



UNIVERSITAS INDONESIA

ALAT UKUR MASSA JENIS ZAT CAIR DENGAN  
MENGUNAKAN METODE MOHR

SKRIPSI

ELLIS KARTIKA  
0606039796

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI FISIKA  
DEPOK  
JUNI 2009



UNIVERSITAS INDONESIA

ALAT UKUR MASSA JENIS ZAT CAIR DENGAN  
MENGUNAKAN METODE MOHR

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

ELLIS KARTIKA  
0606039796

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI FISIKA  
KEKHUSUSAN FISIKA INSTRUMENTASI  
DEPOK  
JUNI 2009

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Ellis Kartika

NPM : 0606039796

Tanda Tangan :

Tanggal : 18 Juni 2009

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Ellis Kartika

NPM : 0606039796

Program Studi : Fisika

Judul Skripsi : Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair Dengan Menggunakan  
Metode Mohr

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Prawito ( )

Penguji I : Dr. Sastra Kusuma Wijaya ( )

Penguji II : Dr. Santoso Soekirno ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 18 Juni 2009

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, dengan ini penulis panjatkan puji dan syukur atas Rahmat dan Karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Skripsi yang berjudul “Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair Dengan Menggunakan Metode Mohr”, disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Scient Jurusan Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

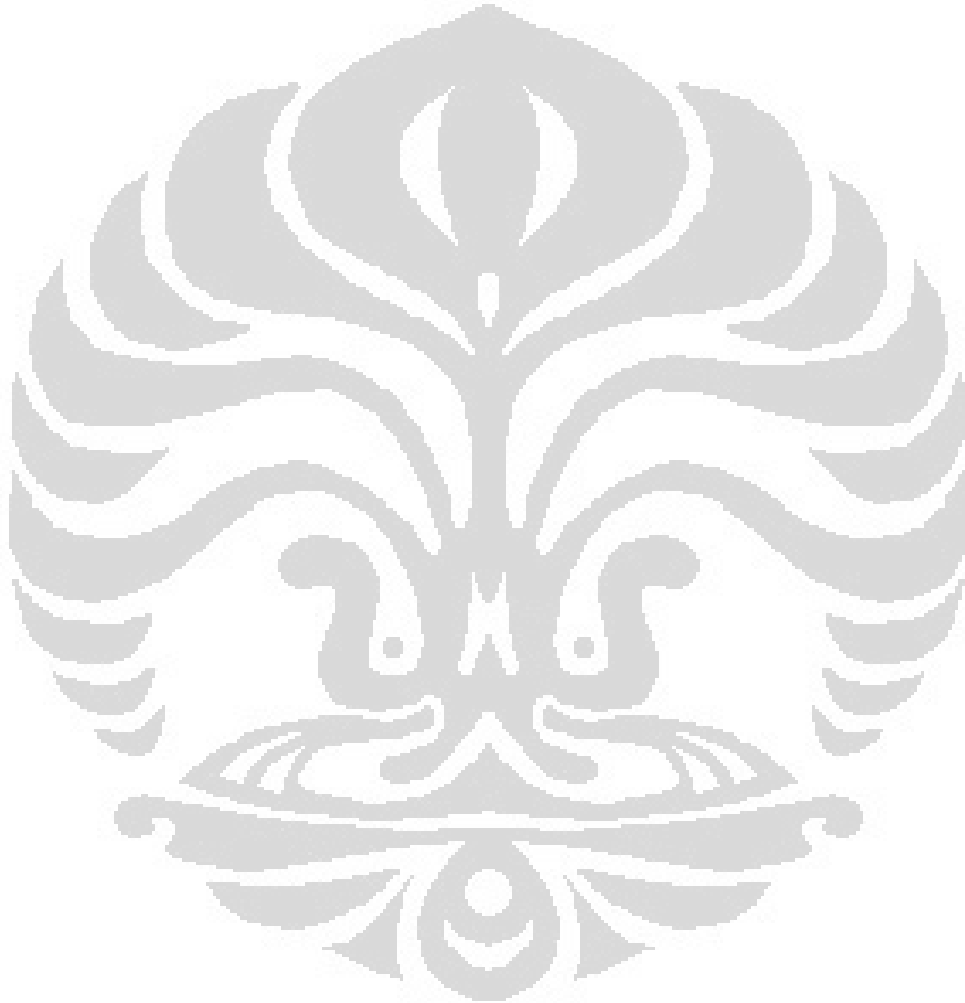
Alhamdulillahirabbil’alamin penulis ucapkan atas semua kebahagiaan dan pengalaman yang telah diberikan oleh-Nya. Pada kesempatan ini, Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu Penulis, baik langsung maupun tidak langsung, dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

1. Dr. Prawito, selaku dosen pembimbing yang ditengah kesibukannya masih dapat meluangkan waktu dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Sastra Kusuma Wijaya, selaku penguji I dan Dr. Santoso, selaku penguji II dan ketua Departemen Fisika atas waktu dan segala masukan serta pemaklumannya.
3. Kedua orang tuaku, adik - adik serta buat seseorang yang berarti, atas doa dan motivasinya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Teman satu bimbingan, serta teman-teman ekstensi instrumentasi dan geofisika 06, terimakasih untuk waktu bersama yang menyenangkan.
5. Mas Rizki, mba Lastri, maaf telah banyak merepotkan.
6. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terimakasih banyak atas dukungan dan doanya.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi perkembangan ilmu.

Depok, 18 Juni 2009

Penulis



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

---

Sebagai sivitas akademis Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ellis Kartika  
NPM : 0606039796  
Program Studi : Instrumentasi  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis Karya : Skripsi

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair Dengan Menggunakan Metode Mohr”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari 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 : 18 Juni 2009  
Yang menyatakan

(Ellis Kartika)

## ABSTRAK

Nama : Ellis Kartika  
Program Studi : Instrumentasi  
Judul : Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair Dengan Menggunakan Metode Mohr

Skripsi ini berisikan tentang pembuatan alat ukur massa jenis zat cair yang dapat digunakan secara otomatis untuk mengukur massa jenis suatu zat cair. Alat ukur ini dikerjakan secara otomatis karena menggunakan mikrokontroler ATMEGA 8535. Alat ukur massa jenis zat cair ini sama seperti neraca mohr. Yaitu alat ukur seperti timbangan. Dimana terdapat lengan neraca, yang akan berubah keadaannya pada saat beban sebelum dimasukkan dan sesudah dimasukkan kedalam suatu zat cair. Sebelum beban dimasukkan kedalam suatu zat cair, lengan neraca dalam keadaan setimbang, namun setelah beban dimasukkan kedalam suatu zat cair, lengan akan terangkat atau dalam posisi miring. Keadaan miring tersebut akan dicatat oleh sensor accelerometer ADXL 330. Baru kemudian akan kita dapatkan berapa massa jenis zat tersebut.

Kata kunci :  
Accelerometer ADXL 330, mikrokontroler ATMEGA 8535



## ABSTRACT

Name : Ellis Kartika  
Study Program: Instrumentasi  
Title : Automatization of Measuring Instrument of Liquid Specific Mass

This skripsi comprise concerning making of liquid specific mass measuring instrument able to be used automatically to measure the specific mass a liquid. This measuring instrument is done automatically because using mikrokontroler ATMEGA 8535. This measuring instrument liquid specific mass is the same as balance mohr. That is measuring instrument be like weighing-machine. Where there are balance arm, to change his situation at the time of burden before entered and after entered a liquid. Before burden entered a liquid, balance arm in a state of balance, but after burden entered a liquid, arm will upraised or in oblique position. the Oblique situation will be noted by censor accelerometer ADXL 330. Newly then we will get how much is the matter specific mass.

Key words :  
Accelerometer ADXL 330, Mikrokontroler ATMEGA 8535

# DAFTAR ISI

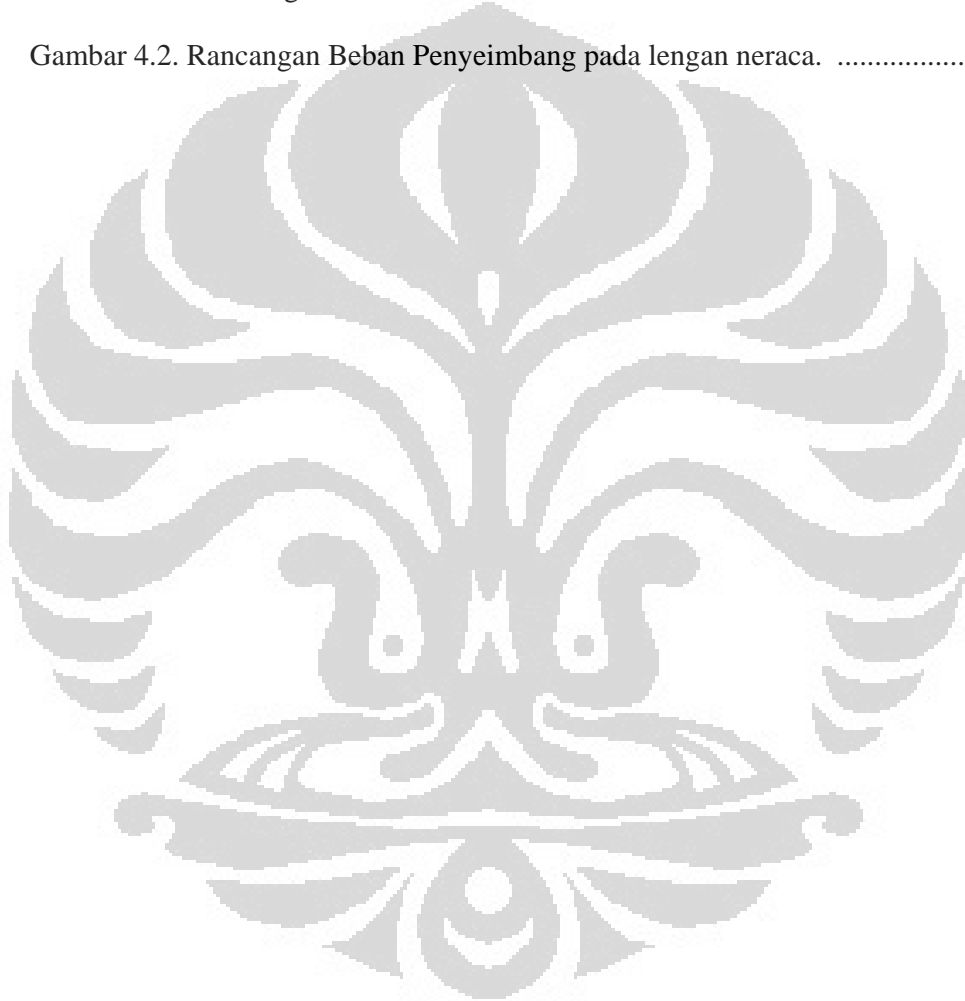
	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PESETUJUAN PUBLIKASI .....	vi
ABSTRAK DALAM BAHASA INDONESIA .....	vii
ABSTRAK DALAM BAHSA INGGRIS .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR ACUAN .....	xiv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penulisan .....	2
1.3. Perumusan Masalah .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Metode Penulisan .....	3
1.6. Sistematika Pembahasan .....	3
<b>BAB 2. LANDASAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1. Konsep massa jenis zat cair .....	5
2.1.1. Statika Fluida .....	6
2.1.2. Prinsip Archimedes .....	7
2.1.3. Metode Mohr .....	8
2.2. Prinsip awal kerja alat ukur massa jenis zat cair.....	10
2.3. Teori Mikrokontroler ATMEGA 8535 .....	11
2.3.1. Arsitektur Mikrokontroler ATMEGA 8535 .....	11
2.3.2. Konfigurasi pin mikrokontroler ATMEGA 8535 .....	14
2.4. Motor DC .....	16
2.4.1. Cara kerja motor DC .....	17
2.5. Sensor kecepatan dengan accelerometer .....	18
2.5.1. Prinsip kerja sensor accelerometer .....	18
2.5.2. Tipe sensor accelerometer .....	19
2.5.3. Terminologi sensor accelerometer .....	20
2.6. Rotari Encoder (Opto U) .....	21
<b>BAB 3. PERANCANGAN .....</b>	<b>23</b>
3.1. Blok diagram .....	23
3.2. Rancangan Mekanik .....	25
3.3. Peralatan Input/Masukan .....	27
3.3.1. Sensor accelerometer ADXL 330 .....	28
3.3.2. Rotari Encoder (Opto U) .....	29
3.4. Peralatan Proses .....	29
3.4.1. Mikrokontroler ATMEGA 8535 .....	29

3.5. Peralatan Output/Keluaran .....	31
3.5.1. LCD .....	31
3.5.2. Motor .....	31
3.6. Mekanik pemberat pengatur keseimbangan.....	32
3.7. Rancangan Software .....	32
3.7.1. Flowchart .....	33
3.7.2. Deskripsi cara kerja .....	35
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>36</b>
4.1. Hasil Rancangan Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair .....	36
4.2. Data pengukuran Alat .....	37
4.2.1. Data Kalibrasi Accelerometer ADXL 330 .....	37
4.2.2. Data Tegangan yang digunakan oleh setiap komponen alat .....	39
4.3. Langkah-Langkah Pengambilan data pengukuran .....	41
4.4. Proses Pengukuran .....	42
4.4.1. Data kalibrasi beban di udara .....	42
4.4.3. Data pengukuran massa jenis minyak sayur .....	43
4.4.4. Data pengukuran massa jenis oli.....	46
4.5. Pembahasan .....	48
4.5.1. Analisa Percobaan dengan menggunakan alat ukur massa jenis zat cair.....	48
4.5.2. Analisa Hasil menggunakan alat ukur massa jenis zat cair .....	49
4.5.3. Analisa Kesalahan saat menggunakan alat ukur massa jenis zat cair.....	49
<b>BAB 5. KESIMPULAN .....</b>	<b>50</b>
5.1. Kesimpulan .....	50

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Benda dalam fluida diam .....	7
Gambar 2.2. Neraca Mohr. ....	8
Gambar 2.3. Buoyant force balance. ....	9
Gambar 2.4. Rancangan Bangun Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair. ....	10
Gambar 2.5. Arsitektur Mikrokontroler ATMEGA 8535.....	12
Gambar 2.6. Blok Diagram Konfigurasi Mikrokontroler ATMEGA8535 .....	14
Gambar 2.7. Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATMEGA8535.....	14
Gambar 2.8. Medan magnet didalam motor DC.....	16
Gambar 2.9. Sensor Accelerometer .....	18
Gambar 2.10. Cakram Rotari Encoder.....	20
Gambar 2.11. Optocoupler .....	20
Gambar 3.1. Blok Diagram Sistem otomatisasi alat ukur massa jenis zat cair.....	23
Gambar 3.2. Kondisi Neraca Sebelum beban di celupkan. ....	24
Gambar 3.3. Kondisi Neraca saat beban di celupkan.....	24
Gambar 3.4. Kondisi neraca dalam keadaan setimbang .....	24
Gambar 3.5. Rancangan Rangkaian alat ukur massa jenis zat cair.....	25
Gambar 3.6. Diagram Sistem Otomatisasi Dengan Output keseimbangan Lengan Alat Ukur zat cair.....	26
Gambar 3.7. Rangkaian accelerometer ADXL 330 .....	27
Gambar 3.8. Rangkaian Rotary Encoder. ....	28
Gambar 3.9. Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA 8535. ....	28

Gambar 3.10. Rangkaian LCD.....	29
Gambar 3.11. Rangkaian Motor DC. ....	30
Gambar 3.12. Flowchart untuk mekanik pada alat ukur massa jenis zat cair .....	31
Gambar 3.13. Flowchart untuk cara kerja otomatisasi pada alat ukur massa jenis zat cair. ....	32
Gambar 4.1. Rancangan Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair. ....	34
Gambar 4.2. Rancangan Beban Penyeimbang pada lengan neraca. ....	35



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Kerapatan bermacam-macam zat.....	6
Tabel 3.1. Peralatan Input alat ukur masa jenis zat cair.....	27
Tabel 4.1. Data tampilan LCD untuk menghitung kalibrasi sensor Accelerometer ADXL 330.....	35
Tabel 4.2. Tabel tegangan Keypad.....	36
Tabel 4.3. Tabel tegangan Sensor ADXL 330.....	37
Tabel 4.4. Tabel tegangan Optocoupler.....	37
Tabel 4.5. Tabel tegangan LCD.....	37
Tabel 4.6. Tegangan Power Suply.....	37
Tabel 4.7. Tabel kalibrasi beban di udara.....	39
Tabel 4.8. Tabel Sifat-Sifat Air.....	40
Tabel 4.9. Tabel kalibrasi beban di air.....	41
Tabel 4.10. Tabel massa jenis minyak sayur.....	41
Tabel 4.11. Tabel aproksimasi kesalahan dari density minyak sayur.....	42
Tabel 4.12. Tabel kalibrasi beban di air.....	43
Tabel 4.13. Tabel massa jenis oli.....	43
Tabel 4.14. Tabel aproksimasi kesalahan dari density oli.....	44

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

Pada Bab 1 ini akan diuraikan tentang latar belakang penulisan alat ukur massa jenis zat cair, tujuan penulisan, perumusan masalah yang akan dibahas, batasan masalah di dalam penulisan, metode yang dilakukan selama penulisan dan sistematika pembahasan yang akan diuraikan didalam sub-sub bab.

### **1.1 Latar Belakang**

Dimasa sekarang ini, penggunaan suatu alat ukur merupakan hal yang tidak asing lagi bagi kita, karena banyak sekali berbagai percobaan ilmuwan seperti ilmuwan fisika maupun kimia menggunakan salah satu dari bermacam-macam alat ukur. Hanya saja saat ini para ilmuwan masih menggunakan alat ukur yang bersifat manual.

Padahal bila kita dapat membuat salah satu alat ukur yang bekerja secara otomatis dan memiliki hasil pengukuran yang lebih teliti dan akurat, maka suatu percobaan dapat dilakukan dengan waktu yang singkat. Sehingga proses analisa akan menjadi lebih baik.

Salah satu alat ukur yang biasa digunakan adalah alat ukur massa jenis zat cair. Seperti penggunaannya dalam melakukan percobaan fisika dasar. Alat ukur massa jenis zat cair sampai saat ini penggunaannya masih bersifat manual. Sehingga saat melakukan suatu percobaan mengenai massa jenis zat cair, seorang ilmuwan harus memiliki kepekaan yang cukup bagus untuk menentukan beban yang akan digunakan.

Sebenarnya alat ukur massa jenis zat cair dapat dibuat secara otomatis, yaitu dengan menggunakan sistem instrumentasi berupa mikrokontroler dan sensor accelerometer. Mikrokontroler yang digunakan adalah tipe ATMEGA 8535, dan sensor accelerometranya adalah tipe ADXL 330.

Untuk itulah alat ukur yang berfungsi sebagai alat untuk mengukur suatu besaran dapat menghasilkan data yang teliti dan akurat. Pada laporan ini akan dicontohkan pembuatan “Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair.”

## 1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah untuk melakukan pengukuran massa jenis zat cair dengan menggunakan alat ukur secara otomatisasi.

## 1.3 Perumusan Masalah

Dalam perancangan alat ukur massa jenis zat cair muncul berbagai permasalahan yang umum dalam cakupan yang luas. Berdasarkan uraian latar belakang pemilihan judul ini, maka permasalahan umum yang mungkin timbul dalam perancangan ini adalah mengenai pembuatan alat. Pokok permasalahan yang timbul dalam “Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair” ini antara lain adalah :

- Bagaimana menentukan posisi beban seperti pada neraca Mohr yang sebelumnya bila menggunakan cara manual beban ditentukan secara acak sesuai dengan zat cair yang digunakan agar bisa berada dalam keadaan seimbang.
- Bagaimana menentukan massa jenis zat cair bila yang didapat dari percobaan adalah jarak pada lengan neraca.
- Instruksi dan fasilitas apa saja yang tersedia pada alat ukur massa jenis zat cair yang mendukung sistem kontrol.
- Hal-hal apa saja yang harus diperhatikan dalam pembuatan alat ukur massa jenis zat cair, agar hasil yang didapatkan teliti dan akurat.

## 1.4 Batasan Masalah

Mengingat pembatasan permasalahan mengenai alat ukur massa jenis zat cair mempunyai ruang lingkup yang luas maka penulis akan membatasi permasalahan ini pada masalah-masalah yang dianggap penting saja, diantaranya :

- Pengendalian gerakan beban dan sensor accelerometer secara otomatis dalam menentukan jarak pada neraca Mohr dengan menggunakan mikrokontroler ATMEGA 8535



- Pengukuran massa jenis zat cair air mineral, pelumas oli, dan minyak sayur dengan menggunakan alat ukur massa jenis zat cair yang bekerja secara otomatis.
- Rancangan alat ukur massa jenis zat cair dan implementasinya.

### 1.5 Metode Penulisan

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data dalam tugas akhir ini adalah:

1. Metode Kepustakaan

Yaitu mengumpulkan data-data melalui buku-buku yang ada hubungannya dan menunjang dalam pembuatan tugas akhir ini.

2. Metode Diskusi

Yaitu dengan cara diskusi atau wawancara dengan orang-orang yang memahami, berpengalaman dan mempunyai pertimbangan-pertimbangan dalam pembuatan tugas akhir ini.

3. Metode Pengamatan

Yaitu mengamati secara langsung alat ukur massa jenis zat cair manual dilaboratorium Fisika Dasar UI.

### 1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini dibagi dalam beberapa bab, dengan susunan sebagai berikut:

Bab I : Pendahuluan

Menjelaskan latar belakang masalah, permasalahan, pembatasan masalah, tujuan penulisan dan metode penulisan.

Bab II : Dasar teori

Meliputi prinsip kerja alat ukur massa jenis zat cair, beberapa macam bentuk alat ukur massa jenis zat cair menurut perkembangan zaman, dan syarat-syarat pembuatan sebuah alat ukur. Terdapat juga cara kerja alat ukur massa jenis zat cair ditinjau dari ilmu Fisika, Teori sistem otomatisasi mikrokontroler ATMEGA 8535 yang meliputi bagaimana

prinsip kerja mikrokontroler ATMEGA 8535, konfigurasi mikrokontroler ATMEGA 8535, dan teori motor DC yang digunakan sebagai komponen terpenting untuk menggerakkan mekanik pemberat, terakhir teori tentang Sensor accelerometer ADXL 330 dan Rotari Encoder (Opto-U).

### Bab III : Perancangan

Menjelaskan perancangan hardware dan software yang dilengkapi dengan blok diagram dan flowchart sistem alat ukur massa jenis zat cair dengan mikrokontroler, tampilan mekanik kerangka rangkaian, Menjelaskan kerja peralatan alat ukur massa jenis zat cair.

### Bab IV : Hasil dan Pembahasan

Analisa hasil alat ukur massa jenis zat cair yang telah dibuat dengan menggunakan accelerometer ADXL 8535 dan mikrokontroler 8535.

### Bab V : Kesimpulan

Berisikan tentang kesimpulan dari hasil Skripsi yaitu “Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair” dan saran mengenai kesempurnaan dari Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair yang belum tercapai.

## BAB 2

### LANDASAN TEORI

Pada Bab II akan dibahas mengenai bagaimana konsep massa jenis zat cair, prinsip kerja alat ukur massa jenis zat cair, beberapa macam bentuk alat ukur massa jenis zat cair menurut perkembangan zaman, dan syarat-syarat pembuatan sebuah alat ukur. Terdapat juga cara kerja alat ukur massa jenis zat cair ditinjau dari ilmu Fisika, Teori sistem otomatisasi mikrokontroler ATMEGA 8535 yang meliputi bagaimana prinsip kerja mikrokontroler ATMEGA 8535, konfigurasi mikrokontroler ATMEGA 8535, dan teori motor DC yang digunakan sebagai komponen terpenting untuk menggerakkan mekanik pemberat, terakhir teori tentang Sensor accelerometer ADXL 330 dan Rotari Encoder (Opto-U).

#### 2.1 Konsep massa jenis zat cair

Salah satu sifat penting dari suatu zat adalah kerapatan (massa jenisnya) atau nama lainnya adalah densitas (*density*). Kerapatan (massa jenis) merupakan perbandingan massa terhadap volume zat. Secara matematis ditulis :

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.1)$$

$\rho$  adalah kerapatan;  $m$  adalah massa; dan  $v$  adalah volume.

Satuan Sistem Internasional untuk massa jenis adalah kilogram per meter kubik ( $\text{kg/m}^3$ ). Untuk satuan CGS alias centimeter, gram dan sekon, satuan Massa jenis dinyatakan dalam gram per centimeter kubik ( $\text{gr/cm}^3$ ).

Berikut ini data massa jenis dari beberapa zat.

Tabel 2.1 Kerapatan bermacam-macam zat

Zat	Kerapatan (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Zat Cair</b>	
Air	1,00 × 10 <sup>3</sup>
Air Laut	1,03 × 10 <sup>3</sup>
Darah	1,06 × 10 <sup>3</sup>
Bensin	0,68 × 10 <sup>3</sup>
Air raksa	13,6 × 10 <sup>3</sup>
<b>Zat Padat</b>	
Es	0,92 × 10 <sup>3</sup>
Aluminium	2,70 × 10 <sup>3</sup>
Besi & Baja	7,8 × 10 <sup>3</sup>
Emas	19,3 × 10 <sup>3</sup>
Gelas	2,4 - 2,8 × 10 <sup>3</sup>
Kayu	0,3 - 0,9 × 10 <sup>3</sup>
Tembaga	8,9 × 10 <sup>3</sup>
Timah	11,3 × 10 <sup>3</sup>
Tulang	1,7 - 2,0 × 10 <sup>3</sup>
<b>Zat Gas</b>	
Udara	1,293
Helium	0,1786
Hidrogen	0,08994
Uap air (100 °C)	0,6

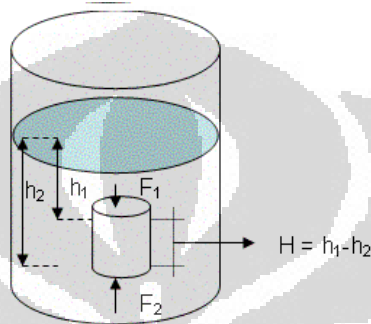
### 2.1.1 Statika Fluida

Selanjutnya adalah mengenai zat cair atau biasa yang kita kenal dengan fluida. Fluida adalah zat alir yaitu zat yang dapat mengalir. Sifat-sifat fluida antara lain adalah tidak dapat melawan secara tetap stress geser, mempunyai kompresibilitas, mempunyai kekentalan atau viskositas. Fluida dapat digolongkan dalam dua macam, yaitu fluida statis dan dinamis. Pada fluida statik, bagian yang dibahas adalah tekanan, tegang muka, dan kapilaritas. Sedangkan dalam fluida dinamik, yang dibahas adalah persamaan Kontinuitas, persamaan Bernoulli dan Viskositas.

### 2.1.2 Prinsip Archimedes

Prinsip Archimedes juga suatu konsekuensi yang perlu dari hukum-hukum statika fluida. Jika suatu benda berada pada suatu fluida yang diam, maka setiap

bagian permukaan benda mendapatkan tekanan yang dilakukan oleh fluida. Gaya resultan yang bekerja pada benda mempunyai arah ke atas, dan disebut gaya apung. Kita dapat menentukan besar gaya apung secara sangat sederhana sebagai berikut : tinjaulah benda berbentuk silinder yang dicelupkan seluruhnya ke dalam fluida yang rapat massanya  $\rho_f$ , seperti pada Gambar (2.1). Fluida mengarahkan tekanan  $P_1 = \rho_f g h_1$  pada permukaan atas silinder.



Gambar 2.1 Benda dalam fluida diam

Gaya yang dikerahkan oleh fluida pada permukaan atas silinder adalah

$$F_1 = P_1 A = \rho_f g h_1 A \quad (2.2)$$

sedang gaya yang dikerahkan pada permukaan bawah silinder adalah

$$F_2 = P_2 A = \rho_f g h_2 A \quad (2.3)$$

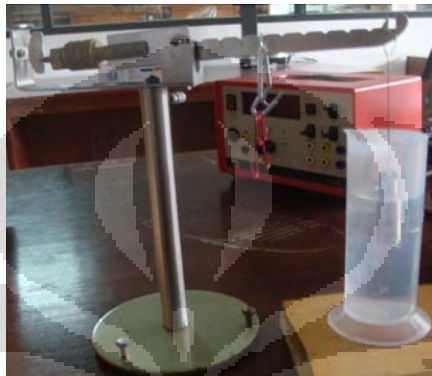
Resultan gaya yang dikerahkan oleh fluida, yakni gaya apung ( $F_b$ ), arahnya ke atas dan besarnya:

$$F_b = F_2 - F_1 = \rho_f g (h_2 - h_1) A = \rho_f g H A = \rho_f g V \quad (2.4)$$

Besaran  $V = hA$  adalah volume silinder, dan produk  $\rho_f g V = m_f g$  adalah berat fluida yang dipindahkan yang volumenya sama dengan volume silinder. Jadi gaya apung yang bekerja pada silinder adalah sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh silinder. Hasil ini pertama kali dikemukakan oleh Archimedes, dan disebut Prinsip Archimedes, berbunyi sebagai berikut :

*“ Setiap benda yang terendam seluruhnya ataupun sebagian di dalam fluida mendapat gaya apung yang berarah ke atas, yang besarnya adalah sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut”.*

### 2.1.3 Metode Mohr



Gambar 2.2 Neraca Mohr

Massa jenis zat cair dapat diukur dengan menggunakan metode pencelupan dengan menggunakan neraca Mohr atau disebut juga neraca torsi. Neraca Mohr yang saat ini masih digunakan di laboratorium terdiri atas lengan neraca dengan 10 titik dengan jarak setiap satu sentimeter, dan tergantung sebuah beban atau benda di dalam sebuah gelas ukur. Selain itu, terdapat pula alat ukur massa jenis zat cair yang dilengkapi dengan sebuah termometer kecil untuk mengetahui suhu cairan yang akan diukur massa jenisnya.

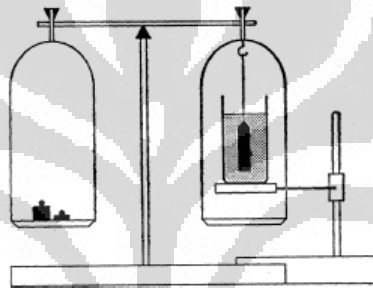
Apabila neraca Mohr dalam keadaan setimbang maka akan berlaku dua syarat, yaitu :

- Syarat pertama untuk kesetimbangan adalah jumlah semua gaya yang bekerja harus berjumlah nol. Karena gaya merupakan vektor, komponen gaya total masing-masing harus nol. Dengan demikian, syarat kesetimbangan yang pertama adalah  $\Sigma F_i = 0$   
F adalah gaya yang bekerja pada lengan neraca (N)
- Syarat kedua kesetimbangan adalah jumlah semua torsi adalah nol. Hal ini akan menjamin bahwa percepatan sudut, sekitar sumbu mana pun akan

nol. Jika benda pada awalnya tidak berotasi ( $\omega = 0$ ), ia tidak akan mulai berotasi. Dengan demikian syarat keseimbangan yang kedua adalah  $\Sigma \tau_1 = 0$ .

$\tau$  adalah momen gaya terhadap suatu titik pada lengan neraca (Nm)

Volume dari suatu bentuk yang teratur dapat ditentukan dari dimensi yang diukur. Pada kasus berbeda, ketika mengukur adalah suatu hal yang sulit dilakukan, maka dalam pengukurannya digunakan buoyant force balance atau pycnometer. Perbedaan dari  $\Delta m$  berkaitan dengan gaya tekan keatas (*buoyant force*) sehingga gaya yang bekerja  $F = \rho V g$



Gambar 2.3 Buoyant force balance

Selain itu, pengaturannya ini juga dapat digunakan untuk menentukan massa jenis dari suatu zat cair jika volume cairan tersebut diketahui. Neraca atau timbangan Mohr yang sering digunakan dalam pengukuran massa jenis zat cair, cara kerjanya sama seperti Buoyant force balance.

## 2.2 Prinsip Awal Kerja Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair

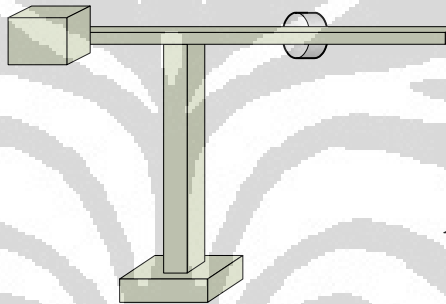
Berbagai macam bentuk alat ukur masa jenis zat cair yang ada dewasa ini sebenarnya hanya didasari oleh suatu prinsip hukum archimedes yang memerlukan beban penyeimbang untuk menyeimbangkan lengan neraca. Pada pengukuran volume beban dan massa jenis zat cair, yang dilakukan adalah

Cara pengukuran volume beban yang pertama kali dilakukan adalah menggantungkan beban pada ujung neraca torsi, mengaturnya agar lengan neraca horizontal. Selanjutnya masukkan beban ke dalam air sehingga ujung lengan neraca tempat beban terangkat. Setelah itu, menambahkan beban-beban pada

lengan neraca agar lengan neraca kembali setimbang (horizontal). Dan terakhir mencatat jarak beban penyeimbang pada lengan.

Pada pengukuran massa jenis zat cair yang pertama kali dilakukan adalah menggantungkan beban pada ujung neraca torsi agar lengan neraca horizontal. Selanjutnya memasukkan beban ke dalam zat cair sehingga ujung lengan neraca tempat beban terangkat. Setelah itu, menambahkan beban-beban pada lengan neraca agar lengan neraca kembali setimbang (horizontal). Dan terakhir mencatat jarak beban penyeimbang pada lengan.

Setelah beban penyeimbang berhenti bergerak maka pergeseran dari beban penyeimbang tersebut juga akan diukur oleh rotari encoder yang berfungsi sebagai pengukur jarak beban dari titik penyeimbang.



Gambar 2.4 Rancangan Bangun Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair

## 2.3 Teori Mikrokontroler ATMEGA 8535

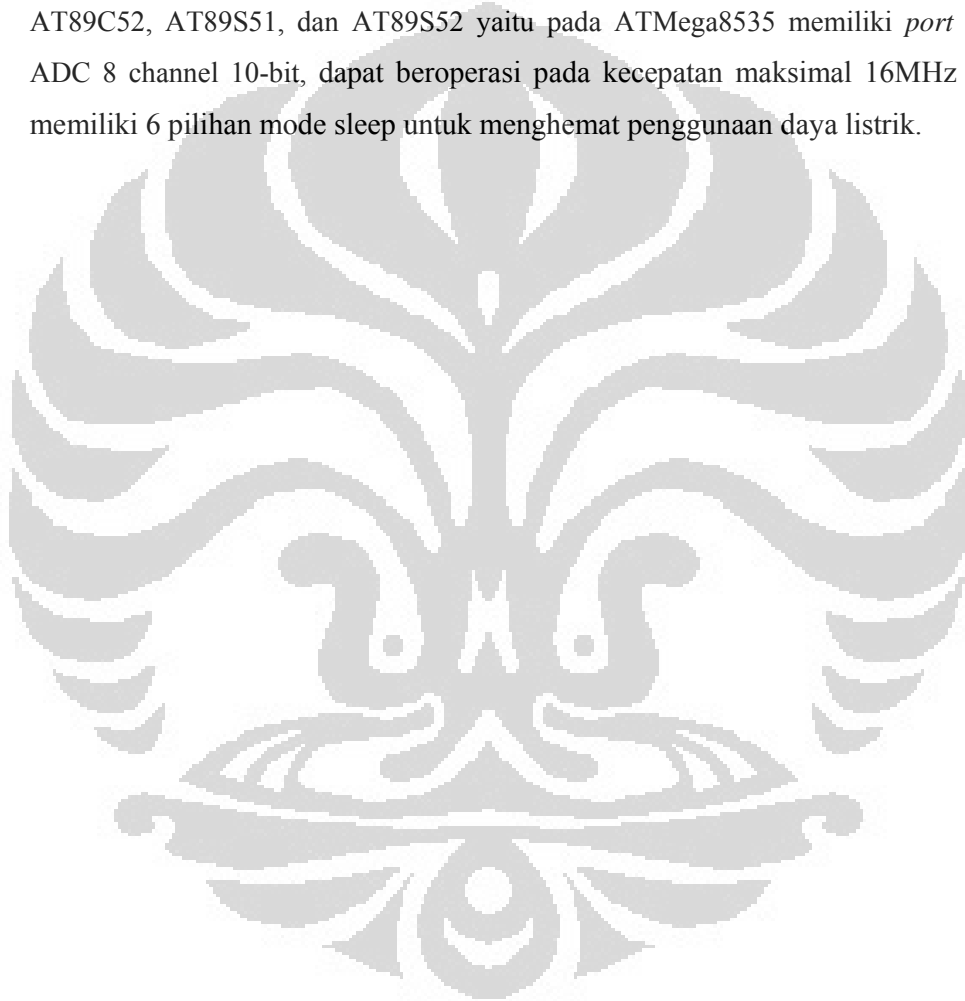
Mikrokontroler ATMEGA 8535 adalah suatu sistem yang dirancang untuk lingkungan industri dengan perangkat-perangkat elektronika yang dapat bekerja secara digital maupun analog, menggunakan suatu sistem memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan fungsi-fungsi logika, waktu, counter, dan fungsi-fungsi aritmatik yang dikendalikan dari masukan-masukan (input) dan selanjutnya diproses untuk menggerakkan output dari berbagai macam tipe mesin atau proses produksi.

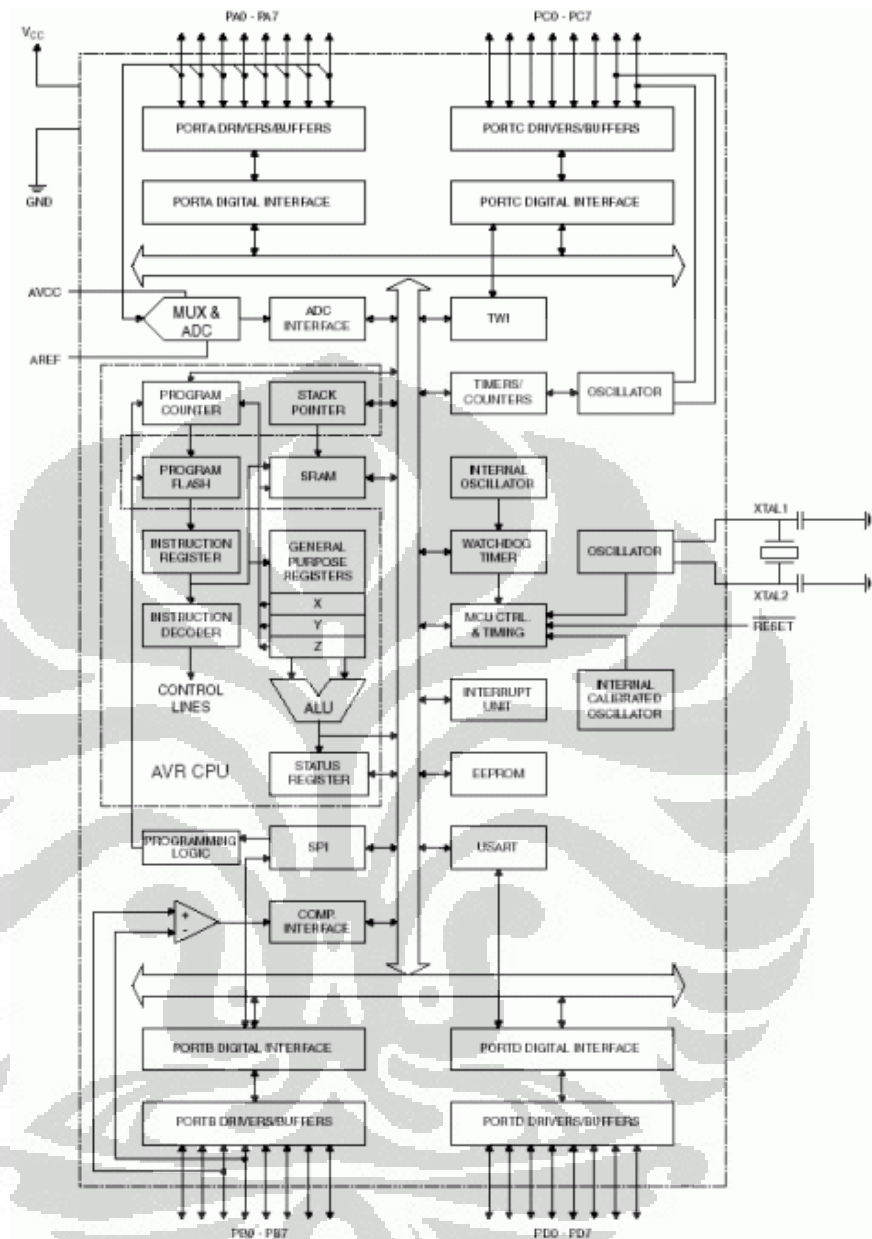
### 2.3.1 Arsitektur Mikrokontroler ATMEGA 8535

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang spesifik, berbeda dengan PC yang memiliki beragam fungsi.



Perbedaan yang lainnya adalah perbandingan RAM dan ROM yang sangat berbeda dengan komputer. ATmega8535 merupakan IC CMOS 8-bit yang memiliki daya rendah dalam pengoperasiannya dan berbasis pada arsitektur RISC AVR. ATmega8535 dapat mengeksekusi satu instruksi dalam sebuah siklus *clock*, dan dapat mencapai 1 MIPS per MHz, sehingga para perancang dapat mengoptimalkan penggunaan daya rendah dengan kecepatan yang tinggi. Mikrokontroler ATmega8535 memiliki keistimewaan dibanding jenis mikrokontroler AT89C51, AT89C52, AT89S51, dan AT89S52 yaitu pada ATmega8535 memiliki *port input* ADC 8 channel 10-bit, dapat beroperasi pada kecepatan maksimal 16MHz serta memiliki 6 pilihan mode sleep untuk menghemat penggunaan daya listrik.





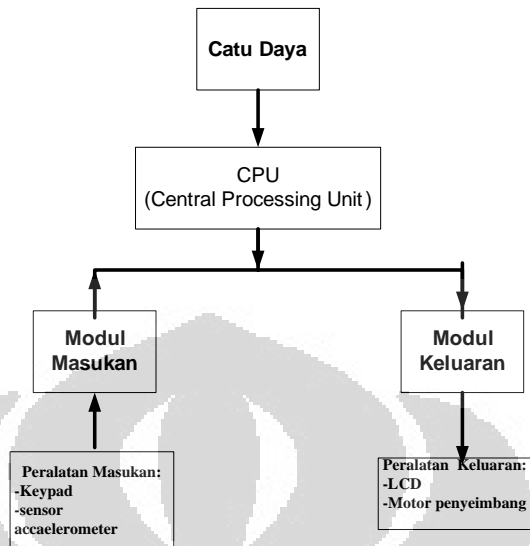
Gambar 2.5 Arsitektur Mikrokontroler ATMEGA 8535

Secara garis besar, arsitektur mikrokontroler ATMEGA8535 terdiri dari :

- \* 32 saluran I/O (Port A, Port B, Port C, dan Port D)
- \* 10 bit 8 Channel ADC (Analog to Digital Converter)
- \* 4 channel PWM

- \* 6 Sleep Modes : Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- \* 3 buah timer/counter
- \* Analog comparator
- \* Watchdog timer dengan osilator internal
- \* 512 byte SRAM
- \* 512 byte EEPROM
- \* 8 kb Flash memory dengan kemampuan Read While Write
- \* Unit interupsi (internal & eksternal)
- \* Port antarmuka SPI8535 “memory map”
- \* Port USART untuk komunikasi serial dengan kecepatan maksimal 2,5Mbps
- \* 4.5 sampai 5.5V operation, 0 sampai 16MHz

Mikrokontroler ATMEGA8535 bekerja dengan menerima data dari peralatan *input* yang merupakan saklar-saklar, tombol-tombol, sensor-sensor, dan lain sebagainya. Perubahan yang terjadi pada peralatan *input* akan memberikan sinyal pada mikrokontroler ATMEGA8535 yang bersifat logika yang selanjutnya disimpan dalam suatu program ingatannya, kondisi *input* tersebut akan diolah oleh mikrokontroler ATMEGA8535, selanjutnya perintah-perintah dari *input* akan ditransfer oleh mikrokontroler ATMEGA8535 ke *output*nya yang kemudian dapat digunakan untuk menggerakkan mesin-mesin atau suatu alur proses produksi. Untuk lebih jelasnya sebuah mikrokontroler ATMEGA8535 dapat digambarkan diagram bloknnya sebagai berikut :



Gambar 2.6 Blok Diagram Konfigurasi Mikrokontroler ATMEGA8535

Mikrokontroler ATMEGA8535 mempunyai kemampuan untuk dapat bekerja pada kondisi-kondisi temperatur yang cukup tinggi, kondisi kelembabaan udara yang tinggi, adanya pengaruh *vibrasi* serta kondisi-kondisi *noise* dan kejutan-kejutan yang timbul oleh mesin-mesin atau peralatan listrik lainnya.

### 2.3.2 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATMEGA8535

(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5
(TXD) PD1	15	26	PC4
(INT0) PD2	16	25	PC3
(INT1) PD3	17	24	PC2
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

Gambar 2.7 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATMEGA8535

- VCC  
Merupakan sumber tegangan *supply* sebesar 5V DC.

- GND  
Merupakan pin *ground*.
- Port A (PA.0-PA.7)  
*Port A* berfungsi sebagai *input analog* ke ADC. *Port A* juga dapat berfungsi sebagai *Port I/O 8 bit bidirectional*, jika ADC tidak digunakan. Pin *port* dapat menyediakan resistor pull-up internal (dipilih untuk setiap bit).
- Port B (PB.0-PB.7)  
*Port B* merupakan *port I/O 8 bit bidirectional* dengan resistor pull-up internal (dipilih untuk setiap bit).
- Port C (PC.0-PC.7)  
*Port c* merupakan *port I/O 8 bit bidirectional* dengan resistor pull-up internal (dipilih untuk setiap bit).
- Port D (PD.0-PD.7)  
*Port D* merupakan *port I/O 8 bit bidirectional* dengan resistor pull-up internal (dipilih untuk setiap bit).
- RESET
- Input reset. Level rendah pada pin ini selama lebih dari panjang pulsa minimum akan menghasilkan reset, walaupun *clock* sedang berjalan.
- XTAL1  
*Input* penguat osilator *inverting* dan input pada rangkaian operasi *clock internal*.
- XTAL2  
Output dari penguat osilator *inverting*.
- AVCC  
AVCC adalah pin tegangan *supply* untuk port A dan ADC. Pin ini harus dihubungkan ke VCC walaupun ADC tidak digunakan. Jika ADC digunakan, maka pin ini harus dihubungkan ke VCC melalui *low pas filter*.
- AREF  
AREF adalah pin referensi tegangan analog untuk ADC

## 2.4 Motor DC

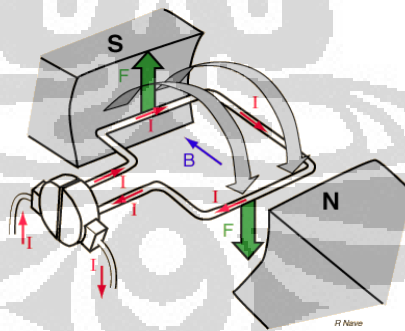
Motor adalah mesin yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik atau gerak, tenaga gerak itu merupakan putaran pada rotor. Suatu motor

DC mempunyai pengertian yaitu sebuah mekanisme suatu servo yang merupakan sistem automatic dalam mengendalikan sumber daya ke suatu beban mekanik. Sistem mekanisme dari suatu servo menggunakan arus bolak-balik dalam mengatur letak secara otomatis dan secara benar.

Motor akan menghasilkan sinyal kesalahan yang sebanding dengan perbedaan antara letak sebenarnya dan letak yang seharusnya. Sinyal kesalahan ini akan mengalir balik ke sistem kontrol yang membandingkan antara sinyal kesalahan dengan sinyal input dan menghasilkan output berdasarkan dua nilai.

Keuntungan dengan menggunakan motor dc yaitu menghasilkan tenaga putaran yang lebih pada saat kecepatan rendah dibandingkan saat kecepatan tinggi. Hal ini terjadi sejak motor dc mampu mempercepat beban dengan cepat mulai dari tidak bergerak. Dan juga, motor dc, mampu menghasilkan tenaga putaran yang membalik sehingga menjadi lambat motornya menjelang mendekati posisi sebenarnya. Tenaga putaran yang diteruskan /maju akan tinggi saat motor berhenti atau kecepatannya rendah. Kecepatan tenaga putaran dengan motor dc mampu mendekati letak yang diinginkan sehingga motor akan melambat bebannya dan mencegah untuk tidak melampaui batas.

#### 2.4.1 Cara Kerja motor DC



Gambar 2.8 Medan magnet didalam motor DC

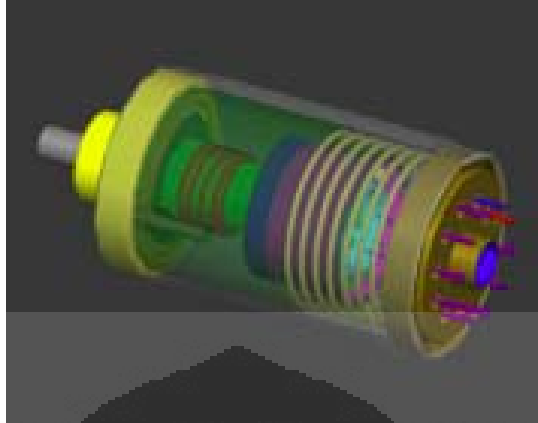
Ketika arus elektrik lewat melalui suatu coil didalam medan magnet, maka gaya magnetis menghasilkan suatu tenaga putaran yang akan memutar motor DC. Arus elektrik akan menyediakan secara eksternal melalui suatu pergantian aliran listrik. Sehingga bila diuraikan dalam suatu rumusan adalah  $F = ILB$  yang akan memaksa tegak lurus untuk kedua-duanya medan magnet dan kawat.

Motor dapat dinyalakan dan dimatikan dengan mengontrol arus kekumparan diam. Untuk membalikkan kumparan motor, pembalikan arah arus tidaklah mudah karena yang berfungsi sebagai komutator adalah rangkaian elektronik. Salah satu metode yang dipakai untuk melakukan hal ini adalah dengan menyertakan sensor-sensor pada motor yang akan mendeteksi posisi kutub utara dan kutub selatan. Sensor-sensor ini kemudian dapat menyebabkan arus kumparan berubah arah pada saat yang tepat sehingga membalikkan gaya yang bekerja pada magnet. Kecepatan kumparan dapat dikontrol dengan menggunakan modulasi lebar pulsa, yaitu dengan mengontrol level rata-rata pulsa dari sebuah sumber tegangan DC yang konstan.

Pada pengendalian putaran motor dc dengan menggunakan perancangan teknik kontrol konvensional diperlukan adanya pengetahuan yang lengkap akan parameter dari motor dc tersebut. Pada banyak kasus, parameter motor dc tidak diketahui, sehingga untuk mengontrolnya diperlukan mekanisme kontrol yang tidak memerlukan data parameter *plant*, seperti teknik kontrol *adaptive*.

## **2.5 Sensor percepatan dengan accelerometer**

Accelerometer adalah sebuah instrumen yang berfungsi untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran, atau pun untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi. Accelerator juga dapat digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi pada kendaraan, bangunan, dan mesin. Selain itu, accelerometer juga biasa digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi di dalam bumi, getaran mesin, jarak yang dinamis, dan kecepatan dengan ataupun tanpa dipengaruhi gravitasi bumi. Biasanya accelerator digunakan pada peralatan elektronik yang portable.



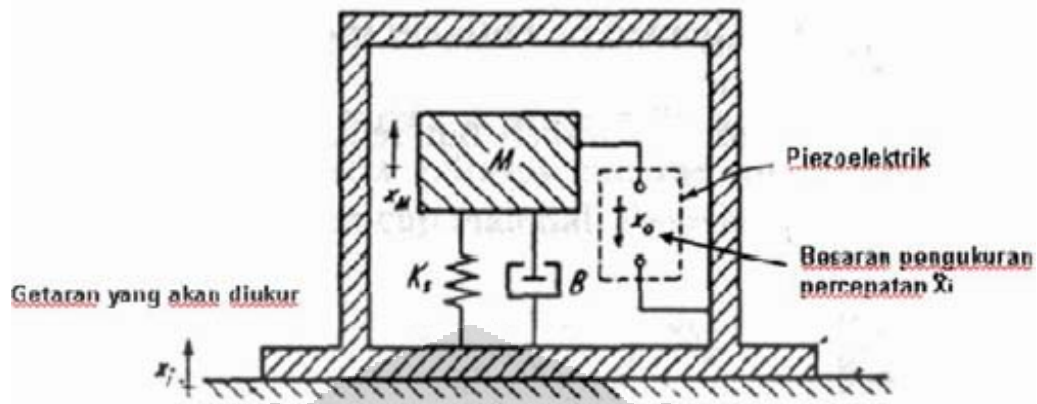
Gambar 2.9 Sensor Accelerometer

### 2.5.1 Prinsip Kerja sensor accelerometer

Sebuah accelerometer pada dasarnya mengukur percepatan dan gravitasi yang dirasakan. Sebuah accelerometer yang diletakkan di permukaan bumi seharusnya mendeteksi percepatan sebesar 1 g (ukuran gravitasi bumi) pada titik vertikalnya. Untuk percepatan yang dikarenakan oleh pergerakan horizontal, accelerometer akan mengukur percepatannya secara langsung ketika dia bergerak secara horizontal.

Konfigurasi dasar accelerometer pada Gambar 2.10, dalam proses pengukurannya, accelerometer bekerja sebagai berikut. Misalkan percepatan yang akan diukur adalah  $\ddot{X}_1$  dan besarnya dianggap konstan. Pada kondisi stasioner, massa  $M$  akan diam relatif terhadap dudukannya. Jika  $M$  mengalami percepatan sebesar  $\ddot{X}_1$ , maka berarti ada gaya yang mengakibatkan timbulnya percepatan tersebut. Apabila  $M$  tidak bergerak relatif terhadap dudukannya, maka gaya yang muncul adalah gaya pegas. Karena defleksi  $X_0$  proporsional terhadap gaya pegas, yang juga proporsional terhadap besarnya percepatan, maka  $X_0$  merupakan besaran pengukuran percepatan  $\ddot{X}_1$ .





Gambar 2.10 Konfigurasi dasar Sensor Accelerometer

Suatu alat yang digunakan untuk mengukur  $X_0$  adalah material piezoelektrik. Material tersebut akan menghasilkan muatan listrik pada saat terjadi deformasi. Muatan listrik yang dihasilkan akan menimbulkan tegangan listrik yang kemudian diukur sebagai besaran yang mewakili besaran yang diukur. Karena tegangan sinyal yang dihasilkan material piezoelektrik sangat kecil, maka tegangan tersebut diperkuat terlebih dahulu oleh penguat sinyal internal dalam accelerometer. Penguat sinyal internal merupakan rangkaian charge amplifier.

### 2.5.2 Tipe sensor accelerometer

- **Capacitive** : Lempengan metal pada accelerometer ini memproduksi sejumlah kapasitansi; perubahan kapasitansi mempengaruhi percepatan.
- **Piezoelectric** : Kristal piezoelectric terpasang pada accelerometer ini. Tegangan yang dikeluarkan akan di konversi menjadi percepatan.
- **Piezoresistive** : Suatu lempengan yang secara resistan akan berubah sesuai dengan percepatan.
- **Hall Effect** : Sebuah pergerakan dikonversi menjadi sinyal elektrik dengan cara mensensor perubahan yang

terjadi pada sebuah daerah yang terinduksi magnet.

- **Magneto resistive** :Perubahan resistivitas material karena hadirnya daerah yang terinduksi magnet.
- **Heat Transfer** :Lokasi dari sebuah benda yang dipanaskan yang disensor ketika terjadi percepatan dengan sensor temperatur.

### 2.5.3 Terminologi sensor accelerometer

- **+1g** Output dari sensor berdasarkan konektor yang mengarah ke atas.
- **0g** Output dari sensor berdasarkan konektor horizontal.
- **-1g** Output dari sensor berdasarkan konektor mengarah ke bawah.
- **Linearity** Selisih maksimum dari kurva antara tegangan yang dihasilkan dan gravitasi, dengan garis lurus.
- **Sensitivity** Ukuran seberapa banyak perubahan yang terjadi pada hasil output sensor berdasarkan perubahan percepatan yang diinputkan. Satuan dari sensitivity adalah Volts/g.
- **Vcc.** Tegangan sebagai input untuk sensor.  $-5.000 \pm 0.005V$  untuk CAS
- **% Vcc.** Persentase dari tegangan yang dihasilkan. Dapat mengoreksi kesalahan akibat tegangan yang bervariasi ketika accelerometer bekerja.
- **Ratiometric.** Output dari sensor yang berubah sesuai dengan perubahan tegangan input.

## 2.6 Rotari Encoder (Opto-U)

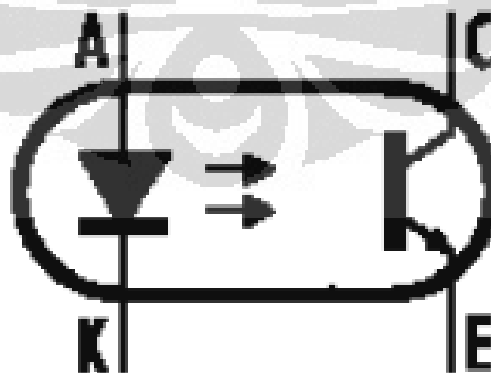
Rotari Encoder merupakan sensor kecepatan yang bekerja pada suatu sistem kendali kecepatan yang digunakan untuk memberikan umpan balik sistem.

Umpan balik ini dapat dihasilkan dengan beberapa macam teknik seperti tegangan tachometer, encoder, pembangkit pulsa elektromagnetik dan juga pengamatan tegangan balik emf. Pada sistem ini yang digunakan sebagai sensor kecepatan adalah encoder. Encoder kecepatan ini dibentuk dengan menggunakan optocoupler dan suatu cakram dengan banyak celah di tepinya seperti pada Gambar 2.10 Cakram Rotari Encoder.



Gambar 2.10 Cakram Rotari Encoder

Sedangkan Optocoupler adalah gabungan dari LED (Light Emitting Diode) yang berfungsi sebagai pengirim dan phototransistor yang berfungsi sebagai penerima. Phototransistor akan aktif jika mendapat cahaya dari LED sehingga tegangan pada kolektor-emiternya akan mendekati nol dan akan mati saat tidak mendapat cahaya dari LED, tegangan pada kolektor-emiternya akan meningkat.



Gambar 2.11 Optocoupler

Dengan meletakkan cakram rotari encoder diantara bagian LED dan phototransistor maka aktif dan tidaknya phototransistor ditentukan oleh posisi dari cakram tersebut. Jika poros cakram dihubungkan ke poros putaran motor maka ketika motor berputar cakram akan ikut berputar. Semakin cepat cakram berputar, motor berputar, maka semakin cepat pula nyala-mati dari optocoupler sehingga dengan menghitung perubahan nyala-mati dari optocoupler ini setiap satuan waktu maka akan didapatkan kecepatan putaran motor. Berikut ini adalah persamaan untuk menghitung kecepatan putaran motor :

$$N = \frac{\Sigma pulse}{T} \times \frac{1}{A} \times 60 \quad (2.6)$$

Keterangan :

N : kecepatan putaran motor dalam 1 menit

$\Sigma pulse$  : jumlah pulse optocoupler dalam waktu tertentu

T : priode sampling pengambilan jumlah pulse

A : jumlah pulse dalam satu putaran/jumlah lubang-lubang dalam cakram yang digunakan

## **BAB 3**

### **PERANCANGAN**

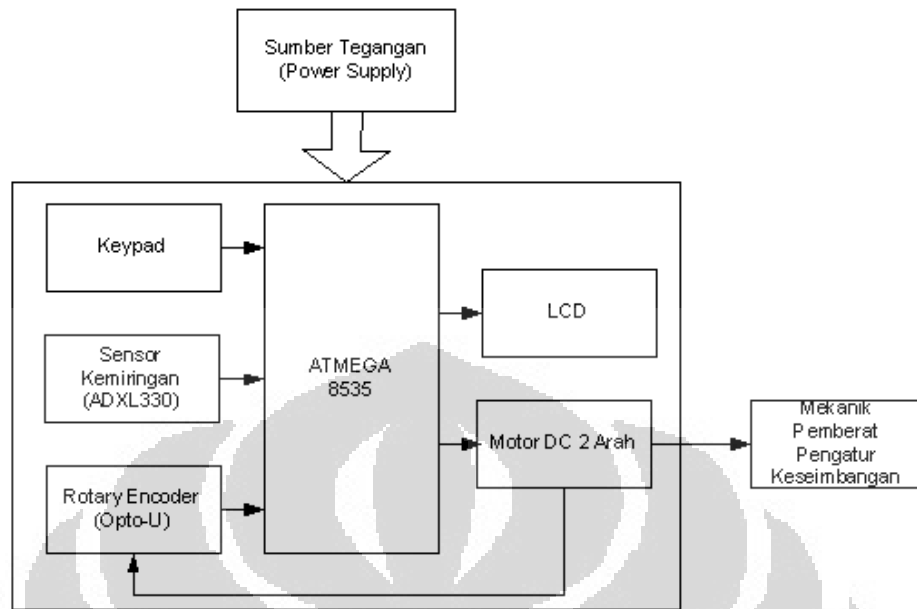
Perancangan merupakan proses yang kita lakukan terhadap alat, mulai dari rancangan kerja rangkaian hingga hasil jadi yang akan difungsikan. Perancangan dan pembuatan alat merupakan bagian yang terpenting dari seluruh pembuatan tugas akhir ini. Pada prinsipnya perancangan dan sistematik yang baik akan memberikan kemudahan-kemudahan dalam proses pembuatan alat.

Pada bab III ini akan dibahas mengenai rancangan alat ukur massa jenis zat cair baik secara hardware maupun secara software. Secara hardware akan dibahas mengenai rancangan mekanik untuk alat ukur massa jenis zat cair yang meliputi peralatan yang digunakan seperti peralatan input, proses, dan output, serta akan dibahas rancangan rangkaian untuk alat ukur massa jenis zat cair. Pada bagian software akan dibahas mengenai alat kontrol yang digunakan yaitu mikrokontroler 8535, alamat input dan outputnya dalam mikrokontroler, dan instruksi-instruksi yang digunakan dalam membuat program.

#### **3.1 Blok Diagram**

Alat ukur massa jenis zat cair ini adalah bagian dari sistem otomatisasi suatu alat yang akan bekerja sesuai dengan urutan kerja yang telah ditentukan sebelumnya. Pengendalian kerja pada rangkaian alat tersebut umumnya merupakan jenis kontrol yang dirancang untuk bekerja secara otomatis dimana setelah satu urutan proses selesai secara lengkap, kemudian diikuti dengan urutan berikutnya sampai bentuk akhir dan keluaran yang diinginkan tercapai.

Secara umum bentuk proses otomatisasi pada alat ukur massa jenis zat cair ini dapat digambarkan dengan blok diagram pada gambar 3.1. Berikut adalah blok diagram proses otomatisasi pada alat ukur massa jenis zat cair :



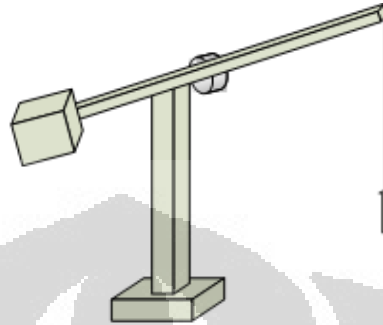
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem otomatisasi alat ukur massa jenis zat cair

Pada gambar 3.1 alur diagram berasal dari flowchart, pada flowchart akan ditentukan bagaimana perjalanan sebuah sistem otomatisasi yang akan dibuat. Sehingga pada flowchart kita akan mendapat gambaran program dari sistem otomatisasi tersebut. Program yang dibuat menggunakan bahasa BASCOM AVR karena yang digunakan adalah sistem otomatisasi dengan menggunakan mikrokontroler ATMEGA 8535. Mikrokontroler ATMEGA 8535 tidak akan bekerja bila tidak diberi catu daya dan input masukan untuk menjalankan proses. Pada sistem ini input yang digunakan adalah sensor accelerometer (sensor kemiringan) ADXL 330 dan motor DC, dan LCD. Sebuah mikrokontroler ATMEGA 8535 yang telah diprogram memiliki instruksi kontrol yang akan menjalankan sistem secara otomatis dari kerja sensor accelerometer dan gerakan motor DC. Pada sistem ini output yang digunakan adalah LCD sebagai tampilan dari nilai massa jenis zat cair yang dihasilkan pada motor DC.

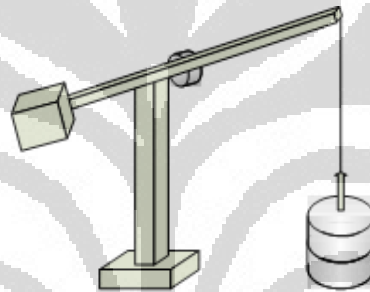
### 3.2 Rancangan Mekanik

Rancangan mekanik ini memudahkan kita dalam menentukan tata letak dan komponen yang akan kita gunakan pada sistem otomatisasi. Pada gambar 3.2

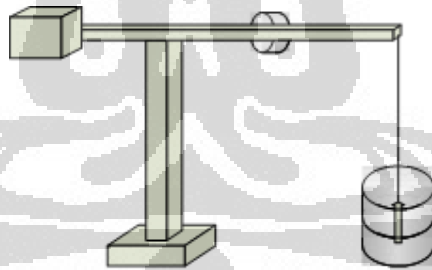
adalah kondisi neraca sebelum beban di celupkan dan gambar 3.3 adalah kondisi neraca pada saat beban sudah di celupkan.



Gambar 3.2 Kondisi Neraca Sebelum beban di celupkan



Gambar 3.3 Kondisi Neraca saat beban di celupkan

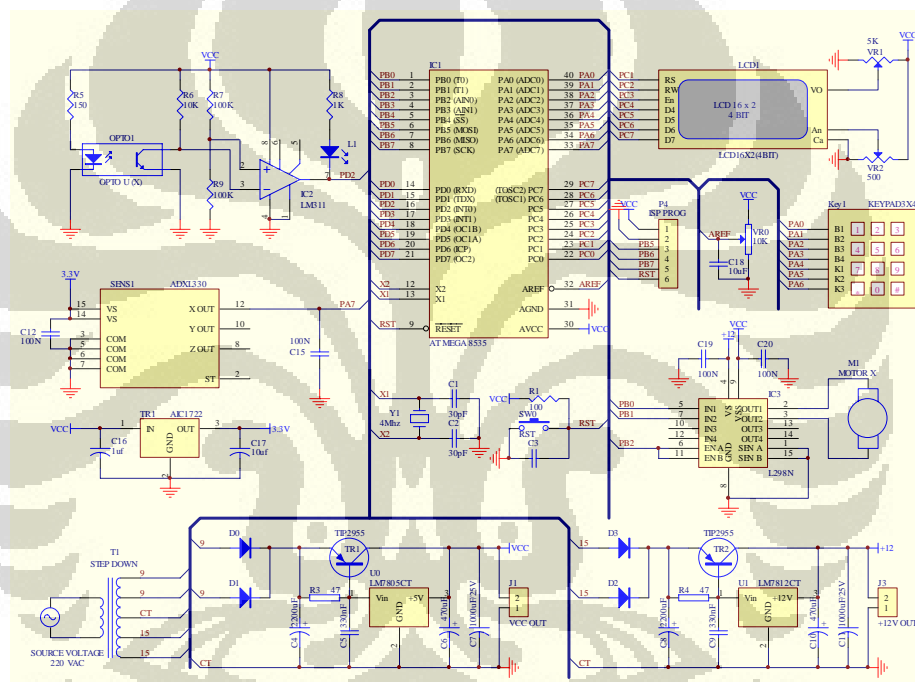


Gambar 3.4 Kondisi Neraca dalam keadaan Setimbang

Cara kerja Rancangan mekanik Lengan Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair pada gambar 3.4 yaitu lengan yang telah di setting agar motor DC bergerak dapat menjadi beban penyeimbang pada saat beban akan dimasukkan kedalam cairan yang digunakan, maka motor DC akan bergerak satu arah sehingga terjadi keseimbangan dan akan dihitung oleh mikrokontroler dan ditampilkan pada dengan satuan massa jenis zat cair yaitu  $\text{kg/m}^3$

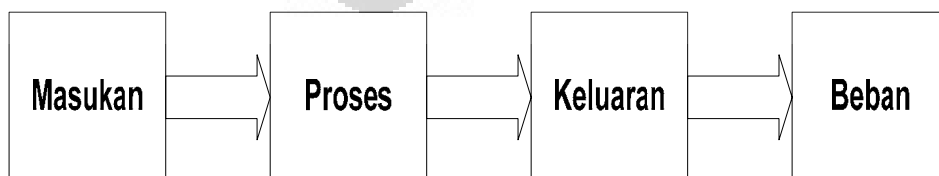
Pada rancangan mekanik dapat dilihat bahwa suatu sistem kontrol memerlukan beberapa komponen seperti:

- Komponen input : Keypad, Sensor accelerometer (sensor kemiringan) ADXL 330 dan Rotary Encoder (Opto U)
- Komponen proses: Rangkaian otomatisasi dengan mikrokontroler ATMEGA 8535: Pemrograman assembler
- Komponen output :LCD, Motor DC, Mekanik pemberat pengatur keseimbangan



Gambar 3.5 Rancangan Rangkaian alat ukur massa jenis zat cair

Sehingga jika dibuat dalam suatu blok adalah sebagai berikut:



Gambar 3.6 Diagram Sistem Otomatisasi Dengan Output Keseimbangan Lengan Alat Ukur zat cair



Dari diagram 3.6 terlihat bahwa bekerjanya suatu sistem otomatisasi karena adanya hubungan sebab dan akibat atau interaksi antara peralatan/perangkat dari masing-masing blok, dimana peralatan atau perangkat tersebut ditentukan, disusun dan dirangkai sedemikian rupa berdasarkan deskripsi kerja sistem otomatisasi dari suatu *plant* atau alat ukur yang telah ditentukan ataupun diterapkan.

### 3.3 Peralatan Input/Masukan

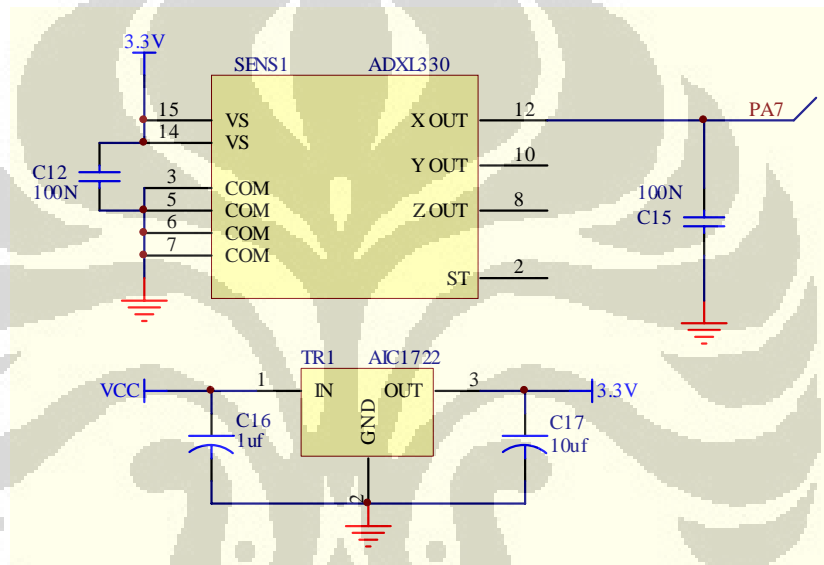
Sinyal-sinyal masukan biasanya terdiri dari berbagai macam jenis transducer, yaitu suatu komponen yang akan mengubah besaran fisik kebentuk sinyal-sinyal listrik. Dan pada rangkaian alat ukur masa jenis zat cair ini peralatan input/masukan yang digunakan adalah Keypad, Sensor accelerometer (sensor kemiringan) ADXL 330 dan Rotary Encoder (Opto U) dimana semuanya mengirimkan informasi-informasi mengenai besaran fisik kebentuk sinyal-sinyal listrik. Tergantung dari jenis transducer yang digunakan, informasi yang dikirim oleh transducer dapat berupa informasi yang tidak kontinu(binier) atau informasi yang kontinu(analog), dan untuk kedua peralatan input/masukan yang digunakan ada pada tabel 3.1 yaitu:

Tabel 3.1 Peralatan Input alat ukur masa jenis zat cair

Tranduser	Besaran yang diukur	Kondisi keluaran
Sensor accelerometer ADXL 330	Mengukur percepatannya secara langsung	Tegangan
Rotary Encoder (Opto U)	Gerakan/Posisi	Tegangan Biner(On/Off)

### 3.3.1 Sensor accelerometer ADXL 330

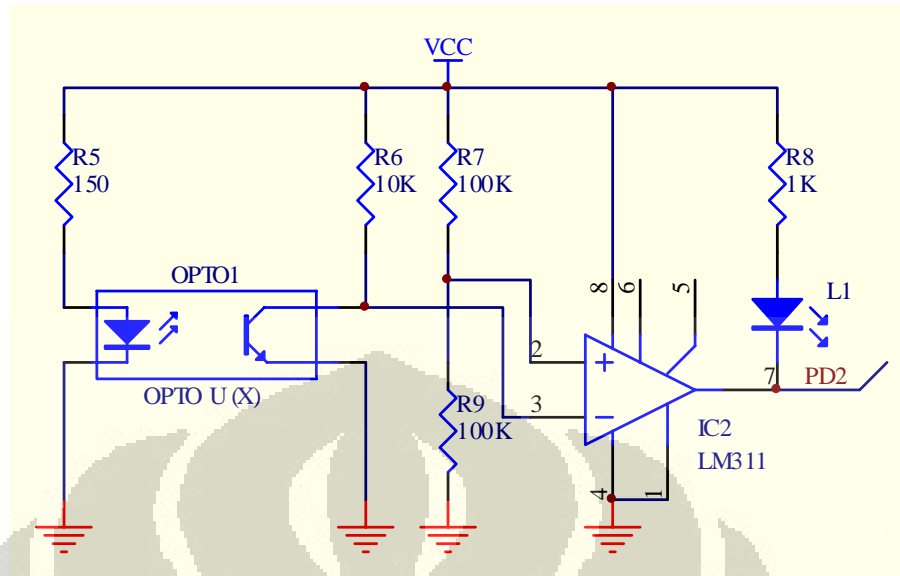
Pada rangkaian alat ukur massa jenis zat cair yang bekerja secara otomatis yang digunakan adalah sensor accelerometer ADXL 330. Sensor accelerometer ADXL 330 diletakkan pada salah satu sisi lengan dari alat ukur massa jenis zat cair. Karena sensor accelerometer yang ditempatkan pada salah satu sisi lengan, maka pada saat terjadi kemiringan setelah beban dimasukkan kedalam zat cair, sensor accelerometer akan mengukur kemiringannya.



Gambar 3.7 Rangkaian accelerometer ADXL 330

### 3.3.2 Rotary Encoder (Opto U)

Pada rangkaian alat ukur massa jenis zat cair, rotary encoder digunakan untuk mengukur jarak sampai keadaan setimbang. Rotary encoder diletakkan pada salah satu sisi alat ukur massa jenis zat cair. Karena rotary encoder yang ditempatkan pada salah satu sisi alat ukur massa jenis zat cair, maka rotary encoder akan menghitung pergerakan motor DC bergerak sampai pada keadaan setimbang setelah beban dimasukkan ke dalam suatu cairan.

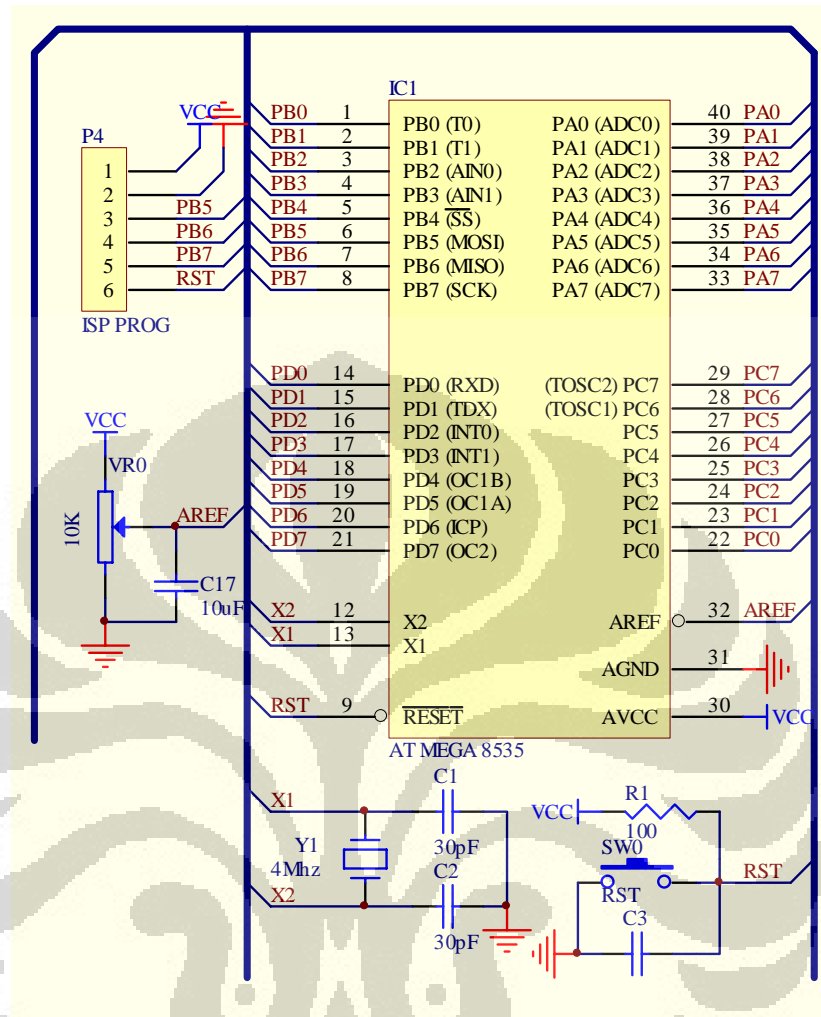


Gambar 3.8 Rangkaian Rotary Encoder

### 3.4 Peralatan Proses

#### 3.4.1 Mikrokontroler ATMEGA 8535

Untuk memenuhi komponen proses secara otomatis ini digunakan sebuah alat kontrol yang bernama *mikrokontroler*.



Gambar 3.9 Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA 8535

Mikrokontroler ATMEGA 8535 adalah suatu peralatan elektronik yang dirancang khusus untuk memenuhi tuntutan dari sistem kontrol di industri yang terus berkembang, sehingga diperlukan juga sistem kontrol yang dapat dikembangkan pula yang akhirnya dapat mengikuti kemajuan proses industri yang semakin kompleks.

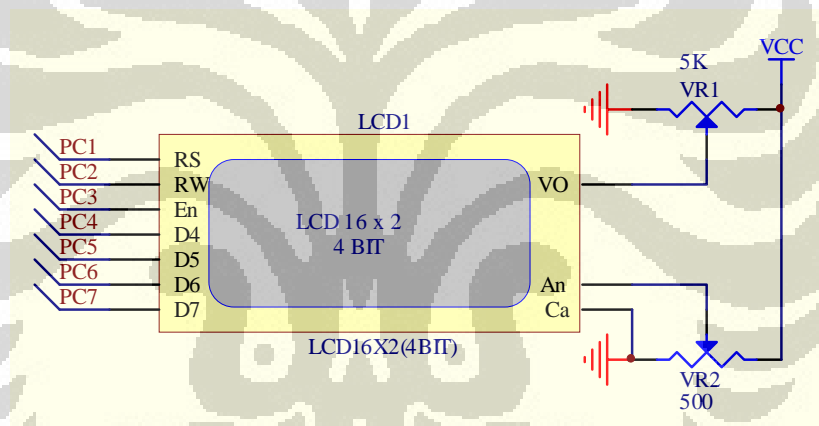
Mikrokontroler ATMEGA 8535 dapat bekerja dengan cara menerima sinyal input dari peralatan input misalnya accelerometer ADXL 330 dan Rotary Encoder dan lain sebagainya. Input dari peralatan input mikrokontroler ATMEGA 8535 yang berupa sinyal – sinyal input akan disimpan dalam memorinya yang kemudian diolah sesuai dengan program yang ada. Dan

selanjutnya akan diteruskan ke output sehingga dapat menggerakkan peralatan-peralatan output yang berupa motor DC, LCD dan sebagainya sesuai peralatan output yang dihubungkan ke output PLC.

### 3.5 Peralatan Output/Keluaran

#### 3.5.1 LCD

LCD atau (*Liquid Crystal Display*) merupakan bagian dari peralatan output alat ukur massa jenis zat cair dengan tujuan sebagai suatu sistem monitoring suatu proses atau kejadian. Jika seluruh proses sudah dikerjakan, maka mikroprosesor ATMEGA 8535 akan mengirimkan informasi mengenai data yang dihasilkan pada LCD.

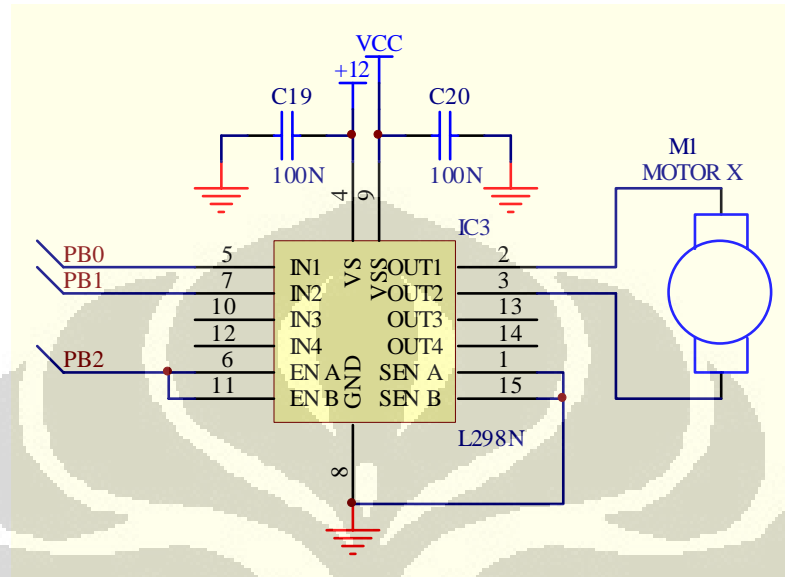


Gambar 3.10 Rangkaian LCD

#### 3.5.2. Motor

Motor DC merupakan salah satu pada sistem alat ukur massa jenis zat cair. Karena motor DC ini berguna untuk menggerakkan mekanik pemberat agar dapat bergerak sepanjang lengan alat ukur dari rancangan secara otomatis. Motor DC yang dipergunakan satu buah buah yang bekerja pada tegangan 6V DC. Kecepatan motor DC berbanding terbalik dengan jumlah lilitan. Artinya semakin sedikit jumlah lilitan motor maka akan semakin kencang Bergeraknya. Tetapi perlu diperhatikan juga torsi-nya. Karena jika lilitan semakin sedikit, torsi motor

semakin kecil alias tidak bertenaga. Jadi harus seimbang antara kecepatan dan torsi. Selain itu medan magnet juga berpengaruh pada dua parameter ini.



Gambar 3.11 Rangkaian Motor DC

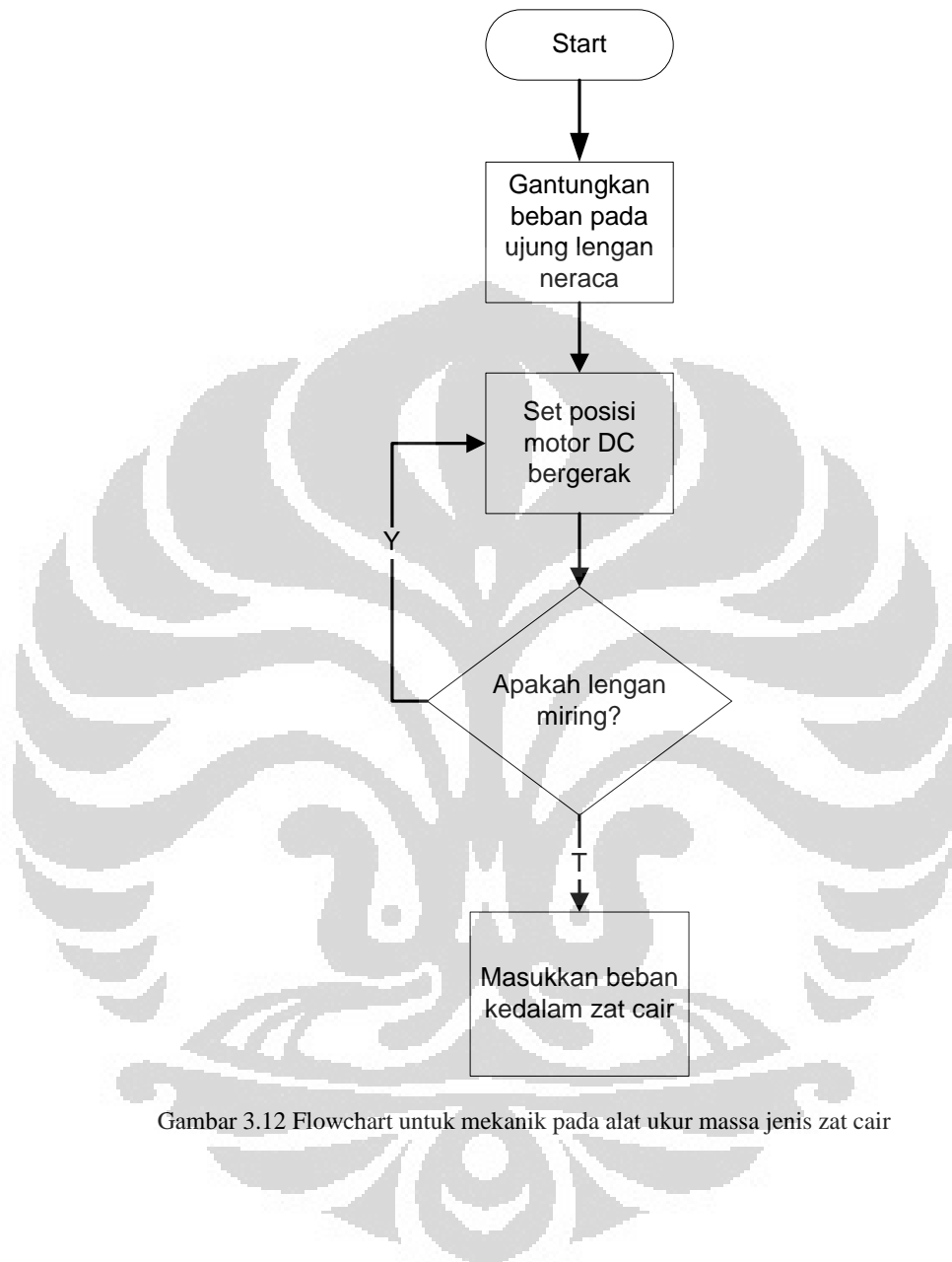
### 3.6. Mekanik Pemberat Pengatur Keseimbangan

Mekanik Pemberat ini adalah motor DC yang dibuat bergerak sepanjang lengan alat ukur massa jenis zat cair. Mekanik pemberat merupakan bagian yang penting karena mekanik pemberat akan menentukan dimana keadaan setimbang pada lengan.

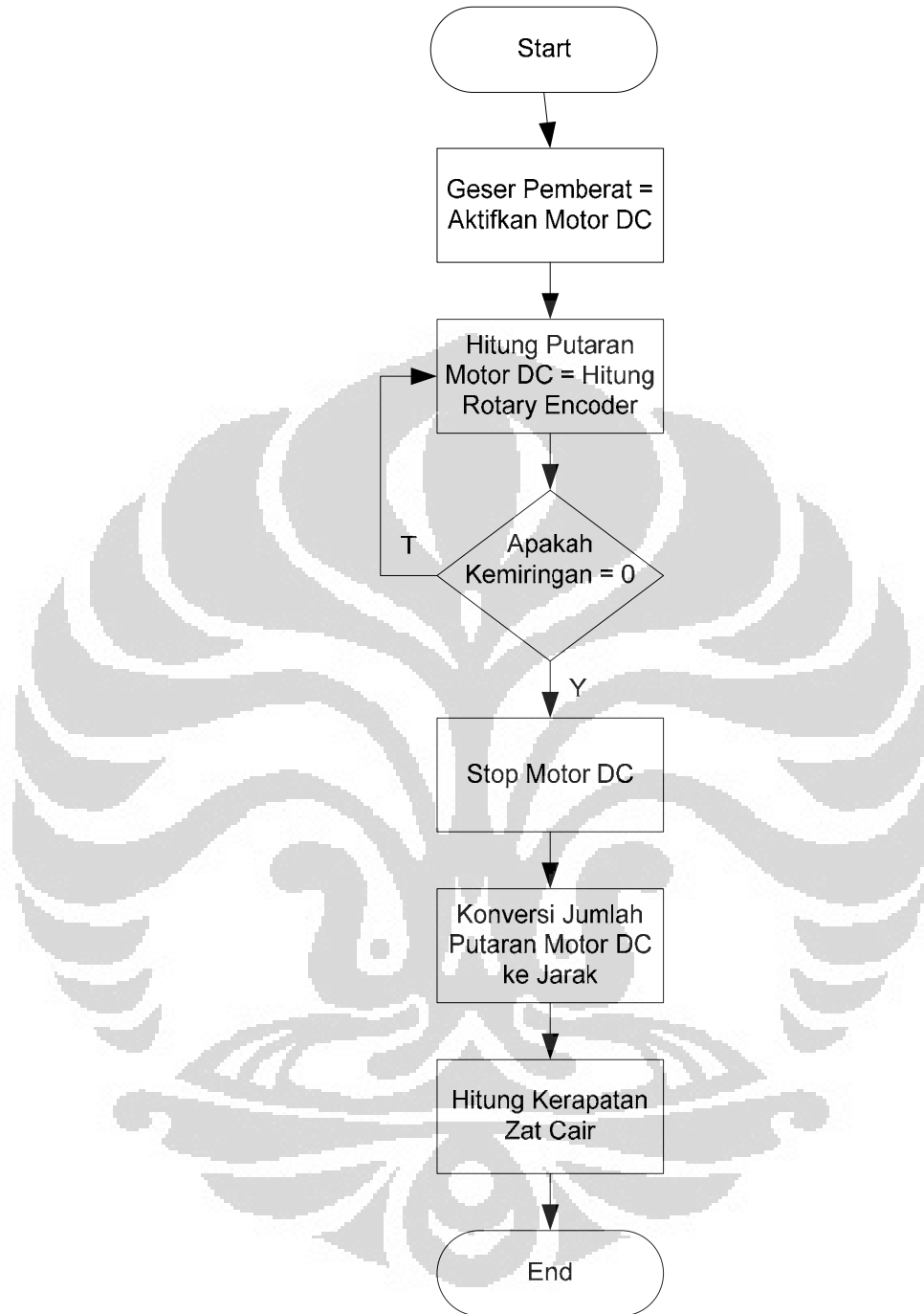
### 3.7 Rancangan Software

PLC sebagai alat pengendali yang terprogram tidak akan berfungsi bila rancangan dari suatu sistem yang akan dikontrol belum dituangkan dalam bentuk logika yang jelas sesuai dengan keinginan pemrogram. Untuk itulah diperlukan flowchart sebelum membuat program untuk suatu sistem kontrol.

### 3.7.1 Flowchart



Gambar 3.12 Flowchart untuk mekanik pada alat ukur massa jenis zat cair



Gambar 3.13 Flowchart untuk cara kerja otomatisasi pada alat ukur massa jenis zat cair



### 3.7.2 Deskripsi Cara Kerja

Deskripsi cara kerja merupakan penuangan ide kedalam bentuk rencana kerja sistem (pola kerja sistem) yang akan digunakan dalam proses otomatis. Cara kerja otomatis ini berarti alat ukur massa jenis zat cair langsung dikontrol oleh mikrokontroler ATMEGA 8535 yang sebelumnya sudah diprogram.

Pada gambar 3.13 yaitu flowchart untuk mekanik pada alat ukur massa jenis zat cair adalah langkah awal sebelum alat ukur massa jenis zat cair dioperasikan. Pertama kali adalah menggantungkan beban pada ujung neraca alat ukur massa jenis zat cair, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah menyet motor DC dua arah atau motor DC bergerak agar posisi lengan neraca dalam keadaan setimbang. Terakhir adalah apabila setelah diset motor DC bergerak dalam keadaan setimbang maka beban pada neraca kemudian dimasukkan kedalam suatu zat cair yang akan dihitung massa jenisnya. Namun bila lengan neraca belum setimbang maka motor DC bergerak akan bergerak lagi, sampai pada posisi setimbang.

Langkah selanjutnya sesuai dengan Gambar 3.14 Flowchart untuk cara kerja otomatisasi pada alat ukur massa jenis zat cair yaitu setelah beban sudah dimasukkan kedalam suatu zat cair, selanjutnya adalah start yaitu dengan menekan tombol pada keypad, kemudian mengaktifkan kembali motor DC bergerak karena setelah beban dicelupkan kedalam zat cair posisi lengan neraca tidak setimbang, ketika motor DC diaktifkan maka program BASCOM akan menghitung putaran motor DC. Apabila lengan neraca belum dalam keadaan setimbang maka motor akan diaktifkan kembali dan dihitung kembali putaran motor DC nya, setelah lengan neraca sudah dalam keadaan setimbang, motor DC akan berhenti. Kemudian jumlah putaran motor DC akan dikonversi menjadi jarak. Dari hasil konversi maka dapat dilakukan perhitungan massa jenis zat cair.

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada proses pembuatan alat ukur massa jenis zat cair dilakukan kalibrasi sensor Accelerometer ADXL 330. Pengujian respons kemiringan dilakukan dengan memposisikan sensor pada sudut kemiringan tertentu dan membandingkan hasilnya dengan busur derajat.

Pengujian alat ukur massa jenis zat cair dilakukan dengan memadukan data pada saat beban belum dimasukkan ke dalam suatu zat cair dan beban setelah dimasukkan ke dalam suatu zat cair dengan hasilnya yaitu massa jenis zat cair yang ditampilkan pada LCD.

#### **4.1 Hasil Rancangan Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair**



Gambar 4.1 Rancangan Alat Ukur Massa Jenis Zat Cair



Gambar 4.2 Rancangan Beban Penyeimbang pada lengan neraca

## 4. 2 Data pengukuran Alat

### 4. 2.1 Data Kalibrasi Accelerometer ADXL 330

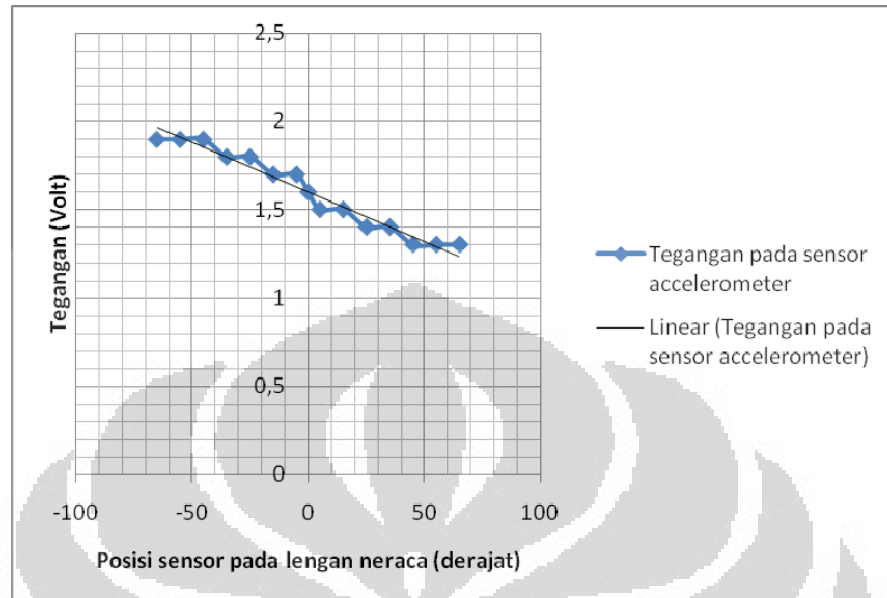
Proses kalibrasi sensor kemiringan accelerometer ADXL dilakukan dengan mencari  $V_{ref} / A_{ref}$  pada mikrokontroler ATMEGA 8535. Pengambilan data dilakukan dengan memposisikan sensor yang berada pada lengan neraca pada sudut kemiringan tertentu.

Berikut data dan penghitungan kalibrasi data dari LCD.

Tabel 4.1 Tabel Data tampilan LCD untuk menghitung kalibrasi sensor Accelerometer ADXL 330

No	Posisi sensor pada lengan neraca (derajat)	Tegangan
1	65	1,3
2	55	1,3
3	45	1,3
4	35	1,4
5	25	1,4
6	15	1,5
7	5	1,5
8	0	1,6
9	-5	1,7
10	-15	1,7
11	-25	1,8
12	-35	1,8
13	-45	1,9
14	-55	1,9
15	-65	1,9

Grafik 4.1 Tegangan pada sensor accelerometer

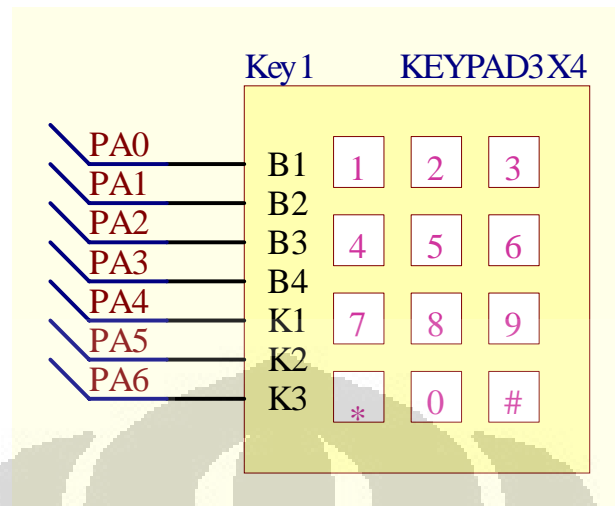


Dari hasil kalibrasi terlihat ketiga sensor masih dalam batasan yang ditentukan dalam datasheet. Hal ini terlihat dari data yang tidak ada yang melewati batas maksimum dan minimum. Walaupun belum menunjukkan data yang memuaskan seperti yang terdapat dalam datasheet, sensor ini masih bisa dikatakan berperforma baik.

#### 4. 2.2 Data Tegangan yang digunakan oleh setiap komponen alat

##### 4. 2.2.1 Keypad

Keypad yang digunakan adalah keypad 3x4, dengan menggunakan port A. Port A yang digunakan adalah PA0-PA6. Saat keypad dalam posisi aktif (ditekan) tegangannya 4,98V, sedangkan saat posisi tidak aktif (tidak ditekan) tegangan keypadnya 0,03V.



Gambar 4.3 Keypad

#### 4. 2.1.2 Sensor ADXL 8535

Sensor ADXL menggunakan tegangan input sebesar 3,3 V. Karena tegangan yang berasal dari tegangan power supply awal sebesar 5 V akan diperkecil lagi menjadi 3,3 V. Sesuai dengan datasheet yang digunakan, untuk sensor ADXL 330, tegangan power supply yang digunakan minimum sebesar 1,8 V dan maksimum sebesar 3,6 V. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur tegangan pada saat posisi lengan seimbang, posisi lengan paling atas, dan posisi lengan paling bawah. Tegangan yang terukur sesuai dengan tabel 4.3.

Tabel 4.3 Tabel tegangan Sensor ADXL 330

Posisi	Tegangan (V)
Keadaan Setimbang	1,6
Posisi Lengan Neraca Paling Max	1,3
posisi Lengan Neraca Paling Min	1,9

#### 4. 2.1.3 Optocoupler

Pengukuran tegangan optocoupler dilakukan pada saat optocoupler diaktifkan (logika 1) dengan mengukur keluaran dari Port D1 pada

mikrokontroler, dan pada saat optocoupler tidak sedang digunakan (logika 0). Data hasil pengukuran tegangan sesuai dengan tabel 4.4

Tabel 4.4 Tabel tegangan Optocoupler

Keadaan	Tegangan (V)
Logika 1	4,9
Logika 0	0,15

#### 4. 2.1.4 LCD

Pengukuran tegangan pada LCD dilakukan dengan melakukan pengukuran pada pin3 LCD yaitu untuk contrast layar LCD, dan pengukuran tegangan pada pin15 dan pin16 LCD untuk LED backlight.

Tabel 4.5 Tabel tegangan LCD

No Pin	Keterangan	Tegangan (V)
3	Contrast	0.13
15	Anoda	4.1
16	Katoda	0

#### 4. 2.1.5 Power Supply

Power supply utama yang digunakan pada alat ukur massa jenis zat cair terdiri dari tegangan 5V dan 9V. Untuk tegangan 9V digunakan untuk motor DC, sedangkan untuk 5V digunakan untuk mikrokontroler, LCD, dan sensor accelerometer ADXL 330. Untuk sensor accelerometer ADXL 330 tegangan 5V akan diperkecil menjadi 3,3V.

Tabel 4.6 Tabel tegangan Power Suply

Komponen	Tegangan ( V )
Mikrokontroler	5,0
LCD	5,0
ADXL	5,0
Motor DC	9,0

### 4.3 Langkah-Langkah Pengambilan data pengukuran

Langkah awal sebelum alat ukur massa jenis zat cair dioperasikan. Pertama kali adalah menggantung beban pada ujung neraca alat ukur massa jenis zat cair, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah menset motor DC dua arah agar beban penyeimbang bergerak agar posisi lengan neraca dalam keadaan setimbang. Langkah ini digunakan untuk mengkalibrasi alat sebelum digunakan untuk mengukur massa jenis zat cair.

Setelah didapatkan keseimbangan lengan neraca di udara atau tanpa suatu cairan apapun, selanjutnya adalah memasukkan massa jenis air mineral yang digunakan, kemudian, memasukkan beban penyeimbang ke dalam air mineral yang telah disiapkan. Akan terlihat kembali posisi lengan neraca berada dalam posisi yang tidak seimbang lagi (posisi neraca berada dalam posisi miring). Motor DC akan aktif untuk menggerakkan beban penyeimbang kembali pada posisi seimbang lagi. Ketika beban penyeimbang sudah pada posisi lengan neraca yang seimbang maka motor DC akan berhenti bergerak. Akan terlihat pada LCD jarak dan massa jenis dari air mineral.

Langkah selanjutnya, diteruskan dengan memasukkan beban penyeimbang ke dalam cairan oli atau minyak sayur. Pada langkah ini, kembali terlihat lengan neraca tidak berada pada posisi seimbang, posisi ini membuat motor DC akan kembali aktif untuk menyeimbangkan kembali lengan neraca. Dan akan terlihat kembali nilai jarak dan massa jenis dari cairan oli atau minyak sayur pada tampilan di LCD.

Pada cara kerja alat ukur massa jenis zat cair ini, akan dibandingkan antara massa jenis air dengan massa jenis cairan yang digunakan yaitu oli dan minyak sayur. Sehingga langkah-langkah tersebut dilakukan berturut-turut antara penghitungan air dan oli ataupun air dan minyak sayur.

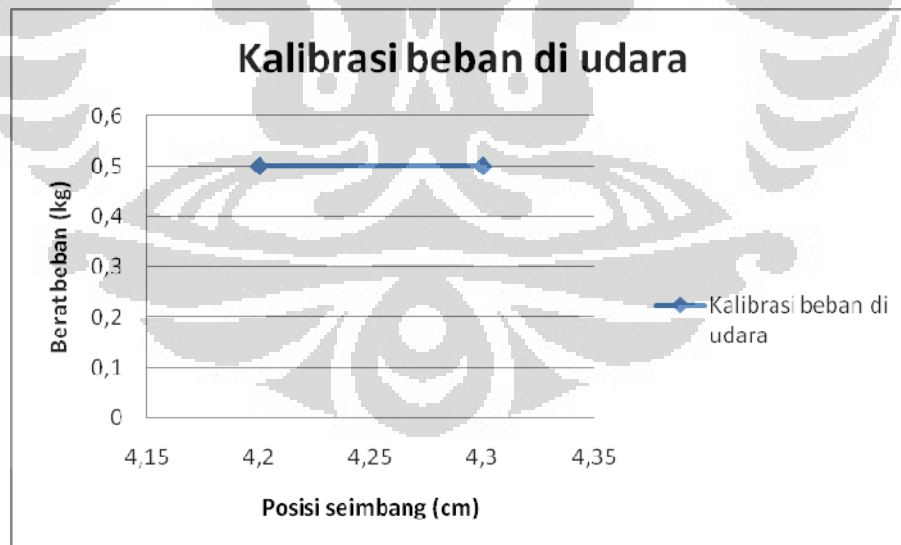
#### 4.4 Proses Pengukuran

##### 4.4.1 Data kalibrasi beban di udara

Proses kalibrasi beban di udara dilakukan pertama kali. Karena pada proses awal ini, alat ukur massa jenis zat cair akan menentukan titik keseimbangan tanpa ada cairan apapun. Data yang didapatkan adalah

Tabel 4.7 Tabel kalibrasi beban di udara

Berat Beban (kg)	Posisi seimbang (cm)
0,5	4.3
0,5	4.2
0,5	4.3
0,5	4.3
0,5	4.2
0,5	4.3
0,5	4.3
0,5	4.2
0,5	4.3
0,5	4.3



Gambar 4.3 Grafik Tegangan setimbang di udara



#### 4.4.2 Data pengukuran massa jenis zat cair

Langkah awal untuk melakukan pengukuran massa jenis zat cair adalah dengan memasukkan data massa jenis zat cair dari air pada keypad. Data yang dimasukkan adalah  $1.000 \text{ kg/m}^3$ .

#### 4.4.3 Data pengukuran massa jenis minyak sayur

Setelah didapatkan keadaan setimbang air, selanjutnya adalah memindahkan beban ke dalam cairan yaitu minyak sayur dan oli. Data density air yang digunakan sebagai input adalah  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Dari hasil pengukuran massa jenis minyak sayur lebih kecil daripada massa jenis air sehingga pada saat pengukuran kemiringan lengan neraca pada saat mengukur air lebih tinggi daripada saat pengukuran minyak sayur. Sehingga arah beban penyeimbang akan ke arah kiri dari lengan neraca, sehingga jumlah pulsa yang dihasilkan akan lebih kecil.

Tabel 4.10 Jumlah Pulsa air, Jumlah Pulsa minyak sayur, dan Density minyak sayur

No	Jumlah Pulsa air	Jumlah Pulsa minyak sayur	Density minyak sayur ( $\text{kg/m}^3$ )
1	4795	3658	$8,7 \times 10^2$
2	5074	4022	$8,8 \times 10^2$
3	4677	4465	$8,8 \times 10^2$
4	5007	4354	$8,9 \times 10^2$
5	5358	4105	$8,6 \times 10^2$
6	5092	4350	$9,1 \times 10^2$
7	5070	4355	$9,1 \times 10^2$
8	5069	4296	$9,1 \times 10^2$
9	5076	4305	$9,1 \times 10^2$
10	5070	4350	$9,1 \times 10^2$

Pada perhitungan  $\rho_{\text{minyak sayur}}$  menggunakan perhitungan perbandingan dari  $\rho_{\text{air}}$  dari data tabel 4.8, dengan pulsa offset 3780

$$\rho_{\text{cairan}} = \frac{\text{jumlah pulsa cairan} + \text{offset}}{\text{jumlah pulsa air} + \text{offset}} \times \rho_{\text{air}}$$

$$\rho_{\text{minyak sayur}} = \frac{3658 + 3780}{4795 + 3780} \times 1.000 = \frac{7438}{8575} \times 1.000 = 867 = 8,7 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3$$

Rata-rata massa jenis adalah

$$\bar{\rho}_{\text{minyak sayur}} = \frac{1}{10} \sum_1^{10} \rho_{\text{minyak sayur}} = 8,9 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$$

Aproksimasi Kesalahan

Density minyak sayur (kg/m <sup>3</sup> )	$(\rho_i - \bar{\rho})$ (kg/m <sup>3</sup> )	$(\rho_i - \bar{\rho})^2$ (kg/m <sup>3</sup> )
870	-20	400
880	-10	100
880	-10	100
890	0	0
860	-30	900
910	20	400
910	20	400
910	20	400
910	20	400
910	20	400

$$S_{m_{\text{minyak sayur}}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\rho_i - \bar{\rho})^2}{n(n-1)}}$$

$$S_{m_{\text{minyak sayur}}} = \sqrt{\frac{1}{10(10-1)} (3500)} = \sqrt{\frac{3500}{90}} = \sqrt{38,9} = 6,2 \text{ kg/m}^3$$

Maka massa jenis minyak sayur yang didapat adalah

$$\rho_{\text{minyak sayur}} \pm S_{m_{\text{minyak sayur}}} = (8,9 \times 10^2 \pm 6,2) \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kesalahan relatif minyak sayur} = \frac{\Delta\rho_{\text{minyak sayur}}}{\rho_{\text{minyak sayur}}} \times 100\%$$

$$\Delta\rho_{\text{minyak sayur}} = 3S_{m_{\text{minyak sayur}}} = 3 \times 6,2 = 18,6$$

$$\text{Kesalahan relatif} = \frac{\Delta\rho_{\text{minyak sayur}}}{\rho_{\text{minyak sayur}}} \times 100\% = \frac{18,6}{8,9 \cdot 10^2} \times 100\% = 2,1\%$$

Kesalahan Literatur

$$\rho_{\text{minyak sayur}} = 0,82 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 820 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan Literatur} &= \left| \frac{\rho_{\text{minyak sayur}} - \rho_{\text{literatur}}}{\rho_{\text{literatur}}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{890 - 820}{820} \right| \times 100\% = 8,5\% \end{aligned}$$

#### 4.4.4 Data pengukuran massa jenis oli

Tabel 4.10 Jumlah Pulsa air, Jumlah Pulsa oli, dan Density oli

No	Jumlah Pulsa air	Jumlah Pulsa oli	Density oli (kg/m <sup>3</sup> )
1	4935	3781	8,6 x 10 <sup>2</sup>
2	4977	3812	8,6 x 10 <sup>2</sup>
3	4952	3796	8,6 x 10 <sup>2</sup>
4	4932	3781	8,6 x 10 <sup>2</sup>
5	5012	3854	8,6 x 10 <sup>2</sup>
6	4930	3779	8,6 x 10 <sup>2</sup>
7	4963	3812	8,6 x 10 <sup>2</sup>
8	4982	3829	8,7 x 10 <sup>2</sup>
9	4989	3832	8,7 x 10 <sup>2</sup>
10	4993	3842	8,7 x 10 <sup>2</sup>

Pada perhitungan  $\rho_{\text{oli}}$  menggunakan perhitungan perbandingan dari  $\rho_{\text{air}}$  dari data tabel 4.2, dengan pulsa offset 3780

$$\rho_{\text{cairan}} = \frac{\text{jumlah pulsa cairan} + \text{offset}}{\text{jumlah pulsa air} + \text{offset}} \times \rho_{\text{air}}$$

$$\rho_{\text{oli}} = \frac{3781 + 3780}{4935 + 3780} \times 1.000 = \frac{7561}{8715} \times 1.000 = 867 = 8,6 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3$$

Rata-rata massa jenis adalah

$$\bar{\rho}_{\text{oli}} = \frac{1}{10} \sum_1^{10} \rho_{\text{oli}} = 8,6 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$$

Aproksimasi Kesalahan

Density oli (kg/m <sup>3</sup> )	$(\rho_i - \bar{\rho})$ (kg/m <sup>3</sup> )	$(\rho_i - \bar{\rho})^2$ (kg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
860	0	0
860	0	0
860	0	0
860	0	0
860	0	0
860	0	0
860	0	0
870	10	100
870	10	100
870	10	100

$$S_{m_{\text{oli}}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\rho_i - \bar{\rho})^2}{n(n-1)}}$$

$$S_{m_{\text{oli}}} = \sqrt{\frac{1}{10(10-1)}(300)} = \sqrt{\frac{300}{90}} = \sqrt{3,3} = 1,8 \text{ kg/m}^3$$

Maka massa jenis oli yang didapat adalah

$$\rho_{\text{oli}} \pm S_{m_{\text{oli}}} = (8,6 \times 10^2 \pm 1,8) \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kesalahan relatif oli} = \frac{\Delta\rho_{\text{oli}}}{\rho_{\text{oli}}} \times 100\%$$

$$\Delta\rho_{\text{oli}} = 3S_{m_{\text{oli}}} = 3 \times 1,8 = 5,4$$

$$\text{Kesalahan relatif} = \frac{\Delta\rho_{\text{oli}}}{\rho_{\text{oli}}} \times 100\% = \frac{5,4}{8,6 \cdot 10^2} \times 100\% = 0,6\%$$

Kesalahan Literatur

$$\rho_{\text{oli}} = 0,8 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan Literatur} &= \left| \frac{\rho_{\text{oli}} - \rho_{\text{literatur}}}{\rho_{\text{literatur}}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{860 - 800}{800} \right| \times 100\% = 7,5\% \end{aligned}$$

## 4.5 Pembahasan

Pada pembahasan akan diuraikan analisa mengenai percobaan yang dilakukan alat ukur massa jenis zat cair, analisa hasil yang didapatkan pada percobaan, dan analisa kesalahan dari percobaan yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur massa jenis zat cair.

### 4.5.1 Analisa Percobaan dengan menggunakan alat ukur massa jenis zat cair

Alat ukur massa jenis zat cair yang bekerja secara otomatis juga tetap menggunakan prosedur yang mengharuskan untuk melakukan kalibrasi alat. Pada proses kalibrasi alat, yang dilakukan adalah penentuan posisi seimbang beban ketika di udara atau tanpa adanya zat cair. Karena alat ukur massa jenis memiliki beban yang tetap maka proses kalibrasi dapat dilakukan dengan cepat. Setelah proses kalibrasi selesai maka langkah-langkah selanjutnya yang harus dilakukan oleh praktikan akan diberikan sesuai dengan petunjuk yang terdapat pada layar LCD.

Fluida yang digunakan dalam percobaan adalah air, minyak sayur, dan oli. Pada saat pengambilan data, fluida yang digunakan telah dipakai dalam beberapa kali percobaan, sehingga fluida yang digunakan telah terkontaminasi oleh fluida lain. Hal ini mengakibatkan ketidakakuratan dalam pengambilan data.

#### 4. 5.2 Analisa Hasil menggunakan alat ukur massa jenis zat cair

Sebelum alat massa jenis zat cair digunakan terlebih dahulu ditentukan massa jenis zat cair secara manual dengan mengisikan angka dengan menggunakan keypad. Untuk menentukan satuan massa jenis zat cair dari alat ukur massa jenis zat cair yang di buat, digunakan hasil konversi jumlah putaran motor DC dengan menggunakan rotary encoder sebagai pembatas gerakan. Pada alat ukur massa jenis zat cair yang telah dibuat, pada saat beban dimasukkan kedalam suatu zat cair, maka lengan alat ukur massa jenis zat cair akan berubah posisinya menjadi miring dan beban mengambang. Kemiringan lengan tersebut, akan diukur oleh sensor accelerometer ADXL 330.

Gaya yang bekerja ada saat melakukan percobaan adalah gaya archimedes atau gaya apung karena beban yang tercelup akan memiliki gaya yang berlawanan yang besarnya dapat dihitung dengan massa jenis fluida dan berat beban yang dipindahkan oleh volume fluida dikalikan dengan gravitasi bumi.

Perhitungan massa jenis minyak sayur dan oli dengan menggunakan perbandingan jarak pada air yang didapatkan dari percobaan sebelumnya.

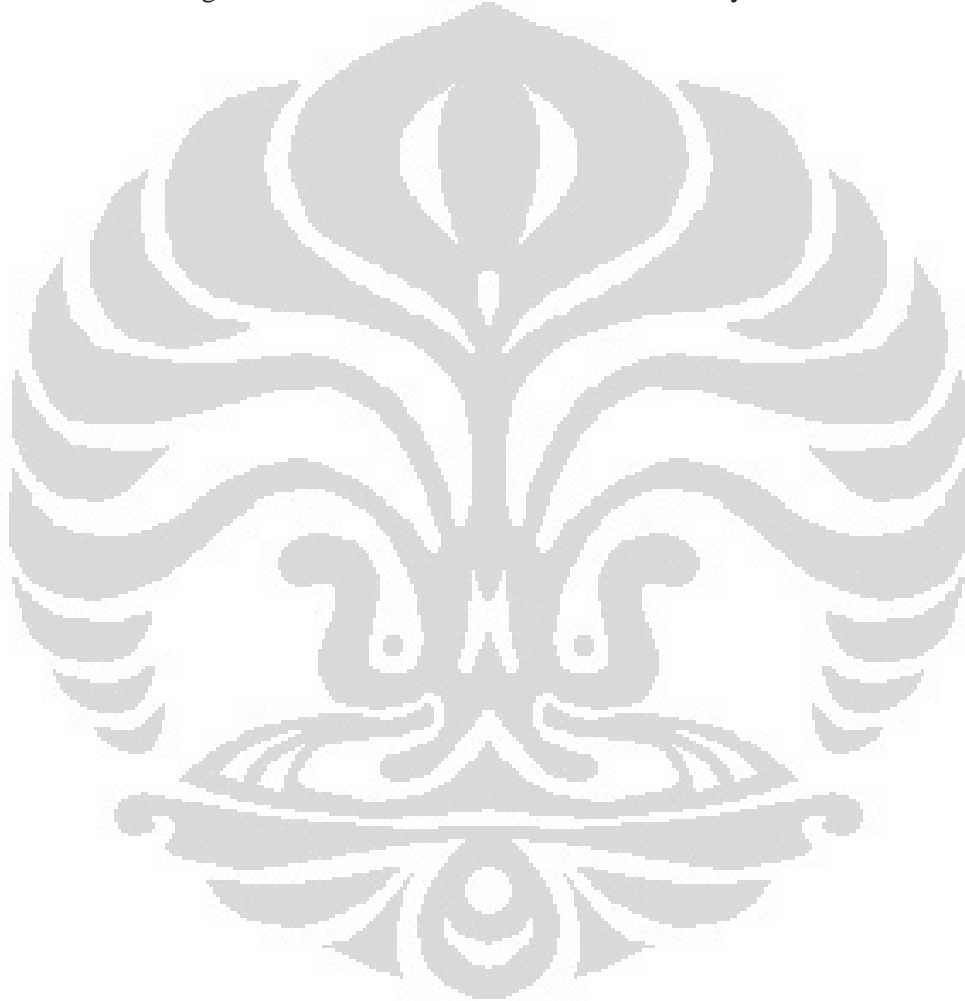
$$\rho_{\text{cairan}} = \frac{\text{jumlah pulsa cairan} + \text{offset}}{\text{jumlah pulsa air} + \text{offset}} \times \rho_{\text{air}} \quad (4.1)$$

Dari data yang dihimpun dan pengolahan data yang dilakukan sebelumnya didapatkan kesalahan literatur minyak sayur dan oli yang kecil yaitu minyak sayur sebesar 8,5 % dan oli sebesar 7,5 %. Dengan kesalahan relatif minyak sayur sebesar 2,1% dan oli sebesar 0,6%.

#### 4. 5.3 Analisa Kesalahan saat menggunakan alat ukur massa jenis zat cair

Kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi pada saat pengambilan data dalam percobaan alat ukur massa jenis zat cair ini diantaranya :

- Penentuan literatur yang digunakan untuk minyak sayur dan oli karena setiap minyak sayur maupun oli memiliki massa jenis yang berbeda.
- Penentuan letak sensor yang digunakan untuk mengukur kemiringan. Pada alat ukur massa jenis zat cair ini letak sensor telah mengubah batas awal pada lengan neraca.
- Sulitnya mendapatkan data yang akurat karena fluida yang digunakan kemungkinan terkontaminasi oleh fluida sebelumnya.



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

Hasil alat ukur massa jenis zat cair yang telah dibuat dengan menggunakan mikrokontroler 8535 adalah :

- Untuk menentukan satuan massa jenis zat cair dari alat ukur massa jenis zat cair yang di buat, digunakan hasil konversi jumlah putaran motor DC.
- Untuk menghitung jumlah putaran motor DC, digunakan Rotary Encoder sebagai pembatas gerakan.
- Rotary Encoder yang digunakan terdiri dari dua komponen yaitu piringan derajat dan sensor optocoupler.
- Pada alat ukur massa jenis zat cair yang telah dibuat, pada saat beban dimasukkan kedalam suatu zat cair, maka lengan alat ukur massa jenis zat cair akan berubah posisinya menjadi miring dan beban mengambang. Kemiringan lengan tersebut, akan diukur oleh sensor accelerometer ADXL 330.
- Setelah terdeteksi kemiringan maka motor DC bergerak akan menentukan keadaan setimbang pada lengan, sehingga beban tercelup.
- Kemiringan dari suatu cairan massa jenis yang terukur oleh alat ukur masa jenis zat cair yang bekerja secara otomatis membuktikan berlakunya Hukum Archimedes.
- Pada pengukuran alat ukur massa jenis secara otomatis, penghitungan massa jenis juga akan dipengaruhi oleh titik-titik air yang berada disekitar tali dimana beban diikat pada lengan alat ukur massa jenis zat cair.



## DAFTAR ACUAN

Alat ukur massa jenis dari botol.(n.d.).Agustus 26,2008.

[http://www.ForumSains.com/Forum\\_forumsains.htm](http://www.ForumSains.com/Forum_forumsains.htm)

Finn,Alonso. (1980). Dasar-dasar Fisika Universitas (2nd ed).

Giancoli. (1998). Fisika Jilid 1 (5th ed). Erlangga.

Halliday dan Resnick, (1991). *Fisika Jilid I*, (Pantur Silaban & Erwin Sucipto, Penerjemah.). Jakarta : Penerbit Erlangga.

Panduan Belajar Fisika dan Pengukuran.(n.d.).Maret 09, 2009.

[http://www.fisika.uns.ac.id/fisika\\_pengukuran.html](http://www.fisika.uns.ac.id/fisika_pengukuran.html)

Sears, Francis Weston dan Zemensky, Mark W. (1994). Fisika Untuk Universitas  
1 Mekanika, panas, Bunyi. Binacipta.

Simanjuntak, Henri S.V. (2005). *Dasar-dasar Mikroprosesor* (5th ed). Kanisius,  
Yogyakarta.

Tipler (1991). Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 1 (3th ed). Erlangga.

## LAMPIRAN

(Lampiran A)

### PROGRAM BASCOM UNTUK ALAT UKUR MASSA JENIS ZAT CAIR

```
'=====
'=====
$crystal = 4000000
$regfile = "m8535.dat"
$lib "lcd4busy.lib"
'=====
'=====

'===== _Keypad
Config Porta.1 = Input
Config Porta.6 = Input
Config Porta.5 = Input
Config Porta.3 = Input

Config Porta.2 = Output
Config Porta.0 = Output
Config Porta.4 = Output

Baris1 Alias Pina.1
Baris2 Alias Pina.6
Baris3 Alias Pina.5
Baris4 Alias Pina.3

Kolom1 Alias Porta.2
Kolom2 Alias Porta.0
Kolom3 Alias Porta.4

Dim Datakey As Byte
Dim Datainput As Word
Dim Datain(4) As Word
Dim Databerat As Word
Dim Datavolume As Word
Dim Datajarak0 As Word           'Jarak
kalibrasi
Dim Datajarak1 As Word         'Jarak
objek 2
Dim Datadensity0 As Word
'Density air
Dim Datadensity1 As Single
'Density cairan
Dim Dataoffset As Word

Declare Sub Getkey
Declare Sub Keyup
Declare Sub Inputdata
Declare Sub Inputberat
Declare Sub Inputvolume
Declare Sub Inputdensity
Declare Sub Tahapnol
Declare Sub Tahapsatu
```

**(Lanjutan)**

```
Declare Sub Tahapdua
Declare Sub Tahaptiga
Declare Sub Tahapempat
Declare Sub Tahaplima
'===== _Keypad

'===== _ADXL303
Dim Dataadx1 As Word
Config Adc = Single , Prescaler = Auto
Start Adc
'===== _ADXL303

'===== _Motor DC & Buzzer
Config Portb = Output
Buzzer Alias Portb.3
Set Buzzer

Declare Sub Motoroff
Declare Sub Gotocenter
Declare Sub Gotoedge
Declare Sub Balancing
Declare Sub Getdataadx1
'===== _Motor DC & Buzzer

'===== _LCD2x16
Const _lcdport = Portc
Const _lcdddr = Ddrc
Const _lcdin = Pinc
Const _lcd_e = 3
Const _lcd_rw = 2
Const _lcd_rs = 1
Config Lcd = 16 * 2
Cursor Off Noblink
'===== _LCD2x16

'===== _Optocoupler
Enable Interrupts
Config Int0 = Falling
On Int0 Counting Nosave

Dim Dataopto As Word
'===== _Optocoupler

'=====

'=====

Dim Putaran As Integer
Begin:
Call Motoroff

Cls

Putaran = 0
Dataoffset = 3780
cm / @280]
```

'[13.5

(Lanjutan)

```
Enable Int0

Do
  Call Getkey
  If Datakey = 35 Or Datakey = 42 Then
    Cls
    If Datakey = 35 Then
      Dataopto = 0
      'Enable Int0
      Call Gotoedge
      While Datakey = 35
        Call Getkey
        Waitms 1
      Wend
    Elseif Datakey = 42 Then
      Dataopto = 0

      Call Gotocenter
      While Datakey = 42
        Call Getkey
        Waitms 1

      Wend
    End If

    Call Motoroff
    Lcd Dataopto
    Elseif Datakey = 6 Then
      Call Keyup
      Exit Do
    End If
  Loop

Do
  Call Tahapnol
  Call Tahapsatu
  Call Tahapdua
Loop

'=====Sub Motor

Sub Motoroff
  Reset Portb.2
  Reset Portb.1
  Reset Portb.0
End Sub

Sub Gotocenter
  Set Portb.0
  Set Portb.2
End Sub

Sub Gotoedge
  Set Portb.1
  Set Portb.2
End Sub
```

**(Lanjutan)**

```
Sub Balancing
  Call Getdataadx1

  If Dataadx1 > 850 Then
    Call Gotocenter
  ElseIf Dataadx1 < 850 Then
    Call Gotoedge
  End If

  While Dataadx1 <> 850
    Call Getdataadx1
  Wend

  Call Motoroff
End Sub

'=====_Sub Optocoupler
Counting:
  Incr Dataopto
Return

'=====_Sub ADXL
Sub Getdataadx1
  Dataadx1 = Getadc(7)
End Sub

'=====_sub Keypad
Sub Keyup
  Dim X As Byte
  Dim Fkeyup As Bit

  X = Porta
  X = X Or &B0111_1111
  Porta = X

  Reset Kolom1
  Reset Kolom2
  Reset Kolom3

  Fkeyup = 0
  While Fkeyup = 0
    Waitms 50
    If Baris1 = 1 And Baris2 = 1 And Baris3 = 1 And Baris4 = 1
  Then Fkeyup = 1
  Wend

  Set Kolom1
  Set Kolom2
  Set Kolom3

  Datakey = 255
End Sub

Sub Getkey
```

(Lanjutan)

```
Datakey = 255

X = Porta
X = X Or &B0111_1111
Porta = X

Reset Kolom1

Waitus 100
If Baris1 = 0 Then
    Datakey = 1
    Exit Sub
Elseif Baris2 = 0 Then
    Datakey = 4
    Exit Sub
Elseif Baris3 = 0 Then
    Datakey = 7
    Exit Sub
Elseif Baris4 = 0 Then
    Datakey = 42
    Exit Sub
End If
Set Kolom1

Reset Kolom2
Waitus 100
If Baris1 = 0 Then
    Datakey = 2
    Exit Sub
Elseif Baris2 = 0 Then
    Datakey = 5
    Exit Sub
Elseif Baris3 = 0 Then
    Datakey = 8
    Exit Sub
Elseif Baris4 = 0 Then
    Datakey = 0
    Exit Sub
End If
Set Kolom2

Reset Kolom3
Waitus 100
If Baris1 = 0 Then
    Datakey = 3
    Exit Sub
Elseif Baris2 = 0 Then
    Datakey = 6
    Exit Sub
Elseif Baris3 = 0 Then
    Datakey = 9
    Exit Sub
Elseif Baris4 = 0 Then
    Datakey = 35
    Exit Sub
End If
Set Kolom3

#
```

'Bintang =

'Kruis =

(Lanjutan)

```
End If
Set Kolom3
End Sub

'=====
Sub Inputdata
Dim Posisi As Integer
Dim Datanum As Integer

Lowerline
Lcd " [0000] "

Datain(1) = 0
Datain(2) = 0
Datain(3) = 0
Datain(4) = 0

Posisi = 7
Datanum = 4

Cursor On Blink
Locate 2 , Posisi

Call Keyup

While Datakey <> 35
Call Getkey
If Datakey <> 255 Then
Locate 2 , Posisi

If Datakey = 42 Then
Posisi = 7
Locate 2 , Posisi
For Datanum = 1 To 4 Step 1
Datain(datanum) = 0
Lcd Datain(datanum)
Next Datanum

Datanum = 4
Posisi = 7
Locate 2 , Posisi

Elseif Datakey <> 35 Then
Lcd Datakey
Datain(datanum) = Datakey
Incr Posisi
Decr Datanum
If Posisi = 11 Then
Posisi = 7
Datanum = 4
Locate 2 , Posisi

End If

Else
Call Keyup
Exit While
```

(Lanjutan)

```
        End If
        Call Keyup
    End If
    Waitms 10
Wend

Datain(4) = Datain(4) * 1000
Datain(3) = Datain(3) * 100
Datain(2) = Datain(2) * 10
Datain(1) = Datain(1) * 1
Datainput = 0

For Datanum = 1 To 4 Step 1
    Datainput = Datainput + Datain(datanum)
Next Datanum

Cursor Off Noblink

End Sub

Sub Inputdensity
    Cls
    Lcd "Density(Kg/m3):"
    Call Inputdata
    Datadensity0 = Datainput
End Sub

Sub Tahapnol
    Dim Urutan As Bit
    Dim Ntunda As Byte
    Urutan = 0
    Do
        If Urutan = 0 Then
            Cls
            Lcd "  Alat Ukur  "
            Lowerline
            Lcd "  Massa Jenis  "
            Urutan = 1

            For Ntunda = 1 To 100 Step 1
                Call Getkey
                If Datakey = 1 Then
                    Cls

                    Lcd "Kalibrasi Udara"
                    Call Balancing
                ElseIf Datakey = 35 Then
                    Exit For
                End If
                Waitms 10
            Next Ntunda
        End Sub

    Else
        Cls
        Lcd "#=Mulai"
```



**(Lanjutan)**

```
Lowerline
Lcd "1=KalibrasiUdara"
Urutan = 0

For Ntunda = 1 To 50 Step 1
  Call Getkey
  If Datakey = 1 Then
    Cls
    Lcd "Kalibrasi Udara"
    Call Balancing
  Elseif Datakey = 35 Then
    Exit For
  End If
  Waitms 10
Next Ntunda

End If
Loop Until Datakey = 35

Waitms 250
Call Keyup
End Sub

Sub Tahapsatu
  Cls
  Lcd " Tahap 1: "
  Lowerline
  Lcd " Kalibrasi Air "
  Wait 1

Tahap1_1:
  Call Inputdensity

Tahap1_2:
  Cls
  Lcd "Letakkan Air/H2O"

  Lowerline
  Lcd " # = Lanjut... "

  Do
    Call Getkey
    Waitms 10
  Loop Until Datakey = 35
  Call Keyup

  Cls
  Lcd " Kesetimbangan..."
  Dataopto = 0
  Call Balancing
  Datajarak0 = Dataopto + Dataoffset

Tahap1_3:
  Cls
  Lcd "Density-0: " ; Datadensity0
  Lowerline
```

**(Lanjutan)**

```
Lcd "Jarak-0 : " ; Datajarak0

Do
    Call Getkey
    Waitms 10
    Loop Until Datakey = 35
    Call Keyup
End Sub

Sub Tahapdua
    Cls
    Lcd "    Tahap 2:    "
    Lowerline
    Lcd "    Pengukuran    "

Tahap2_1:
    Cls
    Lcd "Letakkan Cairan "
    Lowerline
    Lcd " # = Lanjut...  "

    Do
        Call Getkey
        Waitms 10

    Loop Until Datakey = 35
    Call Keyup

    Cls
    Lcd " Kesetimbangan..."

    Call Getdataadxl
    If Dataadxl > 850 Then
        Dataopto = 0
        Call Balancing
        Datajarak1 = Datajarak0 - Dataopto
    Elseif Dataadxl < 850 Then
        Dataopto = 0
        Call Balancing
        Datajarak1 = Datajarak0 + Dataopto
    Else
        Datajarak1 = Datajarak0
    End If

Tahap2_2:
    Datadensity1 = Datajarak1 / Datajarak0
    Datadensity1 = Datadensity1 * Datadensity0

    Cls
    Lcd "Jarak : " ; Datajarak1
    Lowerline
    Lcd "Density: " ; Datadensity1

    Do
        Call Getkey
        Waitms 10
```

**(Lanjutan)**

```
Loop Until Datakey = 35
```

```
Call Keyup
```

```
End Sub
```

```
End
```

