

**PENGUKURAN VISKOSITAS AIR MEMAKAI PIPA
KAPILER DENGAN METODE POISEUILLE**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Memperoleh
Gelar Sarjana Fisika

Oleh :

Rachmat Mulyana

0706196714



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS INDONESIA
2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Rachmat Mulyana

NPM : 0706196714

Tanda tangan :

Tanggal : 4 Desember 2009

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Rachmat Mulyana
NPM : 0706196714
Departemen : Fisika
Peminatan : Ekstensi Fisika Instrumentasi
Tanggal Sidang : 4 Desember 2009
Judul Skripsi : Pengukuran Viskositas Air Memakai Pipa Kapiler Dengan
Metode Poiseuille

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh

Dr. Prawito

Pembimbing I

Drs. Arief Sudarmaji, M.T.

Pembimbing II

Dr. Sastra Kusuma Wijaya

Penguji I

Djati Handoko, M.Si.

Penguji II

Dr. Santoso Soekirno

Ketua Departemen Fisika

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya dan karunia-Nya. Tidak lupa kepada junjungan penulis, Nabi Muhammad SAW, serta para sahabat, dan keluarganya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Walaupun dalam penyusunan skripsi ini penulis menemukan berbagai macam kesulitan, tetapi Allah SWT senantiasa memberikan tetesan rahmat-Nya sehingga semua rintangan dan tantangan dapat dilalui dengan ridha-Nya.

Penyusunan Skripsi yang berjudul “Pengukuran viskositas Air Memakai Pipa Kapiler Dengan Metode Poiseuille” yang bertujuan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan program studi Sarjana Ekstensi Instrumentasi, Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia.

Karya sederhana ini tercipta bukanlah karena kemampuan penulis semata, karya ini lahir juga dikarenakan sudah berkembangnya teknologi yang sedemikian hebatnya.

Dalam melaksanakan skripsi sampai penyelesaian Skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih dan rasa hormat kepada:

1. Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang berlimpah tanpa henti yang telah memberikan secercah pengetahuan serta ilmu yang bermanfaat
2. Baginda besar Rasulullah Muhammad SAW, yang menjadi suri teladan dalam setiap elemen kehidupan, serta para sahabat dan keluarga besar rasullah.
3. Kedua Orang tuaku yang tercinta, Heru Santoso dan Nancibah serta adikku tersayang Syahrul Ramdhan, beserta keluarga tercinta yang telah memberi dukungan moril dan materil selama ini.
4. Dr Prawito dan Drs. Arief Sudarmadji, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Dr Syamsu Rosid selaku Ketua Jurusan program studi Sarjana Ekstensi FMIPA, UI.

6. Dosen-dosen pengajar Jurusan Diploma II Instrumentasi Elektronika dan Industri dan Jurusan S1 Ekstensi Instrumentasi Elektronika yang selama ini telah memberikan ilmu-ilmunya.
7. Sahabat-sahabatku seperjuangan yang telah memberikan dorongan dan doanya.
8. Seluruh rekan-rekan Instrumentasi Industri dan Elektronika angkatan 2004 dan Ekstensi Instrumentasi.
9. Teman-teman kontrakan yang selalu memberikan kesabaran, Rifqi, Hamdan, Are, Ludy, Andi, Yogi, Gunawan, Haeril, Benny.
10. Teman-teman futsal Instrument'04 tempat berbagi cerita.
11. Seluruh staff sekretariat Mas Rizky, Mba Ratna, Mba Eri, Pak Bowo, Pak Parno, dkk.
12. Seluruh keluarga besar FMIPA UI.
13. Semua pihak yang secara tidak langsung terlibat dalam pembuatan skripsi ini dan tidak mungkin dapat disebutkan satu persatu, semoga amal baik yang telah dilakukan senantiasa dibalas oleh Allah SWT.

Semoga Allah SWT melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya atas kebaikan Bapak / Ibu dan Saudara/i sekalian.

Semoga penulisan ilmiah ini benar-benar dapat memberikan kontribusi positif dan menimbulkan sikap kritis kepada para pembaca khususnya dan masyarakat pada umumnya untuk senantiasa terus memperoleh wawasan dan ilmu pengetahuan di bidang teknologi. Menyadari keterbatasan pengalaman dan kemampuan yang dimiliki penulis, sudah tentu terdapat kekurangan serta kemungkinan jauh dari sempurna, untuk itu penulis tidak menutup diri dan mengharapkan adanya saran serta kritik dari berbagai pihak.

Akhir kata semoga penyusunan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang bersangkutan, khususnya bagi saya dan umumnya bagi para pembaca.

Depok, 29 November 2009

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertandatangan dibawah ini,

Nama : Rachmat mulyana
NPM : 0706196714
Program studi : Ekstensi Instrumentasi
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif** (*non-exclusive royalt-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pengukuran Viskositas Air Memakai Pipa Kapiler Dengan Metode Poiseuille,

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya,

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 27 November 2009

Yang menyatakan

(**Rachmat Mulyana**)

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk membuat sebuah alat ukur koefisien viskositas (η) yang dapat melakukan pengukuran serta perhitungan secara otomatis dengan memakai pipa kapiler serta metode poiseuille. Metode poiseuille adalah metode yang memanfaatkan pipa kapiler yang terpasang secara horizontal. Pengendalian dari pengukuran serta perhitungan nilai viskositas dilakukan oleh mikrokontroller. Dimana pengendalian ini dilakukan pada nilai temperature pada zat cair. Pengukuran yang dilakukan ada pada debit zat cair serta perhitungan nilai viskositasnya.

Kata kunci: Mikrokontroller, Viskositas, Pipa Kapiler, Poiseuille

ABSTRACT

Research has been done to create a measure of the coefficient of viscosity (η) which can perform measurements and calculations automatically by using the capillary tube and poiseuille methods. Poiseuille method is a method that utilizes capillary pipe installed horizontally. Control of the measurements and calculations performed by the viscosity value microcontroller. Where control is done on the value of the liquid temperature. Measurements conducted on the liquid flow and the calculation of viscosity values.

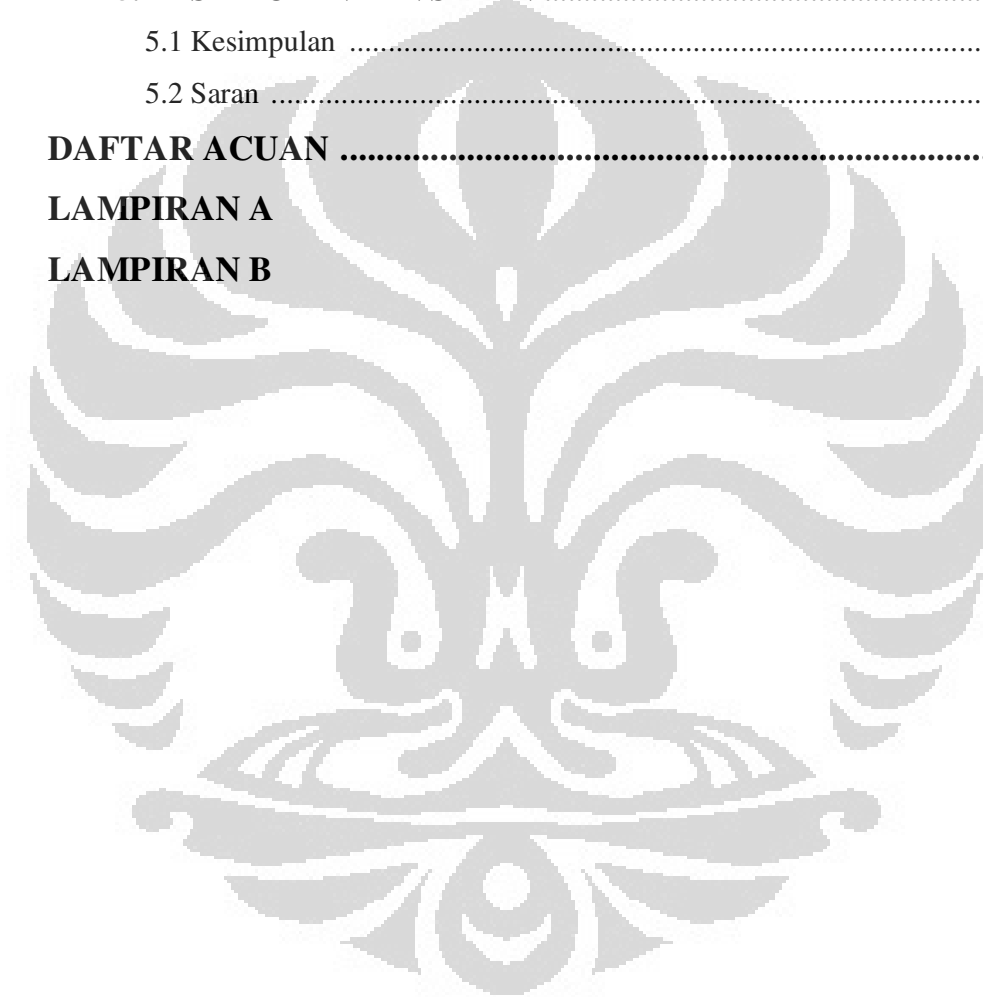
Keywords: Microcontroller, Viscosity, Kapiler Pipe, Poiseuille

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
KARYA ILMIAH	iv
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan masalah	2
1.4 Deskripsi Singkat	2
1.5 Metode Penelitian	3
1.4.1 Study Literature	3
1.4.2 Perancangan Alat	3
1.4.3 Pembuatan Alat	3
1.4.4 Pengujian Sistem	3
1.4.5 Pengambilan Data	3
1.4.6 Penulisan Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
1.6 Metode Penulisan	4
BAB 2. TEORI DASAR	5
2.1 Viskositas	5

2.2 Kapileritas	6
2.3 Persamaan Poiseuille	7
2.4 Motor DC	8
2.4.1 Prinsip Kerja Motor DC	9
2.4.2 Cara Kerja Motor DC	10
2.4.3 Motor DC Dua Arah	12
2.5 Solenoid	12
2.5.1 Cara Kerja Solenoid Valve	12
2.6 LCD (Liquid Crystal Display)	13
2.7 Limited Switch	14
2.8 Keypad	15
2.9 Optocoupler	17
2.10 Mikrokontroler ATmega16	29
2.10.1 Port Sebagai Input/ Output Digital	22
2.10.2 Timer	23
2.11 Sensor Temperature	24
2.12 ADC (<i>Analog to Digital Converter</i>)	26
BAB 3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM	28
3.1 Pendahuluan	28
3.2 Blok Diagram Sistem	29
3.3 Konstruksi Mekanik	33
3.4 Konstruksi Rangkaian	33
3.4.1 Rangkaian Driver Motor	34
3.4.2 Rangkaian Limit Switch	37
3.4.3 Rangkaian Updown Counter	37
3.4.4 Rangkaian Minimum System	39
3.4.5 ADC (<i>Analog To Digital Converter</i>)	41
3.4.6 IC LM 35	41
3.5 Perancangan Perangkat Lunak	42

BAB 4. HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Pengujian perpindahan Jarak Posisi Ketinggian	49
4.2 Pengujian Data Keypad	52
4.3 Pengujian Data Timbangan	54
4.4 Pengambilan Data Viskositas	56
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR ACUAN	61
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	



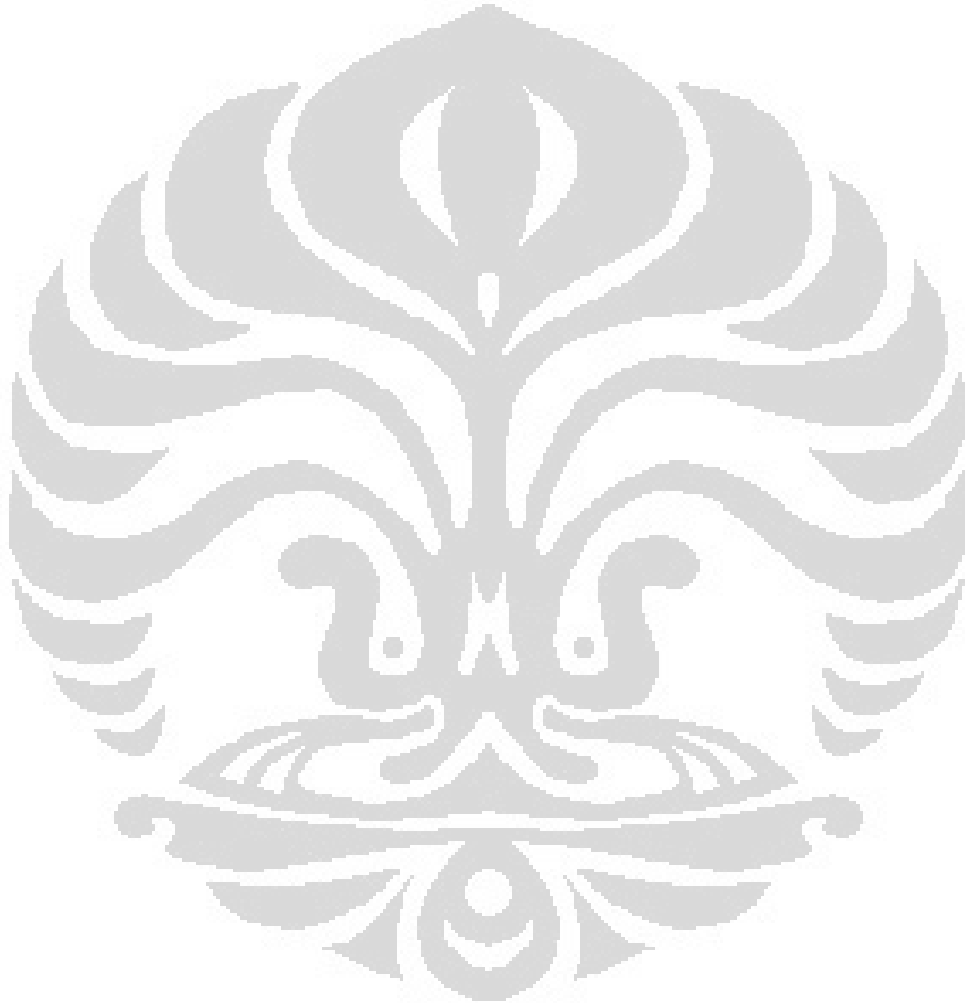
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Konfigurasi pin port	23
Tabel 3.1. Fungsi Pin L298	37
Tabel 4.1. Data Putaran Motor DC	50
Tabel 4.2. Data Jarak Terhadap Nilai Counter	51
Tabel 4.3. Perhitungan Nilai Counter	52
Tabel 4.4. Data Keypad 4x4	53
Tabel 4.5. Data Tampilan Keypad Pada Lcd	54
Table 4.6. Data Pada Timbangan	55
Table 4.7. Satuan Input Yang digunakan	57
Tabel 4.8. Data Percobaan Untuk Ketinggian 0.05 m	58
Tabel 4.9. Rekapitulasi Perubahan Ketinggian Terhadap Waktu	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Deskripsi Sistem	2
Gambar 2.1. Kaidah Tangan Kanan	10
Gambar 2.2. Prinsip Kerja Motor DC	11
Gambar 2.3. Posisi Motor Diputar 180°	12
Gambar 2.4. Solenoid Dalam Keadaan Off	13
Gambar 2.5. Solenoid Dalam Keadaan On	13
Gambar 2.6. LCD (Liquid Crystal Display)	14
Gambar 2.7. Schematic Keypad 4x4	16
Gambar 2.8. Keypad 4x4	17
Gambar 2.9. Schematic Optocoupler	18
Gambar 2.10. Pin Pada Optocoupler	19
Gambar 2.11. Pin-pin ATmega16 kemasan 40-pin	21
Gambar 2.12. Blok Diagram Mikrokontroler ATmega16	22
Gambar 2.13. Blok diagram timer/counter	24
Gambar 2.14. Bentuk Fisik LM 35	25
Gambar 2.15. Grafik Akurasi LM 35 Terhadap Suhu	26
Gambar 3.1. Blok Diagram Sistem	32
Gambar 3.2. Rancang Bangun Mekanik	33
Gambar 3.3. Schematic Driver Motor	36
Gambar 3.4. Rangkaian Limit Switch	37
Gambar 3.5. Koneksi Pin Pada IC 74LS193	38
Gambar 3.6. Schematic Rangkaian Up-Down Counter	39
Gambar 3.7. Rangkaian Minimum System	40
Gambar 3.8. Flowchart Utama Dari Sistem	43
Gambar 3.9. Flowchart Utama Dari Sistem Lanjutan	44
Gambar 3.10. Flowchart Utama Dari Sistem Lanjutan	45
Gambar 3.11. Flowchart Penyimpanan Nilai	47
Gambar 3.12. Flowchart dari Input Angka	48
Gambar 3.13. Flowchart Dari Keypad	48

Gambar 4.1. Grafik Putaran Terhadap Motor DC	49
Gambar 4.2. Grafik Jarak Terhadap Nilai Counter	50
Gambar 4.3. Hubungan push button dengan wireing	52
Gambar 4.4. Fungsi Transfer Volume Air	55



BAB 1

PENDAHULUAN

Pada umumnya mereka-mereka yang bergelut dibidang *science* tidaklah asing dengan suatu penelitian. Karena banyak fenomena-fenomena alam yang terjadi berhubungan dengan *science* yang memerlukan pembuktian. Dalam pembuktian ini memerlukan berbagai macam penelitian guna melengkapi teori-teori yang sudah ada. Seperti halnya kita ketahui bersama, masih banyaknya penelitian yang dilakukan dengan cara tradisional (manual), hal ini bukanlah suatu alasan yang menganggap hasil penelitian tidak efisien. Karena banyak hal yang dilakukan masih membutuhkan ketelitian dalam melakukan *research*. Tapi banyak penelitian yang juga dapat dibuat sistem lebih terotomatisasi.

1.1. Latar Belakang

Pada bidang fisika masih banyak yang melakukan berbagai penelitian yang dilakukan oleh dosen maupun mahasiswa. Seperti hal sebelumnya, bahwa masih banyaknya penelitian dilakukan dengan cara manual. Pada proses manual sering sekali banyak kesalahan yang terletak pada manusia (*human error*), sehingga hasil yang didapat memiliki kesalahan relatif maupun literatur yang cukup besar. Diharapkan jika memakai alat yang sudah otomatis dapat mengurangi kesalahan relatif maupun literatur, meskipun tidak sempurna. Seperti alat ukur koefisien viskositas (η) dapat dibuat terotomatisasi. Dengan memanfaatkan teknologi yang ada, maka hal tersebut dapat dilakukan. Mengingat kemajuan teknologi saat ini sudah berkembang pesat. Sehingga banyak hal yang dapat dimanfaatkan dalam membuat suatu alat ukur dapat berkerja secara otomatis.

Dalam pembuatan alat ukur ini terdapat tahapan-tahapan mulai dari memanaskan zat cair, memasukan zat cair kedalam bejana viskositas aliran, kemudian aliran ini akan melewati pipa kapiler. Agar rumusan Poiseuille berlaku maka letak pipa kapiler harus horizontal. Kemudian hasilnya akan diukur nilai volumenya.

Sejauh ini percobaan viskositas yang dilakukan penulis ketika melakukan percobaan yaitu dengan proses manual. Disini penulis melihat adanya kemungkinan percobaan mengukur koefisien viskositas (η) zat cair dapat otomatis.

Dengan mendisain peralatan seperti viskositas aliran ditambahkan dengan rangkaian elektronik serta memanfaatkan bahasa program yang ada.

Hal inilah yang mendorong penulis untuk dapat membuat sebuah alat ukur viskositas secara otomatis dengan memanfaatkan alat-alat elektronik yang tersedia serta bahasa program yang penulis ketahui. Diharapkan alat ini nantinya mampu untuk membantu dalam proses penelitian dengan mengurangi nilai kesalahan relatif serta literatur.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat suatu “Pengukuran Viskositas Air Memakai Pipa Kapiler Dengan Metode Poiseuille” serta melakukan uji ketelitian serta performance dari sistem tersebut dan melakukan analisa atas keberhasilan ataupun kegagalan dari keseluruhan rancang bangun ini. Sehingga nantinya diharapkan dari alat ini dapat membantu dalam proses penelitian.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pembuatan skripsi ini penulis membatasi masalah bahwa rancang bangun alat ukur koefisien viskositas yang akan dibuat dengan memanfaatkan alat ukur viskositas yang sudah banyak digunakan. Pembuatan rangkaian elektronik (*hardware*) serta pemrograman (*software*).

1.4 Deskripsi Singkat



Gambar 1.1 Deskripsi Sistem

Untuk perancangan alat ukur ini, alat ukur viskositas zat cair yang sebelumnya melewati tahapan pemanasan. Setelah itu melewati pipa kapiler untuk sampai pada tabung pengukuran. Yang kemudian tabung ini ditimbang untuk mengetahui volumenya. Agar alat ini bekerja otomatis yaitu memakai

mikrokontroler. Setelah menset nilai temperaturnya setelah kondisi temperature sudah pada keadaan stabil maka motor akan menyedot zat cair untuk memindahkan ke alat ukur viskositas. Saat waktu ditentukan dan volumenya didapat maka pada display akan menampilkan nilai koefisien viskositasnya (η).

1.5 Metode Penelitian

Dalam melakukan pembuatan alat ini dilakukan tahapan-tahapan untuk mencapai hasil yang lebih baik, berikut ini tahapan-tahapan yang digunakan.

1.4.1. Study Literatur

Penulis menggunakan metode ini untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan dengan mengacu kepada buku-buku pegangan, data *sheet*, internet, makalah-makalah dan lain-lain.

1.4.2. Perancangan Alat

Penulis berusaha untuk membuat suatu rancangan sistem pengendalian *hardware* baru yang ingin dibuat di dalam penelitian, berdasarkan bahan-bahan yang ada untuk dapat dianalisa kembali.

1.4.3. Pembuatan Alat

Pada bagian ini berisi mengenai proses perencanaan rancang bangun dari sistem mekanik yang dibuat. Pada bagian *hardware* akan membahas desain dan cara kerjanya, sedangkan untuk bagian *software* akan dibahas program yang digunakan dalam sistem pengendalinya.

1.4.4. Pengujian Sistem

Pada bagian ini merupakan proses pengujian dari proyek yang dibuat, dengan tujuan untuk mengetahui apakah kinerja dari alat yang dibuat sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

1.4.5. Pengambilan Data

Setelah alat diuji secara keseluruhan sebagai suatu sistem sehingga dapat dilihat apakah sistem dapat bekerja dengan baik dan benar, sehingga penulis dapat melakukan pengambilan data.

1.4.6. Penulisan Penelitian

Dari hasil pengujian dan pengambilan data kemudian dilakukan suatu analisa sehingga dapat diambil suatu kesimpulan. Dengan adanya beberapa saran juga dapat kita ajukan sebagai bahan perbaikan untuk penelitian lebih lanjut.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan skripsi ini terdiri dari beberapa bab. Agar lebih mempermudah pemahaman dan pembacaan, maka laporan tugas akhir ini disusun menjadi seperti di bawah ini :

BAB 1. PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan penelitian pembatasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2. TEORI DASAR

Pada Bab ini berisi tentang konsep yang mendasari cara kerja dari sistem keamanan software yang terkoneksi dengan hardware.

BAB 3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Merupakan penjelasan pembuatan rancangan sistem kontrol baik hardware atau software dengan menginputkan program atau data yang akan digunakan sebagai pengujian sistem keamanan.

BAB 4. PENGUJIAN SISTEM DAN PENGAMBILAN DATA

Sistem yang telah dirancang kemudian diuji dengan parameter-parameter yang terkait. Pengujian ini meliputi pengujian *software* dan *hardware* dilakukan secara simultan. Di samping pengujian, proses pengambilan data kerja sistem ini juga dituliskan di bab ini untuk memastikan kemampuan sistem secara keseluruhan. Dari hasil ini dapat dilakukan analisa terhadap kerja sistem, sehingga dapat diketahui apa yang menjadi penyebab dari kendala atau kegagalan bila selama kegiatan penelitian ditemui hal-hal tersebut.

BAB 5. KESIMPULAN

Pada Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran yang dapat memberikan kemajuan untuk skripsi ini.

BAB 2

TEORI DASAR

Dalam melakukan penelitian banyak hal yang harus kita pelajari mengenai teori-teori yang berkaitan pada proyek yang akan dikerjakan. Penelitian ini diperlukan adanya teori-teori yang melandasi penelitian ini. Adapun teori-teori yang digunakan, antara lain :

2.1 Viskositas

Dalam skripsi ini dibuat system perancangan alat untuk menghitung nilai viskositas zat cair dengan metode otomatisasi. Dalam membuat system yang terotomatisasi diperlukan komponen-komponen yang dapat mengerjakan hardware sesuai dengan apa yang diperintahkan oleh program, dalam hal ini memakai mikrokontroller dengan bascom avr. Sebelum membahas komponen-komponen yang berhubungan dengan otomatisasi, maka ada baiknya membahas teori mengenai viskositas zat cair.

Fluida adalah suatu zat yang dapat mengalir. Zat yang dapat mengalir adalah gas dan cairan. Sedangkan viskositas itu adalah ukuran dari kekentalan fluida. Jadi dapat diartikan, nilai atau ukuran kekentalan dari zat yang dapat mengalir. Viskositas merupakan gaya gesek antara molekul-molekul yang menyusun suatu fluida. Jadi merupakan adanya gaya gesek internal pada viskosita, gaya gesek ini terjadi ketika fluida ini mengalir. Pada zat cair viskositas terjadi karena adanya gaya kohesi (gaya tarik menarik antara molekul sejenis). Nilai dari fluida memiliki kekentalan yang berbeda-beda. Pada viskositas semakin rendah suhunya maka akan semakin tinggi tingkat kekentalanya, begitu sebaliknya jika suhunya tinggi maka tingkat kekentalannya semakin rendah^[1].

Dalam pengukuran viskositas banyak metode yang dapat dipakai untuk mencari nilai viskositas pada zat cair, salah satunya metode dengan pipa kapiler. Pada dasarnya memiliki prinsip yang sama dalam melakukan pengukuran ini, yaitu terletak pada gaya kohesi. Dikarenakan viskositas merupakan gaya gesek pada zat cair ketika mengalir. Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar molekul sejenis,

sedangkan dalam pengukuran viskositas memiliki molekul yang sejenis. Prinsip dari kapiler ini sendiri mengacu pada gaya kohesi.

Niali satuan pengukuran untuk viskositas $1 P = 1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ dalam system satuan centimeter gram second (cgs). Jika satuan unit dalam meter kilogram second (mks) sama dengan $10 P = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$

2.2 Kapileritas

Pada pengukuran viskositas menggunakan pipa kapiler dengan metode poiseuille, dimana dipengaruhi nilai ρgh , dimana ada pengaruh nilai ketinggian terhadap titik acuan. Hubungan antara wadah dengan pipa kapiler terhubung dengan selang. Ketika air menuju pipa kapiler, hal yang membuat air naik ini dikarenakan adanya gaya tegangan permukaan total pada wadah penampung air. Air akan menuju pipa kapiler dengan minimum ketinggian saat gaya tegangan permukaan sama atau setara dengan ketinggian air pada wadah. Hal tersebut yang dinamakan dengan gerak kapiler atau kapileritas. Hal tersebut yang memungkinkan pengukuran viskositas dengan memakai pipa kapiler dengan adanya perubahan ketinggian (h). Gaya yang berhubungan dengan kondisi ini adalah.

$$V = A \times h \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

A = Luas permukaan pipa kapiler

h = ketinggian

Jika luas permukaan merupakan nilai jari-jari dari pipa kapiler, maka $A = \pi r^2$

Maka, turunan dari rumusan diatas dapat dimasukan pada nilai A

$$V = (\pi r^2) h \dots\dots\dots (2.2)$$

Untuk melakukan pengukuran berat cairan pada pipa kapiler, adanya masa pengaruh nilai gravitasi.

$$w = mg \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

w = berat cairan pada pipa kapiler

g = gravitasi (9,8 m/s)

sedangkan massa merupakan volume dengan massa jenis, maka akan didapat rumusan untuk perubahan nilai berat cairan pada pipa kapiler

$$w = (\rho V) g \dots\dots\dots(2.4)$$

seperti diketahui diatas dimana sudah didapat nilai V, maka dapat disubstitusikan nilai V pada persamaan berat cairan pada pipa kapiler

$$w = \rho(\pi r^2 h)g \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana :

w = berat cairan pada pipa kapiler

g = gravitasi (9,8 m/s)

ρ = massa jenis zat cair

h = ketinggian pipa kapiler terhadap permukaan air diwadiah

r = jari-jari pipa kapiler

2.3 Persamaan Poiseuille

Sebelumnya pembahasan mengenai viskositas dan kapileritas, dan sekarang akan dibahas mengenai metode poiseuille. Metode ini ditemukan oleh Jean Louis Marie Poiseuille (1799 – 1869). Dalam hal ini diasumsikan fluida dalam kondisi ideal. Kondisi ideal digunakan dengan menanggapi fluida bergerak dengan laju yang sama, dalam kehidupan sehari-hari viskositas memiliki nilai kelajuan yang berbeda. Hal ini dipengaruhi karena adanya kohesi dan adhesi. Agar laju aliran setiap fluida sama maka perlu adanya beda tekanan pada kedua ujung pipa. Dengan memanfaatkan koefisien viskositas dan gaya tarik menarik yang terjadi pada molekul yang diakibatkan adanya laju aliran. Bila p_1 dan p_2 adalah tekanan pada ujung-ujung pipa dengan diameter $2R$, maka cairan pada jari-jari r mengalami gaya yang bekerja dalam arah v sebesar^[2]:

$$F = A \eta \frac{dv}{dr} = 2\pi r l \eta \frac{dv}{dr} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\Sigma F_x = 0, \text{ maka } (p_1 - p_2)\pi r^2 = 2\pi r L \eta \frac{dv}{dr} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\int_v^0 dv = - \frac{\Delta p}{2\eta L} \int_r^R r dr \dots\dots\dots(2.8)$$

Maka akan didapat persamaan,

$$v = \frac{\Delta p}{4\eta L} (R^2 - r^2) \dots\dots\dots(2.9)$$

Untuk menentukan debit cairan, yaitu dengan persamaan berikut,

$$Q = \int v \, dA = \int v \, 2\pi r \, dr = \frac{\Delta p}{4\eta L} \int_0^R (R^2 - r^2) 2\pi r \, dr \dots\dots\dots(2.10)$$

$$Q = \frac{\pi \Delta p}{2\eta L} \int_0^R (R^2 - r^2) r \, dr \dots\dots\dots(2.11)$$

$$Q = \frac{\pi \Delta p}{2\eta L} \left(\int_0^R R^2 r \, dr - \int_0^R r^3 r \, dr \right) \dots\dots\dots(2.12)$$

$$Q = \frac{\pi \Delta p}{2\eta L} \left(R^2 \frac{1}{2} R^2 - \frac{1}{4} R^4 \right) \dots\dots\dots(2.13)$$

Maka akan didapat hasil akhirnya perhitungan nilai viskositas metode poiseuille sebagai berikut

$$\eta = \frac{\pi r^4 \rho g h}{2QL} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

- Q = Volume aliran air perdetik
- ρ = Massa jenis zat cair
- g = Konstanta gravitasi
- h = ketinggian
- η = Koefisien viskositas
- l = Panjang pipa kapiler

2.4 Motor DC

Dalam melakukan pengukuran posisi yang otomatis menggunakan motor DC. Motor DC merupakan jenis dari *actuator* salah satu komponen yang diperlukan dalam sistem pengendali. Aktuator adalah suatu perubahan energi elektrik menjaenergi gerakan mekanik. Aktuator merupakan pengerkan yang memakai sumber energi yaitu listrik, maka disebut juga motor listrik. Motor listrik dikelompokkan menjadi dua, yaitu motor DC dan motor AC, perbedaannya terdapat pada tegangan yang menggerakkannya. Motor AC digerakkan oleh tegangan bolak-balik (AC), sedangkan motor DC digerakkan oleh tegangan searah (DC)

2.4.1 Prinsip Kerja Motor DC

Prinsip kerja dalam motor dc dapat dijelaskan dengan prinsip elektromagnetik. Tegangan yang diinduksikan dalam sebuah konduktor harus sedemikian rupa hingga medan magnet yang dibangkitkan dari hasil arus dalam konduktor akan berlawanan terhadap gerak induksi medan magnet.

Dalam Induksi Elektromagnetik, berlaku juga Hukum Faraday yaitu besarnya tegangan induksi dalam solenoida pada saat lilitan memotong garis gaya magnet akan berbanding lurus dengan jumlah lilitan dan pada tingkat dimana garis fluks magnet dipotong oleh lilitan. Hukum Faraday dipengaruhi oleh perubahan fluks magnetik^[3]. Persamaan fluks magnetik:

$$\Phi = B A \cos \theta \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

Φ = fluks magnetik (Weber=Wb)

B = medan magnet (T)

A = luas bidang (m²)

θ = sudut antara B dan garis normal

Dalam kasus lain dicontohkan, sebuah kawat berarus yang dipengaruhi medan magnet luar akan mengalami gaya yang disebut gaya magnet yang besarnya ditunjukkan pada persamaan:

$$F = i L B \sin \alpha \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana:

F = gaya magnet (Newton)

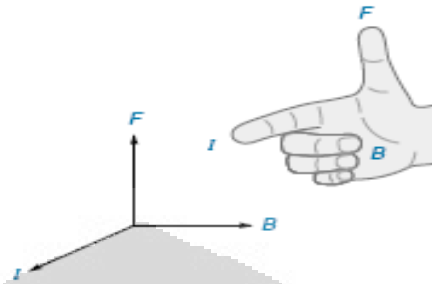
B = medan magnet luar (Wb/m²)

i = kuat arus (Ampere)

L = panjang kawat (Meter)

α = sudut yang dibentuk medan magnetik dengan arus

Pada sebuah kawat berarus listrik didalam pengaruh medan magnet, maka arah gaya F dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan:



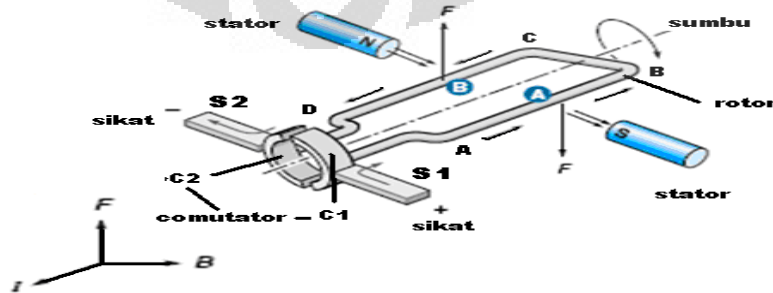
Gambar 2.1 Kaidah tangan kanan.,

Motor *dc* terdiri dari bagian-bagian yang dapat menggerakkan motor tersebut, yaitu:

1. **Rotor**, yaitu bagian yang berputar pada motor berupa kumparan kawat.
2. **Stator**, yaitu bagian yang diam pada motor berupa magnet.
3. **Komutator**, yaitu cincin belah yang berfungsi sebagai penukar arus.
4. **Sikat**, yaitu sepasang batang grafit yang menempel pada komutator tetapi tidak berputar.

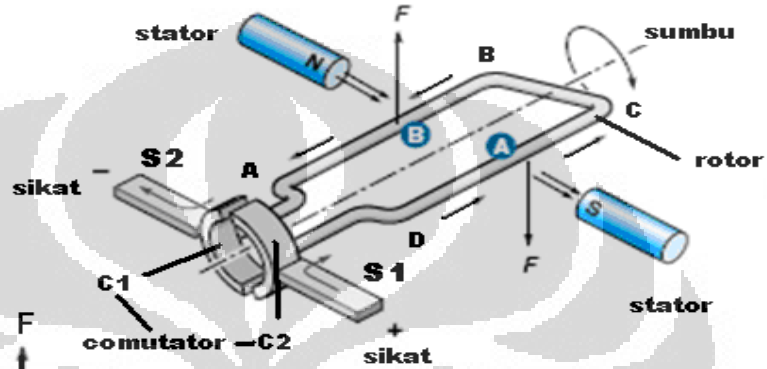
2.4.2 Cara Kerja Motor DC

Misalkan kedudukan mula-mula seperti pada Gambar 2.2 arus listrik mengalir dari kutub (+) baterai melalui sikat $S1$ – cincin $C1$ - rotor $ABCD$ – cincin $C2$ – sikat $S2$ – kembali ke kutub (-) baterai. Ketika rotor CD yang dekat dengan kutub utara mengalami gaya ke atas dan sisi rotor AB yang dekat dengan kutub selatan mengalami gaya ke bawah. Akibatnya rotor $ABCD$ berputar searah jarum jam.



Gambar 2.2 Prinsip kerja motor dc

Setelah setengah putaran (180°), terjadi pertukaran posisi antara sikat dan *comutator*. Sekarang, C2 menyentuh sikat S1 dan C1 menyentuh sikat S2. Sehingga arus mengalir dari kutub (+) baterai menuju kutub (-) melalui sikat 1 (S1), Comutator 2 (C2), Rotor DCBA, Comutator 2 (C2), dan sikat 2 (S2). Pertukaran posisi antara sikat dan *comutator* mengakibatkan motor terus berputar. Perhatikan Gambar 2.3



Gambar 2.3. Posisi Motor diputar 180°

Setelah setengah putaran (180°), terjadi pertukaran posisi antara sikat dan *comutator*. Sekarang, C2 menyentuh sikat S1 dan C1 menyentuh sikat S2. Sehingga arus mengalir dari kutub (+) baterai menuju kutub (-) melalui sikat 1 (S1), Comutator 2 (C2), Rotor DCBA, Comutator 2 (C2), dan sikat 2 (S2). Pertukaran posisi antara sikat dan *comutator* mengakibatkan motor terus berputar.

2.4.3 Motor DC Dua Arah

Arah gerakan motor arus searah dapat diatur dengan dua cara yaitu mengubah polarisasi arah arus searah pada belitan medan magnet (+) dan (-), atau dengan mengubah arah arus dengan menukar (+) dan (-) pada sikat.

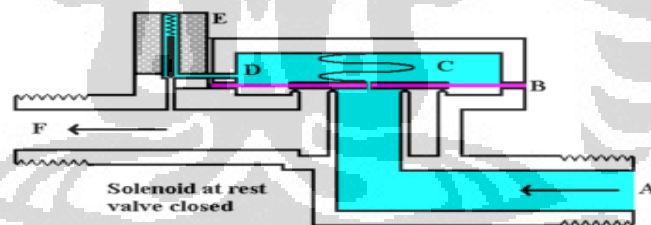
Pada prinsipnya membalik arah motor searah memang dengan dua cara yang telah disebutkan di atas, namun dalam suatu rangkaian elektronika kita memerlukan suatu rangkaian penggerak motor yang dapat membalik arah gerak motor dengan mudah.

2.5 Solenoid

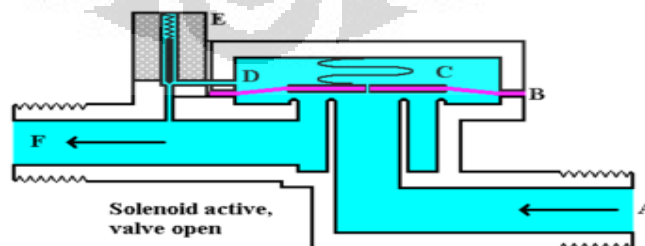
Solenoid tidak jauh berbeda dengan sebuah motor dc, yang bergerak jika dipicu oleh tegangan. Tegangan yang dibutuhkan oleh solenoid adalah 24 volt. Solenoid adalah kumparan yang dibangkitkan dengan tenaga listrik, berupa tegangan. Dalam penentuan solenoid harus mengetahui jenis apa yang dibutuhkan. Solenoid type valve untuk liquid merupakan solenoid yang bekerja seperti keran yang dapat membuka secara otomatis jika solenoid mendapatkan supply tegangan.

2.5.1 Cara Kerja Solenoid Valve

Pada solenoid valve type liquid, solenoid digunakan sebagai sistem pengisian. Pada type ini ada dua buah lubang, yang pertama sebagai input cairan, yang kedua sebagai out cairan. Saat solenoid tidak ada tegangan maka solenoid akan bersifat normaly close, atau solenoid tertutup. Maka cairan yang masuk pada titik A tidak dapat lewat, karena C dan D menutup cairan yang akan melewati solenoid. Ketika solenoid mendapat tegangan maka B dan E akan memicu D dan C untuk membuka. Maka cairan akan melewati solenoid melalui lubang output F^[4]. perhatikan gambar berikut ini.



Gambar 2.4 Solenoid Keadaan Off



Gambar 2.5 Solenoid Keadaan On

2.6 LCD (Liquid Crystal Display)

Liquid Crystal diterjemahkan sebagai kristal cair. Kristal dibagi atas dua bentuk padat dan cair. Padat dan cair merupakan dua sifat benda yang berbeda. Molekul-molekul benda padat tersebar secara teratur dan posisinya tidak berubah-ubah, sedangkan molekul-molekul zat cair letak dan posisinya tidak teratur karena dapat bergerak acak ke segala arah.. Fase ini atau fase kristal memiliki sifat-sifat padat dan cair secara bersama-sama. Molekul-molekulnya memiliki arah yang sama seperti sifat padat, tetapi molekul-molekul itu dapat bergerak bebas seperti pada cairan. Fase kristal cair ini berada lebih dekat dengan fase cair karena dengan sedikit penambahan temperatur (pemanasan) fasenya langsung berubah menjadi cair. Sifat ini menunjukkan sensitivitas yang tinggi terhadap temperatur. Sifat inilah yang menjadi dasar utama pemanfaatan Kristal cair dalam teknologi^[5].

Jenis kristal cair yang digunakan dalam pengembangan teknologi LCD adalah tipe *nematic* (molekulnya memiliki pola tertentu dengan arah tertentu). Tipe yang paling sederhana adalah *twisted nematic* (TN) yang memiliki struktur molekul yang terpilin secara alamiah . Struktur TN terpilin secara alamiah sebesar 90° Struktur TN ini dapat dilepas pilinannya (*untwist*) dengan menggunakan arus listrik. Lcd telah banyak berkembang dan banyak digunakan dalam teknologi.

Lcd merupakan sebuah display yang berperan sebagai informasi data keluaran dari mikro. Lcd mempunyai 8 data line, tetapi dapat dikendalikan dengan “mode ekonomis”, yaitu dengan menggunakan 4 line teratas dari dataline. Hal ini dapat menghemat 4 pin I.O microcontroller. Data mode adalah keadaan awal pin. Ini maksudnya masing-masing pin dapat dipilih untuk pin lcd. Pilihan ini memberikan kemudahan pada pilihan konfigurasi i/o pada mikrokontroler.

Melalui pin lcd ini dapat memberikan tampilan data yang telah ditulis dalam program bascom. Dalam pemakaian lcd hal yang sangat perlu adalah menset config lcd pada pin yang diinginkan. Penggunaan lcd lebih menyederhanakan tampilan karena tampilan yang dikeluarkan tidak perlu lagi dalam bentuk bit, dibandingkan dengan seven segmen. Rangkaian lcd pada mikrocontroller hanya menyambung port pada port mikrocontroller. Kelebihan pemakaian lcd selain lebih mudah, tampilan yang dihasilkanpun lebih baik.



Gambar 2.6 LCD (Liquid Crystal Display)

2.7 Limit Switch

Limited switch merupakan sejenis komponen yang berfungsi sebagai saklar. Komponen ini bekerja sebagai penghubung dan pemutus arus listrik^[6]. Limit switch bekerja dengan sangat sederhana, dalam beroperasi limit switch tergantung dari jenisnya, namun memiliki prinsip yang sama yaitu on – off . Limit switch dibagi beberapa jenis yaitu, SPST (Single Pole Single Throw), SPDT (Single Pole Double Throw), DPDT (Double Pole Double Throw). SPST atau single pole - single throw bekerja dengan dua kondisi yaitu on – off, saklar hanya menghubungkan serta memutuskan arus listrik. SPDT atau single pole – double throw limit switch ini bekerja untuk 2 kondisi on serta satu kondisi off, on – off – on. SPDT berfungsi untuk sebuah rangkaian yang memiliki dua buah jakur yang terhubung secara terpisah serta pemakaian yang bergantian. DPDT atau double pole – double throw bekerja dengan dua input atau sumber masukan yang dikonfersi menjadi dua jalur keluaran dari setiap masing-masing masukan, dengan kata lain DPDT memiliki empat buah keluaran. Saklar DPDT merupakan gabungan dua buah SPDT yang ada.

Karakter limit switch tergantung dari jenis masing-masing limit switch, seperti pada type SPDT yang on – off, ada juga yang on – on. Pemakaian limit switch tergantung dari apa yang dibutuhkan. Jika menginginkan kondisi saklar tanpa putus dengan dua kondisi jalur terhubung maka dapat menggunakan SPDT dengan jenis on – on. Limit switch ada yang bekerja secara manual yang berarti tombol on – off kita yang mensetnya, yaitu jika menginginkan kondisi terputus maka kita memindahkan saklar pada kondisi off, jika menginginkan kondisi terhubung maka dapat menset pada komdisi on. Sedangkan pada limit switch otomatis komponen yang memiliki kondisi on – off maka keadaan normalnya

adalah normally close, yaitu limit switch dalam keadaan normal berkondisi off. Jika limit switch tertekan maka limit switch berkondisi on, jika tekanan pada limit switch hilang maka kondisi limit switch off kembali dengan sendirinya. Pada limit switch type seperti ini memiliki per dalam komponennya, jika tombol tertekan maka per akan tertekan kebawah, jika beban hilang maka per otomatis akan kembali pada kondisi semula, karena adanya daya lontar pada per. Dalam hal apapun limit switch yang ideal harus memiliki dua karakteristik yang penting, yaitu

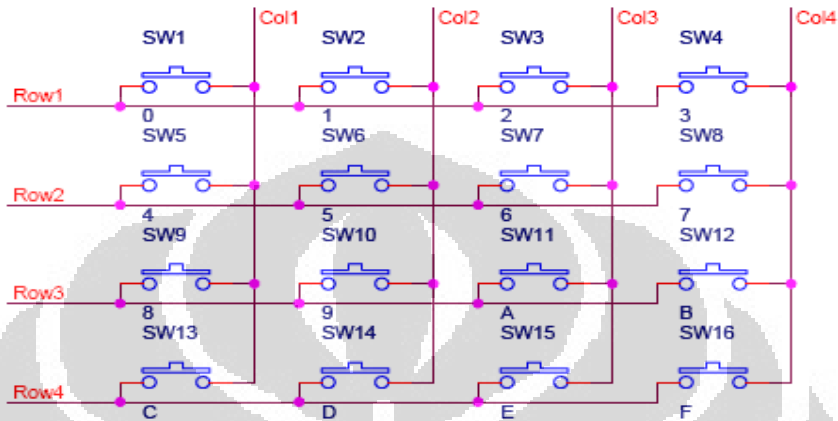
1. Jika pada saat saklar tidak terhubung, saklar yang ideal adalah saklar memiliki nilai hambatan 0 ohm.
2. jika pada saat terhubung, saklar mampu memiliki nilai hambatan yang tak terhingga.

2.8 Keypad

Saat pembuatan suatu alat agar mudah dalam pemerintahan kita memerlukan setidaknya suatu komponen yang memberikan data keluaran yang dapat diterima mikrokontroller sebagai input. Seperti push button, limit switch, sensor, keypad, dan lain-lain. Dalam hal ini penulis menggunakan keypad guna memberikan data perintah untuk mikrokontroller sebagai penentuan langkah-langkah yang diinginkan.

Keypad memiliki berbagai jenis type, ada single key, matrix 3 X 4, 4 X 4, dan sebagainya. Keypad 4 X 4 adalah 4 baris dan 4 kolom. Dari jenis-jenis keypad yang ada memiliki karakteristik tersendiri. Karakter keypad menentukan data-data yang dikeluarkan, dari masing-masing keypad memiliki nilai keluaran data yang berbeda. Data-data yang dihasilkan akan mempengaruhi berkerja atau tidaknya sebuah keypad. Karena bekerja atau tidaknya keypad akan mempengaruhi berjalannya suatu program. Jika data keypad yang dihasilkan tidak sesuai dengan program maka program tidak dapat berkerja. Keypad memiliki 8 pin, dari kedelapan pin ini memiliki data

antar tombol. Pada pembahasan data pengamatan akan penulis tampilkan bilangan biner yang terjadi pada tombol keypad yang penulis gunakan.



Gambar 2.7 Schematic Keypad 4x4

Keypad merupakan penggabungan tombol-tombol push button yang dirangkai menjadi sebuah aklor yang mampu memberikan nilai output. Keypad dalam kinerjanya seperti saklar yang memiliki hubungan nilai hambatan, ketika salah satu tombol keypad tertekan maka akan ada dua hambatan yang akan terhubung. Dalam pencarian data kita perlu menghubungkan bit-bit yang ada pada keypad, saat ada satu tombol keypad yang ditekan maka akan ada dua hambatan yang terhubung. Saat dua hambatan yang terhubung maka keypad menghasilkan nilai output yang dapat diterima mikrokontroller. Saat data diterima mikrokontroller maka programakan bekerja sesuai dengan yang diperintahkan.

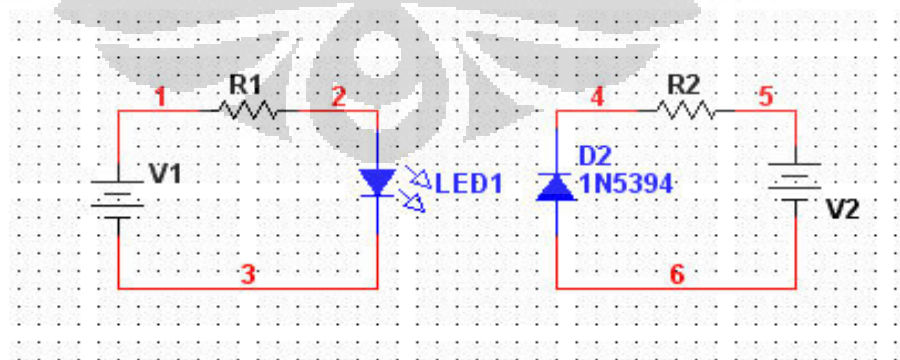


Gambar 2.8 Keypad 4x4

2.9 Optocoupler

Optoelektronik adalah teknologi yang mengkombinasikan optik dan elektronik. Contoh optoelektronik adalah dioda pemancar cahaya (LED), fotodioda, dan *optocoupler*. Sebuah *optocoupler* (juga disebut *optoisolator*) menggabungkan LED dan fotodioda atau fototransistor dalam satu kemasan. Sumber tegangan dan resistor seri mengatur arus yang melalui LED. Kemudian cahaya dari LED mengenai fotodioda, dan akan mengatur arus balik pada rangkaian output.

Keuntungan pokok *optocoupler* adalah terjadinya isolasi elektrik antara rangkaian input dan rangkaian utama. Sehingga apabila terjadi lonjakan tegangan pada rangkaian input tidak akan merusak rangkaian utama. Tegangan yang dapat diisolasi bisa mencapai 3550 volt, bervariasi untuk tiap *optocoupler*.

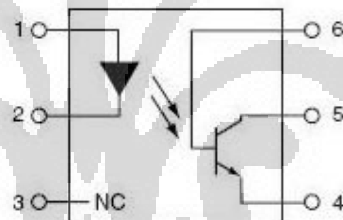


Gamba 2.9 Schematic Optocoupler

Jika bagian basis dari transistor dihubungkan dengan sumber cahaya maka dapat dihasilkan sebuah fototransistor, sebuah alat yang memiliki sensitivitas terhadap cahaya yang lebih baik daripada fotodiode.

Hal ini disebabkan oleh penguatan arus yang besar pada fototransistor. Resiko yang diterima akibat kenaikan kepekaan adalah berkurangnya kecepatan. Sebuah fototransistor lebih peka daripada fotodiode, tetapi tidak dapat menyala dan mati secara cepat.

Fotodiode mempunyai arus keluaran dalam mikroampere dan dapat menyala dan mati dalam orde nanodetik. Fototransistor memiliki arus keluaran dalam miliampere dan berubah menyala dan mati dalam orde mikrodetik. Pada Gambar 2.14. dapat dilihat skematik *optocoupler*, pin 1 dan 2 berhubungan dengan masukan, pin 5 dihubungkan dengan tegangan Vcc dan pin 4 dihubungkan dengan ground.



- | | |
|--------|-----------------|
| PIN 1. | Anoda |
| 2. | Katoda |
| 3. | Tidak terhubung |
| 4. | Emiter |
| 5. | Kolektor |
| 6. | Basis |

Gambar 2.10 Pin Pada Optocoupler

2.10 Mikrokontroler Atmega16

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur *RISC (Reduced Instruction Set Computer)*. Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode *compare*, *interrupt internal* dan *eksternal*, serial UART, *programmable Watchdog Timer*, dan *mode power saving*, ADC dan

PWM internal. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI. ATmega16. ATmega16 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz membuat disainer sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses^[7]. Mikrokontroler jenis Beberapa keistimewaan dari AVR ATmega16 antara lain :

1. *Advanced RISC Architecture*

- *130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution*
- *32 x 8 General Purpose Fully Static Operation*
- *Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz*
- *On-chip 2-cycle Multiplier*

2. *Nonvolatile Program and Data Memories*

- *8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash*
- *Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits*
- *512 Bytes EEPROM*
- *512 Bytes Internal SRAM*
- *Programming Lock for Software Security*

3. *Peripheral Features*

- *Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Mode*
- *Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes*
- *One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode*
- *Real Time Counter with Separate Oscillator*
- *Four PWM Channels*
- *8-channel, 10-bit ADC*
- *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*
- *Programmable Serial USART*

4. *Special Microcontroller Features*

- *Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection*
- *Internal Calibrated RC Oscillator*
- *External and Internal Interrupt Sources*

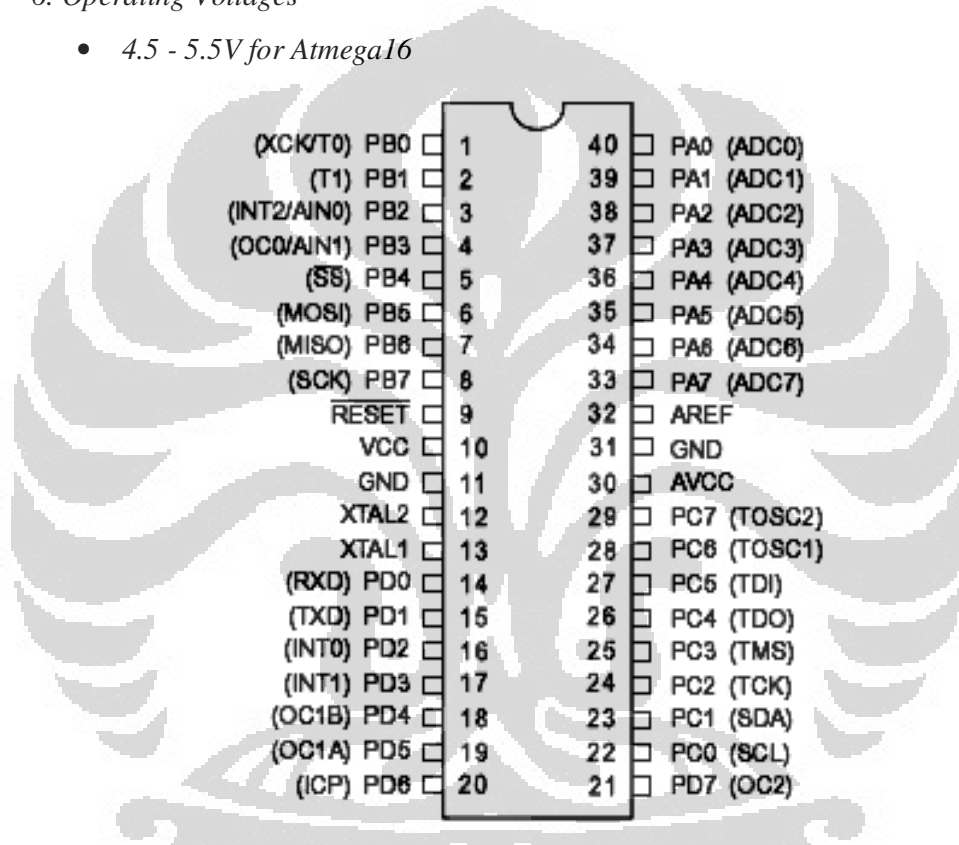
- Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Powerdown, Standby and Extended Standby

5. I/O and Package

- 32 Programmable I/O Lines
- 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad MLF

6. Operating Voltages

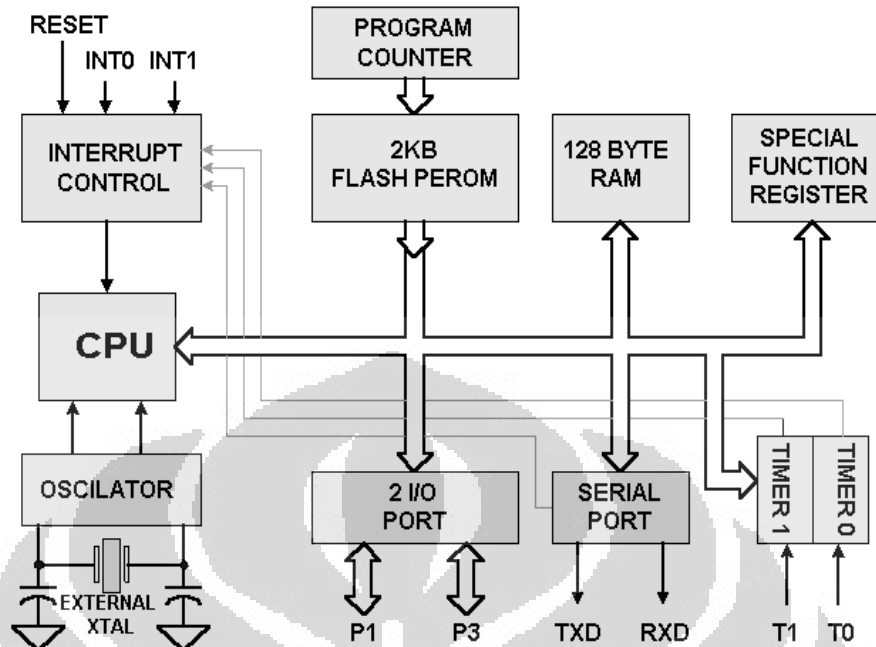
- 4.5 - 5.5V for Atmega16



Gamba 2.11 Pin-pin ATMega16 kemasan 40-pin

Pin-pin pada ATMega16 dengan kemasan 40-pin DIP (*dual inline package*) ditunjukkan oleh gambar 1. Guna memaksimalkan performa, AVR menggunakan arsitektur *Harvard* (dengan memori dan bus terpisah untuk program dan data).

Adapun blok diagram dari IC ATMega16 ini adalah :



Gambar 2.12 Blok Diagram Mikrokontroler ATmega16

2.10.1 Port sebagai input/output digital

ATmega16 mempunyai empat buah port yang bernama *PortA*, *PortB*, *PortC*, dan *PortD*. Keempat port tersebut merupakan jalur *bidirectional* dengan pilihan *internal pull-up*. Tiap port mempunyai tiga buah register bit, yaitu DDx_n , $PORTx_n$, dan $PINx_n$. Huruf 'x' mewakili nama huruf dari port sedangkan huruf 'n' mewakili nomor bit. Bit DDx_n terdapat pada I/O address $DDRx$, bit $PORTx_n$ terdapat pada I/O address $PORTx$, dan bit $PINx_n$ terdapat pada I/O address $PINx$.

Bit DDx_n dalam register $DDRx$ (*Data Direction Register*) menentukan arah pin. Bila DDx_n diset 1 maka Px berfungsi sebagai pin output. Bila DDx_n diset 0 maka Px berfungsi sebagai pin input. Bila $PORTx_n$ diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin input, maka resistor *pull-up* akan diaktifkan. Untuk mematikan resistor *pull-up*, $PORTx_n$ harus diset 0 atau pin dikonfigurasi sebagai pin output. Pin port adalah *tri-state* setelah kondisi reset. Bila $PORTx_n$ diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin output maka pin port akan berlogika 1. Dan bila $PORTx_n$ diset 0 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin output maka pin

port akan berlogika 0. Saat mengubah kondisi port dari kondisi *tri-state* (DDxn=0, PORTxn=0) ke kondisi *output high* (DDxn=1, PORTxn=1) maka harus ada kondisi peralihan apakah itu kondisi *pull-up enabled* (DDxn=0, PORTxn=1) atau kondisi *output low* (DDxn=1, PORTxn=0).

Biasanya, kondisi pull-up enabled dapat diterima sepenuhnya, selama lingkungan impedansi tinggi tidak memperhatikan perbedaan antara sebuah *strong high driver* dengan sebuah *pull-up*. Jika ini bukan suatu masalah, maka bit PUD pada register SFIOR dapat diset 1 untuk mematikan semua *pull-up* dalam semua port. Peralihan dari kondisi *input dengan pull-up* ke kondisi *output low* juga menimbulkan masalah yang sama. Kita harus menggunakan kondisi *tri-state* (DDxn=0, PORTxn=0) atau kondisi *output high* (DDxn=1, PORTxn=0) sebagai kondisi transisi.

Tabel 2.1 Konfigurasi pin port

DDxn	PORTxn	PUD (in SFIOR)	I/O	Pull-up	Comment
0	0	X	Input	No	Tri-state (HI-Z)
0	1	0	Input	Yes	Pxn will source current if ext. pulled low.
0	1	1	Input	No	Tri-state (HI-Z)
1	0	X	Output	No	Output Low (Sink)
1	1	X	Output	No	Output High (Source)

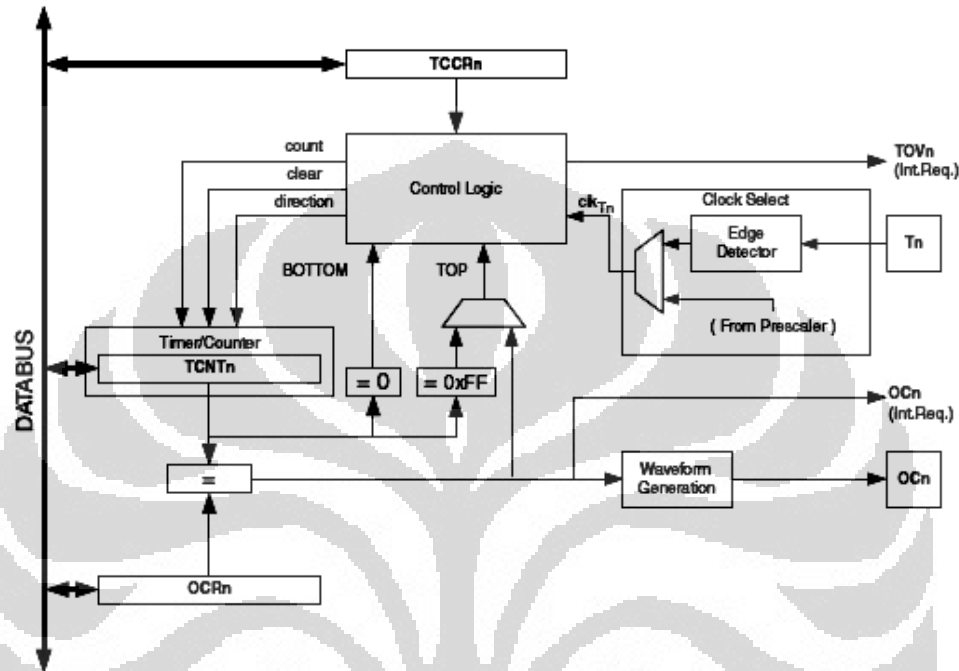
Bit 2 – PUD : *Pull-up Disable*. Bila bit diset bernilai 1 maka *pull-up* pada port I/O akan dimatikan walaupun *register* DDxn dan PORTxn dikonfigurasi untuk menyalakan *pull-up* (DDxn=0, PORTxn=1).

2.10.2 Timer

Timer/counter adalah fasilitas dari ATmega16 yang digunakan untuk perhitungan pewaktuan. Beberapa fasilitas *channel* dari timer counter antara lain: *counter channel* tunggal, pengosongan data timer sesuai dengan data pembanding, bebas *-glitch*, tahap yang tepat *Pulse Width Modulation (PWM)*, pembangkit frekuensi, *event counter external*..

Gambar diagram *block* timer/counter 8 bit ditunjukkan pada gambar 2. Untuk penempatan pin I/O telah di jelaskan pada bagian I/O di atas.

CPU dapat diakses register I/O, termasuk dalam pin-pin I/O dan bit I/O. *Device* khusus register I/O dan lokasi bit terdaftar pada deskripsi timer/counter 8 bit.



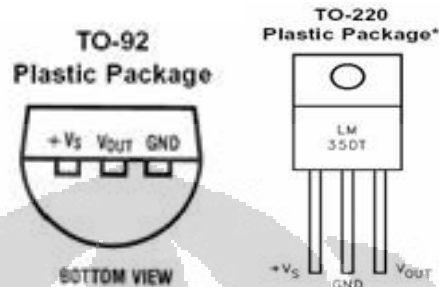
Gambar 2.13 Blok diagram timer/counter

2.11 Sensor LM 35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor Suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika elektronika yang diproduksi oleh *National Semiconductor*. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan.

Meskipun tegangan sensor ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi yang diberikan ke sensor adalah sebesar 5 volt, sehingga dapat digunakan dengan catu daya tunggal dengan ketentuan bahwa LM35 hanya membutuhkan arus sebesar 60 μ A hal ini berarti LM35 mempunyai kemampuan menghasilkan panas (*self-*

heating) dari sensor yang dapat menyebabkan kesalahan pembacaan yang rendah yaitu kurang dari 0,5 °C pada suhu 25 °C .



Gambar 2.14 Bentuk Fisik LM 35

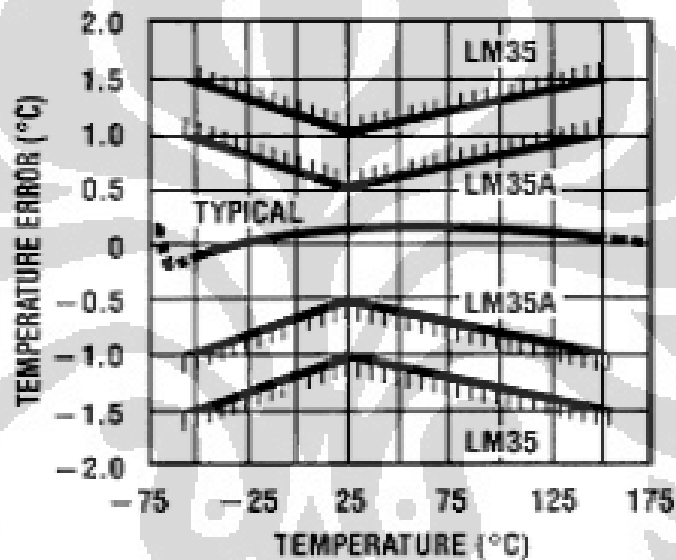
Gambar diatas menunjukkan bentuk dari LM35 tampak depan dan tampak bawah. 3 pin LM35 menunjukan fungsi masing-masing pin diantaranya, pin 1 berfungsi sebagai sumber tegangan kerja dari LM35, pin 2 atau tengah digunakan sebagai tegangan keluaran atau V_{out} dengan jangkauan kerja dari 0 Volt sampai dengan 1,5 Volt dengan tegangan operasi sensor LM35 yang dapat digunakan antar 4 Volt sampai 30 Volt. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap derajat *celcius* sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$V_{LM35} = \text{Suhu} * 10 \text{ mV}$$

Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu 1 °C akan menunjukan tegangan sebesar 10 mV. Pada penempatannya LM35 dapat ditempelkan dengan perekat atau dapat pula disemen pada permukaan akan tetapi suhunya akan sedikit berkurang sekitar 0,01 °C karena terserap pada suhu permukaan tersebut. Dengan cara seperti ini diharapkan selisih antara suhu udara dan suhu permukaan dapat dideteksi oleh sensor LM35 sama dengan suhu disekitarnya, jika suhu udara disekitarnya jauh lebih tinggi atau jauh lebih rendah dari suhu permukaan, maka LM35 berada pada suhu permukaan dan suhu udara disekitarnya . Berikut ini adalah karakteristik dari sensor LM35.

- Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mVolt/°C, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam *celcius*.
- Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5°C pada suhu 25 °C seperti terlihat pada gambar 2.2.

- Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 °C sampai +150 °C.
- Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
- Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 μA .
- Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (*low-heating*) yaitu kurang dari 0,1 °C pada udara diam.
- Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
- Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4}$ °C.



Gambar 2.15 Grafik akurasi LM35 terhadap suhu

2.12 ADC (Analog To Digital Converter)

ADC adalah suatu piranti yang dirancang untuk mengubah sinyal - sinyal analog menjadi bentuk sinyal digital. Atau dapat pula disimpulkan ADC ini dapat merubah nilai suatu masukan yang berupa tegangan listrik dalam voltase atau sinyal analog lainnya menjadi keluaran berupa nilai digital. Dalam penggunaannya ADC ini adalah tegangan maksimum yang dapat dikonversikan dari rangkaian pengkondisian sinyal, resolusi, ketepatan dan waktu konversinya.

Dalam sistem digital ADC ini berupa rangkaian yang dapat merubah suatu masukan yang berupa tegangan dalam satuan voltage, kemudian ADC ini

mengubahnya menjadi nilai digital yang berupa nilai biner. Dapat dilihat dari LED yang menyala dari 8 bit yang telah ada jika salah satu LED menyala dihitung satu sehingga besarnya keluaran dari suatu tegangan dapat dihitung melalui konversi bilangan

ADC internal pada ATmega16 merupakan ADC 10-bit yang bernilai 1024. ADC internal ini digunakan untuk input dari sensor serta masukan / data lain yang digunakan, seperti SSR dan indikator pada heater. Prinsip kerja ADC sendiri ialah memberi tegangan masukan pada Port yang tersedia pada ATmega16. ADC memerlukan daya sebesar 5 volt pada pin Vcc (Vref) dan GND dihubungkan dengan ground, dengan $V_{ref} = \frac{1}{2} V_{cc}$. Biasanya Vref bernilai 2.56 V, dari beberapa indikasi yang dimiliki oleh ADC kita dapat mengetahui berapa volt tegangan yang dibutuhkan oleh ADC untuk menaikan 1 byte^[8]. Persamaan untuk mengetahui resolusi pada ADC adalah :

$$\text{Resolusi } Q = V_{ref} / 2^N \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan :

- Q = tingkat kuantisasi / resolusi
- Vref = tegangan referensi
- N = jumlah bit keluaran

BAB 3

PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai sistem perancangan alat ukur viskositas dengan pipa kapiler metode poiseuille. Dalam merancang sistem ini dibuat blok diagram dari sistem ini secara keseluruhan. Membuat konstruksi mekanik, merancang rangkaian elektronik yang bertujuan untuk menggerakkan dari komponen-komponen hardware yang digunakan. Serta dengan menggunakan software bascom avr yang berguna untuk mengatur pergerakan dari komponen-komponen hardware yang dipasangkan pada konstruksi mekanik. Pada bab ini akan dijelaskan satu persatu dari bagian-bagian tersebut.

3.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan sistem beserta cara kerja dari masing-masing konstruksi mekanik, *hardware* serta *software* yang digunakan penulis dalam penyusunan alat ukur koefisien viskositas zat cair memakai pipa kapiler dengan metode poiseuille.

Pada system yang bekerja pada alat ini memanfaatkan software dari Bascom-AVR (Basic Compiler – AVR) yang menjadi pengatur lalu lintas dari system alat ini. Bascom berperan sebagai program yang memerintahkan agar system dapat bekerja, bascom hanyalah software yang kemudian tersimpan di Atmega16. Dalam perancangan system ini memakai berbagai macam elektronik dalam menjalankan proses system ini. System dari alat ini dipengaruhi pada perubahan suhu, serta perubahan pada ketinggian (h). Alat ukur viskositas zat cair memakai pipa kapiler dengan metode poiseuille, merupakan rancangan dari alat ukur untuk menentukan kekentalan dari zat cair. Pada metode poiseuille yang membedakan dengan metode lain ada pada pemakaian pipa kapiler, perubahan ketinggian, serta adanya kondisi suhu yang terjadi pada zat cair tersebut. Pada perubahan ketinggian penulis memakai dari aplikasi motor DC dalam melakukan putaran posisi. Dalam menghubungkan antara hardware dengan mikrokontroler dalam hal ini adalah Atmega16 diperlukan

sebuah driver. Driver berfungsi sebagai penguat arus mikrokontroler untuk menggerakkan motor DC, dimana motor DC bertindak sebagai aktuator mekanik pergerakan asdrat untuk perubahan ketinggian. Untuk memandu pergerakan motor untuk mencapai posisi yang diinginkan dipergunakan optokoupler yang bertindak sebagai umpan balik loop tertutup dari sistem. Pada system ini suhu yang terjadi pada kondisi normal. Pembacaan suhu menggunakan IC LM 35, LM 35 berfungsi sebagai sensor temperature yang diletakan pada box sirkulasi air. Penggunaan IC LM 35 dikarenakan data yang dihasilkan dari IC ini sudah linear, dan memberikan output tegangan. Dalam penggunaannya tegangan yang dihasilkan pada ic ini diterima di ADC pada mikrokontroler Atmega16. Sedangkan yang menjadi dasar pengukuran viskositas zat cair metode poiseuille adalah pipa kapiler maka digunakan pipa kaca dengan ukuran 2mm - 3mm.

3.2 Blok Diagram Sistem

Pada perancangan ini dibuat blok diagram yang bertujuan untuk dapat mempermudah untuk melakukan pengerjaan dan pembacaan dalam system ini. Dari blok diagram ini dapat dilihat bagian yang menjadi input pada mikrokontroler dan output yang diproses oleh mikrokontroler. Pada pembacaan input bertujuan untuk memproses setiap langkah-langkah yang akan dijalankan oleh mikrokontroler. Seperti yang diketahui mikrokontroler merupakan suatu software yang berfungsi untuk memproses sebuah system. Dalam proses ini mikrokontroler memberikan sinyal tegangan untuk menjalankan suatu driver yang berfungsi untuk menggerakkan komponen-komponen hardware. Pada bagian ini akan dijelaskan kegunaan masing-masing dari komponen-komponen yang ada pada blok diagram.

1. Sensor Temperatur (LM35)

Sensor LM35 ini berfungsi untuk mendeteksi pembacaan suhu air yang terbaca pada penampang air yang terhubung pada pipa kapiler, yang mana pada pembacaan suhu ini dalam keadaan suhu air normal sekitar 27.4°C . Pembacaan suhu tersebut merupakan input untuk mikrokontroler. Input ini berupa temperature yang berfungsi sebagai informasi buat

mikrokontroller. Untuk mengetahui kondisi air pada penampang air yang terhubung pada pipa kapiler.

2. Keypad

Keypad berfungsi untuk menginputkan nilai parameter yang di butuhkan mikrokontroler untuk memproses data. Nilai input yang dimasukan bertujuan untuk memproses data bagi mikrokontroller. Nilai yang dimasukan pada melalui keypad berupa panjang pipa kapiler (l), jari-jari pipa kapiler (r), nilai ketinggian (h), waktu aliran air perdetik, dan massa jenis zat cair yang digunakan (m). Dengan memasukkan parameter-parameter tersebut melalui keypad maka mikrokontroler akan memproses parameter-parameter yang masuk kemudian akan bekerja sesuai yang diisikan.

3. Volume

Volume ini memakai timbangan loadcell, dimana output keluaran yang dihasilkan adalah berupa tegangan. Jadi dibutuhkan driver untuk mengolah sinyal yang kemudian dibaca pada adc yang telah tersedia oleh mikrokontroller atmega 16. Timbangan ini untuk mendapatkan nilai volume aliran zat cair perdetik, seperti halnya metode yang digunakan oleh Poiseuille.

4. Up down counter

Up down counter ini merupakan driver yang berfungsi membaca data optocoupler yang telah terpasang pada motor dc. Driver ini memberikan data dalam 1 putaran berapa counter yang dihasilkan, yang akan dibaca oleh mikrokontroller. Kegunaan dari driver ini untuk memproses perubahan ketinggian.

5. Motor dc

Motor dc ini merupakan output dari mikrokontroller untuk memberikan perubahan ketinggian pada pipa kapiler yang telah terpasang pada

mekanik. Ketika memasukan nilai ketinggian, maka motor dc akan bergerak menuju posisi yang telah diisikan.

6. Water pump

Water pump berguna untuk menutar atau meberikan siklus dalam putaran air pada penampung air yang dibawah dan diatas. Jadi air akan berputar dari bawah keatas. Jadi kegunaannya untuk menggerakkan air.

7. SSR (Solid State Relay)

Dalam sistem ini digunakan SSR 20A AC dan 3-6V DC. SSR berfungsi untuk menjalankan water pump. Jika kondisi SSR diberikan tegangan 3-6 V dari mikrokontroller maka water pump akan bekerja. 3-6 V ini didapat dari signal mikrokontroller yaitu pada porta.6, jika kondisi porta.6 dalam keadaan set (berlogika 1), maka akan ada tegangan yang keluar dari porta.6 yang akan menjalankan water pump.

8. Solenoid

Solenoid berfungsi untuk membuka dan menutup aliran air yang terhubung antara wadah penampung air dengan pipa kapiler. Solenoid yang digunakan berjenis liquid. Membuka dan menutupnya aliran tergantung berapa lamanya waktu yang diinginkan. Jadi solenoid merupakan kondisi untuk mencari volume aliran zat cair perdetik. Waktu ini akan dibaca oleh mikrokontroller yang nantinya akan menggerakkan solenoid.

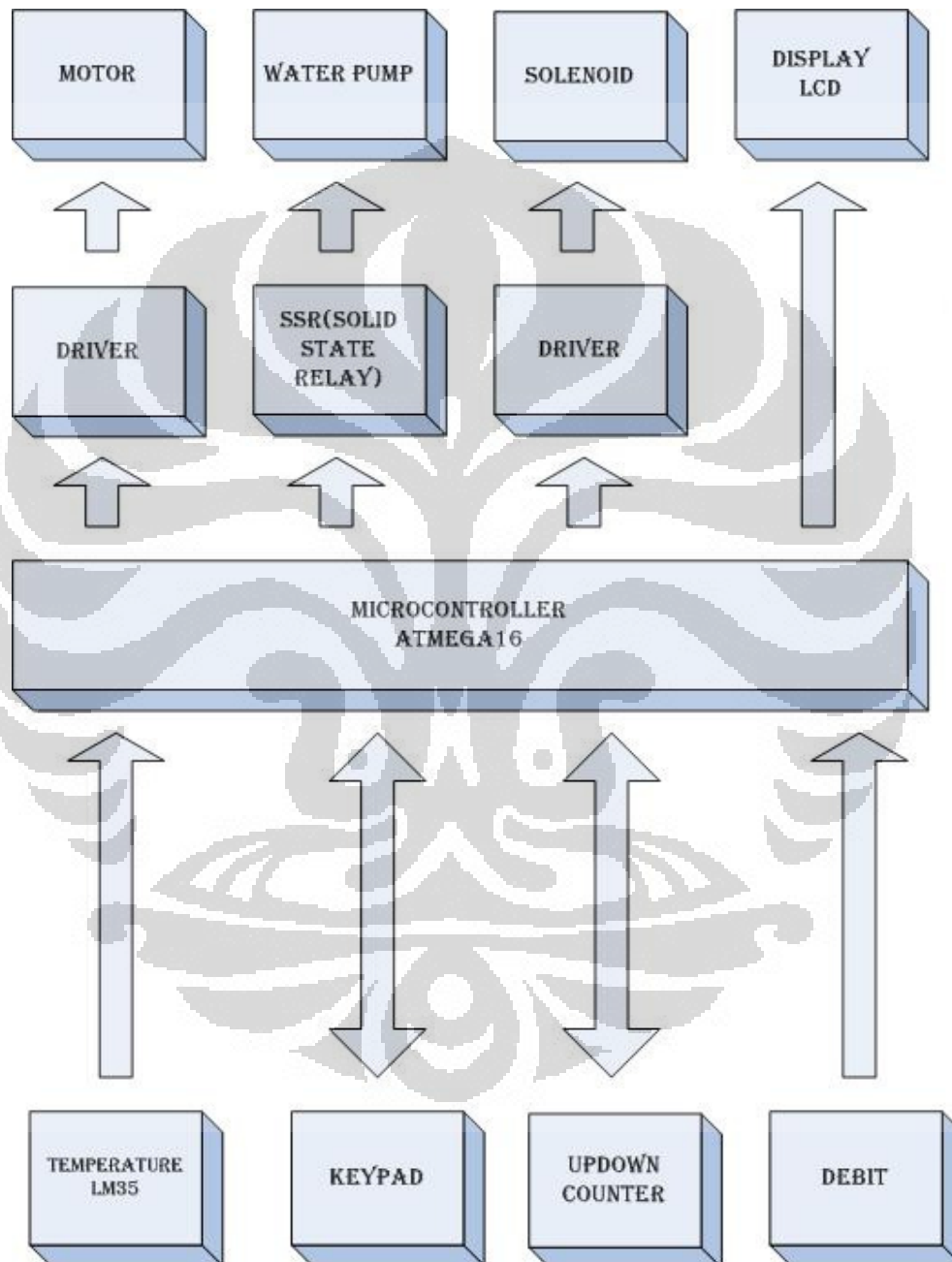
9. Display (LCD)

Merupakan output berupa tulisan yang tampil pada layar. Kegunaan LCD atau

Liquid crystal display untuk menampilkan nilai-nilai parameter atau input yang digunakan. Selain itu juga untuk menampilkan hasil akhir nilai viskositas.

10.Mikrokontroller

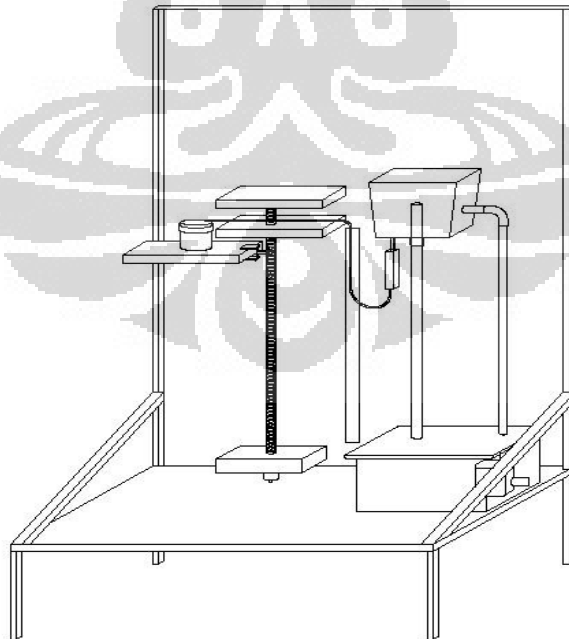
Pada sistem ini menggunakan Mikrokontroler tipe ATmega 16. Mikro ini merupakan chip yang di dalamnya tertulis program untuk menjalankan proses dari system ini secara keseluruhan.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Pada Mikrokontroler

3.3 Konstruksi Mekanik

Perancangan dalam pembuatan mekanik dibuat agar menyerupai dari system pengukuran viskositas zat cair memakai pipa kapiler dengan metode poiseuille. Dalam perancangan bangun mekanik penulis memakai aplikasi dari motor DC, assdrat atau besi ulir, bahan PE, serta papan. Perubahan ketinggian (h) dalam system ini adalah adanya perubahan posisi pipa kapiler terhadap sumbu debit air yang maksimal. Dalam perubahan posisi pipa kapiler ini motor dirancang untuk menggerakkan besi assdrat untuk merubah posisi pipa kapiler. Pipa kapiler ini diletakan pada bahan PE yang terhubung dengan besi assdrat. Besi assdrat yang penulis gunakan berukuran 2 mm atau 1 putaran yang terjadi pada besi assdrat sama dengan perubahan 1 cm yang berarti 5 putaran. Pada motor dc sudah dipasangkan optokoupler yang berfungsi sebagai pembacaan posisi. Jadi optocoupler akan membaca setiap putaran yang terjadi. Jadi akan diketahui posisi ketinggian pipa kapiler.



Gambar 3.2. Rancang Bangun mekanik

Dalam merancang perubahan suhu untuk mengukur kekentalan zat cair, penulis membuat dengan memanfaatkan *container box*, *water pump AC* atau pompa motor AC, selang air. *Water pump AC* atau pompa air AC akan terus mengalirkan air melalui selang menuju *container box* yang berada di atasnya. Pompa air AC ini akan terus bekerja kecuali sistem berhenti keseluruhan. Pada *container box* yang berada di atas telah dipasangkan pengatur debit airnya, jadi volume air pada *container box* yang di atas tidak akan melebihi debit airnya. Dari debit air inilah yang menjadi titik nol dalam perubahan ketinggian.

3.4 Konstruksi Rangkaian Atau Driver

Pada konstruksi ini adalah pembuatan driver untuk mensinkronisasikan antara hardware dan software. Dalam perancangan driver ini maka yang digunakan hanya sebatas pada hardware yang memerlukan driver guna menjalankan hardware tersebut. Driver yang penulis gunakan adalah driver motor, driver up-down counter, driver heater, serta rangkaian minimum system untuk pengendali mikrikontroller untuk Atmega16.

3.4.1 Rangkaian Driver Motor L298

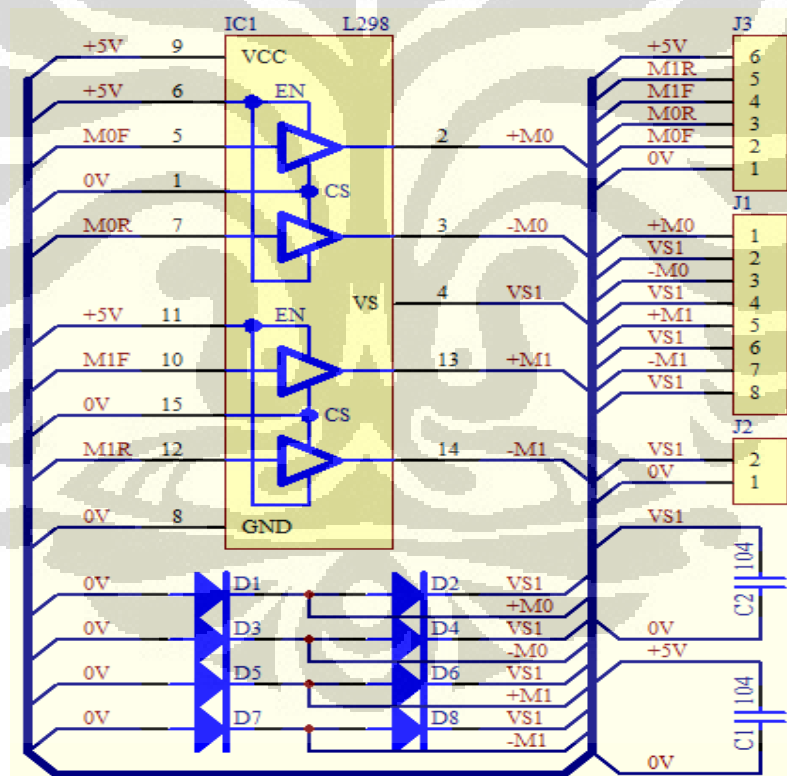
Pada driver motor ini seperti diketahui bahwa motor DC dapat bekerja bolak-balik. Prinsip kerja dalam motor dc dapat dijelaskan dengan prinsip elektromagnetik. Tegangan yang diinduksikan dalam sebuah konduktor harus sedemikian rupa hingga medan magnet yang dibangkitkan dari hasil arus dalam konduktor akan berlawanan terhadap gerak induksi medan magnet. Pada prinsipnya input pada motor tidaklah memiliki input yang sama, artinya jika satu kutub pada motor diberikan tegangan maka kutub lainnya berkondisi nol. Hal tersebutlah yang membuat motor bergerak. Jika pemberian tegangan pada kutub yang lainnya, maka motor akan bergerak sebaliknya.

Seperti yang terlihat pada gambar rangkaian driver dibawah ini. Pada IC L298 ini ada menseleksi setiap logic yang masuk, dengan memanfaatkan logic gerbang and. Seperti yang terlihat pada kaki 6 dan 11 yang diberikan supply sebesar 5V, yang berarti kondisi logiknya satu. Sedangkan L298 memiliki kaki input sebanyak 4 input, yaitu pada kaki 5, 7, 10, dan 12. Jadi jika salah satu kaki diberikan tegangan sebesar 5V pada kaki input maka tegangan akan mengalir pada salah satu kaki output. Jadi prinsip kerja pada driver ini kaki motor salah satunya dipasang pada kaki output yaitu, kaki 2, 3, 13, dan 14. Jadi input diberikan oleh mikrokontroller. Pada rangkaian ini dipasang diode yang bertujuan untuk mengendalikan arus yang besar berasal dari kaki 1 dan 15, jadi diode juga bertujuan sebagai pengaman.

Penulis akan membahas cara kerja dari rangkaian ini dengan mencontohkan dengan apa yang telah penulis lakukan. Penulis memasang motor pada pin kaki 2 dan kaki 3. Sedangkan input pada kaki 5 dan 7. Sedangkan pada kaki 9 penulis memberikan tegangan sebesar 24V untuk tegangan motor. Ketika pada kaki 5 diberikan tegangan sebesar 5V maka output yang bekerja ada pada kaki 2, tegangan yang ada pada kaki 9 sebesar 24V akan menuju pada kaki output, maka yang terjadi motor berputar searah jarum jam. Ketika tegangan 5V diberikan pada kaki 7 output yang dihasilkan ada pada kaki 3, tegangan yang ada pada kaki 9 sebesar 24V akan menuju pada kaki output, maka motor bergerak berlawanan arah jarum jam. Jika kaki 5 dan 7 maka motor tidak bergerak. Penggunaan pin untuk motor 2 arah memakai 2 input dan 2 output.

Pada rangkaian ini juga tidak hanya digunakan untuk motor saja. Rangkaian ini juga digunakan untuk menjalankan solenoid valve. Karena karakteristik solenoid valve tidak berbeda dengan motor. Solenoid juga menggunakan tegangan 24V sama seperti motor dc. Jika logic diberikan pada pin input maka tegangan 24V akan mengalir pada kaki output, sama halnya dengan motor dc.

Jadi rangkaian ini adalah mengatur aliran tegangan untuk menggerakkan motor atau solenoid berdasarkan kondisi logic yang diberikan pada input. Pada rangkaian ini terdapat 4 input dan 4 output.



Gambar 3.3 Schematic Rangkain Driver Motor

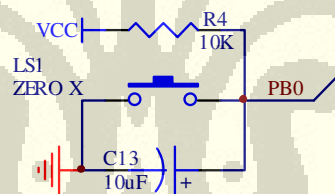
Berikut ini adalah table fungsi dari pin L298. Dari table ini akan dijelaskan mengenai fungsi-fungsi yang terdapat pada pin L298.

Tabel 3.1 Fungsi Pin L298

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V _S	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	VSS	Supply Voltage for the Logic Blocks. A100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
-	3;18	N.C.	Not Connected

3.4.2 Rangkaian Limit Switch

Untuk membatasi pergerakan dari mekanik bor, rangkaian akan menghasilkan logika 0, sedangkan saat kondisi standby memberikan logika 1.



Gambar 3.4 Rangkaian Limit Switch

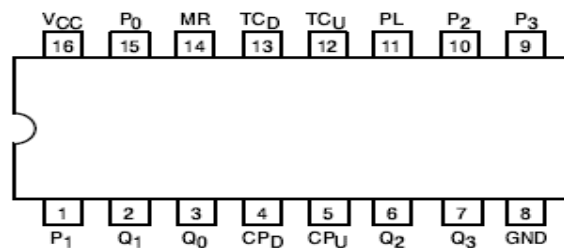
Bila limit switch tidak tersentuh maka VCC akan mengalir langsung ke GND melewati kapasitor sehingga membuat pengisian kapasitor, yang setelah jenuh akan membuat VCC langsung mengalir ke pin. Tetapi bila tertekan, maka semua VCC akan mengalir ke GND sehingga membuat pin menjadi logika rendah.

3.4.3 Rangkaian Up-Down Counter

Pada rangkaian ini memiliki tujuan untuk menentukan posisi ketinggian (h) pipa kapiler. Rangkaian ini terhubung juga pada motor dc, jadi motor dc berperan menjalankan perintah untuk berapa banyak melakukan putaran. Rangkaian up-down

counter ini berfungsi untuk membaca jumlah bit pada mikrokontroller. Mikrokontroller akan memberikan perintah untuk bit mana yang bekerja. Up-down akan memilih untuk bit yang menjalankan motor naik atau turun. Pada rangkaian ini terdapat rangkaian regulator yang berfungsi sebagai penkondisian sinyal. Maksudnya adalah sinyal yang dihasilkan oleh optocoupler yang terdapat dimotor dc maka sinyal tersebut akan memberikan input untuk rangkaian counternya. Jadi fungsinya adalah pada sinyal awal untuk memberikan logic untuk menentukan counter up atau counter down. Yaitu pada TCD0 dan TCU0, TCD0 adalah counter untuk down, sedangkan TCU0 adalah untuk counter up. TCU0 dan TCD0 inilah yang akan pertama kali dibaca oleh IC counter 74LS193 pada kaki 4(Counter Down) dan 5(Counter Up) ^[9].

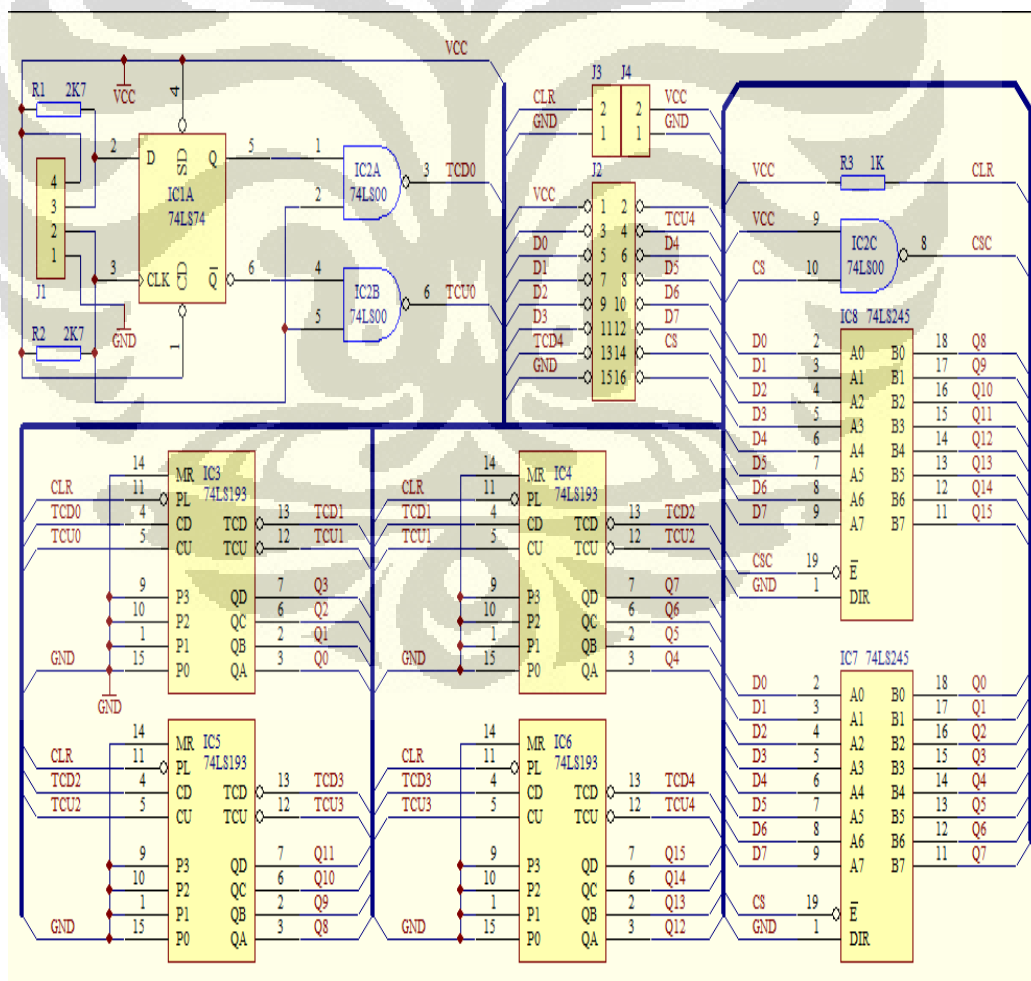
Pada rangkaian ini rangkaian counter ada pada IC 74LS193, dimana ic ini dapat mengcounter hingga 16 bit disetiap ICnya. Jika counter telah mencapai 16 bit maka counter akan berpindah pada IC counter yang lain. Pada IC ini counter dereset dengan memberikan saklar pada kakai clear yang berfungsi sebagai pereset counter. Setelah data counter didapat maka data ini akan terbaca pada mikrokokntroller. Jadi rangkaian ini bertujuan untuk memberikan kondisi counter yang nantinya akan digunakan untuk menggerakan motor dc.



Gambar 3.5 Koneksi Pin Pada IC 74LS193

Pada rangkaian ini juga terdapat IC 74LS245 yang mana IC ini berfungsi sebagai tristet. Seperti diketahui arus mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah. Jadi IC ini memiliki fungsi untuk menselektor. Hal ini dipengaruhi oleh CS pada kaki 14 pada pada J2, yaitu yang terhubung pada mikrokontroller, jika cs bernilai 0 maka CSC bernilai 1, hal ini dapat terlihat pada IC 74LS00 pin 10. Dimana ic ini memiliki karakteristik gerbang logika.

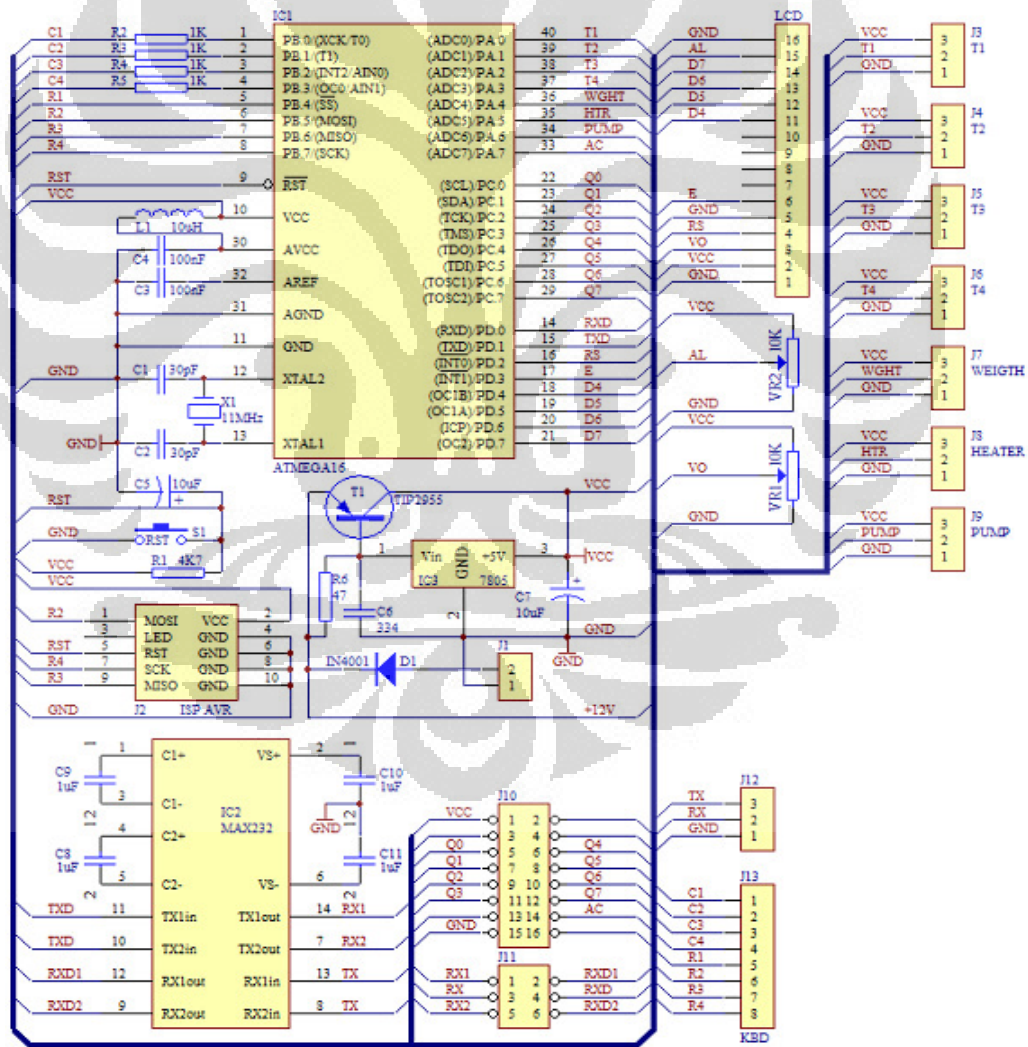
Pada ic ini gerbang logika yang dimiliki adalah nand. Jika CS 0 maka CSC 1, maka IC yang akan mendapatkan arus adalah IC8, sedangkan untuk IC7 kondisinya off^[10].



Gambar 3.6 Schematic Rangkaian Up-Down Counter

3.4.4 Rangkaian Minimum System

Rangkaian minimum system bertujuan untuk menyediakan lingkungan minimum yang memungkinkan pengendali mikro bekerja secara optimal, dilengkapi dengan soket ISP (*In-System Programming*) sehingga memudahkan dalam proses pengisian program. Sebagai sumber pewartuan utama mempergunakan kristal 11MHz yang berfungsi untuk menentukan kecepatan eksekusi instruksi program.



Gambar 3.7 Schematic rangkaian minimum system

3.4.5 Analog Digital Converter

ADC merupakan suatu bentuk pengubah yang dapat mengubah sinyal *analog* menjadi sinyal *digital*. Pengubah *analog* ke *digital* (ADC) dapat mengubah tegangan *analog* menjadi kode *digital*. ADC biasanya digunakan jika keluaran dari sensor masih berupa tegangan *analog* dan pada tahap penampilan diperlukan data dalam bentuk *digital*. Keluaran yang diperoleh dari ADC merepresentasikan besarnya tegangan *analog* yang telah dikonversikan ke dalam bentuk data *digital*. Hasil konversi ADC bergantung pada tegangan referensi (V_{ref}) yang diberikan dan jumlah bit keluaran (N). Kepekaan ADC ditentukan oleh resolusi atau tingkat kuantisasinya. Resolusi dari ADC didefinisikan sebagai besarnya tegangan masukan yang dapat mengubah satu bit keluarannya.

ADC internal pada ATMEGA16 merupakan ADC 10-bit yang. ADC internal ini digunakan untuk input dari sensor serta masukan / data lain yang digunakan, seperti SSR dan indikator pada heater. Prinsip kerja ADC sendiri ialah memberi tegangan masukan pada Port yang tersedia pada ATMEGA16. ADC memerlukan daya sebesar 5 volt pada pin V_{cc} (V_{ref}) dan GND dihubungkan dengan ground, dengan $V_{ref} = \frac{1}{2} V_{cc}$.

3.4.6 IC LM 35

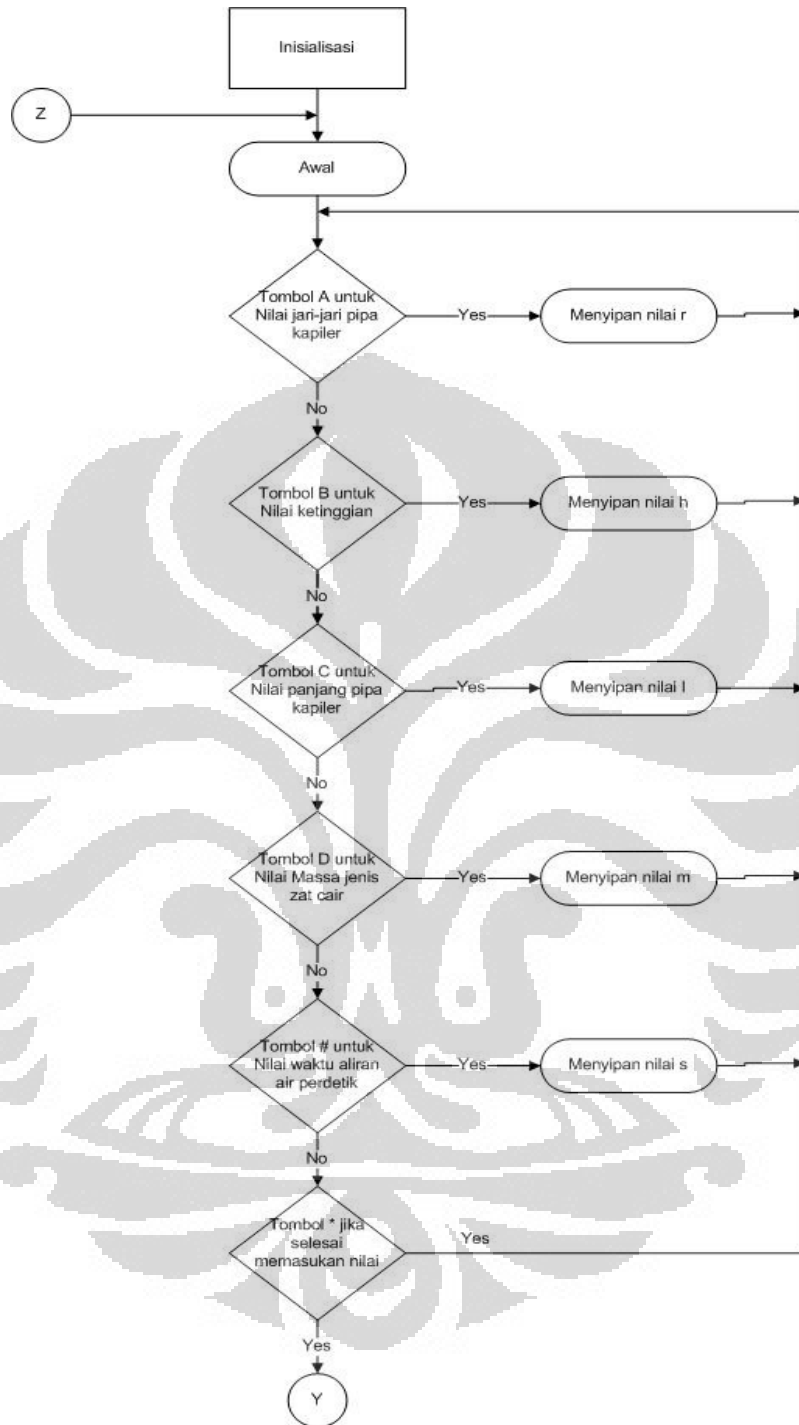
Sensor suhu LM35 merupakan IC sensor temperatur, dimana tegangan keluarannya linier dan dalam satuan celcius. Piranti ini memang didesain untuk dapat memberikan tegangan keluaran (*output*) yang berubah-ubah secara linier seiring dengan perubahan suhu (*temperature*) yang juga terjadi secara linier. LM35 memiliki tegangan keluaran yang berubah-ubah sesuai suhu sekitar dengan kenaikan tegangan yang tetap. Perubahan yang terjadi di bagian keluaran IC ini tentulah masih berupa tegangan listrik analog yang tidak dapat dibaca secara langsung oleh piranti yang menggunakan pemrosesan data secara digital. Untuk melakukan perubahan dari bentuk analog menjadi digital maka dibutuhkan piranti tambahan yang dikenal dengan nama Analog to Digital Converter atau lebih sering disingkat dengan ADC, dalam rangkaian ini dipergunakan ADC internal 10-bit. Pin V_{in} (+) dihubungkan kekeluaran dari

Vout LM35 yang masih berupa tegangan analog hasil penginderaan suhu ruangan yang akan dikonversikan menjadi data digital 10-bit (400 hexadecimal = 1024 desimal).

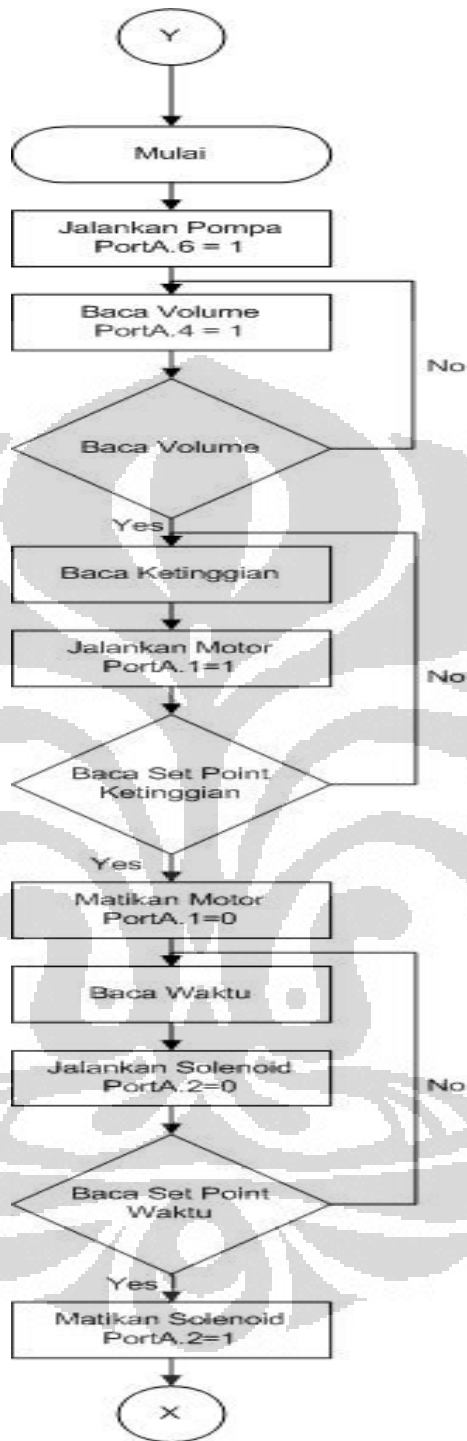
LM35 akan memberikan respon 10mV setiap kenaikan 1°C, respon tersebut masih berupa analog sehingga perlu diconverter melalui ADC yang terdapat pada ATMEGA16. Didalam ATMEGA16 terdapat ADC 10-bit yang berfungsi sebagai perubah data analog menjadi digital. Setiap kenaikan tegangan pada LM35 akan direspon oleh ADC menjadi data digital, data digital inilah yang akan menjadi referensi untuk pemrograman pada BASCOM-AVR. Tapi berapakah nilai digital untuk setiap kenaikan tegangan analog yang diberikan oleh LM35. Untuk mengaktifkan ADC diperlukan tegangan catu daya sebesar 5 volt pada pin Vcc (Vref) dan GND dihubungkan dengan ground. ADC biasanya memiliki Vref sebesar $\frac{1}{2}V_{in}$, artinya ADC memiliki Vref 2.56V. dengan mengetahui Vref maka kita dapat mengetahui respon yang diterima oleh ADC untuk menaikkan 1 data digital. Berikut adalah rumus umum yang digunakan :

3.5 Perancangan Perangkat Lunak.

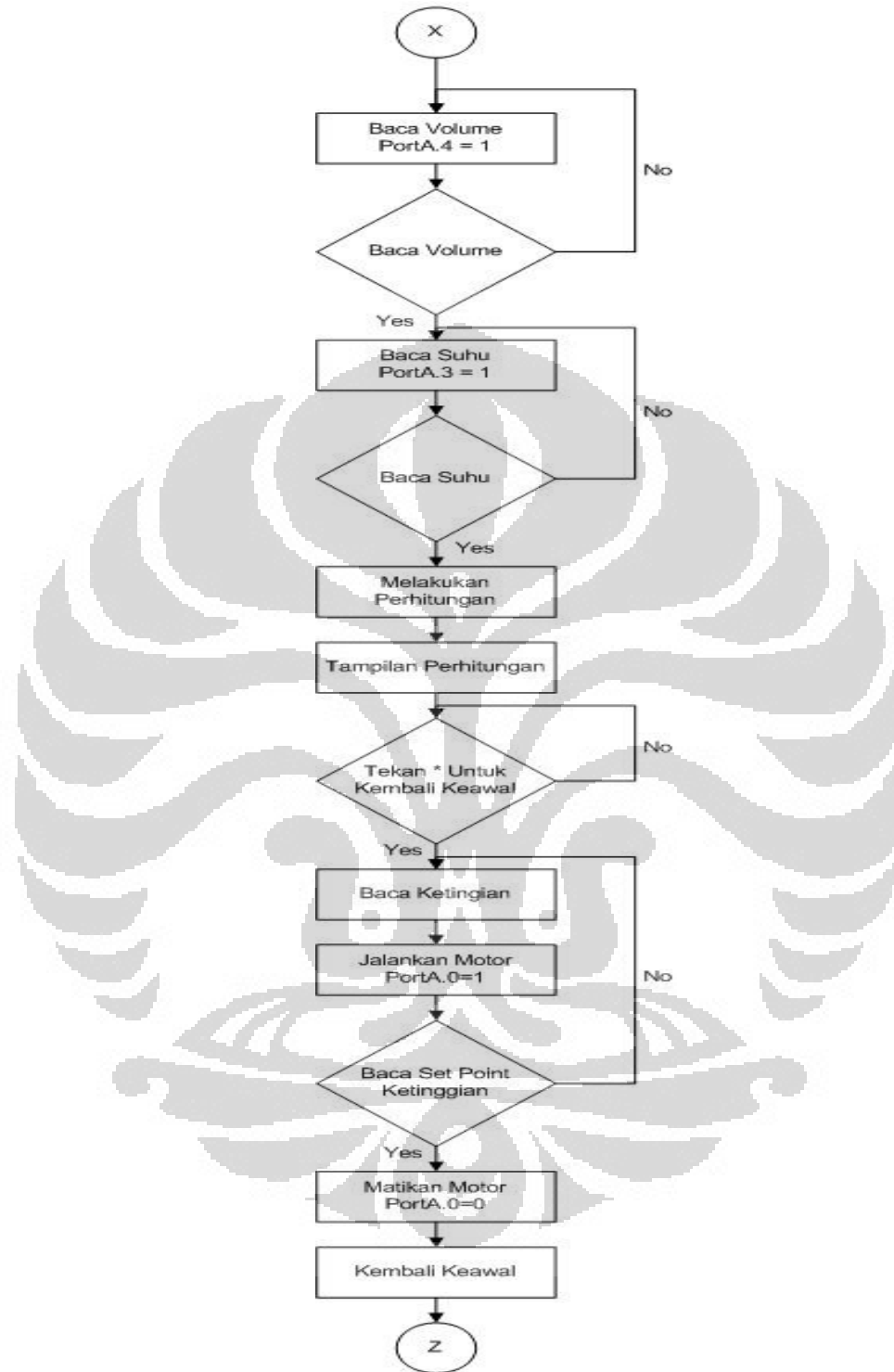
Pada perancangan keseluruhan sistem menggunakan dua perangkat lunak, perangkat lunak pertama merupakan perangkat lunak untuk pengendali mikro Atmega 16 dengan menggunakan program BASCOM AVR 8.1. Pada perangkat lunak ini memiliki fungsi sebagai pengendali dari keseluruhan system. Pada perangkat lunak ini akan dibuat program untuk menjalankan seluruh kinerja sistem agar system dapat bekerja secara otomatisasi. Semua data akan diolah pada perangkat lunak ini. Setelah dibuat program untuk menjalankan system ini maka program dapat disimpan pada Atmega 16. Atmega 16 inilah yang menyimpan keseluruhan program. Dalam perancang perangkat lunak ini akan ditampilkan flowchart yang bertujuan untuk mempermudah dalam penulisan program yang akan dibuat.



Gambar 3.8 Flowchart Utama Sistem



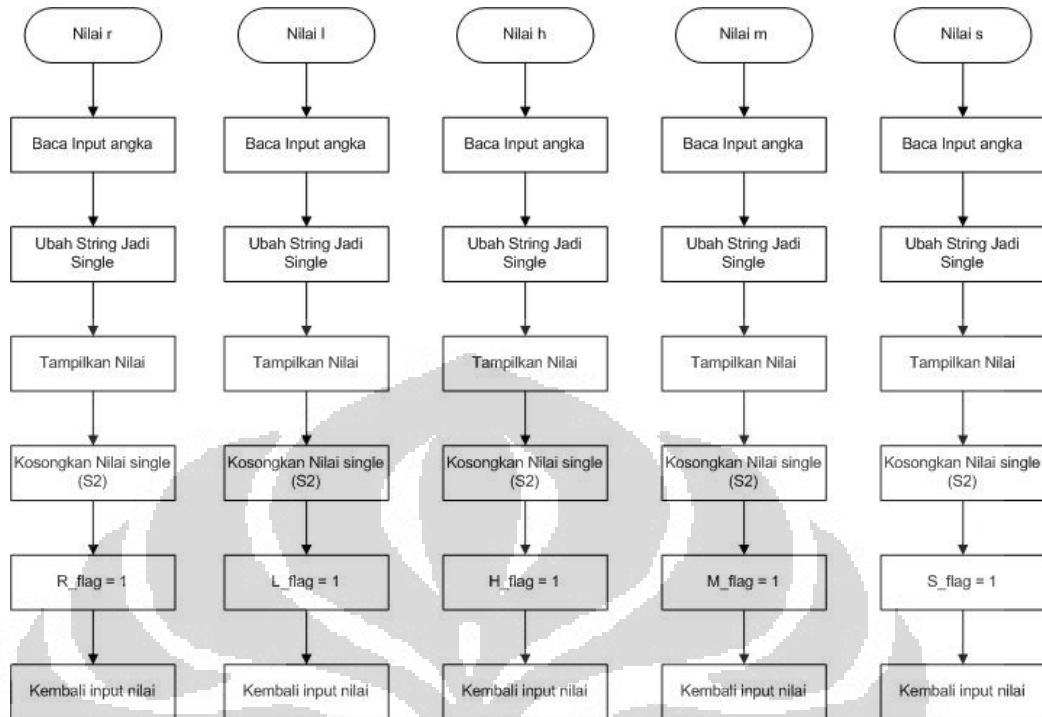
Gambar 3.9 Flowchart Utama Sistem Lanjutan



Gambar 3.10 Flowchart Utama Sistem Lanjutan

Pada flowchart utama inisialisasi port dan konfigurasi yang dipakai terisikan pada bagian inisialisasi. Pada bagian awal ini akan

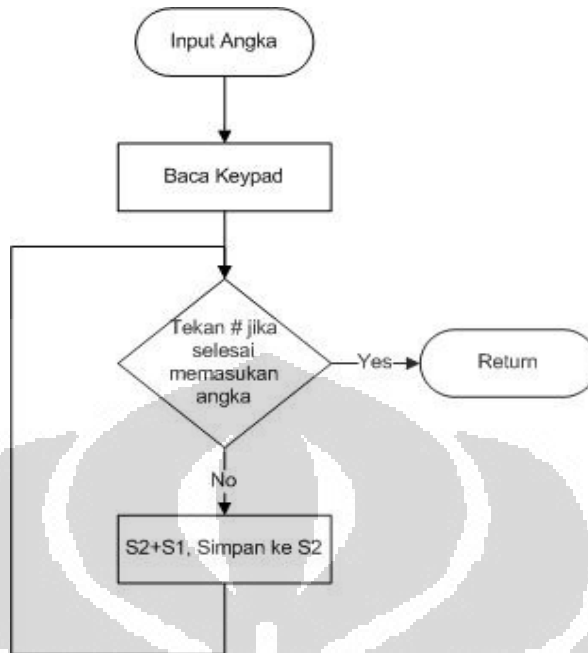
diisikan untuk menormalkan kondisi port-port yang dipakai. Setelah itu dilakukan input parameter yang diisikan melalui keypad, dimana nantinya akan disimpan pada mikrokontroller sebagai nilai-nilai yang akan digunakan. Setelah input nilai telah diisikan maka mikrokontroller akan bekerja dengan memberikan output berupa tegangan sinyal yang akan menggerakkan perangkat keras. Pertama yang akan dijalankan oleh mikrokontroller adalah pompa air yang akan mengalir untuk membuat level air dalam keadaan konstan. Setelah itu akan dibaca volume awal untuk menormalkan kondisi timbangan. Maka mikrokontroller akan membaca perubahan tegangan yang terjadi pada load cell. Setelah itu mikrokontroller akan membaca input ketinggian, maka akan menggerakkan motor sesuai dengan ketinggian yang diharapkan. Pada proses ini akan terjadi perubahan dari nilai ketinggian akan diubah menjadi jumlah counter untuk ketinggian yang diinginkan sesuai dengan fungsi transfer yang digunakan. Maka motor akan berjalan hingga jumlah counter tersebut. Setelah itu motor akan berhenti. Setelah ketinggian telah berada pada posisi yang pas maka solenoid akan terbuka hingga waktu yang diinginkan. Waktu ini yang akan menjadi aliran air perdetik yang akan menjadi nilai volume aliran air perdetik. Maka mikrokontroller akan membaca lagi nilai adc yang diberikan pada load cell, yaitu dengan mengkonversi nilai tegangan menjadi nilai adc. Setelah didapat volume air perdetik maka akan dilakukan proses perhitungan sesuai dengan rumus yang telah diisikan pada mikrokontroller. yang kemudian akan ditampilkan pada display. Setelah semua proses perhitungan selesai maka proses akan kembali keawal. Motor akan berjalan kembali pada posisi nol, pompa akan berhenti.



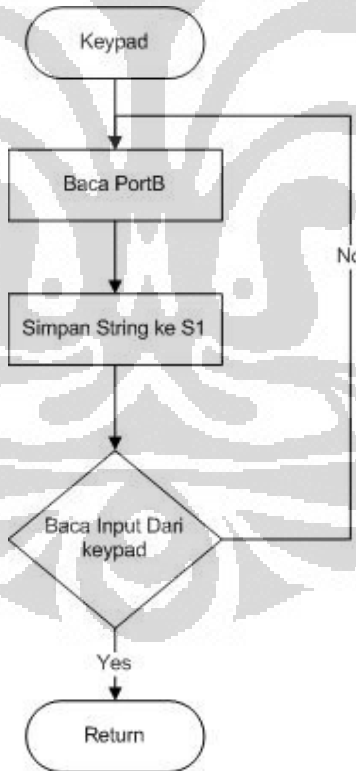
Gambar 3.11 Flowchart Penyimpanan Nilai

Flowchart ini menggambarkan proses yang terjadi ketika terjadi input nilai yang diberikan hingga tersimpan pada mikrokontroller. Pertama akan membaca pada input yang diberikan pada keypad. Data yang diberikan pada keypad ini berupa karakter string yang kemudian diubah dengan memakai val, yaitu pengubah string menjadi single. Setelah itu akan tersimpan pada mikrokontroller.

Pada flowchart input nilai yaitu membaca keypad, yaitu melihat variable string yang dimasukan melalui keypad. Kemudian tersimpan pada konstanta s2 yang berfungsi sebagai perubah string menjadi single. Pada flowchart keypad memakai config yang telah disediakan oleh mikrokontroller yaitu get kbd. Setelah itu akan tersimpan pada s1 sebagai string.



Gambar 3.12 Flowchart Input Angka



Gambar 3.13 Flowchart Keypad

BAB 4

HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengerjaan keseluruhan sistem, maka perlu dilakukan pengujian alat serta penganalisaan terhadap alat, apakah sistem sudah bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian-pengujian tersebut meliputi :

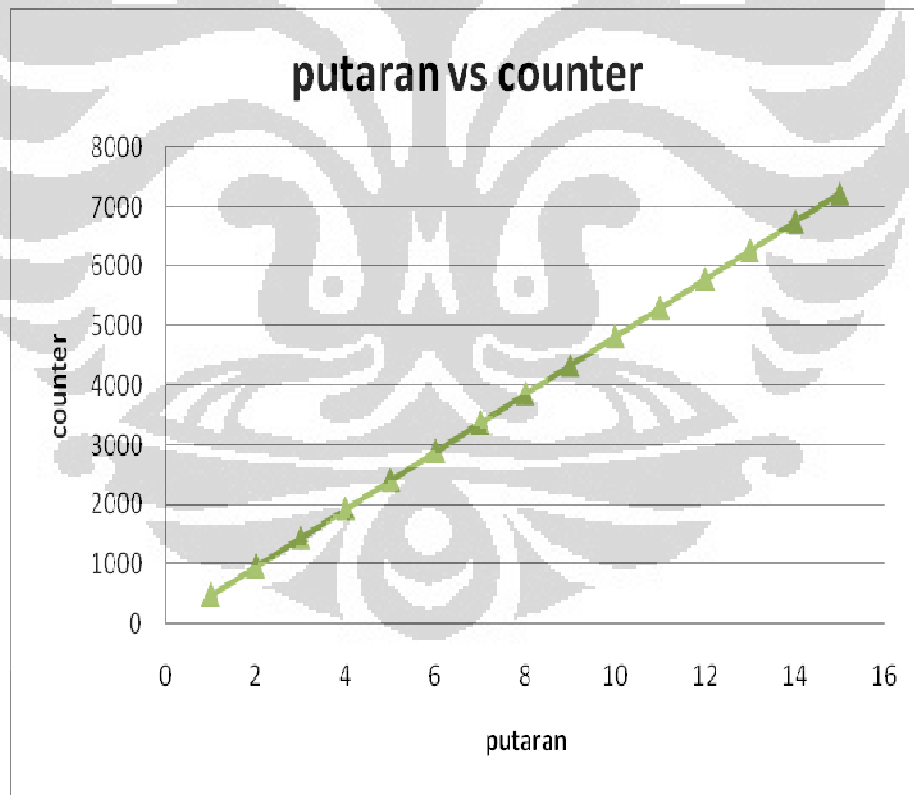
- Pengujian Perpindahan Jarak Ketinggian.
- Pengujian Sensor LM35.
- Pengujian Keypad.
- Pengujian data timbangan
- Pengujian data viskositas zat cair

4.1 Pengujian perpindahan Jarak Posisi Ketinggian.

Pengujian perpindahan disini bertujuan untuk mengetahui jarak perpindahan posisi ketinggian dalam satu kali putaran motor DC. Adapun metode yang digunakan adalah memutar motor DC dalam satu putaran. Dengan memakai rangkaian up-down counter yang berfungsi untuk mencounter, maka akan diketahui nilai setiap satu putaran pada optocoupler yang terpasang pada motor dc nya. Menentukan satu putaran yaitu dengan memutar motor sebanyak satu kali putaran. Dengan memakai mikrokontroller yang berfungsi untuk mengambil data yang ada terdapat pada rangkaian up-down counter, outputnya ditampilkan pada display.

Dalam hal ini dilakukan juga pengambilan data nilai counter terhadap jarak (cm). Dimana hasil dari data ini akan dibuat fungsi transfer untuk perubahan posisi ketinggian. Nilai transfer diambil dari nilai counter terhadap jarak dikarenakan perubahan posisinya berlaku nilai jarak (cm). Berikut data optocoupler yang didapat.

Tabel 4.1 Data putaran motor



Gambar 4.1 Grafik Putaran terhadap Counter

Tabel 4.2 Data Jarak Terhadap Nilai Counter

No	jarak(cm)	Pulsa
1	1	2397
2	2	4794
3	3	7198
4	4	9598
5	5	11999
6	6	14398
7	7	16801
8	8	19199
9	9	21596
10	10	24000
11	11	26397
12	12	28797
13	13	31191
14	14	33598
15	15	35996
16	16	38398
17	17	40797
18	18	43195



Gambar 4.2 Grafik Jarak Terhadap Nilai Counter

Dari data tersebut dimana sumbu y adalah nilai counter sedangkan pada sumbu x adalah nilai jarak. Maka dari data tersebut didapat nilai fungsi transfernya, dimana nilainya adalah $y = 2399 * x - 1.941$. dimana x adalah nilai

ketinggian yang dimasukan melalui keypad. Jadi jika nilai ketinggian dimasukan maka akan didapat hasil nilai y yang merupakan jumlah counternya. Jika nilai counternya telah didapat, maka motor akan bergerak hingga counter mencapai nilai yang telah didapat.

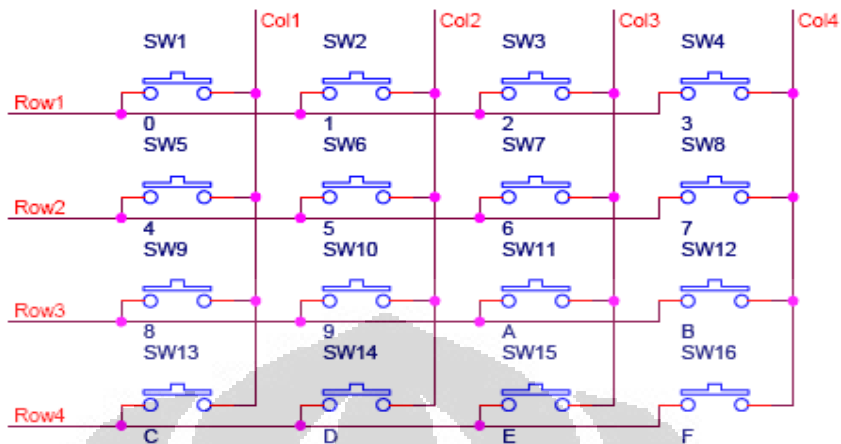
Tabel 4.3 Perhitungan nilai counter

No	Nilai Ketinggian (cm)	Nilai Counternya
1	1	2397
2	3	7195
3	6	14392
4	10	23988
5	14	33584
6	17	40781
7	21	50377
8	25	59973
9	27	64771

Dari table tersebut diketahui nilai counternya jika dimasukan nilai x sebagai nilai ketinggiannya. Dari table diatas bisa diketahui antara fungsi transfer yang didapat dengan hasil yang diperoleh tidak jauh berbeda, selisih yang dihasilkan tidak melebihi 1 putaran. Seperti diketahui bahwa satu putaran itu memiliki nilai counter ± 482 . Sedangkan 1 putaran itu bernilai 2 mm, jadi jika selisih yang dihasilkan dari nilai perhitungan fungsi transfernya bernilai ± 20 counter maka selisih jarak yang akan didapat tidak akan melebihi 1 mm, atau dengan begitu error selisih tidak melebihi 1 mm. jadi dapat mereduksi atau meminimalkan kesalahan dalam perhitungan.

4.2 Pengujian Data Keypad

Pada data ini seperti penulis sampaikan pada bab sebelumnya, bahwa akan penulis tampilkan data keypad berupa bit yang terbaca. Dengan memakai multimeter dapat diketahui data yang terhubung ketika tombol button ditekan. Seperti yang diketahui keypad ini merupakan kumpulan push button yang dijadikan satu. Dapat diperhatikan gambar berikut ini, gambar berikut ini bertujuan supaya dapat melihat mana yang terhubung dengan salah satu push buttonya.



Gambar 4.3 Hubungan push button dengan wiring

Seperti yang terlihat diatas bahwa keypad memiliki 4 baris dan 4 kolom. Jadi keypad ini memiliki 8 bit. Jika sw1 ditekan maka baris satu akan terhubung dengan kolom 1, selanjutnya perhatikan table berikut.

Tabel 4.4 Data keypad 4x4



Dengan data seperti tersebut maka dapat digunakan untuk membuat program keypad pada Bascom Avr.

Tabel 4.5 Data tampilan keypad pada Lcd



Jadi jika diperhatikan bahwa hal ini menunjukkan karakteristik dari keypad yang sama halnya dengan push button atau saklar.

4.3 Pengujian Data Timbangan

Dalam proses pengambilan data pada timbangan yaitu dengan memakai ADC yang telah tersedia pada mikrokontroller. Memakai ADC dikarenakan output yang dihasilkan oleh timbangan adalah tegangan. jadi sudah dapat dibaca oleh mikrokontroller. Dalam pengambilan data timbangan ini bertujuan untuk mendapatkan fungsi transfernya untuk mengetahui konversi antara tegangan dengan yang akan dibaca oleh mikrokontroller melalui ADC.

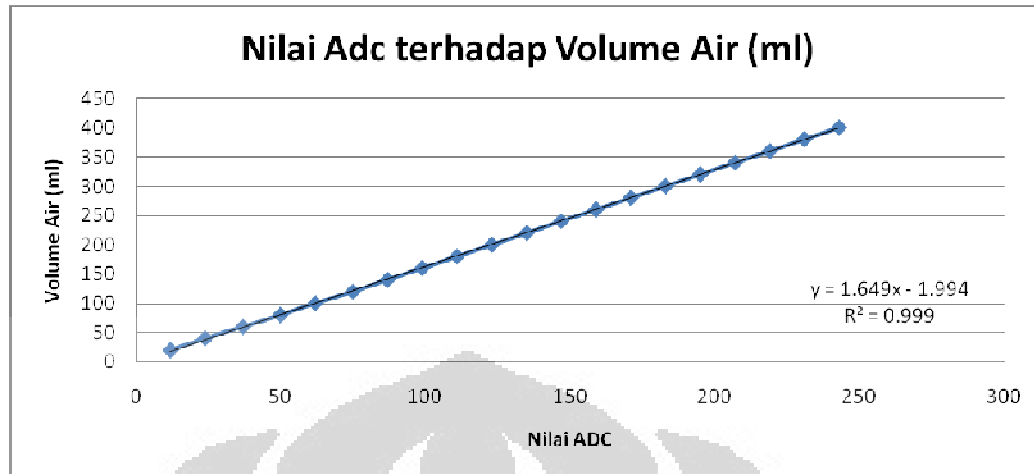
Timbangan yang dipakai adalah timbangan yang beredar di pasaran, dengan resolusi pembacaan berat 0.5gr dan berat maksimum mencapai 1000gr. Timbangan inilah yang kemudian di modifikasi untuk membaca variabel yang dibutuhkan dalam percobaan. Modifikasi perlu dilakukan agar sinyal pada timbangan dapat direspon ke rangkain minimum system ATMEGA16. Ada beberapa modifikasi yang dianggap perlu untuk memudahkan penulis mngambil data dan mengetahui resolusi pada timbangan. Pada timbangan ini terdapat 2 kabel yang berfungsi sebagai supply $V_{in (+)}$ dan $V_{in (-)}$ dan 2 kabel yang berfungsi sebagai sinyal yang memberikan output tegangan. Karena output tegangan yang dihasilkan oleh timbangan loadcell ini memiliki sensitivitas yang

tidak sesuai dengan perubahan berat yang terukur dalam pembuatan alat ukur ini, maka ditambahkan rangkaian instrument amplifier sebagai penguatan terhadap tegangan-tegangan kecil. Karena perubahan yang dibutuhkan dalam alat ukur ini bernilai mv. Dalam penguatan ini terdapat zero span, yang berfungsi untuk menolak nilai tegangan sebelum melakukan pengukuran dan mengecilkan sensitivitas perubahan.

Pengujian dan pengambilan data timbangan dilakukan dengan menggunakan gelas ukur dalam skala ml dan wadah untuk air. Misalnya adalah untuk 20ml air dan wadahnya berapa tegangan output yang akan terbaca dan berapa nilai ADC yang ditampilkan oleh LCD. Penulis melakukan 20 pengambilan data setiap 20ml sampai 400ml. Dibawah ini adalah data yang dihasilkan pada saat pengambilan data :

Table 4.6 Data Pada Timbangan

No	air (ml)	nilai adc	tegangan (mv)
1	20	12	32
2	40	24	64
3	60	37	96
4	80	50	128
5	100	62	156
6	120	75	188
7	140	87	218
8	160	99	248
9	180	111	278
10	200	123	308
11	220	135	337
12	240	147	367
13	260	159	398
14	280	171	426
15	300	183	456
16	320	195	486
17	340	207	516
18	360	219	546
19	380	231	576
20	400	243	607



Gambar 4.4 Fungsi Transfer Volume Air

Dari data yang telah didapat, maka dapat dibuat fungsi transfer untuk timbangan. Seperti yang terlihat digambar, fungsi transfer yang didapat adalah $y = 1.649 * x - 1.994$. Dimana x adalah data yang dibaca melalui ADC yang dihasilkan oleh timbangan berupa tegangan. Berikut ini adalah perhitungan nilai y yang didapat dan volume yang dihasilkan.

4.4 Pengambilan Data Viskositas

Pada pengambilan data ini semua parameter satuan pengukuran menjadi satuan meter kilogram second (MKS). Seperti diketahui satuan untuk viskositas adalah poise. $1 P = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ini merupakan satuan untuk poise dalam centimeter gram second, sedangkan pengambilan data dalam satuan meter kilogram second maka diperlukan perubahan, sedangkan untuk nilai viskositas dalam meter kilogram second adalah $10 P = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$. Dalam pengambilan data ini dilakukan pengukuran dengan perubahan waktu dan perubahan ketinggian (h). setiap perubahan ketinggian (h) dilakukan pengukuran sebanyak 11 kali percobaan. Sedangkan dalam perubahan waktu dilakukan per 10 detik, sebanyak 5 kali perubahan waktu. Jadi setiap 1 ketinggian akan ada 5 perubahan waktu percobaan. Total seluruh pengambilan data berjumlah 55 data. Dari keseluruhan itu diharapkan mampu melihat nilai viskositas yang didapat. Serta pemahaman apa yang membuat nilai viskositas berubah, serta dipengaruhi factor apa saja dalam perubahan nilai viskositas. Pada percobaan ini menggunakan suhu normal yaitu dengan kisaran $\pm 27.4^{\circ} \text{ c} - \pm 28.2^{\circ} \text{ c}$.

Dalam alat ukur ini digunakan metode poiseuille, yang dimana poiseuille telah membuat suatu rumusan dalam pengukuran nilai viskositas yang dalam pengukurannya memakai pipa kapiler.

$$\eta = \frac{\pi r^4 \rho g h}{8QL} \dots\dots\dots(4)$$

.1)

Dimana :

- Q = Volume aliran air perdetik
- r = Jari-jari pipa kapiler
- ρ = Massa jenis zat cair
- g = Konstanta gravitasi
- h = ketinggian
- η = Koefisien viskositas
- l = Panjang pipa kapiler

Dimana volume aliran zat cair perdetik memiliki satuan m^3 , ketinggian memakai satuan meter, jari-jari pipa kapiler satuan yang digunakan adalah meter, panjang pipa kapiler satuan yang digunakan meter, massa jenisnya untuk meter kilogram second adalah 1000 Kg, dan untuk koefisien gravitasi memakai 9,8 meter/second. Perhatikan table berikut ini.

Table 4.7 Satuan Input Yang digunakan

R	0.001	m
L	0.30	m
P	1000	Kg
Π	3.14	
G	9.80	m/s

Berikut ini akan ditampilkan percobaan berdasarkan ketinggian dengan perubahan waktu. Perhatikan table berikut ini.

Tabel 4.8 Data Percobaan Untuk Ketinggian 0.05 m

H	0.05	m		
T	10	S		
Q	0.00000020	m ³		
Perhitungan		H	3.21E-03	poise
Percobaan		H	3.65E-03	poise
H	0.05	m		
T	20	s		
Q	0.00000035	m ³		
Perhitungan		η	1.83E-03	poise
Percobaan			1.89E-03	poise
H	0.05	m		
T	30	s		
Q	0.00000043	m ³		
Perhitungan		η	1.48E-03	poise
Percobaan			1.59E-03	poise
H	0.05	m		
T	40	s		
Q	0.00000048	m ³		
Perhitungan		η	1.35E-03	poise
Percobaan			1.48E-03	poise
H	0.05	m		
T	50	s		
Q	0.00000048	m ³		
Perhitungan		η	1.34E-03	poise
Percobaan			1.48E-03	poise

Berikut ini akan ditampilkan table perubahan ketinggian terhadap waktu. Perhatikan table berikut ini.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Perubahan Ketinggian Terhadap Waktu

No	Waktu (s)	Ketinggian (m)																					
		0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15											
1	10	3.65E-03	p	2.87E-03	p	2.03E-03	p	3.51E-03	p	1.87E-03	p	7.58E-03	p	2.45E-03	p	2.18E-03	p	3.87E-03	p	3.89E-03	p	2.57E-03	p
2	20	1.89E-03	p	1.59E-03	p	1.61E-03	p	1.89E-03	p	1.89E-03	p	1.59E-03	p	2.47E-03	p	1.35E-03	p	2.47E-03	p	1.59E-03	p	1.43E-03	p
3	30	1.59E-03	p	1.59E-03	p	1.61E-03	p	1.59E-03	p	1.49E-03	p	1.59E-03	p	1.38E-03	p	1.59E-03	p	1.59E-03	p	1.59E-03	p	1.48E-03	p
4	40	1.48E-03	p	1.48E-03	p	1.48E-03	p	1.59E-03	p	1.72E-03	p	1.59E-03	p	1.38E-03	p	1.38E-03	p	1.59E-03	p	1.59E-03	p	1.48E-03	p
5	50	1.48E-03	p	1.48E-03	p	1.48E-03	p	1.72E-03	p	1.48E-03	p	1.48E-03	p	1.48E-03	p	1.48E-03	p	1.48E-03	p	1.48E-03	p	1.48E-03	p

Dari tabel-tabel diatas dapat dilihat ketika waktu yang diberikan sama maka dihasilkan nilai viskositas yang sama di ketinggian yang berbeda. Terdapat pengaruh ketinggian dan waktu untuk nilai viskositas. Diketahui dalam rumus antara nilai ketinggian (h) dan volume aliran zat cair perdetik (Q) berbanding lurus. jika nilai ketinggian (h) besar maka nilai volume laju aliran zat cair akan besar pula. Karena jika ketinggiannya semakin tinggi, atau dalam hal ini pipa kapiler akan dalam kondisi yang semakin rendah, maka laju aliran zat cair akan semakin tinggi. Sehingga akan menghasilkan nilai viskositas yang sama.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil pengujian dan analisa terhadap hasil yang didapatkan, maka dapat di diambil suatu hasil kesimpulan yaitu :

- Satu putaran motor memiliki nilai counter (482 ± 5) , dan untuk nilai satu cm nya memiliki nilai counter (2397 ± 30) . Nilai transfer yang dihasilkan adalah $y = 2399 * x - 1.941$.
- Nilai 1 adc yang didapat sama dengan 2,66 mv akan sama dengan 1,66 ml air. Niali transfer yang didapat adalah $y = 1.649 * x - 1.994$.
- Nilai volume aliran zat cair perdetik berbanding lurus terhadap ketinggian.
- Nilai viskositas berbanding lurus terhadap perubahan volume aliran air perdetik dan perubahan ketinggian.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dikemudian hari dapat mempertimbangkan saran sebagai berikut dalam pendesainan alat selanjutnya:

- Diperlukan mekanik yang baik menentukan posisi ketinggian, agar mekanik dapat berjalan dengan baik. Agar pipa kapiler yang terpasang pada bagian mekanik mampu berada diposisi yang sesuai.
- Penggunaan selang yang terpasang pada pipa kapiler sebaiknya tidak terlalu panjang dan tidak terlalu pendek.
- Diperlukan perbaikan system agar perhitungan mampu berjalan lebih baik lagi.
- Diperlukan kendali temperatur untuk mengukur viskositas pada suhu rendah.

DAFTAR ACUAN

- [1] Giancoli, Douglas C., “Fisika Jilid I (terjemahan)”, Jakarta : Penerbit Erlangga, 2001.
- [2] Saroyo, Ganijanti Aby., “Seri Fisika Dasar Mekanika”, Jakarta : Penerbit Salemba Teknik, 2002.
- [3] Haliday dan Resnick, “ Fisika Jilid 2 (terjemahan)”, Jakarta : Penerbit Airlangga, 1991.
- [4] http://www.plastomatic.com/seloidvalve_files/wcm.htm
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/liquid_crystal_display.htm
- [6] <http://en.wikipedia.org/wiki/sakelar.htm>
- [7] Data Sheet, Mikrokontroler ATMEGA 16
- [8] Barmawi, Malvino., “Prinsip-Prinsip Elektronika Jilid I”, Jakarta : Penerbit Airlangga. 1986
- [9] Data Sheet, IC 74LS193
- [10] Data Sheet, IC 74LS245

LAMPIRAN A

```
$regfile = "m16DEF.DAT"  
$crystal = 11059200  
$baud = 19200  
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portd.4 , Db5 = Portd.5 , Db6 = Portd.6 , Db7 =  
Portd.7 , E = Portd.3 , Rs = Portd.2  
Deflcdchar 1 , 14 , 17 , 17 , 17 , 14 , 32 , 32 , 32    ' replace ? with number (0-7)
```

```
Config Lcd = 20 * 4  
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Internal  
Config Kbd = Portb , Delay = 200  
Config Porta.0 = Output    ' motor ccw  
Config Porta.1 = Output    ' motor cw  
Config Porta.2 = Output    ' solenoid  
Config Porta.5 = Output    ' heater  
Config Porta.6 = Output    ' pompa  
Config Porta.7 = Output    ' CS  
Config Portc = Input  
Start Adc
```

```
Dim Key_value As Byte  
Dim I As Byte  
Dim I2 As Byte  
Dim T_w_i As Byte  
Dim Opto_hi As Byte  
Dim Opto_lo As Byte
```

```
Dim Q1 As Word    ' untu baca volume  
Dim Q7 As Word  
Dim Temp1 As Word    ' untuk baca lm  
Dim Dataopto As Word
```

```
Dim Dataopto1 As Single  
Dim A1 As Single  
Dim A2 As Single  
Dim A3 As Single  
Dim A4 As Single  
Dim A5 As Single  
Dim A6 As Single  
Dim A7 As Single  
Dim B1 As Single  
Dim B2 As Single  
Dim R As Single  
Dim H As Single  
Dim H1 As Single  
Dim L As Single  
Dim M As Single
```

Dim T_w As Single
Dim N As Single
Dim Pi As Single
Dim G As Single
Dim Q2 As Single
Dim Q3 As Single
Dim Q4 As Single
Dim Q5 As Single
Dim Q6 As Single
Dim Q8 As Single
Dim Q9 As Single
Dim Q10 As Single
Dim Q As Single
Dim Temp2 As Single
Dim Temp As Single
Dim Nilai_tinggi As Single
Dim Nilai_tinggi1 As Single
Dim Nilai_tinggi2 As Single
Dim Sela As Single
Dim Selb As Single

Dim S1 As String * 1
Dim S2 As String * 5
Dim R_s As String * 5
Dim H_s As String * 7
Dim H_s1 As String * 5
Dim L_s As String * 5
Dim M_s As String * 8
Dim T_w_s As String * 7
Dim Q_s As String * 10
Dim Temp_s As String * 5
Dim N_s As String * 20

' memilih inputan parameter
' jari2 pipa
' nilai tinggi

' panjang pipa kapiler
' masa jenis zat cair
' waktu lama mengalir

Dim R_flag As Bit
Dim H_flag As Bit
Dim L_flag As Bit
Dim M_flag As Bit
Dim T_w_flag As Bit

Motor_ccw Alias Porta.0
Motor_cw Alias Porta.1
Sole Alias Porta.2
Heater Alias Porta.5
Pompa Alias Porta.6
Cs Alias Porta.7

Cursor Off

```
Awal:  
Reset Motor_cw  
Reset Motor_ccw  
Set Sole  
Reset Heater  
Reset Pompa
```

```
Do  
Cls  
Locate 1 , 1  
Lcd " ALAT UKUR"  
Locate 2 , 1  
Lcd "KOEFSIEN VISKOSITAS"  
Locate 3 , 1  
Lcd "MEMAKAI PIPA KAPILER"  
Locate 4 , 1  
Lcd " METODE POISEUILLE"  
Wait 5  
Cls  
Locate 1 , 1  
Lcd " RACHMAT MULYANA"  
Locate 2 , 1  
Lcd " 0706196714"  
Locate 3 , 1  
Lcd "FISIKA INSTRUMENTASI"  
Locate 4 , 1  
Lcd "TEKAN * UNTUK MULAI"  
Gosub Keypad  
If S1 = "." Then  
Exit Do  
Else  
End If  
Wait 1  
Loop
```

```
'=====Prog pilihan menu=====
```

```
Input_nilai:  
Cls  
Locate 1 , 1  
Lcd "(A) r = " ; R_s ; " m"  
Locate 2 , 1  
Lcd "(B) h = " ; H_s ; " cm"  
Locate 3 , 1  
Lcd "(C) l = " ; L_s ; " m"  
Locate 4 , 1  
Lcd "(D) p = " ; M_s ;  
Wait 2  
Cls
```

```

Locate 1 , 1
Lcd "(B) h = " ; H_s ; " cm"
Locate 2 , 1
Lcd "(C) l = " ; L_s ; " m"
Locate 3 , 1
Lcd "(D) p = " ; M_s ;
Locate 4 , 1
Lcd "(#) t = " ; T_w_s ; " s"

Do
Gosub Keypad
If S1 = "A" Then
Goto R
Elseif S1 = "B" Then
Goto H
Elseif S1 = "C" Then
Goto L
Elseif S1 = "D" Then
Goto M
Elseif S1 = "#" Then
Goto T_w
Elseif S1 = "." And R_flag = 1 And H_flag = 1 And L_flag = 1 And M_flag = 1
And T_w_flag = 1 Then
Exit Do
Else
End If
Loop

Mulai:
Set Pompa

'=====volume awal=====
Gosub Volume
Q5 = Q4

'=====prog untuk posisi ketinggian=====
Prog_tinggi:
Cls
Locate 1 , 1
Lcd "Perubahan Ketinggian"
Locate 2 , 1
Lcd "h = " ; H_s ; " cm"
Gosub Set_tinggi
If Nilai_tinggi <= 65535 Then
Gosub Set_tinggia
Else
Gosub Set_tinggib

```

End If

'=====prog untuk timer=====

```
T_w_i = T_w
Cls
Reset Sole
Do
Incr I
Locate 1 , 1
Lcd "Waktu : " ; T_w_s ; " s"
Wait 1
Locate 2 , 1
Lcd "Waktu : " ; I ; " Detik"
Loop Until I = T_w_i
I = 0
Set Sole
```

'=====prog volume setelah pengisian=====

```
Cls
Gosub Volume2
Q6 = Q10
Q = Q6 - Q5
Q_s = Fusing(q , "#.###")
Locate 3 , 1
Lcd "Volume = " ; Q_s ; " l/s"
Wait 2
```

'=====prog baca suhu=====

```
Gosub Suhu
Locate 4 , 1
Lcd "Suhu = " ; Temp_s ; " " ; Chr(1) ; "C"
Wait 2
```

```
Pi = 3.14
G = 9.8
H1 = H / 100
H_s1 = Fusing(h1 , "#.###")
```

```
A1 = R * R
A2 = R * R
A3 = A1 * A2
A4 = Pi * A3
A5 = A4 * G
A6 = A5 * H1
A7 = A6 * M

' r pangkat 2
' r pangkat 2
' r pangkat 4
' r pangkat 4 * pi
' r4 * pi * g
' r4 * pi * g * h
' r4 * pi * g * h * m
```

```

B1 = Q * 8
B2 = B1 * L
N = A7 / B2
N_s = Fusing(n , "#.#####")

' volume * 8
' volume * 8 * 1

' cek dulu nilainya

Cls
Locate 1 , 1
Lcd "r = " ; R_s ; " h = " ; H_s1
Locate 2 , 1
Lcd "l = " ; L_s ; " m = " ; M_s
Locate 3 , 1
Lcd "T = " ; T_w_s ; " t = " ; Temp_s
Locate 4 , 1
Lcd "Q = " ; Q_s
Wait 5
Gosub Stop_prog
Goto Awal

R:
Cls
Lcd "r = " ; R
Gosub Input_angka
Locate 1 , 6
Lcd S2 ; " "
R = Val(s2)
R_s = Fusing(r , "#.###")
S2 = ""
R_flag = 1
Goto Input_nilai

'NILAI r1 (JARI2 pipa kapiler)

H:
Cls
Lcd "h = " ; H
Gosub Input_angka
Locate 1 , 6
Lcd S2 ; " "
H = Val(s2)
H_s = Fusing(h , "#.#")
S2 = ""
H_flag = 1
Goto Input_nilai

'NILAI h (ketinggian)

L:
Cls
Lcd "l = " ; L
Gosub Input_angka

```

```

Locate 1 , 6
Lcd S2 ; "   "
L = Val(s2)                                'NILAI l (panjang pipa kapiler)
L_s = Fusing(l , "#.###")
S2 = ""
L_flag = 1
Goto Input_nilai

```

```

M:
Cls
Lcd "m = " ; M
Gosub Input_angka
Locate 1 , 6
Lcd S2 ; "   "
M = Val(s2)                                'NILAI m (massa jenis)
M_s = Fusing(m , "#.##")
S2 = ""
M_flag = 1
Goto Input_nilai

```

```

T_w:
Cls
Lcd "t = " ; T_w
Gosub Input_angka
Locate 1 , 6
Lcd S2 ; "   "
T_w = Val(s2)                              'NILAI m (massa jenis)
T_w_s = Fusing(t_w , "#.#")
S2 = ""
T_w_flag = 1
Goto Input_nilai

```

```

Set_tinggi:
Nilai_tinggi1 = H * 2399                    'y = 2399.x - 1.941
Nilai_tinggi = Nilai_tinggi1 - 1.941
Return

```

```

Set_tinggia:
Reset Motor_cw
Set Motor_ccw
Do
  Cs = 0
  nop
  nop
  Opto_lo = Pinc
  Cs = 1
  nop
  nop

```



```

    Opto_hi = Pinc
    Dataopto = Makeint(opto_lo , Opto_hi)
    Dataopto1 = Dataopto
    Locate 3 , 1
    Lcd " " ; Dataopto1 ; " "
    Loop Until Dataopto1 >= Nilai_tinggi
    Reset Motor_cw
    Reset Motor_ccw
    Return

```

```

Set_tinggib:
Set Motor_ccw
Reset Motor_cw
Do
    Cs = 0
    nop
    nop
    Opto_lo = Pinc
    Cs = 1
    nop
    nop
    Opto_hi = Pinc
    Dataopto = Makeint(opto_lo , Opto_hi)
    Dataopto1 = Dataopto
    Loop Until Dataopto1 >= 65000

```

```

Do
    Cs = 0
    nop
    nop
    Opto_lo = Pinc
    Cs = 1
    nop
    nop
    Opto_hi = Pinc
    Dataopto = Makeint(opto_lo , Opto_hi)
    Dataopto1 = Dataopto
    Loop Until Dataopto1 >= 1000

```

```

Nilai_tinggi2 = Nilai_tinggi - 66535

```

```

Do
    Cs = 0
    nop
    nop
    Opto_lo = Pinc
    Cs = 1
    nop

```

```

nop
Opto_hi = Pinc
Dataopto = Makeint(opto_lo , Opto_hi)
Dataopto1 = Dataopto
Loop Until Dataopto1 >= Nilai_tinggi2

```

```

Reset Motor_cw
Reset Motor_ccw
Return

```

Volume:

```

Cls
Do
Incr I2
Wait 1
Q1 = Getadc(4)
Q2 = Q1 * 1.649 ' y = 1.649 x - 1.994
Q3 = Q2 - 1.994
Q4 = Q3 / 1000000
Q4 = Q4 / T_w
Locate 1 , 1
Lcd "Waktu : " ; I2 ; " Detik"
Loop Until I2 = 2
I2 = 0
Q_s = Fusing(q4 , "#.###")
Locate 2 , 1
Lcd "Q= " ; Q_s
Return

```

Volume2:

```

Cls
Do
Incr I2
Wait 1
Q7 = Getadc(4)
Q8 = Q7 * 1.649 ' y = 1.649 x - 1.994
Q9 = Q8 - 1.994
Q10 = Q9 / 1000000
Q10 = Q10 / T_w
Locate 1 , 1
Lcd "Waktu : " ; I2 ; " Detik"
Loop Until I2 = 2
I2 = 0
Q_s = Fusing(q10 , "#.###")
Locate 2 , 1
Lcd "Q= " ; Q_s
Return

```

```

Suhu:
Temp1 = Getadc(3)
Temp2 = Temp1 * 256
Temp = Temp2 / 1023
Temp_s = Fusing(temp , "###.#")
Return

```

```

Stop_prog:
Cls
Do
  Locate 1 , 1
  Lcd "Nilai Viskositas = "
  Locate 2 , 1
  Lcd "" ; N_s
  Locate 3 , 1
  Lcd "(*) UTK KEMBALI AWAL"
  Gosub Keypad
  If S1 = "." Then
  Exit Do
  End If
Loop

```

```

Reset Pompa
Set Motor_cw
Reset Motor_ccw

Do
  Cs = 0
  nop
  nop
  Opto_lo = Pinc
  Cs = 1
  nop
  nop
  Opto_hi = Pinc
  Dataopto = Makeint(opto_lo , Opto_hi)
  Dataopto1 = Dataopto
Loop Until Dataopto1 = 0
Reset Motor_cw
Reset Motor_ccw
R_flag = 0
H_flag = 0
L_flag = 0
M_flag = 0
T_w_flag = 0
Reset_nilai:
R_s = ""

```

```
H_s = ""
L_s = ""
M_s = ""
T_w_s = ""
R = 0
H = 0
L = 0
M = 0
T_w = 0
Return
```

```
Input_angka:
Do
Gosub Keypad
If S1 = "#" Then
Exit Do
Else
S2 = S2 + S1
Lowerline
Lcd S2
End If
Loop
Return
```

```
Keypad:
Key_value = Getkbd()
If Key_value = 16 Then
Goto Keypad
Else
S1 = Lookupstr(key_value , Value)
End If
Return
```

```
Value:
Data "1" , "2" , "3" , "A" , "4" , "5" , "6" , "B" , "7" , "8" , "9" , "C" , "." , "0" , "#"
, "D"
```

LAMPIRAN B

Tabel Data Percobaan Untuk Ketinggian 0.06 m

H	0.06	m		
T	10	s		
Q	0.00000030	m ³		
Perhitungan		η	2.56E-03	Poise
Percobaan		η	2.87E-03	Poise
H	0.06	m		
T	20	s		
Q	0.00000055	m ³		
Perhitungan		η	1.40E-03	Poise
Percobaan		η	1.59E-03	Poise
H	0.06	m		
T	30	s		
Q	0.00000053	m ³		
Perhitungan		η	1.44E-03	Poise
Percobaan		η	1.59E-03	Poise
H	0.06	m		
T	40	s		
Q	0.00000055	m ³		
Perhitungan		η	1.40E-03	Poise
Percobaan		η	1.48E-03	Poise
H	0.06	m		
T	50	s		
Q	0.00000056	m ³		
Perhitungan		η	1.37E-03	Poise
Percobaan		η	1.48E-03	Poise

Tabel Data Percobaan Untuk Ketinggian 0.07 m

H	0.07	m		
T	10	s		
Q	0.00000050	m ³		
Perhitungan		η	1.80E-03	Poise
Percobaan		η	2.03E-03	Poise
H	0.07	m		
T	20	s		
Q	0.00000060	m ³		
Perhitungan		η	1.50E-03	Poise
Percobaan		η	1.61E-03	Poise
H	0.07	m		
T	30	s		
Q	0.00000060	m ³		
Perhitungan		η	1.50E-03	Poise
Percobaan		η	1.61E-03	Poise
H	0.07	m		
T	40	s		
Q	0.00000063	m ³		
Perhitungan		η	1.44E-03	Poise
Percobaan		η	1.48E-03	Poise
H	0.07	m		
T	50	s		
Q	0.00000064	m ³		
Perhitungan		η	1.40E-03	Poise
Percobaan		η	1.48E-03	Poise

Tabel Data Percobaan Untuk Ketinggian 0.08 m

H	0.08	m		
T	10	s		
Q	0.00000030	m ³		
Perhitungan		η	3.42E-03	Poise
Percobaan		η	3.51E-03	poise
H	0.08	m		
T	20	s		
Q	0.00000060	m ³		
Perhitungan		η	1.71E-03	poise
Percobaan		η	1.89E-03	poise
H	0.08	m		
T	30	s		
Q	0.00000077	m ³		
Perhitungan		η	1.34E-03	poise
Percobaan		η	1.59E-03	poise
H	0.08	m		
T	40	s		
Q	0.00000065	m ³		
Perhitungan		η	1.58E-03	poise
Percobaan		η	1.59E-03	poise
H	0.08	m		
T	50	s		
Q	0.00000062	m ³		
Perhitungan		η	1.65E-03	poise
Percobaan		η	1.72E-03	poise

Tabel Data Percobaan Untuk Ketinggian 0.09 m

H	0.09	m		
T	10	s		
Q	0.00000070	m ³		
Perhitungan		η	1.65E-03	poise
Percobaan		η	1.87E-03	poise
H	0.09	m		
T	20	s		
Q	0.00000065	m ³		
Perhitungan		η	1.78E-03	Poise
Percobaan		η	1.89E-03	Poise
H	0.09	m		
T	30	s		
Q	0.00000077	m ³		
Perhitungan		η	1.51E-03	Poise
Percobaan		η	1.49E-03	Poise
H	0.09	m		
T	40	s		
Q	0.00000070	m ³		
Perhitungan		η	1.65E-03	Poise
Percobaan		η	1.72E-03	Poise
H	0.09	m		
T	50	s		
Q	0.00000086	m ³		
Perhitungan		η	1.34E-03	Poise
Percobaan		η	1.48E-03	Poise

Tabel Data Percobaan Untuk Ketinggian 0.1 m

H	0.1	m		
T	10	s		
Q	0.00000020	m ³		
Perhitungan		η	6.41E-03	poise
Percobaan		η	7.58E-03	poise
H	0.1	m		
T	20	s		
Q	0.00000080	m ³		
Perhitungan		η	1.60E-03	poise
Percobaan		η	1.59E-03	poise
H	0.1	m		
T	30	s		
Q	0.00000083	m ³		
Perhitungan		η	1.54E-03	Poise
Percobaan		η	1.59E-03	Poise
H	0.1	m		
T	40	s		
Q	0.00000083	m ³		
Perhitungan		η	1.55E-03	Poise
Percobaan		η	1.59E-03	Poise
H	0.1	m		
T	50	s		
Q	0.00000096	m ³		
Perhitungan		η	1.34E-03	Poise
Percobaan		η	1.48E-03	Poise

Tabel Data Percobaan Untuk Ketinggian 0.11 m

H	0.11	m		
T	10	s		
Q	0.00000070	m ³		
Perhitungan		η	2.01E-03	poise
Percobaan		η	2.45E-03	poise
H	0.11	m		
T	20	s		
Q	0.00000060	m ³		
Perhitungan		η	2.35E-03	poise
Percobaan		η	2.47E-03	poise
H	0.11	m		
T	30	s		
Q	0.00000110	m ³		
Perhitungan		η	1.28E-03	poise
Percobaan		η	1.38E-03	poise
H	0.11	m		
T	40	s		
Q	0.00000113	m ³		
Perhitungan		η	1.25E-03	poise
Percobaan		η	1.38E-03	poise
H	0.11	m		
T	50	s		
Q	0.00000106	m ³		
Perhitungan		η	1.33E-03	poise
Percobaan		η	1.48E-03	poise

Tabel Data Percobaan Untuk Ketinggian 0.12 m

H	0.12	m		
T	10	s		
Q	0.00000080	m ³		
Perhitungan		η	1.92E-03	Poise
Percobaan		η	2.18E-03	Poise
H	0.12	m		
T	20	s		
Q	0.00000125	m ³		
Perhitungan		η	1.23E-03	Poise
Percobaan		η	1.35E-03	Poise
H	0.12	m		
T	30	s		
Q	0.00000103	m ³		
Perhitungan		η	1.49E-03	Poise
Percobaan		η	1.59E-03	Poise
H	0.12	m		
T	40	s		
Q	0.00000113	m ³		
Perhitungan		η	1.37E-03	Poise
Percobaan		η	1.38E-03	Poise
H	0.12	m		
T	50	s		
Q	0.00000106	m ³		
Perhitungan		η	1.45E-03	Poise
Percobaan		η	1.48E-03	Poise

Tabel Data Percobaan Untuk Ketinggian 0.13 m

H	0.13	m		
T	10	s		
Q	0.00000050	m ³		
Perhitungan		η	3.33E-03	poise
Percobaan		η	3.87E-03	poise
H	0.13	m		
T	20	s		
Q	0.00000075	m ³		
Perhitungan		η	2.22E-03	poise
Percobaan		η	2.47E-03	poise
H	0.13	m		
T	30	s		
Q	0.00000110	m ³		
Perhitungan		η	1.52E-03	poise
Percobaan		η	1.59E-03	poise
H	0.13	m		
T	40	s		
Q	0.00000108	m ³		
Perhitungan		η	1.55E-03	poise
Percobaan		η	1.59E-03	poise
H	0.13	m		
T	50	s		
Q	0.00000112	m ³		
Perhitungan		η	1.49E-03	poise
Percobaan		η	1.48E-03	poise

Tabel Data Percobaan Untuk Ketinggian 0.14 m

H	0.14	m		
T	10	s		
Q	0.00000050	m ³		
Perhitungan		η	3.59E-03	poise
Percobaan		η	3.89E-03	poise
H	0.14	m		
T	20	s		
Q	0.00000115	m ³		
Perhitungan		η	1.56E-03	poise
Percobaan		η	1.59E-03	poise
H	0.14	m		
T	30	s		
Q	0.00000117	m ³		
Perhitungan		η	1.54E-03	poise
Percobaan		η	1.59E-03	poise
H	0.14	m		
T	40	s		
Q	0.00000120	m ³		
Perhitungan		η	1.50E-03	poise
Percobaan		η	1.59E-03	poise
H	0.14	m		
T	50	s		
Q	0.00000122	m ³		
Perhitungan		η	1.47E-03	poise
Percobaan		η	1.48E-03	poise

Tabel Data Percobaan Untuk Ketinggian 0.15 m

H	0.15	m		
T	10	s		
Q	0.00000080	m ³		
Perhitungan		η	2.40E-03	poise
Percobaan		η	2.57E-03	poise
H	0.15	m		
T	20	s		
Q	0.00000140	m ³		
Perhitungan		η	1.37E-03	poise
Percobaan		η	1.43E-03	poise
H	0.15	m		
T	30	s		
Q	0.00000137	m ³		
Perhitungan		η	1.41E-03	poise
Percobaan		η	1.48E-03	poise
H	0.15	m		
T	40	s		
Q	0.00000135	m ³		
Perhitungan		η	1.42E-03	poise
Percobaan		η	1.48E-03	poise
H	0.15	m		
T	50	s		
Q	0.00000138	m ³		
Perhitungan		η	1.39E-03	poise
Percobaan		η	1.48E-03	poise