakarta
- Gunawan, Budi., Yely, P., 2012, Pengukuran Kecepatan Putar Motor Berbasis Programmable Logic Controller (PLC) Omron CPM2A dan Komputer. *Jurnal Fakultas teknik UMK*, Universitas Muria Kudus, Volume 5 Nomor 1, Juni 2012
- Halliday, David., 2010, Fisika Dasar Edisi 7 Jilid, Jakarta : Erlangga
- Hapsah, 2009, Rancang Bangun Automatic Mixer Temperature dan Kecepatan Pengaduk Terkendali, *Laporan Tugas Akhir*, Universitas Indonesia, 2009.
- Hidayat, R., Didik, N., Dede, S., 2014, Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 1 Phasa Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535, *Jurnal Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor*, Universitas Pakuan Bogor.
- Hariadi, Eko, 2004, Kemagnetan dan Induksi Elektromagnetik, Jakarta
- Irsyad, L. P., Sri. P., Yudianingsih., 2016, Perancangan Alat Magnetic Stirrer Dengan Pengaturan Kecepatan Pengaduk Dan Pengaturan Waktu Pengadukan, *Jurnal In Fact*, Universitas Respati Yogyakarta, Volume 1, Nomor 2, November 2012.
- Kirkup, L. 1994. Experimental Method An Introduction to The Analysis and Presentation of Data. John Willey & Sons, Singapore
- Perdana, Moch Indra Samudera Satriya, 2013, Magnetic Stirrer dengan Pengaturan Suhu dan Kecepatan Pengadukan, Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Prayogo, Rudito., 2012, Pengaturan PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan PLC, Malang : Universitas Brawijaya.
- Rahman, M.A., 2011. Rancang Bangun *Hot Plate Stirrer Magnetic* Terkendali Temperatur, *Skripsi* Universitas Indonesia 2012.

Situmeang, A., Rika H., 2016, Perancangan Pengadukan Magnetik dengan Pilihan Larutan Menggunakan Sistem Pengontrolan Berbasis Arduino Uno, *Laporan Penelitian*, Universitas Gunadarma.

Syukur,A.P., 2009, *Stirrer Magnetic* dengan Pengganti Sampel Otomatis, Jakarta: Politeknik Kesehatan JakartaII.

Widodo,E., 2011, Pengetahuan Praktis Elektronika, Bandung: PT.Sarana Tutorial Nurani Sejahtera.