



UNIVERSITAS INDONESIA

Alat Ukur Distribusi Medan Magnet pada Kumparan Helmholtz

SKRIPSI

PAMELA ANISA LIL HAWA

0806365091

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPOK

JUNI 2011



UNIVERSITAS INDONESIA

Alat Ukur Distribusi Medan Magnet pada Kumparan Helmholtz

SKRIPSI

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

PAMELA ANISA LIL HAWA

0806365091

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPOK


JUNI 2011

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Pamela Anisa Lil Hawa

NPM : 0806365091

Tanda Tangan : 

Tanggal : 27 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN


Skripsi ini diajukan oleh

Nama : PAMELA ANISA LIL HAWA
NPM : 0806365091
Program Studi : Ekstensi Fisika Instrumentasi Elektronika
Judul : Alat Ukur Distribusi Medan Magnet pada
Kumparan Helmholtz

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 1 : Dr. techn. Djoko Triyono

()


Pembimbing 2 : Drs. Arief Sudarmaji M.T

()

Penguji 1 : Dr. Sastra Kusuma Wijaya

()

Penguji 2 : Drs. Lingga Hermanto M.Si

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 27 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan Skripsi ini. Penulisan skripsi yang berjudul “Alat Ukur Distribusi Kuat Medan Magnet pada Kumparan Helmholtz” ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Science Jurusan Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. ALLAH SWT serta sujud syukur karena selalu memberi rahmatNya, RizkyNya, AmpunanNya dan jalan kemudahan serta kelancaran perjalanan hidup hamba meski ada kendala, namun Alhamdulillah laporan skripsi ini selesai pada waktunya Amin...
2. Dr. techn. Djoko Triyono dan Drs. Arief Sudarmaji M.T, selaku pembimbing dan pengajar yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing, mengoreksi dan mengarahkan saya dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Dr. Sastrakusuma Wijaya selaku Ketua Program S1 Fisika Ekstensi Instrumentasi Elektronika FMIPA, UI.
4. Seluruh tim pengajar Jurusan Instrumentasi Elektronika yang selama hampir tiga tahun telah memberikan ilmu-ilmunya.
5. Mama dan Ayahku tersayang, yang dengan kesabaran, kasih sayang, perhatian, pengorbanan, dan doanya telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, sehingga membuatku semangat untuk terus berjuang.
6. Kak Ryan, Kak Rama, Adikku Ajie, Daddy Putra Nugraha, dan Syahrul yang telah membuat hidupku sangat berwarna dan senantiasa memberikan doa, dukungan, semangat dan kekuatan secara moril dan materil.
7. Sahabat-sahabat saya kak Franky, Alet, Dian, Lailatul, Irma, Euis, kak Widdy, Andrew, Munte, Mamet, Baron, Mirzan, dan Ode dengan sabar

menghadapi saya saat berdiskusi dan memberikan masukan, saran serta pendapat. Sehingga sangat membantu saya dalam penyelesaian skripsi ini.

8. Teman-teman seperjuangan ekstensi Instrumentasi angkatan 2008, senior ekstensi Instrumentasi angkatan 2007&2006, serta adik-adikku ekstensi Instrumentasi angkatan 2009&2010 terima kasih atas dukungan dan doanya.
9. Seluruh keluarga besar FMIPA UI.
10. Semua pihak yang secara tidak langsung terlibat dalam penyelesaian skripsi dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Tuhan melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya atas kebaikan Bapak / Ibu dan Saudara/i sekalian yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini dan semoga penulisan ilmiah ini dapat memberikan kontribusi positif dan menimbulkan sikap kritis kepada para pembaca untuk terus memperoleh wawasan serta pengembangan ilmu khususnya ilmu fisika.

Menyadari keterbatasan pengalaman dan kemampuan yang dimiliki sehingga terdapat kekurangan dalam skripsi ini, saya mengharapkan adanya saran dan kritik dari berbagai pihak yang sifatnya membangun guna menyempurnakan penyusunan skripsi ini.

Penulis

2011

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

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

Nama : Pamela Anisa Lil Hawa
NPM : 0806365091
Program Studi : Ekstensi Fisika Instrumentasi Elektronika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

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

**ALAT UKUR DISTRIBUSI MEDAN MAGNET pada KUMPARAN
HELMHOLTZ**

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 : 27 Juni 2011

Yang menyatakan,



(Pamela Anisa Lil Hawa)

ABSTRAK

Nama : Pamela Anisa Lil Hawa

Program Studi : Fisika

Judul : Alat Ukur Distribusi Medan Magnet pada Kumparan Helmholtz

Telah dibuat suatu alat ukur distribusi 3-Dimensi medan magnet pada kumparan Helmholtz. Alat ukur ini menggunakan *Hall probe* sebagai sensor medan magnet. Sensor tersebut digerakkan oleh tiga *motor dc* melalui gerakan rotasi 3 buah batang berulir. Untuk memposisikan sensor di koordinat x, y, dan z dipasang *shaft encoder* pada masing-masing batang berulir. Alat ukur ini dikendalikan oleh *microcontroller* ATmega 8535 yang berfungsi juga sebagai pembaca data dari sensor dan *counter*. Hasil yang diperoleh sensor akan diolah dan ditampilkan di *LabVIEW*.

Kata kunci:

hall probe, motor dc, shaft encoder, microcontroller, counter, LabVIEW

ABSTRACT

Name : Pamela Anisa Lil Hawa
Study Program : Physics
Title : Measurement of Magnetic Field Distribution in the
Helmholtz Coil

A system for 3-Dimension distribution of induction magnetic field measurement in Helmholtz coil had been made. *Hall probe* was used as a magnetic sensor. The sensor is driven by three dc motors through rotation 3 pieces of threaded rod. In order to put the sensor in the coordinates x, y, and z, each shaft encoder is mounted on each threaded rod. This system is controlled by using ATmega microcontroller IC 8535 which is used also as a data reader from sensors and counters. The results obtained by the sensors will be processed and displayed in LabVIEW.

Keywords:

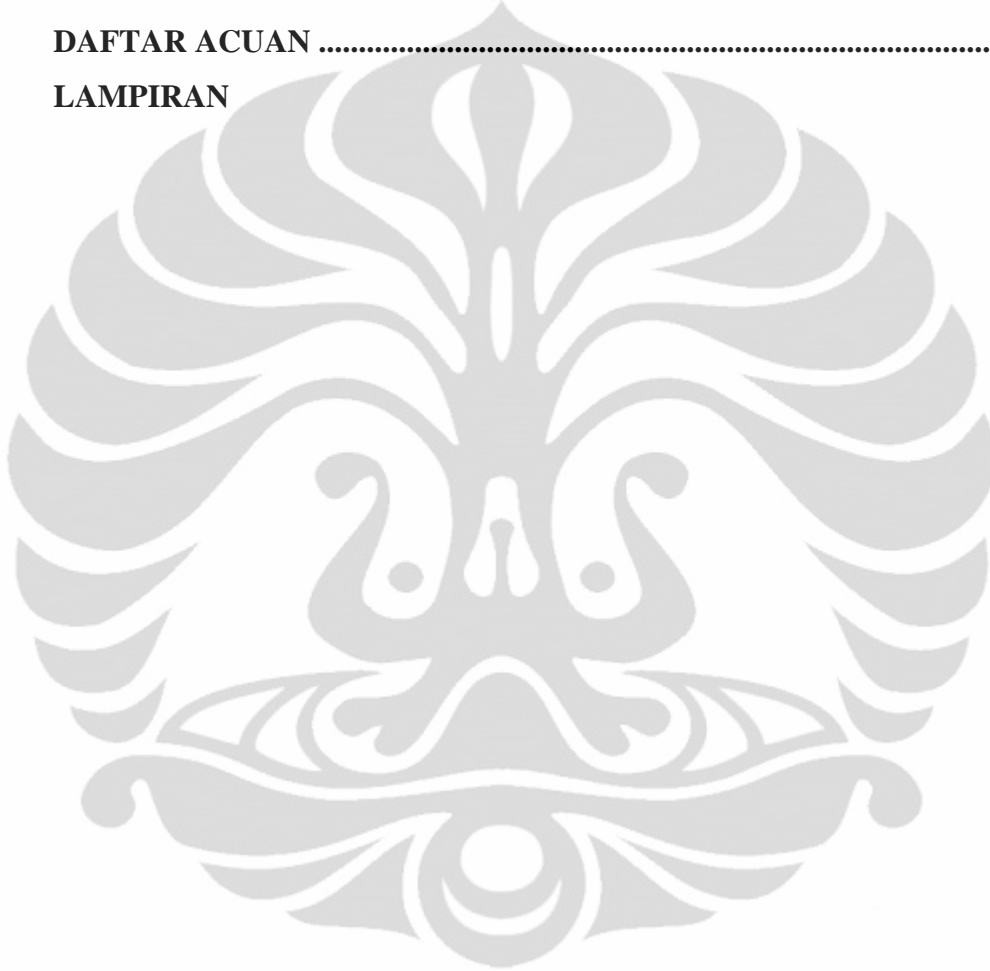
hall probe, motor dc, shaft encoder, microcontroller, counter, LabVIEW

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHANiii
KATA PENGANTARiv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Deskripsi Singkat	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metode Penelitian	3
1.5.1 Study Literatur	3
1.5.2 Perancangan dan Pembuatan Alat	4
1.5.3 Pembuatan Program	4
1.5.4 Uji Sistem	4
1.5.5 Pengambilan Data	4
1.5.6 Penulisan Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TEORI DASAR	6
2.1 Medan Magnet di Sekitar Arus Listrik	6
2.2 Kumparan Helmholtz	7

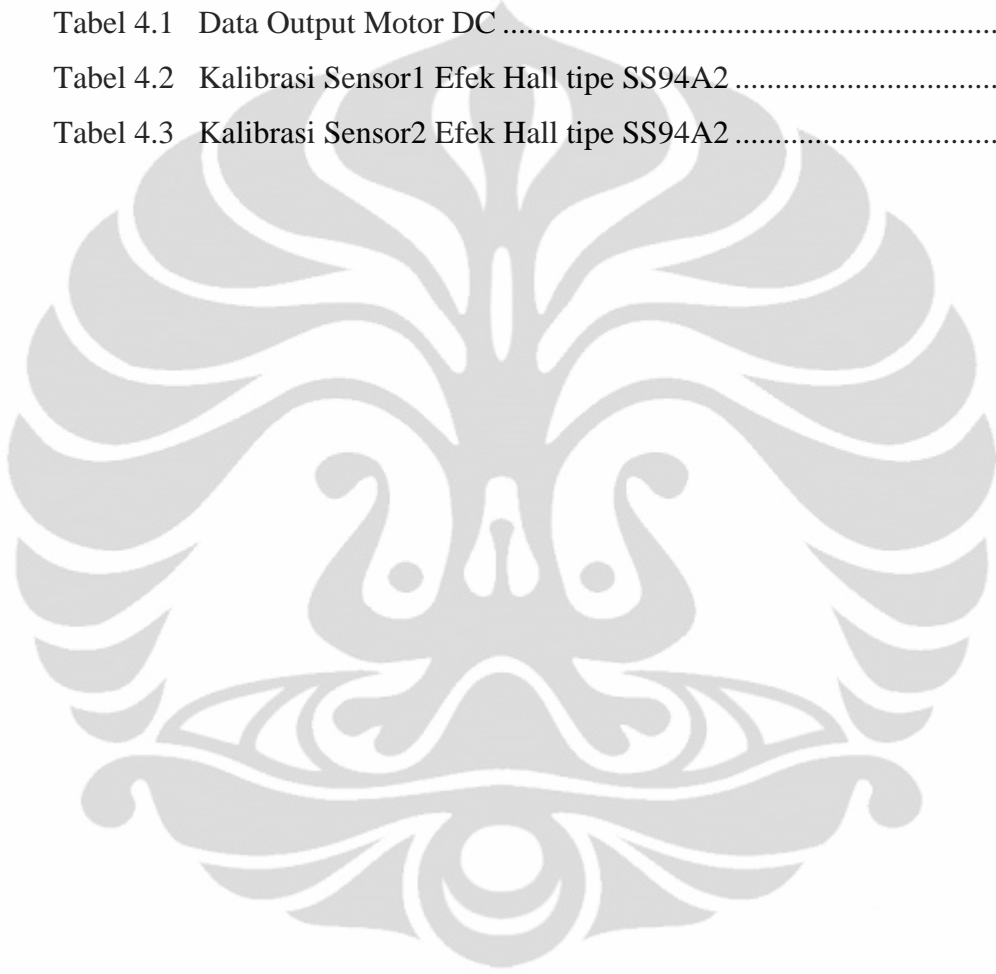
2.3 Sensor Magnetik.....	10
2.3.1 Sensor <i>Effect Hall</i>	10
2.3.1.1 Dasar Sensor Effect Hall.....	13
2.3.1.2 Analog Output Magnet Sensor.....	14
2.3.2 <i>Shaft Encoder</i>	15
2.4 Driver Motor	17
2.4.1 Motor DC.....	17
2.4.2 Prinsip Kerja Motor DC.....	17
2.5 Mikrokontroler AVR Atmega8535.....	20
2.5.1 Arsitektur dan Konfigurasi Pin Atmega8535	20
BAB 3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM	23
3.1 Perancangan Kontruksi Mekanik.....	23
3.1.1 Perancangan Medan Magnet.....	23
3.1.2 Perancangan Batang Ulir XYZ	24
3.1.3 Sistem Pencacah (Counter).....	26
3.2 Rangkaian Counter.....	29
3.3 Rangkaian Pengkondisi Signal	30
3.4 Rangkaian Pengendali Motor (Motor Driver).....	32
3.5 Rangkaian Sistem Minimum Atmega8535.....	32
3.6 Flow Chart Program pada Sistem Minimum Atmega8535	36
3.7 Interface menggunakan LabVIEW	39
3.7.1 Flowchart Pemrograman LabVIEW	42
BAB 4. HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA	44
4.1 Pengujian Motor DC	44
4.2 Pengujian Persamaan Posisi (Batang Ulir XYZ).....	45
4.3 Pengujian Sensor Hall Effect	48
4.4 Pengujian Sistem.....	52
4.4.1 Pengujian Ketepatan Pergeseran Posisi	52
4.4.2 Pengujian Posisi XZ dan Medan Magnet AB tanpa Arus....	53

4.4.3 Pengambilan Posisi Bidang YZ dan Medan Magnet AB.....	54
4.4.4 Pengambilan Medan Magnet AB Sepanjang Sumbu X.....	58
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	62
DAFTAR ACUAN	63
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Elektrik Sensor Efek Hall SS94A2	12
Tabel 3.1	Fungsi Port ATmega 8535	33
Tabel 4.1	Data Output Motor DC	44
Tabel 4.2	Kalibrasi Sensor1 Efek Hall tipe SS94A2	49
Tabel 4.3	Kalibrasi Sensor2 Efek Hall tipe SS94A2	50



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Bagan Keseluruhan Sistem	3
Gambar 2.1	Arah Garis Gaya dengan Kaidah Tangan Kanan	6
Gambar 2.2	Komponen perhitungan pada kawat melingkar berarus.....	8
Gambar 2.3	Kumparan Helmholtz	9
Gambar 2.4	Sensor Magnetik Tipe SS94A2.....	11
Gambar 2.5	Prinsip Efek Hall, Ketika Tidak Ada Magnet	13
Gambar 2.6	Prinsip Efek Hall, Ketika Ada Magnet	13
Gambar 2.7	Dasar Sensor Efek Hall	14
Gambar 2.8	Konsep Null Voltage.....	14
Gambar 2.9	Shaft Encoder	15
Gambar 2.10	(a) Contoh Output Kedua Channel dengan Searah Jarum Jam..	16
	(b) Contoh Output Kedua Channel Berlawanan arah jarum jam	16
Gambar 2.11	Motor DC	18
Gambar 2.12	Prinsip Kerja Motor DC.....	19
Gambar 2.13	Setelah diputar 180^0	19
Gambar 2.14	Konfigurasi Pin ATmega8535	22
Gambar 3.1	Blok Diagram Alat Ukur Medan Magnet pada Kumparan Helmholtz	23
Gambar 3.2	Kumparan Helmholtz Leybold Didactic 558 825	24
Gambar 3.3	Daerah pengukuran Kumparan Helmholtz.....	24
Gambar 3.4	Mekanik Alat Ukur Medan Magnet Helmholtz	25
Gambar 3.5	Blok Diagram Shaft Encoder	27
Gambar 3.6	Rangkaian Pencacah/Counter	28
Gambar 3.7	Rangkaian Pengkondisi Signal.....	31
Gambar 3.8	Rangkaian Motor Driver	32
Gambar 3.9	Rangkaian Sistem Minimum Atmega8535	35
Gambar 3.10	Flowchart Program pada Atmega8535	37
Gambar 3.11	Tampilan Front Panel LabVIEW	40
Gambar 3.12	Blok Diagram LabVIEW	41

Gambar 3.13	Flowchart Pengambilan Data Medan Magnet.....	43
Gambar 4.1	Persamaan antara Batang Ulir Sumbu X dan Shaft Encoder	45
Gambar 4.2	Persamaan antara Batang Ulir Sumbu Y dan Shaft Encoder	46
Gambar 4.3	Persamaan antara Batang Ulir Sumbu Z dan Shaft Encoder.....	47
Gambar 4.4	Grafik Kalibrasi Sensor1 Efek Hall SS94A2	49
Gambar 4.5	Grafik Kalibrasi Sensor2 Efek Hall SS94A2	51
Gambar 4.6	Cara Manual Yang Dilakukan Dengan Kenaikan Setiap 1mm..	53
Gambar 4.7	Cara Manual Yang Dilakukan Dengan Penurunan Setiap 1mm	53
Gambar 4.8	Pengujian Posisi XZ dan Medan Magnet XY tanpa Arus	54
Gambar 4.9	Posisi Bidang 1 dan Medan Magnet A	55
Gambar 4.10	Posisi Bidang 1 dan Medan Magnet B	56
Gambar 4.11	Posisi Bidang 2 dan Medan Magnet A	57
Gambar 4.12	Posisi Bidang 2 dan Medan Magnet B.....	57
Gambar 4.13	Posisi X dan Medan Magnet A	58
Gambar 4.14	Posisi X dan Medan Magnet B	58
Gambar 4.15	Posisi X dan Medan Magnet Teori	59
Gambar 4.16	Posisi X, Medan Magnet Teori, dan Medan Magnet A	60
Gambar 4.17	Posisi X, Medan Magnet Teori, dan Medan Magnet B	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pengujian Pergeseran Posisi Sumbu X, Y, Z

Lampiran 2 Data Kalibrasi Sensor Medan Magnet (Efek Hall)

Lampiran 3 Data Pengambilan Posisi Bidang 1, 2 dan Medan Magnet A, B

Lampiran 4 Data Medan Magnet Teori dan Medan Magnet A, B Sepanjang Sumbu X

Lampiran 5 Pemrograman pada Mikrokontroler ATmega 8535

Lampiran 6 Pemrograman LabVIEW

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini telah berkembang teknologi untuk mengukur besar induksi medan magnet. Hampir semua sistem pengukuran untuk mengukur induksi medan magnet menggunakan sensor magnetik. Pada perkembangannya, sensor magnetik digunakan dalam berbagai bidang antara lain industri, rumah tangga, kesehatan dan lainnya. Hal ini disebabkan kecenderungan penggunaan sensor magnetik yang mempunyai kelebihan yaitu 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 sebuah alat ukur medan magnet yang digunakan untuk distribusi medan magnet dalam tiga dimensi. Artinya, dilakukan penelitian mengenai penyebaran medan magnet tidak hanya dari titik pusat kumparan Helmholtz melainkan pada daerah di sekitar titik kumparan Helmholtz.

Pengerjaan penelitian ini ada dua tahapan yaitu rancang bangun dan sistem akuisisi data. Penentuan sistem rancang bangun alat ukur ini menggunakan sensor pendeteksi medan magnet di dalam kumparan Helmholtz yang dialiri arus listrik. Sensor yang digunakan adalah Efek Hall dengan tipe SS94A2. Pemanfaatan rangkaian elektronik berupa Op-amp sebagai pengkondisi signal sensor, motor driver sebagai penggerak motor DC, dan *minsis (minimum sistem)* untuk sistem akuisisi data dari alat ukur medan magnet. Pada minimum sistem, digunakan beberapa IC counter dengan tipe 74LS193 untuk membantu pencacahan dari gerak posisi sensor yang digerakkan oleh motor DC dan perintah dari mikrokontroler dengan IC Atmega8535.

Data yang dihasilkan oleh Efek Hall dikirim ke rangkaian berbasis mikrokontroler, lalu sistem akuisisi data akan memproses hasil yang diperoleh tersebut untuk diolah dan ditampilkan di LabVIEW agar sesuai dengan yang diinginkan.

1.2 Tujuan Penelitian

- Mempelajari bagaimana kerja dari sensor Efek Hall.
- Mempelajari bagaimana karakteristik besar medan magnet terhadap posisi sensor pada bidang koordinat Y dan Z.
- Mendistribusikan induksi medan magnet pada kumparan Helmholtz.

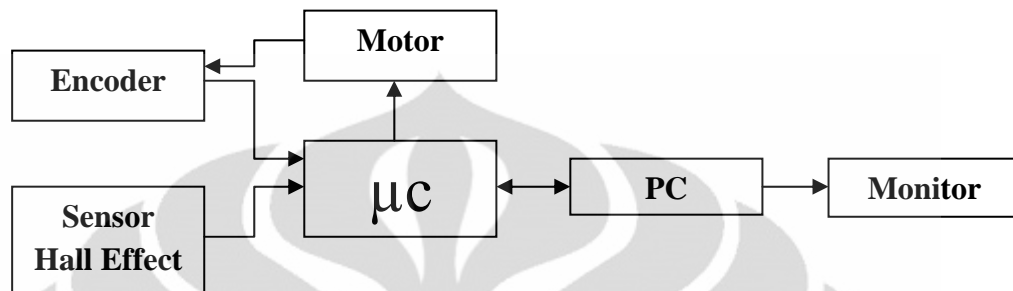
1.3 Deskripsi Singkat

Sebuah alat ukur pendistribusian medan magnet tiga dimensi dibuat dengan memperhitungkan rancangan mekaniknya dan sistem akuisisi data dari alat tersebut. Digunakan sebuah medan magnet kumparan Helmholtz Leybold Didactic 558 825 dengan jumlah lilitan 210 tiap kumparan, diameter dalam kumparan 14.5 cm, diameter luar kumparan 26 cm, resistansi 2.5 Ω tiap kumparan, dan arus maksimum 2 A.

Kumparan Helmholtz tersebut dialiri arus listrik sehingga terbentuklah suatu medan magnet, pada tinggi tertentu kumparan Helmholtz ini akan diletakkan. Pendeteksian medan magnet ini menggunakan dua buah sensor dan digerakkan oleh 3 motor DC yang masing-masing motornya digunakan untuk mengatur gerakan kiri dan kanan (koordinat X), gerakan maju dan mundur (koordinat Z), gerakan atas dan bawah (koordinat Y). Karena motor DC terbuat dari bahan konduktor maka jarak antara motor DC dan medan magnet harus diperhatikan agar tidak mempengaruhi data yang dihasilkan, oleh karena itu motor DC diletakkan jauh dibawah medan magnet kurang lebih berjarak 1 meter dan menggunakan bahan isolator yaitu ppc untuk membuat batang ulir yang menghubungkan gerakan motor DC dengan sensor.

Untuk memposisikan sensor di koordinat X, Y, dan Z dipasang *Shaft Encoder* pada masing-masing batang berulir. Melalui input setpoint akan mengendalikan gerak sensor yang dipasang pada ujung batang ulir.

Pergerakan seperti koordinat ini memanfaatkan sistem *counter* pada mikrokontroler agar memperoleh nilai-nilai medan magnet sebagai data pengamatan, kemudian data tersebut akan diolah dan ditampilkan menggunakan program LabVIEW berbasis mikrokontroler atau terdisplay.



Gambar 1.1. Bagan Keseluruhan Sistem

1.4 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.
- Pemograman pada mikrokontroler untuk pengambilan data besar medan magnet.
- Mengukur distribusi medan magnet dari posisi sensor dipermukaan bidang koordinat Y dan Z.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan untuk membantu dalam pelaksanaan dan penganalisaan alat ini:

1.5.1 Study Literatur

Metode ini digunakan untuk memperoleh informasi tentang teori-teori dasar sebagai sumber penulisan skripsi. Informasi dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari literatur, penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, internet, *data sheet*, dan buku-buku yang berhubungan dengan skripsi penulis.

1.5.2 Perancangan dan Pembuatan Alat

Berisi tentang proses perencanaan alat berupa sistem pengukuran berbasis mikrokontroler dan mekanik. Pada bagian mekanik akan membahas desain dan cara kerjanya.

Pada bagian sistem pengukuran akan membahas masalah penggunaan sensor, pembuatan minimum system berbasis mikrokontroler serta pengolahan data dan tampilan di LabVIEW.

1.5.3 Pembuatan Program

Tahap ini merupakan proses pembuatan program yang dilakukan dengan menggunakan *Software Basic Compiler (BASCOM)* dan *Lab VIEW*, dengan menggunakan *Software* ini memungkinkan kita untuk memanipulasi kinerja alat sesuai dengan yang diinginkan dan mengolah serta menampilkan data yang dihasilkan dengan *LabVIEW*.

1.5.4 Uji Sistem

Dari alat yang dibuat maka dilakukan pengujian terhadap masing-masing bagian dengan tujuan untuk mengetahui kinerjanya agar sesuai dengan apa yang diharapkan dan dapat melakukan pengambilan data.

1.5.5 Pengambilan Data

Pada bab ini akan diuraikan tentang kinerja dari masing-masing blok data yang diambil dengan harapan dalam pengujian tidak terdapat kesalahan yang fatal.

1.5.6 Penulisan Penelitian

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

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dari suatu penulisan merupakan uraian tentang susunan dari penulisan itu sendiri secara berurutan dan teratur. Maksud dan tujuannya adalah agar dapat memberikan suatu gambaran yang jelas. Dalam penulisan ini sistematika penulisan terdiri dari :

BAB I. PENDAHULUAN

Pendahuluan menguraikan mengenai latar belakang penulisan, tujuan penelitian, deskripsi singkat, pembatasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II. TEORI DASAR

Teori dasar membahas landasan-landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dalam perancangan dan pembuatan alat serta pembuatan program.

BAB III. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan secara keseluruhan sistem kerja dari semua perangkat kontrol (*hardware*) dan program penghubung (*software*) yang terlibat antara mikrokontroler dengan simulator, maupun antara simulator dengan mikrokontroler.

BAB IV. 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 V. 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

TEORI DASAR

Dalam melakukan penelitian banyak hal yang harus kita pelajari mengenai teori-teori yang berkaitan pada proyek yang akan dikerjakan. Penelitian ini diperlukan Teori dasar sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dalam pembuatan program, antara lain :

2.1 Medan Magnet di Sekitar Arus Listrik

Medan magnet tidak hanya dapat dihasilkan oleh sebuah magnet, namun medan magnet juga dapat dihasilkan oleh arus yang mengalir dalam sebuah kawat penghantar, namun hanya bersifat sementara. Pada tahun 1820, Hans Christian Oersted (1777-1851) menemukan bahwa arus yang mengalir pada sebuah kawat penghantar dapat juga menghasilkan efek-efek magnetik, yaitu arus tersebut dapat mengubah orientasi sebuah jarum kompas.

Garis-garis gaya magnet yang dihasilkan oleh kawat berarus mempunyai arah melingkar mengelilingi kawat berarus tersebut. Arah garis gaya magnet ini lebih dikenal dengan kaidah tangan kanan. Bila kita menggenggam kawat dengan tangan kanan sedemikian sehingga ibu jari menunjukkan arah arus, maka lipatan ke empat jari lainnya menyatakan arah putaran garis-garis gaya magnet[1,2].



Gambar 2.1 Arah Garis Gaya dengan Kaidah Tangan Kanan^[4]

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).

2.2 Kumparan Helmholtz

Kumparan Helmholtz adalah suatu devais yang menghasilkan daerah dengan medan magnet yang hampir seragam. Nama Helmholtz digunakan untuk menghormati seorang fisikawan Jerman yang bernama [Hermann von Helmholtz](#). Kumparan Helmholtz terdiri dari dua kumparan magnetik melingkar yang identik, yaitu memiliki diameter kawat yang sama, jumlah lilitan yang sama, ukuran dan bentuk kumparan yang sama. Kedua kumparan ditempatkan secara paralel dan simetris, serta dipisahkan sejauh jari-jari kumparan tersebut. Kedua kumparan tersebut dihubungkan secara seri dan arus yang mengalir dibuat searah, sehingga menghasilkan medan magnet yang sama^[3].

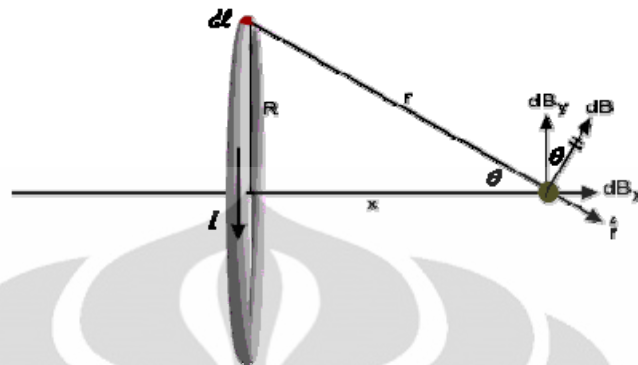
Besarnya medan magnet yang dihasilkan oleh Helmholtz bergantung dengan arus listrik (I) yang diberikan, jumlah lilitan (N), jari-jari kumparan (R), serta tergantung posisinya terhadap Helmholtz tersebut. Besar medan magnet di setiap titik sepanjang sumbu x di titik tengah kumparan dapat dijelaskan dengan mengkombinasikan dua penyelesaian Hukum Biot Savart untuk kawat melingkar dengan yang berupa lilitan.

Untuk besar medan magnet yang terjadi di sepanjang pusat kawat melingkar yang mengalirkan arus dapat dilihat dari penurunan persamaan Hukum Biot Savart. Gambar distribusi medan magnet dapat dilihat dari Gambar 2.2. Segmen arus Idl tegak lurus terhadap vektor jari-jari kawat r . Dari persamaan awal Hukum Biot Savart didapat :

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \times \hat{r}}{r^2} \quad (2.1)$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \sin 90^\circ}{r^2} \quad (2.2)$$

$$dB = \frac{\mu_0 I dl}{4\pi r^2} \quad (2.3)$$



Gambar 2.2. Komponen-komponen perhitungan pada kawat melingkar berarus^[4]

Pada Gambar 2.2 terlihat komponen yang tegak lurus terhadap sumbu kawat melingkar adalah dB_y , komponen y ini akan saling menghilangkan sehingga hanya fokus pada komponen x saja, dimana :

$$dB_x = dB \sin \theta \quad (2.4)$$

$$dB_x = \frac{\mu_0 I dl}{4\pi r^2} \sin \theta \quad (2.5)$$

$$dB_x = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} \frac{R}{r} dl \quad (2.6)$$

$$dB_x = \frac{\mu_0 IR}{4\pi r^3} dl \quad (2.7)$$

Dari teorema Pythagoras, diketahui

$$r = \sqrt{x^2 + R^2} \quad (2.8)$$

Didapat

$$dB_x = \frac{\mu_0 IR}{4\pi (\sqrt{x^2 + R^2})^3} dl \quad (2.9)$$

$$B_x = \oint dB_x \quad (2.10)$$

$$B_x = \oint \frac{\mu_0 IR}{4\pi(\sqrt{x^2 + R^2})^3} dl \quad (2.11)$$

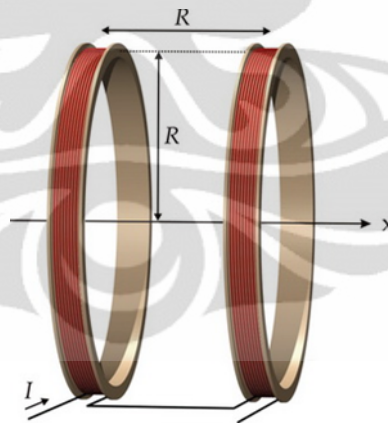
$$B_x = \frac{\mu_0 IR}{4\pi(\sqrt{x^2 + R^2})^3} \oint dl \quad (2.12)$$

$$B_x = \frac{\mu_0 IR}{4\pi(\sqrt{x^2 + R^2})^3} 2\pi R \quad (2.13)$$

$$B_x = \frac{\mu_0 IR^2}{2(\sqrt{x^2 + R^2})^3} \quad [9] \quad (2.14)$$

Bila kawat lingkaran tersebut berupa kumparan dengan N buah lilitan, maka induksi magnet di pusat kawat lingkaran sepanjang sumbu horizontal didapat:

$$B_x = \frac{N\mu_0 IR^2}{2(\sqrt{x^2 + R^2})^3} \quad (2.15)$$



Gambar 2.3. Kumparan Helmholtz^[4]

$$B = B_1 + B_2 \quad (2.16)$$

$$B = \frac{N\mu_0 IR^2}{2} \left[\frac{1}{(x^2 + R^2)^{3/2}} + \frac{1}{[(R-x)^2 + R^2]^{3/2}} \right] \quad (2.17)$$

$$B = \frac{N\mu_0 IR^2}{2} \left[\frac{1}{(x^2 + R^2)^{3/2}} + \frac{1}{(2R^2 + x^2 - 2xR)^{3/2}} \right] \quad (2.18)$$

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. Sensor termasuk komponen penting dalam teknik pengukuran. Dalam pengukuran medan magnet diperlukan sensor yang responsif terhadap medan magnet dan dapat mengubahnya menjadi tegangan listrik analog yang setara. Di pasaran dapat ditemukan berbagai jenis sensor medan magnet, salah satunya adalah sensor Efek Hall. Sensor Efek Hall dirancang untuk merasakan adanya objek magnetis dengan perubahan posisinya. Sensor jenis ini bekerja berdasar prinsip Efek Hall serta dapat digunakan secara akurat untuk mendeteksi perubahan kecil pada kerapatan fluks magnet (Allegromicro Inc., 1999). Sensor ini sering digunakan sebagai pengukur kecepatan putaran roda gigi, pendeteksi gerakan, serta sebagai monitor arus dalam sebuah kumparan. Perubahan medan magnet yang terus menerus menyebabkan timbulnya pulsa yang kemudian dapat ditentukan frekuensinya. Sensor medan magnet yang digunakan adalah sensor Efek Hall tipe SS94A2.

Beberapa kelebihan sensor Efek Hall yang kami gunakan adalah sebagai berikut :

1. keluaran linear
2. meningkatkan kestabilan suhu
3. standar kenaikan pada pusat
4. laser memotong lapisan tipis maupun tebal resistor, memperkecil variasi kepekaan dan mengganti kerugian untuk variasi suhu.



Gambar 2.4 Sensor Magnetik Tipe SS94A2^[7]

Tipe SS9 memanfaatkan sebuah chip Efek Hall dalam *integrated circuit* (IC) yang dapat menaikkan kestabilan dan kinerja pada suhu. Laser memotong lapisan tebal substrate ceramic dan lapisan film tipis pada *integrated circuit* (IC) yang mengurangi *null* dan pergeseran temperature yang menghasilkan ketetapan sensitivitas dari sebuah alat dan seterusnya. Pertimbangan aplikasinya adalah mengapit pada akhir tinggi, tegangan clamping serendahnyanya berkisar 9 VDC. Keluaran tidak akan melebihi tegangan *power supply*. Karakteristik elektrik dari sensor Efek Hall tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik Elektrik Sensor Efek Hall SS94A2^[7]

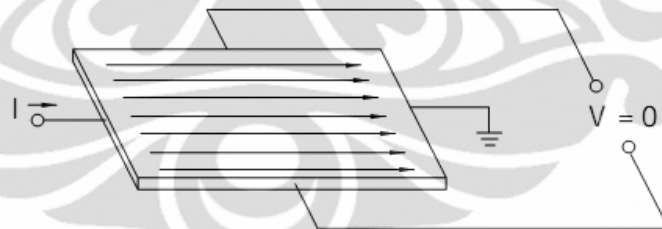
Availability	Global
Supply Current (max. @ 25 °C)	30 mA
Output Current (max.)	1 mA
Sensitivity @ 25 °C	5.0 mV ± .1 mV/G
Temperature Error (@ 25 °C) Null Shift (%/°C)	-0.02 % min., 0.02 % max.
Temperature Error (@ 25 °C) Sensitivity (%/°C)	-0.02 % min., 0.02 % max.
Magnetic Range (min.)	-50 mT to 50 mT [-500 G to 500 G]
Response Time (µs)	3 µs (typ.)
Vout (0 G @ 25 °C)	4.00 Vdc ± 0.04 Vdc
Series Name	SS94 Series

Data yang diberikan pada Tabel 2.1 di atas berlaku pada kondisi tegangan masukan (*input*) sebesar 6 Volt dan suhu lingkungan sebesar 25° C. Saat tidak ada medan luar ($B = 0$ G) sensor telah memberikan tegangan keluaran (*output*) sebesar 4 Volt. Tegangan ini sering disebut tegangan keluaran *null* yang besarnya kurang lebih 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. Sensor SS94A2 dapat mengkonsumsi arus sebesar 30 mA. Sensitivitas sensor bergantung tegangan masukan yang diberikan. Untuk tegangan masukan sebesar 4 volt tingkat sensitivitas sensor adalah sekitar 5 mV/gauss. Keluaran sensor merupakan tegangan dengan orde milivolt. Oleh karena itu, diperlukan rangkaian penguat yang berfungsi sebagai pengkondisi sinyal sebelum diolah lebih lanjut menjadi sinyal digital. Penggunaan sensor Efek Hall sangat efektif digunakan dalam pengukuran kerapatan fluks magnetik. Sensor Efek Hall juga dapat digunakan sebagai salah satu elemen pengukuran kurva histeresis dari suatu bahan yang dimagnetisasi (Sinclair, 1992)[5,7].

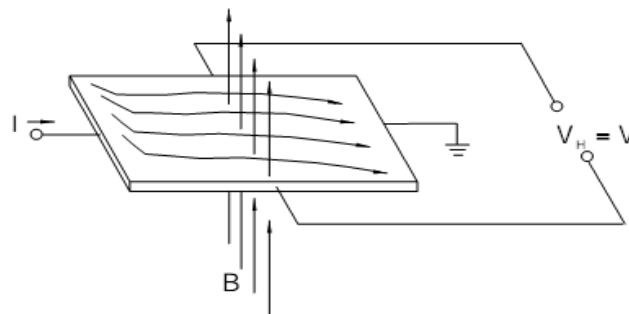
2.3.1.1 Dasar Sensor Efek Hall

Elemen Hall adalah dasar dari sensor medan magnet. Itu memerlukan suatu pengkondisi sinyal untuk membuatnya 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 ^[12].

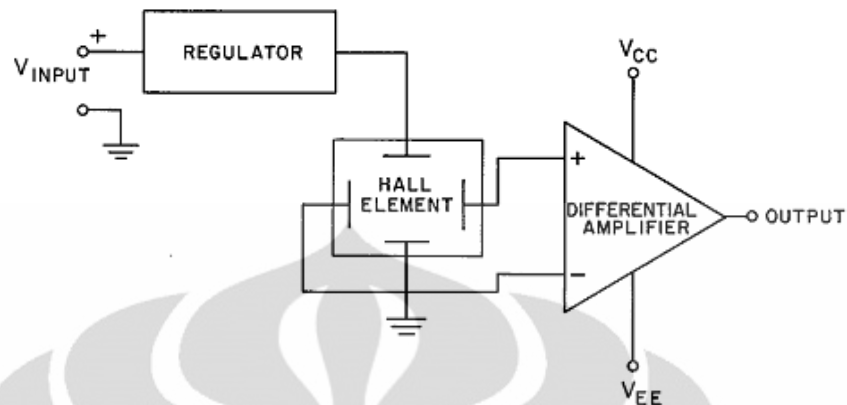


Gambar 2.5 Prinsip Efek Hall, Ketika Tidak Ada Magnet^[12]



Gambar 2.6 Prinsip Efek Hall, Ketika Ada Magnet^[12]

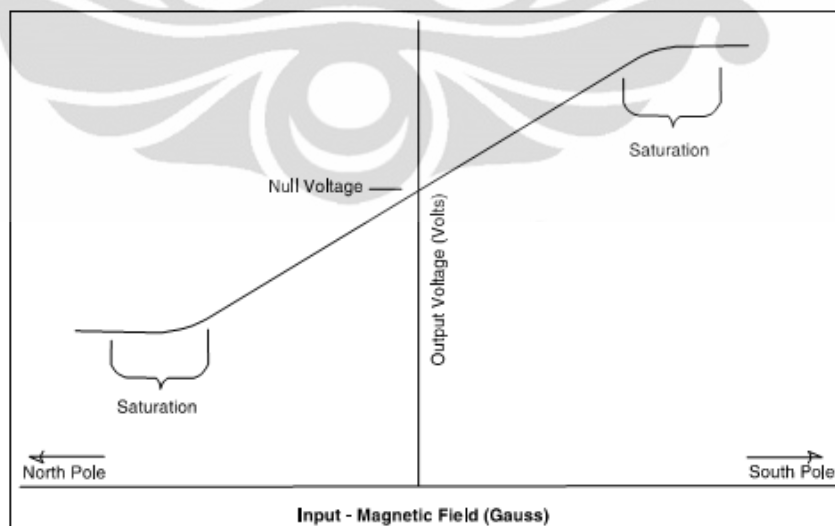
Dasar dari penggambaran sistem sensor Efek Hall adalah berikut ini :



Gambar 2.7 Dasar Sensor Efek Hall^[12]

2.3.1.2 Analog Output Sensor

Penggambaran keluaran analog dari sensor bisa dilihat pada Gambar 2.8. 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)^[5]

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* ⁽³⁾.

2.3.2 Shaft Encoder

Pengendalian posisi menjadi penting di saat dunia bergerak ke arah otomatisasi. Penggerak yang selama ini dipergunakan dalam industri adalah motor. Sensor posisi digunakan untuk mengetahui kondisi nyata dari posisi sebuah obyek sehingga informasi ini dapat digunakan sebagai indikator, peringatan, ataupun masukan bagi pengendali. Terdapat beberapa sensor posisi antara lain:

- *Potensiometer*
- *Encoder*
- *Sonar*
- *Laser*
- *Limit Switch* (Saklar batas)
- *Reed Switch*

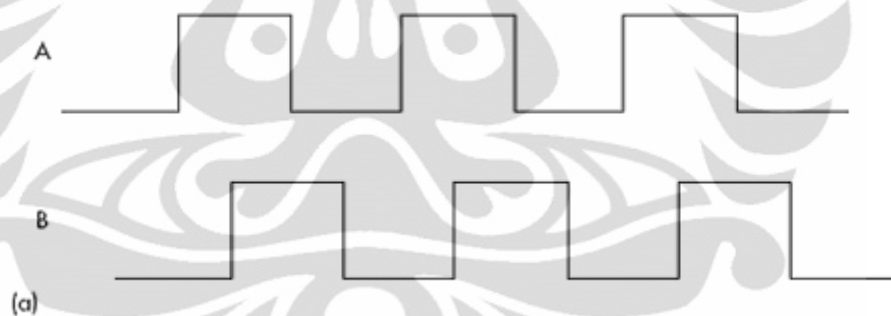


Gambar 2.9 Shaft Encoder^[9]

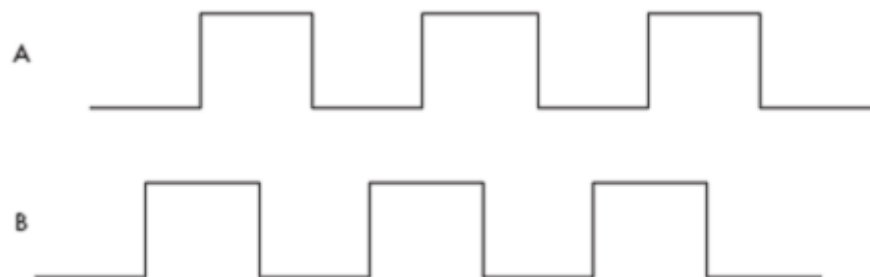
Pada Tugas Akhir, penulis menggunakan beberapa sensor posisi. Sensor posisi tersebut digunakan untuk ketepatan pengambilan data. Sensor tersebut adalah *Encoder*.

Shaft Encoder atau disebut juga rotary *Encoder* berfungsi sebagai penghitung putaran suatu as (sumbu). Umumnya digunakan untuk menghitung putaran motor. *Shaft Encoder* memiliki macam klasifikasi untuk putaran dan ukurannya. Salah satu bentuk fisik *Shaft Encoder* ditunjukkan pada gambar 2.9. *Encoder* yang dipergunakan memiliki resolusi 500 ppr dan 200 ppr, artinya dalam satu putaran akan dihasilkan 500 pulsa atau 200 pulsa per putaran nya.

Encoder biasanya memiliki 2 keluaran, channel A dan channel B. Bentuk pulsa channel A dan B akan berbeda agar kita bisa membedakan arah putaran, apakah CW (clockwise) atau CCW (counter clockwise). Pada gambar 2.10 (a) ditunjukkan bentuk pulsa untuk arah putaran CW dan pada gambar 2.10 (b) ditunjukkan bentuk pulsa untuk arah putaran CCW.



Gambar 2.10 (a). Contoh output kedua channel dengan searah jarum jam (CW)^[5]



Gambar 2.10 (b). Contoh output kedua channel dengan berlawanan arah jarum jam (CCW)^[5]

Didalam *Shaft Encoder* terdapat sebuah led dan 2 buah photodiode sebagai detektor. Detektor tersebut diletakkan sedemikian rupa agar dapat menghasilkan pola pulsa yang berbeda untuk masing - masing arah putaran. Pada bagian dalam shaft encoder terdapat rangkaian elektronik untuk menghasilkan pulsa.

2.4 Driver Motor

Driver motor adalah suatu rangkaian elektronika yang digunakan untuk menggerakkan atau mengendalikan pergerakan motor. *Driver* motor bekerja dengan menerima sinyal masukan dari mikrokontroler sebagai pengkondisi ke *Driver* motor. Dalam alat ini kami mempergunakan *Driver* motor berjenis *Driver Double Direction*. Ketika mikrokontroler memberi output logika 1 maka relay On sehingga tegangan dari *power supply* terhubung dengan motor, maka motor akan On. Jika mikrokontroler memberi output logika 0 maka relay akan Off sehingga aliran tegangan dari *power supply* ke motor akan terputus, maka motor akan off. Dalam rangkain *Driver* ini, kami menggunakan tiga *Driver* untuk mengendalikan tiga arah dari ketiga motor yang dipergunakan.

2.4.1 Motor DC

Dalam merancang suatu sistem pengendali diperlukan sebuah komponen penggerak, antara lain motor, stepper, servo, dan lain-lain. Dalam perancangan penggerak dalam konveyor biasanya menggunakan penggerak seperti motor. Motor memiliki dua buah jenis type, motor AC dan motor DC. Motor DC berbeda dengan motor AC, perbedaan motor AC dan DC ada pada jenis tegangan, motor AC digerakan oleh tegangan bolak-balik. Sedangkan untuk motor DC digerakan oleh tegangan searah.

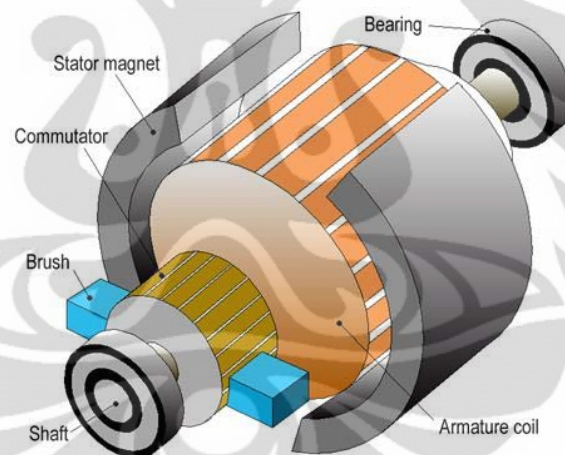
2.4.2 Prinsip Kerja Motor DC

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

Dalam Induksi Elektromagnetik, berlaku juga Hukum Faraday yaitu besarnya tegangan induksi dalam solenoida pada saat lilitan memotong garis gaya magnet akan berbanding lurus dengan jumlah lilitan dan pada tingkat dimana garis fluks magnet dipotong oleh lilitan.

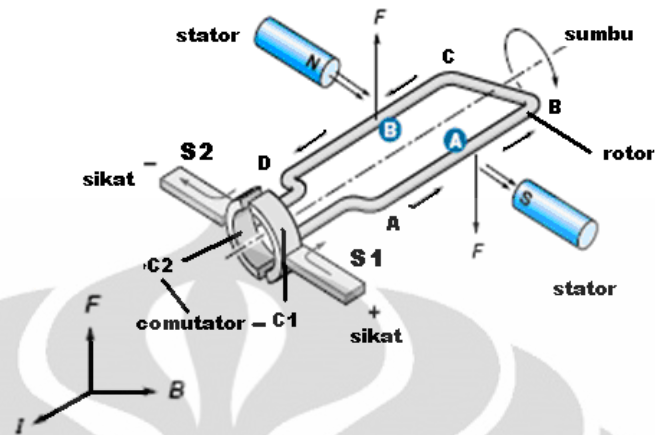
Karakteristik motor DC :

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



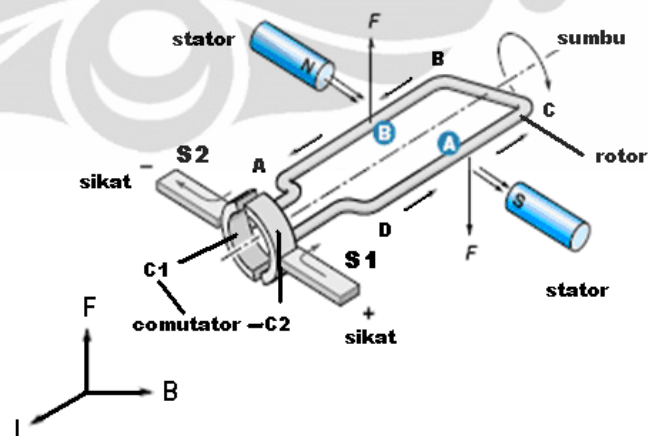
Gambar 2.11 Motor DC^[6]

Misalkan kedudukan mula-mula seperti pada gambar 2.12 arus listrik mengalir dari kutub (+) baterai melalui sikat S1 – cincin C1- rotor ABCD – cincin C2 – sikat S2 – kembali ke kutub (-) baterai. Ketika rotor CD yang dekat dengan kutub utara mengalami gaya ke atas dan sisi rotor AB yang dekat dengan kutub selatan mengalami gaya ke bawah. Akibatnya rotor ABCD berputar searah jarum jam.



Gambar 2.12 Prinsip kerja motor DC^[6]

Setelah setengah putaran (180^0), terjadi pertukaran posisi antara sikat dan comutator. Sekarang, C2 menyentuh sikat S1 dan C1 menyentuh sikat S2. Sehingga arus mengalir dari kutub (+) baterai menuju kutub (-) melalui sikat 1 (S1), Comutator 2 (C2), Rotor DCBA, Comutator 1 (C1), dan sikat 2 (S2). Pertukaran posisi antara sikat 0 dan comutator mengakibatkan motor terus berputar. Perhatikan gambar 2.13 dibawah ini :



Gambar 2.13 Setelah diputar 180^0 ^[6]

2.5 Mikrokontroler AVR ATmega 8535

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip* IC, sehingga sering disebut dengan *single chip microcomputer*. Mikrokontroler umumnya dikelompokkan dalam satu keluarga. Diantaranya : keluarga MCS-51, keluarga MC68HC05, keluarga MC68HC11, keluarga AVR, dan keluarga PIC 8.

Berbeda dengan mikrokontroler MCS51, Alv and Vegard's Risc Processor atau biasa di singkat AVR menggunakan arsitektur RISC (Reduced Instruction Set Computing) yang mempunyai lebar bus 8 bit. Perbedaan ini dapat dilihat dari frekuensi kerjanya. MCS51 memiliki frekuensi kerja seperduabelas kali frekuensi osilator sedangkan frekuensi kerja AVR sama dengan frekuensi osilator. Jadi dengan frekuensi yang sama, kecepatan AVR dua belas kali lebih cepat dibanding MCS51.

AVR dikelompokkan kedalam 4 kelas, yaitu ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan keluarga AT86RFxx. Dari kesemua kelas yang membedakan satu sama lain adalah fitur-fitur yang ditawarkan, sementara dari segi arsitektur dan set instruksi yang digunakan mereka bisa dikatakan hampir sama. Dalam mengontrol kerja mekanik alat kami, kami mempergunakan mikrokontroler AVR Atmega8535.

2.5.1 Arsitektur dan Konfigurasi pin ATmega8535

a. Arsitektur ATmega8535

FITUR :

1. 32 saluran I/O (Port A, Port B, Port C, dan Port D) yang bisa diprogram.
2. 4.5 sampai 5.5V operation, 0 sampai 16MHz.
3. Memori :
 - a. 512 byte SRAM
 - b. 12 byte EEPROM
 - c. 8 kb Flash memory dengan kemampuan Read While Write

4. Timer/counter :
 - a. 4 channel PWM
 - b. 2 buah 8 bit timer/counter
 - c. 1 buah 16 bit timer/counter
5. 10 bit 8 Channel ADC (Analog to Digital Converter)
6. 6 Sleep Modes : Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
7. Analog comparator
8. Watchdog timer dengan osilator internal
9. Unit interupsi (internal & eksternal)
10. Port antarmuka SPI8535 “memory map”
11. Port USART untuk komunikasi serial dengan kecepatan maksimal 2,5Mbps

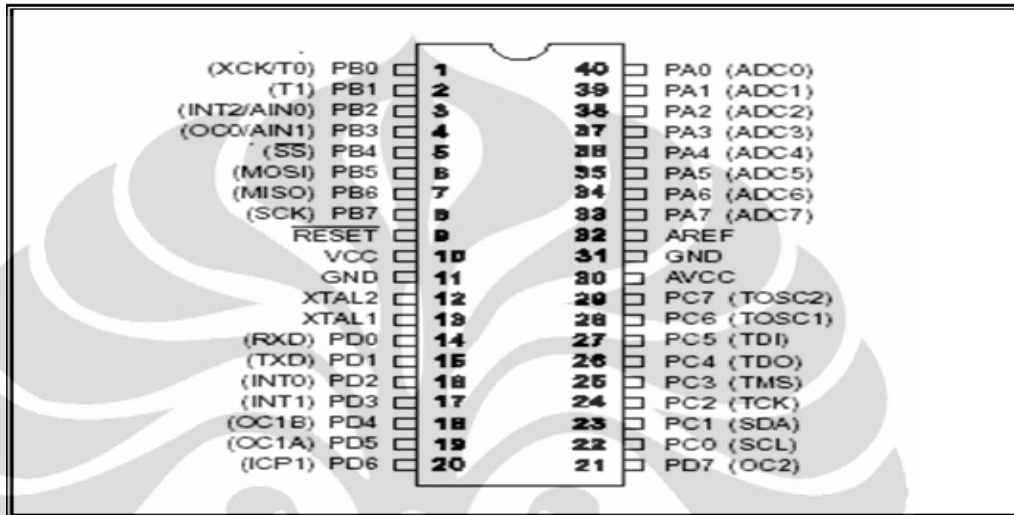
b. Konfigurasi pin ATmega8535

Mikrokontroler ATmega8535 mempunyai 40 pin, 32 pin diantaranya digunakan sebagai port paralel. Satu port paralel terdiri dari 8 pin, sehingga 32 pin tersebut membentuk 4 buah port paralel, yang masing-masing dikenal sebagai Port A, Port B, Port C, dan Port D.

Dari Gambar 2.17 dapat dijelaskan secara fungsional konfigurasi pin ATmega8535 sebagai berikut:

- a. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya
- b. GND merupakan pin *ground*
- c. Port A (PA0..PA7) merupakan pin I/O dua arah dan berfungsi khusus sebagai pin masukan ADC.
- d. Port B (PB0..PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu Timer/Counter, komparator analog, dan SPI
- e. Port C (PC0..PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan *Timer Osilator*.
- f. Port D (PD0..PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.

- g. RESET merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
- h. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock* eksternal.
- i. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
- j. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

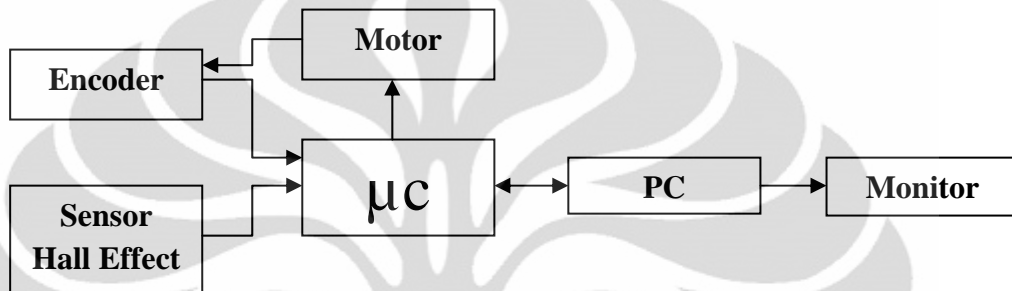


Gambar 2.14 Konfigurasi Pin ATmega8535^[8]

BAB 3

PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Bab ini akan dibahas mengenai sistem kerja dari semua perangkat control (*hardware*) dan program penghubung (*software*) seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Blok Diagram Alat Ukur Medan Magnet pada Kumputan Helmholtz

3.1 Perancangan Konstruksi Mekanik

Sistem pengukuran medan magnet dari berbagai posisi yang bervariasi ini tersusun atas beberapa rancang mekanik. Terdiri dari rancang mekanik dari sistem gerak batang ulir X, Y dan Z secara otomatis dan menggunakan medan magnet kumputan Helmholtz Leybold Didactic 558 825 yang akan dipakai dalam pengukuran.

3.1.1 Medan Magnet

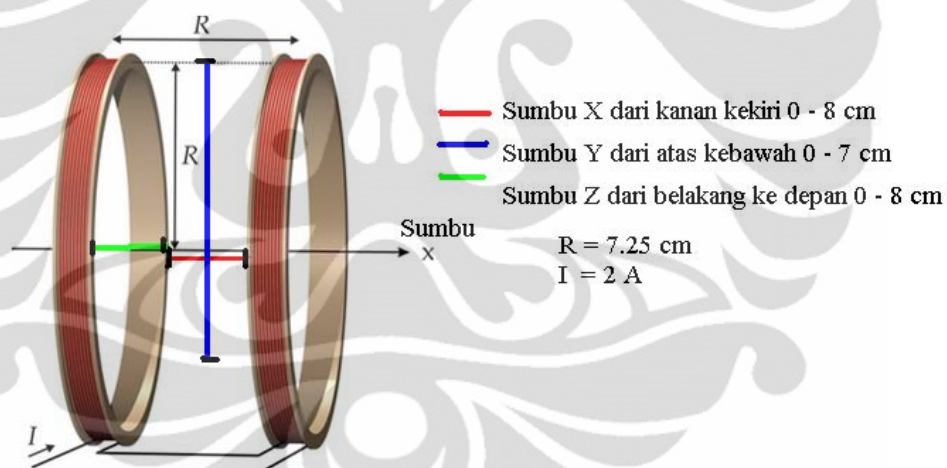
Pada alat ini, medan magnet yang dipakai seperti pada Gambar 3.2 menggunakan kumputan Helmholtz Leybold Didactic 558 825. Lilitan atau kumputan tersebut berbentuk dua buah lilitan selenoida yang memiliki jarak, biasa disebut dengan kumputan Helmholtz. Kemudian lilitan Helmholtz kawat tersebut dialirkan arus listrik sehingga terbentuklah suatu medan magnet.

Dalam proses pengukuran dibutuhkan arus yang besar, oleh karena itu kumputannya terdiri dari 420 lilitan yang masing-masing kumputan mempunyai 210 lilitan kawat tembaga.



Gambar 3.2 Kumparan Helmholtz Leybold Didactic 558 825^[4]

Mengacu pada Gambar 3.2 daerah pengukuran medan magnet yang dilakukan untuk mendapatkan data seperti pada Gambar 3.3 berikut ini :



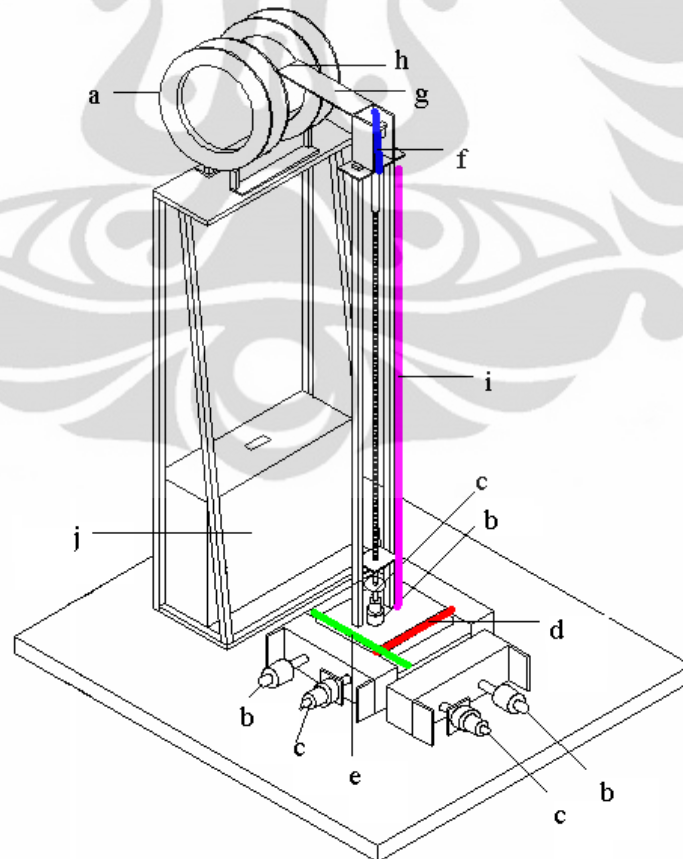
Gambar 3.3 Daerah Pengukuran Kumparan Helmholtz^[4]

3.1.2 Perancangan Batang Ulir XYZ

Pendeteksian medan magnet ini menggunakan dua buah sensor *Efek Hall*. Sensor ini digerakkan oleh tiga buah motor DC yang masing-masing motornya digunakan untuk mengatur gerakan kiri dan kanan (koordinat X), gerakan atas dan bawah (koordinat Y) dan gerakan maju dan mundur (koordinat Z). Motor DC terbuat dari bahan konduktor maka jarak antara motor DC dan medan magnet

harus diperhatikan agar tidak mempengaruhi data yang dihasilkan, oleh karena itu motor DC diletakkan jauh dibawah medan magnet kurang lebih berjarak 1 meter.

Pada pergerakan sensor ke kanan dan kiri (koordinat X), digunakan batang ulir yang panjangnya kurang dari diameter kumparan medan magnet yakni sekitar 10 cm. Batang ulir yang digunakan memiliki jarak per satu putaran sebesar 1 mm. Pada pergerakan sensor untuk maju dan mundur (koordinat Z) digunakan batang ulir yang memiliki panjang dan jarak per satu putaran ulir bernilai sama dengan batang ulir untuk koordinat X sedangkan pergerakan sensor untuk atas dan bawah (koordinat Y), digunakan batang ulir yang panjangnya kurang dari kumparan medan magnet yakni sekitar 13 cm. Batang ulir digunakan sebagai penentuan posisi sensor Efek Hall dengan mencari persamaan dari jumlah *counter* yang terbaca oleh *Shaft Encoder*.



Gambar 3.4 Mekanik Alat Ukur Medan Magnet Kumparan Helmholtz

Berikut keterangan dari Gambar 3.4 :

a = Kumparan Helmholtz	f = Sumbu Y (10cm)
b = Sensor Shaft Encoder	g = Batang Dudukan Sensor
c = Motor DC	h = Sensor Hall Effect
d = Sumbu X (8cm)	i = Batang Ulir (85cm)
e = Sumbu Z (8cm)	j = Kotak Rangkaian

3.1.3 Sistem Pencacah / Counter

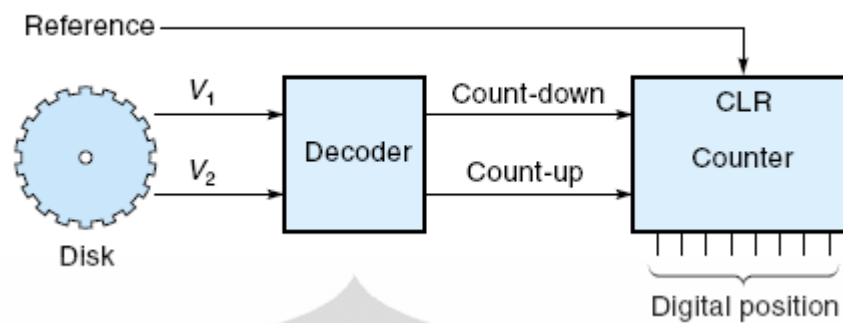
Pencacah yang digunakan dalam alat ini bertujuan untuk dapat memberikan dan mengatur nilai *set point* posisi yang diinginkan dalam proses pengukuran nilai medan magnet. Sistem ini menggunakan sebuah sensor yang dinamakan sebagai *Shaft Encoder* yang telah dijelaskan pada bab 2.

Pencacah atau *counter* membutuhkan karakteristik memori dan pewaktu yang memegang peranan penting. Pencacah digital (*digital counter*) mempunyai karakteristik penting yaitu sebagai berikut :

1. Jumlah hitungan maksimum (modulus pencacah)
2. Menghitung keatas dan kebawah
3. Operasi asinkron atau sinkron
4. Bergerak atau berhenti-sendiri

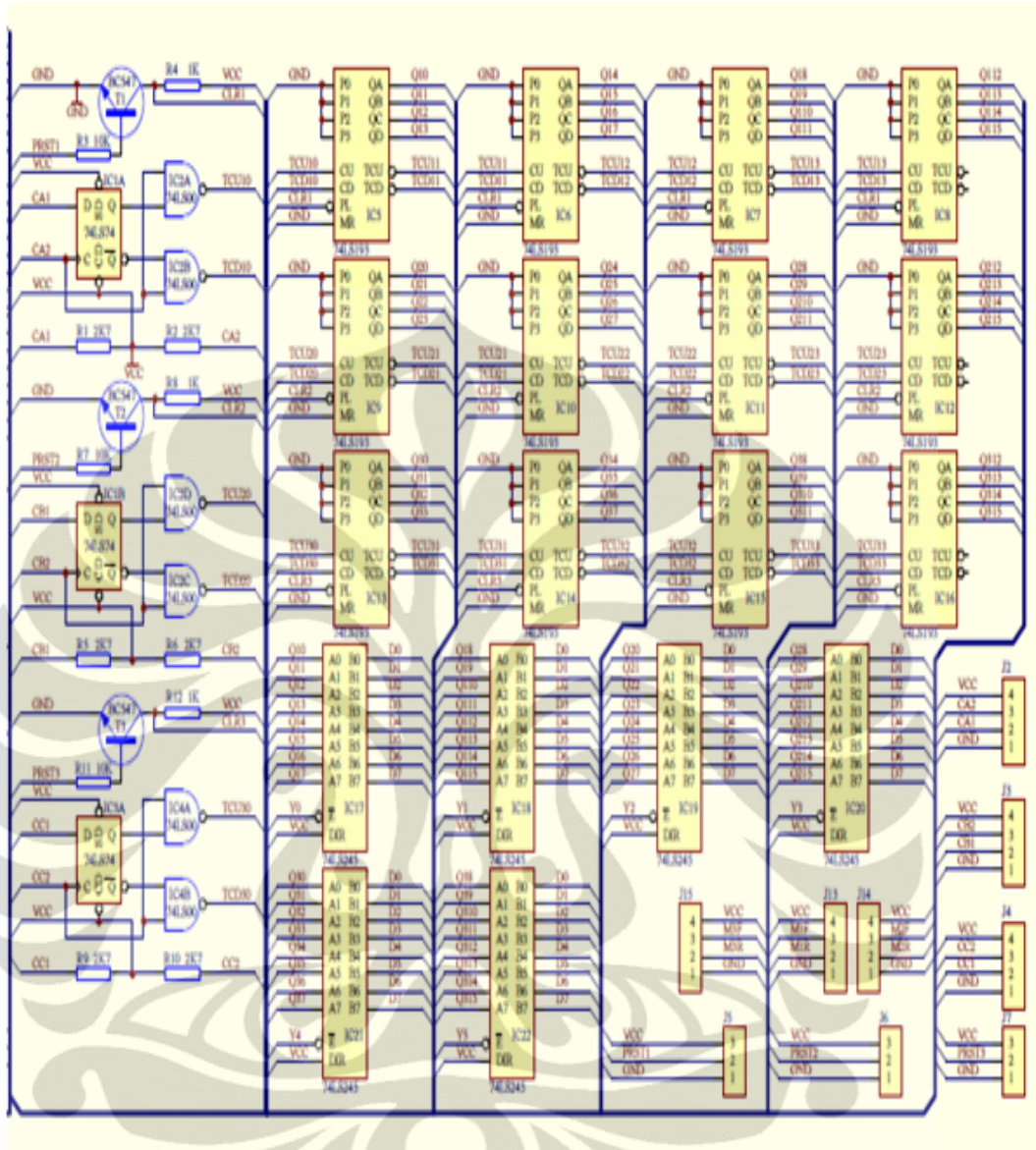
Pencacah dapat digunakan untuk menghitung banyaknya detak pulsa dalam waktu yang tersedia (pengukuran frekuensi). Pencacah dapat digunakan untuk membagi frekuensi dan menyimpan data seperti dalam detak digital, dan pencacah juga dapat digunakan dalam pengurutan alamat dan dalam beberapa rangkaian aritmatika.

Pencacah dapat dibuat dari flip-flop dan gerbang logika atau dibeli dari pabrik dalam bentuk *integrated circuit (IC)* .



Gambar 3.5 Blok Diagram Shaft Encoder^[6]

Pada saat mencacah ke atas (*count up*), signal akan memberikan pulsa pada setiap lubang pada *Shaft Encoder* pada saat piringan bergerak searah jarum jam. Sedangkan pada saat mencacah ke bawah (*count down*), signal akan memberikan pulsa pada setiap lubang pada *Shaft Encoder* pada saat piringan bergerak berbalik arah jarum jam. Kemudian signal-signal itu akan dikirimkan lagi menuju sebuah pencacah atas / bawah seperti TTL 74193 yang dipakai. Dalam alat ini digunakan nilai hitungan maksimum untuk putaran *Shaft Encoder* sebanyak 16 bit. Oleh karena itu penulis mengkaskade empat IC 74193 untuk mencacah atas dan bawah. Keluaran BCD (*binary-coded-decimal*) pada Gambar 3.4 adalah output dari D flip-flop 74LS74 sebagai input IC 74193. Berikut ini adalah design rangkaian yang digunakan pada system pencacah 16 bit.



Gambar 3.6 Rangkaian Pencacah/Counter

Dari gambar rangkaian di atas, data dari sensor masuk ke dalam IC 74LS74 (D flip-flop) melalui pin D dan CLK. Perlu diketahui bahwa output sensor menghasilkan dua signal dengan kondisi yang berbeda. Adapun kedua output dari 74LS74 (Q dan \bar{Q}) diumpungkan ke dua buah *Nand-Gate* (74LS00). Hal ini dimaksudkan agar kedua output *Nand-Gate* selalu dalam kondisi berbeda. Perbedaan kondisi inilah yang akan digunakan untuk pembeda antara cacahan naik (*up counter*) dengan cacahan turun (*down counter*).

Adapun kedua output dari *Nand-Gate*, TCU untuk *up counter* dan TCD untuk *down counter*) diumpangkan ke IC 74LS193 yang merupakan *counter* 4 bit. Sedangkan *counter* yang dihasilkan sebesar 16 bit dari IC 74193 menggunakan empat buah IC 74LS193. Selain itu pada rangkaian juga menggunakan IC 74LS245. IC 74LS245 ini digunakan untuk mentransfer (*bus system*) data ke rangkaian mikrokontroler.

Jalur DIR pada 74LS245 terhubung ke ground, hal ini mengakibatkan aliran data berpindah dari lajur B menuju lajur A. Semua data *counter* 16 bit masuk jalur B pada 74LS245 menuju ke rangkaian mikrokontroler. Data 16 bit yang masuk 74LS245 akan dialirkan ketika *output enable* (Y0 hingga Y5) aktif (*active low*). Data tersebut diubah menjadi 8 bit dan dikirim secara bertahap menuju rangkaian mikrokontroler.

3.2 Rangkaian Counter

Pada *counter* atau perhitungan cacahan ini, penulis menggunakan rangkaian *counter*. *Counter* yang dimaksud di sini cacahan pulsa yang berasal dari sensor putaran yang terdapat pada motor DC atau *Shaft Encoder*. Adapun sensor putaran menghasilkan dua buah sinyal yang memiliki beda fase setengah gelombang. Dengan kondisi ini dapat diketahui apakah motor tersebut bergerak ke kiri atau ke kanan. Untuk membedakan cacahan dari pergerakan motor ke kiri atau ke kanan diperlukan suatu rangkaian tertentu agar apabila motor bergerak ke kanan rangkaian akan menghitung naik (*up counter*) dan apabila motor bergerak ke kiri rangkaian akan menghitung turun (*down counter*). Adapun rangkaian *counter* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.6, data dari sensor masuk ke dalam IC 74LS74 melalui pin D dan CLK. Perlu diketahui bahwa output sensor menghasilkan dua signal dengan kondisi yang berbeda. Adapun kedua output dari 74LS74 (Q dan \bar{Q}) diumpangkan ke dua buah *Nand-Gate*. Hal ini dimaksudkan agar kedua output *Nand-Gate* selalu dalam kondisi berbeda. Perbedaan kondisi inilah yang akan digunakan untuk pembeda antara cacahan naik (*up counter*) dengan cacahan turun (*down counter*). PRST akan aktif ketika kaki *base* dan *collector* dari BC547 diberi VCC.

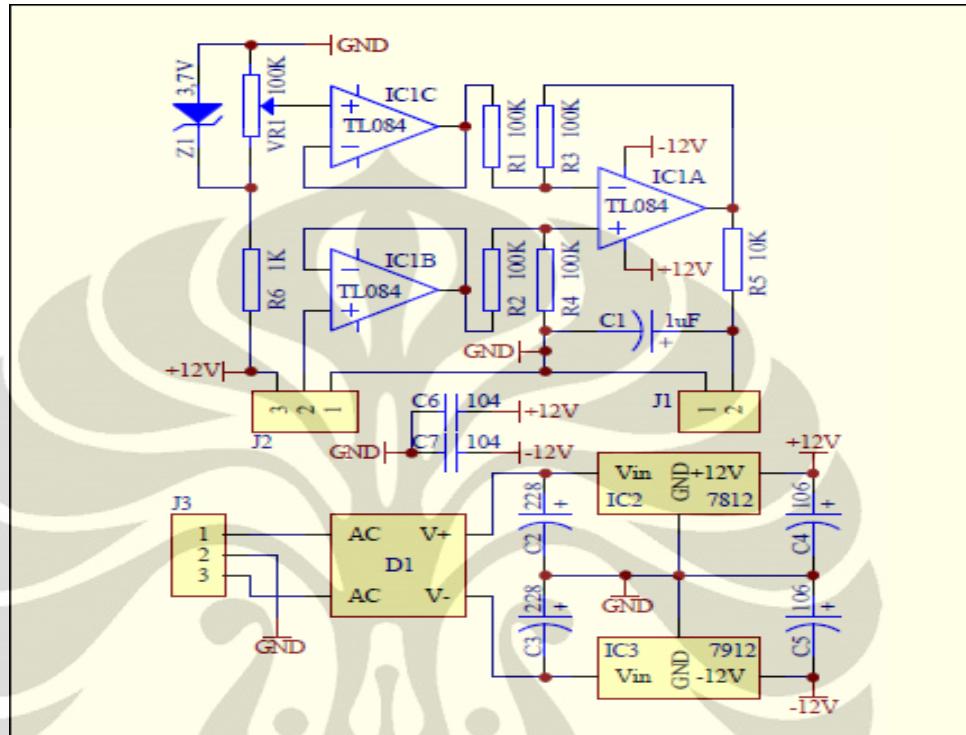
Adapun kedua output dari *Nand-Gate*, (TCU untuk *up counter* dan TCD untuk *down counter*) diumpankan ke IC 74LS193 yang merupakan *counter* 4 bit. Sedangkan *counter* yang dihasilkan sebesar 16 bit dengan menggunakan empat buah IC 74LS193 untuk setiap pencacahan yang akan diberikan ke setiap motor. Jumlah motor yang digunakan ada tiga buah sehingga jumlah IC 74LS193 yang digunakan pun menjadi dua belas buah. Hasil *counter* dari IC 74LS193 akan dikirim ke IC 74LS245 untuk nanti dipergunakan sebagai pembacaan terhadap pergerakan posisi setiap motor.

3.3 Rangkaian Pengkondisi Signal

Pengkondisi signal berfungsi untuk menguatkan tegangan keluaran sensor Efek Hall agar mampu diproses pada peralatan selanjutnya. Sensor Efek Hall tipe SS9 memanfaatkan sebuah chip Efek Hall dalam *integrated circuit* (IC) yang dapat menaikkan kestabilan dan kinerja pada suhu. Laser memotong lapisan tebal substrate ceramic dan lapisan film tipis pada *integrated circuit* (IC) yang mengurangi null dan pergeseran temperature yang menghasilkan ketetapan sensitivitas dari sebuah alat dan seterusnya. Keluaran tidak akan melebihi tegangan *power supply*. Data yang diberikan pada Tabel 2.1 saat tidak ada medan luar ($B = 0 \text{ G}$) sensor telah memberikan tegangan keluaran (output) sebesar 4 Volt. 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.

Sensitivitas sensor bergantung tegangan masukan yang diberikan. Untuk tegangan masukan sebesar 4 Volt tingkat sensitivitas sensor adalah sekitar 5 mV/gauss. Keluaran sensor merupakan tegangan dengan orde milivolt. Oleh karena itu, diperlukan rangkaian penguat yang berfungsi sebagai pengkondisi signal sebelum diolah lebih lanjut menjadi sinyal digital. Penggunaan sensor Efek Hall sangat efektif digunakan dalam pengukuran fluks magnetic. Sensor Efek Hall juga dapat digunakan sebagai salah satu elemen pengukuran kurva histerisis dari suatu bahan yang dimagnetisasi.

Dari karakteristik yang dijelaskan diatas diperlukan sebuah rangkaian pengkondisi signal dengan konfigurasi sebagai berikut :

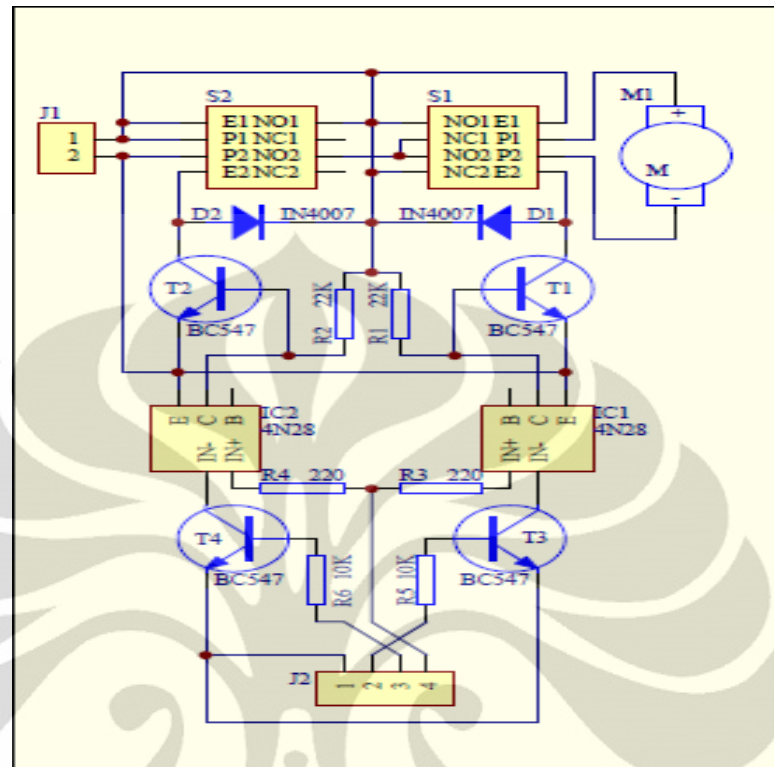


Gambar 3.7 Rangkaian Pengkondisi Signal

Rangkaian ini menggunakan IC TL084 dengan tiga buah op-amp yang terdapat didalamnya dan menggunakan buffer untuk tegangan dari sensor dan buffer untuk tegangan dari diode zener. Rangkaian ini juga terdiri atas rangkaian op-amp *adder subtracter* dengan satu kali penguatan yang diberikan dari dua hambatan yang sama.

Pada gambar, IC1C sebagai buffer tegangan output dari resistor variabel yang di umpankan pada kaki negative dari IC1A sehingga berfungsi juga sebagai subtracter yang bertujuan sebagai kalibrasi sensor magnetic SS94A2. Dari tegangan output sensor yang dibuffer oleh IC1B. Hasil differensial dari kedua tegangan input IC1A dikuatkan satu kali dan di low pass filter dengan menggunakan resistor R5 dan kapasitor C1. Frekuensi cutoff sebesar 15 Hertz.

3.4 Pengendali Motor (*Motor Driver*)



Gambar 3.8 Rangkaian Motor Driver

Pada rangkaian diatas berfungsi sebagai switching, input VCC T3 BC547 dari IC1 4N28 yang akan menjadi ground setelah di trigger, maka mengakibatkan IC1 switch on di optocoupler dan mengaktifkan basis T1 BC547 yang di bias maju oleh D1 IN4007 ke relay, jika kondisi masing-masing high maka motor akan Off, saat keduanya low maka motor akan On.

3.5 Rangkaian Sistem Minimum Atmega8535

Dalam proses pembuatan model pengontrolan objek digunakan IC mikrokontroler Atmega8535. Penulis menggunakan IC ini karena IC ini sangat mudah dipahami, banyak terdapat dipasaran dan harganya juga relatif murah. Rangkaian Sistem Minimum ATmega8535 dapat dilihat pada Gambar 3.9.

Rangkaian Sistem Minimum Atmega 8535 ini menggunakan jenis IC mikrokontroler Atmega8535, kristal 11 MHz, rangkaian Sistem Minimum inilah yang berfungsi sebagai pengendali posisi. Untuk penulisan program atau download program pada Atmega 8535 ini melalui PB.5, PB.6, dan PB.7 yaitu

yang berlabel MOSI, MISO dan SCK, setelah melakukan pendownloadan pin-pin B ini akan digunakan sebagai *peReset* untuk kondisi switch atau kondisi home untuk posisinya. Rangkaian ini pun diberikan supply tegangan 12 Volt yang kemudian akan memberikan keluaran sebesar 5 Volt.

Rangkaian minimum sistem ini terdiri dari empat port yaitu, port A, B, C, D, yang digunakan dengan fungsi masing-masing dari tiap-tiap port seperti dijelaskan dalam Tabel 3.1 berikut.

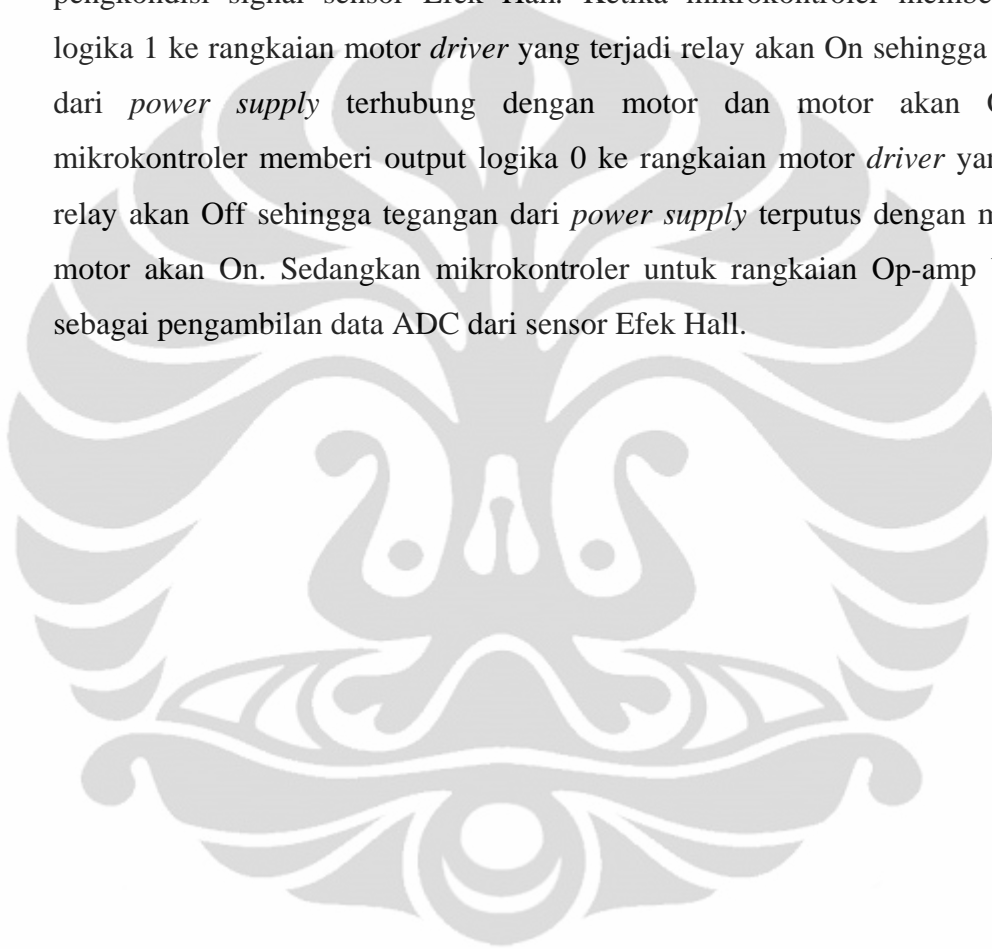
Tabel 3.1 Fungsi Port Atmega 8535 Alat Ukur Distribusi Medan Magnet

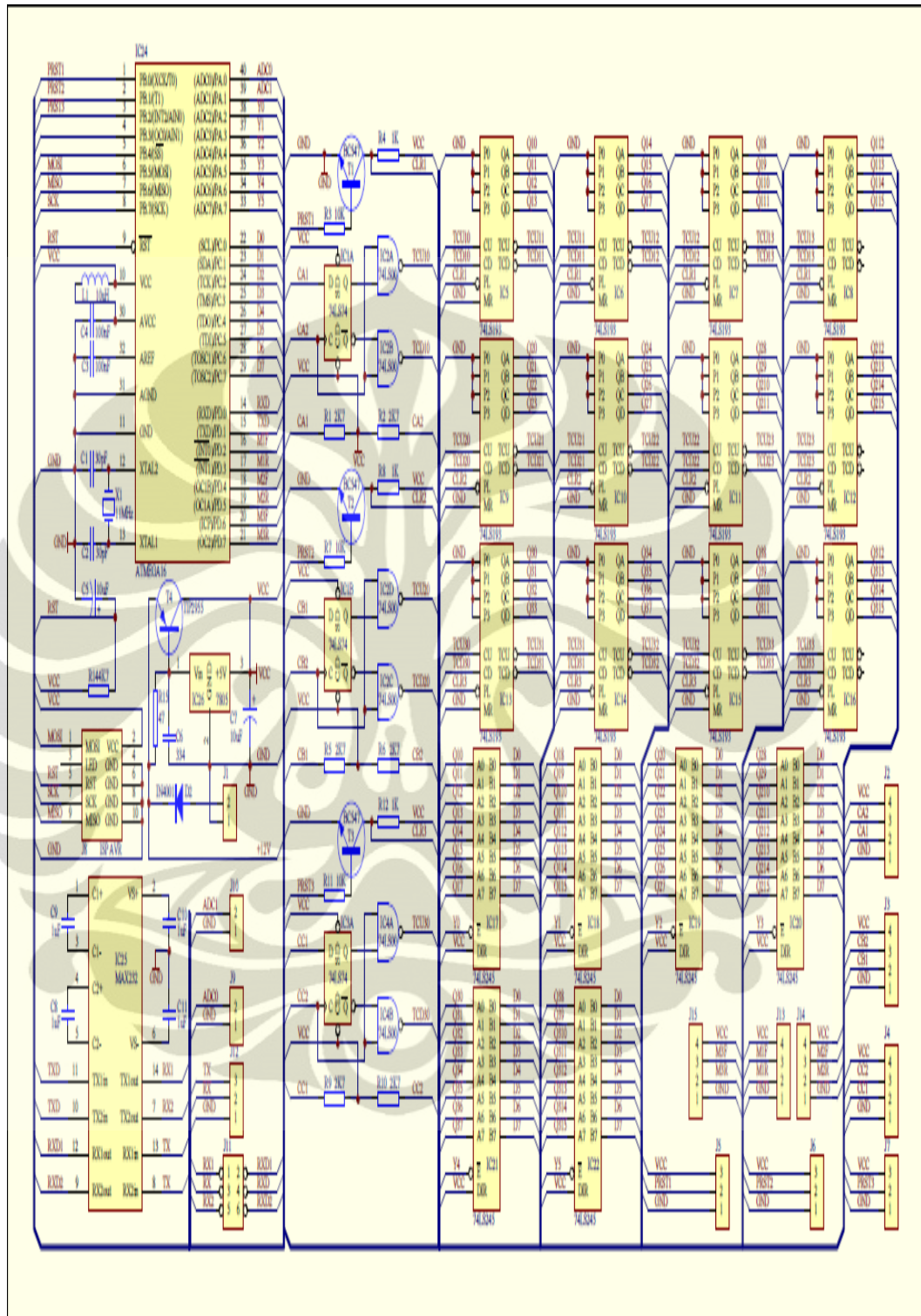
Port	Fungsi	Interface
A0 – A1	Masukan	Sensor
A2 – A7	Keluaran	Selector Motor
B0 – B2	Masukan	Reset
C0 – C5	Masukan	Counter Up/Down Encoder
D0 – D1	Masukan	Serial
D2 – D7	Keluaran	Driver Motor

Pada port A, terdapat 2 pin yang digunakan sebagai ADC yaitu, PA.0 dan PA.1. Pengambilan ADC, kami menggunakan port PA.0 sebagai sensorA dan PA.1 sebagai sensorB, selain itu pada port A pinnya yaitu PA.2 dan PA.3 sebagai posisi sumbu X dengan output Y0 dan Y1, kemudian PA.4 dan PA.5 sebagai posisi sumbu Y dengan output Y2 dan Y3, kemudian PA.6 dan PA.7 sebagai posisi sumbu Y dengan output Y4 dan Y5, maka output Y0-Y5 sebagai input masing-masing ke IC 74245 untuk output atau gerbang penentu posisi IC 74245, dimana kondisinya akan aktif bila diberi kondisi Low. Data yang diperoleh dari pin-pin ini berasal dari hasil *counter up/down* pada IC 74193. Untuk PB.0, PB.1, dan PB.2 dijadikan sebagai reset1, reset2, dan reset3. Pada port C yaitu pin C.0-

C.5 berfungsi sebagai pembaca data *counter* dari sensor *Shaft Encoder* berupa posisi. Pengendalian untuk motor pada sumbu XYZ dilakukan pada PD.2 - PD.7.

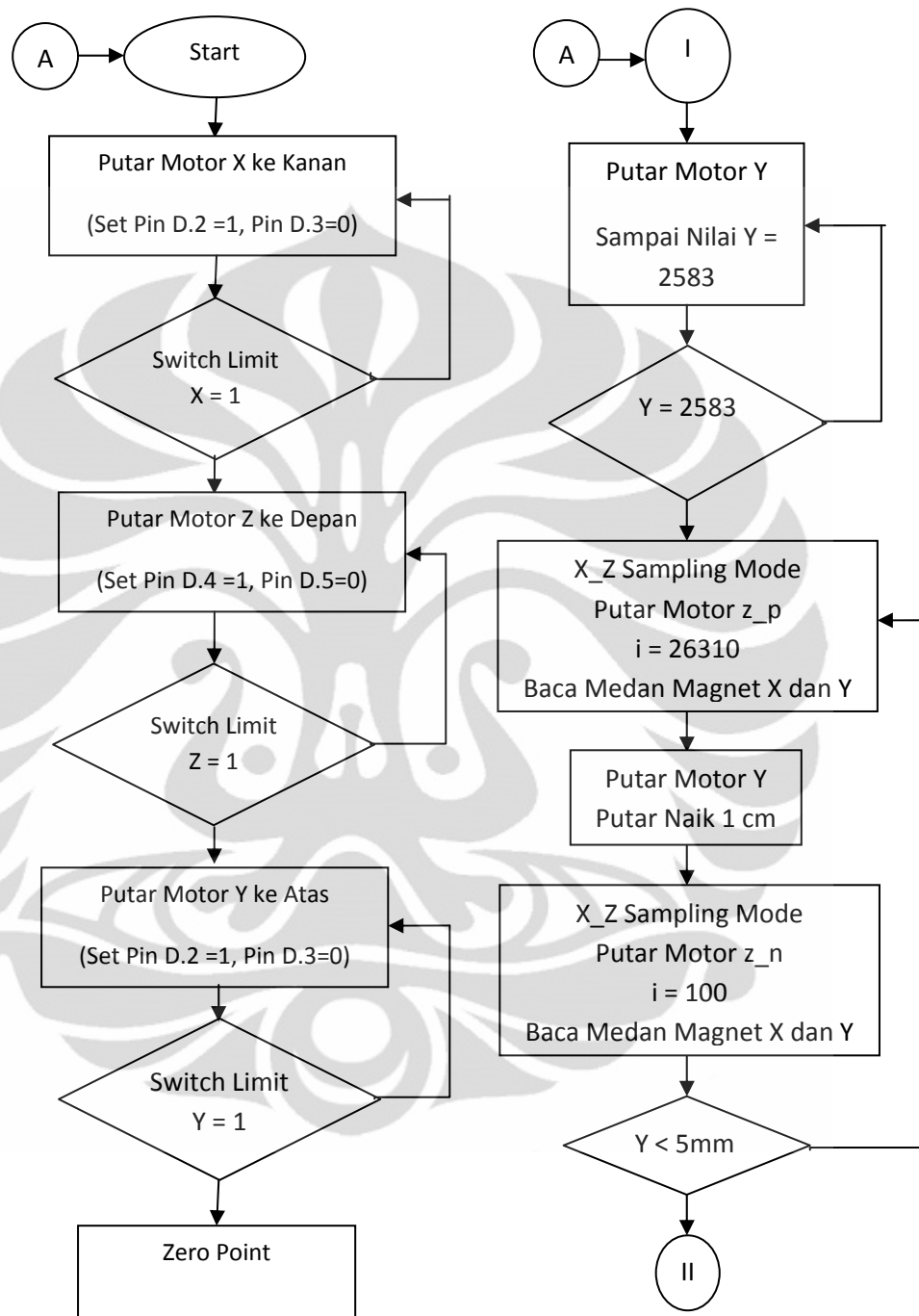
Gerakan motor ketika di forward atau reverse menentukan arah Bergeraknya motor. RST berfungsi sebagai peng *reset* mikro. Rangkaian ini terhubung ke rangkaian lainnya seperti rangkaian *driver* motor dan Op-amp untuk pengkondisi signal sensor Efek Hall. Ketika mikrokontroler memberi output logika 1 ke rangkaian motor *driver* yang terjadi relay akan On sehingga tegangan dari *power supply* terhubung dengan motor dan motor akan On. Jika mikrokontroler memberi output logika 0 ke rangkaian motor *driver* yang terjadi relay akan Off sehingga tegangan dari *power supply* terputus dengan motor dan motor akan On. Sedangkan mikrokontroler untuk rangkaian Op-amp berfungsi sebagai pengambilan data ADC dari sensor Efek Hall.

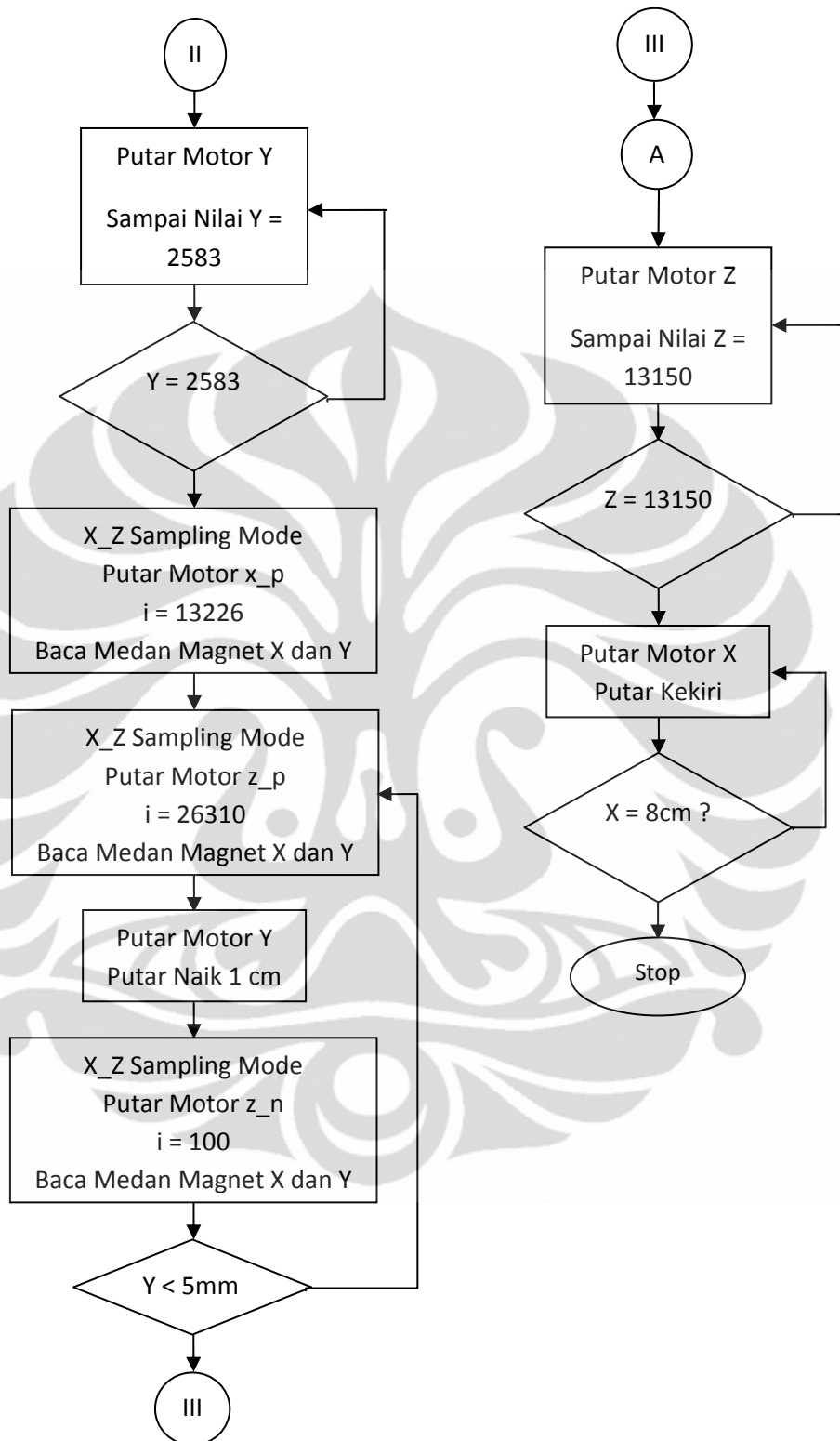




Gambar 3.9 Rangkaian Sistem Minimum Atmega8535

3.6 Flowchart Program Pada Sistem Minimum Atmega8535





Gambar 3.10 Flowchart Program Pada Atmega8535

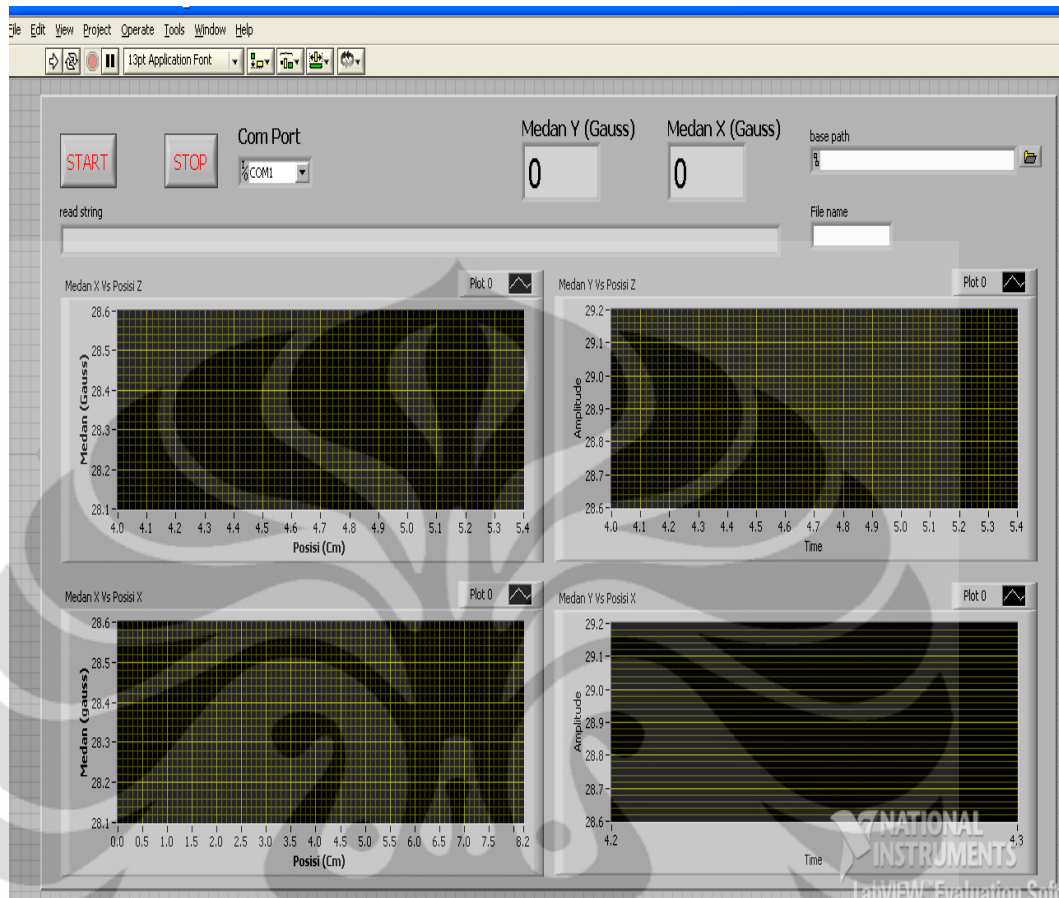
Dari flowchart diatas proses berjalannya dari mikrokontroler Atmega 8535 yaitu bagian A dari flowchart ketika mikrokontroler diaktifkan maka motor sumbu X akan bergerak searah jarum jam, jika tidak sama dengan 1 maka motor sumbu X akan terus bergerak ke kanan, tapi setelah X sama dengan 1 maka limit switch akan tersentuh dan menjadi titik awal posisi sumbu X. Kemudian motor sumbu Z akan terus bergerak kedepan jika tidak sama dengan 1, namun jika sama dengan 1 maka limit switch akan tersentuh dan menjadi titik awal posisi sumbu Z. Kemudian motor sumbu Y akan terus bergerak ke atas jika tidak sama dengan 1, namun jika sama dengan 1 maka limit switch akan tersentuh dan menjadi titik awal posisi sumbu Y. Pengukuran dimulai dengan mengsetpoint dan menginisialisasi variabel-variabel yang digunakan pada program tersebut, lalu selanjutnya program membaca nilai *counter* dari IC 74193 yang di kirim ke IC74245. Saat pengukuran dilakukan pengambilan data dengan tiga tahap. Tahap pertama mengukur medan magnet bidang YZ dengan posisi X pada 0 cm. Bagian awal A dikondisikan SP posisi awal (nol) dari tiap motor telah dilakukan, maka pergerakan pengambilan datanya dimulai dari sumbu Y berada di posisi Y sama dengan 2583 atau 1 cm. Kemudian untuk mengambil data medan magnet A dan B motor sumbu Z akan bergerak maju sampai posisi cacahan bernilai 26310, setelah itu motor sumbu Y akan bergerak naik 1 cm dan mengambil data kembali medan magnet A dan B dengan motor sumbu Z bergerak mundur sampai posisi cacahan bernilai 100, pengambilan data tersebut dilakukan terus menerus sampai posisi sumbu Y sama dengan 7 cm. Sedangkan untuk tahap kedua mengukur medan magnet bidang YZ dengan posisi X pada 4cm. Bagian awal A dikondisikan SP posisi awal (nol) dari tiap motor telah dilakukan. Maka pergerakan pengambilan datanya dimulai dari sumbu Y berada di posisi Y sama dengan 2583 dan putar motor sumbu X sampai posisi cacahan bernilai 13226 atau 4 cm. Kemudian untuk mengambil data medan magnet A dan B motor sumbu Z akan bergerak maju sampai posisi cacahan bernilai 26310, setelah itu motor sumbu Y akan bergerak naik 1 cm dan mengambil data kembali medan magnet A dan B dengan motor sumbu Z bergerak mundur sampai posisi cacahan bernilai 100, pengambilan data tersebut dilakukan terus menerus sampai posisi sumbu Y sama dengan 7 cm. Selanjutnya untuk tahap ketiga mengukur medan magnet sepanjang sumbu X.

Bagian awal A dikondisikan SP posisi awal (nol) dari tiap motor telah dilakukan. Maka pergerakan pengambilan datanya dimulai dari sumbu Z berada di posisi Z sama dengan 13150. Kemudian untuk mengambil data medan magnet A dan B motor sumbu X akan bergerak kekiri sampai posisi sumbu X ama dengan 8 cm. Setelah tiga tahap tersebut dilakukan maka nilai-nilai data tersebut ditampilkan serta diproses menggunakan program LabVIEW dan data disimpan dalam bentuk Excel. Dari program mikrokontroler ini semua dilakukan dengan menunggu nilai SP dan perintah serial (inkey atau waitkey) untuk posisi diberikan, jika nilai SP dan perintah serial telah diterima maka data diproses. Saat nilai SP diterima, nilai tersebut akan dibandingkan dengan nilai counter di IC 74193 jika telah sesuai maka mikro akan memerintahkan motor untuk bergerak maju ataupun mundur sesuai dengan nilai SP yang dikirim.

Jika nilai SP telah diproses dan motor telah bergerak sesuai dengan SP, motor akan berhenti lagi ketika tujuan SPnya telah tercapai dan menunggu SP berikutnya hingga batas maksimum yang ditentukan. Pergerakan motor yang terjadi secara bergantian (X, Y, dan Z) ini dikendalikan secara ON-OFF sesuai dengan SP yang diberikan. Program utama untuk mikrokontroler adalah mentransfer data analog yang diperoleh dari sensor melalui minsis yang berupa nilai ADC dan cacahan dari sensor *Shaft Encoder* kemudian di convert ke dalam LabVIEW.

3.7 Interface menggunakan LabVIEW

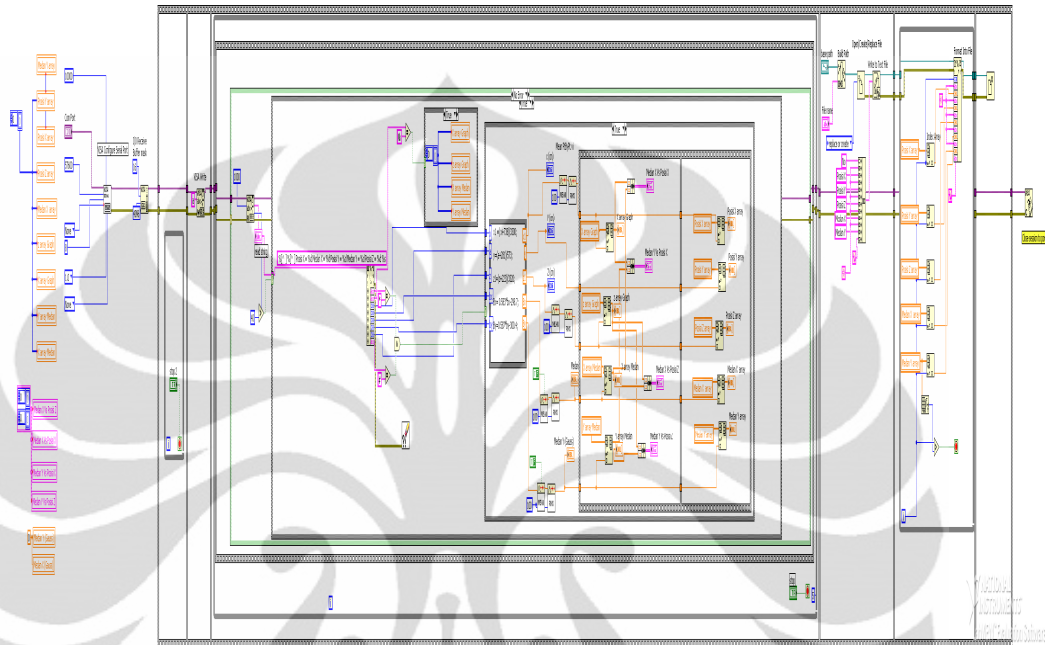
Software LabVIEW berfungsi untuk mengontrol *setting* pengiriman data dan penerimaan data yang kemudian ditampilkan pada komputer. Bahasa pemrograman pada *software* ini menggunakan icon-icon yang memiliki fungsi sebagai pengganti teks dalam membuat aplikasi. Berbeda dengan pemrograman berbasis teks dimana instruksi-instruksi menentukan eksekusi program, LabVIEW merupakan pemrograman aliran data dimana aliran data menentukan eksekusi dari program.



Gambar 3.11 Tampilan Front Panel LabVIEW

Terdapat fungsi front panel dari tampilan LabVIEW pada Gambar 3.11 yaitu fungsi kontrol dan fungsi indikator. Pada fungsi kontrol terdapat menu START, READ STRING, X AXIS, Y AXIS, SAVE, dan STOP. Pada menu START akan mengawali atau memulai untuk menjalankan program. READ STRING yang akan memberitahu proses apa yang sedang berjalan termasuk posisi dari sensor akan dibuat kembali ke titik awal atau setpoint yang diinginkan, sehingga apabila posisi sensor belum pada posisi awal untuk mengambil data maka program akan menjalankan motor untuk mengembalikan ke posisi awal. X AXIS untuk mengontrol posisi X yang diinginkan setelah kondisi set point. Y AXIS, untuk mengontrol posisi Y yang diinginkan setelah kondisi setpoint. Saat read string selesai memberi informasi bahwa setpoint selesai dilakukan, maka proses selanjutnya menjalankan pengambilan dan pengiriman data. Pada menu

SAVE program akan menyimpan data yang telah di olah dalam program akuisisi ke dalam bentuk Ms. Excel. Apabila menu STOP diaktifkan maka seluruh program akan terhenti dan keluar dari aktivitas *looping* program.



Gambar 3.12 Block Diagram LabVIEW

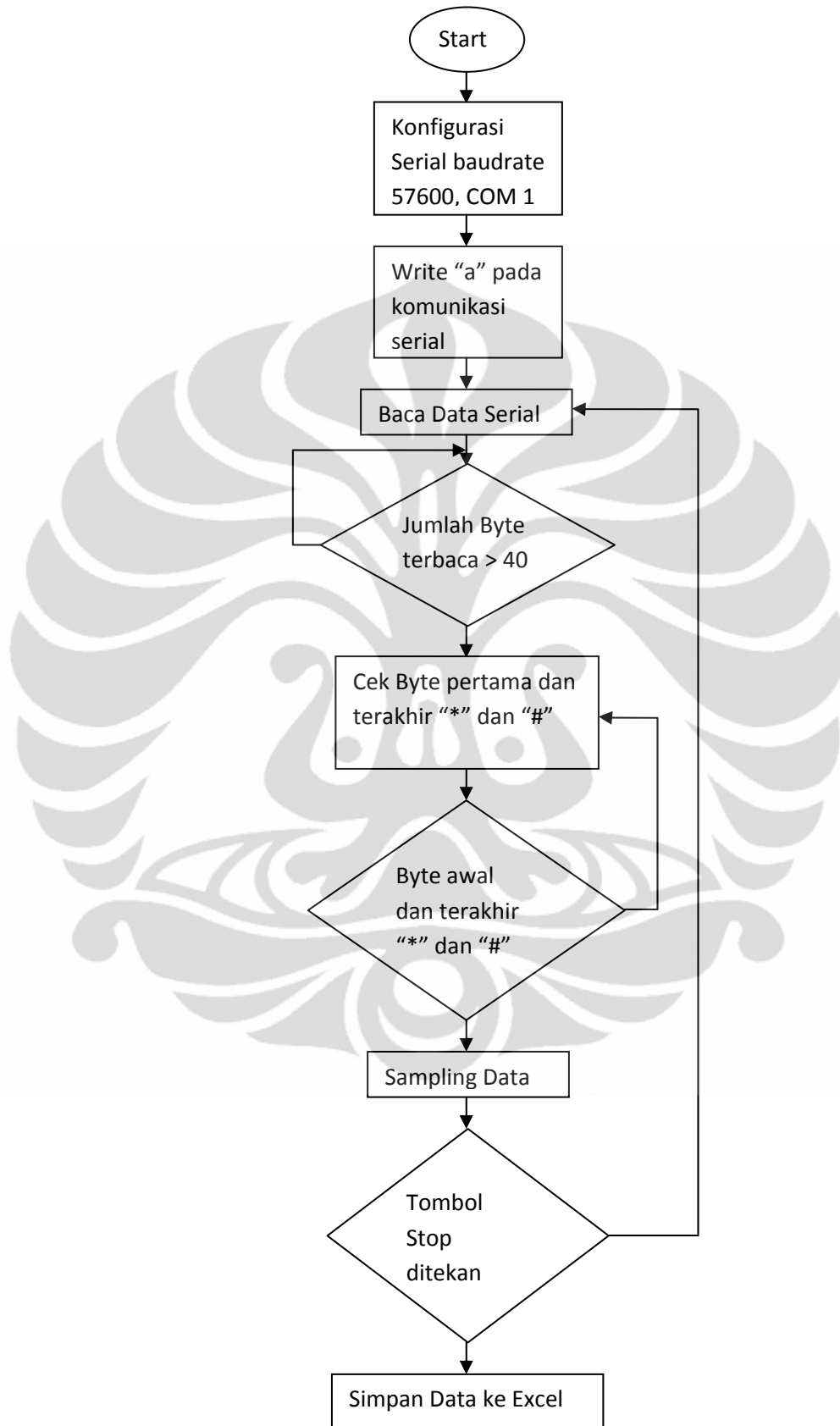
Sebelum mengatur *front panel*, terlebih dahulu program harus diatur melalui *block diagram*. Pada *block diagram* dideklarasikan setiap variabel yang dibutuhkan pada *front panel*. Dan juga menginisialisasi Visa yang akan menghubungkan komputer dengan mikrokontroler. Visa inisialisasi menjadi 3 bagian yaitu VisaSerial, VisaWrite, dan VisaRead. VisaSerial digunakan sebagai inisialisasi setiap port mulai dari baudrate hingga port yang akan digunakan pada komputer. Sedangkan VisaWrite berfungsi menulis apa yang diminta oleh program kedalam mikrokontroler, dan fungsi dari VisaRead adalah sebagai pembaca apa yang akan diperintahkan oleh mikrokontroler pada program.

Penerimaan data dapat langsung diambil sesuai dengan pengaturan atau format data yang telah dikirim sebelumnya dari mikrokontroler. Data yang diterima dari mikrokontroler dipisahkan satu persatu dengan menggunakan fungsi *search/split string* sesuai dengan format yang telah ditentukan pada LabVIEW. Lalu data dirubah dari format string menjadi numerik dengan menggunakan

fungsi *string to number*. Setelah seluruh data diterima maka data akan disimpan dalam bentuk teks ke dalam suatu file yaitu .xls untuk disimpan pada mode Excel.

3.7.1 Flowchart Pemrograman LabVIEW

Pada Gambar 3.13 flowchart LabVIEW digunakan untuk pengambilan data medan magnet. Saat LabVIEW diaktifkan dengan mikrokontroler, untuk komunikasi ketik huruf “a” maka LabVIEW akan membaca data serial dari mikrokontroler dan mengecek apakah benar jumlah byte data dari mikrokontroler lebih besar dari 40, jika kurang dari 40 LabVIEW kembali mengecek data serial yang masuk tapi jika lebih besar dari 40 maka proses akan berjalan. Untuk mengenali data yang diinginkan sesuai, maka LabVIEW mengecek kembali apakah benar byte pertama dengan tanda * dan byte terakhir dengan tanda #, jika sesuai maka LabVIEW akan sampling data dan setelah selesai data diperoleh tekan Stop maka semua data secara otomatis telah tersimpan kedalam Excel. Namun jika tidak sesuai tanda awal dan akhir untuk data tersebut maka LabVIEW akan terus mengecek tanda tersebut sampai sesuai byte pertama dan terakhirnya.



Gambar 3.13 Flowchart Pengambilan Data Medan Magnet

BAB 4

HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA

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

1. Pengujian Motor DC
2. Pengujian Persamaan Posisi (Batang Ulir XYZ)
3. Pengujian Sensor Efek Hall
4. Pengujian Sistem

4.1 Pengujian Motor DC

Pergerakan motor DC yang menggunakan rangkaian motor *driver* sebagai penentuan posisi yaitu pulsa encoder. Saat pengujian tiap motor DC diperoleh data output seperti tabel berikut :

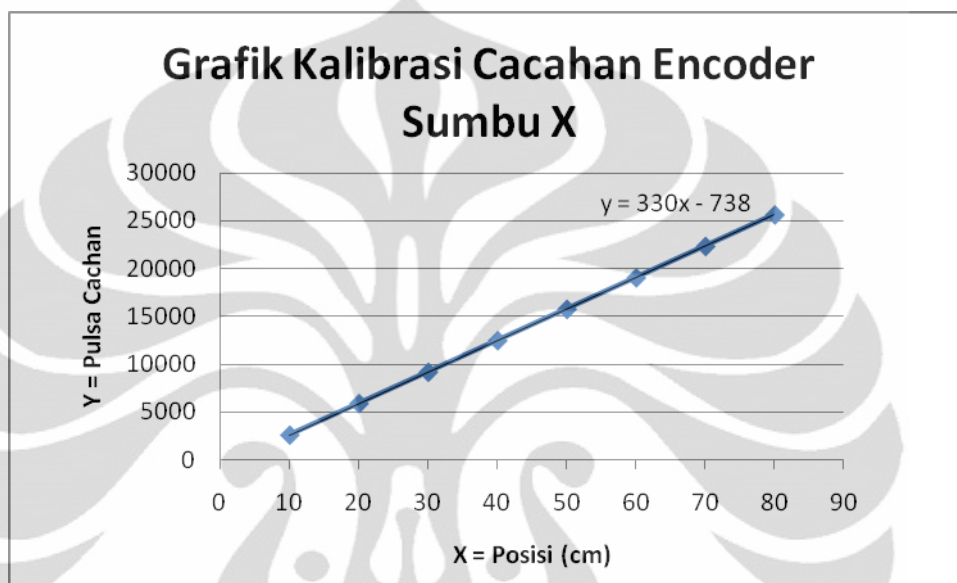
Tabel 4.1 Data Output Motor DC

Input 1	Input 2	Output (Volt)
1	1	0
1	0	24
0	1	0
0	0	-24

Dari Tabel 4.1 motor akan Off jika kedua input high dan input satu low, tetapi motor akan On jika kedua input low dan input satu high.

4.2 Pengujian Persamaan Posisi (Batang Ulir XYZ)

Dari pengujian secara manual didapatkan perpindahan posisi seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.1, Gambar 4.2, dan Gambar 4.3. Pengujian dilakukan dengan cara menggeser batang ulir dan mencatat hasil data dari *shaft encoder* yang timbul.



Gambar 4.1. Grafik antara Batang Ulir Sumbu X dan Shaft Encoder

Dari Gambar 4.1 diperoleh persamaan jarak antara putaran batang ulir sumbu X dengan jumlah pulsa cacahan yang terbaca pada sensor shaft encoder. Persamaan yang dihasilkan dari batang ulir sumbu X linier yaitu :

$$y = 330x - 738$$

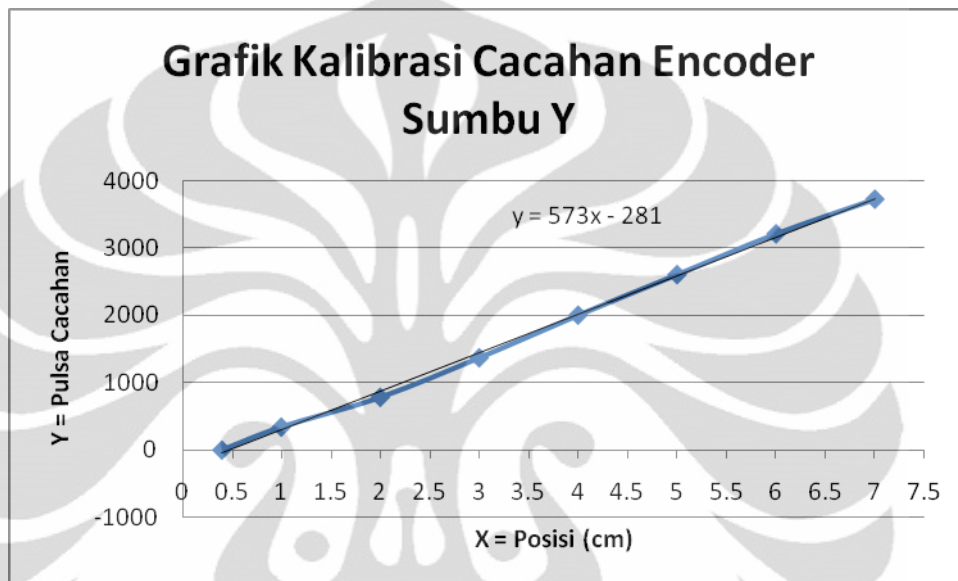
variabel X menunjukkan jarak perpindahan dalam dimensi milimeter sedangkan variabel Y menunjukkan jumlah pulsa atau cacahan yang terbaca oleh sensor shaft encoder.

Batang ulir sumbu X mempunyai fungsi transfer. Fungsi ini diambil dari persamaan linier yang didapat dan digunakan dalam penentuan posisi untuk melakukan pengambilan induksi medan magnet pada posisi yang diinginkan.

Fungsi transfer untuk batang ulir sumbu X

$$x = \frac{y + 738}{330}$$

Bila, jumlah cacahan 25667, maka posisi berpindah sejauh 80 milimeter untuk posisi sumbu X (kanan-kiri).



Gambar 4.2. Grafik antara Batang Ulir Sumbu Y dan Shaft Encoder

Dari Gambar 4.2 diperoleh persamaan jarak antara putaran batang ulir sumbu Y dengan jumlah pulsa cacahan yang terbaca pada sensor shaft encoder. Persamaan yang dihasilkan dari batang ulir sumbu Y linier yaitu :

$$y = 573x - 281$$

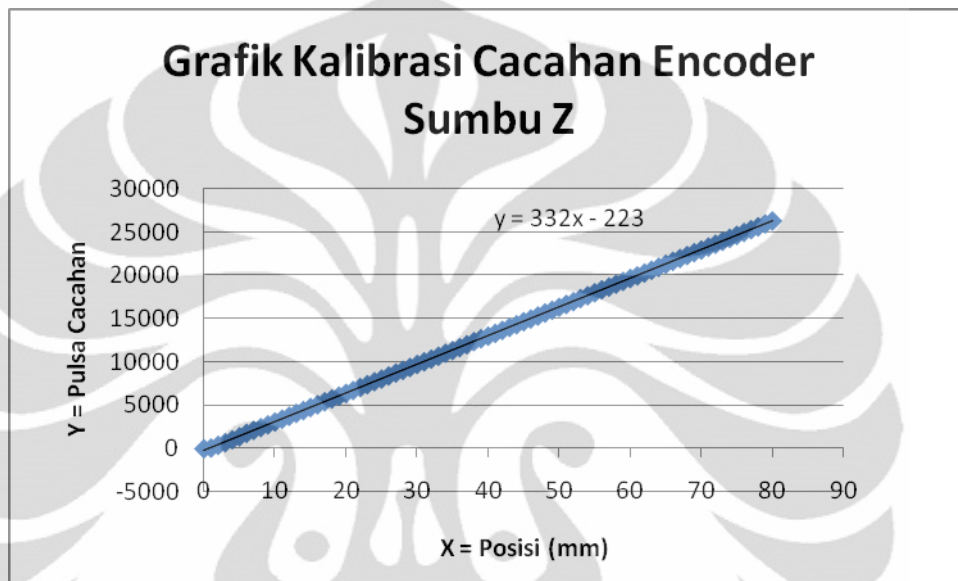
variabel X menunjukkan jarak perpindahan dalam dimensi centimeter sedangkan variabel Y menunjukkan jumlah pulsa atau cacahan yang terbaca oleh sensor shaft encoder.

Batang ulir sumbu Y mempunyai fungsi transfer. Fungsi ini diambil dari persamaan linier yang didapat dan digunakan dalam penentuan posisi untuk melakukan pengambilan induksi medan magnet pada posisi yang diinginkan.

Fungsi transfer untuk batang ulir sumbu Y

$$x = \frac{y + 281}{573}$$

Bila, jumlah cacahan 3721, maka posisi sensor berpindah sejauh 7 centimeter untuk posisi Y (atas-bawah).



Gambar 4.3. Grafik antara Batang Ulir Sumbu Z dan Shaft Encoder

Dari Gambar 4.3 diperoleh persamaan jarak antara putaran batang ulir sumbu Z dengan jumlah pulsa cacahan yang terbaca pada sensor shaft encoder. Persamaan yang dihasilkan dari batang ulir sumbu Z linier yaitu :

$$y = 332x - 223$$

variabel X menunjukkan jarak perpindahan dalam dimensi milimeter sedangkan variabel Y menunjukkan jumlah pulsa atau cacahan yang terbaca oleh sensor shaft encoder.

Batang ulir sumbu Z mempunyai fungsi transfer. Fungsi ini diambil dari persamaan linier yang didapat dan digunakan dalam penentuan posisi untuk melakukan pengambilan induksi medan magnet pada posisi yang diinginkan.

Fungsi transfer untuk batang ulir sumbu Z

$$x = \frac{y + 223}{332}$$

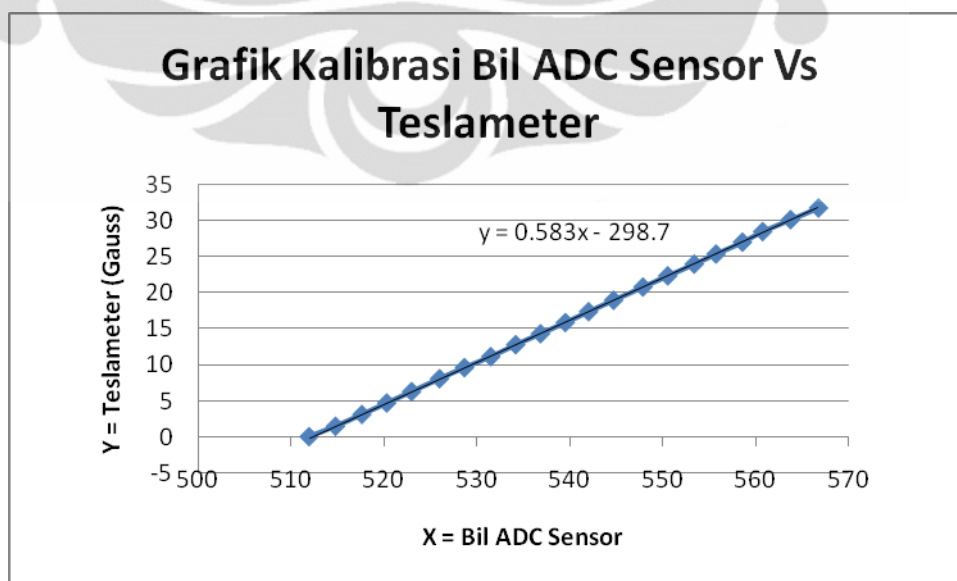
Bila, jumlah cacahan 26347, maka posisi sensor berpindah sejauh 80 milimeter untuk posisi Z (maju-mundur).

4.3 Pengujian Sensor Hall Effect

Pada pengujian sensor yang digunakan, pertama-tama dilakukan kalibrasi pada sensor. Karena pada saat tidak ada medan magnet, sensor akan menghasilkan tegangan sebesar 4 Volt, maka diperlukan sebuah rangkaian pengkondisi signal dengan satu kali penguatan. Range magnetik pada sensor ini adalah dari -500 Gauss sampai dengan 500 Gauss. Sensitivitas dari sensor ini akan mengeluarkan tegangan 5 milivolt untuk tiap 1 Gauss. Maka, pada saat kalibrasi sensor dengan pengkondisi sinyal adalah dengan mengatur keluaran dari pengkondisi sinyal sebesar 2,5 Volt. Setelah dilakukan kalibrasi tersebut, maka sensor sudah bisa digunakan dalam proses pengukuran medan magnet.

Tabel 4.2 Kalibrasi Sensor1 Efek Hall tipe SS94A2

Arus (A)	Teslameter (Gauss)	Bil ADC Sensor
0	0	512
0.1	1	515
0.2	3	518
0.3	5	520
0.4	6	523
0.5	8	526
0.6	10	529
0.7	11	532
0.8	13	534
0.9	14	537
1	16	540
1.1	17	542
1.2	19	545
1.3	21	548
1.4	22	551
1.5	24	553
1.6	25	556
1.7	27	559
1.8	28	561
1.9	30	564
2	32	567

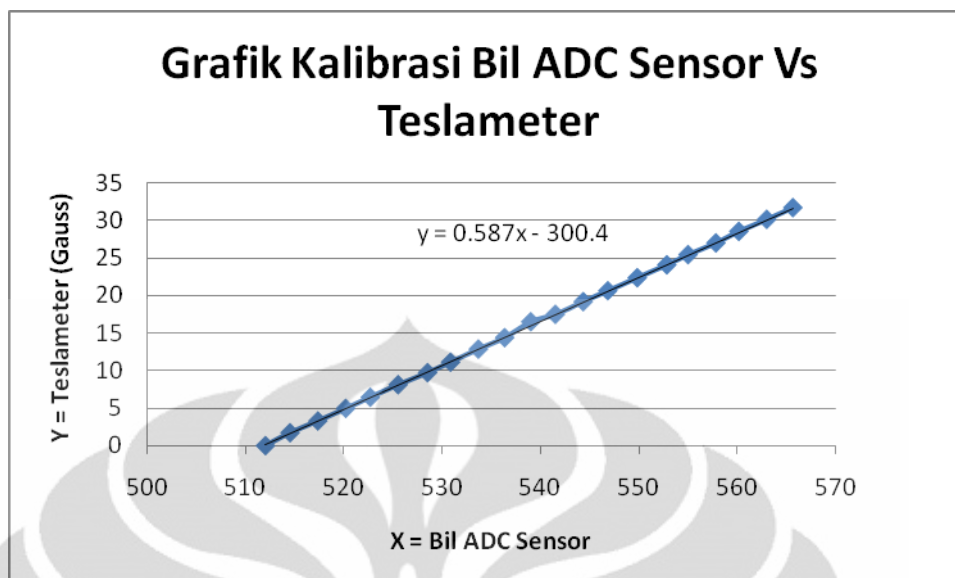


Gambar 4.4 Grafik Kalibrasi Sensor1 Efek Hall SS94A2

Pada Tabel 4.2 bilangan ADC menggunakan resolusi 10 bit menjadi 1023 dan dimulai dari 512 karena bilangan ADC diperoleh dari V_{in} dibagi V_{cc} dikali 1023, maka V_{in} sama dengan bilangan ADC dibagi 1023 dikalikan V_{cc} . Jadi diperoleh tegangan V_{in} sebesar 2.5 Volt. Maka saat tidak arus sensor1 Efek Hall telah terbaca output bil ADC 512 yang sama dengan V_{in} atau tegangan Hall sebesar 2.5 Volt. Gambar 4.4 menunjukkan grafik kalibrasi sensor1 yang dihasilkan melalui pengambilan data induksi medan magnet dari sensor Efek Hall yang digunakan dengan teslameter. Sumbu Y menunjukkan hasil konversi dari data yang dihasilkan oleh teslameter, sedangkan sumbu X menunjukkan data yang dihasilkan dari sensor Efek Hall yang digunakan. Grafik diatas menunjukkan persamaan garis yang hampir linier, maka sensor1 Efek Hall yang digunakan adalah layak pakai dan tidak mengalami kerusakan.

Tabel 4.3 Kalibrasi Sensor2 Efek Hall tipe SS94A2

Arus (A)	Teslameter (Gauss)	Bil ADC Sensor
0	0	512
0.1	2	515
0.2	3	517
0.3	5	520
0.4	6	523
0.5	8	526
0.6	10	529
0.7	11	531
0.8	13	534
0.9	14	536
1	16	539
1.1	17	542
1.2	19	544
1.3	21	547
1.4	22	550
1.5	24	553
1.6	25	555
1.7	27	558
1.8	28	560
1.9	30	563
2	32	566



Gambar 4.5 Grafik Kalibrasi Sensor2 hall effect SS94A2

Pada Tabel 4.3 bilangan ADC menggunakan resolusi 10 bit menjadi 1023 dan dimulai dari 512 karena bilangan ADC diperoleh dari V_{in} dibagi V_{cc} dikali 1023, maka V_{in} sama dengan bilangan ADC dibagi 1023 dikalikan V_{cc} . Jadi diperoleh tegangan V_{in} sebesar 2.5 Volt. Maka saat tidak arus sensor1 Efek Hall telah terbaca output bil ADC 512 yang sama dengan V_{in} atau tegangan Hall sebesar 2.5 Volt. Gambar 4.5 menunjukkan grafik kalibrasi sensor2 yang dihasilkan melalui pengambilan data induksi medan magnet dari sensor Efek Hall yang digunakan dengan teslameter. Sumbu Y menunjukkan hasil konversi dari data yang dihasilkan oleh teslameter, sedangkan sumbu X menunjukkan data yang dihasilkan dari sensor Efek Hall yang digunakan. Grafik diatas menunjukkan persamaan garis yang hampir linier, maka sensor2 Efek Hall yang digunakan adalah layak pakai dan tidak mengalami kerusakan.

4.4 Pengujian Sistem

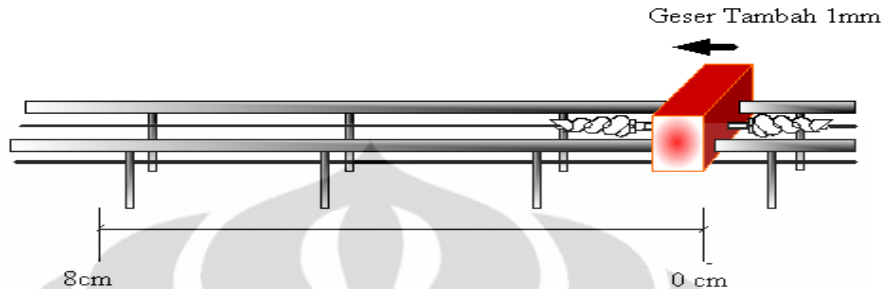
Sistem yang diuji dalam alat ukur distribusi medan magnet pada kumparan Helmholtz ini dilakukan untuk mendapatkan hasil atau data dari pengujian-pengujian sistem, seperti berikut ini :

4.4.1 Pengujian Ketepatan Pergeseran Posisi

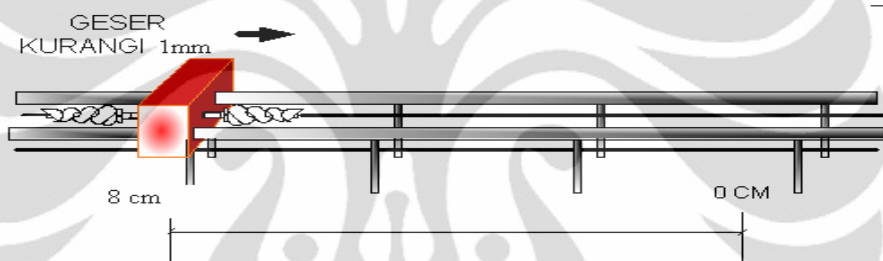
Dari pengujian secara manual ini didapatkan hasil perpindahan posisi seperti yang ditampilkan pada tabel di **Lampiran1**, pengujian dilakukan dengan cara menggeser ulir dengan perpindahan setiap 1 mm secara manual dan mikrokontroler mencacah hasil dari encoder dengan komunikasi serial akan ditampilkan hasilnya ke hyperterminal.

Hasil data Pengujian dengan pergeseran sebesar 1 mm dapat dilihat di lembar **Lampiran1**. Terdapat 3 data untuk pergeseran ini, yaitu sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z dengan nilai putaran encoder yang berbeda.

Pengujian ini penulis lakukan dengan cara menggeser-geser ulir secara manual dengan pergeseran setiap perpindahan 1 mm dari posisi terkecil menuju posisi terbesar dan sebaliknya, hasil cacahan atau counter dari shaft encoder yang didapatkan dapat penulis lihat dari hyperterminal dan nilai tersebut telah dikalibrasi serta diperoleh persamaan untuk setiap sumbunya.



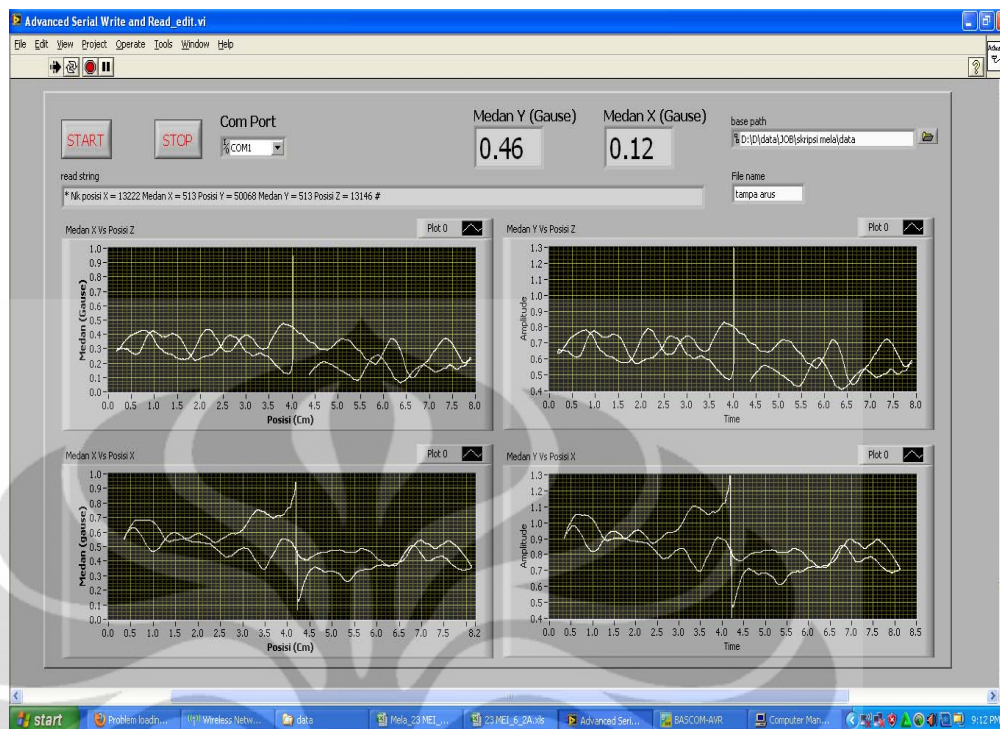
Gambar 4. 6. Cara Manual Yang Dilakukan Dengan Kenaikan Setiap 1mm^[5]



Gambar 4. 7. Cara Manual Yang Dilakukan Dengan Penurunan Setiap 1mm^[5]

4.4.2 Pengujian Posisi XZ dan Medan Magnet AB tanpa Arus

Pengujian ini dilakukan untuk membuktikan ada tidaknya induksi medan magnet didaerah kumparan Helmholtz jika tidak dialiri arus dan pengaruh tiga motor DC pada sumbu X, Y,dan Z yang berbahan konduktor setelah diletakkan \pm 1m dibawah kumparan Helmholtz. Dari pengukuran yang dilakukan diperoleh data dalam bentuk tampilan labview sebagai berikut :



Gambar 4.8 Pengujian Posisi XZ dan Medan Magnet (XY=AB) tanpa Arus

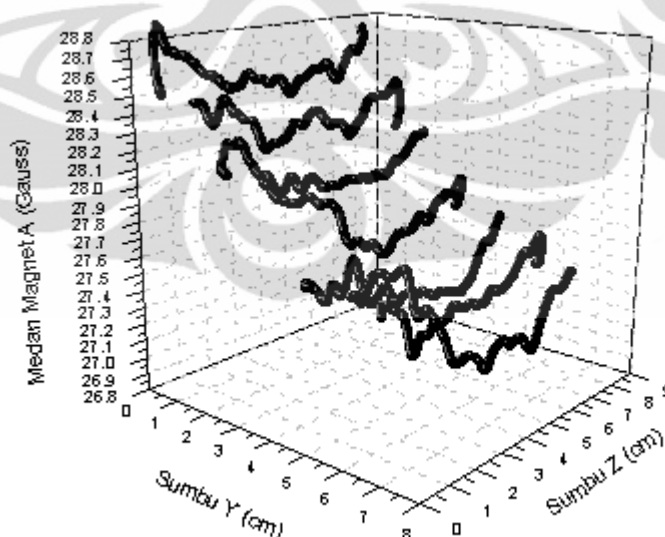
Dari tampilan tersebut terlihat bahwa ketika kumparan Helmholtz tidak dialiri arus listrik masih terdapat medan magnet diantara kedua kumparan. Rata-rata medan magnet sensor1 pada sumbu X atau medan magnet A sebesar 0.12 Gauss sedangkan sensor2 pada sumbu Y atau medan magnet B 0.46 Gauss. Nilai ini digunakan sebagai titik awal dalam pengukuran medan magnet pada saat kumparan Helmholtz dialiri arus.

4.4.3 Pengambilan Posisi bidang (YZ) dan Medan Magnet (AB)

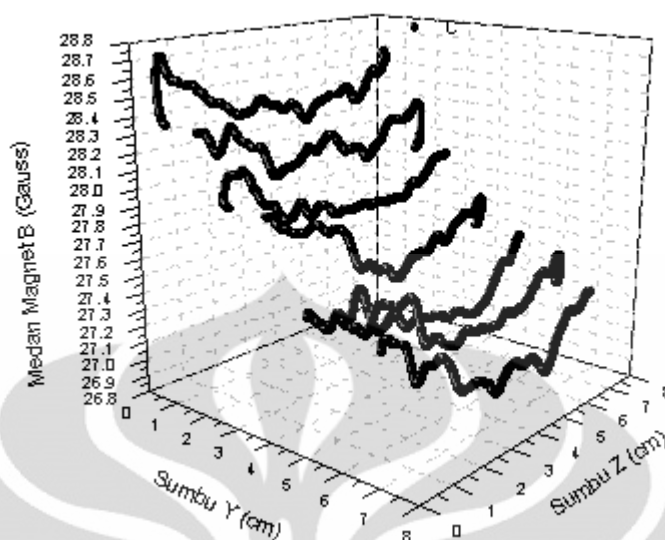
Sensor SS94A2 merupakan sensor Efek Hall untuk mendeteksi adanya induksi medan magnet. Sensor ini menghasilkan output nilai bilangan ADC yang akan diteruskan menuju mikrokontroler. Mikrokontroler akan memproses bilangan ADC tersebut dalam bentuk medan magnet (Gauss). Untuk mendapatkan nilai monitoring medan magnet dilakukan pemrograman pada mikrokontroler. Hasil data pengujian SS94A2 untuk monitoring medan magnet di sekitar kumparan Helmholtz dapat dilihat pada **Lampiran3** untuk ketinggian sumbu Y tiap 1 cm. Seperti yang telah dijelaskan pada bab 3 pengambilan data dilakukan dalam tiga tahap yaitu sebagai berikut :

Tahap I mengacu pada Gambar 3.3 daerah efektif yang digunakan dalam pengukuran kumparan Helmholtz untuk sumbu Y posisi 0 cm berada paling atas karena limit switchnya diletakkan diatas dan pengukuran diambil tiap 1 cm sumbu Y dari posisi 7 cm ke 1 cm dan sumbu Z bergerak mundur dari 0.5 – 8 cm saat posisi sumbu Y sama dengan 7 cm, namun saat posisi sumbu Y sama dengan 6 cm, sumbu Z bergerak maju dari 8 – 0.5 cm, hal itu dilakukan berulang-ulang sampai Y sama dengan 1 cm maka akan di dapatkan hasil data medan magnet A dan B pada posisi bidang1 (YZ) saat bidang terletak di $X = 0$ cm tepi kanan kumparan Helmholtz. Kemudian data medan magnet A dan B dibuat tampilan tiga dimensinya dengan menggunakan software origin.

Dari hasil Gambar 4.9 dan 4.10 terlihat memiliki daerah medan magnet yang cekung karena pengaruh posisi bidang1 (YZ) yang berada pada tepi kanan sumbu X atau pada 0 cm. Saat posisi Z berada di 2 – 6 cm dari masing – masing ketinggian Y, terlihat hampir semua medannya kecil dan homogen serta terlihat data medan A (27.65 G) lebih besar dari pada medan B (27.49 G) dengan selisih 0.16 G.



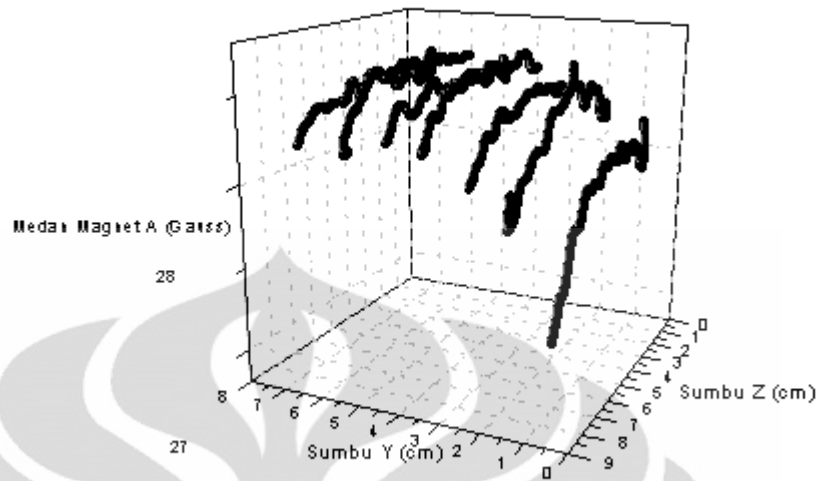
Gambar 4.9 Posisi Bidang1 dan Medan Magnet A



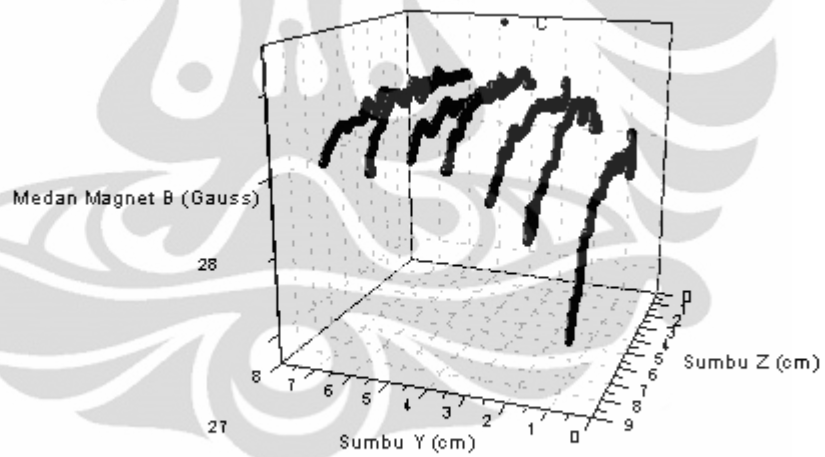
Gambar 4.10 Posisi Bidang1 dan Medan Magnet B

Selanjutnya tahap II cara pengambilan data sama dengan tahap I, tetapi berbeda pada posisi bidangnya karena pengambilan data tahap II bidang2 (YZ) terletak di $X = 4$ cm atau titik tengah kumparan Helmholtz. Kemudian data medan magnet A dan B yang diperoleh, dibuat tampilan tiga dimensinya dengan menggunakan software origin.

Hasil data medan magnet A dan B untuk Gambar 4.11 dan 4.12 berbanding terbalik dengan tahap I yaitu berbentuk cembung karena pengaruh posisi bidang2 (YZ) yang berada pada titik tengah kumparan Helmholtz atau pada $X = 4$ cm. Saat posisi Z berada di 2 – 6 cm dari masing – masing ketinggian Y, terlihat hampir semua medan magnetnya besar dan homogen serta terlihat data medan magnet A (28.41 G) lebih besar dari pada medan magnet B (28.27 G) dengan selisih 0.14 G.



Gambar 4.11 Posisi Bidang2 dan Medan Magnet A

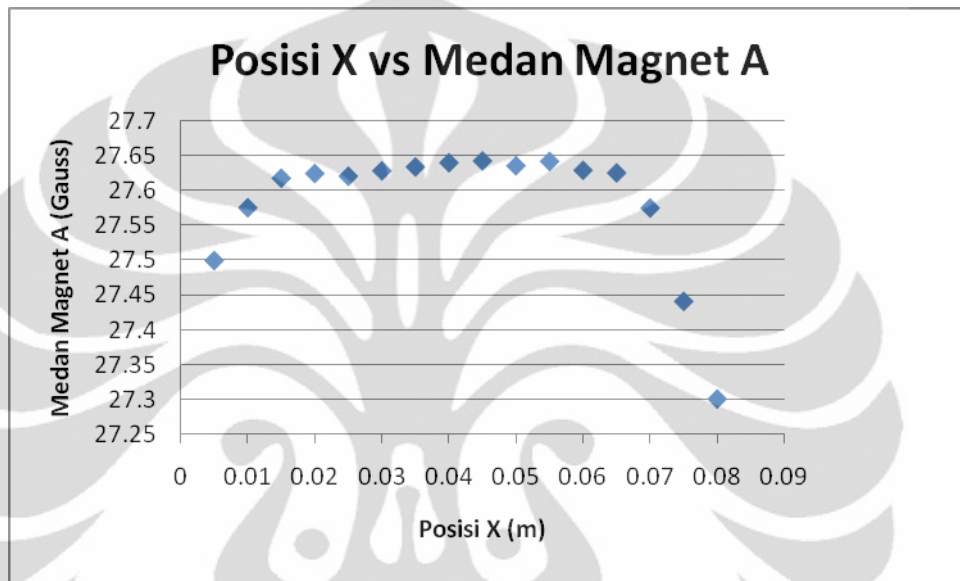


Gambar 4.12 Posisi Bidang2 dan Medan Magnet B

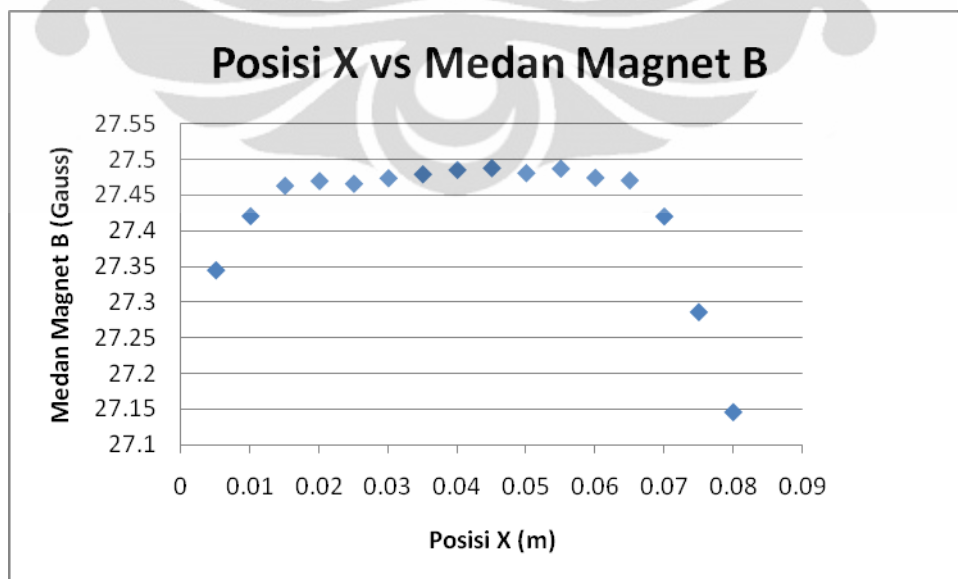
4.4.4 Pengambilan Medan Magnet AB sepanjang Sumbu X

Pada pengambilan data tahap III ini diambil data medan magnet A dan B sepanjang sumbu X dari 0.5 cm – 8 cm. Diperoleh data pengukuran pada

Lampiran 4 dan didapat grafik seperti berikut :

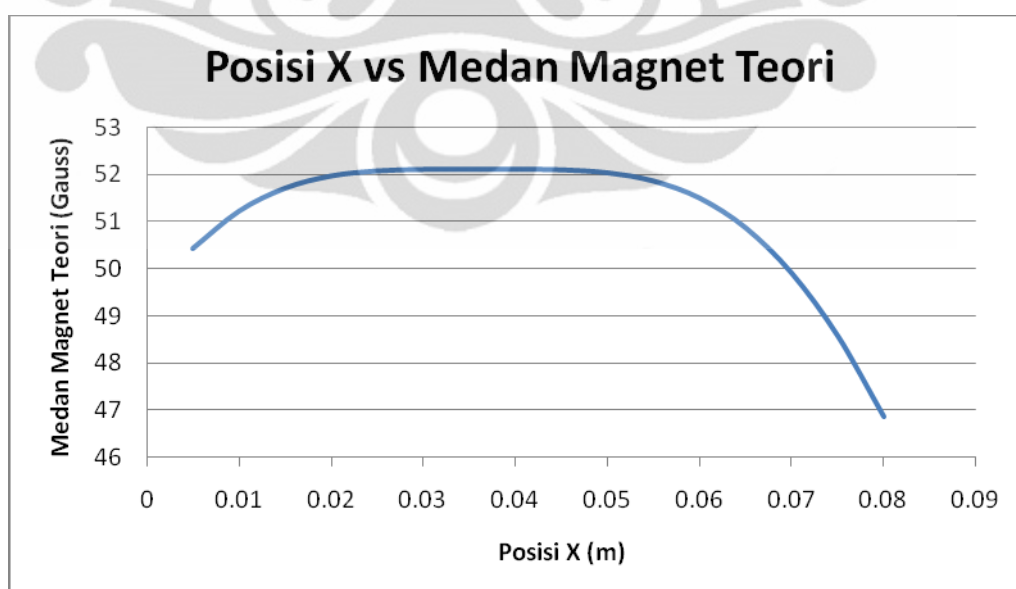


Gambar 4.13 Posisi X dan Medan Magnet A



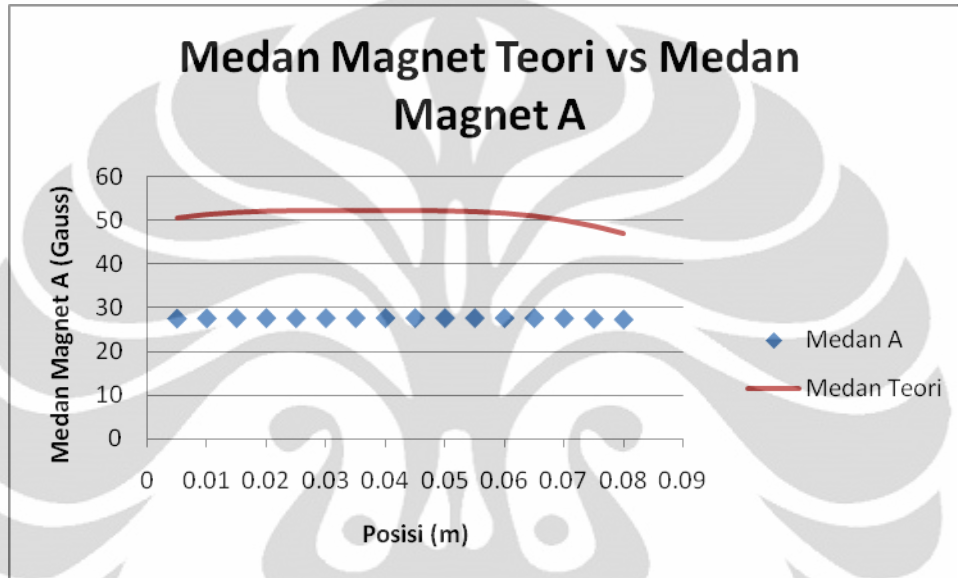
Gambar 4.14 Posisi X dan Medan Magnet B

Dari Gambar 4.13 dan 4.14 didapatkan nilai medan magnet yang seragam atau stabil jika masih didalam kumparan tapi jika diujung-ujung kumparannya data medan magnet cenderung turun karena sudah berada diluar daerah medan magnet kumparan Helmholtz. Posisi sepanjang sumbu X yang dibaca sensor hanya berada pada daerah efektif yaitu 0 – 8 cm sedangkan jari – jari kumparan dalam 14.5 cm, hal itu dikarenakan posisi kedudukan sensor ada didalam daerah efektif kumparan Helmholtz, serta menghasilkan grafik yang sama antara medan magnet A dan medan magnet B namun nilai medan magnet yang dihasilkan berbeda seperti pada **Lampiran 4**. Dapat dilihat juga untuk posisi X medan magnet A (Gambar 4.13) menghasilkan medan magnet yang cukup seragam yaitu sekitar 27.6 Gauss dan dapat terlihat juga diposisi tertentu untuk posisi X medan magnet B (Gambar 4.14) menghasilkan medan magnet yang cukup seragam yaitu sekitar 27.45 Gauss. Hal ini sesuai dengan teori yang menyebutkan daerah medan magnet kumparan Helmholtz pada daerah tertentu besarnya hampir seragam.

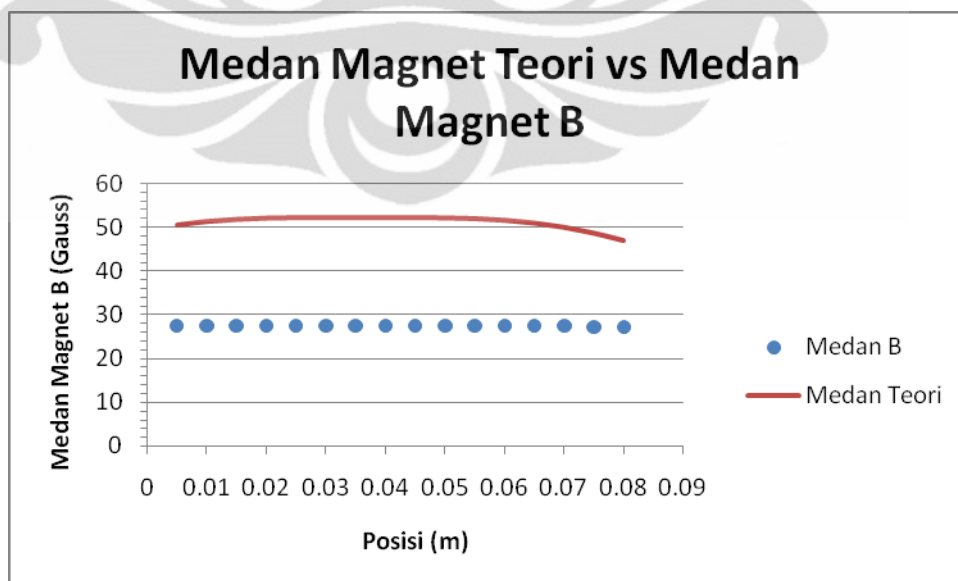


Gambar 4.15 Posisi X dan Medan Magnet Teori

Gambar 4.15 diperoleh dari perhitungan secara teori yang ada pada **Lampiran 4**, menghasilkan medan magnet yang lebih besar daripada pengukuran namun grafik yang diperoleh menghasilkan trend yang sama modelnya meskipun berbeda data medan magnetnya. Untuk medan teori nilai medan magnet sekitar 46 – 52 Gauss sedangkan pengukuran nilai medan magnetnya sekitar 27.3 – 27.6 Gauss.



Gambar 4.16 Posisi X, Medan Magnet Teori, dan Medan Magnet A



Gambar 4.17 Posisi X, Medan Magnet Teori, dan Medan Magnet B

Sedangkan Gambar 4.16 dan Gambar 4.17 membandingkan grafik antara medan teori dan medan pengukuran. Dari gambar tersebut terlihat medan magnet A dan medan magnet B lebih rendah dibandingkan dengan medan magnet hasil dari perhitungan namun menghasilkan trend atau pola grafik yang sama yaitu seragam pada daerah tertentu sepanjang daerah efektif sumbu X.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Telah berhasil dibuat suatu sistem yang dapat mendeteksi dan mengukur distribusi induksi medan magnet di dalam kumparan Helmholtz secara otomatis.
2. Kumparan Helmholtz menghasilkan medan magnet homogen pada daerah tertentu antara dua kumparannya sepanjang garis tengah pusat kumparan.

5.2 Saran

Pada pengembangan lebih lanjut disarankan agar rancang bangun mekanik sistem alat ukur distribusi medan magnet lebih stabil dan kokoh sehingga data yang diperoleh lebih akurat.

DAFTAR ACUAN

- [1] R. A. Serway and J. W. Jewett, *Physics for Scientists and Engineers*, 6th ed.: Thomson Brooks/Cole, 2004.
- [2] Endarko and G. Yudoyono, *Draf Modul Fisika*. Jakarta: Biro Perencanaan dan Kerjasama Luar Negeri Departemen Pendidikan Nasional, 2007.
- [3] R. H. Arjadi, "Sistem Pengukuran Medan Magnetik Dari Sumber Medan Elektromagnetik Helmholtz," *AMTeQ*, pp. 81-92, 2006.
- [4] Fandi Akhmad, "Rancang Bangun Alat Ukur Tegangan Induksi Menggunakan *Virtual Lock-in Amplifier* sebagai Dasar Pengukuran Suseptibilitas Magnet Ac," Skripsi, Departemen Fisika, Universitas Indonesia, Depok, 2010.
- [5] Caecilia S. Gultom, "Sistem Akusisi Data Alat Ukur Distribusi Kuat Medan Magnet pada Kumbaran Helmholtz," Tugas Akhir D3, Departemen Fisika, Universitas Indonesia, Depok, 2010.
- [6] Ludia Safitri, "Rancang Bangun Sistem Monitor Distribusi Kuat Medan Magnet pada Kumbaran Helmholtz," Tugas Akhir D3, Departemen Fisika, Universitas Indonesia, Depok, 2010.
- [7] <http://parts.digikey.com/1/parts/948409-ic-sensor-hall-effect-3-sip-a1302eua-t.html>, dibuka tanggal 3 Maret 2011
- [8] Datasheet Atmega8535 <http://www.alldatasheet.com>, dibuka tanggal 08 Maret 2011
- [9] <http://www.allegromicro.com/en/Products/PartNumbers/shaftencoder.pdf>, dibuka tanggal 3 Maret 2011
- [10] Faulkenberry, Luces, 1982, *An Introduction To Operational Amplifiers*, Taiwan : John Willey & Sons, Inc.
- [11] Putra, Agfianto Eko. 2003. *Belajar Mikrokontroller*. Jakarta: Penerbit Gava Media.

- [12] Imam Haromain, "Rancang Bangun Sistem Pengukuran Medan Magnet Berbasis Mikrokontroler," Skripsi, Departemen Fisika, Universitas Indonesia, Depok, 2010.
- [13] Revisi Rekam | 6400 Helmholtz Seri, Bagian Manual | # 399273, Rev B. Juni 2009, dibuka tanggal 3 Maret 2011
- [14] Usman, 2008, Teknik Antar Muka dan Pemrograman Mikrokontroller ATmega 8535, Yogyakarta : C.V Andi Offset.
- [15] Wardhana Lingga. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroller AVR*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- [16] Anonime.[http://en.wikipedia.org/wiki/medan magnet](http://en.wikipedia.org/wiki/medan_magnet), 10/05/2011 14:00
- [17] Anonim. <http://www.all-datasheet.com/honeywell/sensor SS94>,10/05/2011 15:00



LAMPIRAN 1

Data Kalibrasi Sumbu X

Posisi (mm)	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2	Rata-rata naik	Rata-rata turun	Sumbu X
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	9	64	298	351	304	315	244	354	226	321	216	281	249
2	320	398	637	666	635	654	613	643	561	651	553	602	578
3	665	726	1024	1041	1002	1040	975	1021	926	896	918	945	932
4	955	1089	1362	1360	1309	1338	1250	1340	1261	1129	1227	1251	1239
5	1333	1393	1672	1677	1642	1684	1563	1670	1598	1517	1562	1588	1575
6	1726	1739	1994	2097	1967	2006	1889	2026	1926	1984	1900	1970	1935
7	2039	2063	2315	2393	2311	2357	2259	2337	2261	2248	2237	2280	2258
8	2329	2391	2664	2686	2623	2685	2669	2505	2585	2588	2574	2571	2573
9	2748	2721	3041	3043	2980	3056	2989	2997	2921	2926	2936	2949	2942
10	2993	3086	3316	3388	3281	3372	3286	3354	3223	3321	3220	3304	3262
11	2550	3412	3702	3738	3627	3727	3661	3562	3586	3468	3425	3581	3503
12	3725	3769	4040	4053	3960	4061	3999	3923	3941	4044	3933	3970	3952
13	3999	4106	4310	4388	4320	4397	4260	4366	4240	4323	4226	4316	4271
14	4430	4418	4698	4717	4650	4716	4622	4663	4585	4672	4597	4637	4617
15	4707	4764	5031	5038	5018	5075	4962	5043	4936	4988	4931	4982	4956
16	5013	5111	5305	5371	5338	5395	5304	5428	5268	5373	5246	5336	5291
17	5408	5424	5704	5722	5681	5712	5690	5642	5607	5660	5618	5632	5625
18	5667	5762	6039	6084	5986	6020	5985	5976	5891	6039	5914	5976	5945
19	6053	6100	6328	6403	6289	6342	6276	6356	6192	6340	6228	6308	6268
20	6385	6417	6658	6705	6668	6703	6620	6679	6601	6645	6586	6630	6608
21	6651	6727	7016	7059	6943	7051	7029	7059	6928	7057	6913	6991	6952
22	7036	7094	7291	7420	7291	7350	7246	7373	7237	7350	7220	7317	7269
23	7381	7411	7678	7759	7660	7694	7589	7695	7578	7639	7577	7640	7608
24	7669	7742	7964	8075	7931	8032	7890	8030	7890	7965	7869	7969	7919
25	7969	8077	8332	8379	8270	8347	8288	8344	8220	8324	8216	8294	8255
26	8384	8425	8739	8759	8662	8648	8673	8637	8591	8643	8610	8622	8616
27	8761	8736	9041	9073	8939	9033	8947	8966	8910	8917	8920	8945	8932
28	9008	9069	9301	9301	9246	9358	9242	9334	9226	9268	9205	9266	9235
29	9374	9415	9675	9674	9642	9674	9608	9656	9571	9570	9574	9598	9586
30	9660	9726	10019	10006	9946	10030	9924	9985	9932	9928	9896	9935	9916
31	9982	10083	10309	10344	10231	10368	10256	10338	10242	10261	10204	10279	10241
32	10325	10398	10684	10721	10646	10693	10659	10637	10542	10580	10571	10606	10589
33	10619	10749	11007	11044	10957	11003	10997	10973	10849	10943	10886	10942	10914
34	10986	11071	11297	11357	11279	11314	11324	11335	11179	11326	11213	11281	11247
35	11315	11418	11586	11671	11632	11666	11641	11661	11545	11616	11544	11606	11575
36	11651	11740	11887	11993	11955	12030	11920	12001	11869	11984	11856	11950	11903
37	11958	12047	12237	12353	12297	12378	12272	12311	12236	12273	12200	12272	12236

38	12319	12397	12570	12675	12641	12639	12626	12644	12573	12590	12546	12589	12567
39	12642	12741	12853	13026	12915	13023	12929	12969	12890	12921	12846	12936	12891
40	12962	13022	13302	13335	13249	13320	13329	13308	13233	13297	13215	13256	13236
41	13319	13396	13698	13613	13625	13596	13674	13632	13558	13676	13575	13583	13579
42	13635	13396	13999	13987	13986	14005	14024	13994	13893	13992	13907	13875	13891
43	13950	13943	14309	14329	14309	14310	14330	14319	14240	14320	14228	14244	14236
44	14271	14377	14632	14684	14662	14623	14641	14657	14555	14567	14552	14582	14567
45	14673	14690	15048	14980	14982	14972	14870	14999	14891	14845	14893	14897	14895
46	15002	15029	15297	15347	15284	15250	15199	15319	15240	15159	15204	15221	15213
47	15322	15348	15611	15577	15636	15585	15592	15650	15547	15507	15542	15533	15538
48	15656	15690	15987	15893	16026	15934	15965	16004	15925	15895	15912	15883	15898
49	16006	16018	16306	16260	16319	16185	16272	16279	16254	16205	16231	16189	16210
50	16308	16340	16616	16590	16635	16585	16591	16575	16587	16566	16547	16531	16539
51	16666	16634	16983	16887	16966	16912	16881	16929	16980	16826	16895	16838	16866
52	17008	16965	17335	17261	17272	17246	17240	17192	17210	17184	17213	17170	17191
53	17264	17326	17712	17608	17579	17621	17604	17473	17649	17533	17562	17512	17537
54	17577	17630	18044	17895	17971	17912	17894	17833	17872	17711	17872	17796	17834
55	17961	17967	18336	18239	18268	18223	18202	18218	18211	18110	18196	18151	18174
56	18302	18322	18694	18554	18588	18586	18636	18480	18647	18458	18573	18480	18527
57	18625	18687	19007	18897	18975	18908	18982	18845	18893	18801	18896	18828	18862
58	18974	18912	19335	19249	19257	19248	19316	19188	19261	19150	19229	19149	19189
59	19288	19253	19669	19530	19619	19466	19630	19548	19552	19448	19552	19449	19500
60	19601	19587	20015	19891	19911	19901	19910	19821	19873	19806	19862	19801	19832
61	19977	19945	20317	20203	20311	20244	20282	20180	20260	20121	20229	20139	20184
62	20268	20256	20593	20564	20710	20573	20599	20480	20565	20417	20547	20458	20503
63	20620	20545	20884	20898	21022	20878	20965	20884	20915	20783	20881	20798	20839
64	20942	20886	21346	21188	21352	21212	21299	21180	21292	21043	21246	21102	21174
65	21287	21257	21689	21521	21685	21576	21614	21518	21576	21408	21570	21456	21513
66	21669	21570	22115	21842	22029	21893	21944	21917	21957	21773	21943	21799	21871
67	22018	21899	22390	22054	22332	22234	22311	22172	22295	22151	22269	22102	22186
68	22377	22207	22696	22485	22644	22534	22593	22507	22596	22483	22581	22443	22512
69	22735	22524	23009	22822	23017	22898	23029	22879	22981	22839	22954	22792	22873
70	23052	22951	23396	23198	23347	23208	23339	23197	23268	23132	23280	23137	23209
71	23346	23290	23740	23565	23677	23605	23605	23544	23601	23476	23594	23496	23545
72	23665	23601	24059	23878	24041	23899	24001	23849	23997	23813	23953	23808	23880
73	24011	23890	24422	24217	24368	24238	24318	24216	24289	24155	24282	24143	24212
74	24347	24250	24720	24533	24655	24578	24625	24581	24587	24450	24587	24478	24533
75	24714	24587	25060	24879	25017	24941	25004	24886	24974	24775	24954	24814	24884
76	25036	24925	25447	25199	25320	25238	25313	25214	25274	25137	25278	25143	25210
77	25348	25227	25702	25591	25611	25585	25614	25602	25660	25460	25587	25493	25540
78	25691	25586	25991	25866	25971	25889	26023	25936	25997	25866	25935	25829	25882
79	26080	26000	26260	26228	26302	26245	26295	26205	26380	26149	26263	26165	26214
80	26342	26342	26778	26664	26628	26628	26639	26639	26640	26640	26605	26583	26594

Data Kalibrasi Sumbu Y

Posisi (mm)	A1	A2	B1	B2	Rata- rata naik	Rata- rata turun	Sumbu Y
0	0	0	0	0	0	0	0
1	16	8	4	7	10	8	9
2	70	81	76	61	73	71	72
3	130	134	136	110	133	122	128
4	184	189	182	179	183	184	184
5	245	232	243	214	244	223	234
6	299	290	288	291	294	291	292
7	357	347	353	362	355	355	355
8	396	392	407	394	402	393	397
9	464	448	460	443	462	446	454
10	517	517	515	499	516	508	512
11	585	565	576	556	581	561	571
12	639	612	617	606	628	609	619
13	693	671	684	666	689	669	679
14	745	738	745	727	745	733	739
15	802	782	812	791	807	787	797
16	867	835	874	842	871	839	855
17	925	898	929	892	927	895	911
18	979	953	985	954	982	954	968
19	1037	999	1039	1011	1038	1005	1022
20	1096	1068	1100	1071	1098	1070	1084
21	1151	1137	1160	1131	1156	1134	1145
22	1208	1186	1213	1191	1211	1189	1200
23	1267	1246	1268	1242	1268	1244	1256
24	1320	1303	1330	1304	1325	1304	1314
25	1380	1363	1391	1360	1386	1362	1374
26	1430	1418	1447	1467	1439	1443	1441
27	1498	1483	1504	1526	1501	1505	1503
28	1549	1538	1570	1579	1560	1559	1559
29	1602	1575	1615	1628	1609	1602	1605
30	1656	1649	1679	1687	1668	1668	1668
31	1708	1710	1737	1741	1723	1726	1724
32	1771	1772	1791	1798	1781	1785	1783
33	1825	1830	1843	1853	1834	1842	1838
34	1883	1884	1904	1914	1894	1899	1896
35	1958	1934	1964	1976	1961	1955	1958
36	2020	2002	2027	2030	2024	2016	2020
37	2076	2061	2110	2090	2093	2076	2084

38	2127	2112	2159	2157	2143	2135	2139
39	2192	2168	2226	2205	2209	2187	2198
40	2233	2228	2284	2259	2259	2244	2251
41	2293	2294	2332	2318	2313	2306	2309
42	2352	2346	2390	2379	2371	2363	2367
43	2407	2407	2454	2440	2431	2424	2427
44	2470	2461	2514	2483	2492	2472	2482
45	2524	2522	2570	2540	2547	2531	2539
46	2584	2579	2631	2602	2608	2591	2599
47	2641	2639	2689	2666	2665	2653	2659
48	2688	2692	2754	2722	2721	2707	2714
49	2749	2756	2802	2778	2776	2767	2771
50	2795	2808	2862	2829	2829	2819	2824
51	2865	2867	2919	2888	2892	2878	2885
52	2921	2914	2969	2944	2945	2929	2937
53	2976	2961	3026	3005	3001	2983	2992
54	3024	3018	3091	3063	3058	3041	3049
55	3080	3080	3139	3117	3110	3099	3104
56	3139	3134	3199	3166	3169	3150	3160
57	3204	3186	3259	3220	3232	3203	3217
58	3259	3250	3315	3276	3287	3263	3275
59	3318	3302	3368	3332	3343	3317	3330
60	3374	3361	3417	3393	3396	3377	3386
61	3433	3421	3480	3450	3457	3436	3446
62	3492	3477	3538	3502	3515	3490	3502
63	3543	3530	3596	3556	3570	3543	3556
64	3603	3584	3662	3596	3633	3590	3611
65	3664	3644	3710	3671	3687	3658	3672
66	3721	3704	3774	3721	3748	3713	3730
67	3768	3757	3831	3792	3800	3775	3787
68	3819	3789	3873	3851	3846	3820	3833
69	3875	3875	3938	3910	3907	3893	3900
70	3935	3927	3991	3961	3963	3944	3954
71	3986	3981	4055	4022	4021	4002	4011
72	4054	4036	4118	4079	4086	4058	4072
73	4116	4077	4166	4129	4141	4103	4122
74	4167	4139	4237	4180	4202	4160	4181
75	4233	4183	4281	4233	4257	4208	4233
76	4285	4260	4334	4296	4310	4278	4294
77	4350	4319	4392	4360	4371	4340	4355
78	4393	4376	4454	4411	4424	4394	4409
79	4457	4407	4517	4475	4487	4441	4464
80	4525	4470	4562	4534	4544	4502	4523

81	4568	4544	4646	4575	4607	4560	4583
82	4632	4609	4697	4642	4665	4626	4645
83	4677	4648	4750	4682	4714	4665	4689
84	4737	4717	4804	4758	4771	4738	4754
85	4788	4770	4860	4793	4824	4782	4803
86	4849	4836	4919	4853	4884	4845	4864
87	4908	4895	4973	4930	4941	4913	4927
88	4961	4941	5035	4970	4998	4956	4977
89	5026	5018	5094	5038	5060	5028	5044
90	5082	5071	5149	5092	5116	5082	5099
91	5134	5128	5205	5155	5170	5142	5156
92	5198	5185	5265	5229	5232	5207	5219
93	5258	5244	5312	5283	5285	5264	5274
94	5315	5299	5348	5338	5332	5319	5325
95	5365	5356	5404	5399	5385	5378	5381
96	5419	5408	5478	5439	5449	5424	5436
97	5476	5452	5534	5457	5505	5455	5480
98	5537	5518	5597	5497	5567	5508	5537
99	5592	5565	5653	5561	5623	5563	5593
100	5656	5626	5716	5598	5686	5612	5649
101	5709	5678	5766	5668	5738	5673	5705
102	5762	5742	5825	5714	5794	5728	5761
103	5810	5788	5885	5772	5848	5780	5814
104	5873	5834	5949	5833	5911	5834	5872
105	5929	5887	6000	5882	5965	5885	5925
106	5987	5941	6052	5937	6020	5939	5979
107	6043	5996	6118	5989	6081	5993	6037
108	6098	6046	6180	6063	6139	6055	6097
109	6161	6091	6231	6112	6196	6102	6149
110	6205	6205	6279	6153	6242	6179	6211

Data Kalibrasi Sumbu Z

Posisi (mm)	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2	Rata-rata naik	Rata-rata turun	Sumbu Z
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	126	81	100	71	88	92	67	49	151	78	106	74	90
2	543	425	381	281	385	446	339	380	363	330	402	372	387
3	699	710	679	665	754	745	725	705	734	691	718	703	711
4	1089	1029	1048	991	1061	1115	1045	1012	1054	1011	1059	1032	1046
5	1459	1441	1371	1351	1347	1436	1386	1382	1356	1311	1384	1384	1384
6	1756	1749	1733	1662	1733	1726	1741	1660	2048	2098	1802	1779	1791
7	2077	2062	2031	2035	2026	2131	2107	2066	2339	2400	2116	2139	2127
8	2377	2424	2318	2326	2386	2440	2396	2351	2711	2685	2438	2445	2441
9	2762	2695	2693	2629	2722	2706	2709	2660	3062	3034	2790	2745	2767
10	3040	3035	3010	2979	3050	3096	3002	2969	3380	3371	3096	3090	3093
11	3351	3366	3333	3310	3364	3394	3360	3290	3743	3721	3430	3416	3423
12	3747	3720	3666	3668	3701	3731	3684	3590	4057	4094	3771	3761	3766
13	4038	4078	4006	3999	3981	4105	4023	3991	4343	4343	4078	4103	4091
14	4374	4361	4365	4306	4364	4396	4291	4322	4716	4672	4422	4411	4417
15	4724	4698	4695	4645	4761	4733	4726	4666	5106	5015	4802	4751	4777
16	5029	5034	5030	4983	5051	5058	5073	5015	5364	5257	5109	5069	5089
17	5381	5414	5348	5350	5382	5378	5404	5314	5734	5666	5450	5424	5437
18	5714	5729	5708	5684	5736	5757	5801	5535	6008	5984	5793	5738	5766
19	6026	6069	6029	6022	5992	6130	6013	5925	6314	6304	6075	6090	6082
20	6297	6375	6348	6309	6356	6462	6338	6295	6720	6616	6412	6411	6412
21	6683	6648	6689	6633	6691	6734	6720	6592	7030	6970	6763	6715	6739
22	6988	6932	7003	6993	7058	7137	7038	6948	7356	7381	7089	7078	7083
23	7346	7350	7294	7335	7359	7462	7339	7319	7676	7707	7403	7435	7419
24	7696	7704	7691	7666	7698	7767	7709	7671	7989	8028	7757	7767	7762
25	7963	8017	7955	8015	7955	8064	8015	7968	8352	8358	8048	8084	8066
26	8335	8337	8432	8312	8396	8364	8350	8283	8720	8712	8447	8402	8424
27	8690	8648	8698	8644	8745	8743	8704	8621	9034	9073	8774	8746	8760
28	8983	8978	9012	9030	9001	9082	9018	8946	9359	9338	9075	9075	9075
29	9389	9312	9340	9301	9319	9388	9384	9274	9680	9639	9422	9383	9403
30	9719	9741	9711	9661	9646	9721	9729	9602	10030	9958	9767	9737	9752
31	9985	10128	9924	9967	9980	10044	10043	9841	10435	10271	10073	10050	10062
32	10349	10397	10327	10320	10338	10347	10379	9944	10689	10639	10416	10329	10373
33	10701	10716	10694	10639	10680	10653	10745	10245	11009	10959	10766	10642	10704
34	11010	11149	11027	11015	11022	11063	11044	10620	11335	11265	11088	11022	11055
35	11326	11344	11358	11297	11317	11349	11332	10949	11666	11614	11400	11311	11355
36	11709	11642	11683	11625	11737	11668	11682	11279	11967	12013	11756	11645	11701
37	11995	12030	11986	12013	11992	12057	12050	11634	12336	12310	12072	12009	12040
38	12316	12391	12333	12330	12331	12424	12423	12040	12690	12657	12419	12368	12394

39	12696	12723	12664	12619	12717	12700	12791	12321	13017	12974	12777	12667	12722
40	12985	13056	12993	12956	12999	13075	13018	12634	13332	13233	13065	12991	13028
41	13364	13335	13309	13261	13331	13320	13368	12946	13657	13599	13406	13292	13349
42	13648	13722	13667	13613	13705	13693	13712	13251	14002	13937	13747	13643	13695
43	13969	14032	13989	13967	14018	14077	14055	13602	14317	14310	14070	13998	14034
44	14317	14255	14278	14307	14329	14380	14379	13931	14631	14627	14387	14300	14343
45	14671	14675	14655	14659	14689	14638	14723	14290	15062	14922	14760	14637	14698
46	14981	14937	14975	14960	15008	15006	15050	14614	15336	15271	15070	14958	15014
47	15362	15317	15336	15288	15340	15322	15343	14977	15657	15630	15408	15307	15357
48	15667	15671	15667	15631	15704	15670	15724	15311	16033	15954	15759	15647	15703
49	15975	15997	15949	15875	16047	16110	16005	15639	16323	16307	16060	15986	16023
50	16276	16343	16292	16291	16359	16412	16366	15953	16728	16671	16404	16334	16369
51	16648	16671	16674	16627	16699	16629	16662	16245	17104	16984	16757	16631	16694
52	16983	17017	16995	16979	16993	16996	16974	16561	17356	17320	17060	16975	17017
53	17333	17322	17328	17302	17347	17383	17397	16965	17739	17640	17429	17322	17376
54	17651	17702	17642	17655	17692	17720	17701	17256	18069	17963	17751	17659	17705
55	17983	18028	17985	17976	18050	18039	18053	17620	18414	18310	18097	17995	18046
56	18312	18359	18324	18361	18361	18371	18331	17969	18787	18687	18423	18349	18386
57	18651	18684	18663	18618	18691	18688	18761	18241	19040	18995	18761	18645	18703
58	18968	19040	18996	19013	19036	18959	19038	18600	19441	19321	19096	18987	19041
59	19329	19334	19319	19300	19335	19237	19388	19009	19693	19617	19413	19299	19356
60	19661	19657	19653	19600	19691	19628	19702	19333	20025	19943	19746	19632	19689
61	19984	19991	19990	19972	20028	19970	19702	19650	20347	20279	20010	19972	19991
62	20325	20345	20332	20276	20354	20378	20030	19965	20670	20636	20342	20320	20331
63	20667	20666	20673	20579	20696	20681	20374	20279	21027	20951	20687	20631	20659
64	20998	20994	20967	20900	21184	21026	20701	20641	21307	21374	21031	20987	21009
65	21351	21407	21335	21285	21345	21355	21047	20958	21697	21659	21355	21333	21344
66	21655	21693	21677	21659	21737	21694	21426	21304	22033	21967	21706	21663	21685
67	21992	21986	22006	22026	22104	22036	21758	21637	22339	22280	22040	21993	22016
68	22338	22322	22339	22323	22428	22385	22043	22043	22683	22608	22366	22336	22351
69	22676	22663	22651	22660	22716	22723	22406	22342	23068	22985	22703	22675	22689
70	22980	23013	22972	22929	23002	23034	22724	22571	23364	23294	23008	22968	22988
71	23351	23379	23353	23321	23371	23391	23021	22939	23658	23587	23351	23323	23337
72	23656	23680	23669	23696	23713	23693	23358	23271	23958	23981	23671	23664	23668
73	23981	24008	24023	24010	24082	24008	23689	23639	24332	24269	24021	23987	24004
74	24338	24375	24311	24346	24318	24402	24013	23994	24704	24695	24337	24362	24350
75	24671	24689	24673	24700	24714	24670	24359	24312	25023	25008	24688	24676	24682
76	24977	25008	25038	25093	25015	25043	24738	24647	25371	25308	25028	25020	25024
77	25323	25350	25363	25360	25350	25381	25021	24985	25714	25665	25354	25348	25351
78	25707	25715	25677	25612	25681	25663	25316	25338	25956	26034	25667	25672	25670
79	26009	26040	25993	26034	26027	25985	25692	25628	26360	26334	26016	26004	26010
80	26347	26347	26367	26367	26351	26326	26042	25984	26668	26668	26355	26338	26347

LAMPIRAN 2

Kalibrasi SensorA dan Teslameter

Arus (A)	Naik	Tslamtr	Turun	Tslamtr	Naik	Tslmtr	Turun	Tslamtr	Naik	Tslamtr	Turun	Teslameter
0	512	0	512	0	512	0	512	0	512	0.02	512	0
0.1	515	0.12	515	0.14	514	0.16	515	0.18	515	0.18	515	0.1
0.2	518	0.29	518	0.31	517	0.33	517	0.32	518	0.33	518	0.28
0.3	520	0.43	521	0.5	520	0.48	520	0.48	520	0.47	521	0.45
0.4	523	0.61	523	0.62	522	0.61	523	0.64	523	0.65	524	0.63
0.5	526	0.78	526	0.78	525	0.81	526	0.85	526	0.82	527	0.79
0.6	529	0.97	529	0.95	528	0.96	529	0.99	528	0.97	529	0.91
0.7	532	1.11	532	1.12	531	1.1	531	1.11	531	1.14	532	1.08
0.8	535	1.26	534	1.26	534	1.29	534	1.29	534	1.3	534	1.25
0.9	537	1.41	537	1.43	537	1.46	536	1.42	537	1.45	537	1.39
1	540	1.58	539	1.57	540	1.63	539	1.58	539	1.58	540	1.55
1.1	543	1.73	542	1.73	542	1.76	542	1.74	541	1.73	542	1.7
1.2	545	1.88	545	1.89	544	1.89	545	1.9	544	1.91	545	1.87
1.3	548	2.06	548	2.06	548	2.1	547	2.06	548	2.11	548	2.05
1.4	551	2.21	551	2.24	550	2.21	550	2.25	550	2.23	551	2.23
1.5	554	2.38	553	2.39	553	2.38	553	2.42	553	2.4	554	2.37
1.6	556	2.55	556	2.55	555	2.5	556	2.56	555	2.52	556	2.5
1.7	559	2.66	559	2.69	557	2.73	559	2.74	558	2.66	559	2.68
1.8	561	2.83	561	2.83	559	2.9	561	2.84	560	2.82	562	2.82
1.9	564	3.02	564	3	563	3	563	3	563	3	565	3.01
2	567	3.14	567	3.15	567	3.22	567	3.22	565	3.13	567	3.14

Rata-rata Naik	Rata-rata Turun	Rata-rata Teslameter Naik	Rata-rata Teslameter Turun	Teslameter Naik (Gauss)	Teslameter Turun(Gauss)	Bil ADC Sensor	Teslameter (Gauss)
512	512	0.0	0.0	0	0	512	0
515	515	0.2	0.1	2	1	515	1
518	518	0.3	0.3	3	3	518	3
520	521	0.5	0.5	5	5	520	5
523	523	0.6	0.6	6	6	523	6
526	526	0.8	0.8	8	8	526	8
528	529	1.0	1.0	10	10	529	10
531	532	1.1	1.1	11	11	532	11
534	534	1.3	1.3	13	13	534	13
537	537	1.4	1.4	14	14	537	14
540	539	1.6	1.6	16	16	540	16
542	542	1.7	1.7	17	17	542	17

544	545	1.9	1.9	19	19	545	19
548	548	2.1	2.1	21	21	548	21
550	551	2.2	2.2	22	22	551	22
553	553	2.4	2.4	24	24	553	24
555	556	2.5	2.5	25	25	556	25
558	559	2.7	2.7	27	27	559	27
560	561	2.9	2.8	29	28	561	28
563	564	3.0	3.0	30	30	564	30
566	567	3.2	3.2	32	32	567	32

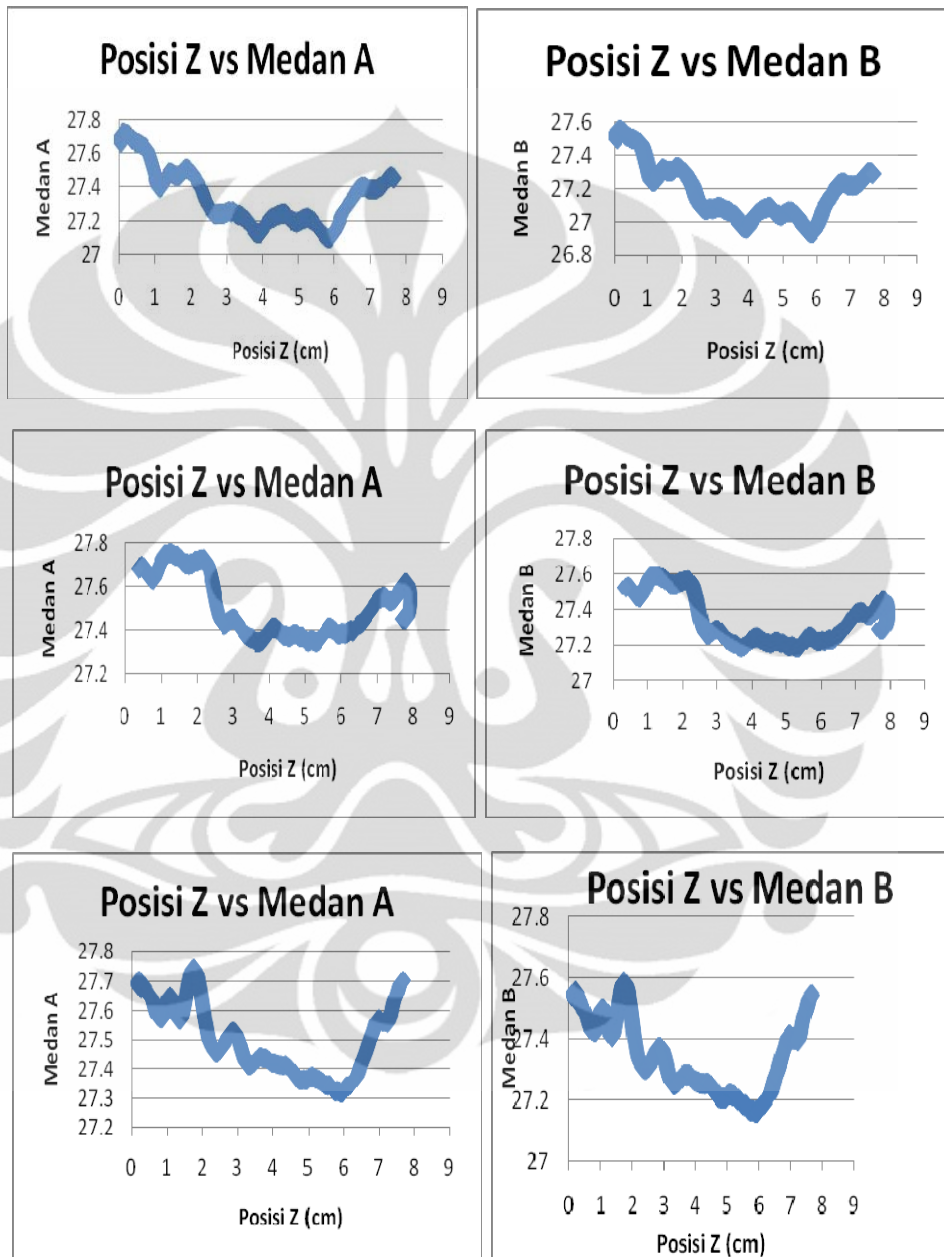
Kalibrasi SensorB dan Teslameter

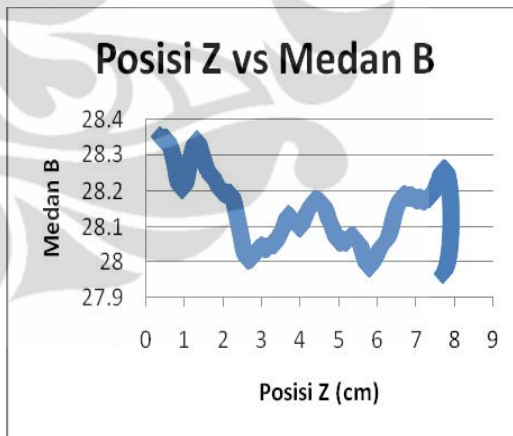
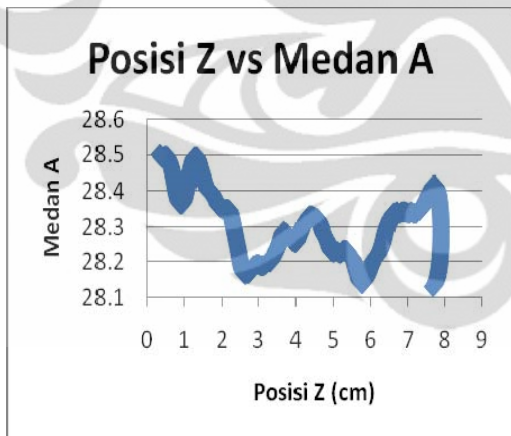
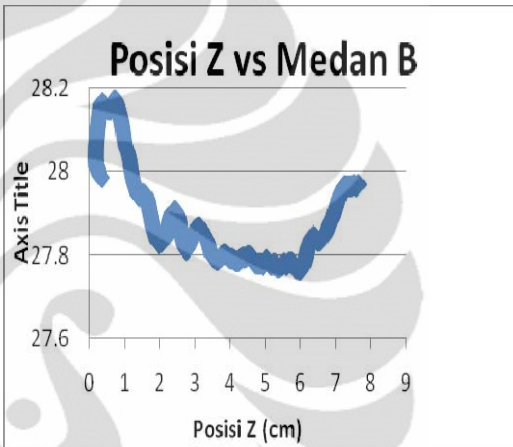
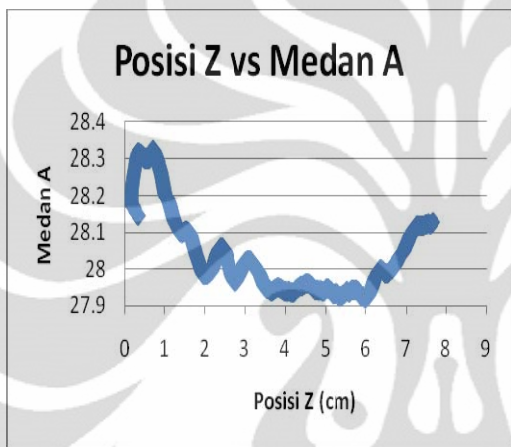
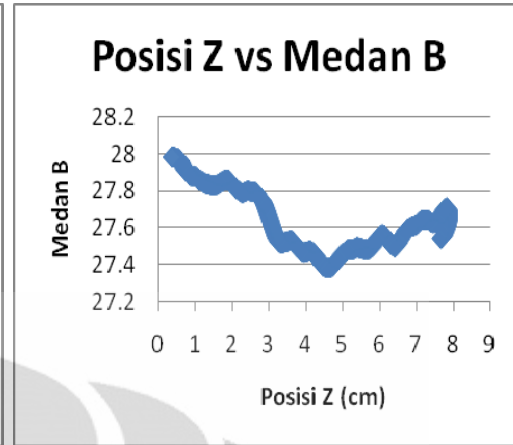
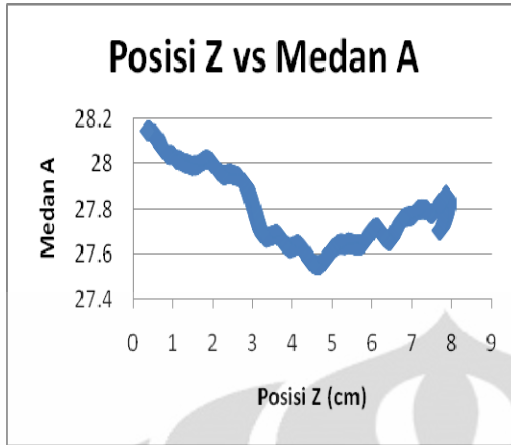
Arus (A)	Naik	Tslmtr	Turun	Tslmtr	Naik	Tslmtr	Turun	Tslmtr	Naik	Tslmtr	Turun	Teslameter
0	512	0	512	0	512	0	512	0	512	0	512	0
0.1	514	0.18	514	0.13	514	0.18	515	0.18	515	0.18	515	0.18
0.2	517	0.32	517	0.3	517	0.32	518	0.33	518	0.34	517	0.36
0.3	519	0.47	520	0.45	520	0.49	521	0.51	521	0.52	520	0.53
0.4	522	0.63	523	0.61	522	0.64	523	0.64	523	0.65	523	0.69
0.5	525	0.81	525	0.76	525	0.82	526	0.81	526	0.82	526	0.84
0.6	528	0.97	529	0.93	528	0.99	529	0.97	529	0.99	528	0.97
0.7	530	1.09	531	1.06	530	1.12	532	1.14	531	1.12	531	1.13
0.8	533	1.26	534	1.24	533	1.3	535	1.3	534	1.3	533	1.3
0.9	535	1.4	537	1.4	536	1.45	537	1.43	537	1.47	536	1.46
1	539	1.59	539	1.83	538	1.6	540	1.6	539	1.63	539	1.63
1.1	540	1.7	542	1.71	541	1.76	542	1.75	542	1.75	542	1.8
1.2	543	1.85	545	1.87	543	1.91	546	1.96	545	1.95	544	1.94
1.3	546	2.01	547	2.01	546	2.07	548	2.06	547	2.09	547	2.11
1.4	549	2.2	550	2.18	549	2.25	551	2.25	550	2.26	550	2.25
1.5	552	2.37	553	2.36	552	2.42	554	2.41	553	2.44	553	2.42
1.6	554	2.5	555	2.49	554	2.53	556	2.56	555	2.56	556	2.59
1.7	556	2.64	558	2.66	558	2.74	559	2.72	558	2.7	558	2.71
1.8	559	2.81	560	2.8	559	2.85	561	2.86	561	2.89	561	2.88
1.9	562	2.99	564	2.98	562	3.02	564	3.01	563	3.02	563	3.03
2	564	3.12	566	3.12	565	3.18	567	3.18	566	3.19	566	3.19

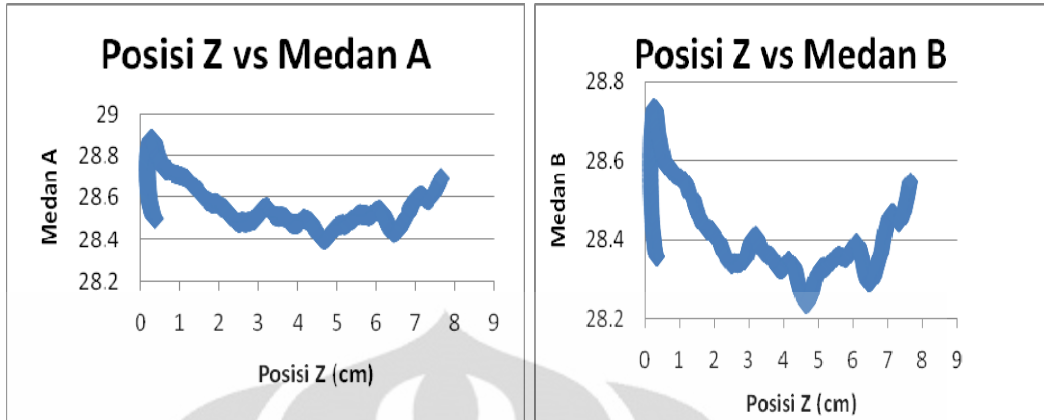
Rata-rata Naik	Rata-rata Turun	Rata-rata Teslameter Naik	Rata-rata Teslameter Turun	Teslameter Naik (Gauss)	Teslameter Turun(Gauss)	Bil ADC Sensor	Teslameter (Gauss)
512	512	0.0	0.0	0	0	512	0
514	515	0.2	0.2	2	2	515	2
517	517	0.3	0.3	3	3	517	3
520	520	0.5	0.5	5	5	520	5
522	523	0.6	0.6	6	6	523	6
525	526	0.8	0.8	8	8	526	8
528	529	1.0	1.0	10	10	529	10
530	531	1.1	1.1	11	11	531	11
533	534	1.3	1.3	13	13	534	13
536	537	1.4	1.4	14	14	536	14
539	539	1.6	1.7	16	17	539	16
541	542	1.7	1.8	17	18	542	17
544	545	1.9	1.9	19	19	544	19
546	547	2.1	2.1	21	21	547	21
549	550	2.2	2.2	22	22	550	22
552	553	2.4	2.4	24	24	553	24
554	556	2.5	2.5	25	25	555	25
557	558	2.7	2.7	27	27	558	27
560	561	2.9	2.8	29	28	560	28
562	564	3.0	3.0	30	30	563	30
565	566	3.2	3.2	32	32	566	32

LAMPIRAN 3

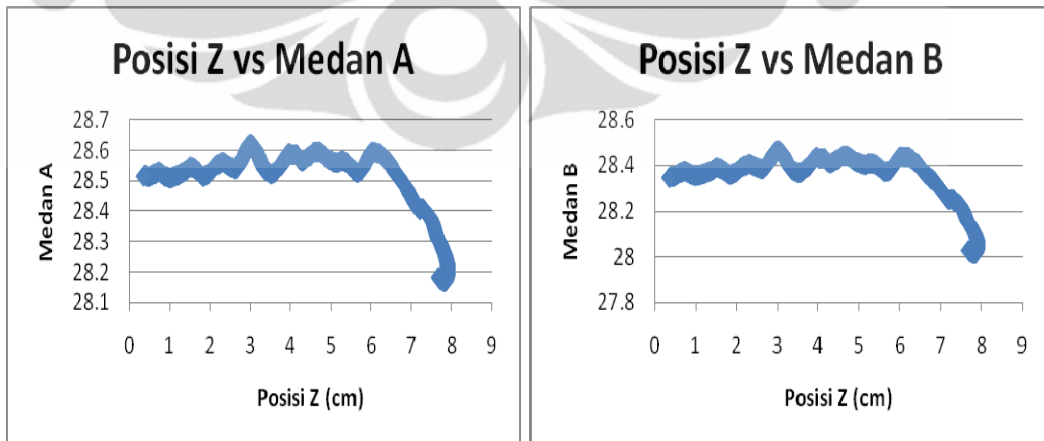
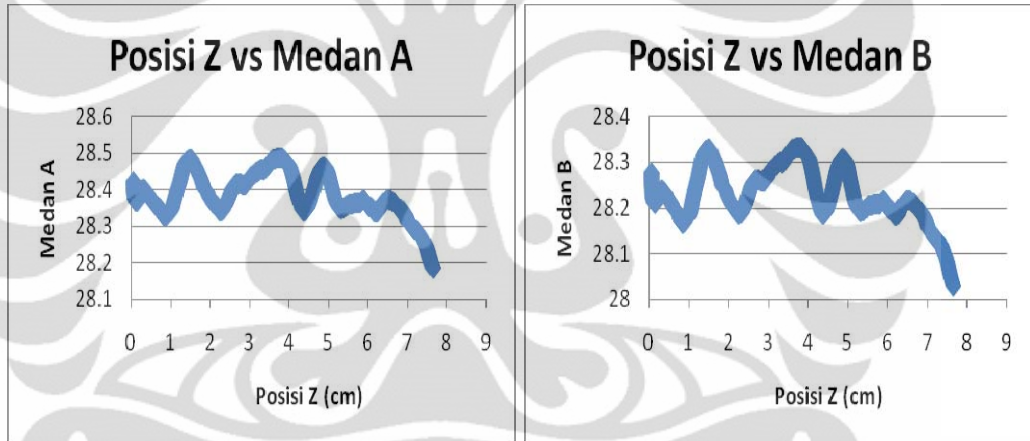
Posisi X = 0cm Bidang1 (YZ) dengan arus 2A Medan A dan B

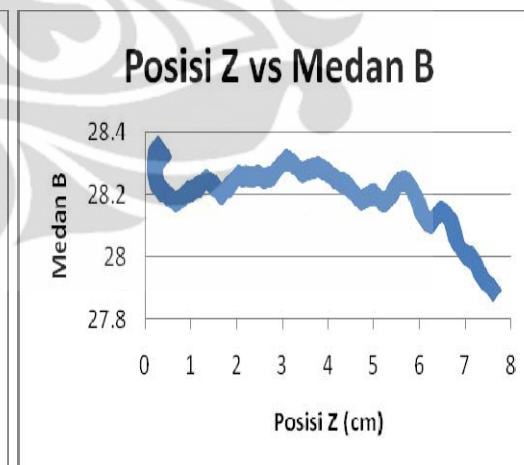
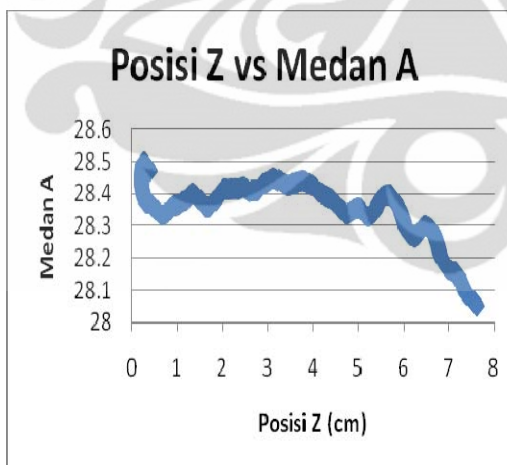
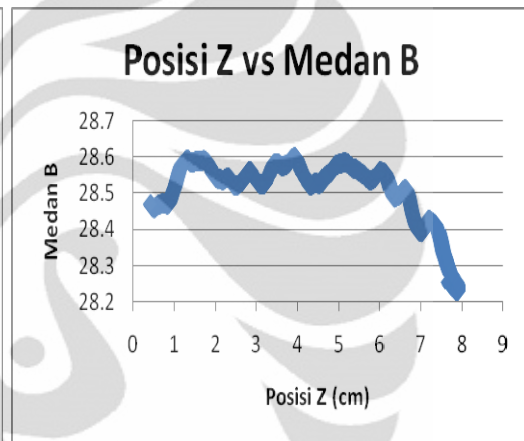
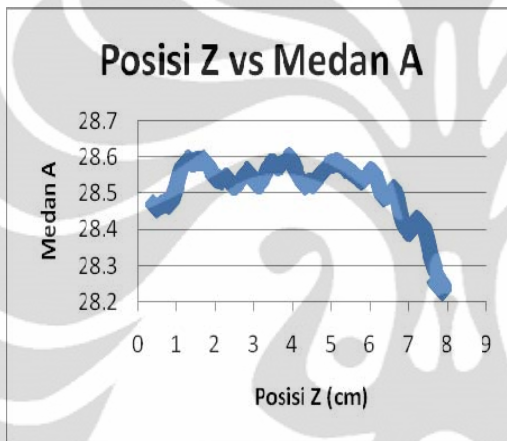
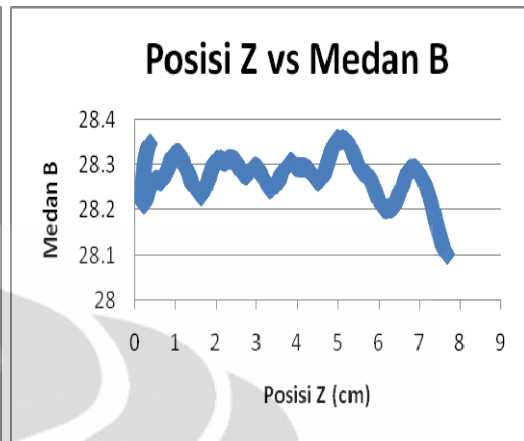
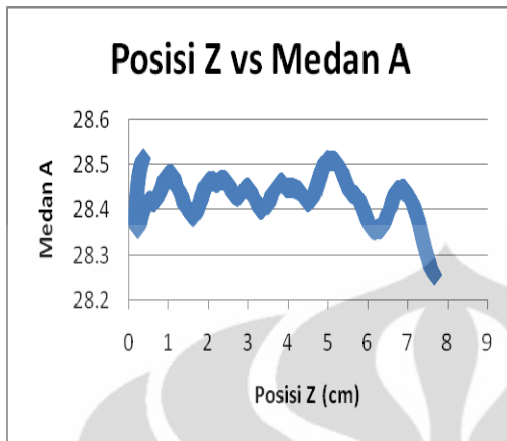


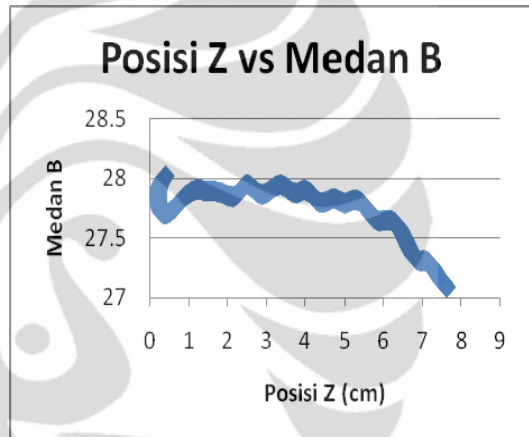
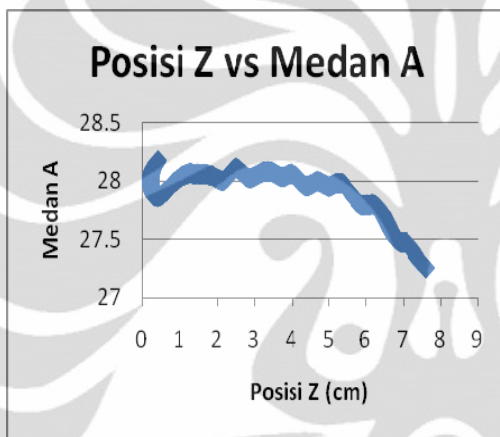
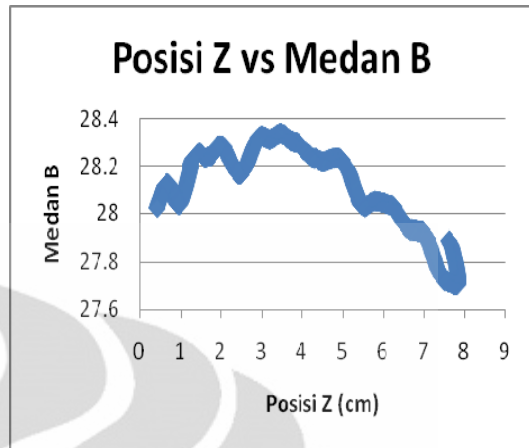
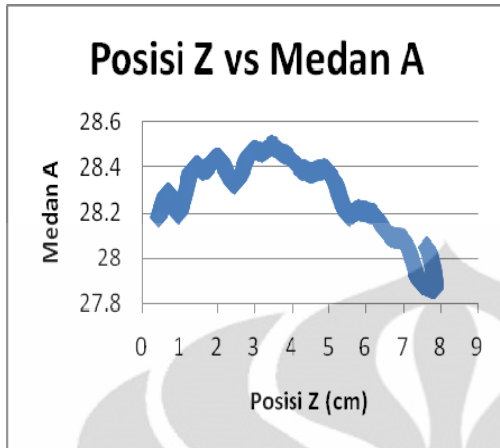




Posisi X = 4cm Bidang2 (YZ) dengan arus 2A Medan A dan B







LAMPIRAN 4

Tabel Medan Teori dan Medan AB Sepanjang Sumbu X

N	μ_0	I (A)	R (m)	X (m)	B Teori (T)	B Teori(G)	Medan A (G)	Medan B (G)
210	0.000001257	2	0.0725	0.005	0.005042594	50.42594	27.500231	27.344491
210	0.000001257	2	0.0725	0.01	0.00512149	51.2149	27.57606	27.42032
210	0.000001257	2	0.0725	0.015	0.005170271	51.70271	27.618449	27.462709
210	0.000001257	2	0.0725	0.02	0.005196196	51.96196	27.625121	27.469381
210	0.000001257	2	0.0725	0.025	0.005207137	52.07137	27.62127	27.46553
210	0.000001257	2	0.0725	0.03	0.005210197	52.10197	27.6290332	27.4732932
210	0.000001257	2	0.0725	0.035	0.005210525	52.10525	27.634492	27.478752
210	0.000001257	2	0.0725	0.04	0.005210483	52.10483	27.640637	27.484897
210	0.000001257	2	0.0725	0.045	0.005209272	52.09272	27.643124	27.487384
210	0.000001257	2	0.0725	0.05	0.005203062	52.03062	27.636209	27.480469
210	0.000001257	2	0.0725	0.055	0.005185596	51.85596	27.642419	27.486679
210	0.000001257	2	0.0725	0.06	0.005149222	51.49222	27.629716	27.473976
210	0.000001257	2	0.0725	0.065	0.005086199	50.86199	27.625985	27.470245
210	0.000001257	2	0.0725	0.07	0.004990078	49.90078	27.575569	27.419829
210	0.000001257	2	0.0725	0.075	0.004856879	48.56879	27.441656	27.285916
210	0.000001257	2	0.0725	0.08	0.004685827	46.85827	27.301618	27.145878

LAMPIRAN 5

Program Mikrokontroller :

```
$regfile = "M8535.dat"
$crystal = 8000000
$baud = 57600
Config Portc = Input
Portc = 0
Config Porta.2 = Output
Config Porta.3 = Output
Config Porta.4 = Output
Config Porta.5 = Output
Config Porta.6 = Output
Config Porta.7 = Output
Config Portd.2 = Output
Config Portd.3 = Output
Config Portd.4 = Output
Config Portd.5 = Output
Config Portd.6 = Output
Config Portd.7 = Output
Config Portb.0 = Input
Config Portb.1 = Input
Config Portb.2 = Input
Porta.2 = 1
Porta.3 = 1
Porta.4 = 1
Porta.5 = 1
Porta.6 = 1
Porta.7 = 1
Portd.2 = 1
Portd.3 = 1
Portd.4 = 1
Portd.5 = 1
Portd.6 = 1
Portd.7 = 1
Portb.0 = 0
Portb.1 = 0
Portb.2 = 0
Config Adc = Free , Prescaler = Auto ,
Reference = Avcc
Enable Adc
Dim W As Word , Channel As Byte , Pt_b
As Word , Sp_x As Word , Sp_y As Word ,
Sp_z As Word , Tls As Byte
Dim Zero_x As Word , Zero_y As Word ,
Zero_z As Word , Step_x As Byte
Dim Dt0 As Long , Dt1 As Long , Dt2 As
Long , Dt3 As Long , Dt4 As Long , Dt5 As
Long , Dt_m As Long
Dim Y As Word , Channel1 As Byte , S_xr
As Single , S_u As Single , S_x As Single ,
S1ymj As Single , S1_yu As Single , S1ym
As Single
Channel = 0
Channel1 = 1
Enable Urx
Enable Interrupts
Declare Sub Run_x_p()
Declare Sub Naik()
Declare Sub Run_x_n()
Declare Sub Run_y()
Declare Sub Run_z_p()
Declare Sub Run_z_n()
```

Declare Sub Xz_sapling_mode():	Set Portd.5	
	Set Portd.6	'1
Dim A As Word , B As Word , C As Word ,	Set Portd.7	
C0 As Word , D As Word , Dc As Integer ,	Set Portd.2	'0
E As Word , F As Word , J As Byte , S1_d	Reset Portd.3	'0
As Single , Ix As Word , Ss As Byte , Kn As	Wend	
Bit	While Pinb.1 = 0	
Dim S As Single , S1 As Single , Jra As	Print "Restart Z"	
String * 5 , Jr1a As String * 5 , C_x As	Set Portd.2	'1
Single , S1_yd As Single , Sym As Single ,	Set Portd.3	
Cx As Word	Set Portd.6	'1
Dim Jrb As String * 5 , Jr1b As String * 5 ,	Set Portd.7	
Jrc As String * 5 , Jr1c As String * 5 , G As	Reset Portd.4	'0
Word , H As Word , I As Word , Ii As Word	Reset Portd.5	'0
, Ii_n As Long 'J As Byte	Wend	
Dim G_c As Word , H_c As Word , I_c As	While Pinb.2 = 0	
Word 'Step_x As Byte	Print "Restart Y"	
Main:	Set Portd.2	'1
Do	Set Portd.3	
Porta.2 = 1	Set Portd.4	'1
Porta.3 = 1	Set Portd.5	'1
Porta.4 = 1	Reset Portd.6	
Porta.5 = 1	Reset Portd.7	
Portd.2 = 1	Wend	
Portd.3 = 1	Step_x = 0	
Portd.4 = 1	S_xr = 0	
Portd.5 = 1	S1_yu = 0	
Portd.6 = 1	S1_yd = 0	
Portd.7 = 1	S1ymj = 0	
J = Inkey()	S_u = 0	
If J = 97 Then Goto Start_m	S_x = 0	
Loop		
Start_m:		
While Pinb.0 = 0		
Print "Restart X"		
Set Portd.4		'1

```

Ii_n = 0
Sym = 0
S = 0
A = 0
B = 0
C = 0
D = 0
E = 0
F = 0
G = 0
H = 0
I = 0
J = 0
Kn = 0
I = 0
Ix = 0
Tls = 0
'Do
Goto Zero_point
// declare zero ponit -----
-----
Zero_point:
'Sp_x = 13226
'Call Run_x_p
Sp_y = 3728
Call Run_y
'Zero_y = I
// -----
-----
Tls = 1
Goto Yz_sapling_mode
Sub Naik():
Porta.2 = 1
Porta.3 = 1
Porta.4 = 1
Porta.5 = 1
Porta.6 = 1
Porta.7 = 1
Portd.2 = 1
Portd.3 = 1
Portd.4 = 1
Portd.5 = 1
Portd.6 = 0
Portd.7 = 0
'Ix = Ii_n
Print "* Nk " ; "posisi X = " ; C ; " Medan X
= " ; W ; " Posisi Y = " ; Dt_m ; " Medan Y
= " ; Y ; " Posisi Z = " ; F
Wait 2
Dt0 = 0
Dt1 = 0
Dt2 = 0
Dt3 = 0
Dt4 = 0
Dt5 = 0
'Ii_n = 0
Do
W = Getadc(channel)
Y = Getadc(channel1)
Reset Porta.6
Waitms 10
G = Pinc
Set Porta.6
Waitms 10

```



```

Reset Porta.7
Waitms 10
H = Pinc
H = Pinc * 256
I = H + G
Dt_m = I
Ii_n = Ix - Dt_m
'End If
Print "* Nk "; "posisi X = "; C; " Medan X
= "; W; " Posisi Y = "; Dt_m; " Medan Y
= "; Y; " Posisi Z = "; F; " #"; " "; " ";
Ii_n; " "; Ix
'If Tls = 1 Then Print " zero point"
Waitms 10
If Step_x = 2 Then
  If Dt_m < 50 Then
    Goto X_medan
  End If
End If
'If Ii_n > 570 Then Goto Yz_sapling_mode
If Dt_m < 40 Then Goto Yz_sapling_mode2
'End If
Set Porta.7
Waitms 10
Loop Until Ii_n > 570
End Sub
//-----
-----
Yz_sapling_mode:
Sp_x = 13226
Call Run_x_p
Do
  Sp_y = 3728
  Call Run_y
  While Pinb.1 = 0
    Print "Restart Z"
    Set Portd.2 '1
    Set Portd.3
    Set Portd.6 '1
    Set Portd.7
  Reset Portd.4 '0
  Reset Portd.5 '0
Wend
Do
  Ix = Dt_m
  Sp_z = 26300
  '100
  Call Run_z_p
  Call Naik
  Sp_z = 100
Sp_z = 26300
'100
Call Run_z_p
Call Naik
Loop
//-----
-----
Yz_sapling_mode2:
Sp_x = 13226
Call Run_x_p
Sp_y = 3728
Call Run_y
While Pinb.1 = 0
  Print "Restart Z"
  Set Portd.2 '1
  Set Portd.3
  Set Portd.6 '1
  Set Portd.7
  Reset Portd.4 '0
  Reset Portd.5 '0
Wend
Do
  Ix = Dt_m
  Sp_z = 26300
  '100
  Call Run_z_p
  Call Naik
  Sp_z = 100

```

```

Step_x = 2
Ix = Dt_m
Call Run_z_n
Call Naik
Loop
X_medan:
Do
Sp_y = 3728
Call Run_y
While Pinb.1 = 0
Print "Restart Z"
Set Portd.2      '1
Set Portd.3
Set Portd.6      '1
Set Portd.7
Reset Portd.4    '0
Reset Portd.5    '0
Wend
Sp_z = 13150
'100
Call Run_z_p
While Pinb.0 = 0
Print "Restart X"
Set Portd.4      '1
Set Portd.5
Set Portd.6      '1
Set Portd.7
Set Portd.2      '0
Reset Portd.3    '0
Wend
Sp_x = 26452
Call Run_x_p()

Goto Start_m
Loop
Sub Run_x_p():
Porta.2 = 1
Porta.3 = 1
Porta.4 = 1
Porta.5 = 1
Porta.6 = 1
Porta.7 = 1
Portd.2 = 1
Portd.3 = 1
Portd.4 = 1
Portd.5 = 1
Portd.6 = 1
Portd.7 = 1
Print "Kn "; "Posisi X = "; C; " Medan X
= "; W; " Posisi Y = "; Dt_m; " Medan Y
= "; Y; " Posisi Z = "; F
Waitms 20
Do
W = Getadc(channel)
Y = Getadc(channel1)
// 0 0 kanan
// 1 0 kiri
Reset Portd.2      '0
Reset Portd.3      '0
Reset Porta.2
Waitms 10
A = Pinc
Set Porta.2
Waitms 10
Reset Porta.3

```

```

Waitms 10
B = Pinc
B = Pinc * 256
C = A + B
If Tls = 1 Then
Print "* Kn "; "Posisi X = "; C; " Medan
X = "; W; " Posisi Y = "; Dt_m; " Medan
Y = "; Y; " Posisi Z = "; F; " #"; " Kn = ";
Kn "; " A = "; A; " B = "; B
Waitms 20
Do
W = Getadc(channel)
Y = Getadc(channel1)
// 0 0 kanan
// 1 0 kiri
Set Portd.2 '1
Reset Portd.3 '0
Reset Porta.2
Waitms 10
A = Pinc
Set Porta.2
Waitms 10
Reset Porta.3
Waitms 10
B = Pinc
B = Pinc * 256
C = A + B
If Tls = 1 Then
If C < 13224 Then
Print "* Kr "; "Posisi X = "; C; " Medan X
= "; W; " Posisi Y = "; Dt_m; " Medan Y
= "; Y; " Posisi Z = "; F; " #"; " Kn = ";
Kn "; " A = "; A; " B = "; B
End If
Else
Print " zero point"
End If
End Sub
//-----
-----
Sub Run_x_n():
Porta.2 = 1
Porta.3 = 1
Porta.4 = 1
Porta.5 = 1
Porta.6 = 1
Porta.7 = 1
Portd.2 = 1
Portd.3 = 1
Portd.4 = 1
Portd.5 = 1
Portd.6 = 1
Portd.7 = 1
Print "* Kr "; "Posisi X = "; C; " Medan X
= "; W; " Posisi Y = "; Dt_m; " Medan Y
= "; Y; " Posisi Z = "; F; " #"; " Kn = ";
Kn "; " A = "; A; " B = "; B
Waitms 10
A = Pinc
Set Porta.2
Waitms 10
Reset Porta.3
Waitms 10
B = Pinc
B = Pinc * 256
C = A + B
If Tls = 1 Then
If C < 13224 Then
Print "* Kr "; "Posisi X = "; C; " Medan X
= "; W; " Posisi Y = "; Dt_m; " Medan Y
= "; Y; " Posisi Z = "; F; " #"; " Kn = ";
Kn "; " A = "; A; " B = "; B
End If
Else
Print " zero point"
End If
End Sub

```

```

Waitms 10
Set Porta.3
Waitms 10
Loop Until C <= Sp_x
End Sub
Sub Run_y():
Porta.2 = 1
Porta.3 = 1
Porta.4 = 1
Porta.5 = 1
Porta.6 = 1
Porta.7 = 1
Portd.2 = 1
Portd.3 = 1
Portd.4 = 1
Portd.5 = 1
Portd.6 = 1
Portd.7 = 0
Print "* Tr "; "Posisi X = "; C; " Medan X
= "; W; " Posisi Y = "; Dt_m; " Medan Y
= "; Y; " Posisi Z = "; F; " # "; Kn; "
Waitms 20
Do
// 1 0 turun
// 0 0 naik
Reset Portd.7
W = Getadc(channel)
Y = Getadc(channel1)
Reset Porta.6
Waitms 10
G = Pinc
Set Porta.6
Waitms 10
Reset Porta.7
Waitms 10
H = Pinc
H = Pinc * 256
I = H + G
Set Porta.7
Dt_m = I
Waitms 10
If Tls = 1 Then
Print "* Tr "; "Posisi X = "; C; " Medan X
= "; W; " Posisi Y = "; Dt_m; " Medan Y
= "; Y; " Posisi Z = "; F; " # "; Kn; "
Else
Print " zero point"
End If
Waitms 10
Ix = Dt_m
Loop Until I >= Sp_y
End Sub
Sub Run_z_p():
Porta.2 = 1
Porta.3 = 1
Porta.4 = 1
Porta.5 = 1
Porta.6 = 1
Porta.7 = 1
Portd.2 = 1
Portd.3 = 1
Portd.4 = 1
Portd.5 = 1
Portd.6 = 1

```

```

Portd.7 = 1

Print "* Mj "; "Posisi X = "; C; " Medan
X = "; W; " Posisi Y = "; Dt_m; " Medan
Y = "; Y; " Posisi Z = "; F; " Kn = ";
Kn; " E = "; E; " D = "; D; " c = ";
C; " A = "; A; " B = "; B; " D = "; D; "
E = "; E; " F = "; F

Waitms 20

Do

// 1 0 maju

// 0 0 mundur

Set Portd.4 = 1
Reset Portd.5 = 0
W = Getadc(channel)
Y = Getadc(channel1)
Reset Porta.4
Waitms 10
D = Pinc
Set Porta.4
Waitms 10
Reset Porta.5
Waitms 10
E = Pinc
E = Pinc * 256
F = D + E
Set Porta.5
Waitms 10
If Tls = 1 Then

If F < 13150 Then

Print "* Mj "; "Posisi X = "; C; " Medan
X = "; W; " Posisi Y = "; Dt_m; " Medan
Y = "; Y; " Posisi Z = "; F; " #"; " Kn =
"; Kn; " E = "; E; " D = "; D; " c = ";
C; " A = "; A; " B = "; B; " D = "; D;
" E = "; E; " F = "; F

Waitms 200

Do

// 1 0 maju

// 0 0 mundur

Reset Portd.4

Print "*** Mj "; "Posisi X = "; C; " Medan
X = "; W; " Posisi Y = "; Dt_m; " Medan
Y = "; Y; " Posisi Z = "; F; " #"; " Kn =
"; Kn; " E = "; E; " D = "; D; " c = ";
C; " A = "; A; " B = "; B; " D = "; D;
" E = "; E; " F = "; F

End If

Else

Print " zero point"

End If

Waitms 10

Loop Until F >= Sp_z

End Sub

Sub Run_z_n():
Porta.2 = 1
Porta.3 = 1
Porta.4 = 1
Porta.5 = 1
Porta.6 = 1
Porta.7 = 1
Portd.2 = 1
Portd.3 = 1
Portd.4 = 1
Portd.5 = 1
Portd.6 = 1
Portd.7 = 1

Print "* Mdr "; "Posisi X = "; C; " Medan
X = "; W; " Posisi Y = "; I; " Medan Y = ";
Y; " Posisi Z = "; F; " #"; " Kn = ";
Kn; " E = "; E; " D = "; D; " c = ";
C; " A = "; A; " B = "; B; " D = "; D;
" E = "; E; " F = "; F

Waitms 200

Do

// 1 0 maju

// 0 0 mundur

Reset Portd.4

```

Reset Portd.5	'0	If Tls = 1 Then
W = Getadc(channel)		'If F > 13150 Then
Y = Getadc(channel1)		Print "** Mdr "; "Posisi X = "; C; " Medan
Reset Porta.4		X = "; W; " Posisi Y = "; I; " Medan Y = "
Waitms 10		; Y; " Posisi Z = "; F; " #"; " Kn = ";
D = Pinc		Kn; " E = "; E; "D = "; D; " c = "
Set Porta.4		; C; " A = "; A; " B = "; B; " D = "; D; "
Waitms 10		E = "; E; " F = "; F
Reset Porta.5		'Else
Waitms 10		'Print "** Mdr "; "Posisi X = "; C; "
E = Pinc		Medan X = "; W; " Posisi Y = "; I; "
E = Pinc * 256		Medan Y = "; Y; " Posisi Z = "; F; " #"
F = D + E		'End If
Set Porta.5		Else
Waitms 10		Print " zero point"
		End If
		Waitms 10
		Loop Until F <= Sp_z
		End Sub

LAMPIRAN 6

Program LabView :

