

**RANCANG BANGUN VISKOSIMETER *FLUIDA* METODE
BOLA JATUH BEBAS POLA BOLAK-BALIK
BERBASIS *ARDUINO UNO***

SKRIPSI

OLEH:

**JUMEYDI F. SIMBOLON
15.812.0002**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2020**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 16/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)16/12/21

**RANCANG BANGUN VISKOSIMETER *FLUIDA* METODE
BOLA JATUH BEBAS POLA BOLAK-BALIK
BERBASIS *ARDUINO UNO***

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:

**JUMEYDI F. SIMBOLON
158120002**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2020**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 16/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)16/12/21

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN VISKOSIMETER *FLUIDA*
METODE BOLA JATUH BEBAS POLA BOLAK-BALIK
BERBASIS *ARDUINO UNO*
Nama : JUMEYDI F. SIMBOLON
NPM : 15.812.0002
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing



Ir. Zulkifli Bahri, MT
Pembimbing I



Moranain Mungkin, ST, M.Si
Pembimbing II

Mengetahui



Dr. Ir. Dina Maizana, MT
Dekan




Syarifah Muthia Putri, ST, MT
Prodi/ WD 1

Tanggal Lulus : 30 Desember 2020

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 16/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)16/12/21

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 30 Desember 2020



Jumeydi F. Simbolon
158120002

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jumeydi F. Simbolon
NPM : 15.812.0002
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: RANCANG BANGUN VISKOSIMETER *FLUIDA* METODE BOLA JATUH BEBAS POLA BOLAK-BALIK BERBASIS *ARDUINO UNO*.

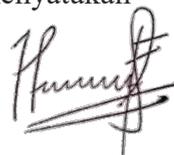
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini. Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Medan

Pada tanggal: 30 Desember 2020

Yang menyatakan



(Jumeydi F. Simbolon)

ABSTRAK

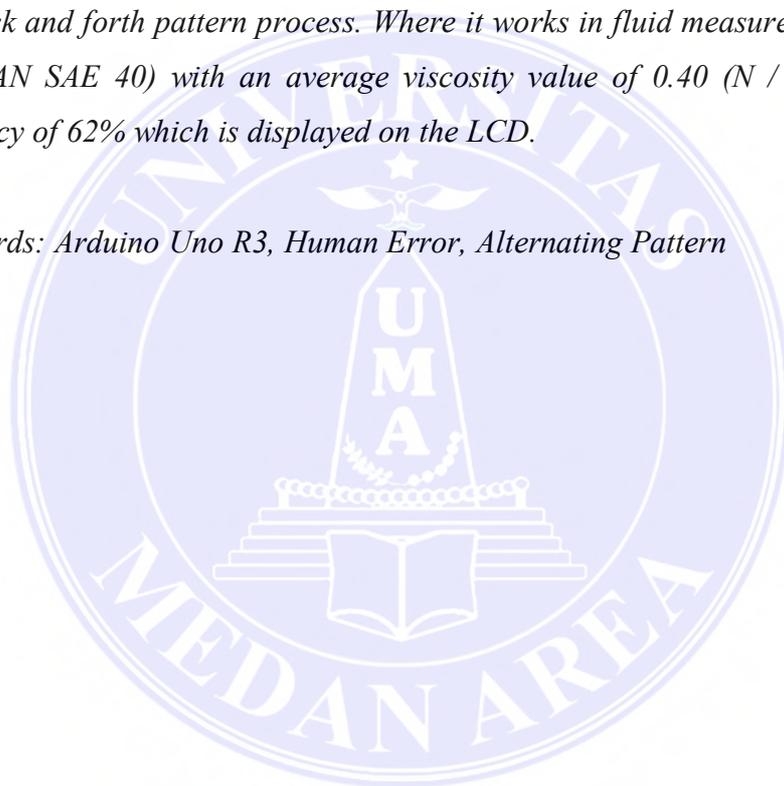
Perkembangan bidang penelitian berbasis pengukuran viskositas metode bola jatuh di dalam instansi seperti perguruan tinggi masih terdapat sistem menerapkan cara pengukuran yang manual. Hal ini memiliki kekurangan berkaitan dengan *human error* saat *range* waktu antara *stopwatch* dengan kecepatan tangan dalam menjatuhkan bola. Untuk Mengatasinya dengan membuat Rancang Bangun Viskosimeter Bola Jatuh Bebas Pola Bolak-Balik Berbasis *Arduino Uno*, dalam sistemnya perangkat *Arduino R3* sebagai pengontrol perangkat-perangkat lainnya termasuk Motor Servo yang berperan dalam proses pola bolak-balik. Dimana berhasil bekerja dalam pengukuran *fluida* (jenis oli MESRAN SAE 40) dengan nilai rata-rata viskositas 0,40 (N/m².s) dan keakuratan sebesar 62 % yang ditampilkan dalam *LCD*.

Kata kunci : *Arduino Uno R3, Human Error, Pola Bolak-Balik*

ABSTRACT

The development of research fields based on the measurement of the viscosity of the falling ball method in institutions such as universities, there are still systems that apply manual measurement methods. This has shortcomings related to human error during the time range between the stopwatch and the speed of the hand in dropping the ball. To overcome this by making the design of the Arduino Uno-based back and forth ball viscosimeter, in its system the Arduino R3 device controls other devices including the Servo Motor which plays a role in the back and forth pattern process. Where it works in fluid measurement (oil type MESRAN SAE 40) with an average viscosity value of 0.40 (N / m².s) and an accuracy of 62% which is displayed on the LCD.

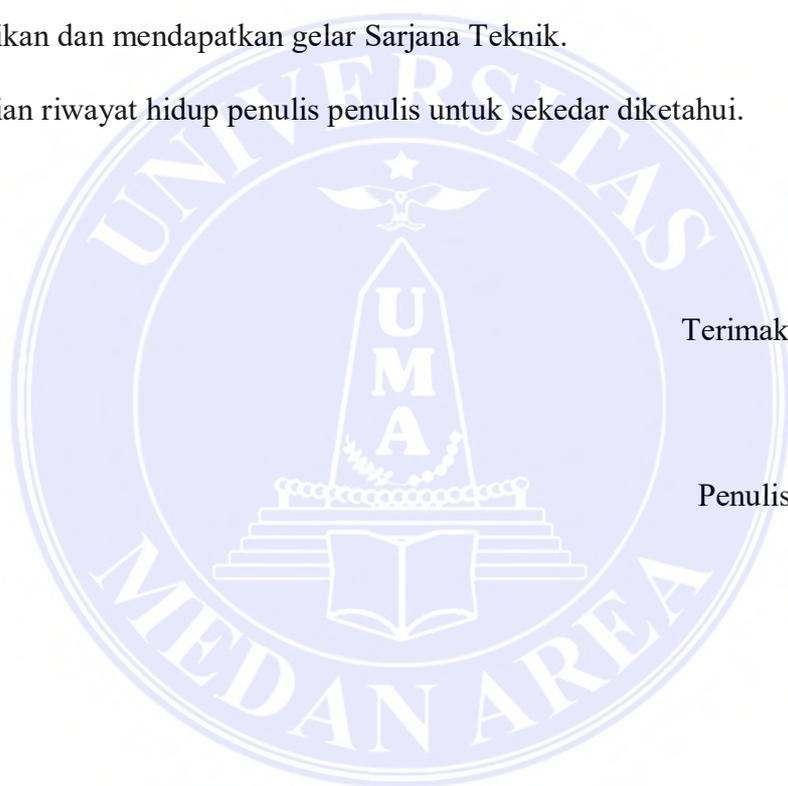
Keywords: Arduino Uno R3, Human Error, Alternating Pattern



RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Jumeydi F. Simbolon dilahirkan pada tanggal 02 Mei di Bukit Maraja, Anak dari pasangan bapak Aman Marulitua Simbolon dan ibu Hotma Tiominar Siahaan, Penulis merupakan putra ke-5 dari 5 bersaudara. Pada tahun 2009 lulus dari SD Negeri 122374 Pematangsiantar, tahun 2012 lulus dari SMP Negeri 1 Pematangsiantar dan tahun 2015 lulus dari SMK swasta HKBP Pematangsiantar, kemudian di tahun 2015 penulis menempuh pendidikan strata-1 di Universitas Medan Area (UMA) pada tahun 2020 penulis menyelesaikan pendidikan dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik.

Demikian riwayat hidup penulis penulis untuk sekedar diketahui.



Terimakasih

Penulis

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya ucapkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang senantiasa melimpahkan rahmat-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Adapun tugas akhir ini ditulis dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Adapun judul tugas akhir ini adalah **“RANCANG BANGUN VISKOSIMETER FLUIDA METODE BOLA JATUH BEBAS POLA BOLAK-BALIK BERBASIS ARDUINO UNO”**.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan dan kerja sama yang baik dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Yayasan Haji Agus Salim Universitas Medan Area
2. Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Ibu Dr. Grace Yuswita Harahap, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Ibu Syarifah Muthia Putri, ST, MT selaku ketua program studi Teknik Elektro di Universitas Medan Area.
5. Bapak Ir. Zulkifli Bahri, MT selaku dosen pembimbing I (satu) yang selalu memberikan bimbingan dan arahan dengan penuh kesabaran kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

6. Bapak Moranain Mungkin, ST, MT selaku dosen pembimbing II (dua) yang selalu memberikan bimbingan dan arahan dengan penuh kesabaran kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
7. Keluarga saya yang telah memberikan doa bantuan moril dan materil sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
8. Para Dosen Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan memotivasi penulis dan para staf tata usaha Program Studi Elektro Universitas Medan Area yang turut memperlancar proses penyelesaian kuliah dan skripsi penulis.
9. Seluruh teman-teman Fakultas Teknik Elektro Universitas Medan Area Stambuk 2015 kelas pagi..
10. Semua pihak yang telah membantu peneliti untuk menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Medan, 30 Desember 2020



Jumeydi F. Simbolon

158120002

DAFTAR ISI

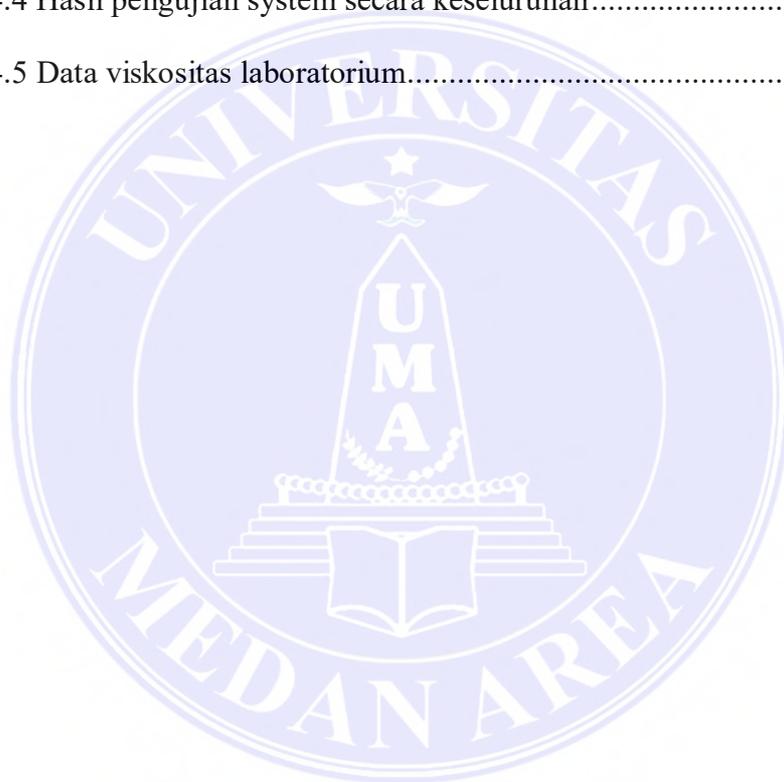
	Halaman
ABSTRAK	ii
RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan penelitian.....	3
1.4 Batasan masalah.....	3
1.5 Manfaat pembuatan alat.....	3
1.6 Sistematika pembahasan.....	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Viscositas</i> Zat Cair.....	5
2.2 <i>Arduino</i>	8
2.3 Arsitektur Mikrokontroler <i>ATMega</i>	11
2.4 Definisi Program.....	13
2.5 <i>Software Arduino IDE</i>	15
2.6 Bahasa Pemrograman <i>Arduino</i>	16
2.6.1 Struktur.....	17
2.6.2 Konstanta.....	17
2.6.3 Fungsi Masukan dan Keluaran Digital.....	20

2.7	Proximity Sensor	21
2.7.1	<i>LJ12A3-4-Z/Bx Inductive Metal Proximity Sensor</i>	24
2.8	<i>LCD</i>	25
2.9	Motor Servo	27
2.9.1	Prinsip Kerja Motor Servo	27
2.10	Elektromagnet	29
2.10.1	Cara Membuat Magnet dengan Elektromagnetik	30
2.11	Catu Daya / <i>Power Supply</i>	31
III	METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1	Metoda penelitian	34
3.2	Alat dan Bahan	35
3.2.1	Rancangan Struktural	35
3.2.2	Rancangan Sistem Elektrikal	38
3.2.2.1	Rangkaian <i>AC-DC</i> Adaptor	38
3.2.2.2	Rangkaian <i>LCD 16x2</i> dengan <i>Arduino Uno</i>	39
3.2.2.3	Rangkaian <i>Driver</i> dan Elektromagnet	40
3.2.2.4	Rangkaian Sistem Minimum <i>Arduino Uno</i>	41
3.2.2.5	Motor Servo dengan <i>Arduino Uno</i>	42
3.2.2.6	Sistem secara Keseluruhan	42
3.3	Pemrograman Mikrokontroler <i>ATMega 328</i> pada <i>Arduino</i>	43
3.4	Perancangan Coding	47
3.5	<i>Flowchart</i> Sistem Kerja Alat	50

IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Hasil Perancangan Alat	51
4.2 Pengujian Terpisah.....	52
4.2.1 Pengujian Kondisi Kerja Power Supply.....	52
4.2.2 Pengujian Arduino Uno dengan Sensor Metal	53
4.2.3 Pengujian <i>Arduino Uno</i> dengan <i>LCD</i>	55
4.2.4 Pengujian <i>Arduino Uno</i> dengan Motor Servo	56
4.2.5 Pengujian <i>Push button</i> Sebagai Reset Sistem	59
4.2.6 Pengujian dan Analisa Secara Keseluruhan	60
4.2.7 Pengujian pengukuran <i>Viscositas</i> sebagai pembanding.....	62
V KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67

DAFTAR TABEL

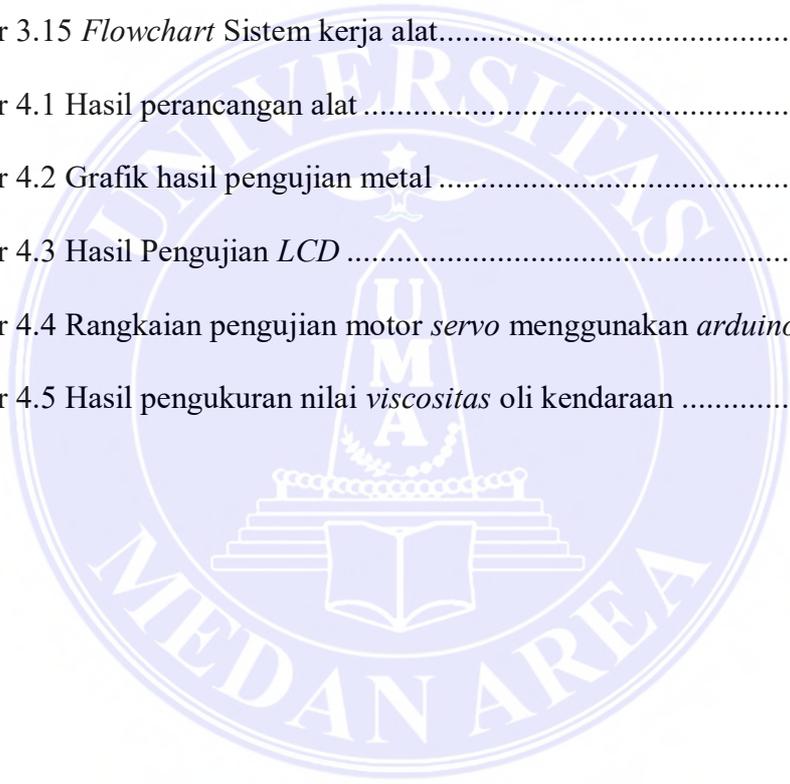
	Halaman
Tabel 2.1 <i>Index Board Arduino Uno</i>	11
Tabel 3.1 penetapan komponen (bahan)	35
Table 4.1 Hasil pengujian kondisi <i>power supply</i>	53
Tabel 4.2 Hasil pengujian sensor metal	54
Tabel 4.3 Hasil pengujian <i>Push Button</i>	59
Tabel 4.4 Hasil pengujian system secara keseluruhan.....	61
Tabel 4.5 Data viskositas laboratorium.....	62



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Viskosimeter metode bola jatuh	7
Gambar 2.2 Mikrokontroller <i>Atmega 328</i>	8
Gambar 2.3 <i>Arduino Uno dan Lilypad</i>	9
Gambar 2.4 <i>Led-led</i> di <i>Arduino</i>	10
Gambar 2.5 Blok diagram Mikrokontroller (a) <i>Atmega328</i> (b) <i>Atmega 1280</i>	13
Gambar 2.6 Tampilan <i>Arduino IDE</i> versi 1.6.4	16
Gambar 2.7 Sensor <i>Inductive Proximity</i>	22
Gambar 2.8 Sensor <i>Capacitive Proximity</i>	23
Gambar 2.9 Sensor <i>Proximity</i> Optik.....	24
Gambar 2.10 <i>Inductive Proximity</i> dengan kode <i>LJ12A3-4-Z/BX</i>	25
Gambar 2.11 Blok diagram <i>LCD</i>	26
Gambar 2.12 Konfigurasi pin pada <i>LCD</i>	26
Gambar 2.13 Prinsip kerja motor <i>servo</i>	28
Gambar 2.14 Motor <i>Servo</i>	29
Gambar 2.15 Rangkaian Elektromagnet	31
Gambar 2.16 Gelombang sinyal	32
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> kerangka berpikir	34
Gambar 3.2 Dudukan Sistem.....	36
Gambar 3.3 Desain tata letak sistem.....	37
Gambar 3.4 <i>AC-DC</i> Adaptor	38
Gambar 3.5 Skema rangkaian <i>AC-DC</i> Adaptor	39
Gambar 3.6 Rangkaian instalasi <i>LCD 16x2</i> dengan <i>Arduino Uno</i>	40
Gambar 3.7 Rangkaian driver dan Elektromagnet	41

Gambar 3.8 Rangkaian sistem minimum <i>Arduino Uno</i>	41
Gambar 3.9 Rangkaian instalasi motor <i>servo</i> dengan <i>Arduino Uno</i>	42
Gambar 3.10 Skema rangkaian seluruh sistem.....	43
Gambar 3.11 Software <i>Arduino Uno 1.8.8</i>	44
Gambar 3.12 Menu <i>File Baru</i>	45
Gambar 3.13 Pemilihan <i>Board Arduino</i>	45
Gambar 3.14 Membuat <i>File Proyek Baru</i>	46
Gambar 3.15 <i>Flowchart</i> Sistem kerja alat.....	50
Gambar 4.1 Hasil perancangan alat	51
Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian metal	54
Gambar 4.3 Hasil Pengujian <i>LCD</i>	56
Gambar 4.4 Rangkaian pengujian motor <i>servo</i> menggunakan <i>arduino</i>	57
Gambar 4.5 Hasil pengukuran nilai <i>viscositas</i> oli kendaraan	61



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan dunia penelitian berkembang pesat seiring perkembangan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), dalam penerapannya di berbagai aspek sangat membantu penyelesaian aktivitas sehingga menjadi efisien. Hal ini juga mempengaruhi perkembangan peralatan penelitian di instansi pendidikan seperti di sekolah, perguruan tinggi dan lain-lain. Dimana yang beberapa diantaranya masih bersifat manual, terutama dengan penelitian yang berkaitan dengan viskositas.

Viskositas adalah besarnya resistansi atau kelembaman *fluida* untuk mengalir pada *fluida* cair, viskositas dengan nilai kekentalan cairan atau gaya gesek internal *fluida* tersebut. Faktor yang mempengaruhi nilai viskositas *fluida* adalah temperatur, semakin tinggi temperatur suatu *fluida* semakin berkurang nilai viskositasnya. Viskositas dapat dijadikan sebagai faktor yang menentukan kualitas suatu produk di industri-industri yang memproduksi produk dalam bentuk cairan seperti pelumas, pengolahan minyak, kimia dan lain-lain. Alat yang digunakan untuk mengukur nilai viskositas adalah viskometer dan salah satu viskometer yang sering digunakan yaitu viskometer bola jatuh.

Viskometer Bola Jatuh adalah alat ukur viskositas yang mengukur waktu yang dibutuhkan sebuah bola untuk melewati cairan dengan jarak tertentu berdasarkan prinsip hukum Stokes dan hukum Newton. Pengukuran nilai koefisien viskositas *fluida* dilakukan dengan cara menjatuhkan bola yang dimana

masih dengan cara manual yakni dengan memegang bola dengan tangan atau menggunakan penjepit ke sebuah gelas ukur yang berisi *fluida* cair yang selanjutnya nilai viskositas didapat dari perhitungan teoritis berdasar laju bola saat menempuh jarak tertentu dalam fluida. Nilai laju bola diperoleh dari data waktu dan jarak tempuh bola. Saat ini viskometer bola jatuh yang digunakan untuk mengukur nilai koefisien viskositas masih bersifat manual. Waktu tempuh dihitung dengan *stopwatch* dan jarak tempuh diukur melalui indeks gelas ukur mulai dari *stopwatch* diaktifkan hingga dihentikan. Pengambilan data secara manual ini memungkinkan timbulnya kesalahan yang besar sehingga mempengaruhi hasil akhir dari nilai viskositas fluida yang diukur.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka pada penelitian ini dibuat alat viskometer *fluida* bola jatuh yang bersifat digital dimana dapat mengukur nilai *viscositas fluida* dengan cepat tanpa harus menghitung secara manual lagi dengan menggunakan rumus yang ada.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membuat viskosimeter *fluida* dengan sistem yang digital?
2. Mengapa harus bolak-balik sebagai pola menjatuhkan bola?
3. Bagaimana cara melihat hasil pengukuran nilai *viscositas fluida* dengan cepat tanpa menggunakan rumus secara manual?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membuat viskosimeter *fluida* dengan menerapkan *Arduino Uno* sebagai pengendali digital untuk keseluruhan sistem yang dirancang.
2. Membuat alat dengan metode menjatuhkan bola ke dalam *fluida* dengan pola bolak-balik untuk menghindari *human error* saat *range* waktu antara *stopwatch* dengan kecepatan tangan dalam menjatuhkan bola.
3. Memasang *LCD* sebagai *display* untuk menampilkan hasil pengukuran nilai *viscositas fluida* secara cepat.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Jenis *fluida* yang diukur dalam penelitian ini adalah oli MESRAN SAE 40.
2. Diameter bola mimis yang digunakan adalah 4,48 mm
3. Rapat cairan oli adalah 835 kg/m^3
4. Massa bola yang digunakan adalah 0,0005 kg
5. Jenis pengendali seluruh kerja alat yang digunakan adalah *Arduino Uno*.

1.5. Manfaat Pembuatan Alat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Mempercepat dalam proses pengukuran nilai *viscositas fluida*.
2. Sebagai alat pembanding terhadap alat yang masih bersifat manual ketika mahasiswa melakukan praktikum pengukuran nilai *viscositas fluida* di Laboratorium Fisika UMA.

3. Sebagai sarana pelengkap di laboratorium Fisika UMA untuk kebutuhan penelitian yang berhubungan dengan pengukuran nilai *viscositas fluida*.

1.6. Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan pada masing-masing bab adalah sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan

Menjelaskan secara singkat tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian serta sistematika pembahasan.

2. Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas tentang teori-teori pendukung dalam penelitian ini sehingga hasil yang didapatkan lebih optimal.

3. Bab III Metodologi Penelitian

Berisi tentang bagaimana metode penelitian dilakukan, yang meliputi bagaimana cara pengambilan data, cara perancangan dan pembuatan alat, serta cara pengujiannya.

4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Berisi penjelasan tentang hasil perancangan alat, pengujian dan pembahasannya.

5. Bab V Penutup

Berisi tentang kesimpulan dan saran yang didapatkan dari penelitian yang dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Viscositas Zat Cair*

Jika ada gerak antara *fluida* (cairan atau gas) dengan benda lain, selalu terjadi kakas yang melawan gerak tersebut yang disebut gaya kekentalan. Bila sebuah benda berbentuk bola, bergerak dengan kecepatan rendah didalam suatu medium (cairan atau gas) yang tepat sifat-sifatnya, maka besar gaya kekentalan adalah:

$$F_v = -6 \pi \eta r v \dots \dots \dots (1)$$

Dimana : F_v = gaya yang melawan gerakan (N)

η = koefisien kekentalan (Pa.s)

r = jari-jari bola (m)

v = kecepatan bola relatif terhadap medium (ms^{-1})

Tanda minus menunjukkan arah F_v berlawanan dengan arah v . Rumus ini dikenal sebagai hukum Stokes. Adapun syarat-syarat pemakaian hukum Stokes tersebut diatas :

- a). Ruang tempat medium tak terbatas (ukurannya cukup besar)
- b). Tidak ada turbulensi (penggelinciran) pada medium. Praktisnya ini berarti kecepatan v tidak besar.

Satuan SI untuk η adalah Newton meter⁻² atau $N.m^{-2}$. Nilai η bergantung pada jenis cairan dan terpengaruh suhu. Dalam metode bola jatuh, sebuah bola kecil dijatuhkan dalam tabung yang tinggi berisi cairan. Mula-mula kecepatannya rendah tetapi percepatan gravitasi menyebabkan kecepatan bertambah sehingga

kakas F_v bertambah besar. Kakas yang dialami bola adalah gaya gravitasi F_g (kebawah), gaya apung F_b (keatas) dan gaya gesekan F_v (keatas) dan pada suatu nilai kecepatan tertentu, akan terjadi keseimbangan.

$$F_g + F_b + F_v = 0 \dots\dots\dots(2)$$

Dimana gaya kebawah dianggap positif sehingga gaya resultan menjadi nol. Maka kecepatan bola tidak berubah lagi melainkan pada nilai maksimum atau nilai akhir yang dinotasikan sebagai V_a . Kecepatan ini juga disebut kecepatan akhir (*terminal velocity*). Gaya F_b dan F_g dapat ditulis sebagai fungsi jari-jari bola R , rapat bola ρ_o dan rapat cairan ρ_c :

$$F_g = \frac{4\pi}{3} R^3 \rho_o g \dots\dots\dots(3)$$

$$F_b = \frac{4\pi}{3} R^3 \rho_c g \dots\dots\dots(4)$$

Perhatikan arah kebawah diberi tanda tambah dalam semua persamaan setelah Substitusi kedalam persamaan (1) dan (2) diperoleh :

$$6 \pi \eta R v_a = \frac{4\pi}{3} R^3 (\rho_o - \rho_c) g$$

$$\eta = \frac{2 R^2}{9 v_a} (\rho_o - \rho_c) g$$

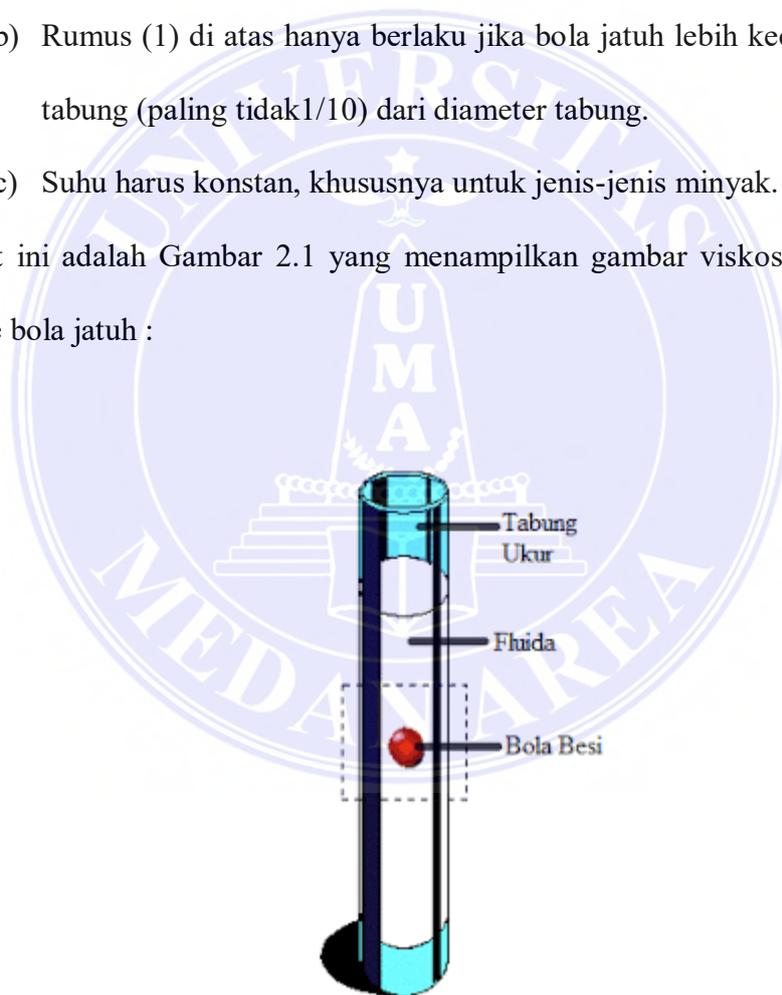
$$\eta = \frac{2gr^2(\rho_0-\rho_c)}{9v_t} \dots\dots\dots(5)$$

Semua besaran dalam ruas kanan persamaan (5) dapat diukur, sehingga dapat dihitung menurut persamaan (5) perbandingan R^2/v_a seharusnya konstan dan percobaan juga dapat membuktikan besar tidaknya hal ini.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengukuran kekentalan dengan metode ini adalah:

- Perlu diperhatikan bahwa kecepatan yang diukur benar-benar adalah kecepatan konstan (akhir).
- Rumus (1) di atas hanya berlaku jika bola jatuh lebih kecil dari ukuran tabung (paling tidak $1/10$) dari diameter tabung.
- Suhu harus konstan, khususnya untuk jenis-jenis minyak.

Berikut ini adalah Gambar 2.1 yang menampilkan gambar viskosimeter dengan metode bola jatuh :



Gambar 2.1: Viskosimeter metode bola jatuh

Sumber:

<https://docplayer.info/73569663-Modul-ii-viskositas-pada-modul-ini-akan-dijelaskan-pendahuluan-tinjauan-pustaka-metodologi-praktikum-dan-lembar-kerja-praktikum.html>

2.2. Arduino

Arduino menyatakan perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan untuk mengontrol sejumlah perangkat elektronik seperti sensor suhu, penampil *LCD*, dan motor. *Arduino Integrated Development Equipment (Arduino IDE)* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mengembangkan program dan memungkinkan program diunggah ke papan *arduino*. Program adalah kumpulan instruksi yang ditujukan untuk mengendalikan komputer. Papan *arduino* merupakan elektronis yang berisi mikrokontroler berbasis *ATMega*, sedangkan mikrokontroler adalah sebuah keping (*integrated circuit*) yang mengandung prosesor alias sang pemroses dan sekaligus memori yang berguna untuk menyimpan data. (Kadir, 2016)

Berikut ini adalah Gambar 2.2 yang memperlihatkan contoh bentuk fisik sebuah mikrokontroler:

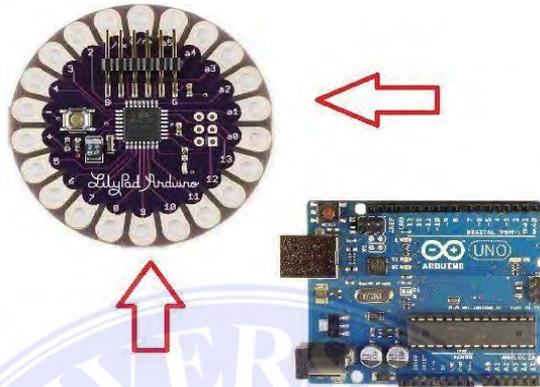


Gambar 2.2: Mikrokontroler ATMega 328

Sumber: <https://lapakrobotika.com/atmega-328A>

Papan *arduino* sendiri ada beragam ukuran. Sebagai contoh, *Arduino Uno* berukuran sebesar kartu kredit, sedangkan *LilyPad* berbentuk lingkaran berdiameter sekitar 5,5 cm. Gambar 2.3 menunjukkan contoh *Arduino Uno* dan *LilyPad*. Berdasarkan informasi di halaman web *S4A.cat*, *Arduino Uno*

merupakan jenis *arduino* yang telah diuji dapat bekerja dengan *Scratch for Arduino*. (Kadir, 2016)



Gambar 2.3: Arduino Uno dan LilyPad

Sumber: <https://fr.pinterest.com/explore/arduino-lilypad/>

Papan *Arduino* mengandung empat *LED* yang masing-masing diberi kode *L*, *TX*, *RX*, dan *ON*. Gambar 2.4 menunjukkan keempat tombol tersebut. Peran setiap *LED* adalah seperti berikut:

1. *L*: *LED* ini terhubung ke pin bernomor 13
2. *TX*: *LED* ini menandakan terdapat pengiriman data dari *Arduino*
3. *RX*: *LED* ini menandakan terdapat penerimaan data
4. *ON*: *LED* ini menyala sekiranya *Arduino* mendapatkan pasokan listrik

(Kadir, 2016)



Gambar 2.4: Led-led di Arduino

Sumber: <https://arduino-info.wikispaces.com/GettingStarted-Software>

Arduino Uno mengandung 13 pin digital dan 6 pin analog. Pin digital berarti pin-pin yang mempunyai nilai digital, yang berarti kemungkinannya hanya ada dua buah, yaitu 1 atau 0. Pin analog adalah pin yang nilainya sangat bervariasi, yaitu berupa bilangan bulat antara 0 dan 1023. Seringkali kita menggunakan pin digital, tetapi kadang-kadang kita memerlukan pin analog.

Di *arduino*, nilai digital 0 menyatakan 0 volt (0V) dan nilai digital 1 menyatakan nilai 5 volt (5V). Nilai analog menyatakan nilai yang identik dengan tegangan yang berkisar antara 0V dan 5V. (Kadir, 2016)

Berikut ini adalah Tabel 2.1 yang menampilkan *Index Board Arduino*:

Tabel 2.1: Index Board Arduino Uno

a. Mikrokontroler	ATmega328
b. Tegangan Operasi	5V
c. Tegangan <i>Input</i> (disarankan)	7-12V
d. Batas Tegangan <i>Input</i>	6-20V
e. pin Digital I/O	14 pin
f. Pin Analog <i>Input</i>	6 pin
g. Arus DC per I/O pin	40 mA
h. Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
i. Flash Memory	32 KB
j. SRAM	2 KB
k. EEPROM	1 KB
l. <i>Clock</i>	16 MHz

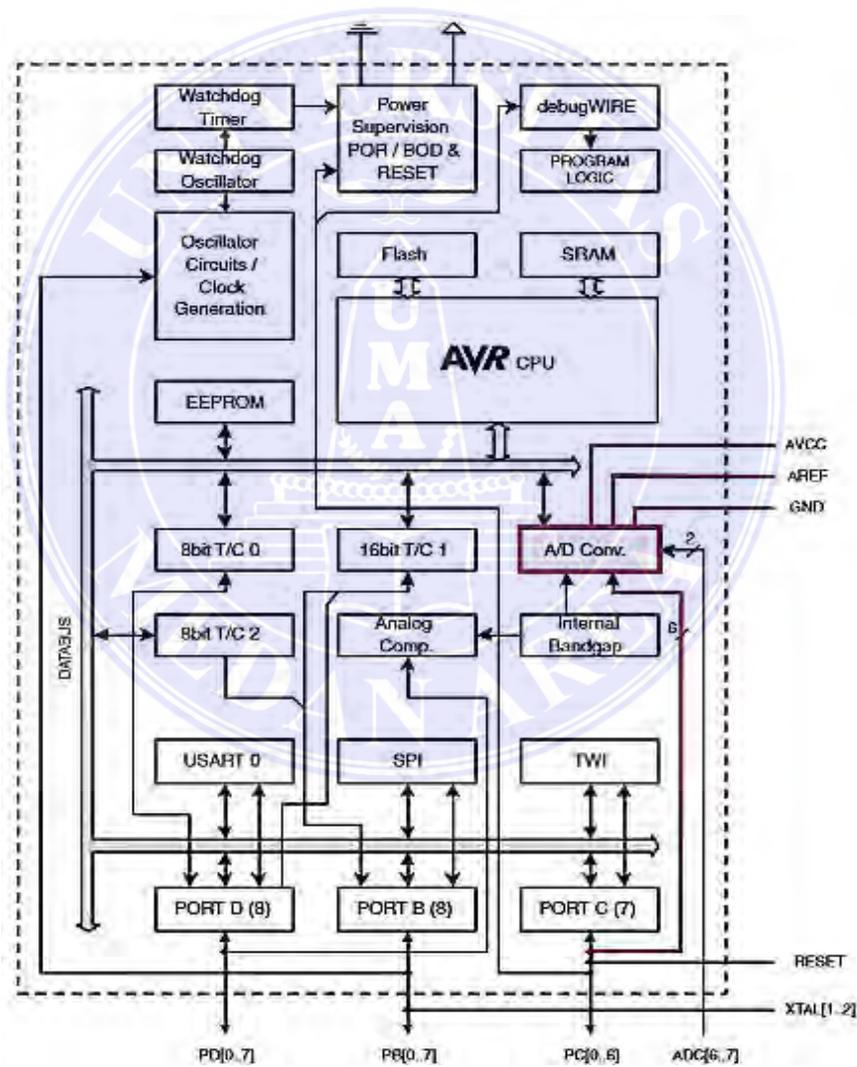
Sumber: <http://widuri.raharja.info/index.php/SI1233472982>

2.3. Arsitektur Mikrokontroler *ATMega*

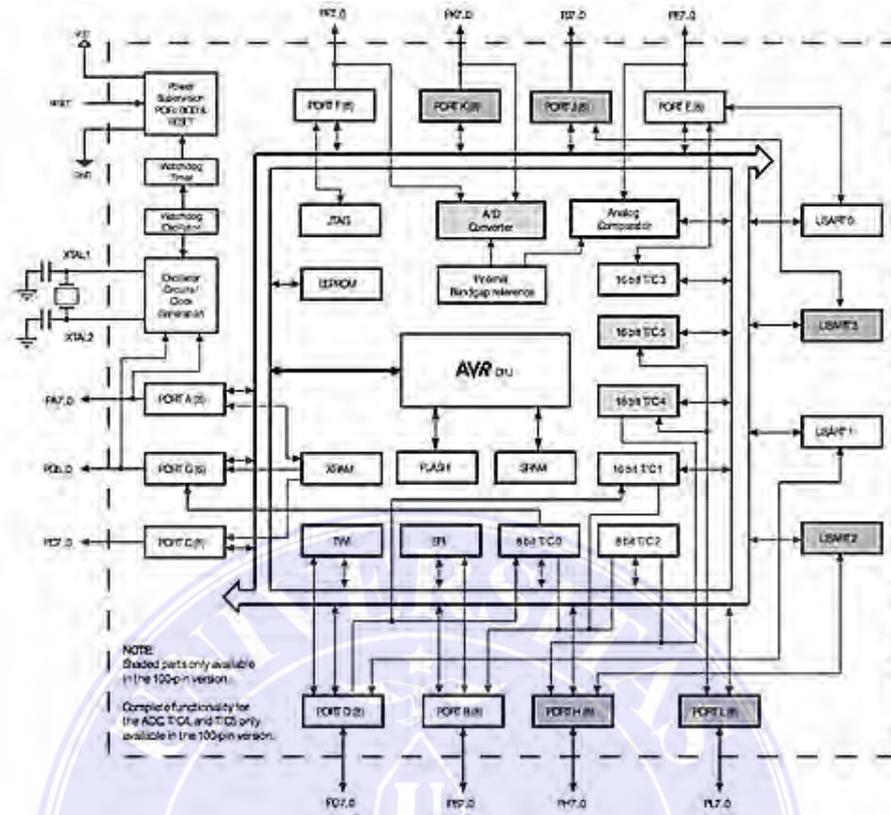
Seluruh mikrokontroler yang diimplementasikan pada produk *arduino* menggunakan *ATMega* keluarga *AVR*. Salah satunya seri *ATMega 328* (Gambar 2.5a) dengan sejumlah fitur diantaranya *ON-Chip System Debug*, 5 ragam tidur (*Mode Sleep*), 6 saluran *ADC* yang mendukung reduksi derau, ragam hemat daya (*Power-save Mode, Power-down*), dan ragam siaga (*Standby Mode*). (Istiyanto, 2014)

Mikrokontroler *ATMega 328* paling umumnya digunakan pada *board arduino* seperti *UNO, Duemilanove, Nano*, dan lain-lain. Sedangkan *ATMega 1280* (Gambar 2.5b) dipakai pada tipe *Arduino Mega*, baik *ATMega 328* maupun

ATMega 1280, keduanya menggunakan kristal 16 MHz sebagai pembangkit *clock*. Keduanya juga memiliki blok memori *Flash* untuk penyimpanan instruksi program, *SRAM* untuk penyimpanan variabel data sementara, dan *EEPROM* sebagai media penyimpanan data yang tetap tersimpan meskipun mikrokontroler dalam kondisi tidak dicatu. Fitur mikrokontroler *AVR* seri lainnya, seperti *ATMega 168* atau *2560* tidak jauh berbeda dengan 328 atau 1280, kecuali pada ukuran kapasitas blok memori *EEPROM*, *Flash*, dan *SRAM*. (Istiyanto, 2014)



(a)



(b)

Gambar 2.5:
Blok diagram mikrokontroler (a) ATMega 328 dan (b) ATMega 1280

Sumber:

<https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/understanding-arduino-uno-hardware-design/>
<http://readingrat.net/arduino-mega-2560-circuit-diagram/arduino-mega-2560-circuit-diagram-the-wiring-diagram/>

2.4. Definisi Program

Menurut Kadir dan Heriyanto (2005:2) mengemukakan bahwa “suatu program ditulis dengan menguti kaidah bahasa pemrograman tertentu. Bahasa pemrograman dapat dianalogikan dengan bahasa yang digunakan manusia (bahasa manusia)”.

Sebagaimana diketahui, ada bermacam-macam bahasa manusia, seperti bahasa Inggris, bahasa Indonesia, ataupun bahasa Batak. Kumpulan instruksi dalam bahasa manusia yang berupa sejumlah kalimat dapat anda analogikan

dengan suatu program. Manusia dapat mengerjakan suatu intruksi berdasarkan kalimat-kalimat dan komputer dapat menjalankan suatu instruksi program.

Dalam konteks pemrograman, terdapat sejumlah bahasa pemrograman, seperti *Pascal*, *C*, *C++*, dan *BASIC*. Secara garis besar, bahasa-bahasa pemrograman dapat dikelompokkan menjadi :

1. Bahasa beraras-tinggi (*high-level language*)
2. Bahasa beraras-rendah (*low-level language*)

Bahasa beraras tinggi adalah bahasa pemrograman yang berorientasi kepada bahasa manusia. Program dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman yang mudah dipahami oleh manusia, biasanya menggunakan kata-kata bahasa Inggris; misalnya *IF* untuk menyatakan “jika” dan *AND* untuk menyatakan “dan”. Yang termasuk dalam kelompok bahasa ini adalah bahasa *C*, *C++*, *Pascal* dan *BASIC*.

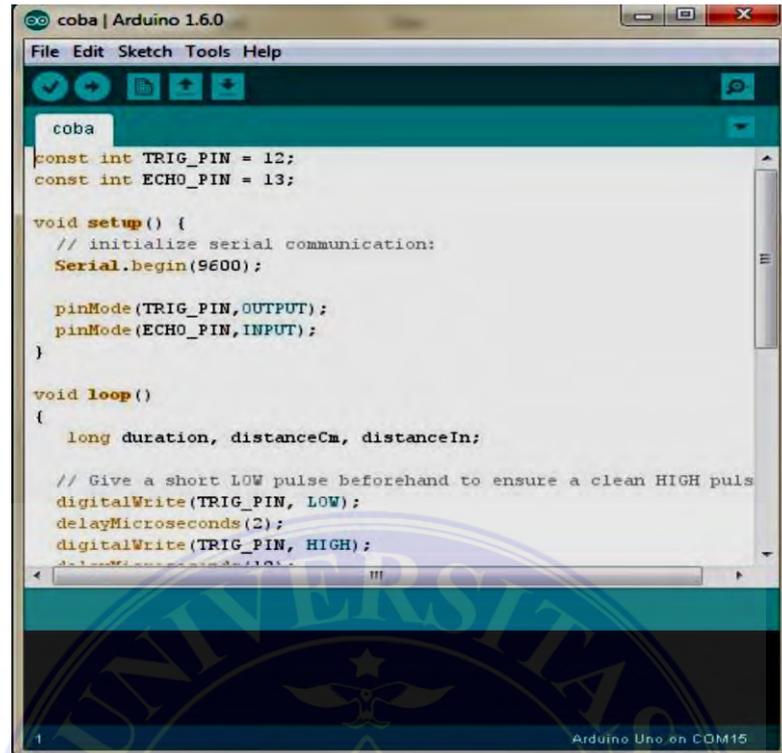
Bahasa beraras rendah adalah bahasa pemrograman yang berorientasi kepada mesin. Bahasa ini menggunakan kode biner (yang hanya mengenal kode 0 dan 1) atau suatu kode sederhana untuk menggantikan kode-kode tertentu dalam sistem biner. Yang tergolong dalam kelompok bahasa ini adalah bahasa mesin dan bahasa rakitan. Bahasa-bahasa itu ini sangat sulit untuk dipahami oleh orang awam dan sangat membosankan bagi pemrogram yang sudah terbiasa dengan bahasa beraras tinggi. Pemrogram harus benar-benar menguasai operasi komputer secara teknis. Namun bahasa generasi ini memberikan eksekusi program yang sangat cepat. Selain itu bahasa mesin sangat bergantung pada mesin (*machine dependent*); artinya, bahasa mesin antara satu mesin dengan mesin yang lain jauh berbeda.

2.5. Software Arduino IDE

IDE (Integrated Development Environment) adalah sebuah program spesial yang berjalan di komputer yang mengizinkan user menulis *sketch* untuk *board arduino* dalam bentuk bahasa pemrograman yang mudah menggunakan Bahasa *Processing*. *Software Arduino* ini dapat diinstal di berbagai *OS (operating system)* seperti: *LINUX, Mac OS, Windows*. *Software Arduino IDE* terdiri dari 3 bagian yaitu :

1. *Editor* program, untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*. *Listing* program *arduino* disebut *sketch*.
2. *Compiler*, modul yang berfungsi mengubah bahasa *Processing* ke dalam kode biner, karena kode biner adalah satu-satunya bahasa program yang dipahami oleh mikrokontroler.
3. *Uploader*, modul yang berfungsi memasukkan kode biner ke dalam memori mikrokontroler. (Feri, 2011)

Gambar 2.6 di bawah ini adalah tampilan *Arduino IDE*:



Gambar 2.6: Tampilan *Arduino IDE Versi 1.6.4*

Sumber: <https://learn.adafruit.com/add-boards-arduino-v164/overview>

2.6. Bahasa Pemrograman *Arduino*

Arduino board merupakan perangkat yang berbasis mikrokontroler. Perangkat lunak (*software*) merupakan komponen yang membuat sebuah mikrokontroler dapat bekerja. *Arduino board* akan bekerja sesuai dengan perintah yang ada dalam perangkat lunak yang ditanamkan padanya. Bahasa Pemrograman *Arduino* adalah bahasa pemrograman utama yang digunakan untuk membuat program untuk *arduino board*. Bahasa pemrograman *arduino* menggunakan bahasa pemrograman C sebagai dasarnya.

Karena menggunakan bahasa pemrograman C sebagai dasarnya, bahasa pemrograman *arduino* memiliki banyak sekali kemiripan, walaupun beberapa hal telah berubah.

2.6.1. Struktur

Setiap program dalam *arduino board* terdiri dari dua fungsi utama yaitu *setup()* dan *loop()*. Instruksi yang berada dalam fungsi *setup()* dieksekusi hanya sekali, yaitu ketika *arduino board* pertama kali dihidupkan. Biasanya instuksi yang berada pada fungsi *setup()* merupakan konfigurasi dan inisialisasi dari *arduino board*. Instruksi yang berada pada fungsi *loop()* dieksekusi berulang-ulang hingga *arduino board* dimatikan (catu daya diputus). Fungsi *loop()* merupakan tugas utama dari *arduino board*. Jadi setiap program yang menggunakan bahasa pemrograman *arduino* memiliki struktur sebagai berikut:

```
void setup()
{
  // perintah-perintah untuk konfigurasi dan inisialisasi arduino board
}

void loop()
{
  //perintah-perintah utama arduino board
}
```

Program di atas dapat dianalogikan dalam bahasa C sebagai berikut:

```
void setup(void); // prototipe fungsi setup
void loop(void); // prototipe fungsi loop
int main(void) {
  setup(); //
  while(1) {
    loop(); // ulangi terus menerus
  }
  return 0; //bagian ini tidak akan pernah dieksekusi
}
```

2.6.2. Konstanta

Konstanta adalah *variable* yang sudah ditetapkan sebelumnya dalam bahasa pemrograman *arduino*. Konstanta digunakan agar program lebih mudah

untuk dibaca dan dimengerti. Konstanta dibagi menjadi 3 kelompok yaitu:

1. Konstanta yang digunakan untuk menunjukkan tingkat logika (konstanta Boolean), yaitu *true* dan *false*
2. Konstanta untuk menunjukkan keadaan pin, yaitu *HIGH* dan *LOW*
3. Konstanta untuk menunjukkan fungsi pin, yaitu *INPUT*, *INPUT_PULLUP* dan *OUTPUT*

Konstanta yang digunakan untuk menunjukkan benar atau salah dalam bahasa pemrograman *arduino* adalah *true* dan *false*. *False* lebih mudah didefinisikan daripada *true*. *False* didefinisikan sebagai 0(nol). *True* sering didefinisikan sebagai 1(satu), yang mana hal ini benar, tetapi *true* memiliki definisi yang lebih luas. Setiap integer yang bukan nol adalah *true* dalam pengertian Boolean. Jadi -2, 3 dan -100 semuanya didefinisikan sebagai *true*, juga dalam pengertian Boolean. Tidak seperti konstanta yang lain *true* dan *false* diketik dengan menggunakan huruf kecil.

Ketika membaca atau menulis ke sebuah pin digital, terdapat hanya dua nilai yang dapat diberikan atau diterima, yaitu *HIGH* dan *LOW*. *HIGH* memiliki arti yang berbeda tergantung apakah sebuah pin dikonfigurasi menjadi masukan atau keluaran. Ketika pin dikonfigurasi sebagai masukan dengan fungsi *pinMode()*, lalu kemudian dibaca dengan fungsi *digitalRead()*, mikrokontroler akan melaporkan nilai *HIGH* jika tegangan yang ada pada pin tersebut berada pada tegangan 3 volt atau lebih.

Ketika sebuah pin dikonfigurasi sebagai masukan, dan kemudian dibuat bernilai *HIGH* dengan fungsi *digitalWrite()*, maka resistor *pull-up* internal dari *chip* ATmega akan aktif, yang akan membawa pin masukan ke nilai *HIGH*

kecuali pin tersebut ditarik (*pull-down*) ke nilai *LOW* oleh sirkuit dari luar.

Ketika pin dikonfigurasi sebagai keluaran dengan fungsi *pinMode()*, dan diset ke nilai *HIGH* dengan fungsi *digitalWrite()*, maka pin berada pada tegangan 5 volt. Dalam keadaan ini, pin tersebut dapat memberikan arus, sebagai contoh, untuk menhidupkan *LED* yang terhubung seri dengan resistor dan *ground*, atau pin lain yang dikonfigurasi sebagai keluaran dan diberi nilai *LOW*.

Sama seperti *HIGH*, *LOW* juga memiliki arti yang berbeda bergantung pada konfigurasi pin. Ketika pin dikonfigurasi sebagai masukan, maka mikrokontroler akan melaporkan nilai *LOW* jika tegangan yang terdapat pada pin berada pada tegangan 2 volt atau kurang. Ketika pin dikonfigurasi sebagai keluaran dan diberi nilai *LOW* maka pin berada pada tegangan 0 volt.

Setiap pin pada *arduino* dapat dikonfigurasi sebagai masukan, masukan dengan resistor *pull-up* atau keluaran. Untuk mengkonfigurasi fungsi pin pada *arduino* digunakan konstanta *INPUT*, *INPUT_PULLUP* dan *OUTPUT*. Pin *arduino* yang dikonfigurasi sebagai masukan dengan fungsi *pinMode()* dikatakan berada dalam kondisi berimpedansi tinggi. Pin yang dikonfigurasi sebagai masukan memiliki permintaan yang sangat kecil kepada sirkuit yang di-sampling-nya, setara dengan sebuah resistor 100 Megaohm dipasang seri dengan pin tersebut. Hal ini membuat pin tersebut berguna untuk membaca sensor, tetapi tidak untuk menhidupkan sebuah *LED*.

Chip ATmega pada *arduino* memiliki resistor *pull-up* internal (resistor yang terhubung ke sumber tegangan secara internal) yang dapat digunakan. Untuk menggunakan resistor *pull-up* internal ini kita menggunakan konstanta *INPUT_PULLUP* pada fungsi *pinMode()*.

Pin yang dikonfigurasi menjadi sebuah keluaran dikatakan berada dalam kondisi berimpedansi rendah. Hal ini berarti pin tersebut dapat menyediakan sejumlah besar arus ke sirkuit yang lain. Pin pada *ATmega* mampu menyediakan arus hingga 40 mA.

2.6.3. Fungsi Masukan dan Keluaran Digital

Arduino memiliki 3 fungsi untuk masukan dan keluaran digital pada arduino board, yaitu *pinMode()*, *digitalWrite()* dan *digitalRead()*.

Fungsi *pinMode()* mengkonfigurasi pin tertentu untuk berfungsi sebagai masukan atau keluaran. Sintaksis untuk fungsi *pinMode()* adalah sebagai berikut:

pinMode(pin, mode)

Parameter: pin = angka dari pin digital yang akan dikonfigurasi

mode = konfigurasi yang diinginkan (INPUT, INPUT_PULLUP dan OUTPUT).

Fungsi *digitalWrite()* berfungsi untuk memberikan nilai *HIGH* atau *LOW* suatu digital pin. Sintaksis untuk fungsi *digitalWrite()* adalah sebagai berikut:

digitalWrite(pin, value)

Parameter: pin = angka dari pin digital yang akan dikonfigurasi value = nilai yang diinginkan (HIGH atau LOW).

Fungsi *digitalRead()* bertujuan untuk membaca nilai yang ada pada pin *arduino uno*. Sintaksis untuk fungsi *digitalRead()* adalah sebagai berikut:

digitalRead(pin)

Parameter: pin = angka dari pin digital yang akan dibaca

Berikut ini adalah contoh penggunaan fungsi masukan dan keluaran digital dalam sebuah program:

```
int ledPin = 13; // LED terhubung ke pin digital 13
int inPin = 7;  // pushbutton terhubung ke pin digital 7
int val = 0;    // variable untuk menyimpan sebuah nilai

void setup()
{
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // set pin digital 13 sebagai keluaran
  pinMode(inPin, INPUT);  // set pin digital 13 sebagai masukan
}

void loop()
{
  val = digitalRead(inPin); // baca nilai pin input
  digitalWrite(ledPin, val); // sets LED sesuai dengan nilai val
}
```

2.7. Proximity Sensor

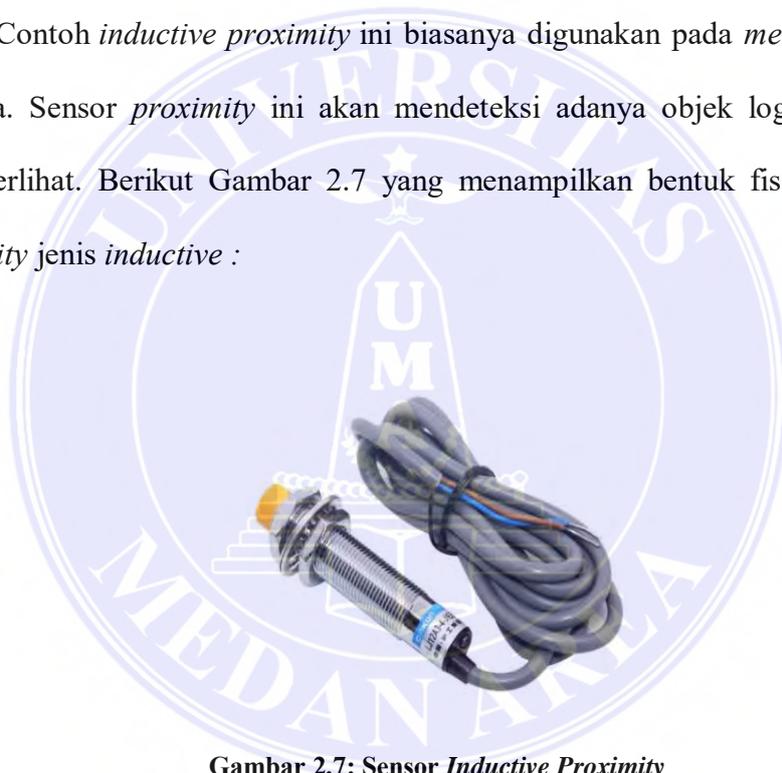
Menurut (Suleman, 2014) "Sensor merupakan transduser yang berfungsi untuk mengolah variasi gerak, panas, cahaya atau sinar, magnetis, dan kimia menjadi tegangan serta arus listrik".

Proximity sensor adalah alat pendeteksi yang bekerja berdasarkan jarak objek terhadap sensor. Karakteristik dari sensor ini adalah mendeteksi obyek benda dengan jarak yang cukup dekat. *Proximity* sensor ini mempunyai tegangan kerja antara 10-30 Vdc dan ada juga yang menggunakan tegangan 100-200VAC. Hampir di setiap mesin-mesin produksi sekarang ini menggunakan sensor jenis ini, sebab selain praktis sensor ini termasuk sensor yang tahan terhadap benturan ataupun guncangan, selain itu mudah pada saat melakukan perawatan ataupun perbaikan penggantian. Ada tiga jenis sensor *proximity* yaitu :

1. *Inductive Proximity*

Inductive proximity berfungsi untuk mendeteksi objek logam. Prinsip kerja dari *inductive proximity* adalah apabila ada tegangan sumber maka osilator yang ada pada *proximity* akan membangkitkan medan magnet dengan frekuensi tinggi. Jika sebuah benda logam di dekatkan pada permukaan sensor maka medan magnet akan berubah.

Perubahan pada osilator ini akan dideteksi sensor sebagai sinyal adanya objek. Contoh *inductive proximity* ini biasanya digunakan pada *metal detector* di bandara. Sensor *proximity* ini akan mendeteksi adanya objek logam walaupun tidak terlihat. Berikut Gambar 2.7 yang menampilkan bentuk fisik dari sensor *proximity* jenis *inductive* :



Gambar 2.7: Sensor *Inductive Proximity*

2. *Capacitive Proximity*

Sensor *capacitive proximity* mampu mendeteksi objek logam maupun non logam. Prinsip kerja dari *proximity capacitive* adalah dengan cara mengukur perubahan kapasitansi medan listrik sebuah kapasitor yang disebabkan oleh sebuah objek yang mendekatinya. *Capacitive proximity* ini biasanya digunakan pada bumper mobil atau bagian mobil yang lainnya. Manfaat sederhananya adalah

untuk memudahkan mobil parkir, karena sensor ini akan bekerja apabila mendekteksi benda-benda pada jarak tertentu sehingga mobil tidak akan menabrak benda tersebut. Berikut Gambar 2.8 yang menampilkan bentuk fisik dari sensor *proximity* jenis *capacitive* :



Gambar 2.8: Sensor *Capacitive Proximity*

Sumber: <https://www.amazon.com/Autonics-CR18-8AC-Capacitive-Proximity-Sensor/dp/B00DKF3874>

3. Sensor *Proximity* Optik

Sensor ini mendeteksi adanya objek dengan cahaya biasanya adalah *infra red*. *Proximity* optik ini terdiri dari sebuah cahaya dan penerima (*receptor*) yang mendeteksi sebuah benda dengan refleksi. Jika benda dalam jarak yang sensitif atau benda mengenai cahaya dari sensor, maka cahaya akan memantul kembali ke penerima dan mengindikasikan bahwa terdapat sebuah benda yang tertangkap sensor.

Kelemahan sensor *proximity* optik ini adalah dalam penggunaannya terkadang lensa kotor, cahaya kabur, permukaan refleksi yang buruk dan orientasi objek yang salah. *Proximity* optik ini biasanya digunakan pada teknologi ponsel layar sentuh. Karena ketika menerima telpon telinga akan menjadi objek yang menghalangi pancaran sinar *infra red*, maka sinar *infra red* akan dipantulkan

kembali dan mengindikasikan bahwa ada objek didepannya. Hasilnya adalah layar ponsel akan terkunci agar layar tidak acak ketika bersentuhan dengan telinga. Berikut Gambar 2.9 yang menampilkan bentuk fisik dari sensor *proximity* jenis optik :



Gambar 2.9: Sensor *Proximity* Optik

Sumber: <https://id.aliexpress.com/item/32951354063.html>

2.7.1. *LJ12A3-4-Z/Bx Inductive Metal Proximity Sensor*

Adapun sensor yang digunakan dalam rancangan alat penelitian ini adalah sensor *inductive proximity* dengan kode *LJ12A3-4-Z/BX*. Berikut spesifikasi dari sensor:

Spesifikasi:

Part number: LJ12A3-4-Z/BX

Operating Voltage: DC 6-36V

Output current: 300mA

3 Wire

Polarity: NPN

Dimention: M12 x 10 x 60mm

Detection Distance: 4 mm

Output Status: Normally Open

Detection objects: Conductor (metal object)

Cable length around 1m

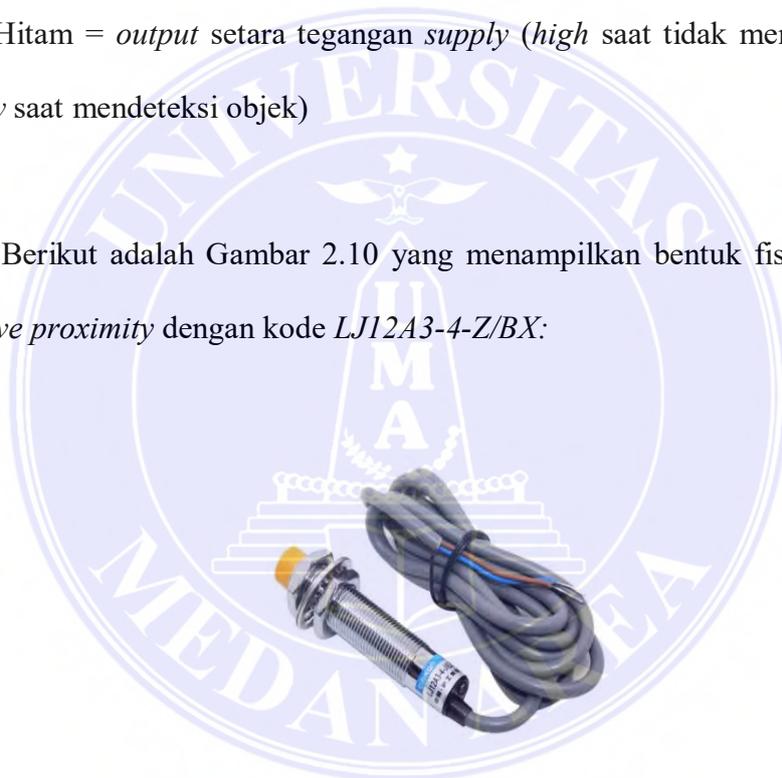
Pinout Kabel:

Kabel Biru = *GND*

Kabel Coklat = *Supply 6V s/d 36VDC*

Kabel Hitam = *output setara tegangan supply (high saat tidak mendeteksi objek dan low saat mendeteksi objek)*

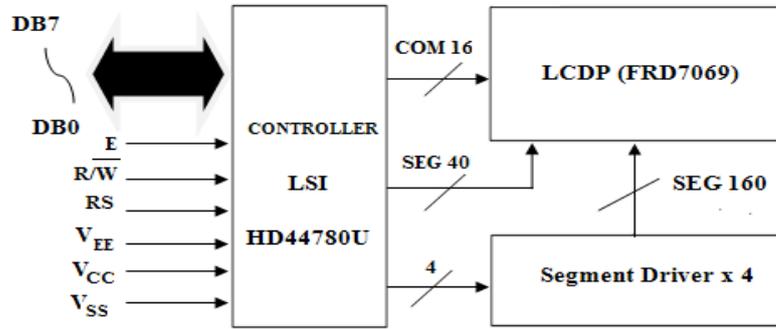
Berikut adalah Gambar 2.10 yang menampilkan bentuk fisik dari sensor *inductive proximity* dengan kode *LJ12A3-4-Z/BX*:



Gambar 2.10: *inductive proximity* dengan kode *LJ12A3-4-Z/BX*

2.8. LCD

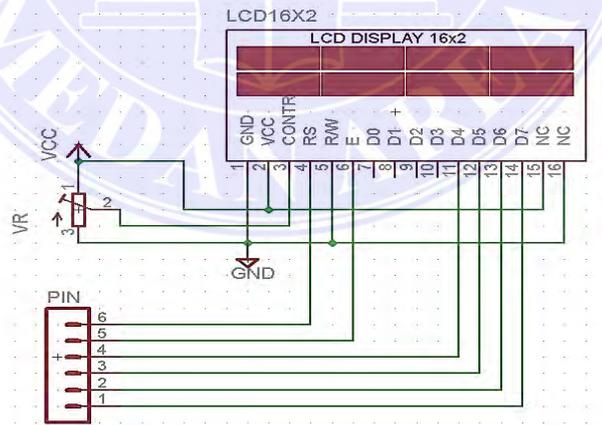
LCD adalah suatu *display LCD* adalah suatu display dari bahan cairan Kristal yang pengoperasiannya menggunakan system dot matriks, *LCD* banyak digunakan sebagai *display* dari alat-alat elektronik seperti kalkulator, *multitester* digital, jam digital dan sebagainya. (Supriyadi, 2014)



Gambar 2.11: Blok diagram LCD

Sumber: http://exploreembedded.com/wiki/LCD_16_x_2_Basics

LCD dapat digunakan dengan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler AVR ATMega 8535. LCD yang digunakan dalam percobaan adalah LCD 2 x 16, lebar display 2 baris 16 kolom, yang mempunyai 16 pin konektor yang didefinisikan sebagai berikut:



Gambar 2.12: Konfigurasi pin pada LCD

Sumber: <http://www.bagusprehan.com/2013/12/konfigurasi-pin-lcd-16x2.html>

2.9. Motor Servo

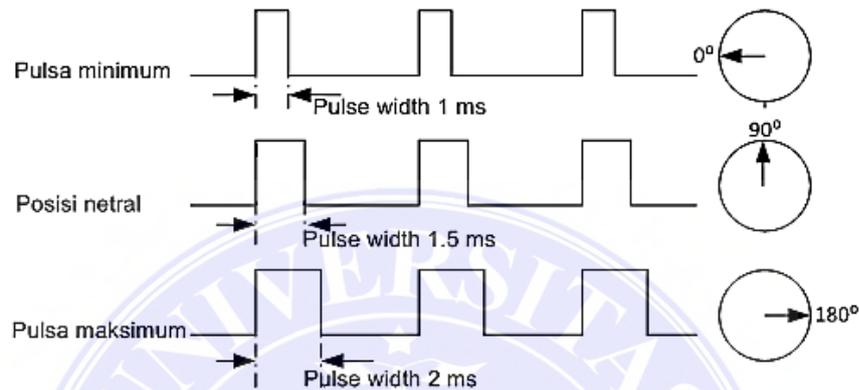
Motor *servo* adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik *loop* tertutup (*servo*), sehingga dapat di *set-up* atau diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros *output* motor. Motor *servo* merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor *servo*, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor *servo*.

Penggunaan sistem kontrol *loop* tertutup pada motor *servo* berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor *servo*. Penjelasan sederhananya begini, posisi poros *output* akan di sensor untuk mengetahui posisi poros sudah tepat seperti yang di inginkan atau belum, dan jika belum, maka kontrol input akan mengirim sinyal kendali untuk membuat posisi poros tersebut tepat pada posisi yang diinginkan.

2.9.1. Prinsip Kerja Motor Servo

Motor *servo* dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (*Pulse Wide Modulation/ PWM*) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor *servo*. Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros motor *servo* ke posisi sudut 90^0 . Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi 0^0 atau ke kiri (berlawanan

dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor *servo* akan berputar ke arah posisi 180° atau ke kanan (searah jarum jam). Lebih jelasnya perhatikan gambar di bawah ini.



Gambar 2.13: Prinsip kerja motor *servo*

Ketika lebar pulsa kendali telah diberikan, maka poros motor *servo* akan bergerak atau berputar ke posisi yang telah diperintahkan, dan berhenti pada posisi tersebut dan akan tetap bertahan pada posisi tersebut. Jika ada kekuatan eksternal yang mencoba memutar atau mengubah posisi tersebut, maka motor *servo* akan mencoba menahan atau melawan dengan besarnya kekuatan torsi yang dimilikinya (rating torsi *servo*). Namun motor *servo* tidak akan mempertahankan posisinya untuk selamanya, sinyal lebar pulsa kendali harus diulang setiap 20 ms (mili detik) untuk menginstruksikan agar posisi poros motor *servo* tetap bertahan pada posisinya.



Gambar 2.14: Motor Servo

Sumber: <https://www.jsumo.com/sg90-micro-servo-motor>

2.10. Elektromagnet

Magnet pertama kali ditemukan oleh orang Yunani di sebuah tempat bernama Magnesia. Dari situlah kata magnet berasal dan secara luas digunakan. Bentuk magnet yang paling pertama ditemukan berupa magnet alam berbentuk batu. Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, magnet kini telah digunakan pada banyak alat elektronik seperti telepon, dinamo, alat ukur, dan banyak lainnya. Pada dasarnya, benda-benda yang bisa ditarik oleh magnet adalah benda yang mengandung unsur logam. Namun, tidak semua logam bisa terpengaruh daya tarik logam. Salah satu logam dengan daya tarik magnet kuat adalah besi dan baja.

Magnet dapat dibagi menjadi dua jenis berdasarkan cara membuat magnet tersebut. Pertama, magnet alam yang terbentuk secara alami melalui proses alam, misalnya magnet bumi dan batu magnesian. Kedua, magnet buatan yang cara pembuatannya dilakukan dengan sengaja.

Dalam hal ini magnet buatan memiliki beberapa bentuk yang disesuaikan dengan fungsinya. Bentuk-bentuk magnet tersebut adalah magnet batang, tabung (silinder), jarum, magnet berbentuk huruf U, dan ladam (tapal kuda). Sedangkan,

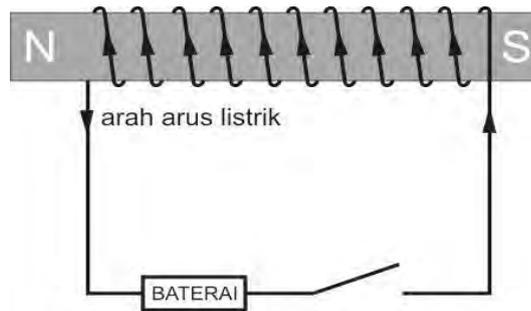
bahan yang bisa dibuat menjadi magnet adalah bahan-bahan terdiri dari atom magnet seperti baja dan besi.

2.10.1. Cara Membuat Magnet dengan Elektromagnetik

Cara membuat magnet yang pertama adalah dengan elektromagnetik. Sesuai namanya, elektromagnetik merupakan alternatif membuat magnet dengan cara aliran arus listrik. Sumber listrik yang dapat kita manfaatkan bisa berupa batu baterai segala ukuran.

Elektromagnetik membutuhkan arus listrik searah atau direct current (dc). Artinya, kita butuh dua buah batu baterai agar bisa mempraktikkan cara ini. Selain itu, mempersiapkan benda yang ingin kita ubah menjadi magnet, misalnya paku besi. Selanjutnya kita siapkan juga kabel kumparan atau kawat besi sebagai perantara aliran. Pertama, menumpuk dua batu baterai untuk dihubungkan dengan kabel kumparan. Selanjutnya ujung kabel dengan kutub positif dan negatif baterai serta melilitkan kabel pada paku besi.

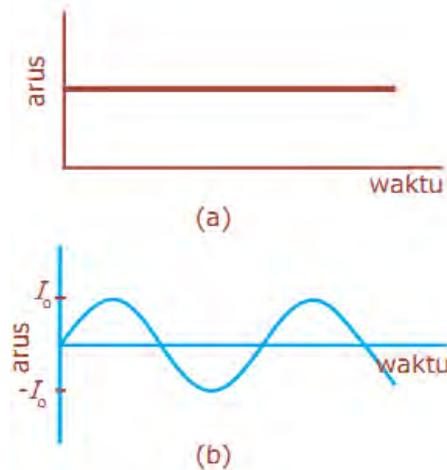
Untuk menentukan kutub utara dan selatan magnet buatan, kita bisa gunakan kaidah tangan kanan. Yaitu dengan menggenggam paku besi tadi pada posisi ibu jari dibuka, sedangkan jari lain tetap menggenggam. Dengan demikian, ibu jari menunjukkan arah kutub utara magnet. Berikut adalah Gambar 2.15 yang menampilkan bentuk rangkaian elektromagnet :



Gambar 2.15: Rangkaian Elektromagnet

2.11. Catu Daya / *Power Supply*

Catu daya (*Power Supply*) adalah sebuah perangkat yang memasok listrik energi untuk satu atau lebih beban listrik. Catu daya menjadi bagian yang penting dalam elektronika yang berfungsi sebagai sumber tenaga listrik misalnya pada baterai atau accu. Pada dasarnya *power supply* ini mempunyai konstruksi rangkaian yang hampir sama yaitu terdiri dari trafo, penyearah, dan penghalus tegangan. Istilah ini paling sering diterapkan ke perangkat yang mengubah satu bentuk energi listrik yang lain, meskipun juga dapat merujuk ke perangkat yang mengkonversi bentuk energi lain (misalnya, mekanik, kimia, solar) menjadi energi listrik. Secara umum prinsip rangkaian catu daya terdiri atas komponen utama yaitu ; transformator, dioda dan kondensator. Dalam pembuatan rangkaian catu daya selain menggunakan komponen utama juga diperlukan komponen pendukung agar rangkaian berfungsi dengan baik Ada dua sumber catu daya yaitu sumber AC dan sumber DC. Sumber AC yaitu sumber tegangan bolak – balik, sedangkan sumber tegangan DC merupakan sumber tegangan searah. Gambar 2.16 menunjukkan perbedaan antara tegangan (a) DC dan (b) AC.



Gambar 2.16: gelombang sinyal

Sumber DC yang disearahkan dari sumber AC dengan menggunakan rangkaian penyearah yang dibentuk dari dioda dan pada sumber AC tegangan berayun sewaktu-waktu pada kutub positif atau sewaktu-waktu pada kutub negatif saja. Ada tiga macam rangkaian searah yaitu penyearah setengah gelombang, gelombang penuh dan sistem jembatan. Beberapa fungsi yang masuk dalam proses pengubahan catu daya AC ke DC adalah sebagai berikut:

1) Penurun Tegangan

Komponen utama yang bisa digunakan untuk menurunkan tegangan adalah transformator. Transformator terdiri dari dua buah lilitan yaitu lilitan primer (N_1) dan lilitan sekunder (N_2) yang dililitkan pada suatu inti yang saling terisolasi atau

terpisah antara satu dengan yang lain. Besar tegangan pada lilitan primer dan lilitan sekunder ditentukan oleh jumlah lilitan yang terdapat pada bagian primer dan sekundernya. Dengan demikian transformator digunakan untuk memindahkan

daya listrik pada lilitan primer ke lilitan sekundernya tanpa adanya perubahan daya.

2) Penyearah

Penyearah digunakan untuk menyearahkan gelombang bolak-balik (AC) yang berasal dari jaringan jala-jala listrik. Pada modul ini digunakan penyearah gelombang penuh, dan untuk mendapatkannya dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan menggunakan dua buah atau empat dioda jembatan.

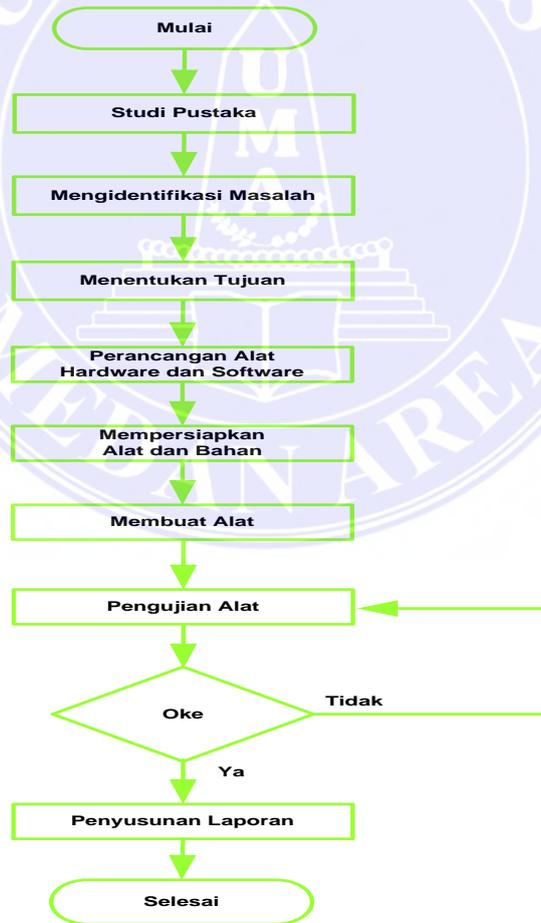


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metoda Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap untuk mempermudah dan memperjelas arah penelitian. Berikut ini adalah Gambar 3.1, yaitu *flowchart* kerangka berfikir dalam penelitian, dimana berdasarkan *flowchart* inilah sebagai tahapan-tahapan yang dilakukan oleh peneliti dalam melakukan proses penelitian rancang bangun “Viskosimeter *Fluida* Metode Bola Jatuh Bebas Pola Bolak-balik Berbasis *Arduino Uno* ini:



Gambar 3.1 : *Flowchart* kerangka berfikir

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada pembuatan *viscosimeter fluida* ini adalah :
1 set *tools mechanic*, gerinda, bor listrik, solder listrik, mistar, alat tulis.
Selanjutnya alat-alat yang digunakan pada uji kinerja alat rancangan antara lain :
multimeter, dan test-pen.

Komponen elektrik maupun mekanik yang digunakan dalam pembuatan sistem ini secara umum adalah seperti pada Tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 : Penetapan komponen (bahan)

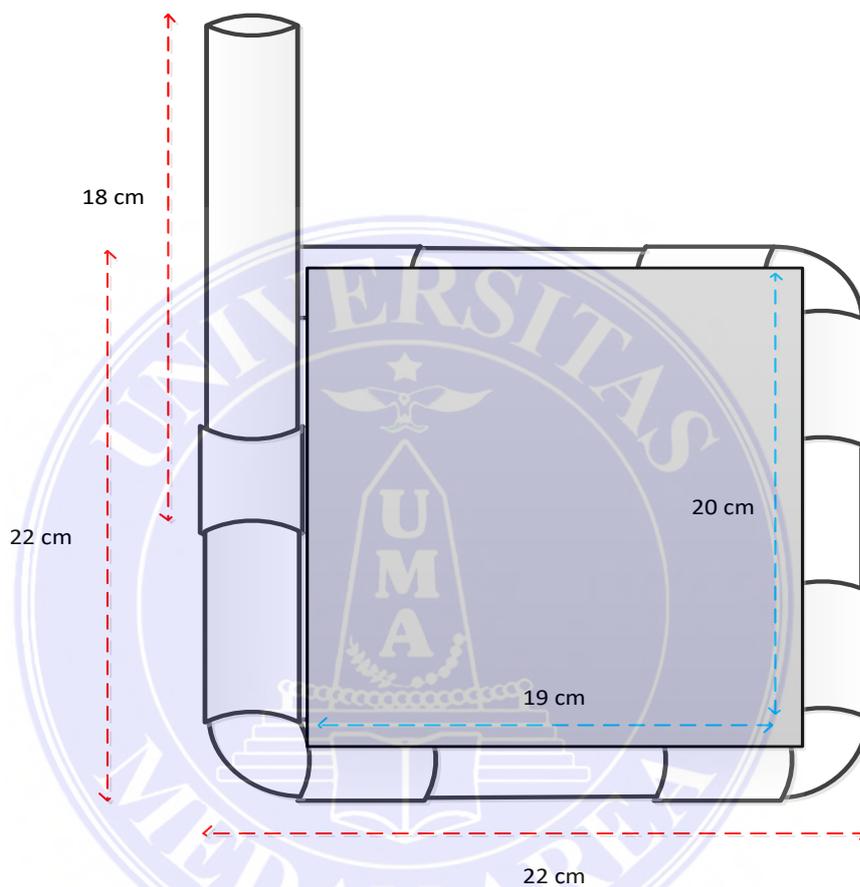
No.	Komponen	No.	Komponen
1	Arduino Uno	10	Kabel pelangi
2	LJ12A3-4-Z/Bx Inductive Metal Proximity Sensor	11	Kabel Ties
3	Tabung reaksi	13	Transistor BC547
4	Button switch	14	Fluida (minyak goreng)
5	Papan triplek	15	Sekrup
6	Spicer plastic	16	LCD 16x2
7	Pilox warna silver	17	Resistor 1 k Ω
8	AC-DC Adaptor	18	Motor servo
9	Pipa Air merek Rucika	19	Kabel USB Downloader

3.2.1. Rancangan Struktural

a. Dudukan Sistem

Berfungsi sebagai tempat peletakan setiap sistem-sistem yang dirancang. Dudukan sistem terbuat dari pipa air yang disambung satu sama lain seperti pada Gambar 3.2, dan papan triplek dengan ketebalan 9 mm diletakkan diatas pipa tersebut dan dikunci menggunakan sekrup. Untuk papan triplek tersebut dirancang dan dibuat dengan model persegi panjang dimana panjangnya 20

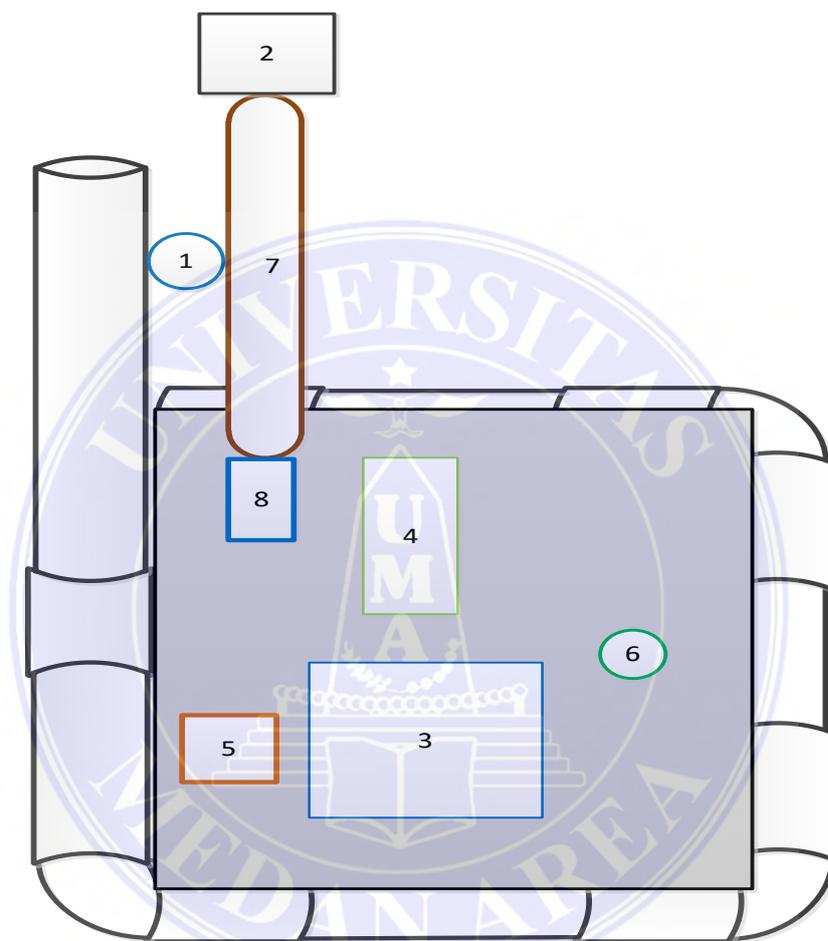
cm, lebar 19 cm. Adapun dimensi yang dibuat adalah bertujuan agar alat mudah dibawa kemana saja (*portable*). Gambar 3.2 berikut ini adalah gambar yang menampilkan rancangan bagian dudukan sistem :



Gambar 3.2 : Dudukan Sistem

b. Rancangan Tata Letak Sistem

Berikut ini adalah Gambar 3.3 yang menampilkan tata letak sistem-sistem yang akan dibuat pada penelitian ini :



Gambar 3.3 : Desain tata letak sistem

Keterangan Gambar 3.2 :

- | | |
|-----------------------|--------------------------------------|
| 1. Motor <i>Servo</i> | 5. Rangkaian <i>driver</i> |
| 2. Elektromagnet | 6. <i>Push button</i> |
| 3. <i>Arduino Uno</i> | 7. Tabung reaksi |
| 4. <i>LCD 16x2</i> | 8. Sensor <i>inductive proximity</i> |

3.2.2. Rancangan Sistem Elektrikal

Rancangan sistem elektrikal yang dimaksud adalah meliputi :

1. Rangkaian *AC-DC* Adaptor
2. Rangkaian *LCD* 16x2 dengan *Arduino Uno*
3. Rangkaian *Driver* dan Elektromagnet
4. Rangkaian Sistem Minimum *Arduino Uno*
5. Rangkaian Motor *Servo* dengan *Arduino Uno*
6. Rangkaian Sistem secara Keseluruhan

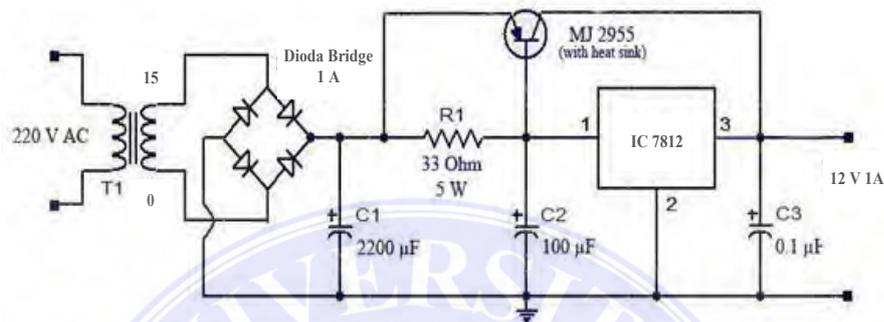
3.2.2.1. Rangkaian *AC-DC* Adaptor

AC-DC adaptor yang dirancang adalah cukup menggunakan *AC-DC* adaptor yang sudah jadi dan lebih simpel yaitu dengan membelinya di toko-toko penjual komponen elektronika, namun hal yang harus diperhatikan adalah spesifikasinya harus sesuai dengan kebutuhan sistem yang dirancang secara keseluruhan. Berikut adalah Gambar 3.4 yang memperlihatkan bentuk fisik *AC-DC* adaptor yang digunakan beserta spesifikasinya yang tertera di badan adaptor :



Gambar 3.4 : *AC-DC* adaptor

Pada Gambar 3.4 di atas yang memperlihatkan bentuk fisik *AC-DC* adaptor dapat juga dilihat skema rangkaian dalamnya seperti Gambar 3.5 di bawah ini :

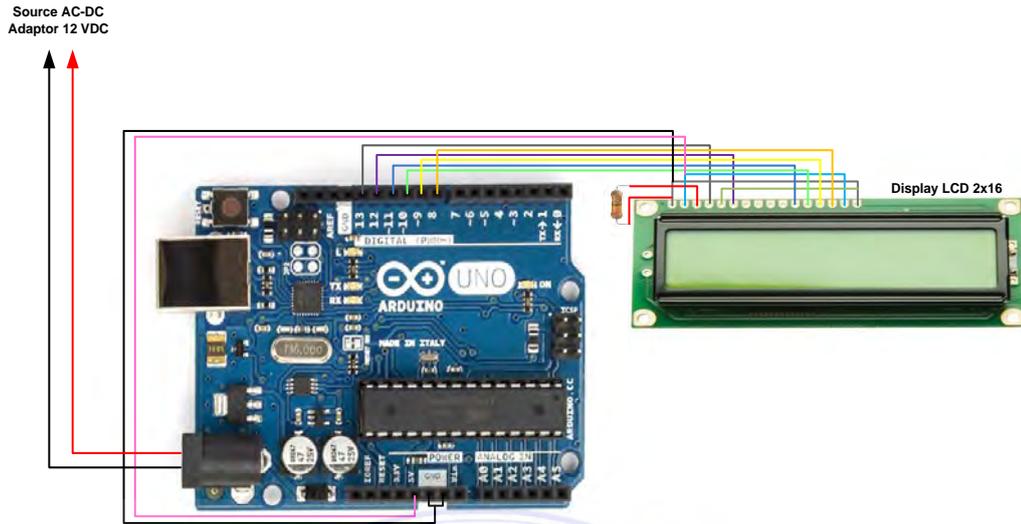


Gambar 3.5 : Skema rangkaian AC-DC adaptor

3.2.2.2. Rangkaian *LCD 16x2* dengan *Arduino Uno*

Fungsi dari rangkaian sistem ini adalah sebagai penampil data berupa informasi nilai hasil pengukuran *viscositas fluida* yang diukur dalam bentuk tulisan dan bukanlah dalam bentuk sinyal tegangan atau arus namun telah dirubah olehnya data tegangan menjadi suatu tulisan yang tertampil dilayarnya. Sedangkan tulisan yang tampil tergantung dari tulisan yang dibuat pada program yang dibuat.

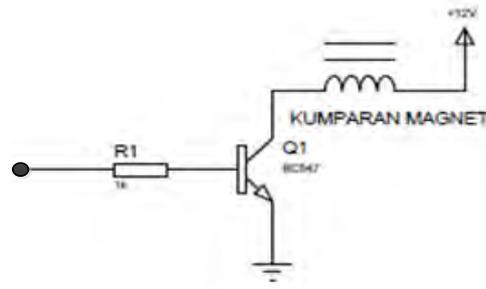
Dalam penelitian ini perlu diketahui bagaimana pola penginstalasian *LCD 16x2* terhadap pin *Arduino Uno* agar dapat bekerja sebagai fungsi *LCD* sebagai penampil data. Berikut adalah Gambar 3.6 yaitu pola penginstalasian *LCD 16x2* terhadap *Arduino Uno* :



Gambar 3.6 : Rangkaian instalasi LCD 16x2 dengan Arduino Uno

3.2.2.3. Rangkaian *Driver* dan Elektromagnet

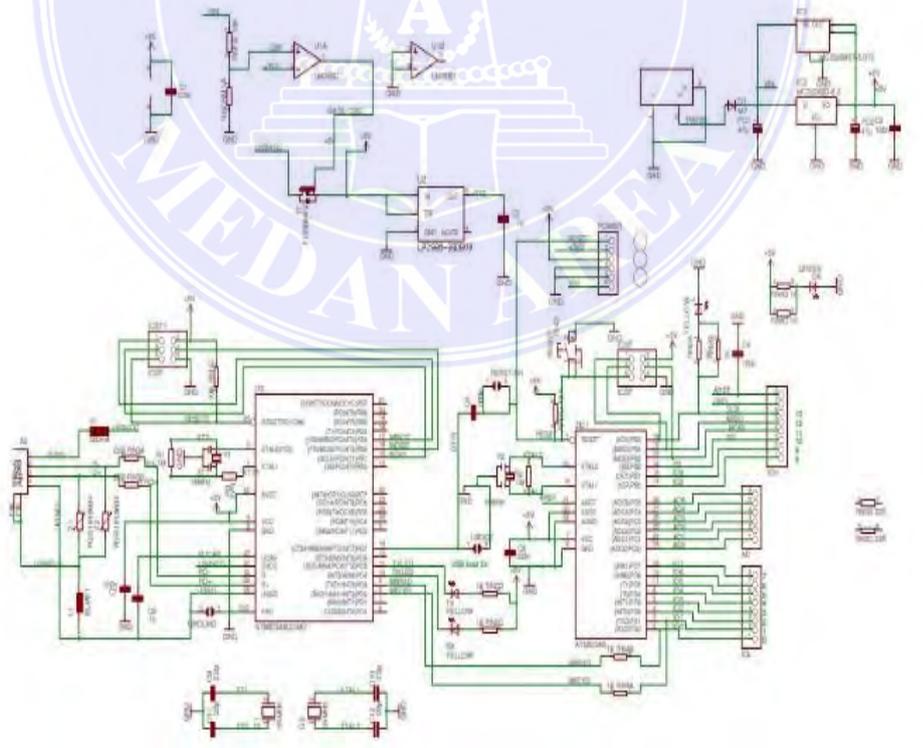
Prinsip kerja rangkaian *driver* ini adalah dengan memanfaatkan transistor sebagai penguat arus dan saklar elektronik. Jika pin Arduino yang terhubung dengan kaki basis (B) transistor BC547 mengeluarkan tegangan logika „1“ alias tegangan 5V, maka tegangan ini akan membuat transistor dalam keadaan saturasi, sehingga arus dapat mengalir dari kaki *collector* (C) ke kaki *emitor* (E) (Lihatlah Gambar 3.7 di bawah untuk konfigurasi kaki transistor BC547). Dengan demikian kumparan kawat akan mendapat tegangan positif dan negatif sehingga inti yang dililiti oleh kumparan kawat berubah menjadi magnet buatan atau yang disebut dengan elektromagnet. Selanjutnya jika *arduino* mengeluarkan tegangan logika „0“ alias tegangan 0V, maka pada kondisi ini transistor akan berada pada posisi *OFF* karena tegangan *basis-emitor* kurang dari 0,7V. Dengan demikian tidak ada arus yang mengalir dari kaki *collector* ke *emitor*, sehingga elektromagnet dalam keadaan *OFF* pula.



Gambar 3.7 : Rangkaian *Driver* dan Elektromagnet

3.2.2.4. Rangkaian Sistem Minimum *Arduino Uno*

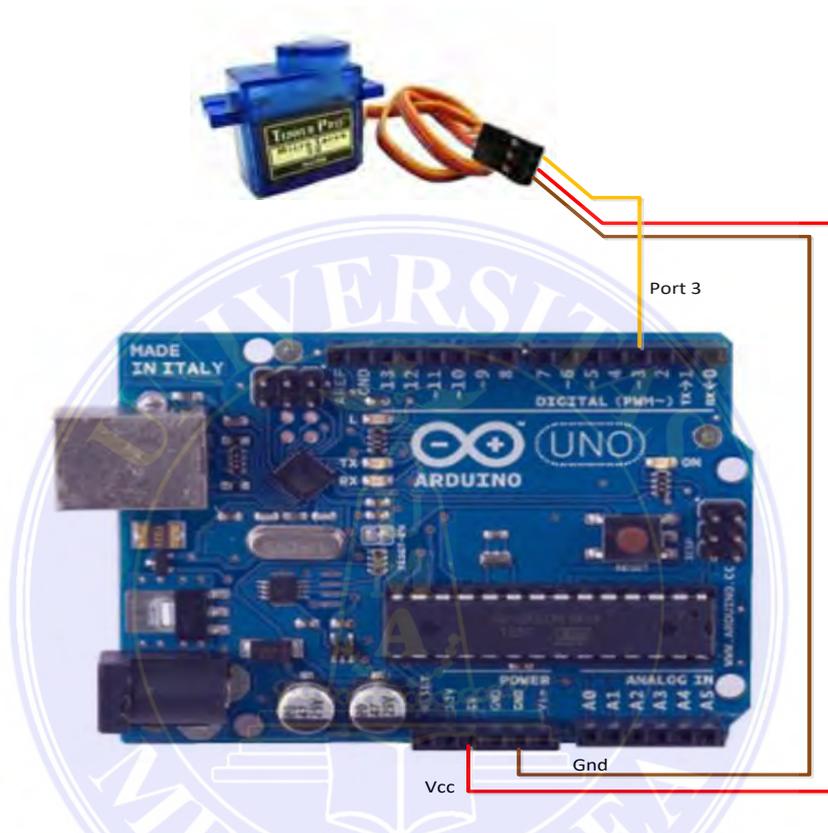
Rangkaian sistem minimum *arduino* dapat dilihat pada Gambar 3.8 di bawah ini, yaitu gambar yang menunjukkan skema rangkaian dari sistem minimum *Arduino Uno* beserta mikrokontroler *ATMega 328* :



Gambar 3.8 : Rangkaian Sistem minimum *Arduino Uno*

3.2.2.5. Motor *Servo* dengan *Arduino Uno*

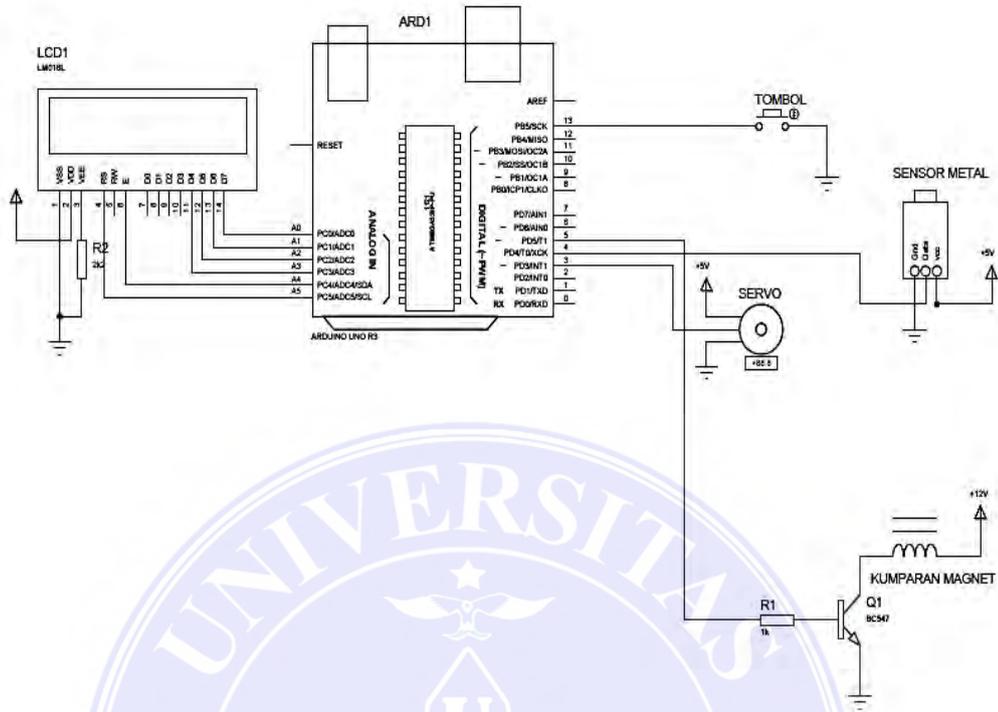
Gambar 3.9 di bawah ini adalah gambar yang menunjukkan skema rangkaian instalasi dari motor *servo* yang disambungkan terhadap pin *Arduino Uno* :



Gambar 3.9 : Rangkaian instalasi motor *servo* dengan *Arduino Uno*

3.2.2.6. Sistem secara Keseluruhan

Dalam perancangan dan pembuatan sistem secara keseluruhan berarti seluruh komponen pembentuk alat *viscosimeter fluida* akan dilakukan penggabungan seluruhnya baik dari segi mekanik maupun instalasi listriknya. Berikut adalah Gambar 3.10 yang menampilkan skema rangkaian seluruh sistem.



Gambar 3.10 : Skema rangkaian seluruh sistem

3.3. Pemrograman Mikrokontroler ATmega 328 pada Arduino

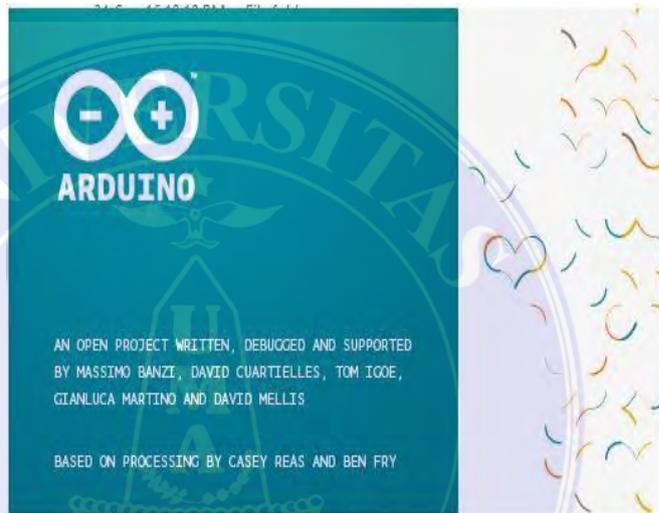
Sebelum membuat *coding* atau *programing* dari alat viskosimeter *fluida* ini ada beberapa hal yang harus diperhatikan yakni persiapan dalam memasukan program ke dalam *board Arduino-Uno* adalah sebagai berikut :

1. Merakit seluruh rangkaian pemrograman
2. Memasukkan program *bootloader* agar mikrokontroler dapat memprogram dirinya sendiri dan dapat diprogram dengan menggunakan *software arduino*.
3. Mengetik program menggunakan *software arduino* (dalam penelitian ini penulis menggunakan versi 1.8.8).

4. Melakukan pengecekan (*Verify*) program yang telah ditulis, untuk mengetahui apakah ada kesalahan dalam penulisan atau tidak.
5. Mengupload program ke *board Arduino*
6. Menjalankan program

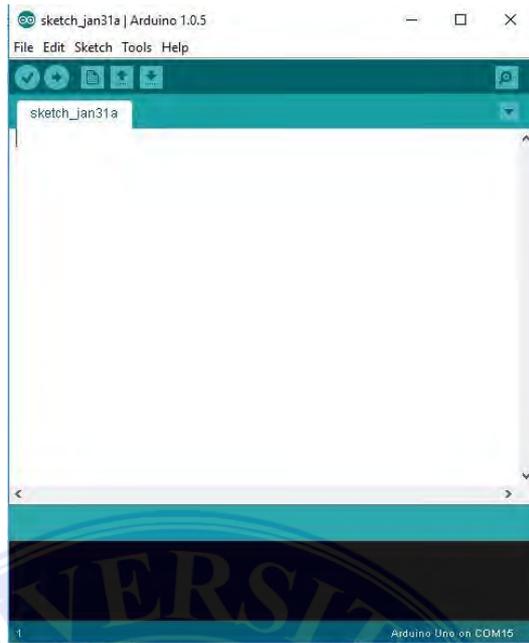
Adapun Langkah-langkah yang dilakukan:

1. Klik *Local Disk C* → *Program Files* → *arduino-nightly* → *arduino.exe*



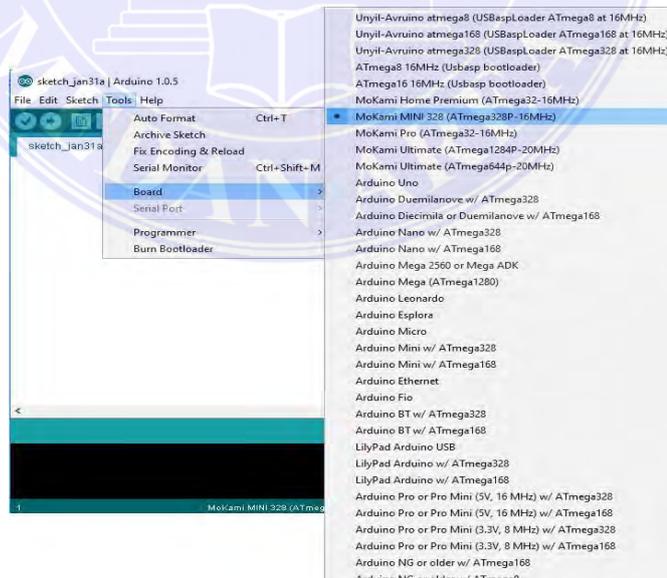
Gambar 3.11 : Software Arduino 1.8.8

2. Pada *software Arduino*, Klik *File* → *New*
3. Muncul kotak *dialog* seperti gambar dibawah ini:



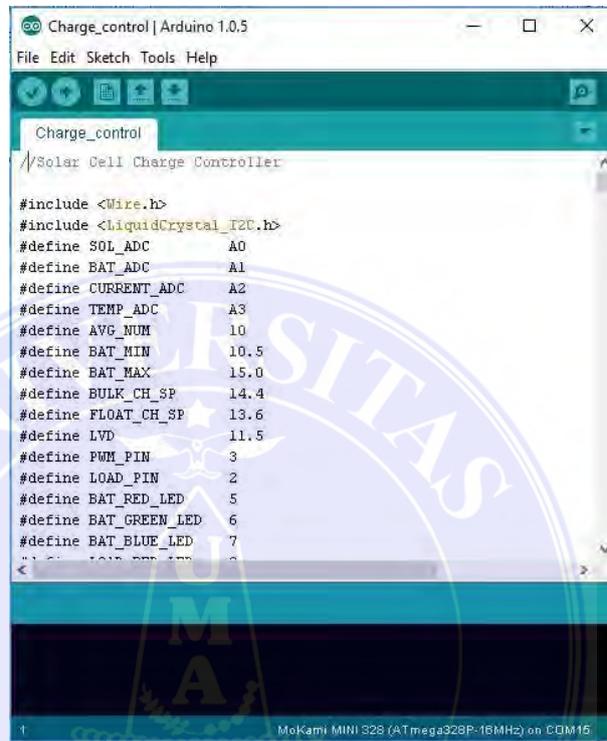
Gambar 3.12 : Menu File Baru

4. Sebelum mulai menuliskan *sintax*, pilih dahulu jenis *board* *Arduino* yang akan di gunakan (penulis menggunakan *Arduino-Uno*). Klik *Tools* → *Board* → *Arduino Uno*.



Gambar 3.13: Pemilihan Board Arduino

- Setelah board dipilih, untuk membuat proyek baru, langsung masukkan *sintax* pemrograman pada kotak *dialog Arduino*



```

Charge_control | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help

Charge_control
//Solar Cell Charge Controller

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#define SOL_ADC    A0
#define BAT_ADC    A1
#define CURRENT_ADC A2
#define TEMP_ADC   A3
#define AVG_NUM    10
#define BAT_MIN    10.5
#define BAT_MAX    15.0
#define BULK_CH_SP 14.4
#define FLOAT_CH_SP 13.6
#define LVD        11.5
#define PWM_PIN    3
#define LOAD_PIN   2
#define BAT_RED_LED 5
#define BAT_GREEN_LED 6
#define BAT_BLUE_LED 7

```

Gambar 3.14: Membuat *File* Proyek Baru

- Setelah *sintax* pemrograman selesai dibuat, maka langkah berikutnya adalah mengecek (*Verify*) program tersebut dengan cara mengklik *button Verify* berlogo centang (✓) di kiri atas Menu Bar *software Arduino*.
- Setelah proses *Verify* berhasil dan penulisan program dinyatakan benar oleh *software arduino*, maka langkah berikutnya adalah meng-*upload* program ke *board Arduino*. Caranya adalah dengan menghubungkan *board Arduino* ke PC / Laptop

menggunakan kabel USB, kemudian mengklik *button Upload* pada Menu Bar *software Arduino*.

8. Setelah selesai di *Upload*, simpan *sintax* pemrograman yang telah dibuat dengan cara *File* → *Save As* atau *Ctrl+Shift+S*, kemudian pilih lokasi penyimpanan yang diinginkan. Lalu lepas *board Arduino* dari PC / Laptop kemudian jalankan rangkaian sistem yang telah dirakit sebelumnya.

3.4. Perancangan Coding

Adapun *coding* yang akan di upload ke Mikrokontroler *Atmega 328* pada *Arduino* adalah sebagai berikut:

```

/*
 * berat bola = 0,5grm
 * tinggi tabung = 15cm
 */
#include <Servo.h>
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(A5, A4, A3, A2, A1, A0);
Servo myservo;

byte gambar =0;
byte pangkat[8] = {
  B01110,
  B01001,
  B00010,
  B00100,
  B01111,
  B00000,
  B00000,
};

#define magnet 5
#define proxy 4
#define tombol 13

byte data_tombol;

```

```

byte data_sensor;
int pos = 0;
float waktu;
float vt;
float jarak = 0,15;
float v = 0.00000004706;
float m = 0.0005;
float x1 = 0.000100352;
float po;
float pc = 835;
float x2;
float x3;
float x4;
float kekentalan;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
  myservo.attach(3);
  myservo.write(0);
  lcd.createChar(1, pangkat);
  gambar = 1;
  pinMode(magnet, OUTPUT);
  pinMode(tombol, INPUT_PULLUP);
  pinMode(proxy, INPUT);

  for(pos = 0; pos <= 178; pos += 1){
    myservo.write(pos);
    delay(20);
  }
  digitalWrite(magnet, HIGH);
  delay(2000);
  for(pos = 178; pos >= 0; pos -= 1){
    myservo.write(pos);
    delay(17);
  }
  lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Alat Penghitung");
  lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(" Kekentalan OLI ");
  delay(3000);
  lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(" Tekan Tombol ");
  lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(" Untuk Memulai ");

}

void loop() {
  data_tombol = digitalRead(tombol);
  data_sensor = digitalRead(proxy);
  if(data_tombol == 0){

```

```

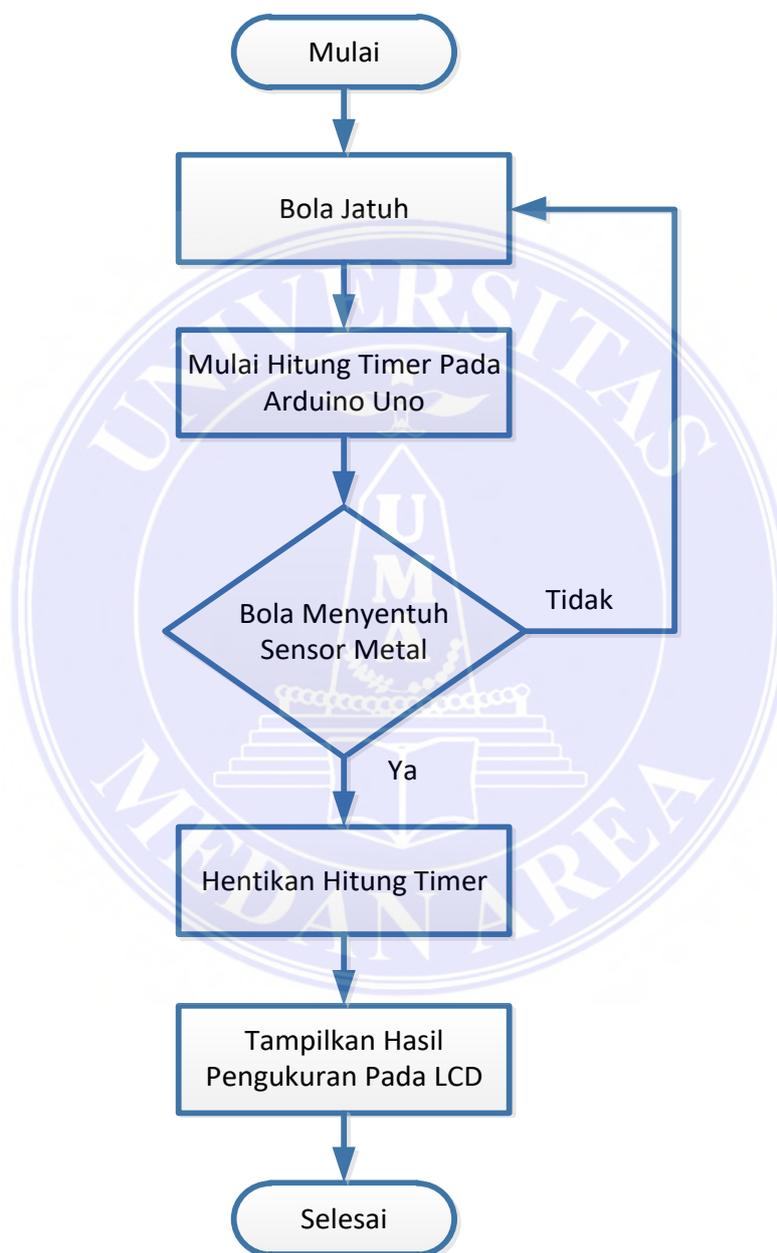
byte a=1;
while(a==1){
  digitalWrite(magnet, LOW);
  data_sensor = digitalRead(proxy);
  if(data_sensor == 0){
    a=0;
  }
  waktu++;
  delay(1);
}
waktu = waktu/1000;
vt = jarak/waktu;

po = m/v;
x2 = po - pc;
x3 = x2 * x1;
x4 = 9*vt;
kekentalan = x3/x4;
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("t= "+String(waktu));
lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Vt= "+String(vt));
delay(3000);
lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Hasil Terhitung");
lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("n      =" +String(kekentalan)+
N/m"+char(gambar)+".s");
//lcd.setCursor(12,1); lcd.write(gambar);
}
Serial.println("Waktu= "+String(waktu));
Serial.println("Vt="+String(vt));
delay(200);
}

```

3.5. Flowchart Sistem Kerja Alat

Berikut adalah Gambar 3.15 yang memperlihatkan alur kerja alat *viscosimeter fluida*:



Gambar 3.15 : *Flowchart* sistem kerja alat

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

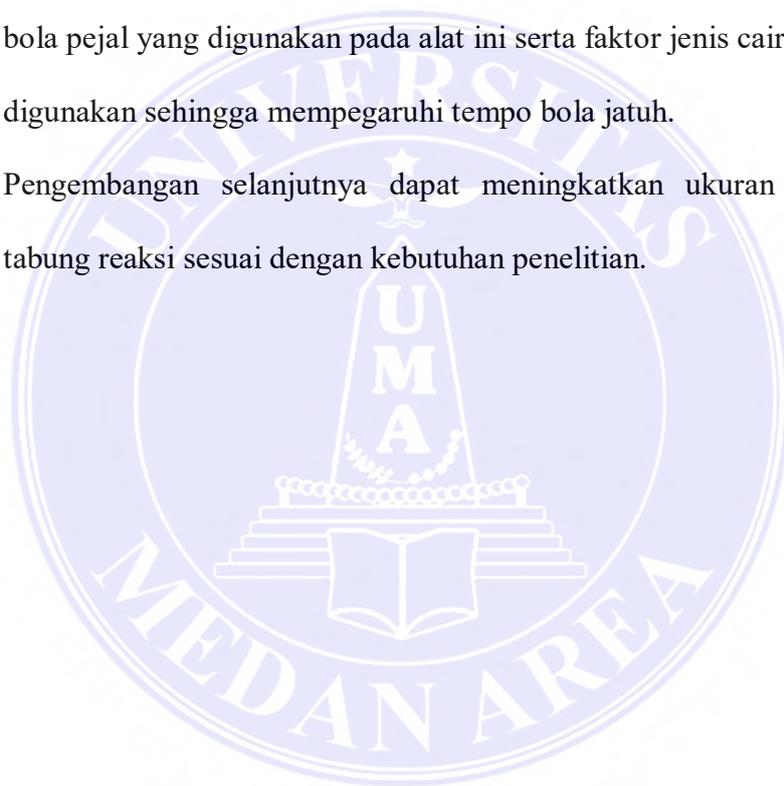
Berdasarkan hasil penelitian di BAB IV, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut:

1. Perancangan alat viskosimeter fluida metode bola jatuh bebas pola bolak-balik menggunakan arduino uno telah berhasil dilakukan pada pengukuran viskositas oli MESRAN SAE 40. Pada penggunaan alat didapat nilai rata-rata viskositas $0,40 \text{ N/m}^2 \cdot \text{s}$ dan data acuan dari laboratorium fisika $0,64 \text{ N/m}^2 \cdot \text{s}$, Dimana keakuratan sebesar 62%.
2. Dengan membuat alat dengan metode menjatuhkan bola ke dalam fluida dengan pola bolak-balik berbasis *Arduino Uno* ini dapat mengatasi *human error* saat range waktu antara stopwatch dengan kecepatan tangan dalam menjatuhkan bola.
3. Dengan memasang LCD sebagai *display* sehingga dapat menampilkan hasil pengukuran dengan cepat.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan serta kesimpulan yang dikemukakan, berikut beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi masukan dan bahan pertimbangan:

1. Alat ini dapat dimanfaatkan untuk penelitian pengukuran viskositas di laboratorium fisika, terutama yang masih menerapkan sistem manual.
2. Pengembangan selanjutnya pada bagian induksi magnetik sensitif dengan bola pejal yang digunakan pada alat ini serta faktor jenis cairan *fluida* yang digunakan sehingga memengaruhi tempo bola jatuh.
3. Pengembangan selanjutnya dapat meningkatkan ukuran panjang dari tabung reaksi sesuai dengan kebutuhan penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Alfin, Muhammad. 2019. Perancangan Prototype Pengontrol Mekanik Pada Pms (Disconnecting Switch) Berbasis Arduino Uno. *Skripsi*. Medan. UMSU.
- Astuti, Novi Fuji. 2020. Cara Membuat Magnet Lengkap dengan Penjelasannya, Sederhana dan Mudah Dilakukan. <http://www.carakukerja.com/2014/11/cara-kerja-elektromagnet.html>. (20 Oktober 2020)
- Djuandi, Feri. 2011. Pengenalan arduino, <http://www.tobuku.com/docs/Arduino-Pengenalan.pdf>. Diakses tanggal 21 Agustus 2017.
- Istiyanto, Eko Jazi. 2014. Pengantar Elektronika dan Instrumentasi. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Kadir, Abdul dan Heriyanto. 2005. Algoritma Pemrograman Menggunakan C++. Yogyakarta: Andi Offset.
- Kadir, Abdul. 2016. Scratch for Arduino (S4A)-Panduan Mempelajari Elektronika dan Pemograman. Yogyakarta. Penerbit ANDI.
- Klikmro. 2017. *Jenis-jenis Proximity Sensor*. <https://blog.klikmro.com/jenis-jenis-proximity-sensor/>. (18 Oktober 2020).
- Mungkin, Moranain. 2020. Penuntun Praktikum Fisika Dasar. Medan: Laboratorium Fisika Dasar UMA.
- Suleman, S. (2014). Rancangan Prototype Alat Pengukur Tinggi Muka Air. Rancangan Prototyfe Alat Pengukur Tinggi Muka Air Pada Bendungan, (2), 83–90.
- Supriyadi, Nur. 2014. Laporan Praktikum Mikroprosesor Modul II Seven Segment, Keypad dan Lcd. FMIPA UNPAD.
- Sitohang, Ely P, Dringhuzen J. Mamahit, dan Novi S. Tulung. 2018. Rancang Bangun Catu Daya DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535. Teknik Elektro dan Komputer. Vol. 7 No (2), 135-142.