



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN MEDAN  
MAGNET BERBASIS MIKROKONTROLER**

**SKRIPSI**

**IMAM HAROMAIN  
030502047Y**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
DEPARTEMEN FISIKA  
DEPOK  
JUNI 2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN MEDAN  
MAGNET BERBASIS MIKROKONTROLER**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Strata Satu Fisika**

**IMAM HAROMAIN  
030502047Y**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
DEPARTEMEN FISIKA  
PEMINATAN FISIKA INSTRUMENTASI  
DEPOK  
JUNI 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Imam Haromain

NPM : 030502047Y

Tanda tangan :



Tanggal : 17 Juni 2010

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Imam Haromain  
NPM : 030502047Y  
Program Studi : Fisika Instrumentasi  
Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Pengukuran Medan Magnet Berbasis Mikrokontroler

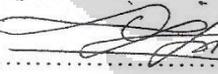
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

### Dewan Penguji

Pembimbing : Dr. Prawito

()

Pembimbing : Drs. Lingga Hermanto, M.Si

()

Penguji : Dr. Sastra Kusumawijaya

()

Penguji : Dr. B.E.F Da Silva

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 17 Juni 2010

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika pada Fakultas MIPA Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan serta bimbingan dari banyak pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

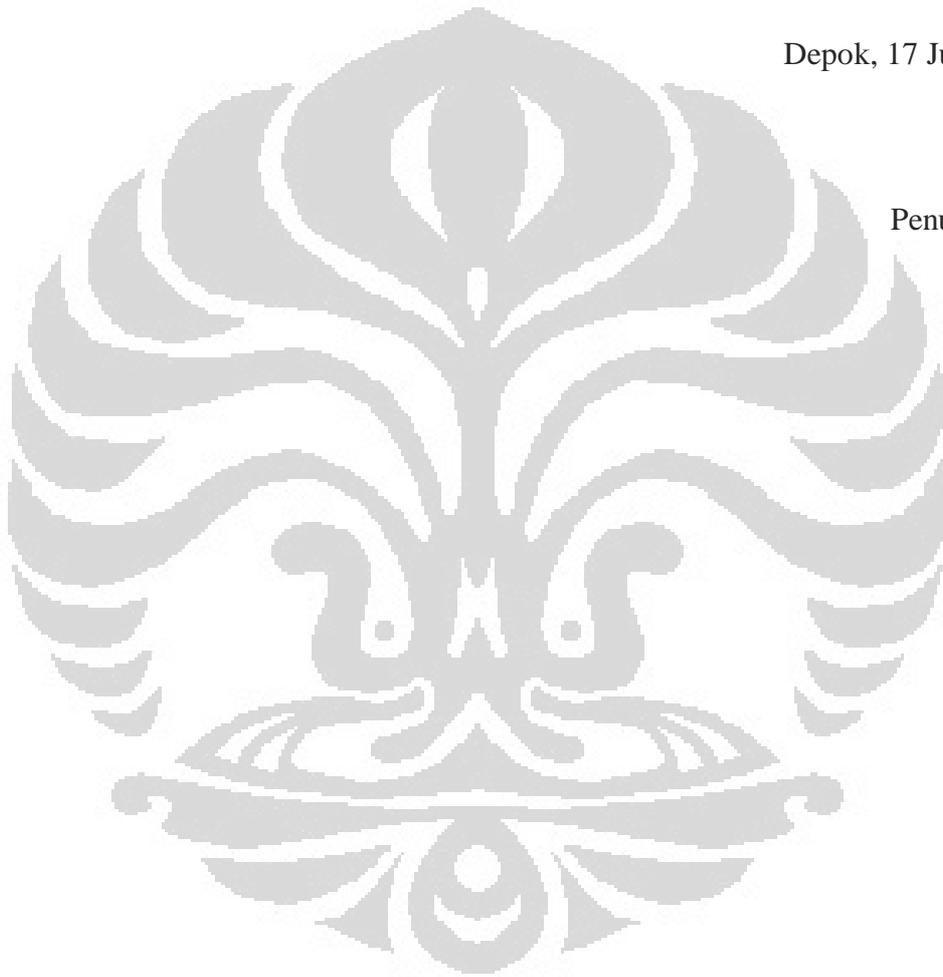
- 1) Orang tua serta keluarga yang selalu memberikan dukungan, motivasi dan doa sejak awal dimulainya perkuliahan hingga selesainya skripsi ini.
- 2) Dr. Prawito, selaku dosen pembimbing I yang dengan penuh selalu membimbing, mengarahkan, memberikan masukan pada saat berdiskusi, serta memotivasi penulis selama menyusun skripsi ini.
- 3) Drs. Lingga Hermanto, M.Si, selaku dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- 4) Dr. Sastra Kusumawijaya dan Dr. B.E.F Da Silva, selaku penguji I dan II yang telah meluangkan waktu untuk menguji serta mengoreksi hasil penelitian penulis, serta atas kesempatan dan waktu yang diberikan untuk berdiskusi serta saran-saran yang bermanfaat.
- 5) Seluruh dosen dan karyawan departemen Fisika atas segala ilmu dan bantuan teknis yang penulis peroleh selama menjadi mahasiswa Fisika UI.
- 6) Teman-teman satu peminatan Fisika Instrumentasi 2005, the best kalian semua.
- 7) Teman-teman fisika 2005, yang telah memberikan banyak dukungan baik moral maupun materil.
- 8) Thomas, Mark serta Travis untuk hentakan-hentakan lagunya yang selalu mengiringi penulis selama ini, hidup Blink 182, Angels and Airwaves, +44 ama Box Car Racer.

9) Terima kasih untuk semua pribadi yang secara sadar ataupun tidak, telah menjadi 'guru' dalam kehidupan penulis.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu. Dan juga semoga skripsi ini dapat berguna bagi orang-orang yang mengkajinya, serta dapat dikembangkan dan disempurnakan agar lebih bermanfaat untuk kepentingan orang banyak.

Depok, 17 Juni 2010

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

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

Nama : Imam Haromain  
NPM : 030502047Y  
Program Studi : Fisika Instrumentasi  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Noneksklusif (*NON-exclusif Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Rancang Bangun Sistem Pengukuran Medan Magnet Berbasis Mikrokontroler

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir 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 : 17 Juni 2010

Yang menyatakan

  
( Imam Haromain )

## ABSTRAK

Nama : Imam Haromain  
Program Studi : Fisika  
Judul : Rancang Bangun Sistem Pengukuran Medan Magnet Berbasis Mikrokontroler

Rancang bangun sistem pengukuran medan magnet berbasis mikrokontroler telah berhasil dibuat. Sistem pengukuran medan magnet ini menggunakan sensor Efek Hall dan menggunakan motor DC sebagai penggerak dari sensor untuk mendapatkan variasi medan magnet terhadap posisi. Sistem ini dikendalikan menggunakan mikrokontroler AT89S8253 serta ADC eksternal 12 bit. Mikrokontroler ini digunakan untuk mengatur pembacaan besar medan magnet serta menggerakkan motor DC. Pada sistem ini besar medan magnet pada sensor Efek Hall didapat dari mengkalibrasi sensor Efek Hall dengan teslameter. Dari kalibrasi dengan teslameter, kita akan mendapat nilai fungsi transfer yang akan digunakan dalam mikrokontroler. Dengan demikian pengukuran dengan medan magnet dengan sensor Efek Hall akan didapat. Dengan menggunakan ADC 12 bit, sistem ini bisa mengukur medan magnet dengan skala kecil. Dengan sistem ini diharapkan akan didapat hubungan antara besar medan magnet terhadap posisi pengukuran.

Kata kunci: Efek Hall, medan magnet, mikrokontroler, ADC, motor DC.

## ABSTRACT

Name : Imam Haromain  
Study Program: Physics  
Topic : Design of Magnetic Field Measurement System Based on  
Microcontroller

The design of the magnetic field measurement system based on microcontroller has been created. This magnetic field measurement system using Hall effect sensors and using DC motor as the sensor for magnetic field variation with position. This system is controlled using AT89S8253 microcontroller and an external 12-bit ADC. Microcontroller is used to adjust the reading of the magnetic field and DC motor drive. In this system, a large magnetic field on Hall effect sensors are obtained by calibrating Hall Effect sensors with teslameter. From calibration with teslameter, we will get the transfer function values to be used in microcontrollers. Thus the magnetic field measurements with Hall Effect sensor will be obtained. By using 12-bit ADC, this system can measure small scale magnetic field. This systems are expected to see the relationship between the large magnetic field to the measurement position.

Keywords: Hall Effect, magnetic field, microcontroller, ADC, motor DC.

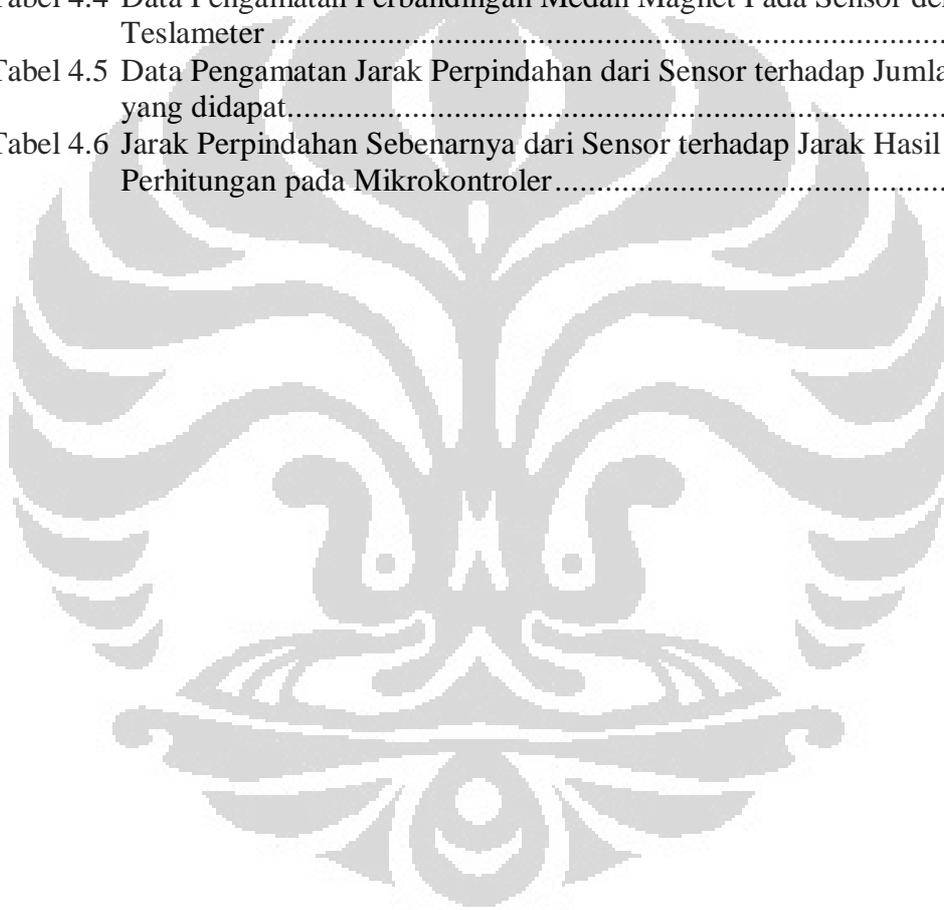
## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Batasan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Metode Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB 2 LANDASAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1 Medan Magnet .....	5
2.1.1 Gaya Akibat Adanya Medan Magnet.....	5
2.1.2 Efek Hall.....	6
2.2 Medan magnet di sekitar arus listrik .....	8
2.2.1 Hukum Biot Savart.....	8
2.2.2 Medan magnet pada kawat melingkar .....	10
2.3 Sensor Magnetik .....	11
2.3.1 Sensor Efek Hall .....	11
2.3.1.1 Dasar Sensor Efek Hall.....	12
2.3.1.2 Analog Output Sensor.....	13
2.4 <i>Analog to Digital Converter (ADC)</i> .....	14
2.5 Mikrokontroler AT89S8253 .....	18
2.5.1 Arsitektur Mikrokontroler AT89S8253 .....	20
2.5.2 Konfigurasi Pin AT89S8253 .....	21
2.6 Motor DC.....	23
2.6.1 Pengertian Motor DC .....	23
2.6.2 Prinsip Kerja Motor DC .....	24
2.6.3 Pengatur Arah Putaran Motor DC.....	25
2.7 Optocoupler .....	26
<b>BAB 3 PERANCANGAN ALAT DAN PROGRAM .....</b>	<b>29</b>
3.1 Perancangan Perangkat Keras.....	29
3.2 Perancangan Subsistem Perangkat Keras.....	30
3.2.1 Perancangan sensor Efek Hall.....	30
3.2.2 Perancangan Sistem Minimum AT89S8253 serta LCD... ..	32
3.2.2.1 Sistem Minimum AT89S8253 .....	32

3.2.2.2 Perancangan Mikrokontroler dengan LCD.....	33
3.2.3 Perancangan ADC 12 bit tipe MCP 3204.....	35
3.2.4 Perancangan Konstruksi Mekanik.....	37
3.2.5 Perancangan Driver Motor DC .....	39
3.2.6 Perancangan Rangkaian <i>Optocoupler</i> dan <i>Limit Switch</i> ...	41
3.2.6.1 Rangkaian <i>Optocoupler</i> .....	41
3.2.6.2 <i>Limit Switch</i> .....	42
3.3 Perancangan Program.....	43
3.3.1 Perancangan Program Umum .....	43
<b>BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA .....</b>	<b>45</b>
4.1 Uji Sensor Efek Hall .....	45
4.2 Uji Linearitas ADC 12 Bit Tipe MCP3204 dengan Mikrokontroler AT89S8253.....	46
4.3 Kalibrasi Sensor Efek Hall dengan Teslameter .....	49
4.4 Uji Putaran Motor .....	52
4.5 Pengukuran Besar Medan Magnet Terhadap Posisi Sensor .....	56
<b>BAB 5 PENUTUP .....</b>	<b>62</b>
5.1 Kesimpulan .....	62
5.2 Saran .....	62
<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>63</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Seri Mikrokontroler MCS-51 .....	19
Tabel 2.2 Fungsi Khusus Port 3 pada AT89S8253 .....	22
Tabel 3.1 Karakteristik Sensor A1302 .....	31
Tabel 3.2 Konfigurasi Pin LCD 2x16.....	34
Tabel 3.3 Konfigurasi Bit Untuk MCP3204.....	36
Tabel 3.4 Logika IC L298 Untuk Perancangan Motor DC .....	41
Tabel 4.1 Keluaran Sensor dengan Variasi Arus .....	46
Tabel 4.2 Perbandingan tegangan masukan dengan hasil keluaran pada ADC...	47
Tabel 4.3 Data Pengamatan Hasil Kalibrasi Sensor dengan Teslameter.....	50
Tabel 4.4 Data Pengamatan Perbandingan Medan Magnet Pada Sensor dengan Teslameter .....	51
Tabel 4.5 Data Pengamatan Jarak Perpindahan dari Sensor terhadap Jumlah Pulsa yang didapat.....	54
Tabel 4.6 Jarak Perpindahan Sebenarnya dari Sensor terhadap Jarak Hasil Perhitungan pada Mikrokontroler.....	55



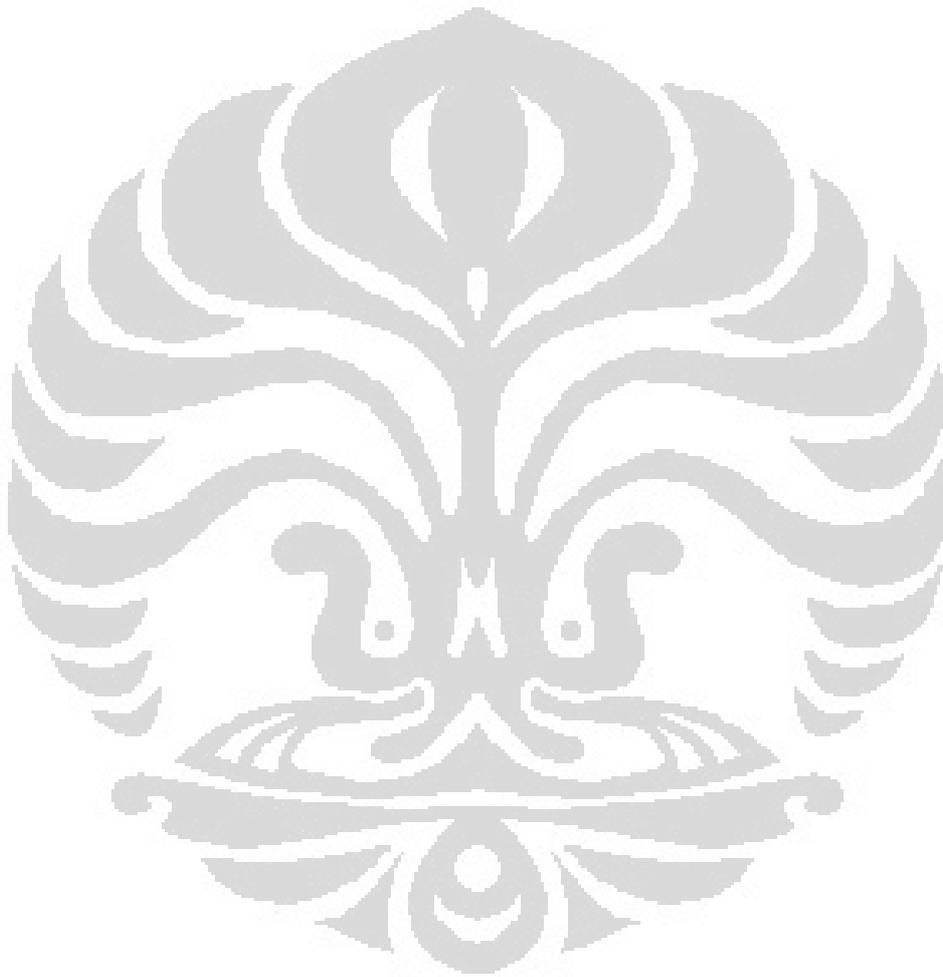
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Skematik langkah-langkah penelitian.....	3
Gambar 2.1	Efek Hall. Gaya Magnetik pada Partikel yang Bermuatan akan Mengarah Ke Atas Dikarenakan Arusnya Diakibatkan oleh (a) Partikel Positif yang Bergerak Ke Kanan Atau pun (b) Partikel Negatif yang Bergerak Ke Kiri.....	7
Gambar 2.2	Arah Garis Gaya dengan Kaidah Tangan Kanan .....	8
Gambar 2.3	Induksi Magnet oleh Elemen Kawat Berarus Listrik .....	9
Gambar 2.4	Kawat Melingkar Berarus .....	10
Gambar 2.5	Prinsip Efek Hall, Ketika Tidak Ada Magnet .....	12
Gambar 2.6	Prinsip Efek Hall, Ketika Ada Magnet .....	12
Gambar 2.7	Dasar Sensor Efek Hall.....	13
Gambar 2.8	Konsep <i>Null Voltage</i> (Karakteristik Keluaran dari Sensor).....	13
Gambar 2.9	Blok diagram <i>counter ramp ADC</i> .....	16
Gambar 2.10	Blok diagram <i>SAR ADC</i> .....	17
Gambar 2.11	<i>Timing</i> diagram urutan <i>trace</i> .....	17
Gambar 2.12	Rangkaian <i>flash ADC</i> 3-bit .....	18
Gambar 2.13	Blok Diagram AT89S8253 .....	20
Gambar 2.14	Konfigurasi Pin AT89S8253 .....	22
Gambar 2.15	Motor DC Sederhana .....	24
Gambar 2.16	Kaidah Tangan Kiri .....	24
Gambar 2.17	Dasar pengaturan arah putar motor.....	25
Gambar 2.18	Pengaturan Arah Dengan Menggunakan Saklar.....	25
Gambar 2.19	Rangkaian Optocoupler.....	28
Gambar 2.20	Prinsip Kerja dari Optocoupler.....	28
Gambar 3.1	Blok diagram sistem pengukuran .....	29
Gambar 3.2	Blok Diagram dari Sensor Efek Hall A1302.....	30
Gambar 3.3	Pin Kaki Sensor Efek Hall A1302, (1) Vcc, (2) Gnd dan (3) Vout .....	31
Gambar 3.4	Design Pemasangan Sensor.....	32
Gambar 3.5	Skema Sistem Minimum AT89S825 .....	33
Gambar 3.6	LCD 16x2 .....	34
Gambar 3.7	Rancangan Rangkaian Antarmuka LCD dengan Mikrokontroler .....	34
Gambar 3.8	Simbol pin-pin ADC0809 .....	35
Gambar 3.9	Diagram blok ADC MCP 3204 .....	36
Gambar 3.10	Perancangan ADC MCP3204.....	37
Gambar 3.11	Bentuk Mekanik dengan Motor DC dan Sensor.....	38
Gambar 3.12	Konstruksi Mekanik dengan Penyangga.....	38
Gambar 3.13	Bentuk Driver Motor Tipe L298 .....	39
Gambar 3.14	Pin Kaki Driver Motor Tipe L298 .....	39
Gambar 3.15	Logika Pensakalaran dari IC L298 .....	40
Gambar 3.16	Perancangan Driver Motor DC.....	40
Gambar 3.17	Optocoupler Jenis Refleksi.....	41
Gambar 3.18	Contoh Rangkaian <i>Limit Switch</i> .....	42
Gambar 3.19	Flowchart Program Pengukuran Besar Medan Magnet .....	44
Gambar 4.1	Letak Elemen Hall pada Sensor .....	45

Gambar 4.2	Arah Medan Magnet Menuju Sensor.....	46
Gambar 4.3	(a) Respon dari Keluaran Desimal Terhadap Masukan Tegangan (b) Respon dari Tegangan Konversi Terhadap Masukan Tegangan ADC.....	48
Gambar 4.4	Hasil Pembacaan Data Konversi Tegangan pada LCD .....	49
Gambar 4.5	Hasil Pembacaan Medan Magnet pada Teslameter .....	49
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Antara Tegangan Keluran Sensor dengan Medan Magnet Pada Teslameter.....	50
Gambar 4.7	Kalibrasi Sensor Efek Hall dengan Teslameter.....	51
Gambar 4.8	Perbandingan Medan Magnet pada Sensor dengan Medan Magnet Pada Teslameter.....	52
Gambar 4.9	Perbandingan Jarak Sebenarnya dengan Jarak Pada Mikrokontroler .....	56
Gambar 4.10	Perbandingan Besar Medan Magnet Terhadap Posisi dari Sensor (Arus 1 A) dengan Perhitungan, (a) Hasil Plot Grafik dan (b) Hasil Parameter yang Didapat dengan Software .....	57
Gambar 4.11	Perbandingan Besar Medan Magnet Terhadap Posisi dari Sensor (Arus 0,75 A) dengan Perhitungan, (a) Hasil Plot Grafik dan (b) Hasil Parameter yang Didapat dengan Software.....	58
Gambar 4.12	Perbandingan Besar Medan Magnet Terhadap Posisi dari Sensor (Arus 1 A), (a) Hasil Plot Grafik dan (b) Hasil Parameter .....	59
Gambar 4.13	Perbandingan Besar Medan Magnet Terhadap Posisi dari Sensor (Arus 0,75 A), (a) Hasil Plot Grafik dan (b) Hasil Parameter.....	60

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Hasil Perhitungan Besar Medan Magnet Terhadap Posisi dengan Besar Arus 1 A .....	64
Lampiran 2.	Hasil Perhitungan Besar Medan Magnet Terhadap Posisi dengan Besar Arus 0,75 A.....	65
Lampiran 3.	Hasil Pengukuran Besar Medan Magnet Terhadap Posisi dengan Besar Arus 1 A .....	66
Lampiran 4.	Hasil Pengukuran Besar Medan Magnet Terhadap Posisi dengan Besar Arus 0,75 A.....	67



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada saat ini telah berkembang banyak teknologi untuk mengukur besar kuat medan magnet. Hampir semua sistem pengukuran untuk mengukur kuat medan magnet menggunakan sensor magnetik. Pada perkembangannya, sensor magnetik banyak sering digunakan dan diaplikasikan dalam berbagai bidang antara lain industri, rumah tangga, kesehatan dan masih banyak lagi bidang aplikasi yang lain. Hal ini disebabkan adanya kecenderungan penggunaan sensor magnetik yang mempunyai banyak kelebihan diantaranya adalah linieritasnya, kestabilan yang tinggi, tidak merusak (non destruktif), sensitivitas yang tinggi, relatif sederhana serta biaya operasi yang murah, dan juga relatif mudah untuk menggunakan sensor tersebut. Berbagai macam jenis dari sensor magnetik telah banyak dikembangkan diantaranya menggunakan suatu koil dengan metode induksi, menggunakan magnetogalvanik, memanfaatkan efek magnetoresistans dan menggunakan sensor Efek Hall.

Dari jenis sensor magnetik yang disebutkan penulis ingin mencoba membuat suatu penelitian mendapat besar kuat medan magnet dengan sensor Efek Hall dan juga bagaimana karakterisasi dari sensor Efek Hall tersebut. Dengan dibantu oleh kontrol dari mikrokontroller diharapkan nantinya akan didapat suatu penggambaran bagaimana besar kuat medan magnet dari posisi sensor Efek Hall. Sistem yang ingin dibuat tersusun atas sensor serta pengkondisi sinyal jika dibutuhkan dan juga penampil data. Sistem disini nantinya juga akan menggunakan pengubah besaran analog menjadi digital (ADC) dan akan diteruskan ke dalam mikrokontroler. Selain itu untuk memudahkan dalam mengukur besar posisi jarak terhadap sumber magnet, penulis menggunakan sistem motor dc sebagai penggerak sensor. Penggerak sensor ini nantinya akan dibuat mendekati sumber medan magnet maupun menjauhi medan magnet.

## 1.2 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada beberapa hal dibawah ini :

- Penggunaan sensor efek hall sebagai sensor medan magnet.
- Pembuatan sistem pendeteksian dan pengukuran medan magnet.
- Pemrograman pada mikrokontroler untuk pengambilan data besar medan magnet.
- Menggambarkan karakterisasi medan magnet dari posisi sensor.

## 1.3 Tujuan Penelitian

- Mempelajari bagaimana kerja dari sensor efek hall.
- Mempelajari blok-blok sistem pengukuran yang digunakan dalam proses pengukuran.
- Mempelajari pemrograman pada mikrokontroler untuk mendapatkan hasil pengukuran.
- Mempelajari bagaimana karakteristik besar medan magnet terhadap posisi sensor.

## 1.4 Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan disini meliputi tahap-tahap pelaksanaan, pembuatan, penganalisaan yang diantaranya adalah :

### 1. Studi Literatur

Untuk mendapatkan bagaimana cara kerja alat serta spesifikasi dari sistem yang ingin dibuat maka kita perlu tahu landasan teori yang digunakan dalam penelitian. Beberapa sumber informasi yang dapat diperoleh dan mendukung proses penelitian adalah buku-buku acuan, artikel, serta informasi yang bisa didapat dari internet.

### 2. Diskusi

Diskusi yang dilakukan adalah diskusi dengan seluruh pembimbing penelitian dan beberapa pihak yang kompeten di bidang tertentu yang berkaitan dengan penelitian sehingga dapat terpecahkan beberapa masalah yang mungkin terjadi saat berlangsungnya penelitian.

### 3. Pembuatan Alat

Membuat alat pengukuran medan magnet dengan sensor efek hall dan rangkaian pengkondisi sinyal yang dibutuhkan serta merancang

penggunaan mikrokontroler sebagai alat bantu dalam membaca data pengukuran.

#### 4. Pemrograman mikrokontroler

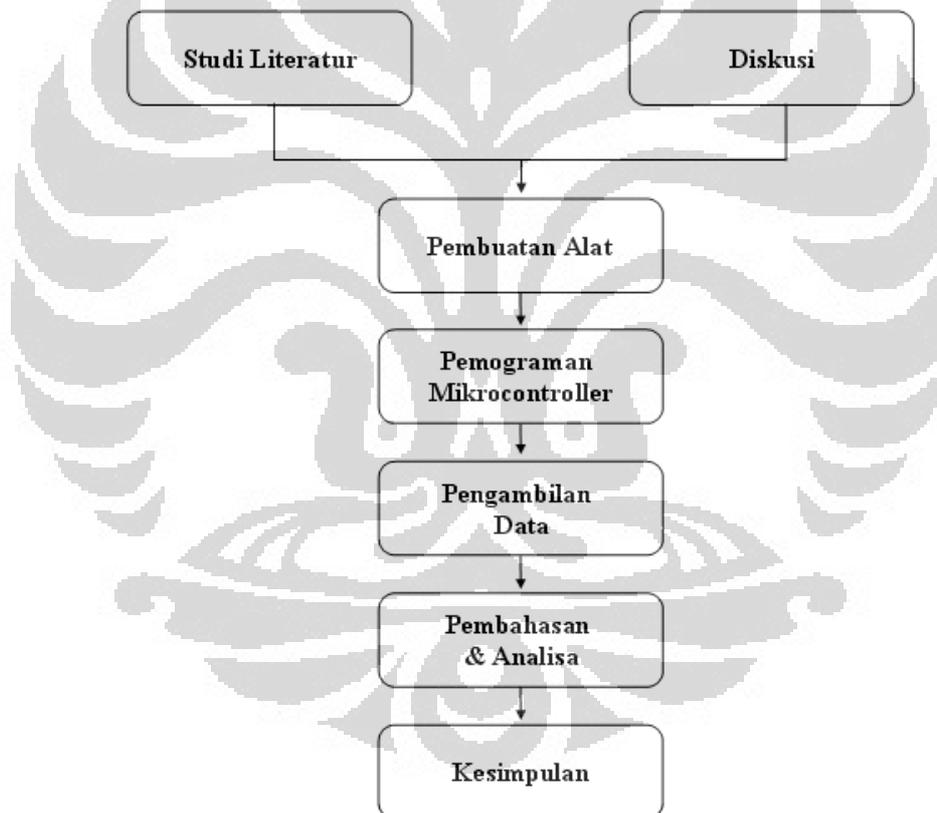
Membuat program untuk pembacaan data sensor serta pengontrolan untuk sistem motor DC.

#### 5. Pengambilan data

Pada proses ini kita mengukur besar medan magnet yang didapat terhadap posisi menggunakan sensor Efek Hall.

#### 6. Analisis data

Pada analisis data ini perlu diperhatikan bagaimana melihat hubungan hasil data pengukuran dengan landasan teori yang digunakan.



**Gambar 1.1** Skematik langkah-langkah penelitian

#### 7. Kesimpulan

### 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari skripsi ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka

penulisan skripsi ini terdiri dari 5 bab dan secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut :

### BAB 1 PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi latar belakang permasalahan, batasan masalah, tujuan penulisan, metode penulisan dan sistematika penulisan dari skripsi ini.

### BAB 2 TEORI DASAR

Teori Dasar berisi landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dijelaskan.

### BAB 3 PERANCANGAN ALAT DAN PROGRAM

Pada bab ini akan dijelaskan sistem kerja keseluruhan dari semua perangkat keras serta program yang digunakan untuk mengendalikan sistem.

### BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA

Bab ini menjelaskan tentang bagaimana sistem kerja alat sebagai hasil dari perancangan sistem. Pengujian akhir ini dilakukan dengan menyatukan seluruh bagian dari sistem sehingga dapat diketahui apakah sistem dapat berfungsi dengan baik. Setelah sistem dapat bekerja dengan baik maka dilakukan pengambilan data dan dilakukan penganalisaan terhadap data tersebut.

### BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan penulis yang diperoleh berdasarkan pengujian sistem dan pengambilan data selama penelitian berlangsung. Selain itu penutup juga berisikan tentang saran-saran dari penulis untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dalam pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini baik dari perangkat keras maupun perangkat lunak.

## BAB 2

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Medan Magnet

Sejak dahulu pemahaman mengenai keberadaan magnetisme sudah disadari oleh banyak kalangan. Pembelajaran mengenai magnetisme berkembang dari pengamatan bahwa ada suatu batuan tertentu (magnetit) yang dapat menarik potongan besi kecil-kecil. Fenomena adanya magnetisme berasal dari suatu daerah Magnesia (Asia Kecil) dimana batuan itu ditemukan sekitar 2000 tahun yang lalu. Kemudian ada acuan tertulis juga menyatakan bahwa penggunaan magnet untuk navigasi sudah banyak dilakukan. Pada tahun 1269 Pierre de Maricourt menemukan bahwa jarum jam yang diletakkan pada berbagai posisi pada magnet alami akan berbentuk bola magnet alami merupakan bumi sendiri <sup>(1)</sup>.

##### 2.1.1 Gaya Akibat Adanya Medan Magnet

Adanya medan magnet  $B$  pada suatu titik dalam ruang dapat diperagakan secara langsung. Misalnya ada benda berupa jarum yang ditempatkan pada sebuah medan magnet maka jarum tersebut akan mengalami suatu gaya yang menyearhkannya ke medan magnetik bumi. Jika ada magnet atau arus listrik di dekatnya, jarum itu akan mengarah ke resultan medan magnetik akibat magnet bumi dan magnet atau arus yang bersangkutan. Telah diamati dalam suatu percobaan bahwa jika ada muatan  $q$  yang bergerak dengan kecepatan  $v$  dalam suatu medan magnetik maka terdapat gaya magnet yang perumusannya akan memenuhi persamaan

$$F = qv \times B \quad (2.1)$$

Atau dengan bentuk berbeda bisa ditulis dengan

$$F = qvB \sin \theta \quad (2.2)$$

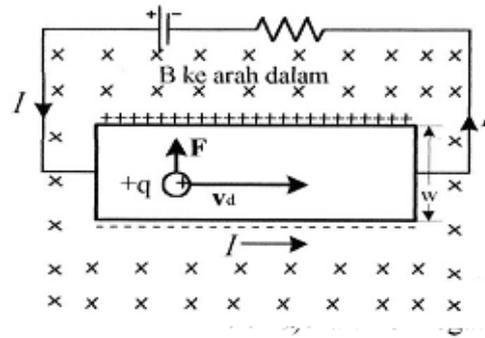
Satuan SI untuk medan magnet adalah Tesla (T). Dalam sistem cgs satuannya ialah Gauss (G), dimana:  $1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$ . Kalau dikaitkan dengan pemahaman mengenai medan magnet maka bisa dijelaskan sebagai berikut, bila ada sebuah kawat dengan panjang 1 meter dan diberikan arus listrik 1 ampere yang berada dalam pengaruh medan magnet dan menghasilkan gaya 1 Newton, maka besar

medan magnet tsb adalah 1 Tesla. Dimana 1 Tesla akan sebanding dengan besar 1 newton/(coulomb.meter/second) serta 1 newton/(ampere.meter).

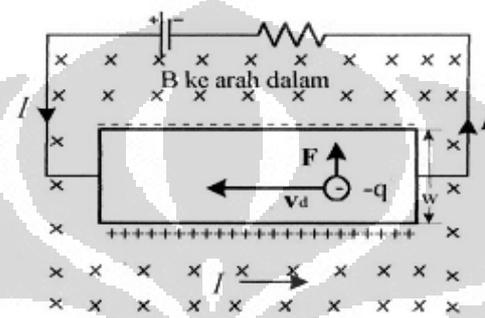
### 2.1.2 Efek Hall

Dalam persamaan 2.1 telah dihitung dan didapat gaya yang dikerahkan oleh suatu medan magnetik pada kawat yang sedang menyalurkan arus. Gaya tersebut dipindah ke dalam kawat oleh gaya yang mengikat elektron pada kawat di permukaannya. Dikarenakan pembawa muatannya mengalami gaya magnetik ketika kawat yang sedang mengalirkan arus itu berada dalam medan magnetik luar, pembawa muatan tersebut dipercepat ke arah salah satu dari sisi kawat. Ini akan menimbulkan pemisahan muatan dalam kawat yang disebut sebagai Efek Hall. Atau dengan kata lain Efek Hall terjadi ketika ada suatu konduktor pembawa arus yang tertahan pada suatu medan magnet, medan tersebut akan memberikan adanya gaya menyamping pada muatan-muatan yang mengalir pada konduktor tersebut. Fenomena dari Efek Hall ini memungkinkan juga memberikan suatu metode yang mudah untuk mengukur besar kuat medan magnetik.

Gambar 2.1 menunjukkan dua lempengan yang mengalirkan arus yang salah satunya menyalurkan arus  $I$  ke kanan karena sisi kiri lempengan itu dihubungkan dengan terminal positif baterai, dan sisi kanan dihubungkan ke terminal negatif baterai. Lempengan ini berada dalam medan magnetik yang diarahkan ke dalam. Pada Gambar 2.1a, diasumsikan bahwa arus tersebut terdiri atas muatan positif yang bergerak ke kanan. Gaya magnetik pada partikel ini adalah  $qv_d \times B$  dengan  $v_d$  merupakan kecepatan pembawa muatan. Gaya ini mengarah ke atas. Partikel positif bergerak ke atas lempengan, yang membuat bagian bawah lempengan itu mengandung muatan negatif. Pemisahan muatan ini menghasilkan medan elektrostatik pada lempengan yang melawan gaya magnetik pada pembawa muatannya. Apabila medan elektrostatik dan medan magnetik seimbang, pembawa muatan tidak lagi bergerak ke atas. Pada keadaan setimbang, bagian atas lempengan tadi bermuatan lebih positif, sehingga berada pada potensial yang lebih tinggi dari bagian bawah yang bermuatan negatif. Jika arus itu terdiri atas partikel bermuatan negatif seperti pada Gambar 2.1b, pembawa muatan harus bergerak ke kiri (karena arusnya masih tetap ke kanan).



(a)



(b)

**Gambar 2.1** Efek Hall. Gaya Magnetik pada Partikel yang Bermuatan akan Mengarah Ke Atas Dikarenakan Arusnya Diakibatkan oleh (a) Partikel Positif yang Bergerak Ke Kanan Ataupun (b) Partikel Negatif yang Bergerak Ke Kiri

Gaya magnetik  $qv_d \times B$  dalam hal ini ke atas karena tanda  $q$  maupun  $v_d$  telah diubah. Pembawa muatan bergerak ke bagian atas lempengan, dan bagian atas lempengan sekarang menyalurkan muatan negatif dan bagian bawah lempengan menyalurkan muatan positif. Jika kedua lempeng tersebut dihubungkan dengan kawat yang bertahanan  $R$  maka elektron akan mengalir dari bagian atas lempengan menuju bagian bawah lempeng. Dengan demikian akan muncul beda potensial antara lempeng atas dengan lempeng bawah yang dikenal dengan sebutan tegangan Hall.

Besar gaya magnetik pada pembawa muatan dalam lempengan adalah  $qv_d B$ . Gaya magnetik ini diimbangi oleh gaya elektrostatik yang besarnya  $qE$ , dengan  $E$  merupakan medan listrik akibat pemisahan muatan tersebut, sehingga diperoleh  $E = v_d B$ . Jika lebar lempengannya  $w$ , beda potensial adalah  $Ew$ , sehingga diperoleh tegangan Hall sama <sup>(1)</sup>

$$V_H = Ew = v_d Bw \quad (2.3)$$

Universitas Indonesia

## 2.2 Medan magnet di sekitar arus listrik

Sifat adanya 2 kemagnetan sekarang ini tidak hanya dimiliki oleh suatu bahan magnet permanen saja, suatu kawat berarus listrik ternyata bisa juga memberikan serta menghasilkan sifat kemagnetan walaupun tidak permanen. Oersted adalah orang yang pertama kali membuktikan bahwa pada kawat yang berikan arus listrik akan timbul medan magnet. Arah garis-garis gaya magnet yang dihasilkan kawat berarus listrik dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kanan. Bila kita menggenggam suatu kawat dengan tangan kanan seperti pada gambar maka ibu jari akan menunjukkan arah arus sedangkan lipatan ke empat jari lainnya menyatakan arah putaran garis-garis gaya magnet <sup>(2)</sup>.



**Gambar 2.2** Arah Garis Gaya dengan Kaidah Tangan Kanan

### 2.2.1 Hukum Biot Savart

Medan magnet di sekitar arus listrik lebih dikenal dengan induksi magnet. Besar induksi magnet pertama kali diselidiki dan diteliti oleh Biot dan Savart. Dari hasil penelitiannya nanti akan diperoleh suatu persamaan matematis yang menjelaskan dan menyatakan induksi magnet. Persamaan matematis ini disebut sebagai Hukum Biot Savart. Dari penyelidikan kedua orang tersebut didapat suatu kesimpulan bahwa besarnya induksi magnet pada suatu titik yang ditimbulkan oleh penghantar berarus listrik adalah <sup>(2)</sup> :

- Akan sebanding dengan arus listrik.
- Akan sebanding dengan panjang elemen kawat penghantar.
- Akan berbanding terbalik dengan besar kuadrat jarak antara titik tersebut terhadap elemen kawat penghantar.
- Akan sebanding dengan sinus sudut antara arah arus dengan garis penghubung elemen kawat ke titik yang bersangkutan.

Persamaan Biot Savart dapat dinyatakan dalam hubungan

**Universitas Indonesia**

$$dB = \frac{kidl \sin \theta}{r^2} \quad (2.4)$$

Dimana

$dB$  = induksi magnet pada suatu titik yang berjarak  $r$  dari elemen penghantar berarus.

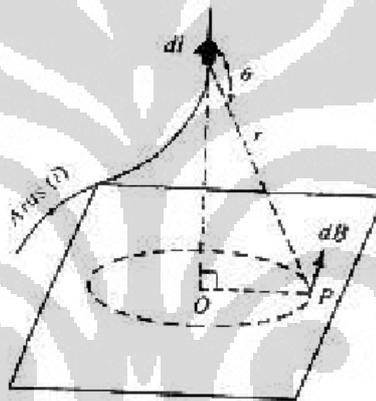
$i$  = kuat arus yang mengalir dalam penghantar.

$dl$  = panjang elemen kawat penghantar.

$\theta$  = sudut yang dibentuk oleh arah arus pada elemen dengan garis penghubung elemen ke titik yang bersangkutan.

$r$  = jarak titik ke elemen kawat penghantar.

$k$  = konstanta.



**Gambar 2.3** Induksi Magnet oleh Elemen Kawat Berarus Listrik

Nilai konstanta  $k$  akan bergantung pada sistem satuan yang digunakan, untuk satuan mks nilai konstanta  $k$  adalah  $10^{-7}$  weber/amp.m. Konstanta  $k$  dalam medan magnet bisa dianalogikan dengan konstanta  $k$  pada listrik statis. Untuk listrik statis, besar konstanta  $k$  mempunyai hubungan dengan permitivitas udara/hampa ( $\epsilon_0$ ) yang dinyatakan dengan

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad (2.5)$$

Sedang untuk medan magnet, konstanta  $k$  dihubungkan dengan permeabilitas udara/hampa ( $\mu_0$ ) yang dituliskan dengan

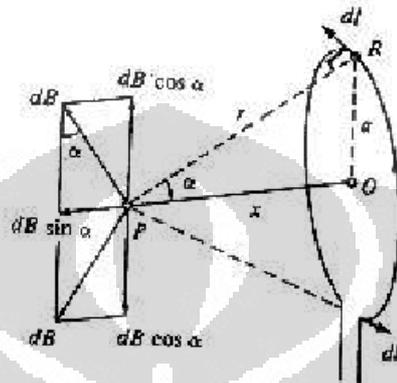
$$k = \frac{\mu_0}{4\pi} \quad (2.6)$$

atau

$$\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ weber/amp.m.}$$

### 2.2.2 Medan magnet pada kawat melingkar

Pada gambar terlihat ada kawat membentuk suatu lingkaran dengan jari-jari  $a$  yang dialiri arus listrik searah putaran jarum jam. Titik P terletak pada sumbu kawat lingkaran dan berjarak  $x$  dari pusat lingkaran.



**Gambar 2.4** Kawat Melingkar Berarus

Ambil elemen kawat  $d\lambda$  yang berjarak  $r$  dari titik P. Induksi magnet di P oleh elemen kawat  $dl$  menurut Biot-Savart adalah

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{idl \sin \theta}{r^2} \quad (2.7)$$

Arah arus pada elemen  $dl$  merupakan arah garis singgung pada  $d\lambda$ , sehingga sudut antara arah arus dengan garis penghubung  $r$  adalah  $90^\circ$  ( $\theta = 90^\circ$ ), maka persamaan akan berubah menjadi

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{idl \sin 90^\circ}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{idl}{r^2} \quad (2.8)$$

Arah vektor  $dB$  dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan dan  $dB$  dapat diuraikan menjadi dua komponen yaitu  $dB \sin \alpha$  dan  $dB \cos \alpha$ . Komponen  $dB \cos \alpha$  akan saling meniadakan dari masing-masing elemen kawat, sehingga yang tersisa hanya komponen  $dB \sin \alpha$ .

$$B_p = dB \sin \alpha = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{idl}{r^2} \sin \alpha \quad (2.9)$$

Induksi magnet di P oleh seluruh kawat lingkaran ( $\lambda = 2\pi a$ ) adalah

$$B_p = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i(2\pi a) \sin \alpha}{r^2} \quad (2.10)$$

$$B_p = \frac{\mu_0 i a \sin \alpha}{2 r^2} \quad (2.11)$$

Bila titik P berjarak  $x$  dari pusat lingkaran, maka  $r^2 = x^2 + a^2$  dan  $\sin \alpha = a/r$  sehingga induksi magnet di titik tersebut adalah

$$B_p = \frac{\mu_0 i a^2}{2 r^3} \quad (2.12)$$

$$B_p = \frac{\mu_0 i a^2}{2 (x^2 + a^2)^{3/2}} \quad (2.13)$$

Bila P terletak di pusat lingkaran, maka  $x = 0$  dan induksi magnetnya sebesar

$$B_p = \frac{\mu_0 i a^2}{2 a^3} \quad (2.14)$$

$$B_p = \frac{\mu_0 i}{2a} \quad (2.15)$$

Bila kawat lingkaran tersebut berupa kumparan dengan  $N$  buah lilitan, maka induksi magnet di pusat kumparan adalah <sup>(2)</sup>

$$B_p = \frac{N \mu_0 i}{2a} \quad (2.16)$$

### 2.3 Sensor Magnetik

Sensor adalah *device* atau komponen elektronika yang digunakan untuk merubah besaran fisika menjadi besaran listrik sehingga bisa di analisa dengan menggunakan rangkaian listrik. Sensor fisika adalah sensor yang mendeteksi suatu besaran berdasarkan hukum-hukum fisika. Salah satu sensor fisika disini adalah sensor magnetik.

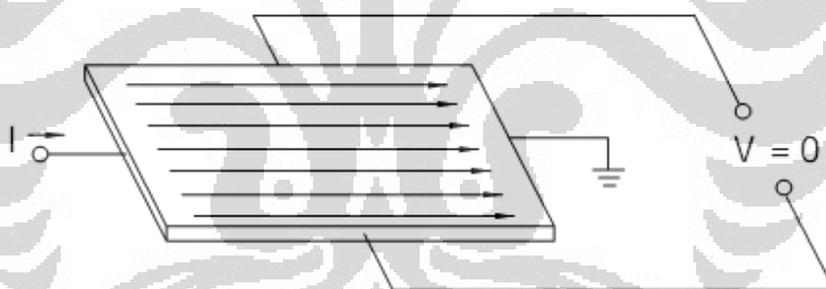
#### 2.3.1 Sensor Efek Hall

Sensor Efek Hall merupakan salah satu contoh sensor magnetik. Sensor Efek Hall adalah sebuah sensor yang akan menghasilkan tegangan keluaran yang berbeda-beda sebagai respons terhadap perubahan dalam medan magnet. Sensor Efek Hall ini sering sekali digunakan dalam proses pengukuran karena fungsinya yang aplikatif. Selain untuk mendapatkan adanya medan magnet, sensor Efek Hall ini juga bisa digunakan untuk sensor posisi, sensor deteksi kecepatan dan sensor arus.

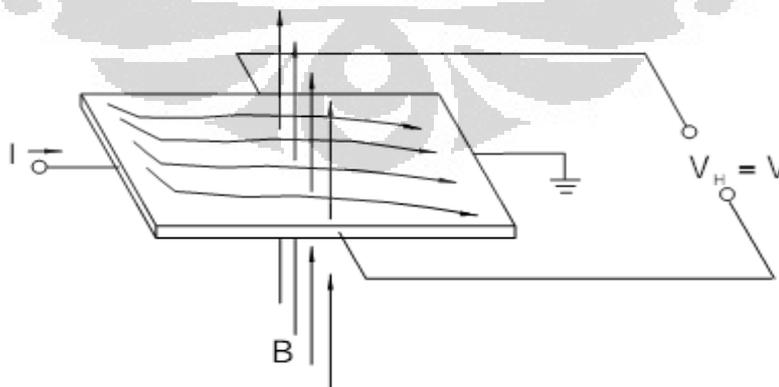
### 2.3.1.1 Dasar Sensor Efek Hall

Elemen Hall adalah dasar dari sensor medan magnet. Itu memerlukan suatu pengkondisi sinyal untuk membuat keluarannya dapat digunakan pada beberapa aplikasi. Rangkaian elektronik pengkondisi sinyal yang dibutuhkan umumnya adalah suatu penguatan (*amplifier*). Pada Gambar 2.5 dan 2.6 terlihat dasar dari sensor Efek Hall. Jika tegangan Hall diukur saat tidak ada medan magnetik, nilai keluarannya akan nol (Gambar 2.5). Kemudian jika ada medan magnetik maka akan timbul tegangan Hall (Gambar 2.6).

Pada Gambar 2.7 terlihat ada suatu penguatan yaitu *differential amplifier*. Penggunaan penguatan ini dikarenakan tegangan hall mempunyai level sinyal yang rendah yaitu sebesar 30 mV dalam keadaan medan magnetik sebesar satu gauss. Level tegangan yang rendah ini membutuhkan suatu penguatan dengan noise rendah dan impedansi masukan yang tinggi dan besar gain yang sesuai. Karakteristik pada *differential amplifier* dapat digunakan sebagai penguatan pada sistem sensor efek hall <sup>(3)</sup>.

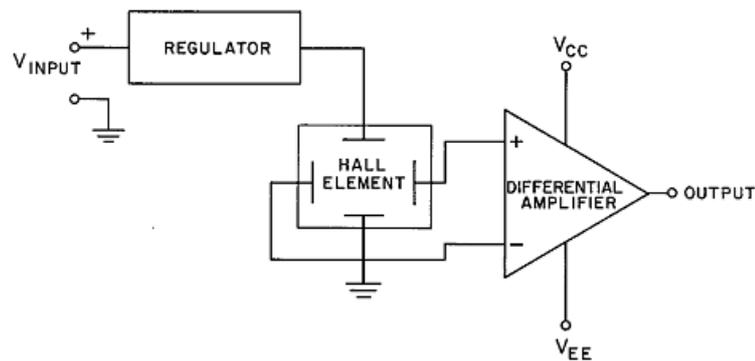


**Gambar 2.5** Prinsip Efek Hall, Ketika Tidak Ada Magnet



**Gambar 2.6** Prinsip Efek Hall, Ketika Ada Magnet

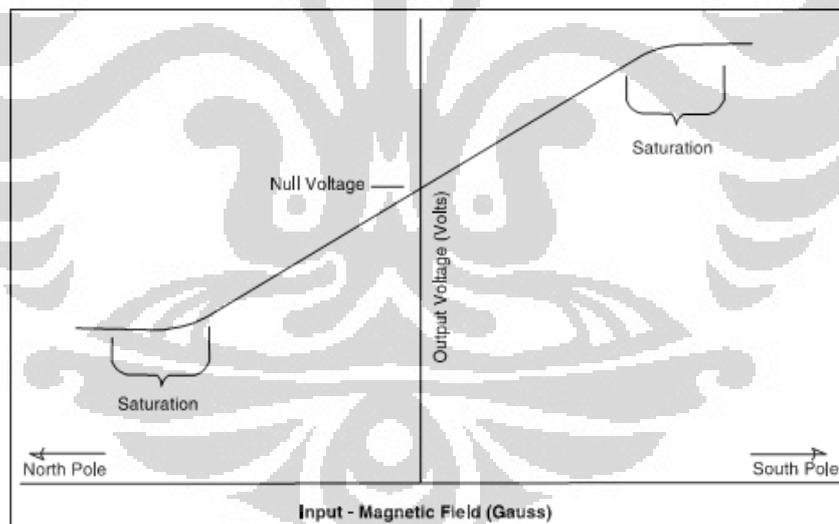
Dasar dari penggambaran sistem sensor Efek Hall adalah berikut ini



**Gambar 2.7** Dasar Sensor Efek Hall

### 2.3.1.2 Analog Output Sensor

Penggambaran keluaran analog dari sensor bisa dilihat pada Gambar 2.7. Analog sensor menyediakan tegangan output yang sebanding dengan besar dan arah dari medan magnetik yang timbul. Besar medan magnetik bisa bernilai positif maupun negatif. Akibatnya pada *output* dari penguat akan memberikan nilai juga berupa positif dan negatif dan ini membutuhkan *power supply* bernilai positif dan negatif.



**Gambar 2.8** Konsep *Null Voltage* (Karakteristik Keluaran dari Sensor)

Untuk menghindari adanya kebutuhan dua sumber masukan, maka dibutuhkan suatu masukan *offset voltage* atau *bias voltage* pada *differential amplifier*. *Bias voltage* ini ada pada *output* ketika tidak ada medan magnetik dan dikenal sebagai *null voltage*. Ketika medan magnetik positif terdeteksi *output* nya akan naik diatas *null voltage*. Sebaliknya jika medan magnetik negatif yang terdeteksi maka output akan turun dibawah *null voltage*, namun tetap bernilai

positif. Bisa dilihat pada Gambar 2.8 bagaimana karakteristik keluarannya. Output dari *amplifier* tidak akan melebihi *power supply*. Faktanya keluaran dari *amplifier* akan mulai saturasi sebelum mencapai batas dari *power supply* <sup>(3)</sup>.

#### 2.4 Analog to Digital Converter (ADC)

Besaran yang ada di alam biasanya masih berbentuk besaran analog dan biasanya sensor mempunyai bentuk keluaran berupa besaran analog. Keluaran sensor yang berupa tegangan biasanya akan diteruskan ke dalam sistem mikrokontroler, namun mikrokontroler hanya dapat mengolah atau memproses data dalam bentuk biner saja (besaran digital), oleh sebab itu setiap data analog yang akan diproses oleh mikrokontroler harus diubah dulu ke dalam bentuk kode biner (digital). Untuk bisa mengubah data analog tersebut dibutuhkan suatu piranti elektronik yaitu ADC yang bisa mengubah menjadi bentuk digital. Data analog ini diubah oleh ADC menjadi bentuk digital yang sebanding dengan data analognya.

*Analog to digital converter (ADC)* adalah konversi sinyal analog menjadi digital. Sinyal analog adalah suatu sinyal yang nilainya berubah kontinu terhadap variabel bebas tertentu misalnya waktu dan mempunyai ciri bahwa perubahan nilai dari sinyal tersebut bersifat *smooth*. Sedangkan bentuk sinyal digital adalah sinyal yang nilainya berubah secara diskrit terhadap variabel bebas atau dengan kata lain nilainya berjenjang yaitu ada satu nilai perubahan terendah<sup>[4]</sup>.

Pemrosesan secara digital seringkali diperlukan, ini dikarenakan banyaknya keuntungan yang bisa didapat dibandingkan dengan pemrosesan secara analog, seperti pemrosesan secara digital lebih kebal terhadap *noise*, di samping itu juga pemrosesan secara digital pada umumnya lebih mudah diproses dan jika ada cacat pada sinyal output hasil pemrosesan lebih mudah diperbaiki daripada pemrosesan secara analog<sup>[4]</sup>. Pengubahan sinyal dari bentuk analog ke bentuk digital dalam ADC akan melewati beberapa proses diantaranya proses yang sangat penting diantaranya adalah *sampling*, kuantisasi, pengkodean serta proses resolusi.

##### 1. *Sampling*

Proses *sampling* merupakan suatu proses pengambilan suatu data pada sinyal analog dengan rentang waktu tertentu. Namun pada proses *sampling* ini tidak harus diambil banyak data, kita hanya membutuhkan beberapa *sampling* data

saja yang sesuai dengan sinyal yang ingin di sampling. Minimum data *sampling* (*minimum sampling rate*) bergantung pada sinyal yang di sampling dan besarnya menurut Nyquist harus dua kali frekuensi terbesar dari sinyal yang di sampling<sup>[5]</sup>. Misalkan sinyal yang di sampling memiliki frekuensi dari 50 Hz sampai 10 KHz maka *minimum sampling rate* adalah 20 KHz, yaitu 20000 data tiap detik.

## 2. Kuantisasi

Sinyal analog yang telah di *sampling* kemudian akan diubah oleh *ADC* ke dalam bentuk digital berdasarkan jumlah bit yang digunakan dalam *ADC*. Jumlah atau besar bit mempengaruhi proses yang kita sebut kuantisasi, dimana semakin besar *bit ADC* maka nilai pengukuran akan lebih teliti<sup>[5]</sup>. Contohnya untuk 1 bit *ADC* hanya mempunyai dua level nilai yaitu besar (kondisi 1) dan kecil (kondisi 0). Bila *ADC* mempunyai 2 bit maka sinyal dapat dibedakan menjadi 4 level nilai yaitu 00, 01, 10 dan 11. Jumlah level nilai yang dapat dibedakan dipengaruhi oleh jumlah bit  $n$  yaitu  $2^n$ . Semakin besar level kuantisasi semakin baik kita menyatakan sinyal yang kita sampling dan akan mendekati nilai sesungguhnya.

## 3. Pengkodean

Proses pengkodean adalah suatu proses penerjemahan suatu sinyal analog menjadi bentuk digital yang bentuknya berupa suatu bilangan binary pada level kuantisasi<sup>[5]</sup>.

## 4. Resolusi

Resolusi disini berhubungan erat dengan kuantisasi. Resolusi merupakan jarak antar level terdekat pada kuantisasi<sup>[5]</sup>. Misal kita mempunyai *ADC* 1 bit dengan range sebesar 5 V untuk menyatakan tegangan analog dalam digital. Resolusi pada kasus tersebut adalah 2,5 V.

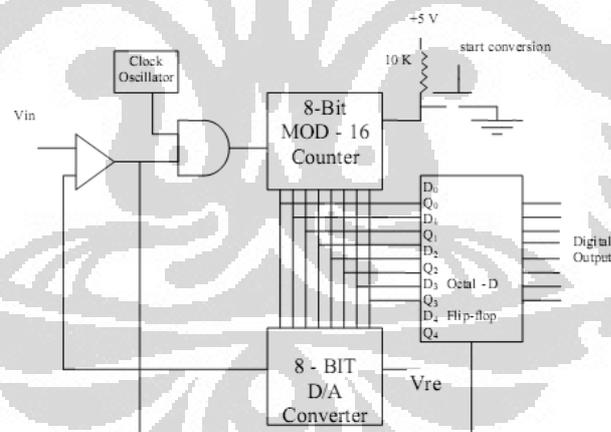
Ada beberapa metode untuk mengkonversi sinyal analog menjadi digital, diantaranya adalah :

### 1. Counter – Ramp *ADC*

Pada gambar 2.9 diperlihatkan bagaimana blok diagram dari *counter ramp ADC* ini. Di dalam blok tersebut terdapat beberapa blok-blok sistem lagi seperti *DAC*, *counter*, clock, gerbang AND serta komparator. Prinsip kerjanya sebagai berikut, awalnya *DAC* diberi masukan *counter*. Masukan *counter* berasal dari sumber *clock* dimana sumber *clock* dikontrol dengan cara meng AND kan

dengan keluaran komparator. Komparator disini berfungsi membandingkan antara tegangan masukan analog dengan tegangan keluaran *DAC*, bila tegangan masukan yang akan dikonversi belum bernilai sama dengan tegangan keluaran *DAC* maka keluaran komparator akan sama dengan 1 sehingga nantinya clock dapat memberi masukan counter dan hitungan counter naik.

Misalkan ada besar tegangan analog yang akan dikonversi sebesar 2 volt, dengan asumsi *counter reset*, sehingga keluaran pada *DAC* juga 0 volt. Bila konversi dimulai, maka *counter* akan naik berubah dari 0000 ke 0001 karena mendapatkan pulsa masuk yang berasal dari *clock oscillator* dimana saat itu besar keluaran komparator akan sama dengan 1, karena mendapatkan kombinasi biner dari 0001 maka tegangan *DAC* naik dan akan dibandingkan lagi dengan tegangan masukan, posesnya akan demikian terus hingga nilai *counter* naik dan keluaran tegangan *DAC* juga naik dan suatu saat tegangan masukan dan tegangan keluaran *DAC* akan sama sehingga akan mengakibatkan keluaran komparator sama dengan 0 dan clock tidak dapat masuk. Nilai *counter* saat itulah yang merupakan hasil konversi dari analog yang dimasukkan<sup>[6]</sup>.

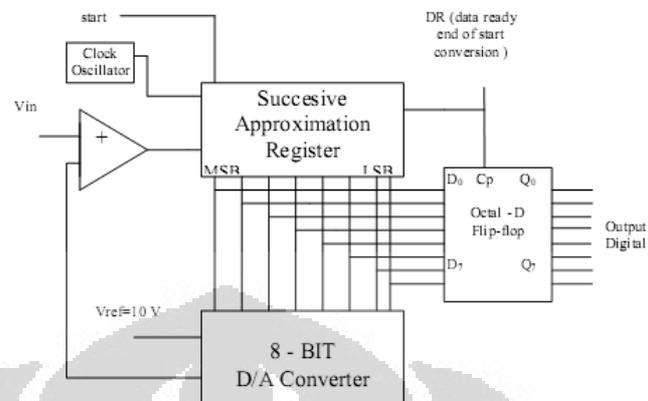


**Gambar 2.9** Blok diagram *counter ramp ADC*

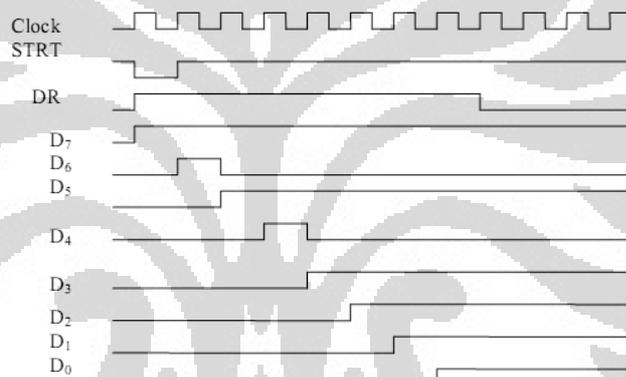
## 2. SAR (*Succesive Approximation Register*) ADC

Blok diagram *ADC* jenis SAR terlihat pada Gambar 2.10. Dengan memakai konfigurasi yang hampir sama dengan *counter ramp* tetapi dalam melakukan *trace* dengan cara *tracking* dengan mengeluarkan kombinasi bit MSB = 1 =====> 1000 0000. Apabila belum sama (kurang dari tegangan analog input maka bit MSB berikutnya = 1 =====> 1100 0000) dan apabila tegangan analog

input ternyata lebih kecil dari tegangan yang dihasilkan DAC maka langkah berikutnya menurunkan kombinasi bit  $\Rightarrow 1010$ .



**Gambar 2.10** Blok diagram SAR ADC



**Gambar 2.11** Timing diagram urutan trace

Untuk mempermudah memahami metode ini diberikan suatu contoh seperti Gambar 2.11. Misal diberi tegangan analog input sebesar 6,84 volt dan tegangan referensi ADC 10 volt sehingga keluaran tegangan sebagai berikut :

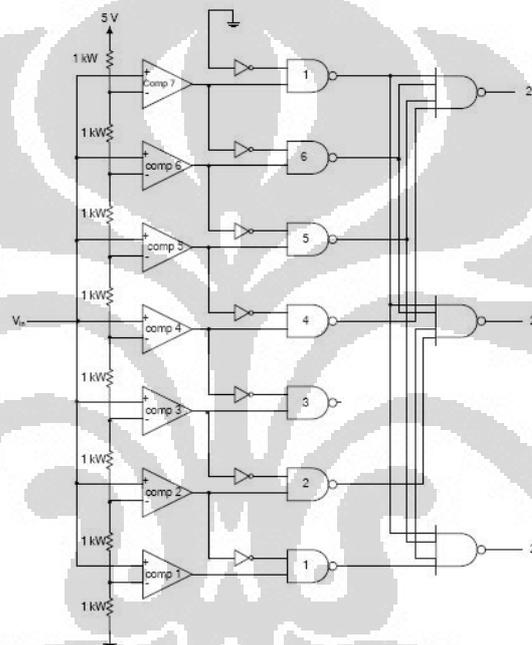
Jika $D_7 = 1$ $V_{out} = 5$ volt	Jika $D_3 = 1$ $V_{out} = 0,3125$ volt
Jika $D_6 = 1$ $V_{out} = 2,5$ volt	Jika $D_2 = 1$ $V_{out} = 0,1625$ volt
Jika $D_5 = 1$ $V_{out} = 1,25$ volt	Jika $D_1 = 1$ $V_{out} = 0,078125$ volt
Jika $D_4 = 1$ $V_{out} = 0,625$ volt	Jika $D_0 = 1$ $V_{out} = 0,0390625$ volt

Setelah diberikan sinyal start maka konversi dimulai dengan memberikan kombinasi 1000 0000 ternyata menghasilkan tegangan 5 volt dimana masih kurang dari tegangan masukan 6,84 volt, kombinasi berubah menjadi 1100 0000 sehingga  $v_{out} = 7,5$  volt dan ternyata lebih besar dari 6,84 sehingga kombinasi

1010 0000 tegangan  $v_{out} = 7,5$  volt kombinasi naik lagi menjadi 1011 0000 demikian seterusnya hingga mencapai 6,8359 volt dan membutuhkan 8  $clock$ <sup>[6]</sup>.

### 3. Flash ADC

Pada ADC jenis ini, sinyal input analog langsung dibandingkan dengan beberapa komparator digital. Hasil pembandingannya kemudian dikodekan menjadi format digital. ADC jenis ini merupakan ADC tercepat. Kelemahan ADC ini adalah perlu banyak sekali komparator, untuk N bit perlu  $2^N - 1$ , sehingga biaya produksinya lebih tinggi dibandingkan metode lainnya<sup>[4]</sup>.



**Gambar 2.12** Rangkaian *flash ADC* 3-bit

### 2.5 Mikrokontroler AT89S8253

AT89S8253 adalah salah satu jenis mikrokontroler keluaran atmel. Mikrokontroler ini adalah salah satu jenis dari mikrokontroler MCS-51. Mikrokontroler dengan arsitektur MCS-51 merupakan salah satu jenis arsitektur mikrokontroler yang paling lama, paling populer dan paling banyak digunakan di dunia. Arsitektur ini dikeluarkan pertama kali oleh Intel dan kemudian menjadi banyak dipakai dan dipelajari di seluruh dunia. Berbagai seri mikrokontroler berarsitektur MCS-51 telah diproduksi oleh berbagai vendor dan digunakan di dunia sebagai mikrokontroler yang bersifat *low cost* dan *high performance*. Di Indonesia, mikrokontroler MCS-51 banyak dipakai karena telah lama populer,

**Universitas Indonesia**

mudah untuk didapatkan, dan harganya yang murah. Antar seri mikrokontroler berarsitektur MCS-51 memiliki beragam tipe dan fasilitas, namun kesemuanya memiliki arsitektur yang sama, dan juga set instruksi yang relatif tidak berbeda. Berikut ini bisa dilihat tabel perbandingan beberapa seri mikrokontroler MCS-51 buatan Atmel dimana salah satunya terdapat tipe AT89S8253.

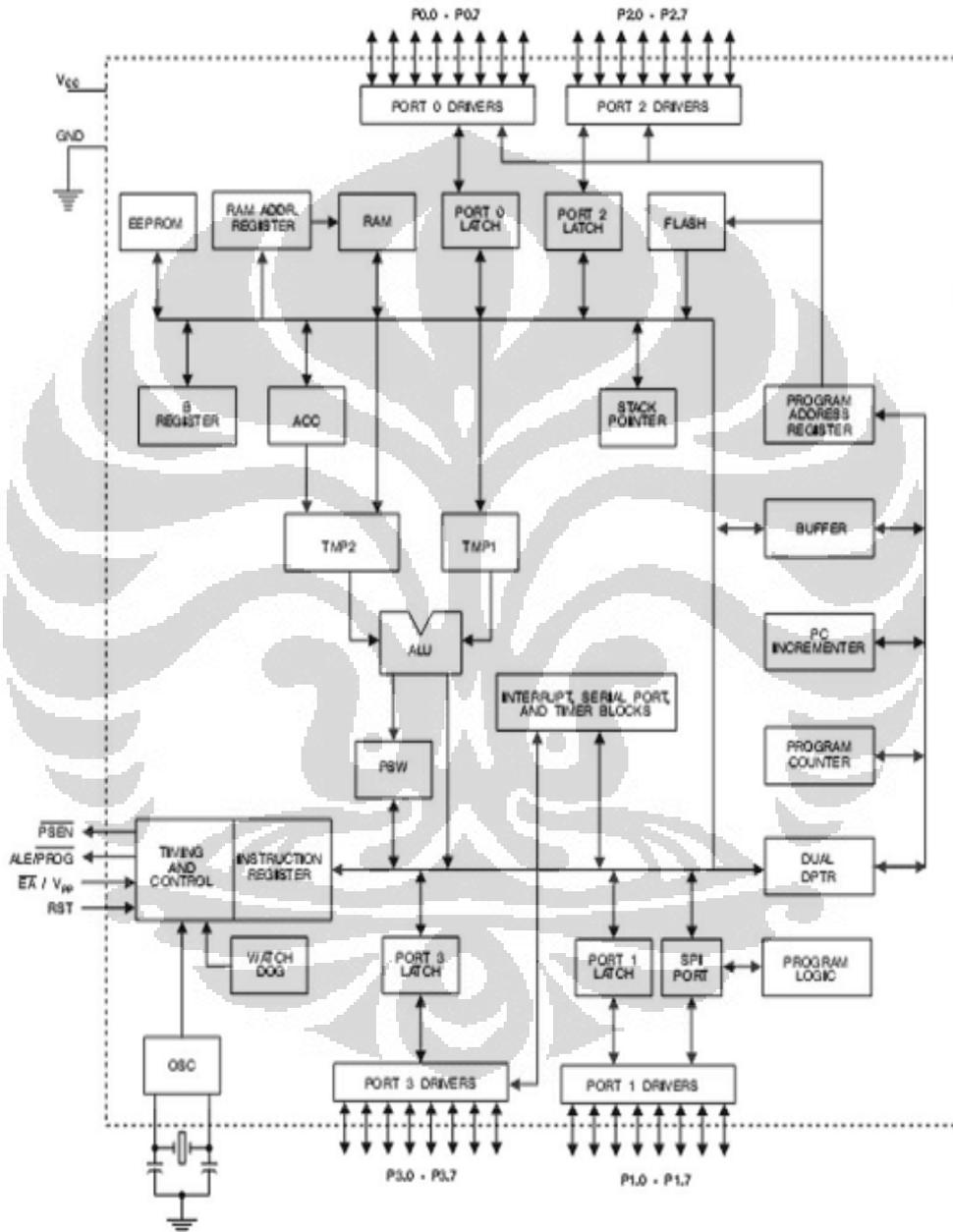
**Tabel 2.1** Perbandingan Seri Mikrokontroler MCS-51<sup>[7]</sup>

Seri	Flash (Kbytes)	RAM (Bytes)	EEPROM (Kbytes)	Pin I/O	Timer	UART	SPI	ISP
AT89C51	4	128	-	32	2	1	-	-
AT89S51	4	128	-	32	2	1	-	Ya
AT89C52	8	256	-	32	3	1	-	-
AT89S52	8	256	-	32	3	1	-	Ya
AT89C2051	2	256	-	15	2	1	-	-
AT89S2051	2	256	-	15	2	1	-	Ya
AT89C4051	4	256	-	15	2	1	-	-
AT89S4051	4	256	-	15	2	1	-	Ya
AT89S8252	8	256	2	32	3	1	1	Ya
AT89S8253	12	256	2	32	3	1	1	Ya

Berikut ini masing-masing penjelasannya<sup>[7]</sup> :

- *Flash* adalah suatu jenis *Read Only Memory* yang biasanya diisi dengan program hasil buatan manusia yang harus dijalankan oleh mikrokontroler.
- *RAM (Random Acces Memory)* merupakan memori yang membantu *CPU* untuk penyimpanan data sementara dan pengolahan data ketika program sedang running.
- *EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)* adalah memori untuk penyimpanan data secara permanen oleh program yang sedang running.
- *Pin I/O* adalah kaki untuk jalur keluar atau masuk sinyal sebagai hasil keluaran ataupun masukan bagi program.
- *Timer* adalah modul dalam hardware yang bekerja untuk menghitung waktu/pulsa.
- *UART (Universal Asynchronous Receive Transmit)* adalah jalur komunikasi data khusus secara serial asynchronous.

- *SPI (Serial Peripheral Interface)* adalah jalur komunikasi data khusus secara serial secara serial *synchronous*.
- *ISP (In System Programming)* adalah kemampuan khusus mikrokontroler untuk dapat diprogram langsung dalam sistem rangkaiannya dengan membutuhkan jumlah pin yang minimal.



**Gambar 2.13** Blok Diagram AT89S8253

### 2.5.1 Arsitektur Mikrokontroler AT89S8253<sup>[9]</sup>

- Kompatibel dengan MCS 51.

- *12Kbyte Flash Memory (ISP) In-System Programmable* 1000 kali ditulis dan dihapus.
- *2Kbyte EEPROM* data memori 1000 Kali di tulis dan di hapus.
- Tegangan Operasional 2.7 Volt – 5.5 Volt
- *Range Frekuensi* 0 Hz – 24 Mhz
- *64 Byte User Signature Array*
- *256 x 8 bit Internal RAM*
- 32 Jalur I/O
- Tiga *Timer/Counter* 16 Bit
- 9 sumber *Interupt*
- *Full Duplex Serial UART*
- *Watchdog Timer*
- 2 *Data Pointer*

### 2.5.2 Konfigurasi Pin AT89S8253<sup>[9]</sup>

Berikut adalah beberapa penjelasan singkat mengenai fungsi tiap kaki yang ada pada seri mikrokontroler AT89S8253 <sup>[9]</sup>:

- P0.0 – P0.7

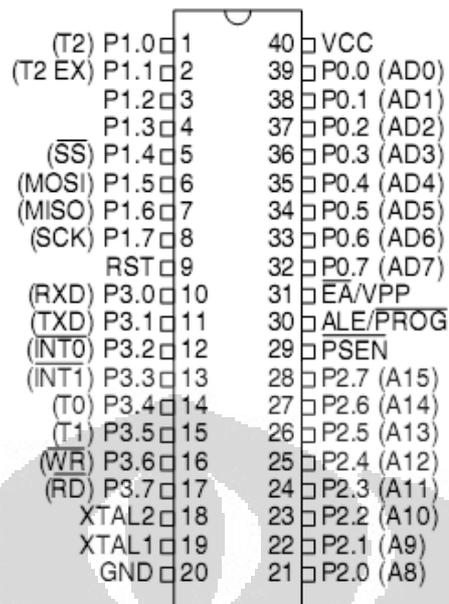
Merupakan *port* yang memiliki dua kegunaan. Pada desain yang minimum/sederhana digunakan sebagai *port I/O (Input/Output)*. Untuk desain yang lebih lanjut dimana perancangan dengan memori eksternal, port ini dapat digunakan sebagai data dan address yang *dimultiplex*. *Port 0* terdapat pada *pin 32-39*.

- P1.0 – P1.7

Merupakan *port* yang hanya berfungsi sebagai *port I/O*. *Port 1* terdapat pada pin 1-8.

- P2.0 – P2.7

Merupakan *port* yang memiliki dua kegunaan. Pada desain yang minimum digunakan sebagai *port I/O*. Untuk desain lebih lanjut digunakan sebagai *high byte* dari *address*. *Port 2* terdapat pada pin 21-28.



**Gambar 2.14** Konfigurasi Pin AT89S8253

- *PSEN (Program Store Enable)*

*PSEN* adalah kontrol sinyal yang memungkinkan untuk mengakses program (*code*) memori eksternal. Pin ini dihubungkan ke *pin OE (Output Enable)* dari *EPROM*. Sinyal *PSEN* akan 0 pada tahap *fetch* (penjemputan) instruksi *PSEN* akan selalu bernilai 0 pada pembacaan program memori internal. *PSEN* terdapat pada pin 29.

**Tabel 2.2** Fungsi Khusus *Port 3* pada AT89S8253<sup>[7]</sup>

<i>PIN</i>	FUNGSI KHUSUS
P3.0	<i>RXD (serial input port)</i>
P3.1	<i>TXD (serial output port)</i>
P3.2	<i>INT0 (external interrupt 0)</i>
P3.3	<i>INT1 (external interrupt 1)</i>
P3.4	<i>T0 (timer 0 external input)</i>
P3.5	<i>T1 (timer 1 external input)</i>
P3.6	<i>WR (external data memory write strobe)</i>
P3.7	<i>RD (external data memory read strobe)</i>

- *ALE (Address Latch Enable)*

*ALE* digunakan untuk men-*demultiplex address* dan data *bus*. Ketika menggunakan program memori eksternal port 0 akan berfungsi sebagai *address* dan data bus. Pada setengah paruh pertama *memory cycle* *ALE* akan bernilai 1 sehingga memungkinkan penulisan alamat pada register

eksternal dan pada setengah paruh berikutnya akan bernilai satu sehingga port 0 dapat digunakan sebagai data bus. *ALE* terdapat pada *pin* 30.

- *EA (External Access)*

Jika *EA* diberi masukan 1 maka mikrokontroler menjalankan program memori internal saja. Jika *EA* diberi masukan 0 (*ground*) maka mikrokontroler hanya akan menjalankan program memori eksternal (*PSEN* akan bernilai 0). *EA* terdapat pada *pin* 31.

- *RST (Reset)*

*RST* pada *pin* 9 merupakan *pin* reset. Jika pada *pin* ini diberi masukan 1 selama minimal 2 *machine cycle* maka sistem akan di-*reset* dan register-register internal akan berisi nilai *default* tertentu dan program kembali mengeksekusi dari alamat paling awal.

- *On-Chip Oscillator*

Mikrokontroler MCS-51 telah memiliki *on-chip oscillator* yang dapat bekerja jika di-*drive* menggunakan kristal. Tambahan kapasitor diperlukan untuk menstabilkan sistem. *On-chip oscillator* tidak hanya dapat di-*drive* dengan menggunakan kristal, api juga dapat digunakan *TTL oscillator*.

- Koneksi Power

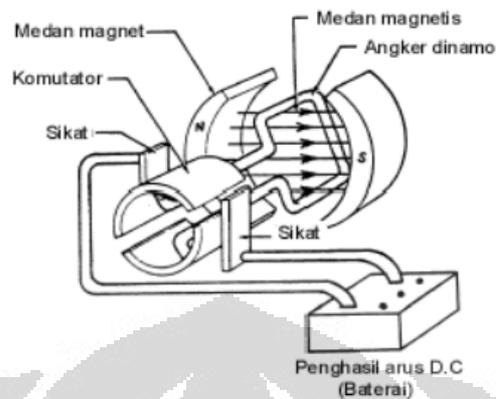
Mikrokontroler biasanya beroperasi pada tegangan 3.3 volt atau 5 volt (tergantung serinya). *Pin Vcc* terdapat pada *pin* 40 sedangkan *Vss (ground)* terdapat pada *pin* 20.

## 2.6 Motor DC

### 2.6.1 Pengertian Motor DC

Motor arus searah (motor DC) adalah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah (listrik DC) menjadi tenaga gerak atau mekanik, dimana tenaga gerak tersebut berupa putaran dari pada motor. Atau bisa dipahami sebagai suatu perangkat alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakkan suatu kompresor, mengangkat suatu bahan

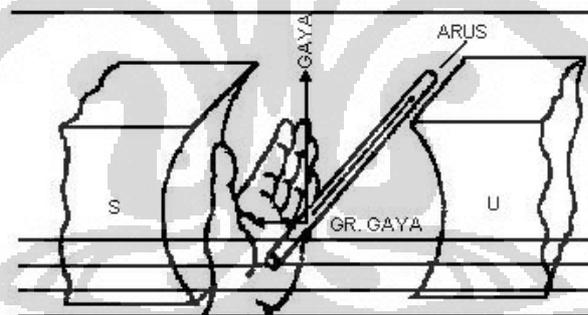
dan banyak yang lainnya. Terkadang motor DC digunakan juga di rumah seperti pada *mixer*, bor listrik dan *fan* angin serta di dunia industri.



**Gambar 2.15** Motor DC Sederhana

### 2.6.2 Prinsip Kerja Motor DC

Prinsip dasar dari motor arus searah adalah bila ada sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet (U - S), maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat itu.



**Gambar 2.16** Kaidah Tangan Kiri

Arah gerak kawat itu dapat ditentukan dengan kaidah tangan kiri yang berbunyi sebagai berikut, apabila tangan kiri terbuka diletakkan antara kutub U dan S, sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub utara menembus telapak tangan kiri dan arus didalam kawat mengalir searah dengan keempat jari, maka kawat itu akan mendapat gaya yang arahnya sesuai dengan arah ibu jari (Gambar 2.16).

Gaya pada kawat berarus yang berada dalam medan magnet ini disebut gaya lorentz, yang besarnya adalah :

**Universitas Indonesia**

$$F = BIL \sin \theta \quad (2.17)$$

Dimana :

$B$  = kerapatan fluks magnet dalam satuan weber

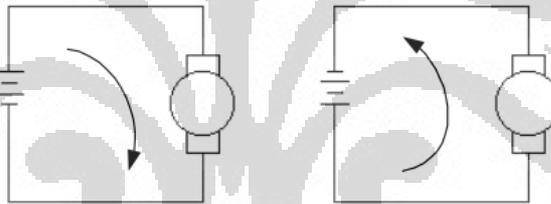
$L$  = panjang penghantar dalam satuan meter

$I$  = arus listrik yang mengalir dalam satuan ampere

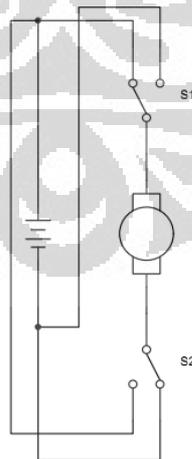
$\theta$  = sudut yang terbentuk antara arah medan magnet dengan arah arus yang mengalir pada kawat dalam satuan derajat ( $^{\circ}$ )

### 2.6.3 Pengatur Arah Putaran Motor DC

Dalam aplikasinya seringkali sebuah motor digunakan untuk arah yang searah dengan jarum jam maupun sebaliknya. Untuk mengubah putaran dari sebuah motor dapat dilakukan dengan mengubah arah arus yang mengalir melalui motor tersebut. Secara sederhana seperti yang ada pada Gambar 2.17, hal ini dapat dilakukan hanya dengan mengubah polaritas tegangan motor.



**Gambar 2.17** Dasar pengaturan arah putar motor



**Gambar 2.18** Pengaturan Arah Dengan Menggunakan Saklar

Agar perubahan polaritas tegangan motor dapat dilakukan dengan mudah, maka hal ini dilakukan dengan menggunakan dua buah saklar seperti pada

Gambar 2.18 di mana kedua saklar tersebut harus berada pada posisi yang saling berlawanan. Apabila S1 berada di posisi kiri (terhubung dengan positif) maka S2 harus berada di posisi kanan (terhubung dengan negatif) dan demikian pula sebaliknya dengan perubahan yang serempak.

## 2.7 Optocoupler

*Optocoupler* adalah suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*, yaitu antara bagian cahaya dengan bagian deteksi sumber cahaya terpisah. Biasanya *optocoupler* digunakan sebagai saklar elektrik, yang bekerja secara otomatis. *Optocoupler* atau optoisolator merupakan komponen penggandeng (*coupling*) antara rangkaian input dengan rangkaian output yang menggunakan media cahaya (opto) sebagai penghubung. Dengan kata lain, tidak ada bagian yg konduktif antara kedua rangkaian tersebut. *Optocoupler* sendiri terdiri dari 2 bagian, yaitu *transmitter* (pengirim) dan *receiver* (penerima).

### 1. *Transmitter*

Merupakan bagian yg terhubung dengan rangkaian input atau rangkaian kontrol. Pada bagian ini terdapat sebuah *LED* infra merah (*IR LED*) yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal kepada *receiver*. Pada transmitter dibangun dari sebuah *LED* infra merah. Jika dibandingkan dengan menggunakan *LED* biasa, *LED* infra merah memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap sinyal tampak. Cahaya yang dipancarkan oleh *LED* infra merah tidak terlihat oleh mata telanjang.

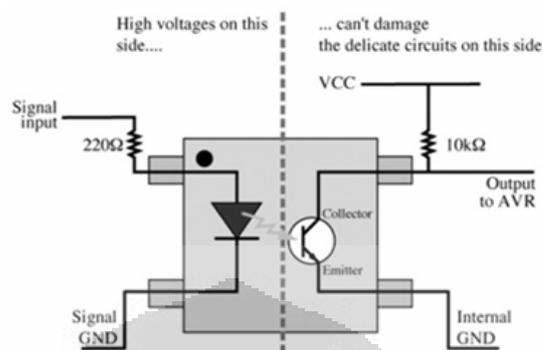
### 2. *Receiver*

Merupakan bagian yg terhubung dengan rangkaian output atau rangkaian beban, dan berisi komponen penerima cahaya yang dipancarkan oleh *transmitter*. Komponen penerima cahaya ini dapat berupa photodiode ataupun phototransistor. Pada bagian *receiver* dibangun dengan dasar komponen fototransistor. fototransistor merupakan suatu transistor yang peka terhadap tenaga cahaya. Suatu sumber cahaya menghasilkan energi panas, begitu pula dengan spektrum infra merah. Karena spektrum infra mempunyai efek panas yang lebih besar dari cahaya tampak, maka fototransistor lebih peka untuk menangkap radiasi dari sinar infra merah. Jika dilihat dari penggunaannya, *optocoupler* biasa digunakan pada umumnya untuk mengisolasi rangkaian input dengan rangkaian output. Sehingga

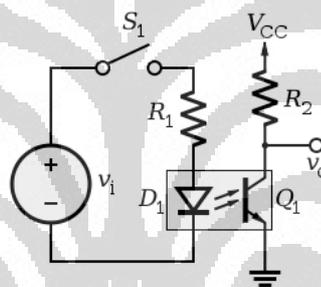
masuk tegangan untuk masing-masing rangkaian tidak saling terbebani dan juga untuk mencegah kerusakan pada rangkaian kontrol (rangkaian input).

*Optocoupler* merupakan gabungan dari *LED* infra merah dengan fototransistor yang terbungkus menjadi satu chip. Cahaya infra merah termasuk dalam gelombang elektromagnetik yang tidak tampak oleh mata telanjang. Sinar ini tidak tampak oleh mata karena mempunyai panjang gelombang berkas cahaya yang terlalu panjang bagi tanggapan mata manusia. *LED* infra merah ini merupakan komponen elektronika yang memancarkan cahaya infra merah dengan konsumsi daya sangat kecil. Jika diberi arah maju, *LED* infra merah yang terdapat pada optocoupler akan mengeluarkan panjang gelombang sekitar 0,9 mikrometer. Proses terjadinya pancaran cahaya pada *LED* infra merah dalam *optocoupler* adalah sebagai berikut. Saat dioda menghantarkan arus, elektron lepas dari ikatannya karena memerlukan tenaga dari catu daya listrik. Setelah elektron lepas, banyak elektron yang bergabung dengan lubang yang ada di sekitarnya (memasuki lubang lain yang kosong). Pada saat masuk lubang yang lain, elektron melepaskan tenaga yang akan diradiasikan dalam bentuk cahaya, sehingga dioda akan menyala atau memancarkan cahaya pada saat dilewati arus. Cahaya inframerah yang terdapat pada *optocoupler* tidak perlu lensa untuk memfokuskan cahaya karena dalam satu chip mempunyai jarak yang dekat dengan penerimanya. Pada *optocoupler* yang bertugas sebagai penerima cahaya infra merah adalah fototransistor. Fototransistor merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai detektor cahaya infra merah. Detektor cahaya ini mengubah efek cahaya menjadi sinyal listrik, oleh sebab itu fototransistor termasuk dalam golongan detektor optik. Fototransistor memiliki sambungan kolektor-basis yang besar dengan cahaya infra merah, karena cahaya ini dapat membangkitkan pasangan lubang elektron. Dengan diberi arah maju, cahaya yang masuk akan menimbulkan arus pada kolektor. Fototransistor memiliki bahan utama yaitu germanium atau silikon yang sama dengan bahan pembuat transistor. Tipe fototransistor juga sama dengan transistor pada umumnya yaitu PNP dan NPN. Perbedaan transistor dengan fototransistor hanya terletak pada rumahnya yang memungkinkan cahaya infra merah mengaktifkan daerah basis, sedangkan transistor biasa ditempatkan

pada rumah logam yang tertutup. Simbol *optocoupler* seperti terlihat pada Gambar 2.19.



**Gambar 2.19** Rangkaian *Optocoupler*



**Gambar 2.20** Prinsip Kerja dari *Optocoupler*

Prinsip kerja dari rangkaian optocoupler adalah sebagai berikut

- Jika S1 terbuka maka LED akan mati, sehingga fototransistor tidak akan bekerja.
- Jika S1 tertutup maka LED akan memancarkan cahaya, sehingga fototransistor akan bekerja.
- Jika antara phototransistor dan LED terhalang maka fototransistor tersebut akan *off* sehingga output dari kolektor akan berlogika *high*.
- Sebaliknya jika antara fototransistor dan LED tidak terhalang maka fototransistor dan LED tidak terhalang maka fototransistor tersebut akan on sehingga output-nya akan berlogika *low*.

**Universitas Indonesia**

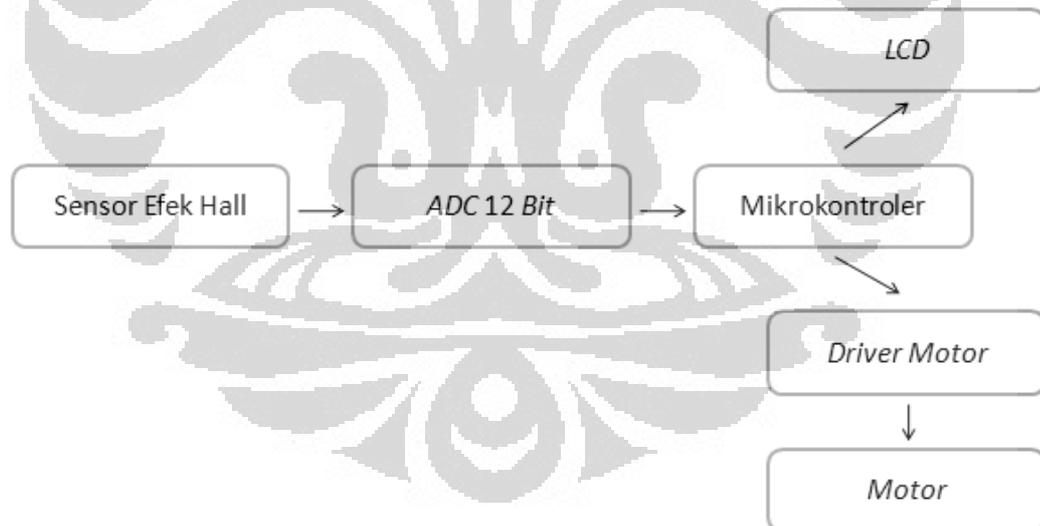
## BAB 3

### PERANCANGAN ALAT DAN PROGRAM

Pada bab ini akan dicoba dijelaskan bagaimana perancangan perangkat keras dan perancangan program yang menyusun sistem pengukuran medan magnetik. Pada perancangan perangkat keras akan dijelaskan bagaimana sistem pengukuran terbangun beserta masing-masing fungsi dari rangkaian yang membangun sistem tersebut. Untuk perancangan program akan dijelaskan bagaimana bentuk program yang digunakan agar bisa membantu dalam proses pengukuran.

#### 3.1 Perancangan Perangkat Keras

Pada bagian ini dijelaskan mengenai rangkaian elektronika yang menyusun sistem yang dibuat. Di bawah ini merupakan blok diagram yang digunakan dalam perancangan perangkat keras pada pembuatan pendeteksi dan pengukuran besar medan magnetik.



**Gambar 3.1** Blok diagram sistem pengukuran

Gambar 3.1 memperlihatkan bagian blok-blok sistem yang digunakan. Masing-masing blok mempunyai fungsi yang berbeda-beda, dibawah ini akan dijelaskan masing-masing blok diagram diatas.

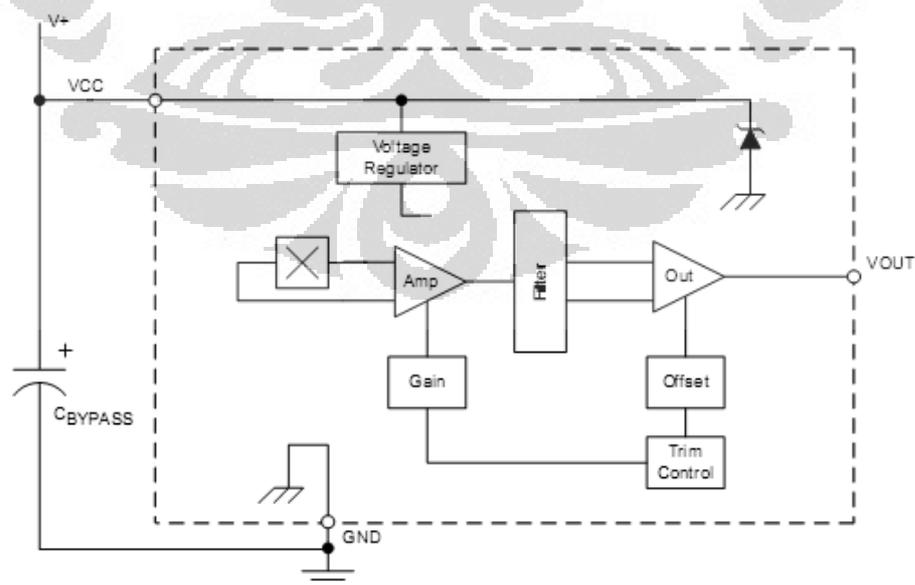
### 3.2 Perancangan Subsistem Perangkat Keras

Subsistem perangkat keras terdiri dari beberapa bagian yaitu :

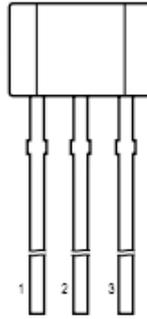
- Perancangan sensor Efek Hall tipe A1302 (*Continuous-Time Ratiometric Linear Hall Effect Sensors*).
- Perancangan Minsis mikrokontroler AT89S8253 sebagai pengolah dan penyimpanan data serta LCD untuk menampilkan data yang telah diolah di mikrokontroler.
- Perancangan ADC 12 bit tipe MCP 3204 dengan Minsis mikrokontroler.
- Perancangan Konstruksi Mekanik
- Perancangan Driver Motor DC
- Perancangan Rangkaian *Optocoupler* dan *Limit Switch*

#### 3.2.1 Perancangan sensor Efek Hall

Sensor yang digunakan disini adalah *Continuous-Time Ratiometric Linear Hall Effect Sensors* dengan tipe A1302. Sensor tipe ini bekerja berdasarkan prinsip dari efek Hall dan dapat digunakan secara akurat untuk mendeteksi adanya perubahan kecil pada kerapatan fluks magnet. Sensor Efek Hall A1302 telah dilengkapi dengan beberapa elemen yaitu berupa elemen Hall sebagai sensor dan suatu penguat. Lebih lengkapnya bisa dilihat blok diagram dari sensor Efek Hall A1302 pada Gambar.



**Gambar 3.2** Blok Diagram dari Sensor Efek Hall A1302



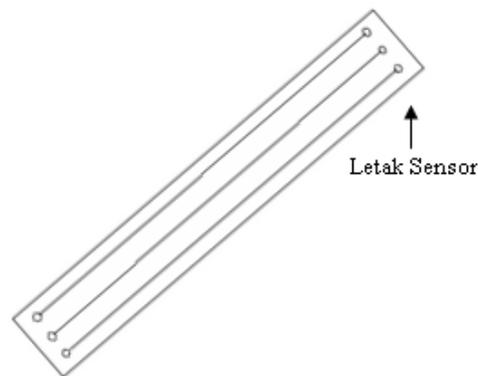
**Gambar 3.3** Pin Kaki Sensor Efek Hall A1302, (1) Vcc, (2) Gnd dan (3) Vout

**Tabel 3.1** Karakteristik Sensor A1302

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Limits			
Electrical Characteristics						
			Min	Type	Max	Units
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	Running, T <sub>J</sub> < 165°C	4,5	-	6	V
Supply Current	I <sub>CC</sub>	Output open	-	-	11	mA
Magnetic Characteristics						
			Min	Type	Max	Units
Quiescent Output Voltage	V <sub>OUTQ</sub>	B = 0 G	2,4	2,5	2,6	V
Magnetic Sensitivity	Sens	B = 0 G to ±1400 G	1	1,3	1,6	mV

Pada Tabel 3.1 di atas adalah kondisi saat diberikan tegangan masukan sebesar 5 Volt dan suhu lingkungan sebesar 25 °C. Seperti yang sudah dijelaskan dalam teori sensor Efek Hall ini mempunyai tegangan yang disebut *null voltage* dimana tegangan ini adalah tegangan saat medan magnetiknya sebesar 0 Gauss. Dari tabel terlihat karakteristiknya sama dengan teori dimana saat tidak ada medan luar (kondisi B = 0) pada sensor ada tegangan keluaran (*output*) sebesar 2,5 Volt, tegangan ini adalah *null voltage*. Besarnya adalah setengah dari tegangan masukan. Saat mendapat medan magnet luar sensor Efek Hall akan menghasilkan tegangan keluaran yang menyimpang dari harga tegangan *output null*. Perubahan tegangan ini yang akan dimanfaatkan pada alat ini untuk mendeteksi adanya medan magnet.

Pemasangan dari sensor Efek Hall ini harus diletakkan secara khusus. *Design* yang ingin dibuat terlihat pada Gambar 3.4. Letak posisi sensor harus jauh dari rangkaian elektronik lain pendukung sistem pengukuran ini agar menghindari adanya pengaruh medan magnetik yang diberikan rangkaian elektronik lain.



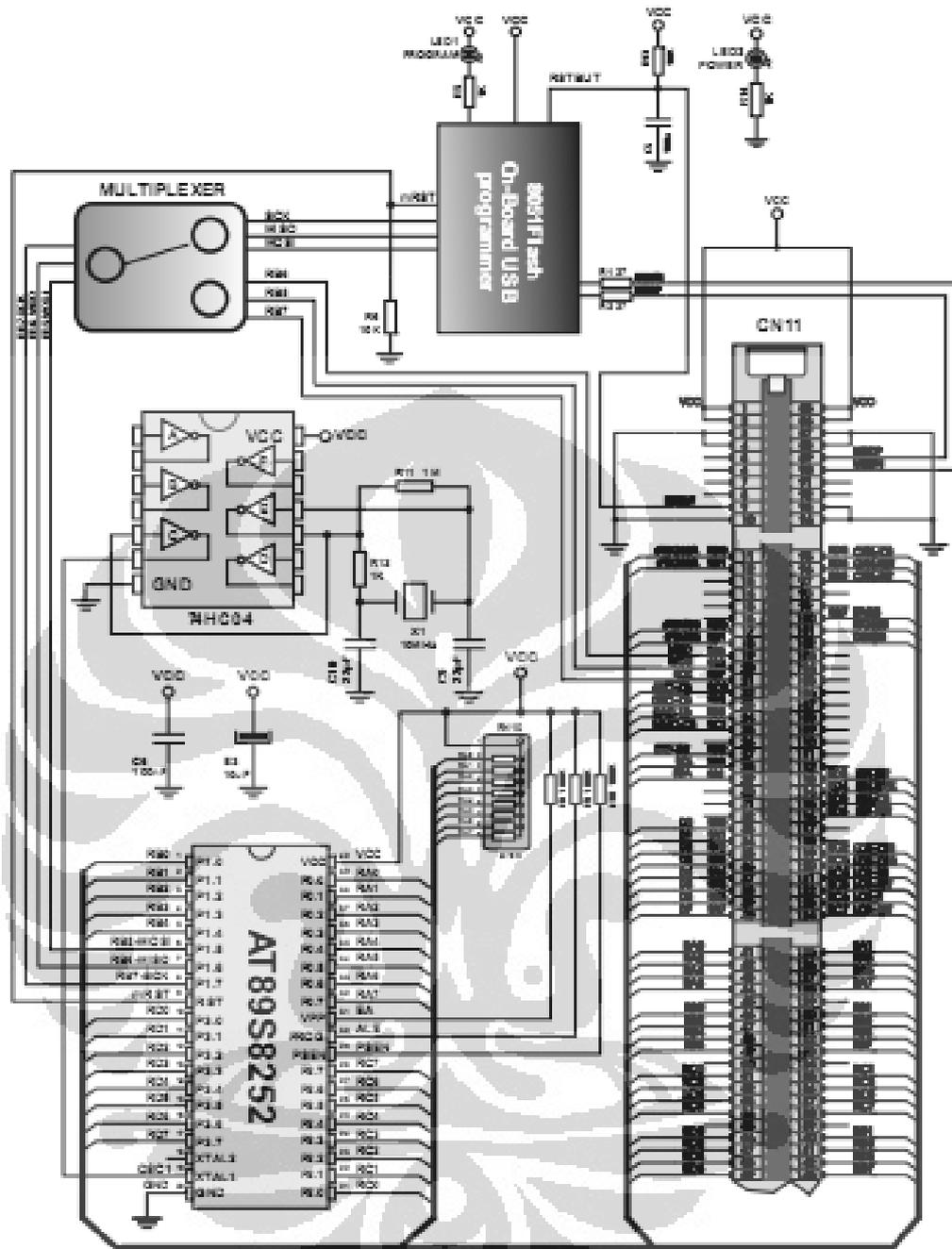
**Gambar 3.4** Design Pemasangan Sensor

### 3.2.2 Perancangan Sistem Minimum AT89S8253 serta LCD

#### 3.2.2.1 Sistem Minimum AT89S8253

Sistem minimum mikrokontroler AT89S8253 berfungsi sebagai media komunikasi atau bisa disebut *interface* dengan unit *IO (input/output)* dan *ADC MCP3204* dan peralatan lainnya seperti *LCD*. Rangkaian ini dilengkapi dengan rangkain regulator dimana tegangan *input* baterai yang bisa masuk adalah 9 – 12 volt untuk suplay daya rangkaian AT89S8253. Sistem minimum ini dilengkapi juga dengan *USB programmer*, sehingga untuk memasukkan program ke dalam mikrokontroler melalui *programming software* bisa dengan hanya menyambungkan kabel *USB programmer* ke dalam *PC*. Skema rangkaian sistem minimum mikrokontroler AT89S8253 dapat dilihat pada Gambar 3.5.

*Port* AT89S8253 yang terdiri dari empat *port* yaitu *Port0*, *Port1*, *Port2* dan *Port3* dapat diakses melalui pin berupa *header male* untuk memudahkan akses ke rangkaian lain. Pada mikrokontroler ini menggunakan kristal dengan nilai 10 MHz dan komponen-komponen lain seperti kapasitor dan resistor. Dari keempat *port* yang dimiliki hanya beberapa *port* yang digunakan. Diantaranya yang digunakan adalah port yang berfungsi sebagai jalur *SPI* yaitu P1.5 (*MOSI*), P1.6 (*MISO*) dan P1.7 (*SCK*). Ketiga *port* tersebut dihubungkan ke *pin ADC* eksternal yaitu *ADC MCP3204* yang membutuhkan jalur *SPI* untuk komunikasinya. Selain itu juga *port0* digunakan untuk komunikasi dengan *LCD* yaitu beberapa *port* diantaranya berfungsi sebagai *pin reset*, *pin enable* serta *pin D4-D7* pada *LCD*.



Gambar 3.5 Skema Sistem Minimum AT89S825

### 3.2.2.2 Perancangan Mikrokontroler dengan LCD

LCD merupakan komponen yang digunakan untuk menampilkan hasil data pengukuran pada sistem ini. LCD yang digunakan adalah LCD dengan karakter 2x16 yang digunakan dalam mode 4 bit. Penggunaan LCD disini agar memudahkan proses pengambilan kalibrasi serta beberapa pengujian pengukuran.



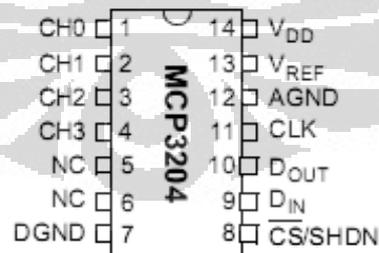
8	D1	Data bit 1
9	D2	Data bit 2
10	D3	Data bit 3
11	D4	Data bit 4
12	D5	Data bit 5
13	D6	Data bit 6
14	D7	Data bit 7
15	A	LED+
16	K	LED-

### 3.2.3 Perancangan ADC 12 bit tipe MCP 3204

ADC yang digunakan disini adalah ADC tipe MCP 3204 dengan resolusi 12 bit. Pemilihan ADC 12 bit ini dikondisikan dengan output sensor. Dari karakteristik sensornya diketahui bahwa pada saat perubahan 1,3 mV akan terjadi perubahan sebesar 1 gauss, sehingga dibutuhkan ADC dengan resolusi yang cukup tinggi agar perubahan besar medan magnet serta tegangan keluaran sensornya bisa terlihat. Dengan tegangan referensi yang digunakan adalah sebesar 5 V, maka tegangan yang mampu dibaca tiap bitnya adalah

$$V_{out} = \frac{5}{2^{12}} = \frac{5}{4096} = 0.0012207 \text{ Volt} \quad (3.1)$$

Dari perumusan tersebut bisa dilihat bahwa penggunaan ADC dengan resolusi ini sangatlah baik dikarenakan setiap perubahan dari sensor bisa terlihat jelas. Konfigurasi dari kaki pin ADC MCP 3204 dapat dilihat pada Gambar 3.8 di bawah ini.

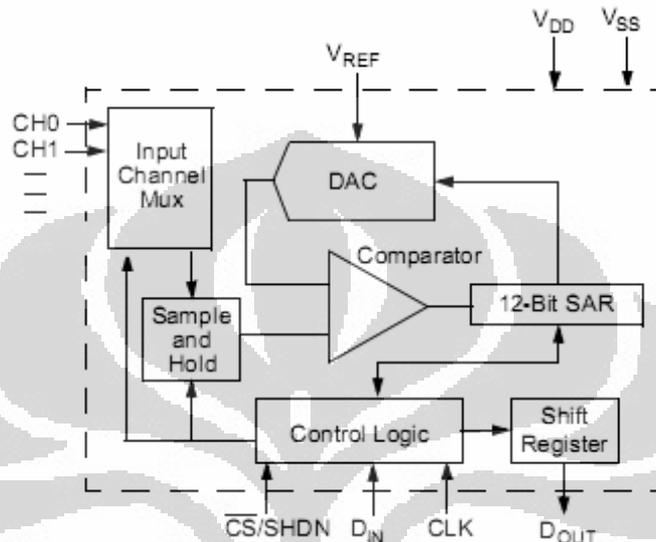


**Gambar 3.8** Simbol pin-pin ADC0809

Garis besar spesifikasi dari ADC tipe MCP 3204 adalah sebagai berikut :

- Resolusi 12 bit
- 4 masukan channel analog
- Masukan analog dapat diprogram sebagai masukan jenis single-ended atau masukan differential

- *SPI serial interface*
- Catu daya untuk beroperasi 2.7V - 5.5V
- Model konversi SAR (*Succesive Aproximation Register*)
- 100 ksp/s max. *sampling rate* saat  $V_{DD} = 5V$
- 50 ksp/s max. *sampling rate* saat  $V_{DD} = 2.7V$



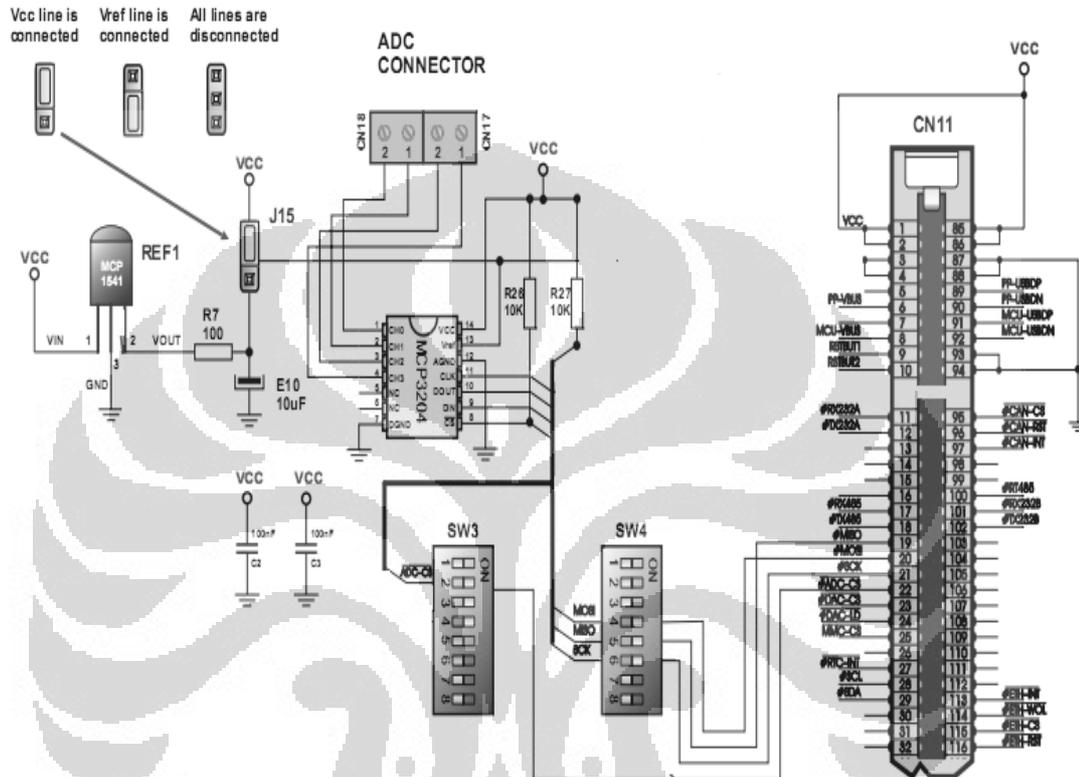
**Gambar 3.9** Diagram blok ADC MCP 3204

ADC MCP 3204 mempunyai beberapa *channel* yang bisa digunakan seperti terlihat pada Tabel 3.3. *Channel* yang digunakan bisa banyak bergantung perintah dari penggunaan di pemrogramannya nanti. Dari pemrograman nantinya kita juga bisa mengatur jenis konfigurasi input yang digunakan apakah jenis *single-ended* atau *differential*.

**Tabel 3.3** Konfigurasi *Bit* Untuk MCP3204

Control Bit Selections				Input Configuration	Channel Selection
Single / Diff	D2	D1	D0		
1	X	0	0	Single-ended	CH0
1	X	0	1	Single-ended	CH1
1	X	1	0	Single-ended	CH2
1	X	1	1	Single-ended	CH3
0	X	0	0	differential	CH0 = IN + CH1 = IN -
0	X	0	1	differential	CH0 = IN - CH1 = IN +
0	X	1	0	differential	CH2 = IN + CH3 = IN -
0	X	1	1	differential	CH2 = IN + CH3 = IN -

Untuk penelitian ini hanya menggunakan satu *channel* yaitu untuk keluaran dari sensor saja. Berikut ini bisa dilihat bagaimana skematik dari perancangan *ADC* nya yang dihubungkan langsung ke dalam sistim minimum AT89S8253.



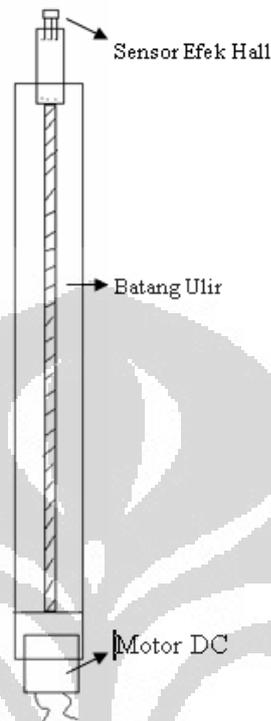
**Gambar 3.10** Perancangan *ADC* MCP3204

### 3.2.4 Perancangan Konstruksi Mekanik

Untuk mendapatkan besar medan magnet terhadap posisi sensor dibutuhkan jarak atau posisi antara sumber medan serta sensornya. Untuk merealisikannya maka dibuat suatu konstruksi mekanik dimana nantinya sensor dibuat bergerak maju atau mundur. Untuk menggerakkan dan memindahkan sensornya digunakan batang ulir dan *motor DC*. Pada batang ulir tersebut diletakkan tempat untuk sensornya yang telah di drat. Bila batang ulir tersebut berputar maka sensor akan berpindah sesuai dengan arah putaran dari batang ulir. Batang ulir tersebut terhubung dengan *motor DC* pada bagian ujungnya.

Panjang batang ulir yang digunakan adalah  $\pm 30$  cm dengan diameter  $\pm 0,5$  cm. Batang ulir disini bisa memindahkan posisi sensor sejauh 0,14 cm dalam satu

putaran. Penggambaran dari konstruksi mekaniknya bila dilihat dari bagian atasnya terlihat pada Gambar 3.11.



**Gambar 3.11** Bentuk Mekanik dengan *Motor DC* dan Sensor

Untuk perancangan sistem mekanik pada Gambar 3.11 harus ditambah dengan 4 kaki penyangga agar tingginya sesuai dengan posisi benda yang ingin diukur atau sejajar dengan posisi sensor. Penggambarannya bisa dilihat pada Gambar 3.12



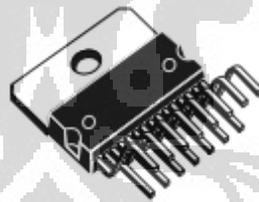
**Gambar 3.12** Konstruksi Mekanik dengan Penyangga

### 3.2.5 Perancangan *Driver Motor DC*

Rangkaian *driver motor* yang digunakan disini adalah *IC* dengan tipe L298. Pada bagian input dari *driver* dihubungkan ke dalam mikrokontroler untuk menggerakkan motor dengan memberikan logika 0 (low) atau 1 (high) pada kaki input tersebut. Putaran motor disini bergantung pada input yang diberikan mikrokontroler.

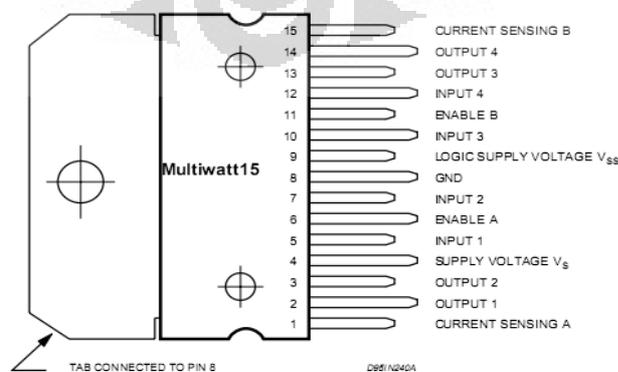
Rangkaian *driver motor* berfungsi untuk mengendalikan dan menggerakkan motor dengan input yang berasal dari mikrokontroler. Jika tidak menggunakan rangkaian *driver* ini maka input yang berasal dari mikrokontroler tidak akan mampu memutar motor dikarenakan terlalu kecil arusnya. Keunggulan dari *driver* ini adalah bisa menggerakkan dua motor sekaligus karena terdapat 4 buah input yang masing-masing (2 input) masuk ke salah satu motor. Selain itu kelebihan lainnya diantaranya

- Tegangan maksimum hingga 50 V.
- Total arus hingga 4 A.
- Saturasinya rendah.
- Melindungi dari pengaruh suhu tinggi.



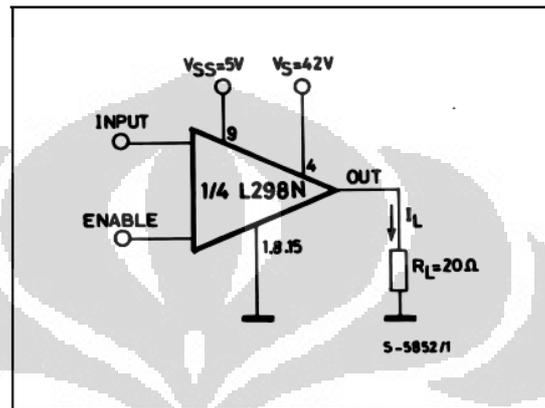
**Gambar 3.13** Bentuk *Driver Motor* Tipe L298

Berikut ini penggambaran kaki-kaki *pin* dari *driver motor* tipe L298 :



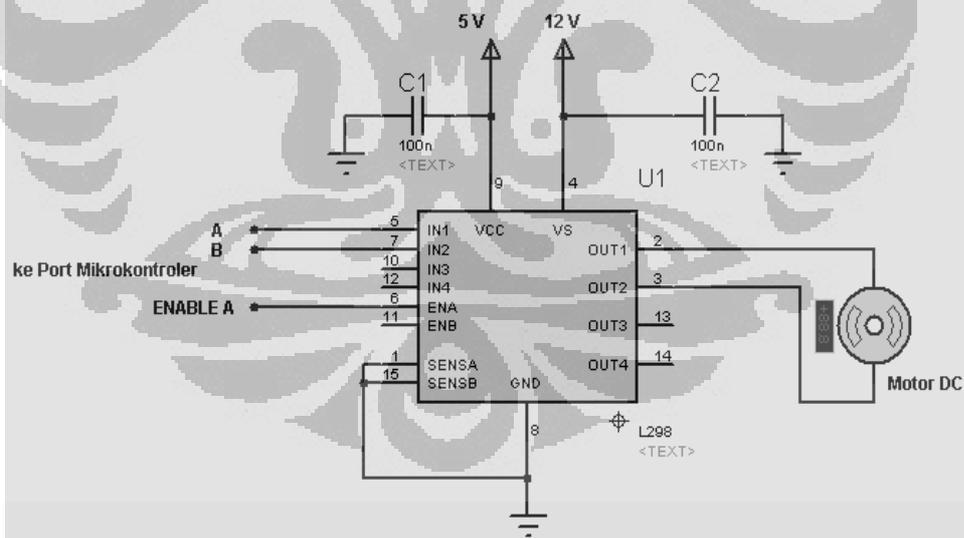
**Gambar 3.14** *Pin Kaki Driver Motor* Tipe L298

*Pin 6 dan 11* adalah *pin enable* yaitu saklar untuk pengaturan input yang ingin digunakan. *Pin 6* digunakan untuk mengatur *input 1* dan *input 2* sedangkan *pin 11* digunakan untuk mengatur *input 3* serta *input 4*. Logika pensaklaran dari IC L298 terlihat pada Gambar 3.15. Pada Gambar 3.15 *input* dan *enable* harus dalam kondisi *high*. Bila keduanya *high* maka keluarannya akan menghasilkan arus beban  $I_L$  yang menuju  $R_L$



Note : For INPUT Switching, set EN = H  
For ENABLE Switching, set IN = H

**Gambar 3.15** Logika Pensaklaran dari IC L298



**Gambar 3.16** Perancangan *Driver Motor DC*

Pada gambar perancangan *driver motor* terlihat beberapa penggunaan kaki yang dipakai agar *driver* ini bekerja. Pada *pin 4* adalah sumber tegangan untuk menggerakkan motor. *Pin 9* adalah *Vcc* sebagai sumber tegangan bagi *driver* agar bekerja. Bila menggunakan *input 1* serta *input 2* pada *pin 5* dan *pin 7* maka *enable*

yang harus diatur agar input bekerja adalah *enable* A pada kaki 6. Jika menggunakan *input* 1 dan *input* 2 maka *output* yang bekerja adalah *output* 2 dan *output* 3. Ini berlaku untuk *input* 3 dan 4 juga dimana yang diatur adalah *enable* B serta keluaran *output*nya adalah *output* 3 dan *output* 4.

**Tabel 3.4** Logika IC L298 Untuk Perancangan *Motor DC*

Inputs		Function
Ven A = H	A = H ; B = L	Forward
	A = L ; B = H	Reverse
	A = B	Fast Motor Stop
Ven A = L	A = X ; B = X	Free Running Motor Stop

L = Low

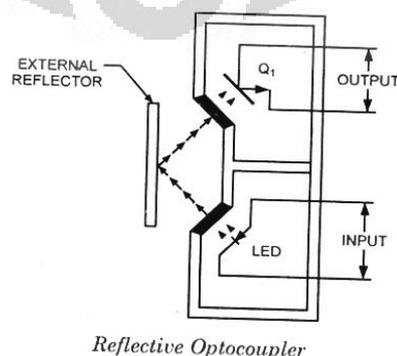
H = High

X = Don't Care

### 3.2.6 Perancangan Rangkaian *Optocoupler* dan *Limit Switch*

#### 3.2.6.1 Rangkaian *Optocoupler*

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, *optocoupler* adalah suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu *transmitter* dan *receiver* dan antara bagian cahaya dengan bagian deteksi sumber cahaya terpisah. *Optocoupler* merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu *on/off*-nya. *Opto* berarti optik dan *coupler* berarti pemicu. Sehingga bisa diartikan bahwa *optocoupler* merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan picu cahaya optik. *Optocoupler* termasuk dalam sensor dimana terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*. Untuk tipe *optocoupler* yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *reflective optocoupler*.

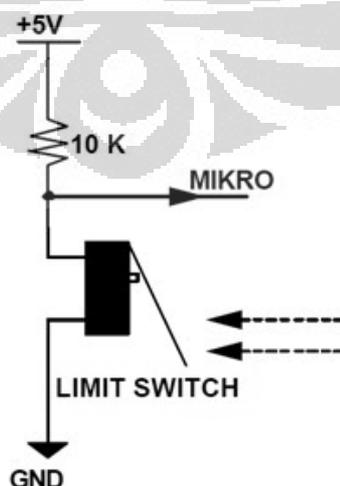


**Gambar 3.17** *Optocoupler* Jenis Refleksi

Untuk jenis *optocoupler* ini pemasangan *LED* serta fototransistornya diletakkan saling bersebelahan satu sama lain dalam satu *chip*. Kedua komponen tersebut diarahkan dalam arah yang sama keluar dari *chip*. Arah yang dituju dari kedua komponen itu adalah suatu objek yang bisa memberikan suatu pantulan dari *LED* dan diterima kembali kedalam fototransistor. Dari aplikasi tersebut maka bisa digunakan dalam sistem dalam *motor DC*, dimana putaran batang ulir yang telah ditandai dengan warna tertentu akan memberikan pantulan dari *LED* kembali ke fototransistor. Modul *optocoupler* tipe refleksi (pantul) yang dibuat ini dilengkapi dengan rangkaian pengkondisi sinyal yang membuat pengaksesan data menjadi lebih mudah. Jarak posisi *external reflector* dari posisi *optocoupler* (jarak pembacaan) adalah 40 mm hingga 60 mm. Disini *optocoupler* akan menghasilkan logika 0 saat cahaya dari *LED* terpantul ke dalam fototransistor.

### 3.2.6.2 *Limit Switch*

Penggunaan *limit switch* disini adalah untuk membantu menghentikan atau memulai pergerakan motor secara otomatis. *Limit switch* biasanya diletakkan di salah satu ujung pada sistem mekanik motor dekat dengan batang ulir atau diletakkan di kedua ujung dari sistem mekanik motor. Saat motor bergerak maju atau mundur maka untuk mematikan motor secara otomatis adalah dengan bantuan *limit switch* yang telah terhubung ke dalam sistem mikrokontroler. *Limit switch* pada penelitian ini digunakan untuk membantu dalam proses kalibrasi jumlah putaran motor. Rangkaiannya digambarkan seperti pada gambar berikut ini.



**Gambar 3.18** Contoh Rangkaian *Limit Switch*

### 3.3 Perancangan Program

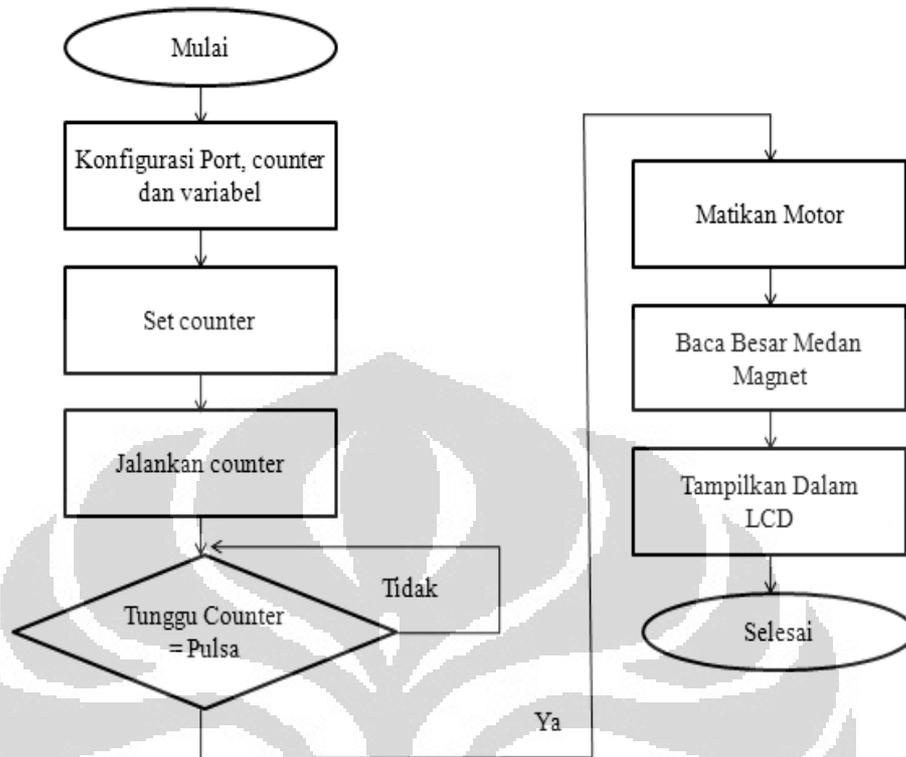
#### 3.3.1 Perancangan Program Umum

Program yang dirancang disini bertujuan untuk mendapatkan besar medan magnet  $B$  terhadap posisi sensor. Program utama disini adalah program pembacaan hasil medan magnet dari sensor yang menggunakan *ADC* serta program untuk menggerakkan *motor DC* untuk menggeser posisi sensor dari sumber pengukuran. Kedua program tersebut digabungkan sehingga akan didapat suatu pemograman otomatis untuk membaca besar medan magnetik pada variasi letak posisi sensor efek hall.

Isi program tersebut diantaranya adalah :

1. Konfigurasi Port yang digunakan untuk *ADC* serta *driver motor* yang digunakan
2. Konfigurasi *pin LCD*
3. Konfigurasi komunikasi *SPI*
4. Konfigurasi variabel yang digunakan
5. Konversi *ADC 12 bit*
6. Mendapatkan perubahan posisi sensor dari *counter*
7. Perhitungan besar medan magnet
8. Tampilkan hasil perhitungan besar medan magnet untuk tiap posisi pada *LCD*

Secara umum *flow chart* programnya adalah sebagai berikut



**Gambar 3.19** *Flowchart* Program Pengukuran Besar Medan Magnet

Untuk pulsa diatas adalah menunjukkan banyaknya jumlah putaran yang diinginkan. Dari perhitungan dalam kalibrasi motor maka dengan diberikan banyaknya jumlah pulsa yang terjadi nantinya akan didapat berapa jauh posisi sensor telah bergerak dari posisi awalnya. Contohnya jika kita menentukan besar posisi jarak yang diinginkan maka kita harus memberikan sejumlah pulsa dengan nilai tertentu.

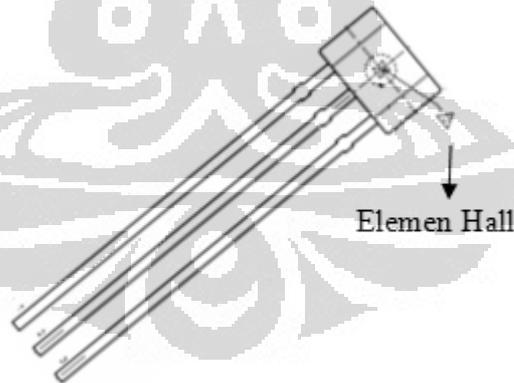
## BAB 4

### PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab 4 ini akan dicoba dibahas mengenai beberapa pengujian dan analisa pada sistem pengukuran yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana kemampuan dari sistem serta juga melihat apakah telah berfungsi seperti yang diharapkan atau tidak. Pengujian dilakukan satu-persatu dari pengujian awal pada sensor hingga ke pengujian sistem-sistem lainnya yang mendukung proses pengukuran. Jika nantinya didapat dan diketahui ada sesuatu yang tidak sesuai maka akan dilakukan suatu analisa dan kemudian akan dicoba diperbaiki dari hasil analisa tersebut.

#### 4.1 Uji Sensor Efek Hall

Pengujian sensor Efek Hall disini dilakukan untuk melihat bagaimana respon sensor terhadap magnet. Tujuannya disini ingin melihat serta mengetahui bagaimana perubahan nilai keluaran sensor bila didekatkan ke magnet. Magnet yang diuji disini adalah magnet yang dihasilkan oleh lilitan kawat yang diberikan arus. Pengujiannya adalah dengan mengubah besar arus pada lilitan kawat dan dilihat perubahan keluaran tegangan sensor saat mengalami perubahan arus.



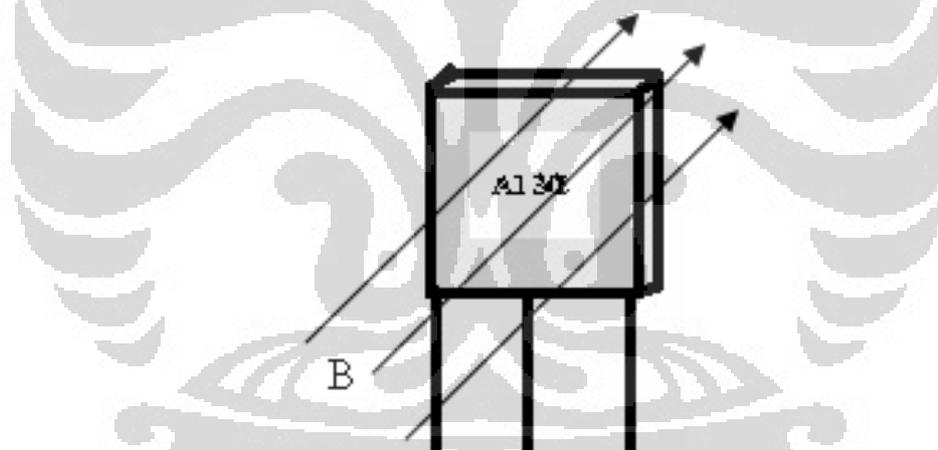
**Gambar 4.1** Letak Elemen Hall pada Sensor

Bagian sensor yang digunakan adalah bagian depan sensor, ini dikarenakan letak elemen hall berada pada bagian depan sensor seperti pada Gambar 4.1. Sensor disini mempunyai keluaran tegangan *null* dimana sensor tidak berada dalam kondisi diberikan medan magnet ( $B = 0$ ). Tegangan *null*nya saat diuji adalah sebesar 2.46 V.

**Tabel 4.1** Keluaran Sensor dengan Variasi Arus

Arus (A)	Tegangan Output (V)		
	1	2	3
0,2	2,444	2,444	2,444
0,4	2,434	2,435	2,434
0,6	2,427	2,427	2,417
0,8	2,416	2,416	2,416
1,0	2,407	2,408	2,408
1,2	2,397	2,397	2,397
1,4	2,389	2,389	2,389
1,6	2,381	2,381	2,381
1,8	2,371	2,372	2,372
2	2,364	2,364	2,364

Pada Tabel 4.1 terlihat saat diberikan variasi arus timbul perubahan keluaran tegangan pada sensor. Ini berarti sensor dapat merespon adanya perubahan magnet yang timbul oleh lilitan kawat berarus.

**Gambar 4.2** Arah Medan Magnet Menuju Sensor

#### 4.2 Uji Linearitas ADC 12 Bit Tipe MCP3204 dengan Mikrokontroler AT89S8253

ADC MCP3204 ini mempunyai jangkauan masukan tegangan sebesar 2.7 V - 5.5 V. Namun disini masukan tegangan yang digunakan untuk ADC adalah sebesar 5 V yang besar tegangan adalah catu daya dari mikrokontroler AT89S8253 agar bekerja. Tegangan referensi yang digunakan juga sama dengan catu daya pada mikrokontroler. Pengujian dari ADC eksternal ini dilakukan

dengan memberikan variasi masukan tegangan pada salah satu input yaitu *channel* 0 yang kemudian hasil konversinya akan dilihat pada *LCD*.

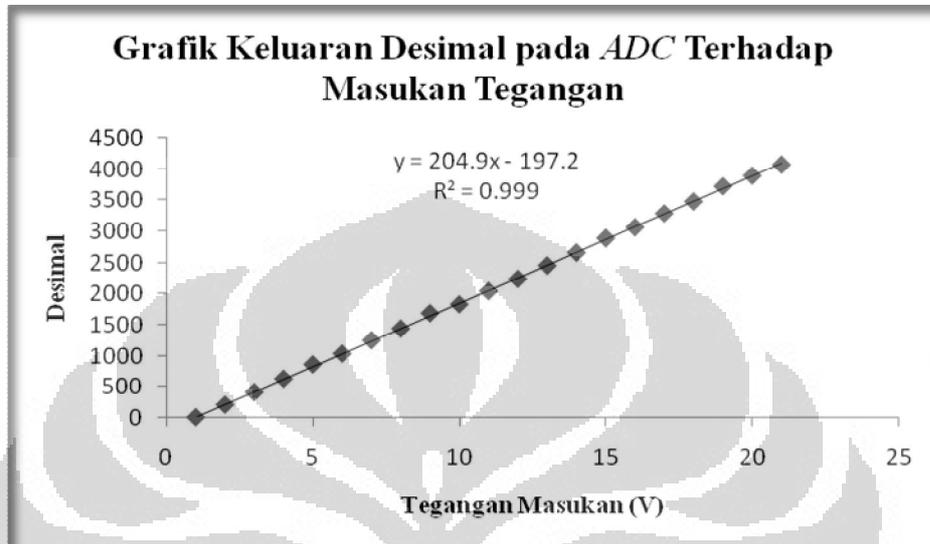
**Tabel 4.2** Perbandingan tegangan masukan dengan hasil keluaran pada *ADC*

Input Tegangan (V)	Data Desimal	Output	
		Tegangan voltmeter (V)	Tampilan pada LCD (V)
0	0	0	0
0,25	202	0,23	0,246
0,50	405	0,47	0,493
0,75	625	0,75	0,762
1,0	857	1,04	1,045
1,25	1031	1,24	1,258
1,50	1249	1,53	1,524
1,75	1438	1,74	1,755
2,0	1688	2,05	2,060
2,25	1831	2,25	2,234
2,5	2047	2,5	2,498
2,75	2243	2,73	2,737
3,0	2458	2,98	2,999
3,25	2665	3,25	3,252
3,5	2894	3,49	3,532
3,75	3068	3,68	3,744
4,0	3292	3,92	4,017
4,2	3486	4,14	4,254
4,5	3733	4,42	4,555
4,6	3904	4,63	4,764
4,8	4082	4,83	4,98

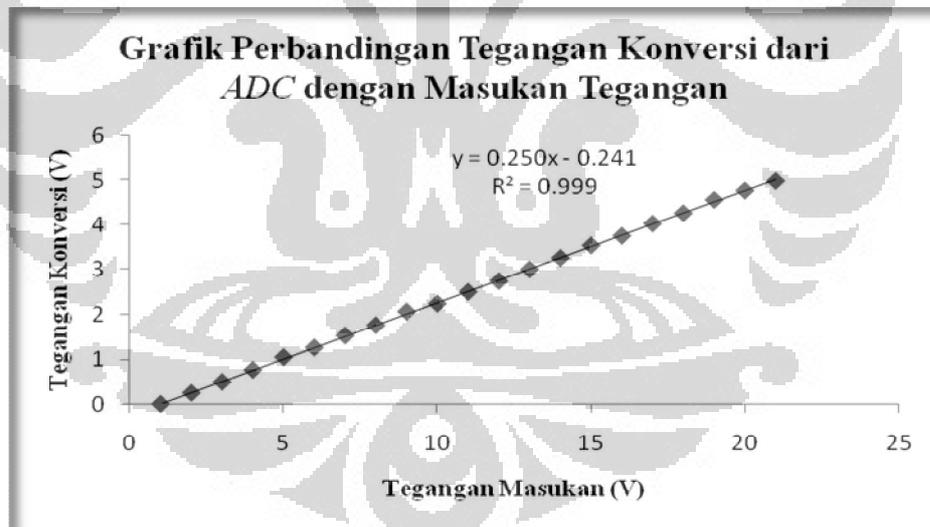
*ADC* eksternal ini mempunyai resolusi 12 *bit*. Penggunaan 12 *bit* dikarenakan penyesuaian terhadap perubahan keluaran tegangan pada sensor. Dari *datasheet* yang terdapat pada sensor diketahui bahwa perubahan keluaran tegangan akan berubah saat ada perubahan 1 *gauss* yang diberikan. Perubahannya adalah sebesar 1,3 mV. Bila disesuaikan dengan resolusi dari *ADC* yaitu 12 bit (12 bit = 4096) berarti *ADC* ini cukup untuk menerima perubahan dari sensor. Bila dihitung sensitivitas yang diberikan *ADC* adalah  $5/4096 = 1,2$  mV dan itu mendekati dengan sensitivitas sensor sehingga perubahan 1 *gauss* pun masih bisa terbaca oleh *ADC*. Hasil pembacaan pada *LCD* merupakan tegangan hasil konversi dari *ADC* 12 bit ini serta keluaran desimal dari tegangan masukan yang

diberikan. Perhitungan dari desimal dan diubah ke dalam bentuk tegangan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Konversi} = \frac{\text{Keluaran Desimal}}{4096} \times 5V \quad (4.1)$$



(a)

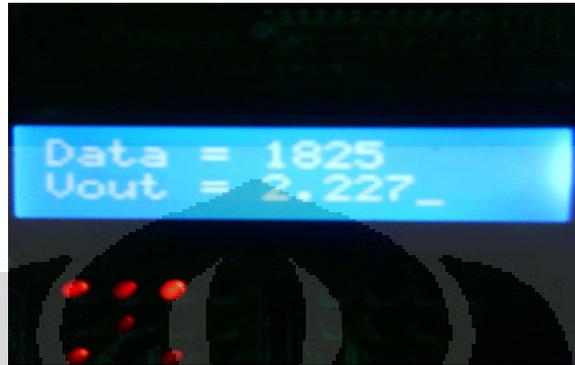


(b)

**Gambar 4.3** (a) Respon dari Keluaran Desimal Terhadap Masukan Tegangan  
(b) Respon dari Tegangan Konversi Terhadap Masukan Tegangan ADC

Dari hasil pengujian ADC terlihat pada grafik perbandingan hasil konversi tegangan dengan tegangan masukan. Dari gambar terlihat hubungan yang dihasilkan cukup linear. Namun tetap saja terdapat perbedaan hasil tegangan masukan dengan hasil tegangan konversi. Faktor yang menyebabkan bisa bermacam-macam diantaranya ketidakstabilan tegangan keluaran hasil

konversinya. Ini disebabkan sensitivitas dari *ADC* yang sangat kecil sekali yaitu 1,2 mV, sehingga perubahan yang kecil pun pada tegangan masukan bisa mempengaruhi hasil konversi tegangannya dan otomatis membuat data pembacaan menjadi tidak stabil.



**Gambar 4.4** Hasil Pembacaan Data Konversi Tegangan pada *LCD*

### 4.3 Kalibrasi Sensor Efek Hall dengan Teslameter

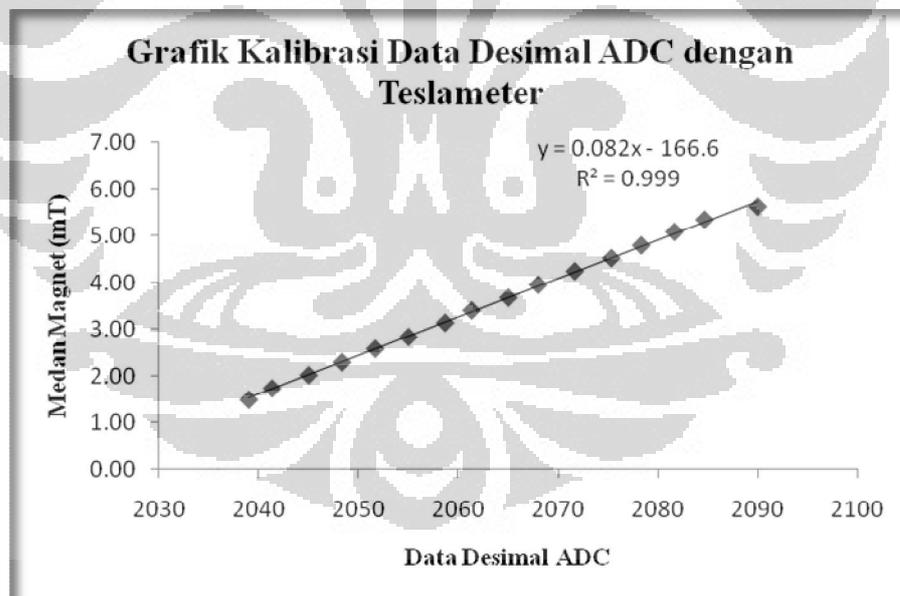
Kalibrasi merupakan salah satu pengujian sensor dimana sensor yang ingin digunakan sebagai alat ukur harus dibandingkan dengan alat ukur yang sudah ada. Pada proses kalibrasi ini sensor Efek Hall disini dikalibrasi dengan teslameter. Data hasil kalibrasi yang diambil adalah perubahan keluaran desimal *ADC* dari keluaran sensor Efek Hall dengan data medan magnet hasil pembacaan pada teslameter. Variasi perubahannya diberikan dengan mengubah besar arus yang mengalir pada lilitan kawat. Variasi arus yang diberikan adalah dari 0,5 hingga 2 A dengan kenaikan sebesar 0,1 A.



**Gambar 4.5** Hasil Pembacaan Medan Magnet pada Teslameter

**Tabel 4.3** Data Pengamatan Hasil Kalibrasi Sensor dengan Teslameter

Data Desimal ADC	Medan Magnet (mT)
2090	5,63
2085	5,36
2082	5,09
2078	4,81
2075	4,53
2072	4,25
2068	3,96
2065	3,69
2061	3,42
2059	3,15
2055	2,85
2052	2,59
2048	2,31
2045	2,03
2041	1,75
2039	1,50

**Gambar 4.6** Grafik Hubungan Antara Data Desimal ADC Sensor dengan Medan Magnet Pada Teslameter



**Gambar 4.7** Kalibrasi Sensor Efek Hall dengan Teslameter

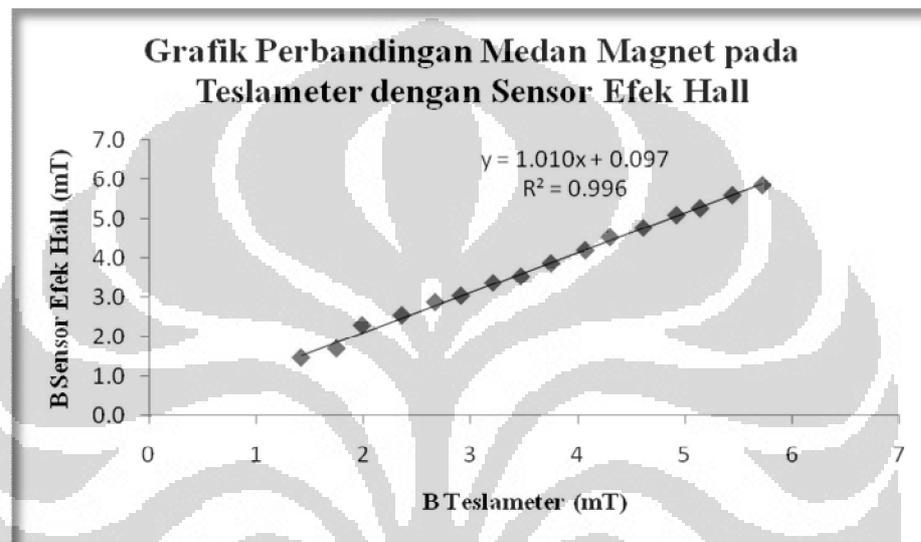
Pada grafik telah dibuat hasil kalibrasi antara keluaran tegangan pada sensor Efek Hall dengan teslameter. Pengujiannya dilakukan dengan mengambil data pada satu titik pengukuran yaitu berada pada titik pusat dari kawat melingkar yang dialiri arus. Pengujian di titik ini dikarenakan medan magnet pada posisi tersebut berada pada nilai yang terbesar. Setelah di plot dalam bentuk grafik maka akan didapat suatu persamaan dimana persamaan tersebut akan digunakan dalam pemrograman untuk mendapatkan nilai pembacaan medan magnet dari sensor Efek Hall. Persamaan fungsi transfer dari pengujian sensor tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai medan magnet kembali dan terbaca pada *LCD*.

Setelah dimasukkan persamaan dalam pemrograman maka diambil lagi data keluaran sensor dimana pembacaannya sudah berupa besar medan magnet. Berikut ini data perbandingan antara hasil teslameter dengan sensor Efek Hall yang terbaca pada *LCD*.

**Tabel 4.4** Data Pengamatan Perbandingan Medan Magnet Pada Sensor dengan Teslameter

<b>B Teslameter (mT)</b>	<b>B Sensor Efek Hall (mT)</b>
5,72	5,8
5,44	5,6
5,14	5,3
4,92	5,1
4,61	4,8
4.30	4,5
4,07	4,2
3,75	3,9

3,47	3,5
3,21	3,4
2,91	3,0
2,67	2,9
2,36	2,5
1,99	2,3
1,75	1,7
1,42	1,5



**Gambar 4.8** Perbandingan Medan Magnet pada Sensor dengan Medan Magnet Pada Teslameter

Berdasarkan hasil perbandingan besar medan magnet yang terukur pada sensor dan teslameter terlihat tidak terlalu linier. Banyak faktor yang mempengaruhi ketidaklinearan dari kedua hasil pengukuran. Salah satu diantaranya adalah penempatan posisi pengukuran saat kalibrasi dan setelah mengukur hasil pengolahan data kalibrasi. Perbedaan posisi titik pengukuran sangat mempengaruhi besar medan magnet yang terukur. Apalagi telah diketahui bahwa karakteristik sensor Efek Hall ini mempunyai sensitivitas yang sangat kecil yaitu perubahan 1 *gauss* menyebabkan perubahan sebesar 1,3 mV, sehingga perubahan magnet yang sangat kecilpun mempengaruhi pembacaan pada *LCD*.

#### 4.4 Uji Putaran Motor

Pengujian motor disini dilakukan untuk mengetahui berapa putaran yang diperlukan untuk memindahkan posisi sensor. Untuk mengetahui jumlah putaran motor disini maka digunakan bantuan dari mikrokontroler dari salah satu fasilitas

dari mikrokontrolernya yaitu fungsi *timer* yang digunakan sebagai *counter*. Data *counter* nantinya adalah banyaknya pulsa yang diberikan saat motor menggerakkan sensornya. Dari data *counter* tersebut bisa didapat berapa banyak putaran motor yang terjadi dan juga bisa dihitung berapa besar pindahannya posisi sensor dari posisi semula. Data *counter* disini ditampilkan dalam *LCD*.

Pada inisialisasi awal dalam program putaran motor ini digunakan beberapa pengaturan seperti ditulis dibawah ini.

*Config Timer1 = Counter , Gate = External , Mode = 1*

Dimana disini maksudnya adalah

- *'Timer0 = counter : timer0 operates as a counter*
- *'Gate = External : no internal gate control*
- *'Mode = 1 : 16-bit counter*

Untuk *gate* disini digunakan eksternal karena *clock* yang diambil sebagai pulsa untuk menambah jumlah *counter* berasal dari luar mikrokontroler yaitu berasal dari penggunaan *optocoupler*. Jadi disini pada ujung motor ditandai dengan warna yang bisa diterima oleh *optocoupler*. Saat motor diputar maka *optocoupler* yang sudah diberikan sumber tegangan akan bekerja membaca setiap warna yang diterima dari motor. Jadi disini prinsip kerja *optocouplernya* adalah menembakkan sinar ke suatu permukaan ujung motor yang telah ditandai. Kemudian warna yang sudah diatur pada motor akan memantulkan cahaya yang ditembakkan *optocoupler* dan akan diterima kembali oleh *optocoupler* sebagai suatu pulsa. Warna yang digunakan disini pastinya warna yang bisa memantulkan atau dengan kata lain tidak menyerap sinar yang datang. Untuk *mode* disini digunakan *mode 1* yaitu proses counternya sebesar 16 bit. Jadi counter akan berputar terus hingga nilai maksimumnya yaitu  $2^{16} = 65536$  dan akan kembali ke awal jika sudah mencapai nilai tersebut. Pengujian disini juga menggunakan *limit switch*, dimana *limit switch* digunakan secara manual untuk memulai motornya bergerak.

Telah diketahui sebelumnya bahwa satu putaran menghasilkan perpindahan posisi sensor sebesar 1,4 mm. Acuan ini bisa digunakan untuk

mengetahui berapa putaran yang dibutuhkan jika diinginkan perpindahan posisi yang beragam. Dari pengujian ini diharapkan didapat berapa pulsa yang harus diberikan untuk menjalankan satu putaran motor. Berikut ini telah didapat data pengujian sistem *motor DC*.

**Tabel 4.5** Data Pengamatan Jarak Perpindahan dari Sensor terhadap Jumlah Pulsa yang didapat

Jarak Perpindahan (cm)	Pulsa
0,3	141
0,6	259
1,8	853
2,9	1342
3,9	1800
4,6	2093
5,8	2654
6,6	3036
7,5	3446
8,6	3929
9,7	4401
10,8	4822
11,6	5298
12,2	5673
13,8	6159
14,7	6719
15,8	7200
16,7	7703
17,9	8104
21,8	10057
22,7	10635
24,1	11210

Dari acuan 1 putaran = 1,4 mm maka bisa dihitung berapa pulsa yang diberikan agar motor bergerak 1 putaran. Jika diambil satu nilai pada tabel diatas akan didapat sebagai berikut

$$\frac{141}{z} = \frac{0,3}{0,14}$$

$$z = \frac{141 \times 0,14}{0,3} = 65,8 \text{ pulsa}$$

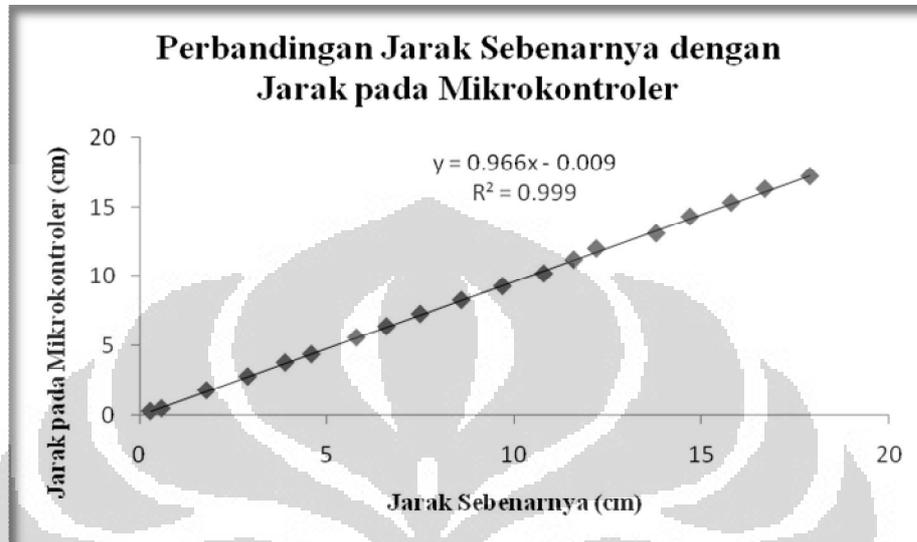
Dari perhitungan di atas diketahui bahwa besar satu putaran itu bernilai setara dengan  $\pm 66$  pulsa. Pemberian tanda  $\pm$  itu maksudnya adalah terdapat kelebihan pulsa atau kekurangan pulsa yang nilainya tidak terlalu jauh. Faktor yang menyebabkan kelebihan pulsa adalah kondisi motor yang masih berjalan saat diberhentikan sehingga masih ada penambahan pulsa. Sedangkan faktor yang bisa menyebabkan kekurangan pulsa adalah pengaruh adanya gaya gesek pada batang ulir terhadap dudukan sensor. Berikut ini perbandingan antara hasil jarak sebenarnya dengan jarak pada pembacaan mikrokontroler.

**Tabel 4.6** Jarak Perpindahan Sebenarnya dari Sensor terhadap Jarak Hasil Perhitungan pada Mikrokontroler

Jumlah Putaran	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak pada Mikrokontroler (cm)
2,14	0,3	0,3
4,29	0,6	0,5
12,86	1,8	1,8
20,71	2,9	2,8
27,86	3,9	3,8
32,86	4,6	4,4
41,43	5,8	5,6
47,14	6,6	6,4
53,57	7,5	7,3
61,43	8,6	8,3
69,29	9,7	9,3
77,14	10,8	10,2
82,86	11,6	11,2
87,14	12,2	12,0
98,57	13,8	13,1
105,00	14,7	14,3
112,86	15,8	15,3
119,29	16,7	16,3
127,86	17,9	17,2

Data kalibrasi motor tersebut akan digunakan untuk pengambilan data medan magnet untuk tiap posisi sensor. Data yang diambil adalah berapa pulsa yang dibutuhkan untuk satu putaran. Namun saat pengambilan data ini penulis membuat hardware lagi untuk membantu dalam proses pergeseran sensor. Penulis menggunakan *counter* eksternal agar lebih mudah dalam membuat

pemogramannya. Setelah dicoba dibandingkan dengan *counter* pada *software* hampir tidak jauh berbeda. Pemilihan *counter* pada motor dengan *hardware* adalah agar memudahkan penulis untuk menggabungkan kedua program utama dalam sistem yaitu pembacaan sensor dan pergeseran posisi sensor.



**Gambar 4.9** Perbandingan Jarak Sebenarnya dengan Jarak Pada Mikrokontroler

#### 4.5 Pengukuran Besar Medan Magnet Terhadap Posisi Sensor

Sebelum pengujian ke dalam sistem pengukuran, terlebih dahulu dilihat bagaimana hasil perhitungan teori dari sistem ini. Dengan menggunakan persamaan berikut ini akan coba dilihat bagaimana plot grafik dari hasil teori nya. Persamaan untuk pengukuran medan magnet yang dihasilkan oleh lilitan kawat diberi besar arus dapat menggunakan persamaan berikut ini.

Untuk perhitungan di titik tengah dari lilitan kawat bisa menggunakan persamaan :

$$B_p = \frac{N\mu_0 i}{2a} \quad (4.1)$$

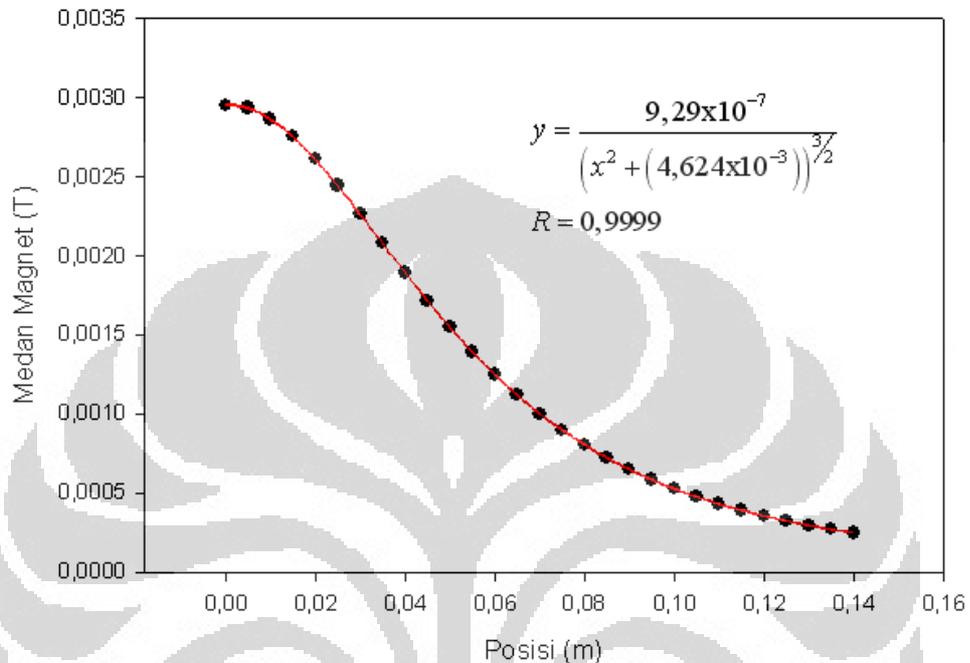
Kemudian saat digeser dari titik tengah dari lilitan kawat berarus dapat menggunakan persamaan :

$$B_p = \frac{\mu_0 i}{2} \frac{a^2}{(x^2 + a^2)^{3/2}} \quad (4.2)$$

Bila kawat lingkaran tersebut berupa kumparan dengan  $N$  buah lilitan, maka induksi magnetnya adalah

$$B_p = \frac{\mu_0 i N}{2} \frac{a^2}{(x^2 + a^2)^{3/2}} \quad (4.3)$$

Perbandingan Medan Magnet Terhadap Posisi Hasil Perhitungan (1 A)



(a)

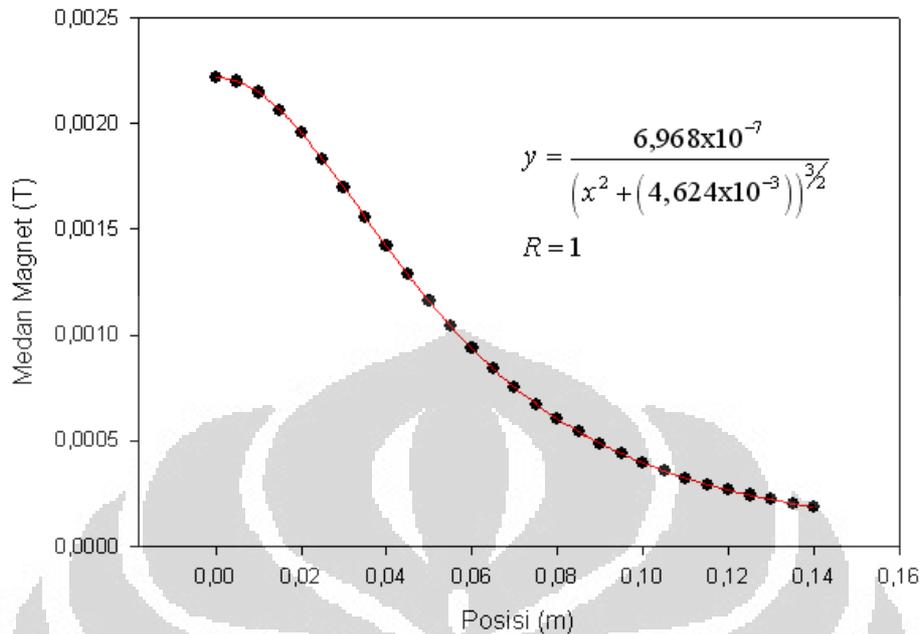
Rsqr = 0,999999      Sum of squares = 2,227397e-11

Parameter	Value	StdErr	CV(%)	Dependencies
a	1,256e-6	4,423e+1	3,522e+9	1,0000000
b	1,000e+0	6,978e-11	6,978e-9	1,0000000
c	3,200e+2	6,814e-16	2,130e-16	1,0000000
d	6,802e-2	8,717e-9	1,281e-5	1,0000000

(b)

**Gambar 4.10** Perbandingan Besar Medan Magnet Terhadap Posisi dari Sensor (Arus 1 A) dengan Perhitungan, (a) Hasil Plot Grafik dan (b) Hasil Parameter yang Didapat dengan Software

### Perbandingan Medan Magnet Terhadap Posisi Hasil Perhitungan (0,75 A)



(a)

Rsqr = 1      Sum of squares = 3,959673e-15

Parameter	Value	StdErr	CV(%)	Dependencies
a	1,141e-6	1,962e-4	1,720e+4	1,0000000
b	9,086e-1	2,174e+2	2,393e+4	1,0000000
c	2,907e+2	3,935e+4	1,353e+4	1,0000000
d	6,800e-2	2,496e-7	3,671e-4	0,5112634

(b)

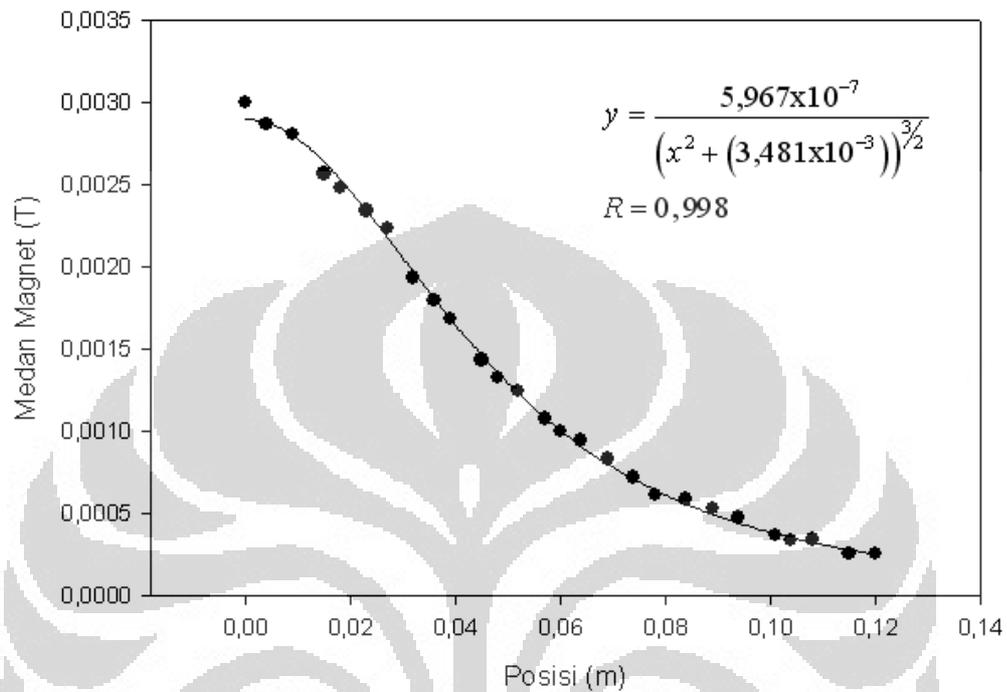
**Gambar 4.11** Perbandingan Besar Medan Magnet Terhadap Posisi dari Sensor (Arus 0,75 A) dengan Perhitungan, (a) Hasil Plot Grafik dan (b) Hasil Parameter yang Didapat dengan Software

Dari kedua gambar diatas bisa terlihat bagaimana hasil plot grafik dengan cara perhitungan. Dengan dibantu oleh software Sigma Plot maka akan didapat parameter-parameter yang bisa digunakan untuk menentukan bentuk persamaan dari plot grafiknya. Parameter tersebut adalah nilai-nilai dari persamaan 4.3 dimana  $a = \mu_0$ ,  $b = I$ ,  $c = N$  dan  $d = a$ . Setelah di dapat nilai parameter maka akan dihitung sebagai suatu persamaan yang menggambarkan hasil penggambaran dari plot grafik.

Setelah didapat hasil plot grafik berdasarkan perhitungan teori maka berikut ini akan dicoba ditampilkan hasil pengukuran medan magnet saat posisi

sensor menjauhi posisi sumber medan magnet pada kawat berarus. Untuk Gambar 4.12 adalah pengambilan besar medan magnet saat diberikan arus sebesar 1 A.

### Perbandingan Medan Magnet Terhadap Posisi (1 A)



(a)

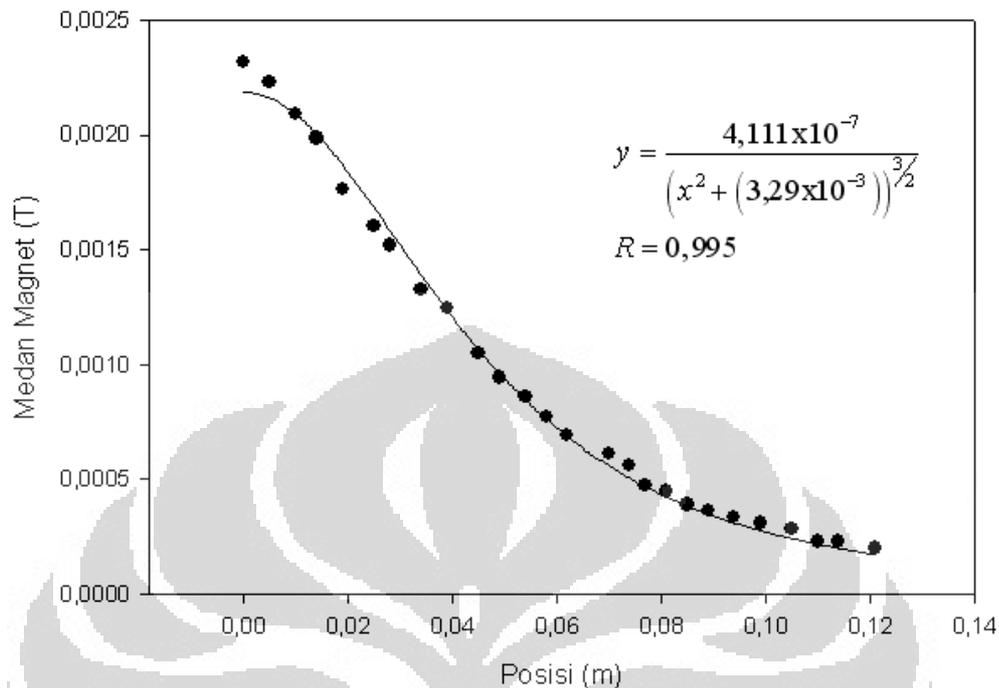
Rsqr = 0,998382      Sum of squares = 3,455366e-8

Parameter	Value	StdErr	CV(%)	Dependencies
a	1,191e-6	1,897e+3	1,592e+11	1,0000000
b	9,485e-1	2,992e-9	3,155e-7	1,0000000
c	3,035e+2	2,922e-14	9,627e-15	1,0000000
d	5,919e-2	4,309e-7	7,280e-4	1,0000000

(b)

**Gambar 4.12** Perbandingan Besar Medan Magnet Terhadap Posisi dari Sensor (Arus 1 A), (a) Hasil Plot Grafik dan (b) Hasil Parameter

### Perbandingan Medan Magnet Terhadap Posisi (0,75 A)



(a)

Rsqr = 0,994725      Sum of squares = 6,273564e-8

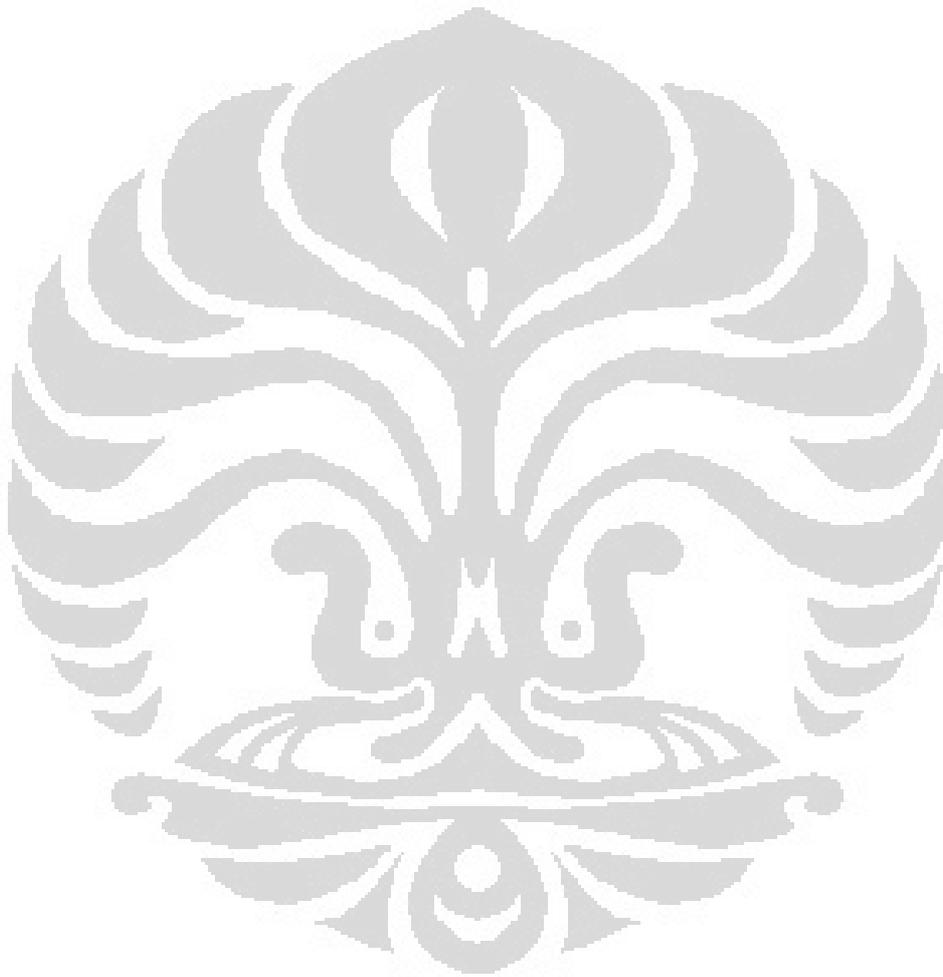
Parameter	Value	StdErr	CV(%)	Dependencies
a	1,074e-6	1,648e+3	1,536e+11	1,0000000
b	8,548e-1	2,601e-9	3,042e-7	1,0000000
c	2,735e+2	2,540e-14	9,285e-15	1,0000000
d	5,739e-2	3,390e-7	5,908e-4	1,0000000

(b)

**Gambar 4.13** Perbandingan Besar Medan Magnet Terhadap Posisi dari Sensor (Arus 0,75 A), (a) Hasil Plot Grafik dan (b) Hasil Parameter

Dari kedua grafik diatas didapat kemiripan satu sama lain dengan hasil perhitungan teorinya. Dimana saat posisi sensor Efek Hall menjauhi dari sumber magnet maka besar medan magnet akan mengalami penurunan. Penurunan ini diakibatkan karena jumlah garis gaya magnet yang diterima oleh elemen hall makin lama semakin berkurang dikarenakan posisi sensor yang bergerak. Jumlah garis gaya tersebut semakin berkurang dikarenakan ada beberapa garis gaya yang keluar dari sumber medan magnet mengalami pembelokan arah menjauhi elemen dari hall. Sehingga makin jauh posisi elemen hall jumlah garis gaya yang diterima semakin sedikit yang mengakibatkan besar medan magnet semakin mengecil.

Pada grafik yang didapat terlihat bahwa semakin jauh dari posisi sumber medan magnet maka akan semakin kecil nilai medan magnet hingga mendekati nol dan akan terus stabil seiring dengan pergeseran sensor yang menjauh dari sumber medan magnet.



## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Sensor efek hall tipe A1302 bisa digunakan sebagai sensor medan magnet untuk pengukuran skala besar medan magnet yang kecil.
2. ADC 12 bit sangat sensitif terhadap perubahan tegangan dengan skala kecil.
3. Pengaruh letak posisi pengukuran dari sensor mempengaruhi besar medan magnet yang terbaca pada alat ukur.
4. Faktor pengkalibrasian mempengaruhi hasil pengukuran.

#### **5.2 Saran**

1. Studi lebih lanjut mengenai pemasangan posisi sensor yang baik agar terjadi kestabilan dalam pengukuran.
2. Dilengkapi dengan media penyimpanan data hasil pengukuran agar alat ini mampu membaca hasil secara tepat dan cepat tanpa mencatat secara manual.

## DAFTAR REFERENSI

- [1] Giancoli, D. C. (1998). *Physics*. New Jersey: Prentice Hall.
- [2] Endarko, & Yudoyono, G. (2007). *Draf Modul Fisika*. Jakarta: Depdiknas Biro Perencanaan dan Kerjasama Luar Negeri.
- [3] Honeywell Hall Effect Sensing and Application,  
<http://content.honeywell.com/sensing/prodinfo/solidstate/technical/hallbook.pdf>
- [4] Wijaya, Sastra Kusuma, 2007, Materi Kuliah Elektronika III – ADC dan DAC. Departemen Fisika FMIPA UI, Depok.
- [5] Barret, S. F., & Pack, D. J. (2008). *Atmel AVR Microcontroller Primer: Programming and Interfacing*. Laramie and Colorado: Morgan & Claypool Publisher
- [6] Sari, K. S. ADC dan DAC. In *Perancangan Sistem Elektronika*. Pusat Pengembangan Bahan Ajar UMB.
- [7] Pengantar mikrokontroler MCS51  
<http://soel.umpo.ac.id/materi/Pengantar%20Mikrokontroler%20MCS51.pdf>
- [8] Serway, R. A. (2004). *Physics for Scientists and Engineers*. Pomona: Thompson Brooks/Cole.
- [9] Atmel. (2007). 8-bit Microcontroller with 12 Kbyte Flash AT89S8253. Atmel Corporation  
[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc3286.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc3286.pdf)
- [10] Suryono, A. R., & Suseno, J. E. (2009). Karakterisasi Sensor Magnetik Efek Hall UGN3503 Terhadap Sumber Medan dan Implementasinya pada Pengukuran Massa. *Berkala Fisika* .
- [11] Muttaqin, R. (2005). *Rancang Bangun Teslameter Digital dan Sistem Aplikasinya dalam Pengukuran Medan Magnet Berbasis Data Digital Komputatif*. Semarang.
- [12] Djamal, M. (2007). Sensor Magnetik Fluxgate dan Aplikasinya untuk Mengukur Kuat Arus. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia* , 51-67.

Lampiran 1: Hasil Perhitungan Besar Medan Magnet  
Terhadap Posisi dengan Besar Arus 1 A

<b>Posisi (m)</b>	<b>Medan Magnet (T)</b>
0	0,00295
0,005	0,002931
0,01	0,002862
0,015	0,002752
0,02	0,002609
0,025	0,002444
0,03	0,002263
0,035	0,002077
0,04	0,001892
0,045	0,001714
0,05	0,001545
0,055	0,001389
0,06	0,001246
0,065	0,001116
0,07	0,001
0,075	0,000896
0,08	0,000803
0,085	0,00072
0,09	0,000647
0,095	0,000583
0,1	0,000525
0,105	0,000475
0,11	0,00043
0,115	0,00039
0,12	0,000354
0,125	0,000322
0,13	0,000294
0,135	0,000269
0,14	0,000246

Lampiran 2: Hasil Perhitungan Besar Medan Magnet  
Terhadap Posisi dengan Besar Arus 0,75 A

<b>Posisi (m)</b>	<b>Medan Magnet (T)</b>
0	0,002216
0,005	0,002198
0,01	0,002146
0,015	0,002064
0,02	0,001957
0,025	0,001832
0,03	0,001697
0,035	0,001557
0,04	0,001419
0,045	0,001285
0,05	0,001159
0,055	0,001041
0,06	0,000934
0,065	0,000837
0,07	0,000749
0,075	0,000671
0,08	0,000602
0,085	0,000540
0,09	0,000485
0,095	0,000437
0,1	0,000394
0,105	0,000356
0,11	0,000322
0,115	0,000292
0,12	0,000265
0,125	0,000241
0,13	0,000220
0,135	0,000201
0,14	0,00018

Lampiran 3: Hasil Pengukuran Besar Medan Magnet  
Terhadap Posisi dengan Besar Arus 1 A

Posisi (mm)	Medan Magnet (mT)		
	1	2	3
0	3,0	3,0	3,0
4	3,0	2,9	2,8
9	2,9	2,8	2,8
15	2,5	2,6	2,5
18	2,5	2,5	2,5
23	2,4	2,3	2,4
27	2,3	2,1	2,3
32	1,9	2,0	2,0
36	1,8	1,9	1,7
39	1,6	1,7	1,7
45	1,5	1,4	1,5
48	1,3	1,3	1,4
52	1,2	1,3	1,2
57	1,1	1,1	1,1
60	1,0	1,1	1,0
64	1,0	1,0	0,9
69	0,8	0,9	0,8
74	0,7	0,7	0,7
78	0,6	0,6	0,6
84	0,6	0,6	0,6
89	0,6	0,5	0,6
94	0,4	0,5	0,6
101	0,3	0,4	0,4
104	0,4	0,2	0,4
108	0,4	0,3	0,3
115	0,2	0,2	0,3
120	0,3	0,2	0,2

Lampiran 4: Hasil Pengukuran Besar Medan Magnet  
Terhadap Posisi dengan Besar Arus 0,75 A

Posisi (mm)	Medan Magnet (mT)		
	1	2	3
0	2,3	2,3	2,4
5	2,3	2,1	2,3
10	2,1	2,0	2,1
14	2,0	2,0	2,0
19	1,9	1,7	1,7
25	1,6	1,6	1,6
28	1,6	1,5	1,6
34	1,4	1,3	1,3
39	1,2	1,2	1,3
45	1,1	1,1	1,1
49	1,0	1,0	0,9
54	0,9	0,8	0,9
58	0,8	0,7	0,8
62	0,7	0,6	0,7
70	0,6	0,6	0,6
74	0,6	0,6	0,6
77	0,6	0,4	0,5
81	0,4	0,6	0,4
85	0,4	0,4	0,4
89	0,4	0,3	0,4
94	0,4	0,2	0,4
99	0,2	0,4	0,3
105	0,2	0,3	0,3
110	0,2	0,2	0,2
114	0,2	0,2	0,2
121	0,2	0,1	0,2