



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**SISTEM AKUSISI DATA ALAT UKUR DISTRIBUSI KUAT  
MEDAN MAGNET PADA KUMPARAN HELMHOLTZ**

**TUGAS AKHIR**

**CAECILIA S. GULTOM  
0706228003**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
DEPARTEMEN FISIKA  
PROGRAM D3 INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA  
DEPOK  
2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**SISTEM AKUSISI DATA ALAT UKUR DISTRIBUSI KUAT  
MEDAN MAGNET PADA KUMPARAN HELMHOLTZ**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya  
(A.Md)**

**CAECILIA S. GULTOM  
0706228003**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
DEPARTEMEN FISIKA  
PROGRAM D3 INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA  
DEPOK  
2010**

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

**Nama : CAECILIA S. GULTOM**

**NPM : 0706228003**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 19 Juli 2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Caecilia S. Gultom  
NPM : 0706228003  
Program Studi : Fisika Instrumentasi Elektronika  
Judul : SISTEM AKUSISI DATA ALAT UKUR DISTRIBUSI  
KUAT MEDAN MAGNET PADA KUMPARAN  
HELMHOLTZ

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Drs. Arief Sudarmaji M.T (  )

Penguji 1 : Dr. Sastra Kusuma Wijaya (  )

Penguji 2 : Surya Darma, M. Si (  )

Ditetapkan di : Ruang Seminar Fakultas MIPA, Kampus UI Depok

Tanggal : 19 Juli 2010

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Penyusunan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Sistem Akusisi Data Alat Ukur Distribusi Kuat Medan Magnet pada Kumparan Helmholtz” sebagai satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan program studi Diploma 3 Instrumentasi Elektronika di Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia.

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

1. Drs. Arief Sudarmaji M.T, selaku pembimbing dan pengajar yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing, mengoreksi dan mengarahkan saya dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Dr. Prawito selaku Ketua program Diploma 3 Instrumentasi Elektronika dan Industri FMIPA, UI.
3. Surya Darma, M.Si selaku koordinator Tugas Akhir program Diploma 3 Instrumentasi Elektronika dan Industri FMIPA, UI.
4. Seluruh tim pengajar Jurusan Instrumentasi Elektronika dan Industri yang selama hampir tiga tahun telah memberikan ilmu-ilmunya.
5. Mamaku tersayang, yang dengan kesabaran, kasih sayang, doanya membuatku terus berjuang dan Terimakasih Papa... saya percaya engkau tersenyum di sorga ketika melihatku berhasil.
6. Abang dan Kakak saya serta keponakan-keponakanku yang lucu, yang senantiasa memberikan dukungan secara moril dan materil.
7. Ludia Safitri sebagai partner kerja dengan sabar menghadapi saya dan bersama-sama berjuang menyelesaikan tugas akhir ini. Mirzan Gulami terimakasih dengan cerewet dan kebaikanmu telah membantu kami dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Sahabat-sahabatku seperjuangan di Instrumentasi angkatan 2007 yang telah memberikan bantuan, dorongan dan doa. Akhirnya..... kita LULUS.

9. Kak Ida Moon (malaikat berjubah merah) kakak yang mau mendengar ceritaku dan memberi keceriaan dikost an ketika semua mulai pergi. Kak Mei terimakasih karena menjadi kakak yang selalu siap membantu dan kukagumi. Kak Nalia terimakasih atas doa dan semangatnya. Kak Eta, Kak Diah, Kak Dwi terimakasih atas kesetiaanya dilantai dua dan perhatiannya. Kak Sofie, Kak Inge, Kak Cici, Kak Juli, Kak Kiyoy, Kak kiki, Fiona, Mega terimakasih atas kebaikannya. Tawa kalian menghiburku dan bangga pernah mengenal kalian.
10. Sahabat-sahabatku seperjuangan di Instrumentasi angkatan 2007 yang telah memberikan bantuan, dorongan dan doa. Akhirnya..... kita LULUS.
11. Senior-senior di Instrumentasi, makasih banget atas doa dan dukungannya.
12. Seluruh keluarga besar FMIPA UI.
13. Semua pihak yang secara tidak langsung terlibat dalam penyelesaian tugas akhir ini 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 laporan tugas akhir 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 laporan ini, saya mengharapkan adanya saran dan kritik dari berbagai pihak yang sifatnya membangun guna menyempurnakan penyusunan tugas akhir ini.

Depok, Juni 2010

Penulis

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

---

---

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

Nama : Caecilia S. Gultom  
NPM : 0706228003  
Program Studi : Diploma 3 Instrumentasi Elektronika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis Karya : Laporan Tugas Akhir

demikian 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 :

**SISTEM AKUISISI DATA ALAT UKUR DISTRIBUSI KUAT MEDAN  
MAGNET PADA KUMPARAN HELMHOLTZ**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya 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 : 19 Juli 2010

Yang menyatakan,

( Caecilia S. Gultom )

## ABSTRAK

Nama : Caecilia S. Gultom

Program Studi : Instrumentasi Elektronika

Judul : Sistem Akuisisi Data Alat Ukur Distribusi Kuat Medan Magnet pada Kumparan Helmholtz

Pembuatan alat ukur yang dapat mengukur medan magnet dari posisi bervariasi. Artinya, dilakukan pengambilan penyebaran medan magnet pada titik pusat dan daerah di sekitar titik pusat medan magnet tersebut yang dapat menambah pengetahuan terhadap kajian fisika. Sebuah alat dibuat dengan pemanfaatan sensor medan magnet sebagai pendeteksi adanya kuat medan magnet serta adanya motor DC yang membantu pergerakan posisi dari sensor tersebut disekitar medan magnet. Alat ini dikendalikan oleh Microprosesor, dimana penulis memakai IC Microcontroller ATmega 8535 sebagai pembaca data dari sensor – sensor dan *counter* yang dilakukan. Hasil *counter* tersebut juga membantu letak posisi sensor di sekitar kumparan medan magnet secara tiga dimensi (x; y; z), hasil yang diperoleh oleh sensor akan diolah dan ditampilkan di LabVIEW.

Kata kunci:

*Microcontroller, counter, LabVIEW*



## ABSTRACT

Nama : Caecilia S. Gultom

Program Studi : Instrumentasi Elektronika

Tittle : Data Acquisition System for Measurement of Magnetic Field Strength  
Distribution on Helmholtz Coil

Industrial gauges that can measure the magnetic field varies from the position. That is, whether the arrest the spread of the magnetic field at the center and the area around the center of the magnetic field that can add knowledge to study physics. A tool made by using a magnetic sensor to detect the presence of strong magnetic field and the presence of DC motors that help move the position of the sensors around the magnetic field. This tool is controlled by a microprocessor, which the authors use the ATmega Microcontroller IC 8535 as a reader of data from the sensor - sensors and counters are made. The results also help to combat positions in locations around the coil magnetic field sensor in three dimensions (x, y, z), the results obtained by the sensor is processed and displayed in LabVIEW.

Keywords:

*Microcontroller, counters, LabVIEW*

# DAFTAR ISI

Halaman

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR PERSAMAAN</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	2
1.3 Deskripsi Singkat .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Metodologi Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB 2. TEORI DASAR</b> .....	<b>6</b>
2.1 Helmholtz .....	6
2.2 Sensor .....	7
2.2.1 Sensor <i>Hall efect</i> .....	8
2.2.2 <i>Shaft Encoder</i> .....	9
2.3 <i>Driver Motor</i> .....	11
2.4 Mikrokontroler AVR Atmega8535 .....	11
2.4.1 Arsitektur dan Konfigurasi Pin Atmega8535 .....	12
2.4.2 Peta Memori .....	15
2.4.3 I/O Port Paralel .....	17
2.5 Komunikasi Serial .....	20
2.5.1 Komunikasi Data serial .....	20

2.5.2 Via RS – 232.....	22
<b>BAB 3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM .....</b>	<b>23</b>
3.1 Rangkaian Sistem minimum.....	23
3.2 Rangkaian Counter.....	25
3.3 Flowchart Program Pada Sistem Minimum Atmega8535.....	27
3.4 Interface menggunakan LabVIEW.....	28
<b>BAB 4. HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA .....</b>	<b>32</b>
4.1 Pengujian Linearitas Sistem.....	32
4.1.1 Pengujian Pergeseran dari posisi Terendah.....	32
4.1.2 Pengujian Pergeseran dari posisi Tertinggi.....	32
4.2 Pengambilan data kalibrasi sensor halleffect .....	33
4.3 Pengambilan data counter dan medan magnet.....	34
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>35</b>
5.1 Kesimpulan .....	35
5.2 Saran .....	35
<b>DAFTAR ACUAN.....</b>	<b>36</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1.1. Bagan Keseluruhan Sistem .....	3
Gambar 2.1. Prinsip Kerja <i>Hall effect</i> .....	8
Gambar 2.2. Sensor <i>Hall effect</i> tipe SS9.....	9
Gambar 2.3. <i>Shaft Encoder</i> .....	10
Gambar 2.4 a. Contoh Output Kedua Channel Searah Jarum Jam (CW) .....	10
Gambar 2.4 b. Contoh Output Kedua Channel berlawanan Jarum Jam(CCW)....	11
Gambar 2.5. Arsitektur Mikrokontroler ATmega8535 .....	13
Gambar 2.6. Konfigurasi ATmega8535.....	14
Gambar 2.7. Memori program AVR ATmega8535 .....	15
Gambar 2.8. Peta Memori Data ATmega8535.....	16
Gambar 2.9 a. Urutan letak pin <i>Female</i> RS232 DB.9 .....	21
Gambar 2.9 b. Urutan letak pin <i>Male</i> RS232 DB.9 .....	21
Gambar 2.9 c. Diagram <i>Null Modem Wiring</i> .....	22
Gambar 3.1. Rangkaian Minimum sistem ATmega 8535.....	24
Gambar 3.2. Rangkaian counter / Pencacah.....	26
Gambar 3.3. <i>Flowchart</i> Program Pada Atmega8535 .....	27
Gambar 3.4. Tampilan <i>Front panel</i> LabVIEW .....	29
Gambar 3.5. Block diagram LabVIEW.....	30
Gambar 4.1. Cara Manual Yang Dilakukan Dengan Kenaikan Setiap 1 mm.....	31
Gambar 4.2. Cara Manual Yang Dilakukan Dengan Penurunan Setiap 1 mm.....	32

## DAFTAR PERSAMAAN

Halaman

Persamaan (2.1) Medan Magnet Dalam Oersteds.....	6
Persamaan (2.2) Medan Magnet Dalam Satuan Ampere Per meter.....	7
Persamaan (2.3) Densitas Fluks Magnetik Dalam Gauss .....	7



## DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1. Alternatif Fungsi pin pada Port A .....	17
Tabel 2.2. Konfigurasi Port B .....	18
Tabel 2.3. Konfigurasi Port D .....	19
Tabel 2.4. Daftar Fungsi Pin DB-9.....	21



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Datasheet 8535

Lampiran 2 Data Pengujian Pergeseran Posisi

Lampiran 3 Data Kalibrasi Sensor medan magnet (*Halleffect*)

Lampiran 4 Data pengambilan counter dan medan magnet

Lampiran 5 Pemograman Pada Mikrokontroler

Lampiran 6 Pemograman LabVIEW



# BAB 1

## PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang masalah mengapa alat ini dibuat, tujuan penelitian, deskripsi singkat mengenai alat yang dibuat, batasan masalah dari alat yang dibuat oleh penulis, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

### 1.1 Latar Belakang

Kajian dan penelitian di bidang Fisika sangat luas. Salah satunya mengenai penentuan nilai kuat medan magnet. Para peneliti telah melakukan berbagai penelitian ataupun percobaan mengenai penentuan kuat medan magnet. Percobaan itu menghasilkan persamaan untuk menentukan nilai kuat medan magnet suatu kumparan ataupun jenis magnet. Persamaan itu secara terus-menerus dipergunakan di bidang Fisika. Tetapi, persamaan itu hanya dapat menentukan nilai kuat medan magnet dari titik pusat medan magnet saja dan pemanfaat medan magnet yang mengutamakan penelitian dibandingkan pemanfaatan untuk kehidupan sehari-hari.

Dalam tugas akhir ini, akan dibahas pembuatan alat ukur yang dapat mengukur pendistribusian medan magnet dari posisi bervariasi. Artinya, dilakukan penelitian mengenai penyebaran medan magnet pada titik pusat dan daerah di sekitar titik pusat medan magnet sehingga menambah pengetahuan terhadap kajian fisika.

Pengerjaan tugas akhir ada dua tahapan yaitu rancang bangun dan sistem akuisisi data. Pengerjaan tugas akhir ini didasarkan pada penentuan sistem rancang bangun menggunakan *sensor* pendeteksi adanya kuat medan magnet yang dialiri arus listrik kemudian sensor tersebut menghasilkan data. Sensor yang digunakan adalah Hall Effect dengan tipe SS94A2. Pemanfaatan rangkaian elektronik berupa Op-amp untuk sensor, motor driver untuk gerak motor DC di koordinat x, y dan, z dari posisi sensor pada medan magnet dan, *minsist* (*minimum sistem*) untuk sistem akuisisi data dari alat ukur medan magnet. Pada minimum sistem, digunakan beberapa IC counter dengan tipe 74LS193 untuk membantu pengonteran dari



gerak posisi sensor yang digerakkan oleh motor DC dan perintah dari *microcontroller* dengan IC Atmega 8535.

Data yang dihasilkan oleh hall effect dikirim ke rangkaian berbasis *microcontroller* lalu sistem akuisisi data akan memproses hasil yang diperoleh tersebut untuk diolah dan ditampilkan di LabVIEW agar sesuai dengan yang diinginkan.

## 1.2 Tujuan Penulisan

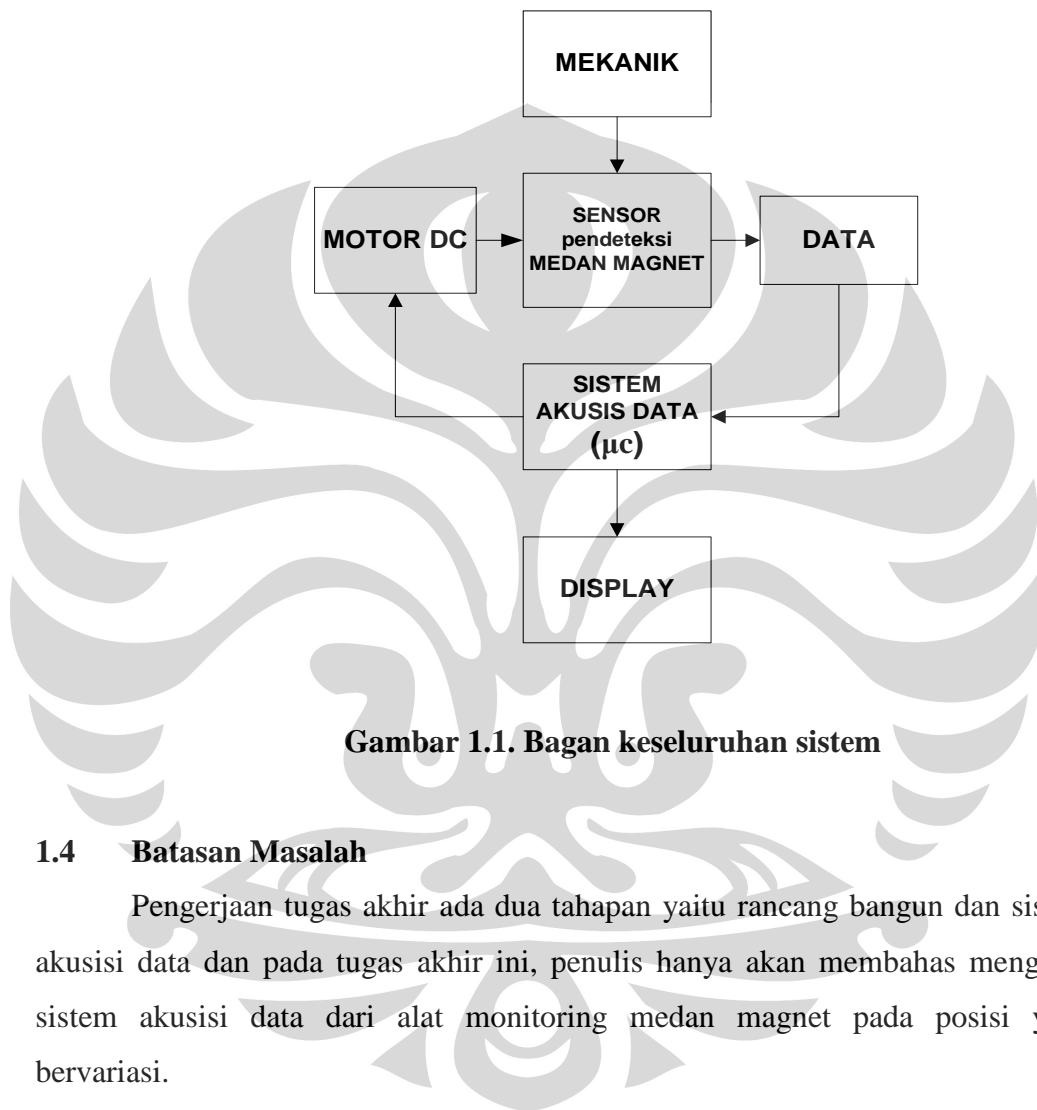
Tujuan dari penulisan laporan tugas akhir ini adalah memberikan penjelasan mengenai pembuatan alat ukur monitoring medan magnet pada posisi yang bervariasi dengan sistem akuisisi data agar hasil yang ditampilkan sesuai dengan yang diinginkan.

## 1.3 Deskripsi Singkat

Sebuah alat ukur pendistribusian medan magnet pada posisi yang bervariasi dibuat dengan memperhitungkan rancangan mekaniknya dan sistem akuisisi data dari alat tersebut. Rancang Mekanik sebuah medan magnet berbentuk silinder dengan diameter 11cm, terbuat dari bahan isolator yaitu akrilik yang dililitkan sejumlah kawat tembaga dengan jumlah lilitan 800lilitan. Lilitan-lilitan itu seperti dua buah lilitan selonoida yang memiliki jarak tertentu antara satu dengan yang lainnya. Lilitan kawat seperti ini disebut dengan kumparan helmholtz. Kemudian lilitan kawat atau kumparan helmholtz tersebut dialiri arus listrik sehingga terbentuklah suatu medan magnet, pada tinggi tertentu kumparan Helmholtz ini akan diletakkan. Pendeteksian medan magnet ini menggunakan sebuah sensor, yaitu *Hall Effect*. Sensor ini digerakkan oleh tiga motor DC, masing-masing motornya akan menggerakkan sensor agar bergerak maju-mundur, atas-bawah, dan kiri-kanan (seperti; koordinat  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) sebab alat ini ditujukan untuk melakukan pengambilan data di daerah sekitar titik pusat medan magnet atau secara bervariasi. Posisi motor DC beserta komponen lain yang tidak terbuat dari bahan isolator terhadap posisi medan magnet harus diperhatikan agar tidak mempengaruhi data yang dihasilkan, posisi motor DC diletakkan jauh dibawah posisi medan magnet, kemudian memanfaatkan batang ulir untuk membantu pergerakan sensor ke posisi yang diinginkan dengan penerapan teori medan magnet.

Sistem akuisisi data mengendalikan pergerakan motor DC agar bergerak maju-mundur, atas-bawah, dan kiri-kanan (seperti; koordinat  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) secara

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



**Gambar 1.1. Bagan keseluruhan sistem**

#### 1.4 Batasan Masalah

Pengerjaan tugas akhir ada dua tahapan yaitu rancang bangun dan sistem akuisisi data dan pada tugas akhir ini, penulis hanya akan membahas mengenai sistem akuisisi data dari alat monitoring medan magnet pada posisi yang bervariasi.

#### 1.5 Metodologi Penelitian

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

##### 1.5.1 Study Literatur

Penulis menggunakan metode ini untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan pengukuran yang penulis buat. Study literatur ini mengacu pada

**Universitas Indonesia**

buku-buku pegangan, data sheet dari berbagai macam komponen yang dipergunakan, data yang didapat dari internet, dan makalah-makalah yang membahas tentang proyek yang penulis buat.

### **1.5.2 Perancangan dan Pembuatan Alat**

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

Pada bagian sistem pengukuran akan membahas masalah penggunaan sensor, pembuatan minimum system berbasis *microcontroller* 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 1 PENDAHULUAN**

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

### **BAB 2 TEORI DASAR**

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

### **BAB 3 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 4 PENGUJIAN ALAT DAN PENGAMBILAN DATA**

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian alat serta pengambilan data yang diperoleh di lapangan agar dapat diketahui efisiensi dan optimalisasi sistem pada tahap penyelesaiannya, dengan harapan pada proses pembuatan berjalan lebih efektif dan efisien.

### **BAB 5 PENUTUP**

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang dapat diambil dari rancang bangun dan sistem akuisisi data dari alat ukur medan magnet pada posisi yang bervariasi dengan penerapan teori-teori medan magnet salah satunya teori Helmholtz.

## 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 Helmholtz

Medan elektromagnetik terdiri dari dua bagian yaitu, bagian medan elektrik dan medan magnetik. Medan elektromagnetik terdapat disekitar kehidupan kita memberi pengaruh pada alat yang bekerja dengan basis elektronika atau kelistrikan. Helmholtz salah satu medan elektromagnetik, yang terdiri dari dua kumparan yang identik yang dipasang sejajar. Kekuatan medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan Helmholtz berbanding lurus dengan banyaknya lilitan dalam kumparan dan arus yang digunakan, serta bersifat homogen.

Helmholtz yang terdiri dari dua kumparan dipasang secara paralel dengan jari-jari lingkarannya terpisah jarak dan terdapat sela kosong sehingga arus mengalir melalui kedua kumparan ke arah yang sama. Menghasilkan medan magnet yang sangat seragam antara gulungan, komponen utama sejajar dengan sumbu dari dua kumparan. Medan magnet yang sama adalah hasil dari penambahan dua bidang komponen sejajar dengan sumbu dari dua kumparan dan selisih antara komponen-komponen tegak lurus terhadap sumbu.

Tujuan dari helmholtz ini adalah untuk menyediakan frekuensi rendah seragam dan menguji kerentanan peralatan elektronik.

Kekuatan medan magnet,  $H$ , diberikan oleh arus AC atau DC melalui sekitar sepasang gulungan<sup>[8]</sup>.

Dengan rumus:

$$H \approx 0,0899 (NI / R) \tag{2.1}$$

dimana:

$H$  adalah medan magnet dalam oersteds,

$N$  adalah jumlah putaran tiap gulungan,

$I$  adalah arus kumparan dalam ampere,  
 dan,  
 $R$  adalah radius kumparan dalam sentimeter.

Dalam satuan SI, ini menjadi:

$$H \approx 0,0715 (NI / R) \quad (2.2)$$

dimana:

$H$  adalah medan magnet dalam satuan ampere per meter,  
 $N$  adalah jumlah putaran tiap gulungan.  
 $I$  adalah arus dalam satuan amper kumparan  
 $R$  adalah jari-jari kumparan dalam meter

Jika bukan intensitas medan magnetik ( $H$ ) kepadatan fluks magnetik ( $B$ ) adalah parameter yang digunakan dalam persamaan, sehingga ketika dinyatakan dalam satuan CSG menjadi<sup>[8]</sup> :

$$B = \mu H \approx 0,0899 \mu (NI / R) \quad (2.3)$$

dimana:

$B$  adalah densitas fluks magnetik dalam gauss  
 $\mu$  adalah permeabilitas yang relatif  
 $N$  adalah jumlah putaran tiap kumparan  
 $I$  adalah arus dalam satuan amper kumparan  
 $R$  adalah jari-jari kumparan dalam cm

## 2.2 Sensor

Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk merubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu. Hampir seluruh peralatan elektronik yang ada mempunyai sensor didalamnya. Di dunia industri berguna untuk monitoring, controlling, dan proteksi. Sering disebut juga dengan Transducer.

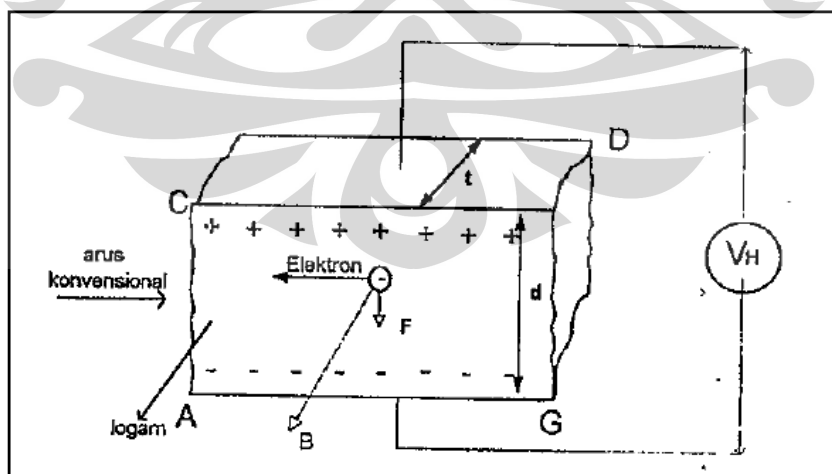
Berikut adalah macam - macam sensor :

- Mechanical

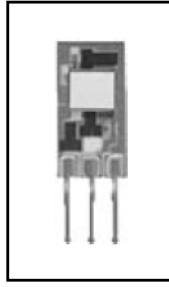
- Thermal
- Electrical
- Magnetic
- Radiant
- Chemical

### 2.2.1 Sensor Hall Effect

Dalam pemantauan medan magnet di dalam kumparan helmholtz diperlukan sensor yang responsif terhadap medan magnet dan dapat mengubahnya menjadi tegangan listrik analog yang setara. *Hall effect* merupakan salah satu sensor yang responsif terhadap medan magnet. Sensor *hall effect* dirancang untuk merasakan adanya objek magnetis dengan perubahan posisinya. Sensor jenis ini bekerja berdasarkan prinsip efek hall serta dapat digunakan secara akurat untuk mendeteksi perubahan kecil pada kerapatan fluks magnet (Allegromicro Inc., 1999). Perubahan medan magnet yang terus menerus menyebabkan timbulnya pulsa yang kemudian dapat ditentukan frekuensinya. Prinsip kerja sensor *hall effect* ini dapat digambarkan sebagai dua buah lempengan logam yang diletakkan di dalam medan magnet  $B$  pada sudut tegak lurus terhadap penampang logam tersebut, maka akan timbul tegangan *hall* ( $V_H$ ) pada bagian sisi-sisi lempengan logam yang tegak lurus terhadap garis medan magnetik ( $B$ )<sup>[11]</sup>. Gambaran tentang timbulnya tegangan hall dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.1. mengenai prinsip kerja *Hall effect*.



Gambar 2.1. Prinsip kerja hall effect<sup>[11]</sup>



**Gambar 2.2. Sensor hall effect tipe SS9<sup>[5]</sup>**

Sensor medan magnet yang digunakan adalah sensor effect hall tipe SS942A. Kelebihan sensor effect hall yang digunakan 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.

Tipe SS9 memanfaatkan sebuah chip *hall effect* dalam *integrated circuit* (IC) yang dapat menaikkan kestabilan dan kinerja pada suhu.

### **2.2.2 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*



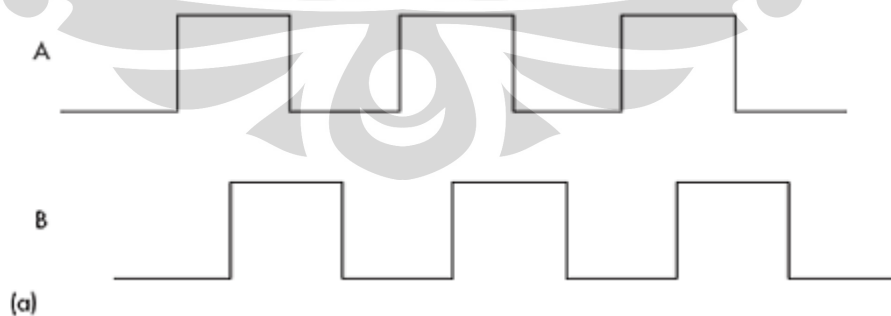


**Gambar 2.3. Shaft encoder<sup>[4]</sup>**

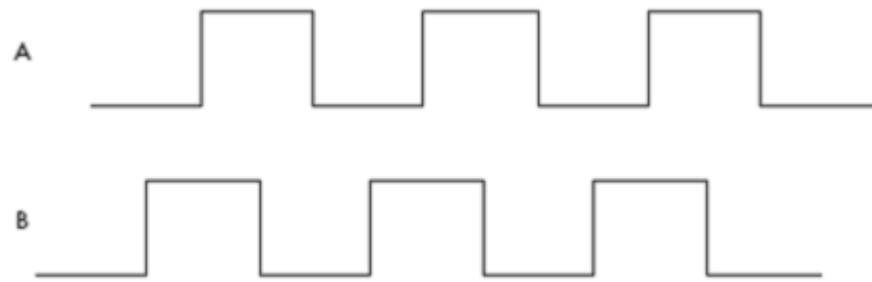
Pada Tugas Akhir, penulis menggunakan beberapa sensor posisi. Sensor posisi tersebut digunakan untuk ketepatan pengambilan data. Sensor tersebut adalah *Encoder*.

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 2.3 *Encoder* yang dipergunakan memiliki resolusi 500 ppr dan 200 ppr, artinya dalam satu putaran akan dihasilkan 500 pulsa atau 200 pulsa per putarannya.

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 2.4 (a) ditunjukkan bentuk pulsa untuk arah putaran CW dan pada gambar 2.4 (b) ditunjukkan bentuk pulsa untuk arah putaran CCW.



**Gambar 2.4. (a). Contoh output kedua channel dengan searah jarum jam (CW)<sup>[3]</sup>**



**Gambar 2.4 (b).Contoh output kedua channel dengan berlawanan arah jarum jam (CCW)<sup>[3]</sup>**

Didalam shaft encoder terdapat sebuah led dan 2 buah photodiode sebagai detector. 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.

### 2.3 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 DC, maka motor DC tersebut akan On. Jika mikrokontroler memberi output logika 0 maka relay akan off sehingga aliran tegangan dari power supply ke motor DC akan terputus, maka motor akan off. Dalam rangkain driver ini, kami menggunakan tiga driver untuk mengendalikan dua arah dari ketiga motor DC yang dipergunakan.

### 2.4 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 ddengan 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.

#### **2.4.1 Arsitektur dan Konfigurasi pin ATmega8535**

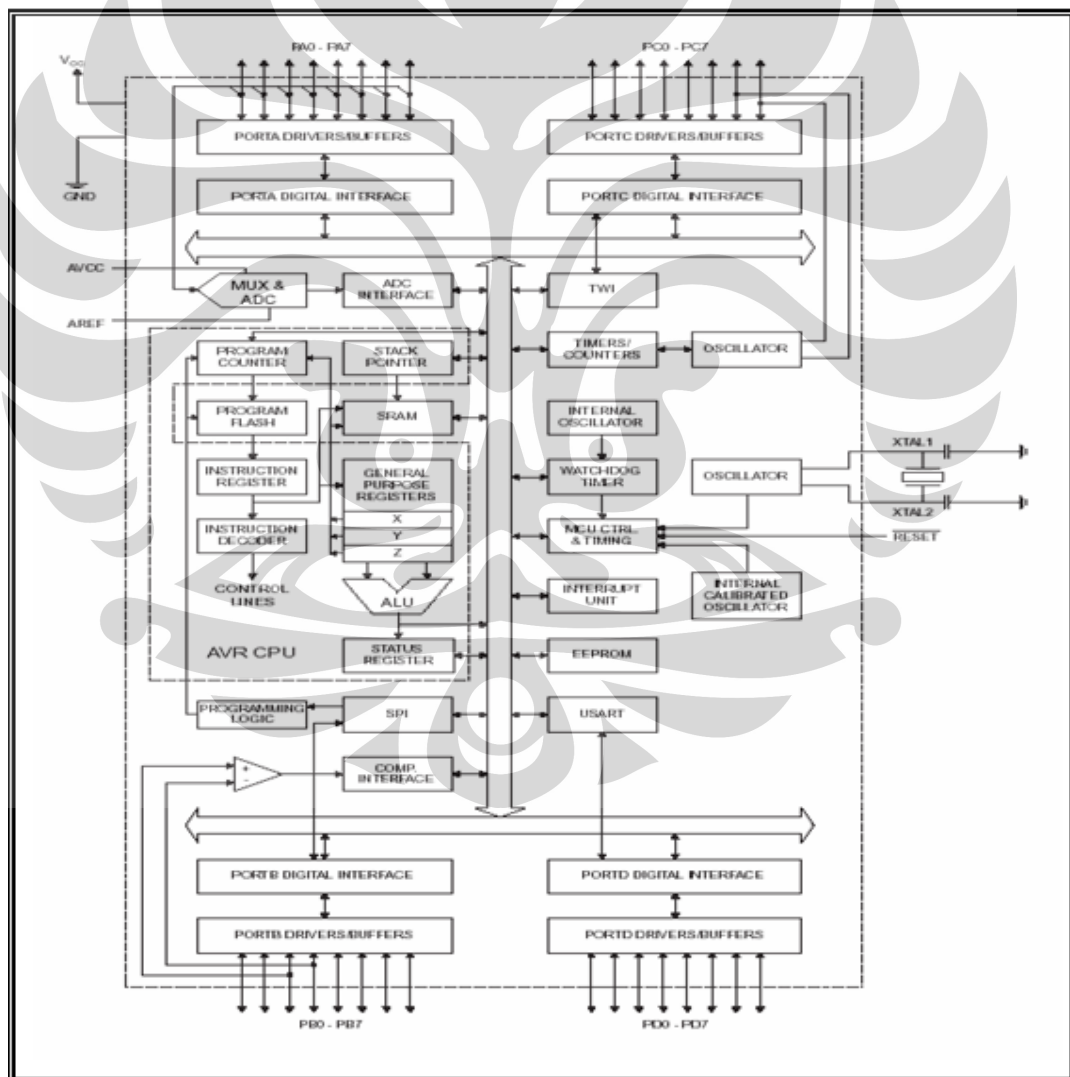
##### **a. Arsitektur ATmega8535**

###### **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

Gambar 2.5 memperlihatkan blok diagram arsitektur Mikrokontroler ATmega8535. agar lebih detil, kita dapat melihat *data sheet* yang ada pada **Lampiran 1**.



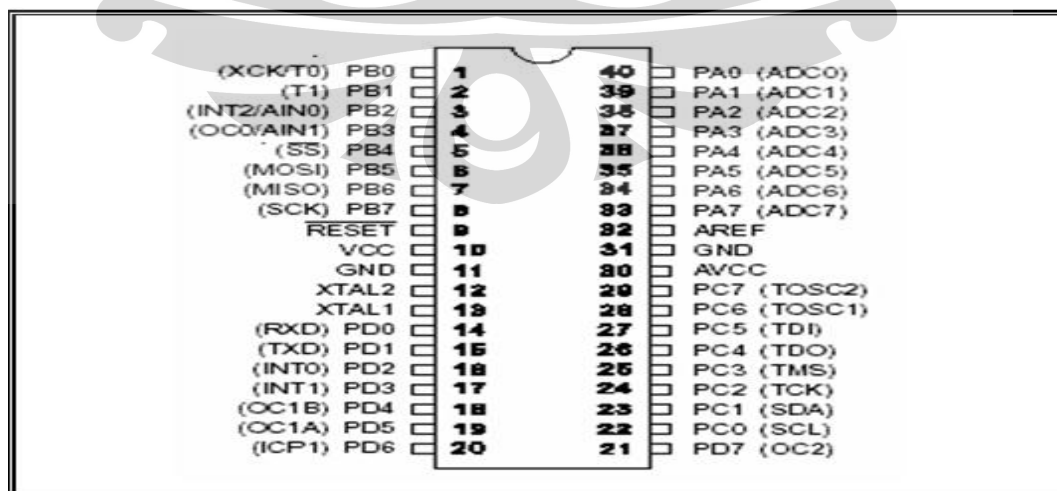
**Gambar 2.5 Arsitektur Mikrokontroler ATmega8535<sup>[2]</sup>**

### b. Konfigurasi pin ATmega8535

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

Dari gambar 2.6 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



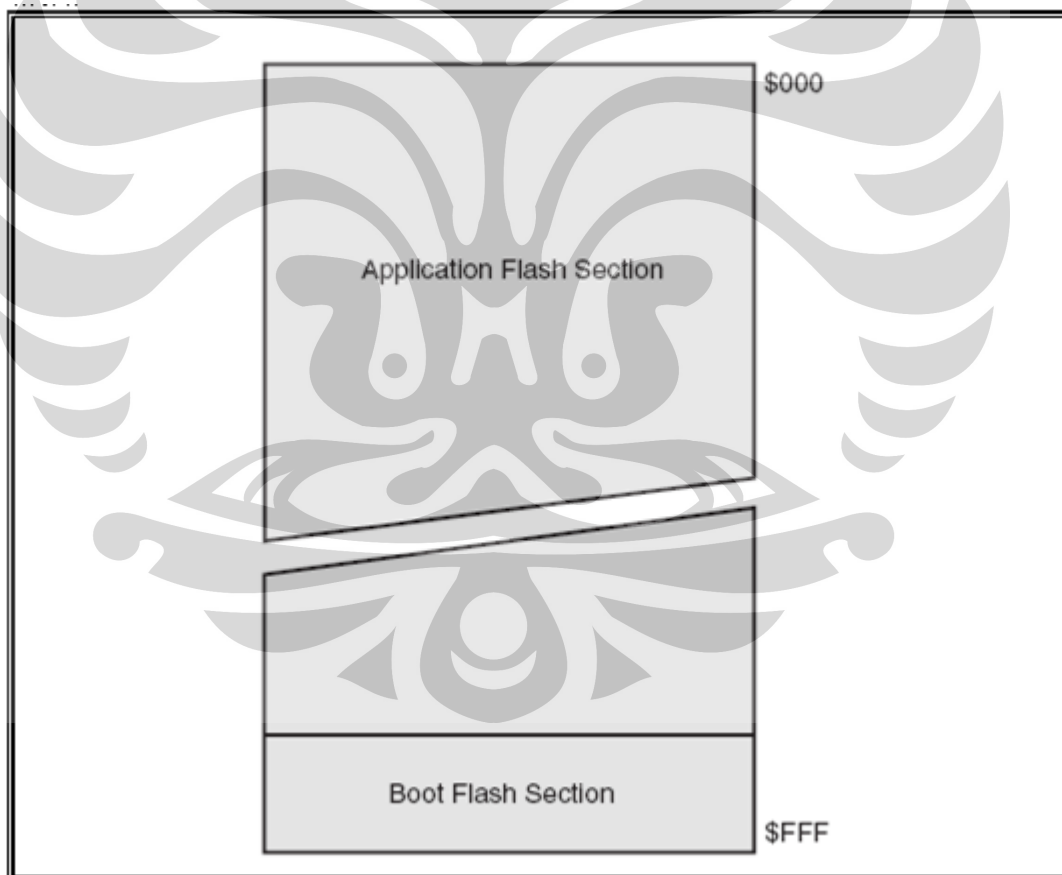
Gambar 2.6. Konfigurasi Pin ATmega8535<sup>[2]</sup>

## 2.4.2 Peta Memori

ATMega 8535 memiliki dua ruang memori utama, yaitu memori data dan memori program. Selain dua memori utama, ATMega8535 juga memiliki fitur EEPROM yang dapat digunakan sebagai penyimpan data.

### a. Flash Memori

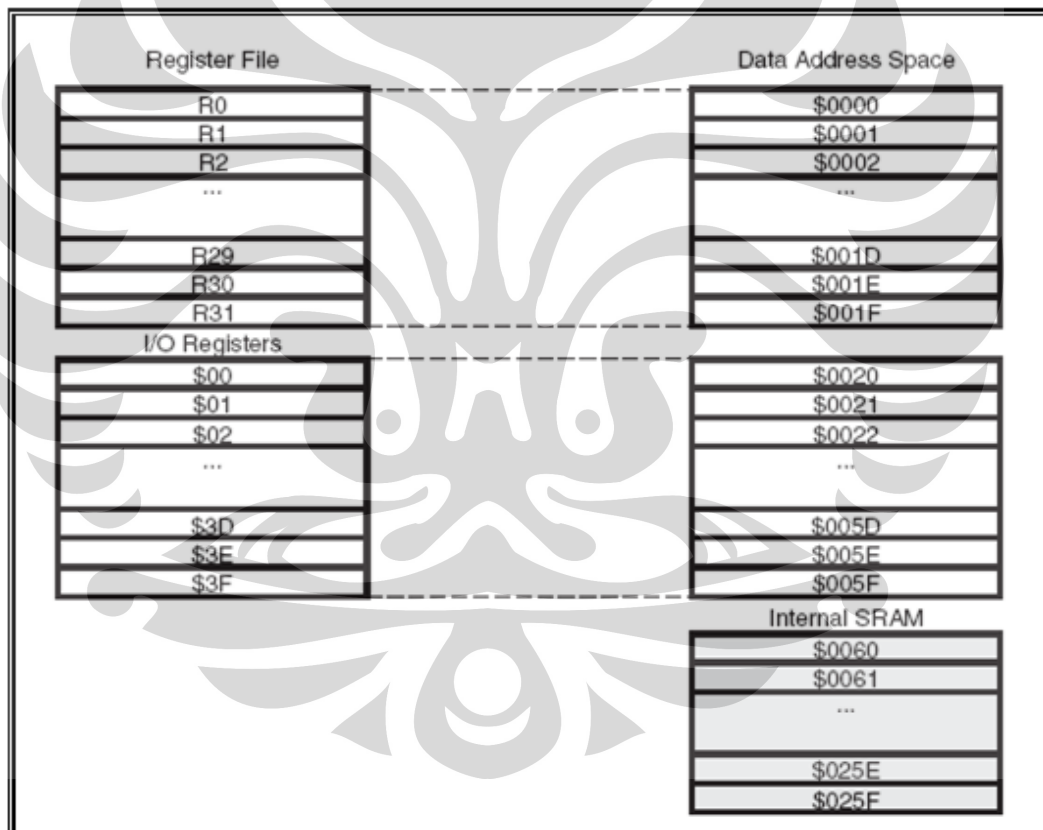
Memori program yang terletak pada Flash Perom tersusun dalam word atau 2 byte karena setiap instruksi memiliki lebar 16-bit atau 32bit. AVR ATMega8535 memiliki 4KByte x 16 Bit Flash Perom dengan alamat mulai dari \$000 sampai \$FFF. Untuk keamanan *software*, memori flash dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian *Boot Program* dan bagian *Application Program*. AVR tersebut memiliki 12 bit Program Counter (PC) sehingga mampu mengamati isi Flash



**Gambar 2.7. Memori Program AVR ATMega8535<sup>[2]</sup>**

## b. SRAM

ATMega8535 memiliki 608 alamat memori data yang terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 buah register umum, 64 buah register I/O, dan 512 *byte* SRAM *internal*. Register keperluan umum menempati *space* data pada alamat terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sementara itu, register khusus untuk menangani I/O dan kontrol terhadap mikrokontroler menempati 64 alamat berikutnya, yaitu mulai dari \$20 hingga \$5F. Register tersebut merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai peripheral mikrokontroler, seperti kontrol register, timer/counter, fungsi-fungsi I/O, dan sebagainya. Register khusus alamat memori secara lengkap



Gambar 2.8. Peta Memory Data ATmega8535<sup>[2]</sup>

### c. EEPROM

Selain itu AVR ATmega8535 juga memiliki memori data berupa EEPROM 8-bit sebanyak 512 byte. Alamat EEPROM dimulai dari \$000 sampai \$1FF.

### 2.4.3 I/O Port Paralel

#### A. Port A

Merupakan 8-bit directional port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal pull-up resistor (dapat diatur per bit). Output buffer Port A dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan display LED secara langsung. Data Direction Register port A (DDRA) harus disetting terlebih dahulu sebelum Port A digunakan. Bit-bit DDRA diisi 0 jika ingin memfungsikan pin-pin port A yang bersesuaian sebagai input, atau diisi 1 jika sebagai output. Selain itu, kedelapan pin port A juga digunakan untuk masukan sinyal analog bagi A/D converter.

**Tabel 2.1** Alternatif fungsi pin pada port A

Port Pin	Fungsi Khusus
PA7	ADC7 (ADC input channel 7)
PA6	ADC6 (ADC input channel 6)
PA4	ADC5 (ADC input channel 5)
PA4	ADC4 (ADC input channel 4)
PA3	ADC3 (ADC input channel 3)
PA2	ADC2 (ADC input channel 2)
PA1	ADC1 (ADC input channel 1)
PA0	ADC0 (ADC input channel 0)



## B. Port B

Merupakan 8-bit directional port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal pull-up resistor (dapat diatur per bit). Output buffer Port B dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan display LED secara langsung. Data Direction Register port B (DDRB) harus disetting terlebih dahulu sebelum Port B digunakan. Bit-bit DDRB diisi 0 jika ingin memfungsikan pin-pin port B yang bersesuaian sebagai input, atau diisi 1 jika sebagai output. Pin-pin port B juga memiliki untuk fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang dapat dilihat dalam tabel berikut.

**Tabel 2.2** Konfigurasi Port B

Port Pin	Fungsi Khusus
PB0	T0 = timer/counter 0 external counter input
PB1	T1 = timer/counter 0 external counter input
PB2	AIN0 = analog comparator positive input
PB3	AIN1 = analog comparator negative input
PB4	SS = SPI slave select input
PB5	MOSI = SPI bus master output / slave input
PB6	MISO = SPI bus master input / slave output
PB7	SCK = SPI bus serial clock

## C. Port C

Merupakan 8-bit directional port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal pull-up resistor (dapat diatur per bit). Output buffer Port C dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan display LED secara langsung.

Data Direction Register port C (DDRC) harus disetting terlebih dahulu sebelum Port C digunakan. Bit-bit DDRC diisi 0 jika ingin memfungsikan pin-pin port C yang bersesuaian sebagai input, atau diisi 1 jika sebagai output.

Selain itu, dua pin port C (PC6 dan PC7) juga memiliki fungsi alternatif sebagai oscillator untuk timer/counter 2.

#### D. Port D

Merupakan 8-bit directional port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal pull-up resistor (dapat diatur per bit). Output buffer Port D dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan display LED secara langsung. Data Direction Register port D (DDRD) harus disetting terlebih dahulu sebelum Port D digunakan. Bit-bit DDRD diisi 0 jika ingin memfungsikan pin-pin port D yang bersesuaian sebagai input, atau diisi 1 jika sebagai output. Selain itu, pin-pin port D juga memiliki untuk fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang dapat dilihat dalam tabel berikut.

**Tabel 2.3** Konfigurasi Port D

Port pin	Fungsi khusus
PD0	RDX (UART input line)
PD1	TDX (UART output line)
PD2	INT0 (external interrupt 0 input)
PD3	INT1 (external interrupt 1 input)
PD4	OC1B (Timer/Counter1 output compareB match output)
PD5	OC1A (Timer/Counter1 output compareA match output)
PD6	ICP (Timer/Counter1 input capture pin)
PD7	OC2 (Timer/Counter output compare match output )

## 2.5 Komunikasi Serial

Komunikasi serial merupakan salah satu cara untuk mengkomunikasikan data dari suatu peralatan ke peralatan lain dengan cara pengiriman data serial bit-perbit. Misalnya mengkomunikasikan antara HP dengan mikrokontroler, HP dengan PC, mikrokontroler dengan PC, dll. Pada PC, komunikasi serial RS-232 dapat dilakukan melalui port serial (COM port).

Komunikasi serial terdiri dari dua jenis, yang pertama adalah komunikasi *synchronous* dan yang kedua adalah *asynchronous*<sup>[2]</sup>. Komunikasi serial *asynchronous* mempunyai ciri khas yang terletak pada adanya start bit dan stop bit. Berbeda dengan komunikasi *synchronous* yang menggunakan *clock oscillator* sebagai parameter pembeda data bit yang dikirim. Pada komunikasi serial *asynchronous*, sinyal data dikirim dengan menambahkan bit awal dan bit akhir pada data sebagai penanda, jadi antara data yang satu dengan yang lainnya mempunyai tanda pemisah sehingga alat tidak salah dalam menerjemahkan data.

### 2.5.1 Komunikasi Data Serial

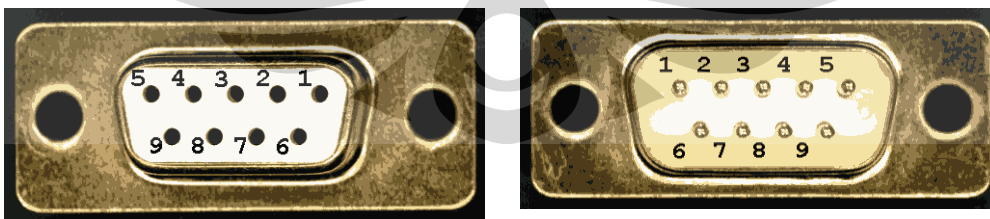
Komunikasi data serial adalah pengiriman data secara serial (data dikirim satu persatu secara berurutan) sehingga komunikasi serial jauh lebih lambat daripada komunikasi yang paralel. Karena peralatan berkomunikasi menggunakan transmisi serial sedangkan data dikomputer diolah secara paralel, oleh karena itu harus dikonversikan dahulu ke bentuk paralel. Jika menggunakan perangkat keras hal ini bisa dilakukan oleh *Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART)*, yang membutuhkan perangkat lunak untuk menanganinya. Komunikasi data serial dapat dilakukan dengan mempresentasikan data dalam bentuk level "1" atau "0". Kelebihan komunikasi serial adalah jangkauan panjang kabel yang lebih jauh dibanding paralel karena serial port mengirimkan logika 1 dengan kisaran tegangan -3 volt hingga -25 volt dan logika nol sebagai +3 volt hingga +25 volt sehingga kehilangan daya karena panjang kabel bukan masalah utama. Selain itu juga komunikasi serial *port* bersifat asinkron sehingga sinyal detak tidak dikirim bersama data. Setiap *word* disinkronkan dengan *start* bit dan sebuah *clock internal* di kedua sisi menjaga bagian data saat pewaktuan (*timing*).

Konektor yang digunakan pada komunikasi serial dta dengan menggunakan serial port yang dapat berupa konektor DB-25 atau DB-9. Namun pada perangkat keras alat yang dibuat penulis menggunakan konektor DB-9. Berikut daftar konfigurasi pin pada konektor DB-9 seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.4.

**Tabel 2.4.** Daftar fungsi pin DB-9

Konektor DB-9	Konektor DB-25	Kode Pin	Fungsi
1	8	DCD (Data Carrier Detect)	Jika modem mendeteksi carrier dari modem lain maka DCD aktif
2	3	RXD (Receive Data)	Serial data input
3	2	TXD (Transmit Data)	Serial data output
4	20	DTR (Data Terminal Ready)	Memberitahu bahwa UART siap
5	7	GND (Ground)	Signal Ground
6	6	DSR (Data Set Ready)	Memberitahu UART bahwa modem siap
7	4	RTS (Request to Send)	Menandakan UART siap bertukar data
8	5	CTS (Clear To Send)	Menandakan modem siap bertukar data
9	22	RI (Ring Indicator)	Aktif bila ada sinyal masuk

*Null* modem digunakan untuk menghubungkan dua buah data DTE, hal ini biasanya dilakukan untuk mentransfer *file* antar komputer.

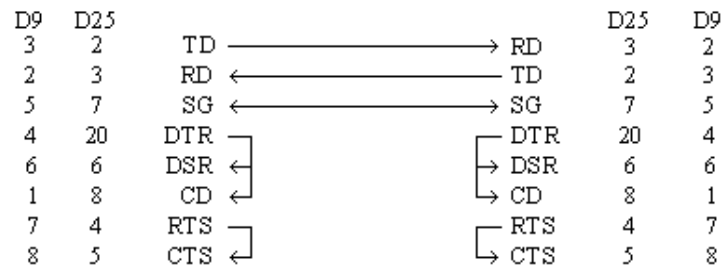


(a)

(b)

**Gambar 2.9. (a).** Urutan letak pin *female* RS-232 DB-9<sup>[1]</sup>

**(b).** Urutan letak pin *male* RS-232 DB-9<sup>[1]</sup>



**Gambar 2.9 (c). Diagram Null Modem Wiring<sup>[1]</sup>**

Komunikasi serial RS-232 merupakan komunikasi *asynchronous* sehingga sinyal *clock* tidak dikirim bersamaan dengan data. Setiap data disinkronisasikan dengan menggunakan *start bit* dan *clock* internal pada setiap bit. Port RS-232 pada komputer harus memenuhi standar RS-232. Agar level tegangan sesuai dengan tegangan TTL/CMOS diperlukan RS-232 level konverter. IC yang banyak digunakan untuk ini adalah MAX-232.

### 2.5.2 Via RS - 232

Jika peralatan yang digunakan menggunakan TTL, sinyal serial *port* harus dikonversikan dahulu ke pulsa TTL sebelum digunakan. Sebaliknya, sinyal dari peralatan harus dirubah ke logika RS-232 sebelum dimasukkan ke serial *port*. Konverter yang paling mudah digunakan adalah MAX-232. Di dalam IC ini terdapat *Charge Pump* yang akan membangkitkan +10 volt dari sumber dan +5 volt tunggal yang dikemas dalam IC DIO (*Dual In Line Package*) 26 pin (8 pin 2 baris) ini terdapat dua buah *transmitter* dan dua buah *receiver*.

## BAB 3

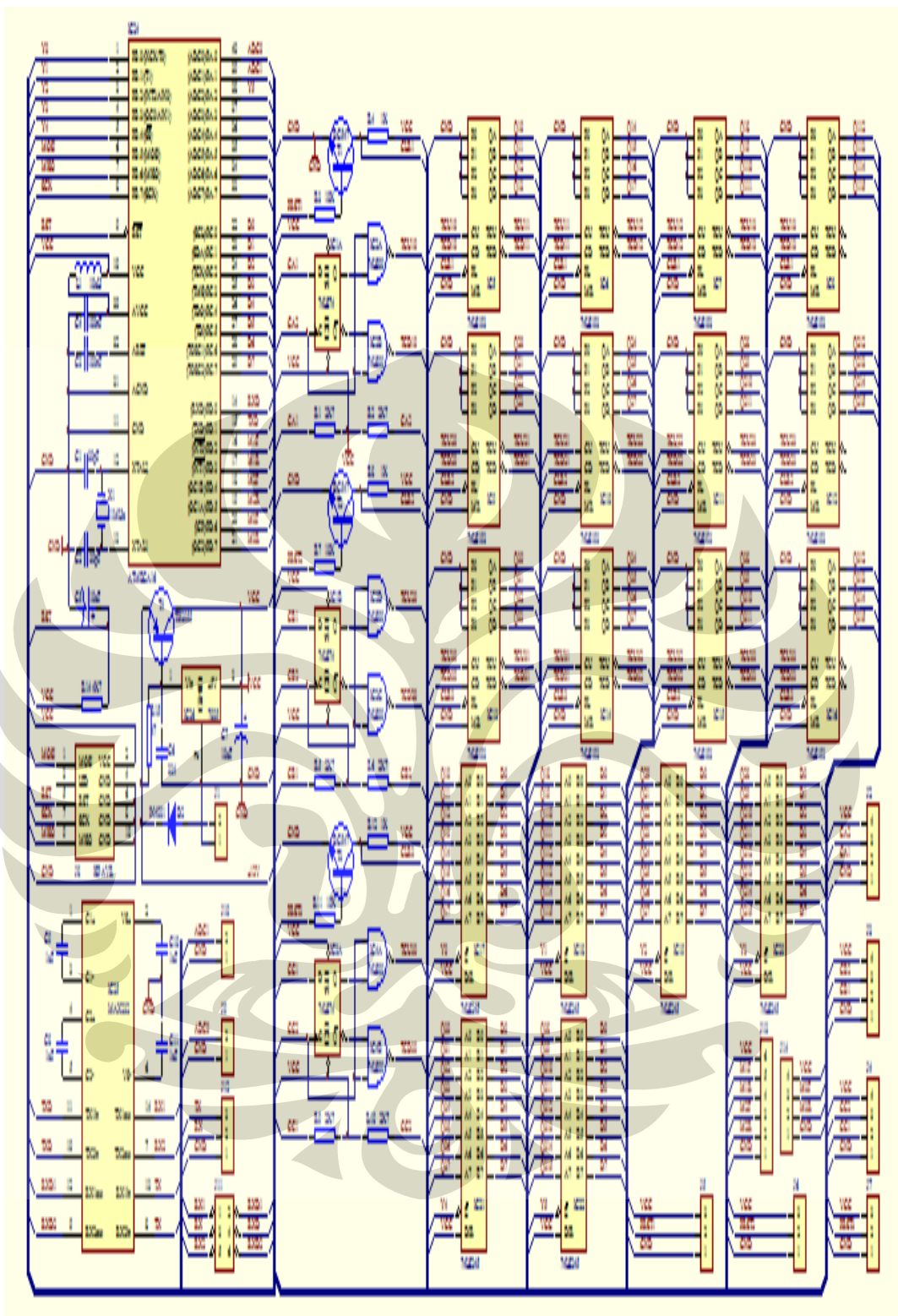
### PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Pada bab ini akan dibahas mengenai sistem kerja dari semua perangkat control ( *hardware* ) dan program penghubung ( *software* ) yang terlibat antara mikrokontroler dengan simulator, maupun antara simulator dengan mikrokontroler pada “Sistem Akusisi Data Alat Ukur Distribusi Kuat Medan Magnet pada Kumparan Helmholtz”.

#### 3.1 Rangkaian Sistem Minimum

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 3.1 dibawah.

Pada 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 swtich atau kondisi home untuk posisinya. Rangkaian ini pun diberikan supply tegangan 12Volt yang kemudian akan memberikan keluaran sebesar 5Volt. Pada Port A, terdapat 2 pin yang digunakan sebagai ADC yaitu, PA.0 dan PA.1. Pengambilan ADC, kami menggunakan port PA.0, selain itu pada port A salah satu pinnya yaitu PA.2 digunakan sebagai Y5 adalah output juga ke IC 74245. Untuk PB.0, PB.1, PB.2, PB.3, dan PB.4 dijadikan sebagai 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. Pada Port C berfungsi sebagai Input. Pengendalian untuk motor dilakukan pada PD. 2, PD.3, PD.4, PD.5, PD.6, PD.7.



**Gambar 3.1. Rangkaian Sistem Minimum Atmega8535**

Pengendalian untuk motor dilakukan pada PD. 2, PD.3, PD.4, PD.5, PD.6, PD.7. Gerakan motor ketika di forward ataupun di reverse. RST berfungsi sebagai peng-*reset* mikro. Rangkaian ini terhubung ke rangkaian lain nya seperti rangkaian driver motor dan Op-amp untuk kondisi sensor *hall effect*. Ketika mikrokontroler memberi output logika 1 ke rangkaian motor driver 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. Begitu juga untuk rangkaian Op-amp untuk pengambilan data ADC.

### 3.2 Rangkaian Counter

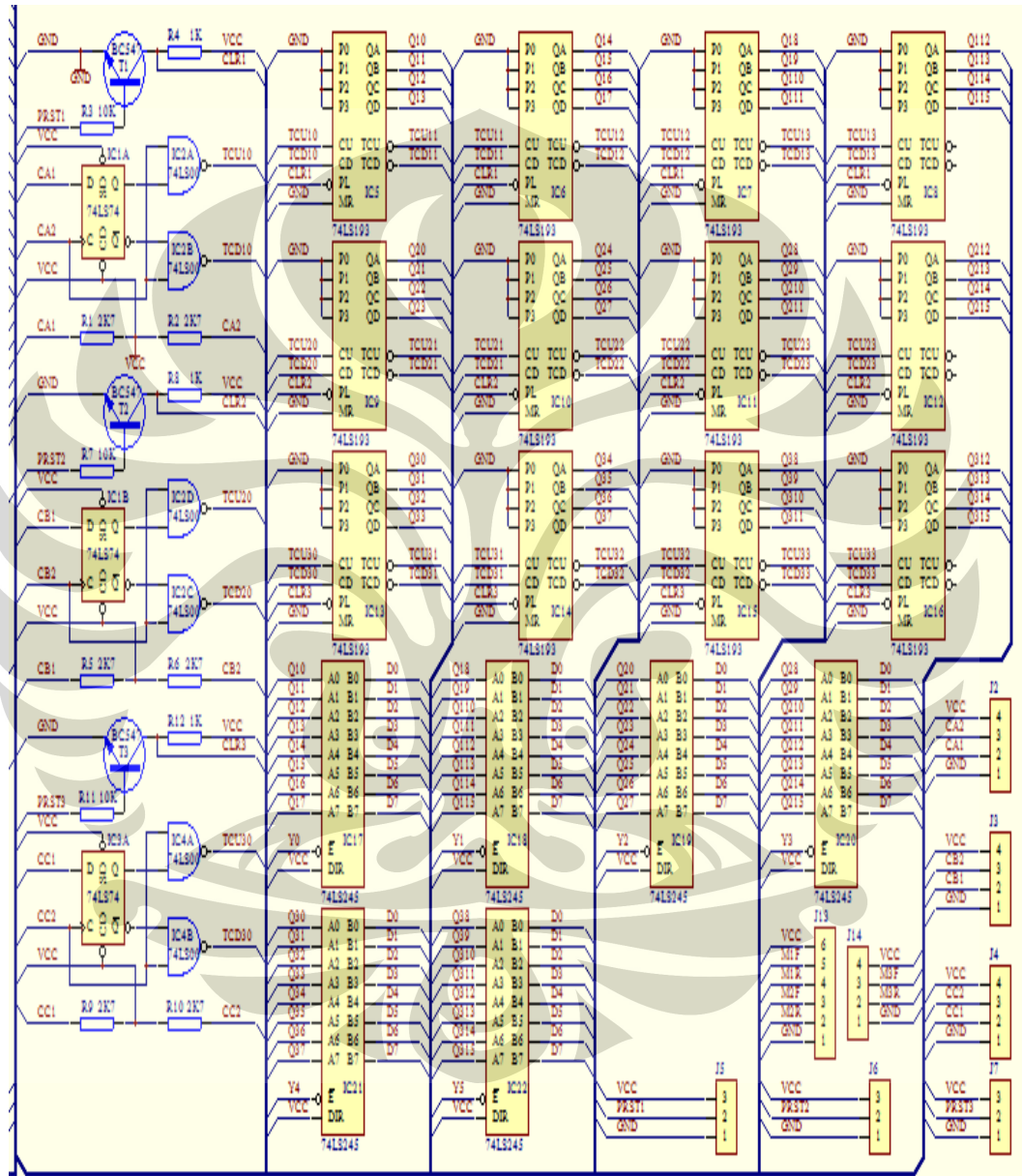
Pada counter atau perhitungan cacahan ini, penulis menggunakan rangkaian counter. Counter yang dimaksud di sini cacahan pulsa yang berasal dari sensor putaran yang berasal dari sensor putaran yang terdapat pada motor DC atau shaft encoder. Adapun sensor putaran menghasilkan dua buah sinyal yang memiliki 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 halaman berikut :

Dari gambar 3.2, 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  $\bar{Q}$ ) diumpankan 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

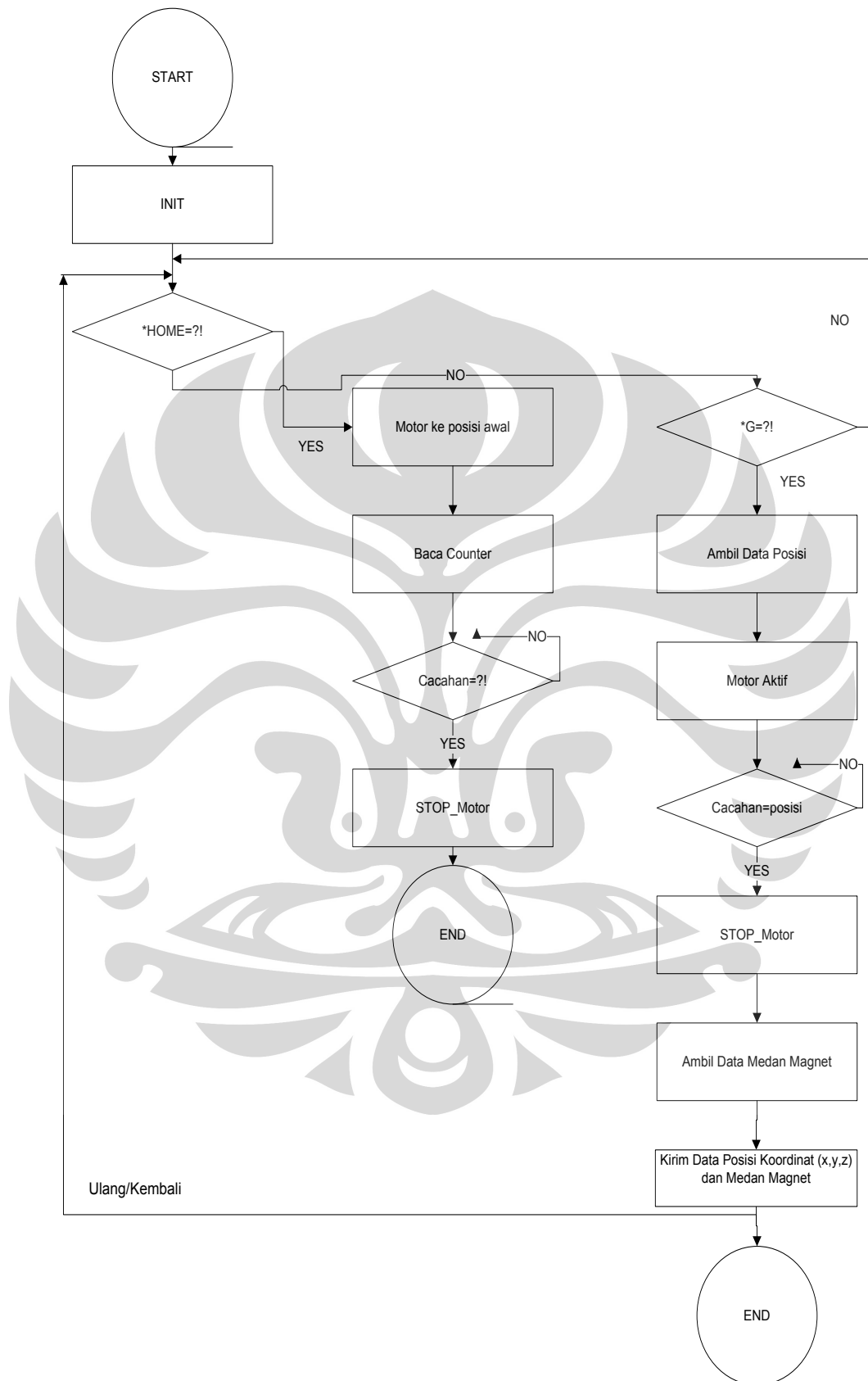


buah IC 74LS193 untuk setiap pencacahan yang akan diberikan ke setiap motor. Jumlah motor yang digunakan ada tiga buah sehingga jumlah IC 74LS193 yang digunakan pun menjadi dua belas buah. Hasil counter dari IC 74LS193 akan dikirim ke IC 74LS245 untuk nanti dipergunakan sebagai pembacaan terhadap pergerakan posisi setiap motor.



Gambar 3.2. Rangkaian counter / Pencacah

### 3.3 Flowchart Program Pada Sistem Minimum ATmega 16



**Gambar 3.3. Flowchart Program Pada Atmega8535**

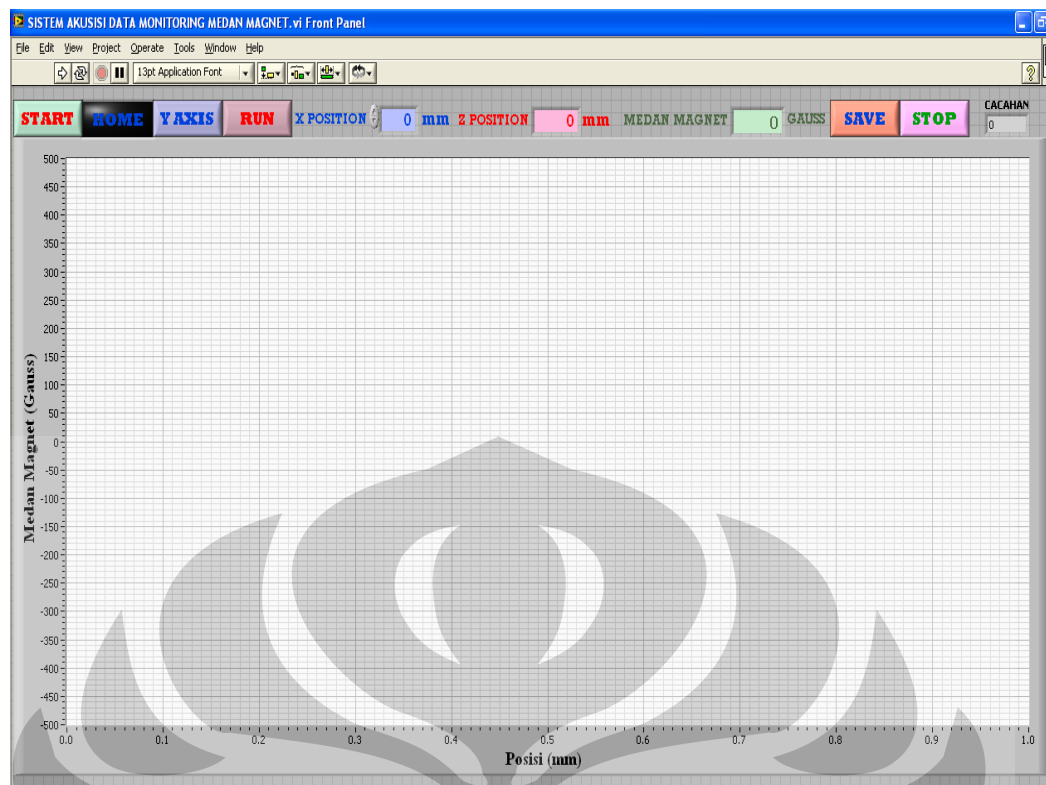
Universitas Indonesia

Dari flowchart diatas proses berjalannya program awal dari mikrokontroller Atmega 8535 yaitu menginisialisasi variabel-variabel yang digunakan pada program tersebut, lalu selanjutnya program membaca nilai counter dari IC 74193 yang di kirim ke IC74245. Mengkondisikan posisi awal (nol) dari tiap motor. Selanjutnya nilai-nilai tersebut disimpan, lalu program 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 DC 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 DC yang terjadi secara bergantian (koordinat x, y, z) dan 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. Pengambilan data dilakukan berulang-ulang. Kondisi OFF terjadi jika hubungan powersupply diputuskan.

### **3.4 Interface menggunakan LabVIEW**

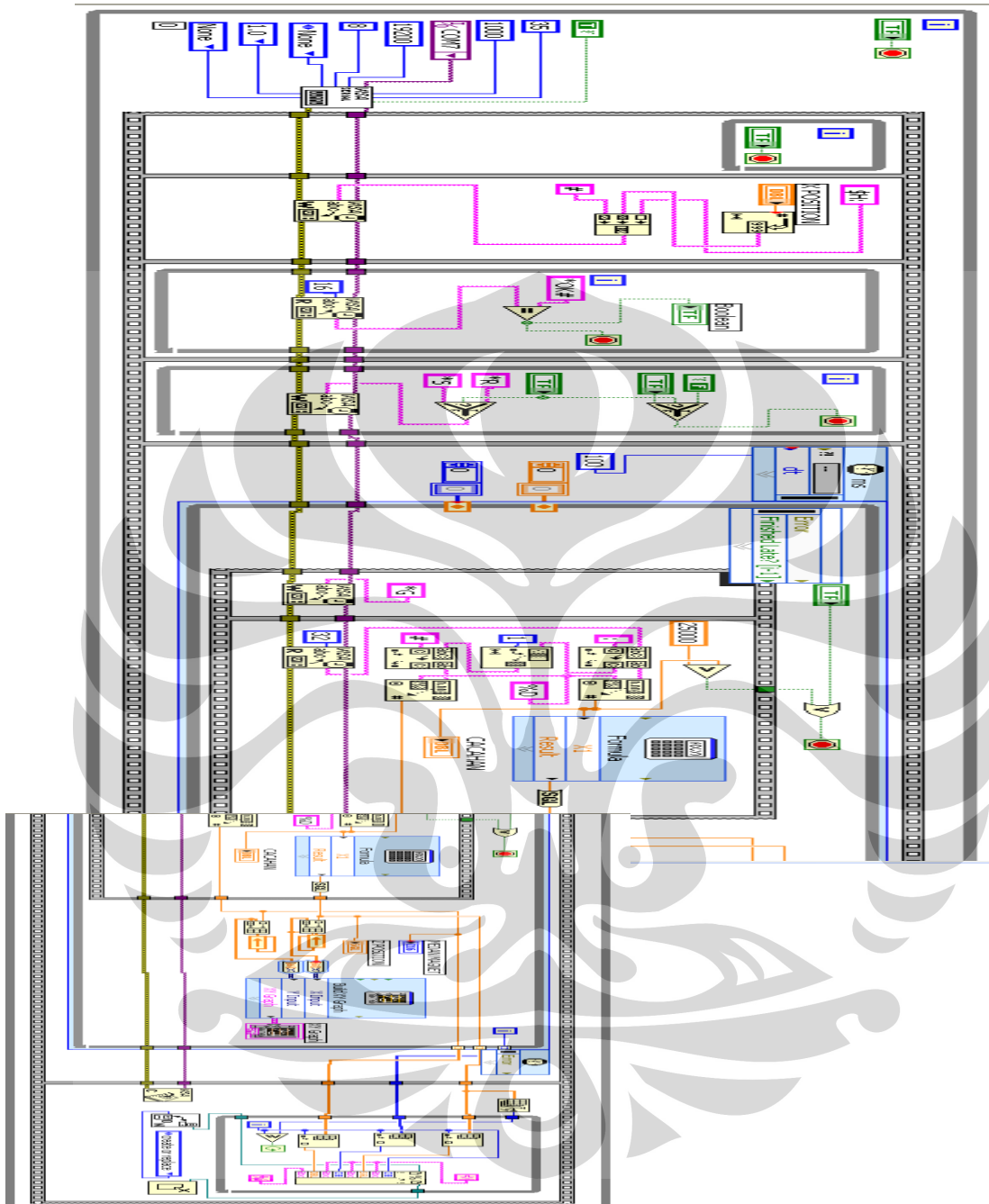
*Software* LabVIEW berfungsi untuk mengontrol *setting* pengiriman data dan penerimaan data yang kemudian ditampilkan pada komputer. Bahasa pemrograman pada *software* ini menggunakan icon-icon yang memiliki fungsi sebagai pengganti teks dalam membuat aplikasi. Berbeda dengan pemrograman berbasis teks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



**Gambar 3.4. Tampilan Front Panel LabVIEW**

Terdapat fungsi dari front panel dari tampilan LabVIEW pada gambar 3.4 yaitu fungsi kontrol dan fungsi indikator. Pada fungsi control terdapat menu START, HOME, Y AXIS, RUN, SAVE, dan STOP. Pada menu START akan mengawali atau memulai untuk menjalankan program. HOME, posisi dari sensor halleffect akan dibuat kembali ke titik awal, sehingga apabila posisi sensor belum pada posisi awal untuk mengambil data maka program akan menjalankan motor DC untuk mengembalikan ke posisi awal. Y AXIS, untuk mengontrol posisi sumbu Y yang diinginkan setelah kondisi HOME. RUN, 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.

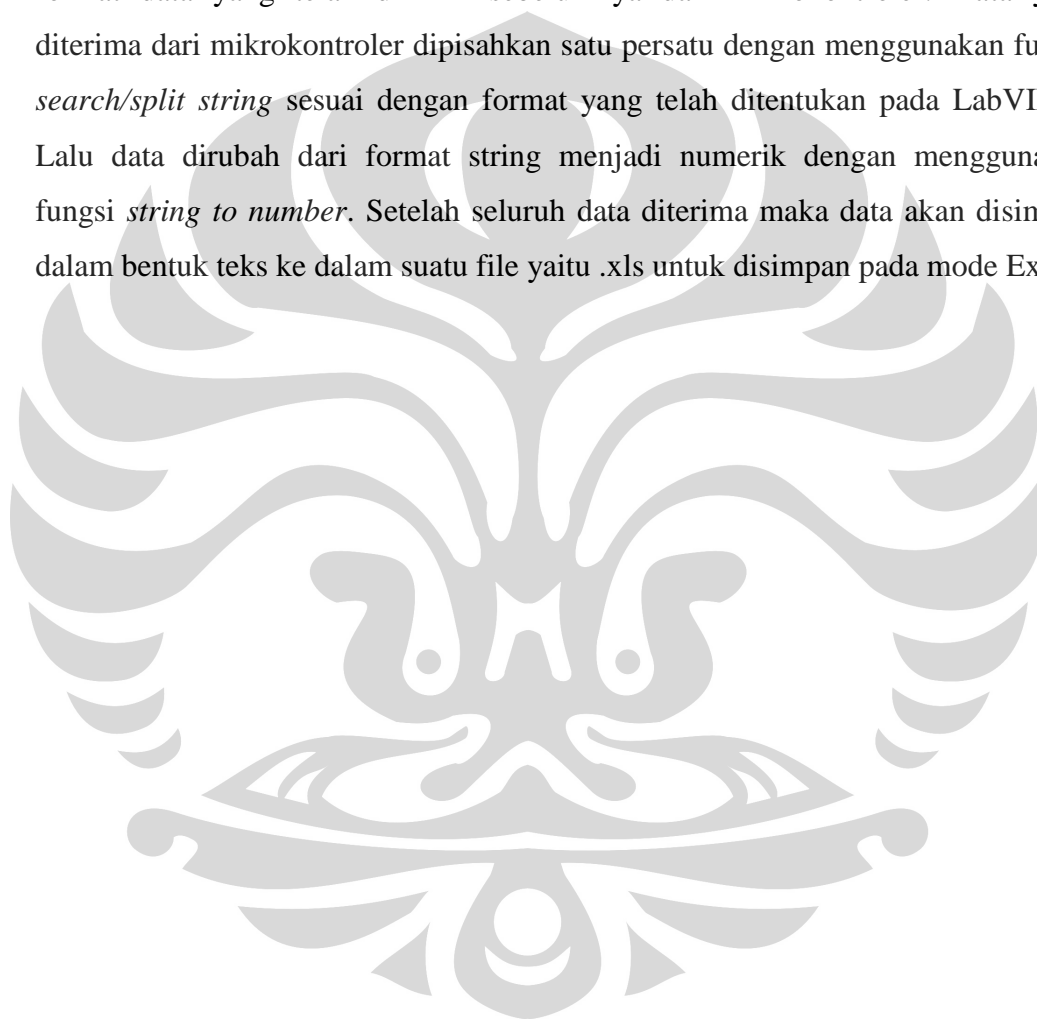
Gambar 3.5. Block Diagram LabVIEW



Sebelum mengatur *front panel*, terlebih dahulu program harus diatur melalui *block diagram*. Pada block diagram dideklarasikan setiap variable yang dibutuhkan pada front panel. Kita juga menginisialisasi Visa yang akan

menghubungkan komputer dengan mikrokontroler. Visa inialisasi menjadi 3 bagian yaitu VisaSerial, VisaWrite, dan VisaRead. VisaSerial digunakan sebagai inialisasi setiap port mulai dari baudrate hingga port yang akan digunakan pada computer. 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.



## BAB 4

### HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA

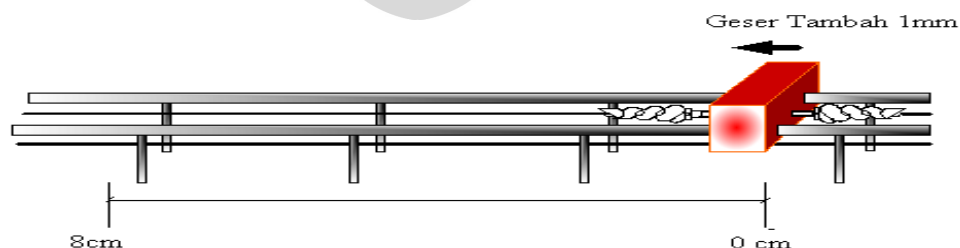
Setelah dilakukan pengerjaan keseluruhan sistem, maka perlu dilakukan pengujian alat serta penganalisaan terhadap alat, apakah sistem sudah bekerja dengan baik atau tidak. Yaitu, dengan melakukan Pengujian Ketepatan Pergeseran Posisi dan Pengambilan data.

#### 4.1. Pengujian Ketepatan Pergeseran Posisi

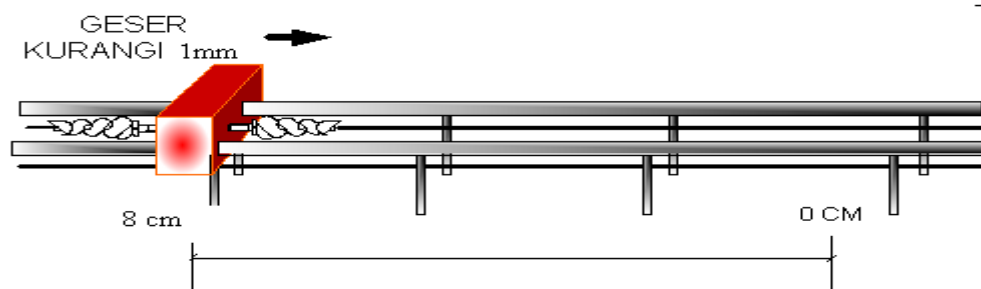
Dari pengujian secara manual ini didapatkan hasil perpindahan posisi seperti yang ditampilkan pada tabel, pengujian dilakukan dengan cara menggeser ulir dengan perpindahan setiap 1 mm secara manual dan Mikrokontroller mencacah hasil dari encoder dan dengan komunikasi serial akan ditampilkan hasilnya ke hyperterminal. Pengambilan data ini dilakukan pada tanggal 10 April 2010.

Hasil data Pengujian dengan pergeseran sebesar 1 mm dapat dilihat di lembar **Lampiran 2**. 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 mengeser-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. 1.** Cara Manual Yang Dilakukan Dengan Kenaikan Setiap 1mm



**Gambar 4. 2.** Cara Manual Yang Dilakukan Dengan Penurunan Setiap 1mm

Data yang diperoleh ketika melakukan pengambilan data ini adalah linear ini diketahui dari nilai  $R^2$  dalam persamaan kelinearannya yang mendekati nilai 1 (satu). Hanya saja posisi simetris dari mekanik ini adalah kurang baik, sehingga menyebabkan nilai pulsa encoder yang acak atau terdapat nilai yang pulsa encoder lebih dan kurang pada tiap putarannya.

#### 4. 2. Pengambilan data Kalibrasi sensor Halleffect

Sensor SS942 merupakan sensor halleffect untuk mendeteksi adanya kuat medan magnet yang digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan yang akan diteruskan menuju mikrokontroler. Sensor yang mampu menghasilkan nilai medan magnet -500 sampai dengan +500 gauss<sup>[5]</sup>. Suatu nilai medan magnet dapat dideteksi atau terukur dengan menggunakan alat ukur fisika yaitu *teslameter*. Nilai medan magnet yang terukur oleh *teslameter* dibandingkan dengan nilai arus yang diberikan pada kumparan helmholtz yang dipergunakan. Pengambilan data ini dilakukan pada tanggal 21 Juli 2010 dan dapat dilihat pada **Lampiran 3**, data yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan data nilai medan magnet yang diperoleh dari sensor *halleffect*. Nilai-nilai medan magnet ini dibandingkan kelinearannya dan ketepatan atau sensitivitas pembacaan kuat medan magnet pada kumparan helmholtz ketika kumparan ini diberikan nilai kuat arus yang berbeda-beda atau berubah-ubah. Hasil perbandingan ini diperoleh bahwa, hasil kalibrasi menunjukkan kurangnya sensitivitas dari sensor halleffect yang dikarenakan sensor tersebut sensor yang lama dan sudah dipergunakan sebelumnya.



### 4.3. Pengambilan data counter dan medan magnet

Sensor SS942 merupakan sensor halleffect untuk mendeteksi adanya kuat medan magnet yang digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan yang akan diteruskan menuju mikrokontroler. Mikrokontroler akan memproses tegangan tersebut dalam bentuk medan magnet (*gauss*). Pengambilan data ini diambil pada tanggal 18 Juli 2010. Untuk mendapatkan nilai monitoring medan magnet dilakukan pemrograman pada mikrokontroler. Hasil data pengujian SS942 untuk monitoring medan magnet di sekitar kumparan Helmholtz dapat dilihat pada **Lampiran 4:**

Dari hasil diatas didapatkan nilai medan magnet yang tidak stabil atau naik turun dan tidak rata ditiap pengambilan data dengan beberapa variasi tegangan ataupun posisi. Hal ini tidak sesuai dengan teori dikarenakan pembuatan kumparan Helmholtz yang kurang baik dan tepat, mekanik pergerakan sumbu X, Y, Z yang kurang simetris dan tegak lurus serta sinyal atau arus yang diberikan oleh rangkaian Op-amp sensor tidak sampai ke minimum sistem untuk diolah. Dianalisa bahwa arus atau sinyal yang tidak sampai ke minimum sistem tersebut dikarenakan jarak yang jauh antara Op-amp dan minimum sistem sehingga penggunaan kabel yang panjang serta kurangnya Buffer pada rangkaian Op-amp untuk mengurangi adanya noise serta adanya hubungan singkat ataupun nilai resistor yang salah.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah menyelesaikan perancangan peralatan serta pengambilan data, maka penulis dapat menarik kesimpulan bahwa :

1. Menggunakan IC mikrokontroler dengan Atmega8535 sebagai pengendali dan LabVIEW pemberi set point dan menampilkan.
2. Menggunakan rangkaian 16 bit Up/Down Counter untuk mencacah pulsa.
3. Menggunakan rangkaian MAX 232 untuk pengiriman data serial.
4. Menggunakan rangkaian interface untuk mengirimkan data 16 bit Up/Down Counter kepada 8 bit data mikrokontroler.
5. Menentukan besar pulsa yang dihasilkan oleh encoder motor terlebih dulu untuk membantu menentukan set point.
6. Data ADC dan converter medan magnet diperoleh melalui proses mikrokontroler dan pengolahan LabVIEW.
7. Pada pengambilan data, sistem kadang terjadi error ketika pengambilan data yang diambil pada bagian beberapa kalinya, dikarenakan mekanik yang kurang stabil.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat penulis berikan yang berhubungan dengan penelitian ini yaitu, Pada saat melakukan pengambilan data, sebaiknya lebih teliti dalam melakukannya agar pembacaan nilai jarak dan medan magnet benar, melakukan perbandingan atau perhitungan tentang teori penelitian lebih mendalam, serta sistem pemasangan perkabelan agar disusun secara baik agar tidak terjadi arus hubung singkat jika pada kabel ternyata ada yang terbuka serta rancang bangun mekanik yang lebih teliti dan tepat agar membantu pengambilan data. Menggunakan 3D untuk tampilan LabVIEW yang lebih baik.

## DAFTAR ACUAN

- [1] Dallas. Mei 1998.<<http://www.alldatasheet.com>>, dibuka tanggal 25 maret 2010
- [2] Datasheet Atmega8535 <http://www.alldatasheet.com>, dibuka tanggal 15 Maret 2010
- [3] Faulkenberry, Luces, 1982, An Introduction To Operational Amplifiers, Taiwan : John Willey & Sons, Inc.
- [4] [http://www.allegromicro.com/en/Products/Part\\_Numbers/shaftencoder.pdf](http://www.allegromicro.com/en/Products/Part_Numbers/shaftencoder.pdf), dibuka tanggal 2 maret 2010
- [5] <http://parts.digikey.com/1/parts/948409-ic-sensor-hall-effect-3-sip-a1302eua-t.html>, dibuka tanggal 2 maret 2010
- [6] Putra, Agfianto Eko. 2003. *Belajar Mikrokontroller*. Jakarta: Penerbit Gava Media.
- [7] Roger, Sutisna. 1994. *Prinsip – prinsip Digital*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [8] Revisi Rekam | 6400 Helmholtz Seri, Bagian Manual | # 399273, Rev B. Juni 2009, dibuka tanggal 2 maret 2010
- [9] Usman, 2008, Teknik Antar Muka dan Pemrograman Mikrokontroller AT89S52, Yogyakarta : C.V Andi Offset.
- [10] Wardhana Lingga. 2006. *Belajar sendiri Mikrokontroller AVR*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [11] Y. Freedman. 1996. *University Phisics, Extended version with Modern Phisics*. Ninth Editon, Addison-Wesley Publishing Company, Icn.



## Features

- High-performance, Low-power AVR<sup>®</sup> 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
  - 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
    - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - 512 Bytes EEPROM
    - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
  - 512 Bytes Internal SRAM
  - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Four PWM Channels
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels for TQFP Package Only
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x for TQFP Package Only
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad MLF
- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V for ATmega8535L
  - 4.5 - 5.5V for ATmega8535
- Speed Grades
  - 0 - 8 MHz for ATmega8535L
  - 0 - 16 MHz for ATmega8535



**8-bit AVR<sup>®</sup>**  
**Microcontroller**  
**with 8K Bytes**  
**In-System**  
**Programmable**  
**Flash**

**ATmega8535**  
**ATmega8535L**

**Preliminary**  
**Summary**

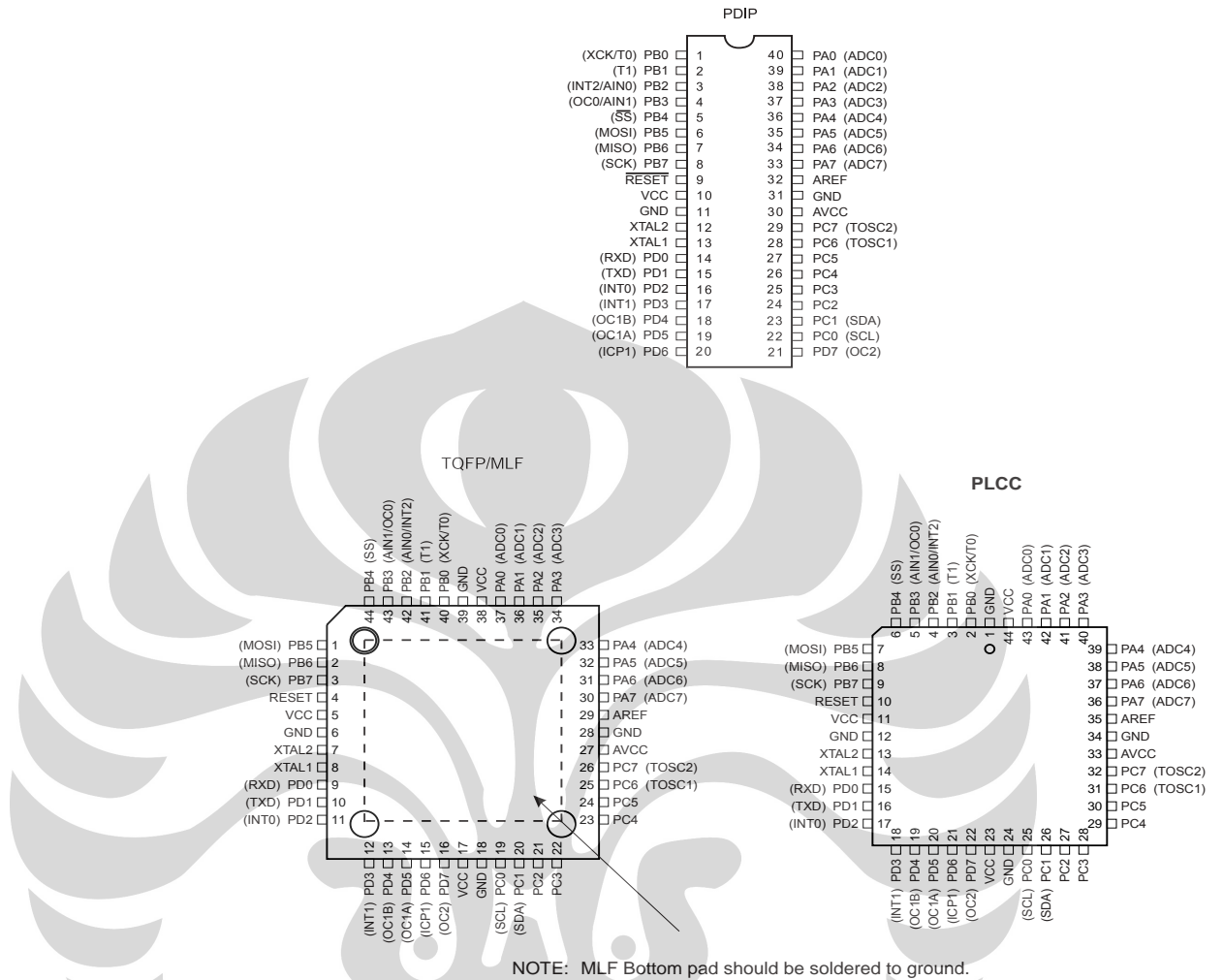
Rev. 2502ES-AVR-12/03



Note: This is a summary document. A complete document is available on our Web site at [www.atmel.com](http://www.atmel.com).

# Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535



## Disclaimer

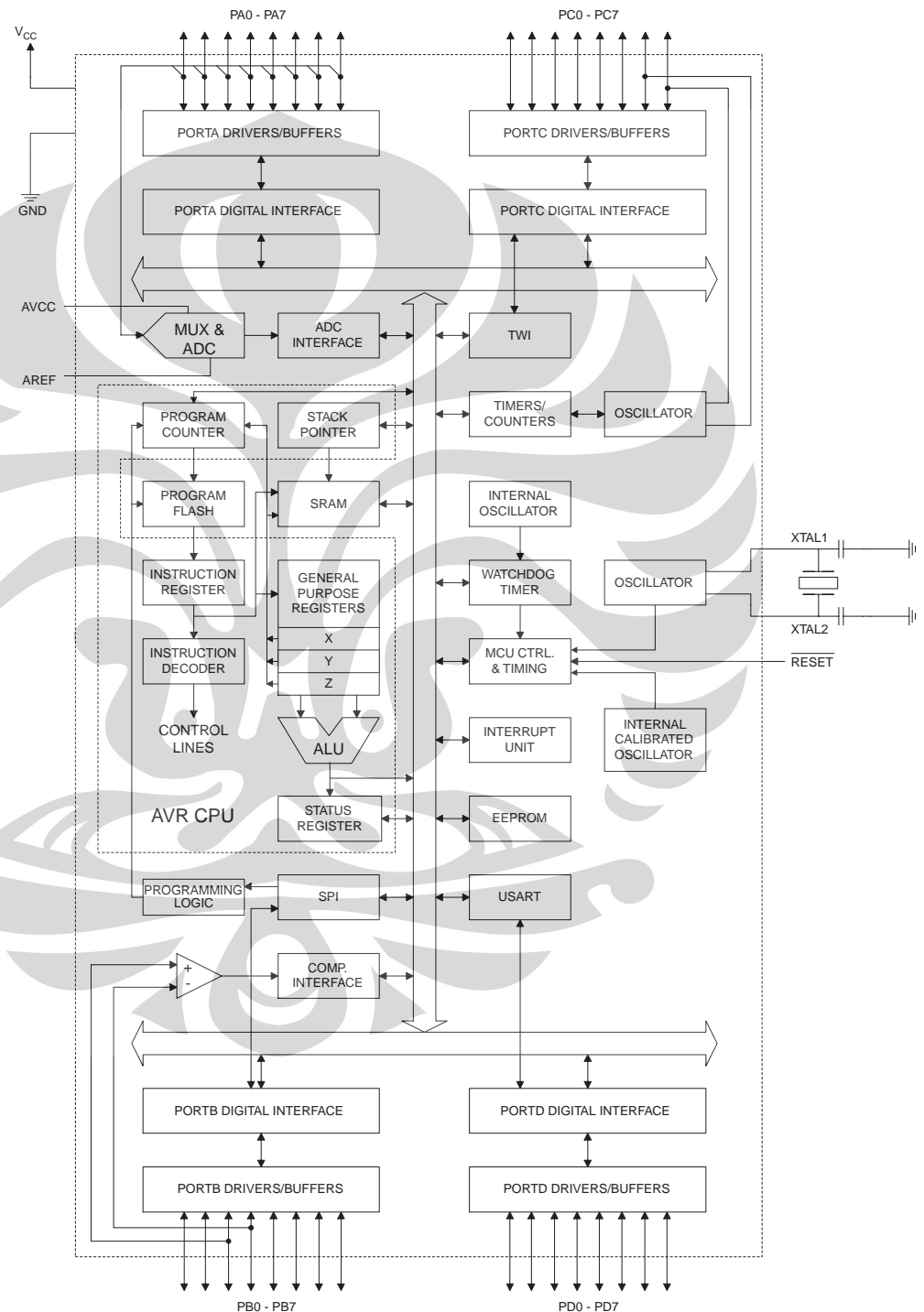
Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

## Overview

The ATmega8535 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing instructions in a single clock cycle, the ATmega8535 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

## Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega8535 provides the following features: 8K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 512 bytes SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain in TQFP package, a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the asynchronous timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega8535 is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega8535 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, In-Circuit Emulators, and evaluation kits.

### **AT90S8535 Compatibility**

The ATmega8535 provides all the features of the AT90S8535. In addition, several new features are added. The ATmega8535 is backward compatible with AT90S8535 in most cases. However, some incompatibilities between the two microcontrollers exist. To solve this problem, an AT90S8535 compatibility mode can be selected by programming the S8535C fuse. ATmega8535 is pin compatible with AT90S8535, and can replace the AT90S8535 on current Printed Circuit Boards. However, the location of fuse bits and the electrical characteristics differs between the two devices.

### **AT90S8535 Compatibility Mode**

Programming the S8535C fuse will change the following functionality:

- The timed sequence for changing the Watchdog Time-out period is disabled. See "Timed Sequences for Changing the Configuration of the Watchdog Timer" on page 43 for details.
- The double buffering of the USART Receive Register is disabled. See "AVR USART vs. AVR UART – Compatibility" on page 143 for details.



## Pin Descriptions

<b>V<sub>CC</sub></b>	Digital supply voltage.
<b>GND</b>	Ground.
<b>Port A (PA7..PA0)</b>	<p>Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.</p> <p>Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
<b>Port B (PB7..PB0)</b>	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 58.</p>
<b>Port C (PC7..PC0)</b>	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
<b>Port D (PD7..PD0)</b>	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 62.</p>
<b>RESET</b>	<p>Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 35. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.</p>
<b>XTAL1</b>	Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
<b>XTAL2</b>	Output from the inverting Oscillator amplifier.
<b>AVCC</b>	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V <sub>CC</sub> , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V <sub>CC</sub> through a low-pass filter.
<b>AREF</b>	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

# Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x3F (0x5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	8
0x3E (0x5E)	SPH	–	–	–	–	–	SP10	SP9	SP8	10
0x3D (0x5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	10
0x3C (0x5C)	OCR0	Timer/Counter0 Output Compare Register								83
0x3B (0x5B)	GICR	INT1	INT0	INT2	–	–	–	IVSEL	IVCE	47, 67
0x3A (0x5A)	GIFR	INTF1	INTF0	INTF2	–	–	–	–	–	68
0x39 (0x59)	TIMSK	OCIE2	TOIE2	TICIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	OCIE0	TOIE0	83, 113, 131
0x38 (0x58)	TIFR	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	84, 114, 132
0x37 (0x57)	SPMCR	SPMIE	RWWSB	–	RWWSRE	BLBSET	PGWRT	PGERS	SPMEN	225
0x36 (0x56)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	–	TWIE	178
0x35 (0x55)	MCUCR	SM2	SE	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	30, 66
0x34 (0x54)	MCUCSR	–	ISC2	–	–	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	38, 67
0x33 (0x53)	TCCR0	FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	81
0x32 (0x52)	TCNT0	Timer/Counter0 (8 Bits)								83
0x31 (0x51)	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								28
0x30 (0x50)	SFIOR	ADTS2	ADTS1	ADTS0	–	ACME	PUD	PSR2	PSR10	57,86,133,200,220
0x2F (0x4F)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	FOC1A	FOC1B	WGM11	WGM10	108
0x2E (0x4E)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	–	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	111
0x2D (0x4D)	TCNT1H	Timer/Counter1 – Counter Register High Byte								112
0x2C (0x4C)	TCNT1L	Timer/Counter1 – Counter Register Low Byte								112
0x2B (0x4B)	OCR1AH	Timer/Counter1 – Output Compare Register A High Byte								112
0x2A (0x4A)	OCR1AL	Timer/Counter1 – Output Compare Register A Low Byte								112
0x29 (0x49)	OCR1BH	Timer/Counter1 – Output Compare Register B High Byte								112
0x28 (0x48)	OCR1BL	Timer/Counter1 – Output Compare Register B Low Byte								112
0x27 (0x47)	ICR1H	Timer/Counter1 – Input Capture Register High Byte								112
0x26 (0x46)	ICR1L	Timer/Counter1 – Input Capture Register Low Byte								112
0x25 (0x45)	TCCR2	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	126
0x24 (0x44)	TCNT2	Timer/Counter2 (8 Bits)								128
0x23 (0x43)	OCR2	Timer/Counter2 Output Compare Register								129
0x22 (0x42)	ASSR	–	–	–	–	AS2	TCN2UB	OCR2UB	TGR2UB	129
0x21 (0x41)	WDTCR	–	–	–	WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	40
0x20 <sup>(1)</sup> (0x40 <sup>(1)</sup> )	UBRRH	URSEL	–	–	–	–	UBRR[11:8]			166
	UCSRC	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL	164
0x1F (0x3F)	EEARH	–	–	–	–	–	–	–	EEAR8	17
0x1E (0x3E)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte								17
0x1D (0x3D)	EEDR	EEPROM Data Register								17
0x1C (0x3C)	EEDR	–	–	–	–	EERIE	EEMWE	EWE	EERE	17
0x1B (0x3B)	PORTA	PORTA7	PORTA6	PORTA5	PORTA4	PORTA3	PORTA2	PORTA1	PORTA0	64
0x1A (0x3A)	DDRA	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA2	DDA1	DDA0	64
0x19 (0x39)	PINA	PINA7	PINA6	PINA5	PINA4	PINA3	PINA2	PINA1	PINA0	64
0x18 (0x38)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	64
0x17 (0x37)	DDRB	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	64
0x16 (0x36)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	65
0x15 (0x35)	PORTC	PORTC7	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	65
0x14 (0x34)	DDRC	DDC7	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	65
0x13 (0x33)	PINC	PINC7	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	65
0x12 (0x32)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	65
0x11 (0x31)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	65
0x10 (0x30)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	65
0x0F (0x2F)	SPDR	SPI Data Register								140
0x0E (0x2E)	SPSR	SPIF	WCOL	–	–	–	–	–	SPI2X	140
0x0D (0x2D)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	138
0x0C (0x2C)	UDR	USART I/O Data Register								161
0x0B (0x2B)	UCSRA	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	U2X	MPCM	162
0x0A (0x2A)	UCSRB	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8	163
0x09 (0x29)	UBRRL	USART Baud Rate Register Low Byte								166
0x08 (0x28)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	200
0x07 (0x27)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	216
0x06 (0x26)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	218
0x05 (0x25)	ADCH	ADC Data Register High Byte								219
0x04 (0x24)	ADCL	ADC Data Register Low Byte								219
0x03 (0x23)	TWDR	Two-wire Serial Interface Data Register								180
0x02 (0x22)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	180
0x01 (0x21)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	–	TWPS1	TWPS0	180

**Register Summary (Continued)**

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x00 (0x20)	TWBR	Two-wire Serial Interface Bit Rate Register								178

- Notes:
1. Refer to the USART description for details on how to access UBRRH and UCSRC.
  2. For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.
  3. Some of the status flags are cleared by writing a logical one to them. Note that the CBI and SBI instructions will operate on all bits in the I/O Register, writing a one back into any flag read as set, thus clearing the flag. The CBI and SBI instructions work with registers 0x00 to 0x1F only.



# Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
<b>ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS</b>					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	Z,C,N,V,H	1
ADIW	RdI,K	Add Immediate to Word	$RdH:RdL \leftarrow RdH:RdL + K$	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	Z,C,N,V,H	1
SBIW	RdI,K	Subtract Immediate from Word	$RdH:RdL \leftarrow RdH:RdL - K$	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	$Rd \leftarrow Rd \bullet Rr$	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \bullet K$	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \vee Rr$	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rr$	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	$Rd \leftarrow 0xFF - Rd$	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow 0x00 - Rd$	Z,C,N,V,H	1
SBR	Rd,K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
CBR	Rd,K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \bullet (0xFF - K)$	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	$Rd \leftarrow Rd + 1$	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd \leftarrow Rd - 1$	Z,N,V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	$Rd \leftarrow Rd \bullet Rd$	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rd$	Z,N,V	1
SER	Rd	Set Register	$Rd \leftarrow 0xFF$	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
<b>BRANCH INSTRUCTIONS</b>					
RJMP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2
IJMP		Indirect Jump to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	2
RCALL	k	Relative Subroutine Call	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	3
ICALL		Indirect Call to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	3
RET		Subroutine Return	$PC \leftarrow STACK$	None	4
RETI		Interrupt Return	$PC \leftarrow STACK$	I	4
CPSE	Rd,Rr	Compare, Skip if Equal	if $(Rd = Rr)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1 / 2 / 3
CP	Rd,Rr	Compare	$Rd - Rr$	Z, N,V,C,H	1
CPC	Rd,Rr	Compare with Carry	$Rd - Rr - C$	Z, N,V,C,H	1
CPI	Rd,K	Compare Register with Immediate	$Rd - K$	Z, N,V,C,H	1
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	if $(Rr(b)=0)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1 / 2 / 3
SBRS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	if $(Rr(b)=1)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1 / 2 / 3
SBIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	if $(P(b)=0)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1 / 2 / 3
SBIS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	if $(P(b)=1)$ $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1 / 2 / 3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	if $(SREG(s) = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	if $(SREG(s) = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BREQ	k	Branch if Equal	if $(Z = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRNE	k	Branch if Not Equal	if $(Z = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRCS	k	Branch if Carry Set	if $(C = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	if $(C = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRSH	k	Branch if Same or Higher	if $(C = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRLO	k	Branch if Lower	if $(C = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRMI	k	Branch if Minus	if $(N = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRPL	k	Branch if Plus	if $(N = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	if $(N \oplus V = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	if $(N \oplus V = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	if $(H = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	if $(H = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRTS	k	Branch if T Flag Set	if $(T = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRTC	k	Branch if T Flag Cleared	if $(T = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	if $(V = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	if $(V = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRIE	k	Branch if Interrupt Enabled	if $(I = 1)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
BRID	k	Branch if Interrupt Disabled	if $(I = 0)$ then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1 / 2
<b>DATA TRANSFER INSTRUCTIONS</b>					

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	$Rd \leftarrow Rr$	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	$Rd+1:Rd \leftarrow Rr+1:Rr$	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	$Rd \leftarrow K$	None	1
LD	Rd, X	Load Indirect	$Rd \leftarrow (X)$	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (X), X \leftarrow X + 1$	None	2
LD	Rd, -X	Load Indirect and Pre-Dec.	$X \leftarrow X - 1, Rd \leftarrow (X)$	None	2
LD	Rd, Y	Load Indirect	$Rd \leftarrow (Y)$	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (Y), Y \leftarrow Y + 1$	None	2
LD	Rd, -Y	Load Indirect and Pre-Dec.	$Y \leftarrow Y - 1, Rd \leftarrow (Y)$	None	2
LDD	Rd, Y+q	Load Indirect with Displacement	$Rd \leftarrow (Y + q)$	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	$Rd \leftarrow (Z)$	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	$Rd \leftarrow (Z), Z \leftarrow Z + 1$	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	$Z \leftarrow Z - 1, Rd \leftarrow (Z)$	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	$Rd \leftarrow (Z + q)$	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	$Rd \leftarrow (k)$	None	2
ST	X, Rr	Store Indirect	$(X) \leftarrow Rr$	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$(X) \leftarrow Rr, X \leftarrow X + 1$	None	2
ST	-X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$X \leftarrow X - 1, (X) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Y, Rr	Store Indirect	$(Y) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$(Y) \leftarrow Rr, Y \leftarrow Y + 1$	None	2
ST	-Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$Y \leftarrow Y - 1, (Y) \leftarrow Rr$	None	2
STD	Y+q, Rr	Store Indirect with Displacement	$(Y + q) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Z, Rr	Store Indirect	$(Z) \leftarrow Rr$	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	$(Z) \leftarrow Rr, Z \leftarrow Z + 1$	None	2
ST	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	$Z \leftarrow Z - 1, (Z) \leftarrow Rr$	None	2
STD	Z+q, Rr	Store Indirect with Displacement	$(Z + q) \leftarrow Rr$	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	$(k) \leftarrow Rr$	None	2
LPM		Load Program Memory	$R0 \leftarrow (Z)$	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	$Rd \leftarrow (Z)$	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc	$Rd \leftarrow (Z), Z \leftarrow Z + 1$	None	3
SPM		Store Program Memory	$(Z) \leftarrow R1:R0$	None	-
IN	Rd, P	In Port	$Rd \leftarrow P$	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	$P \leftarrow Rr$	None	1
PUSH	Rr	Push Register on Stack	$STACK \leftarrow Rr$	None	2
POP	Rd	Pop Register from Stack	$Rd \leftarrow STACK$	None	2
<b>BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS</b>					
SBI	P.b	Set Bit in I/O Register	$I/O(P.b) \leftarrow 1$	None	2
CBI	P.b	Clear Bit in I/O Register	$I/O(P.b) \leftarrow 0$	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	$Rd(n+1) \leftarrow Rd(n), Rd(0) \leftarrow 0$	Z,C,N,V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), Rd(7) \leftarrow 0$	Z,C,N,V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	$Rd(0) \leftarrow C, Rd(n+1) \leftarrow Rd(n), C \leftarrow Rd(7)$	Z,C,N,V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	$Rd(7) \leftarrow C, Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), C \leftarrow Rd(0)$	Z,C,N,V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	$Rd(n) \leftarrow Rd(n+1), n=0..6$	Z,C,N,V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	$Rd(3..0) \leftarrow Rd(7..4), Rd(7..4) \leftarrow Rd(3..0)$	None	1
BSET	s	Flag Set	$SREG(s) \leftarrow 1$	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	$SREG(s) \leftarrow 0$	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	$T \leftarrow Rr(b)$	T	1
BLD	Rd, b	Bit load from T to Register	$Rd(b) \leftarrow T$	None	1
SEC		Set Carry	$C \leftarrow 1$	C	1
CLC		Clear Carry	$C \leftarrow 0$	C	1
SEN		Set Negative Flag	$N \leftarrow 1$	N	1
CLN		Clear Negative Flag	$N \leftarrow 0$	N	1
SEZ		Set Zero Flag	$Z \leftarrow 1$	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	$Z \leftarrow 0$	Z	1
SEI		Global Interrupt Enable	$I \leftarrow 1$	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	$I \leftarrow 0$	I	1
SES		Set Signed Test Flag	$S \leftarrow 1$	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	$S \leftarrow 0$	S	1
SEV		Set Twos Complement Overflow.	$V \leftarrow 1$	V	1
CLV		Clear Twos Complement Overflow	$V \leftarrow 0$	V	1
SET		Set T in SREG	$T \leftarrow 1$	T	1
CLT		Clear T in SREG	$T \leftarrow 0$	T	1
SEH		Set Half Carry Flag in SREG	$H \leftarrow 1$	H	1
CLH		Clear Half Carry Flag in SREG	$H \leftarrow 0$	H	1
<b>MCU CONTROL INSTRUCTIONS</b>					
NOP		No Operation		None	1



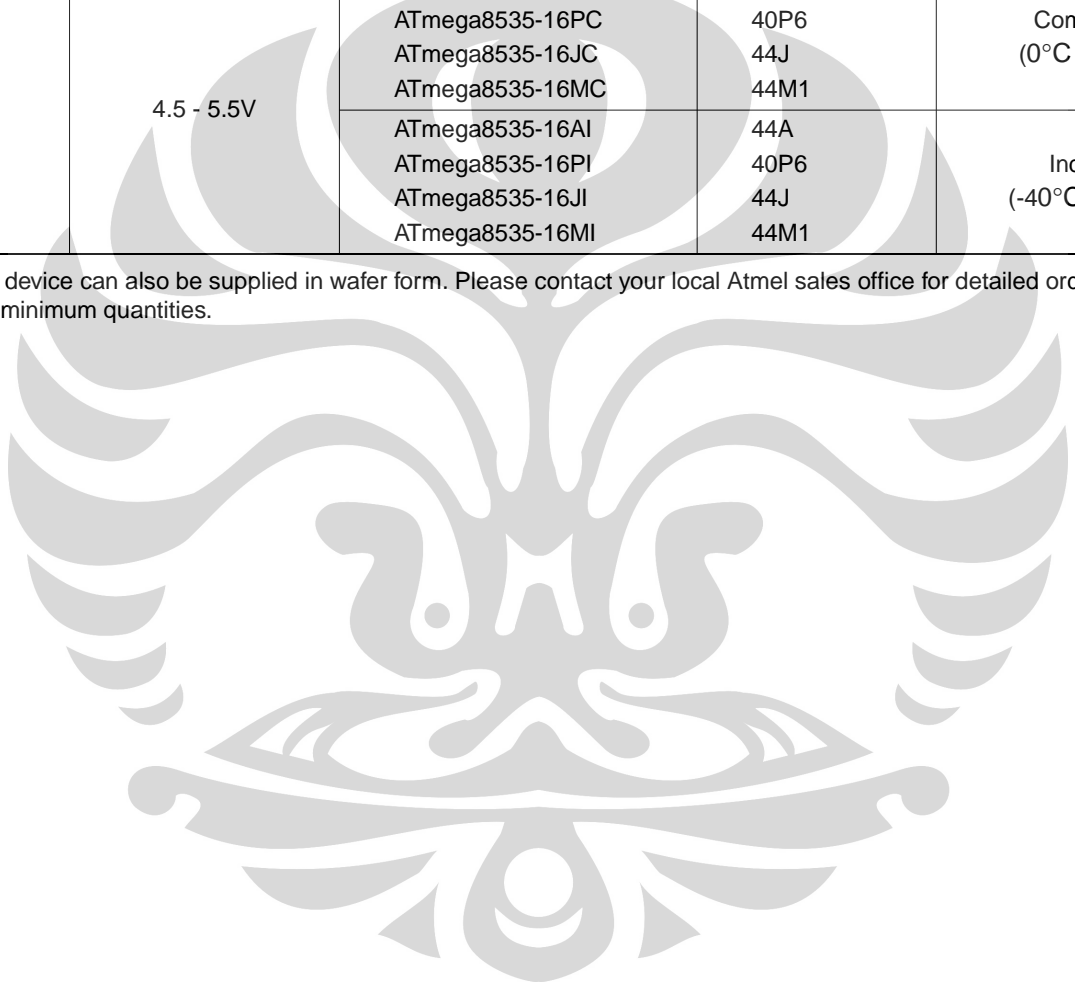
Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
SLEEP		Sleep	(see specific descr. for Sleep function)	None	1
WDR		Watchdog Reset	(see specific descr. for WDR/Timer)	None	1
BREAK		Break	For On-chip Debug Only	None	N/A



## Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package <sup>(1)</sup>	Operation Range
8	2.7 - 5.5V	ATmega8535L-8AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		ATmega8535L-8PC	40P6	
		ATmega8535L-8JC	44J	
		ATmega8535L-8MC	44M1	
		ATmega8535L-8AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		ATmega8535L-8PI	40P6	
		ATmega8535L-8JI	44J	
		ATmega8535L-8MI	44M1	
16	4.5 - 5.5V	ATmega8535-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		ATmega8535-16PC	40P6	
		ATmega8535-16JC	44J	
		ATmega8535-16MC	44M1	
		ATmega8535-16AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		ATmega8535-16PI	40P6	
		ATmega8535-16JI	44J	
		ATmega8535-16MI	44M1	

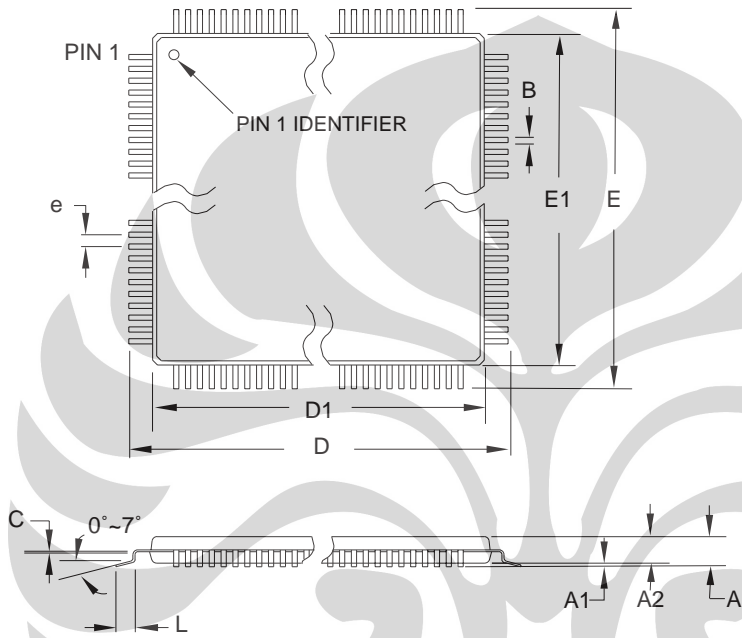
Note: 1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.



Package Type	
<b>44A</b>	44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)
<b>40P6</b>	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
<b>44J</b>	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
<b>44M1-A</b>	44-pad, 7 x 7 x 1.0 mm body, lead pitch 0.50 mm, Micro Lead Frame Package (MLF)

# Packaging Information

44A



**COMMON DIMENSIONS**  
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	1.20	
A1	0.05	-	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	11.75	12.00	12.25	
D1	9.90	10.00	10.10	Note 2
E	11.75	12.00	12.25	
E1	9.90	10.00	10.10	Note 2
B	0.30	-	0.45	
C	0.09	-	0.20	
L	0.45	-	0.75	
e	0.80 TYP			

- Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-026, Variation ACB.
  2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is 0.25 mm per side. Dimensions D1 and E1 are maximum plastic body size dimensions including mold mismatch.
  3. Lead coplanarity is 0.10 mm maximum.

10/5/2001



2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131

**TITLE**

**44A**, 44-lead, 10 x 10 mm Body Size, 1.0 mm Body Thickness,  
0.8 mm Lead Pitch, Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP)

**DRAWING NO.**

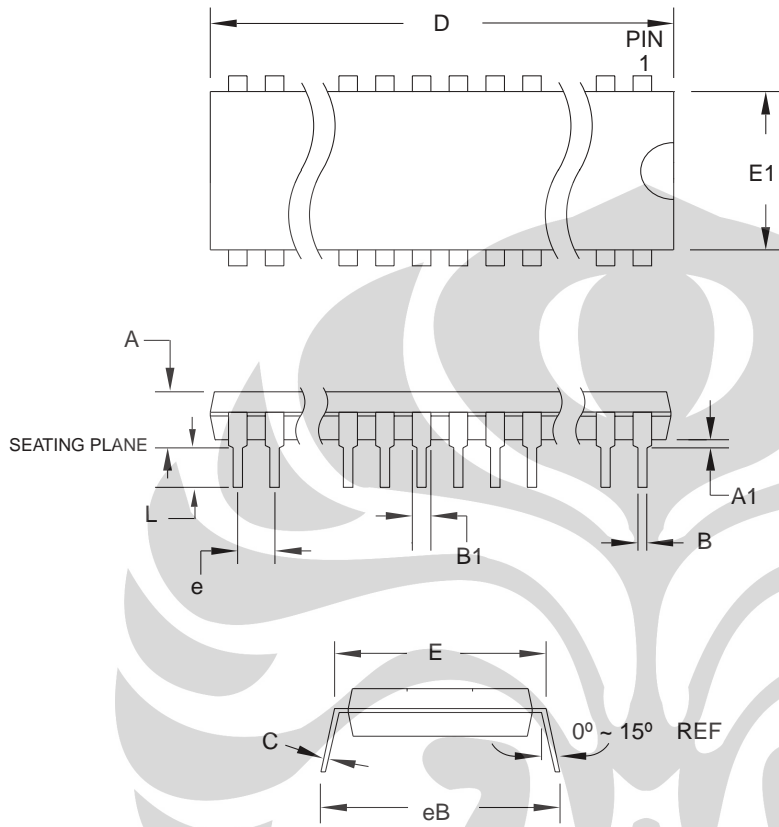
44A

**REV.**

B



40P6



**COMMON DIMENSIONS**  
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	4.826	
A1	0.381	-	-	
D	52.070	-	52.578	Note 2
E	15.240	-	15.875	
E1	13.462	-	13.970	Note 2
B	0.356	-	0.559	
B1	1.041	-	1.651	
L	3.048	-	3.556	
C	0.203	-	0.381	
eB	15.494	-	17.526	
e	2.540 TYP			

- Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-011, Variation AC.
  2. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion. Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25 mm (0.010").

09/28/01



2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131

**TITLE**

**40P6**, 40-lead (0.600"/15.24 mm Wide) Plastic Dual Inline Package (PDIP)

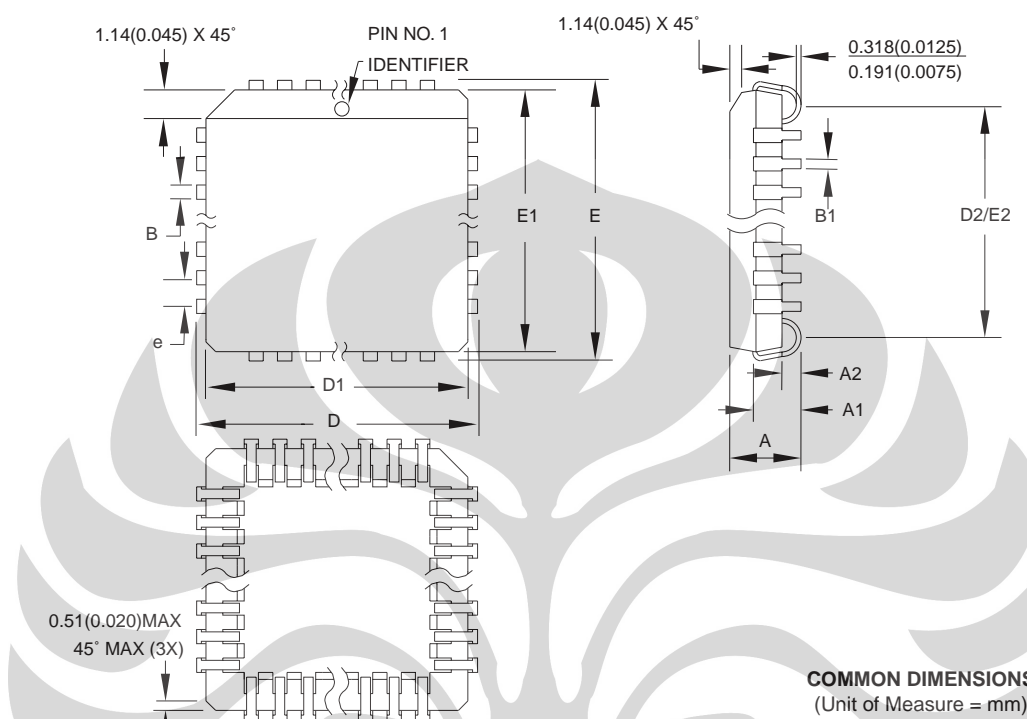
**DRAWING NO.**

40P6

**REV.**

B





**COMMON DIMENSIONS**  
(Unit of Measure = mm)

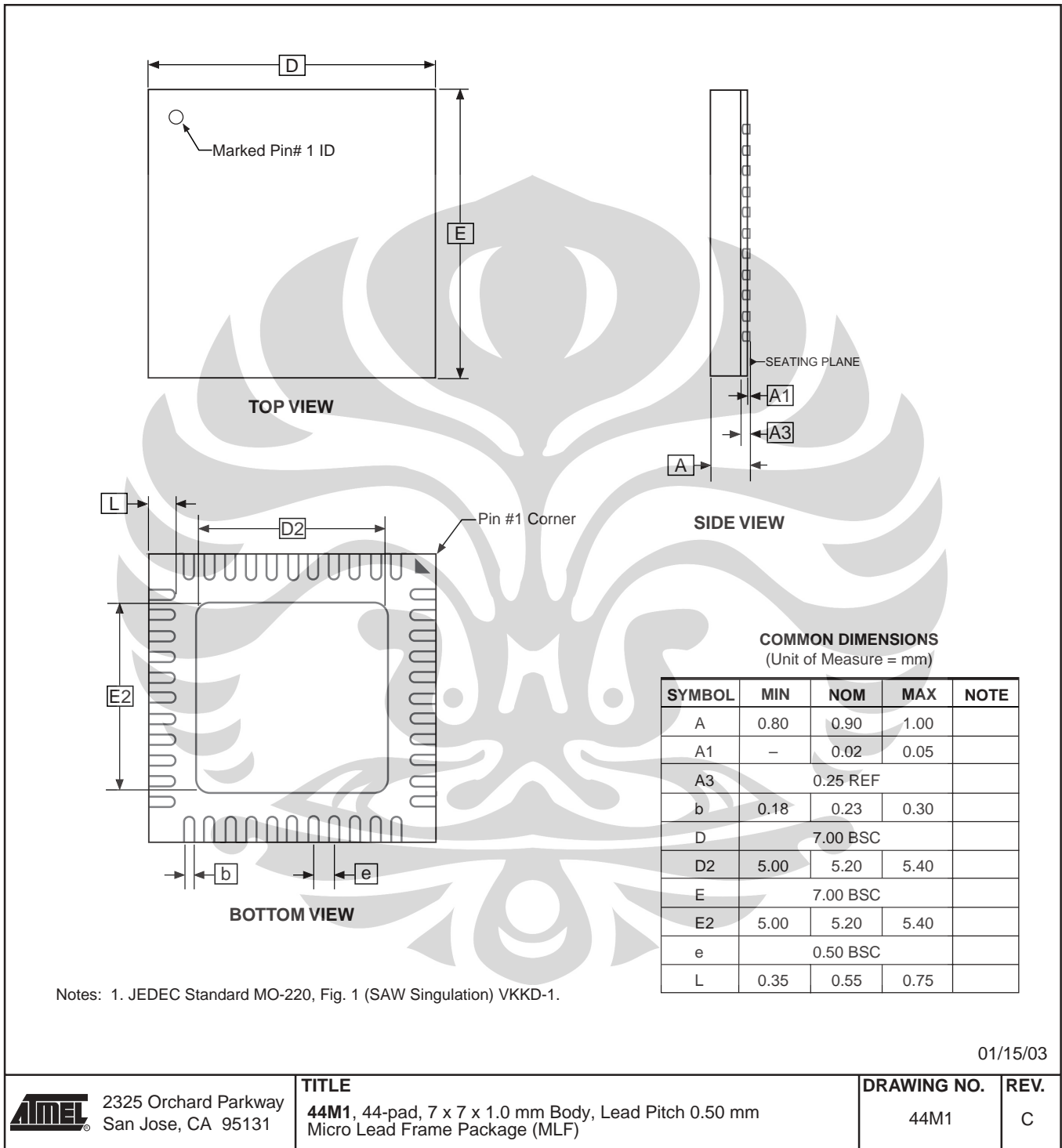
SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	4.191	-	4.572	
A1	2.286	-	3.048	
A2	0.508	-	-	
D	17.399	-	17.653	
D1	16.510	-	16.662	Note 2
E	17.399	-	17.653	
E1	16.510	-	16.662	Note 2
D2/E2	14.986	-	16.002	
B	0.660	-	0.813	
B1	0.330	-	0.533	
e	1.270 TYP			

- Notes:
1. This package conforms to JEDEC reference MS-018, Variation AC.
  2. Dimensions D1 and E1 do not include mold protrusion. Allowable protrusion is .010"(0.254 mm) per side. Dimension D1 and E1 include mold mismatch and are measured at the extreme material condition at the upper or lower parting line.
  3. Lead coplanarity is 0.004" (0.102 mm) maximum.

10/04/01

2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	<b>TITLE</b>	<b>DRAWING NO.</b>	<b>REV.</b>
	44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)	44J	B

44M1-A



**Errata**

There are no errata for this revision of ATmega8535.



**Datasheet Change  
Log for ATmega8535**

Please note that the referring page numbers in this section are referring to this document. The referring revision in this section are referring to the document revision.

**Changes from Rev.  
2502D-09/03 to Rev.  
2502E-12/03**

1. Updated “Calibrated Internal RC Oscillator” on page 27.
2. Added section “Errata” on page 16.

**Changes from Rev.  
2502C-04/03 to Rev.  
2502D-09/03**

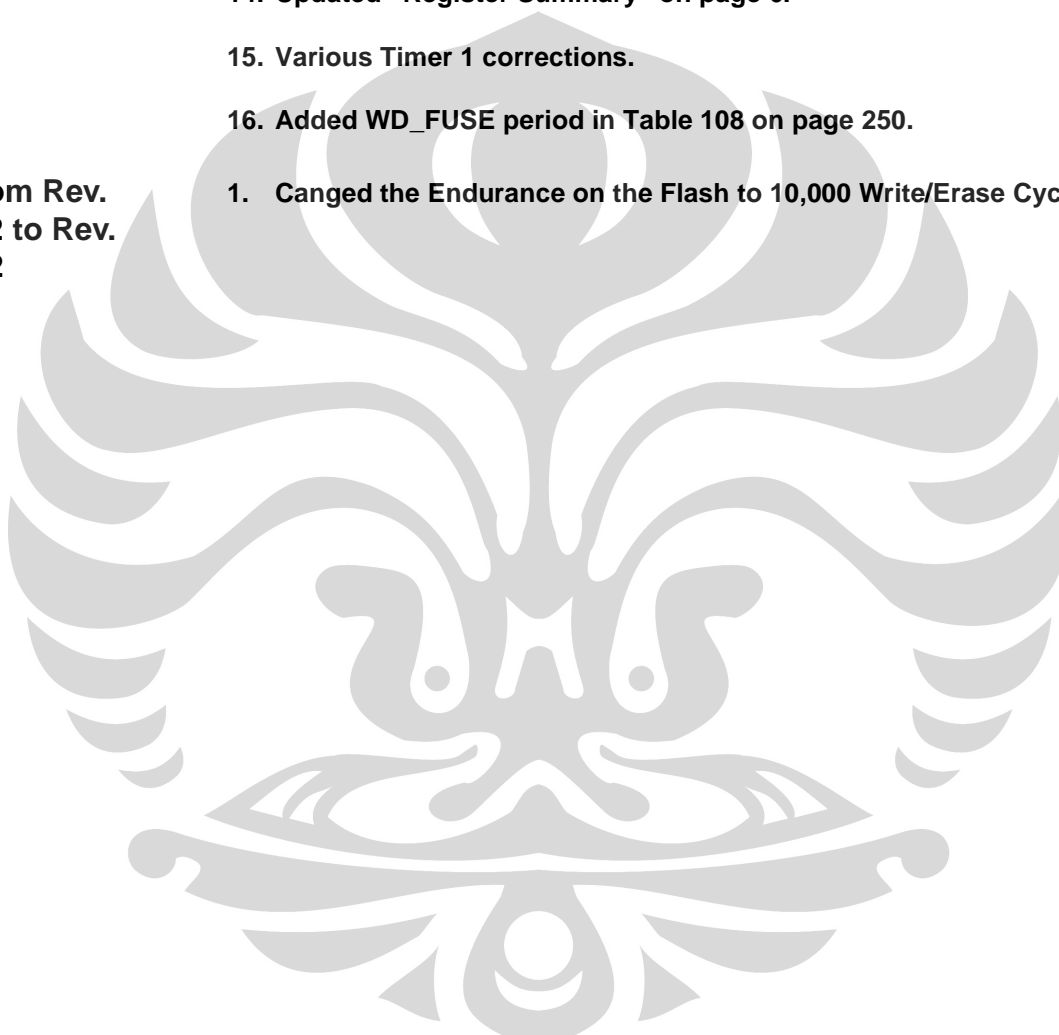
1. Removed “Advance Information” and some TBD’s from the datasheet.
2. Added note to “Pinout ATmega8535” on page 2.
3. Updated “Reset Characteristics” on page 35.
4. Updated “Absolute Maximum Ratings” and “DC Characteristics” in “Electrical Characteristics” on page 252.
5. Updated Table 111 on page 255.
6. Updated “ADC Characteristics – Preliminary Data” on page 260.
7. Updated “ATmega8535 Typical Characteristics – Preliminary Data” on page 263.
8. Removed CALL and JMP instructions from code examples and “Instruction Set Summary” on page 8.

**Changes from Rev.  
2502B-09/02 to Rev.  
2502C-04/03**

1. Updated “Packaging Information” on page 12.
2. Updated Figure 1 on page 2, Figure 84 on page 176, Figure 85 on page 182, Figure 87 on page 188, Figure 98 on page 204.
3. Added the section “EEPROM Write During Power-down Sleep Mode” on page 20.
4. Removed the references to the application notes “Multi-purpose Oscillator” and “32 kHz Crystal Oscillator”, which do not exist.
5. Updated code examples on page 42.
6. Removed ADHSM bit.
7. Renamed Port D pin ICP to ICP1. See “Alternate Functions of Port D” on page 62.
8. Added information about PWM symmetry for Timer 0 on page 77 and Timer 2 on page 124.
9. Updated Table 68 on page 166, Table 75 on page 187, Table 76 on page 190, Table 77 on page 193, Table 108 on page 250, Table 113 on page 258.
10. Updated description on “Bit 5 – TWSTA: TWI START Condition Bit” on page 179.

11. Updated the description in “Filling the Temporary Buffer (Page Loading)” and “Performing a Page Write” on page 228.
12. Removed the section description in “SPI Serial Programming Characteristics” on page 251.
13. Updated “Electrical Characteristics” on page 252.
14. Updated “ADC Characteristics – Preliminary Data” on page 260.
14. Updated “Register Summary” on page 6.
15. Various Timer 1 corrections.
16. Added WD\_FUSE period in Table 108 on page 250.
1. Changed the Endurance on the Flash to 10,000 Write/Erase Cycles.

Changes from Rev.  
2502A-06/02 to Rev.  
2502B-09/02





## Atmel Corporation

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
Tel: 1(408) 441-0311  
Fax: 1(408) 487-2600

## Regional Headquarters

### Europe

Atmel Sarl  
Route des Arsenalux 41  
Case Postale 80  
CH-1705 Fribourg  
Switzerland  
Tel: (41) 26-426-5555  
Fax: (41) 26-426-5500

### Asia

Room 1219  
Chinachem Golden Plaza  
77 Mody Road Tsimshatsui  
East Kowloon  
Hong Kong  
Tel: (852) 2721-9778  
Fax: (852) 2722-1369

### Japan

9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.  
1-24-8 Shinkawa  
Chuo-ku, Tokyo 104-0033  
Japan  
Tel: (81) 3-3523-3551  
Fax: (81) 3-3523-7581

## Atmel Operations

### Memory

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
Tel: 1(408) 441-0311  
Fax: 1(408) 436-4314

### Microcontrollers

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
Tel: 1(408) 441-0311  
Fax: 1(408) 436-4314

La Chantrerie  
BP 70602  
44306 Nantes Cedex 3, France  
Tel: (33) 2-40-18-18-18  
Fax: (33) 2-40-18-19-60

### ASIC/ASSP/Smart Cards

Zone Industrielle  
13106 Rousset Cedex, France  
Tel: (33) 4-42-53-60-00  
Fax: (33) 4-42-53-60-01

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906, USA  
Tel: 1(719) 576-3300  
Fax: 1(719) 540-1759

Scottish Enterprise Technology Park  
Maxwell Building  
East Kilbride G75 0QR, Scotland  
Tel: (44) 1355-803-000  
Fax: (44) 1355-242-743

### RF/Automotive

Theresienstrasse 2  
Postfach 3535  
74025 Heilbronn, Germany  
Tel: (49) 71-31-67-0  
Fax: (49) 71-31-67-2340

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906, USA  
Tel: 1(719) 576-3300  
Fax: 1(719) 540-1759

### Biometrics/Imaging/Hi-Rel MPU/ High Speed Converters/RF Datacom

Avenue de Rochepleine  
BP 123  
38521 Saint-Egreve Cedex, France  
Tel: (33) 4-76-58-30-00  
Fax: (33) 4-76-58-34-80

---

### Literature Requests

[www.atmel.com/literature](http://www.atmel.com/literature)

**Disclaimer:** Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

© Atmel Corporation 2003. All rights reserved. Atmel® and combinations thereof, AVR®, and AVR Studio® are the registered trademarks of Atmel Corporation or its subsidiaries. Microsoft®, Windows®, Windows NT®, and Windows XP® are the registered trademarks of Microsoft Corporation. Other terms and product names may be the trademarks of others



Printed on recycled paper.

2502ES-AVR-12/03

This datasheet has been download from:

[www.datasheetcatalog.com](http://www.datasheetcatalog.com)

Datasheets for electronics components.





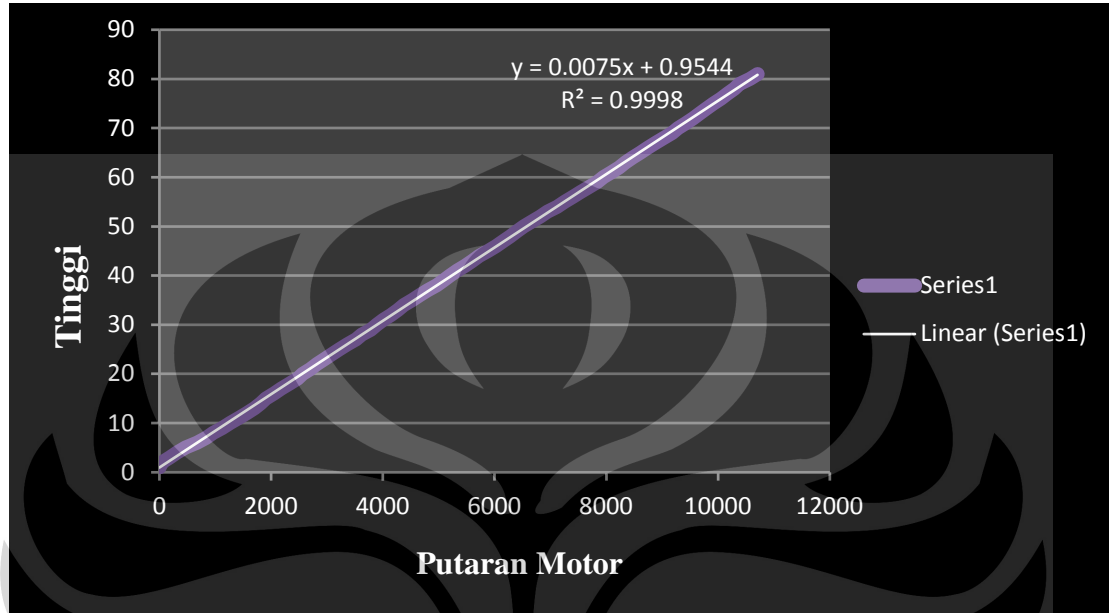
## Lampiran 2

## DATA SUMBU X (encoder Baru)

No	Kanan 1	Kiri 1	Kanan 2	Kiri 2	Kanan 3	Kiri 3	Rata-rata	Per-mili
1	0	0	0	0	0	0	0	1
2	79	57	55	48	27	15	46,83333	2
3	259	213	151	159	183	147	185,3333	3
4	361	395	209	343	315	252	312,5	4
5	493	519	429	507	474	386	468	5
6	667	849	578	704	673	572	673,8333	6
7	836	1045	685	880	838	725	834,8333	7
8	968	1136	819	1073	940	844	963,3333	8
9	1129	1292	972	1276	1110	982	1126,833	9
10	1254	1390	1145	1402	1281	1144	1269,333	10
11	1379	1564	1259	1612	1422	1252	1414,667	11
12	1498	1700	1429	1779	1559	1409	1562,333	12
13	1583	1831	1543	1989	1718	1565	1704,833	13
14	1725	1953	1681	2011	1855	1656	1813,5	14
15	1874	2081	1612	2042	2039	1794	1907	15
16	1974	2169	1938	2069	2221	1958	2054,833	16
17	2101	2325	2079	2183	2323	2065	2179,333	17
18	2288	2428	2218	2389	2438	2191	2325,333	18
19	2408	2569	2341	2598	2583	2328	2471,167	19
20	2510	2699	2492	2503	2731	2454	2564,833	20
21	2649	2787	2632	2668	2868	2595	2699,833	21
22	2748	2926	2727	2753	3035	2729	2819,667	22
23	2852	3024	2883	2897	3179	2878	2952,167	23
24	2987	3112	3048	3072	3329	2984	3088,667	24
25	3067	3243	3219	3211	3471	3134	3224,167	25
26	3209	3388	3335	3354	3618	3246	3358,333	26
27	3314	3516	3495	3501	3739	3557	3520,333	27
28	3342	3660	3638	3614	3856	3644	3625,667	28
29	3553	3803	3749	3763	4024	3803	3782,5	29
30	3729	3924	3868	3779	4147	3910	3892,833	30
31	3871	4052	4035	3804	4279	4015	4009,333	31
32	4032	4163	4198	3845	4415	4203	4142,667	32
33	4113	4299	4384	3979	4550	4302	4271,167	33
34	4252	4430	4446	3992	4675	4456	4375,167	34
35	4431	4577	4576	4158	4822	4601	4527,5	35
36	4605	4740	4690	4282	4944	4701	4660,333	36
37	4732	4920	4846	4386	5067	4833	4797,333	37

38	4910	5033	5066	4554	5214	5020	4966,167	38
39	5083	5140	5123	4649	5349	5174	5086,333	39
40	5173	5275	5238	4780	5458	5278	5200,333	40
41	5291	5368	5406	4880	5614	5430	5331,5	41
42	5436	5520	5522	5016	5753	5602	5474,833	42
43	5543	5655	5637	5154	5868	5754	5601,833	43
44	5690	5755	5792	5284	5949	5887	5726,167	44
45	5819	5913	5921	5598	6013	6004	5878	45
46	5913	6046	6055	5789	6138	6184	6020,833	46
47	6105	6167	6208	5932	6221	6309	6157	47
48	6215	6353	6334	6081	6275	6434	6282	48
49	6315	6442	6455	6144	6407	6651	6402,333	49
50	6465	6557	6612	6201	6519	6777	6521,833	50
51	6610	6735	6744	6354	6677	6864	6664	51
52	6770	6889	6854	6483	6844	7077	6819,5	52
53	6898	6994	7005	6608	6954	7228	6947,833	53
54	7119	7114	7090	6760	7068	7560	7118,5	54
55	7268	7203	7203	6940	7244	7657	7252,5	55
56	7426	7326	7342	7065	7405	7823	7397,833	56
57	7538	7481	7512	7194	7515	7961	7533,5	57
58	7683	7592	7626	7338	7838	8052	7688,167	58
59	7833	7729	7768	7478	7971	8218	7832,833	59
60	7913	7846	7855	7669	8101	8307	7948,5	60
61	8074	7951	8027	7824	8244	8434	8092,333	61
62	8198	8104	8148	7970	8411	8556	8231,167	62
63	8275	8200	8267	8080	8566	8664	8342	63
64	8428	8348	8423	8185	8634	8786	8467,333	64
65	8544	8525	8544	8352	8821	8853	8606,5	65
66	8712	8653	8660	8488	8948	9004	8744,167	66
67	8941	8762	8808	8582	9078	9125	8882,667	67
68	9112	8916	8922	8728	9212	9256	9024,333	68
69	9321	9055	9021	8942	9316	9410	9177,5	69
70	9429	9152	9142	9043	9430	9493	9281,5	70
71	9554	9292	9290	9177	9567	9647	9421,167	71
72	9661	9426	9407	9340	9720	9784	9556,333	72
73	9774	9532	9538	9461	9827	9903	9672,5	73
74	9906	9627	9654	9547	9952	10090	9796	74
75	10023	9733	9797	9673	10089	10193	9918	75
76	10126	9848	9934	9803	10258	10332	10050,17	76
77	10206	9997	10047	9944	10356	10462	10168,67	77
78	10318	10117	10189	10074	10487	10578	10293,83	78

79	10436	10259	10033	10254	10650	10663	10382,5	79
80	10579	10366	10462	10427	10787	10806	10571,17	80
81	10723	10514	10608	10564	10935	10913	10709,5	81



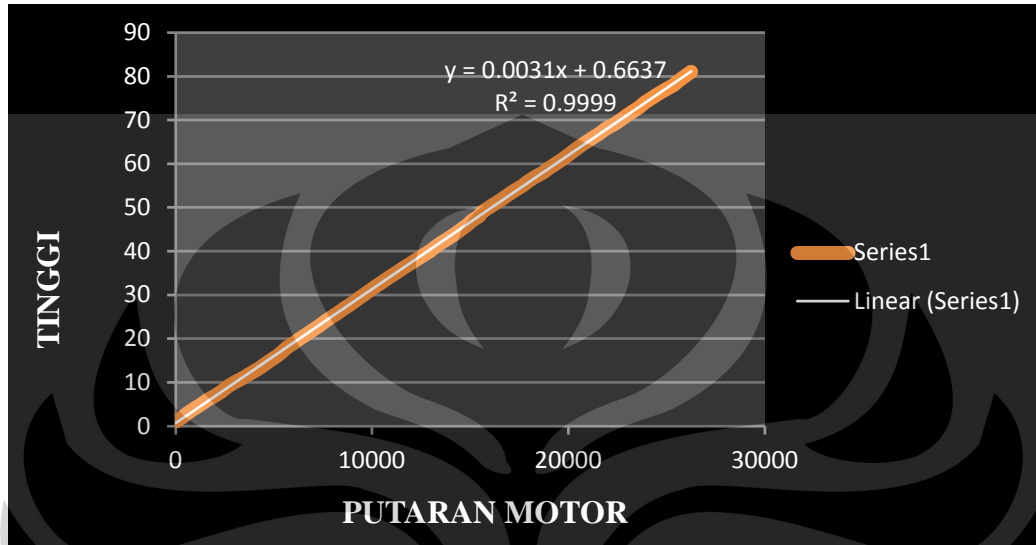
## Lampiran 2

## DATA SUMBU Z (encoder hitam)

No.	Maju	Mundur	Maju	Mundur	Maju	Mundur	Rata-rata	
1	0	0	0	0	0	0	0	1
2	304	421	343	0	508	500	346	2
3	639	764	702	62	647	907	620,1667	3
4	1003	1070	1035	421	967	1219	952,5	4
5	1318	1375	1329	839	1313	1624	1299,667	5
6	1592	1625	1660	1130	1619	2177	1633,833	6
7	2006	2014	2113	1489	2003	2629	2042,333	7
8	2175	2345	2423	1775	2325	3104	2357,833	8
9	2587	2625	2650	1968	2618	3417	2644,167	9
10	2950	2887	2971	2303	2833	4096	3006,667	10
11	3185	3301	3283	2748	3333	4678	3421,333	11
12	3549	3674	3625	2985	3712	5207	3792	12
13	3927	3975	4065	3350	4021	5732	4178,333	13
14	4213	4340	4413	3668	4352	6027	4502,167	14
15	4641	4676	4665	4023	4605	6320	4821,667	15
16	4984	5032	4956	4435	5051	6486	5157,333	16
17	5084	5323	5277	4759	5314	6813	5428,333	17
18	5229	5532	5644	5061	5454	7080	5666,667	18
19	5542	5955	6101	5340	5878	7330	6024,333	19
20	5878	6351	6412	5631	6099	7579	6325	20
21	6176	6650	6686	6050	6604	7924	6681,667	21
22	6542	6969	7038	6470	6921	8115	7009,167	22
23	6922	7386	7257	6827	7252	8347	7331,833	23
24	7104	7687	7637	7128	7549	8635	7623,333	24
25	7557	7998	7950	7513	7852	8840	7951,667	25
26	7942	8329	8233	8016	8113	9107	8290	26
27	8155	8630	8672	8334	8501	9365	8609,5	27
28	8568	8925	9067	8653	8724	9684	8936,833	28
29	8921	9300	9324	9047	8942	9967	9250,167	29
30	9212	9552	9683	9402	9332	10244	9570,833	30
31	9538	9963	10036	9664	9610	10470	9880,167	31
32	9946	10339	10296	10049	9908	10651	10198,17	32
33	10134	10681	10697	10481	10299	10911	10533,83	33
34	10548	10966	10990	10727	10613	11272	10852,67	34
35	10933	11318	11289	11110	11011	11599	11210	35
36	11206	11617	11677	11286	11357	12029	11528,67	36

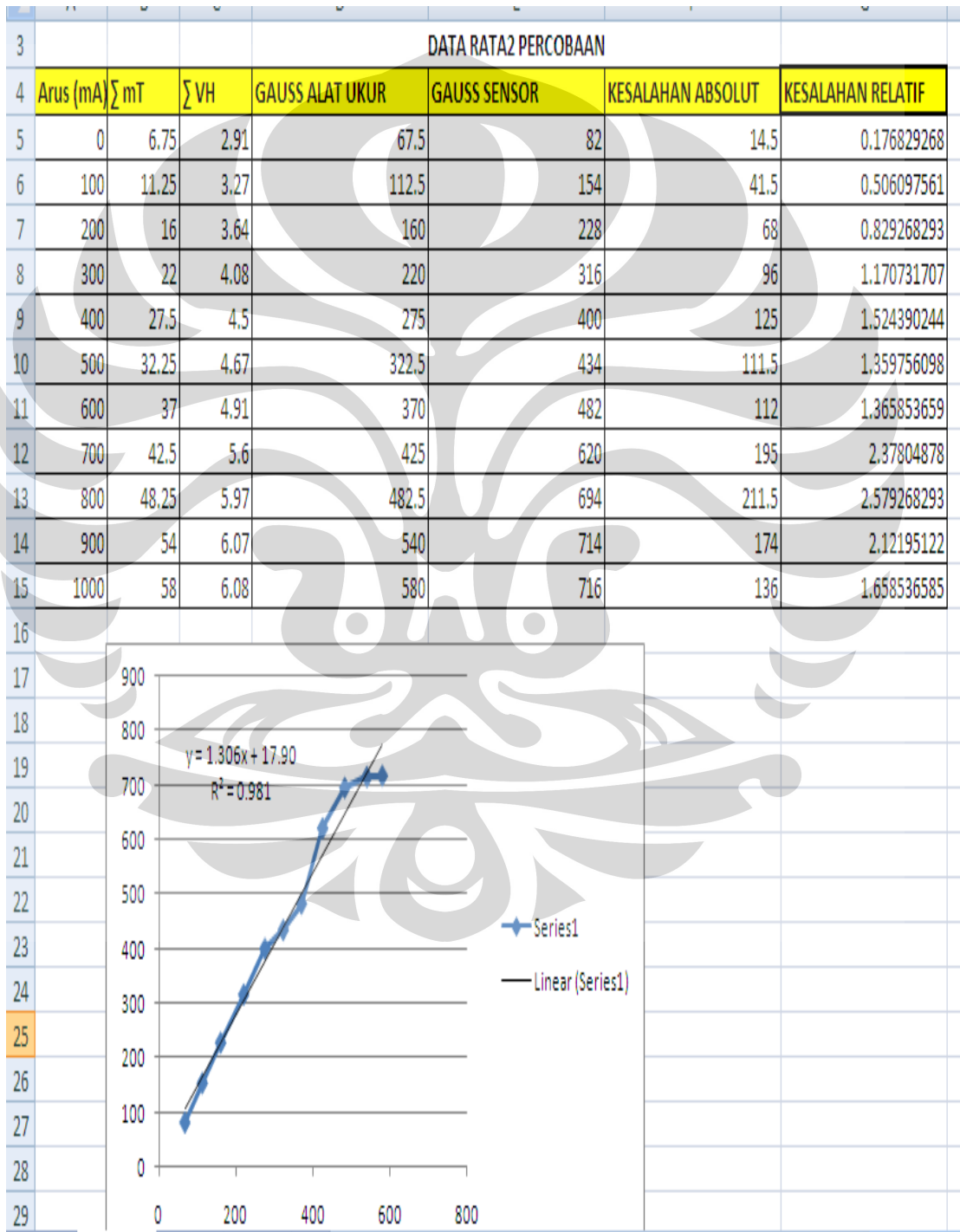
37	11530	12002	11967	11650	11780	12338	11877,83	37
38	11921	12371	12255	12049	12102	12675	12228,83	38
39	12522	12642	12641	12398	12419	12958	12596,67	39
40	12838	13000	13082	12746	12640	13298	12934	40
41	13112	13351	13371	13092	12852	13643	13236,83	41
42	13519	13664	13628	13429	13105	14000	13557,5	42
43	13819	13982	13975	13751	13509	14335	13895,17	43
44	14110	14387	14342	14114	13830	14674	14242,83	44
45	14489	14664	14610	14460	14132	14951	14551	45
46	14731	14966	14962	14709	14395	15278	14840,17	46
47	15097	14970	15189	15033	14599	15621	15084,83	47
48	15516	15373	15585	15341	14936	15971	15453,67	48
49	15891	15712	15914	15679	15165	15278	15606,5	49
50	16224	16019	16304	15991	15552	15621	15951,83	50
51	16559	16348	16574	16463	15891	15971	16301	51
52	16947	16604	16945	16865	16177	16278	16636	52
53	17161	17005	17329	17192	16418	16661	16961	53
54	17495	17385	17654	17648	16636	16966	17297,33	54
55	17764	17750	18002	18343	16958	17151	17661,33	55
56	18118	17992	18317	18626	17408	17294	17959,17	56
57	18556	18386	18665	19030	17639	17614	18315	57
58	19160	18700	18940	19355	18041	17986	18697	58
59	19516	19007	19198	19644	18410	18262	19006,17	59
60	19904	19381	19538	20029	18632	18647	19355,17	60
61	20161	19720	19946	20347	18965	18984	19687,17	61
62	20465	20024	20168	20649	19358	19271	19989,17	62
63	20651	20257	20551	21031	19639	19593	20287	63
64	20754	20530	20877	21365	19976	19941	20573,83	64
65	21134	20949	21140	21707	20287	20284	20916,83	65
66	21433	21391	21469	22060	20614	20645	21268,67	66
67	21778	21730	21847	22384	20986	20866	21598,5	67
68	22033	22028	22201	22644	21425	21071	21900,33	68
69	22458	22393	22606	23112	22089	21297	22325,83	69
70	22766	22744	22911	23448	22397	21648	22652,33	70
71	23099	23012	23181	23778	22670	21963	22950,5	71
72	23473	23400	23597	24149	22908	22232	23293,17	72
73	23822	23679	23875	24493	23343	22506	23619,67	73
74	24149	23995	24171	24733	23637	22604	23881,5	74
75	24523	24363	24598	25099	24025	22893	24250,17	75
76	24852	24735	24936	25499	24368	23004	24565,67	76
77	25155	25018	25181	25816	24645	23906	24953,5	77

78	25439	25408	25581	26017	24999	24733	25362,83	78
79	25763	25741	25910	26193	25383	24683	25612,17	79
80	26073	26004	26195	26566	25670	24990	25916,33	80
81	26470	26401	26584	26802	25966	25279	26250,33	81



Lampiran 3

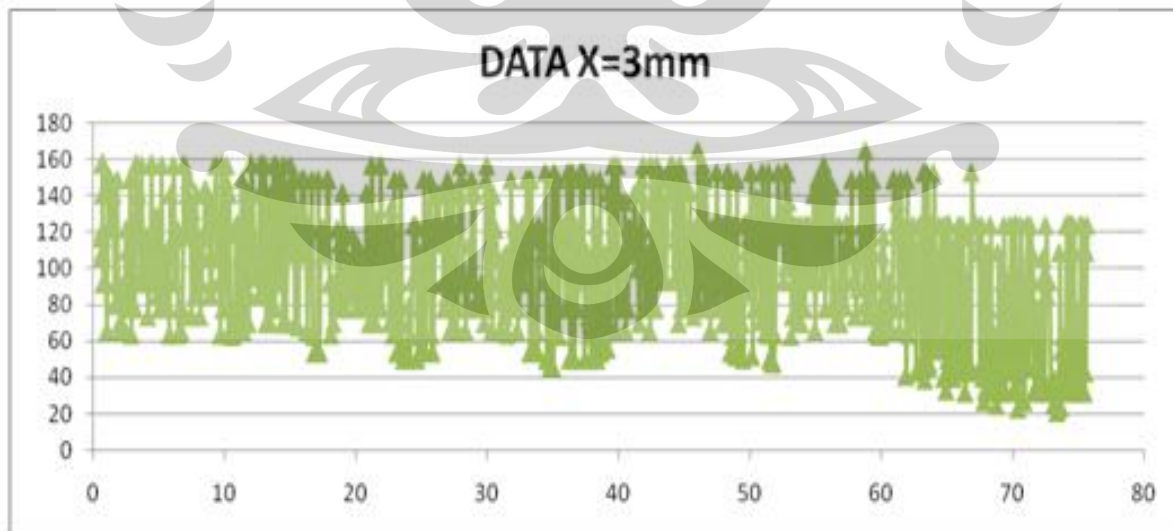
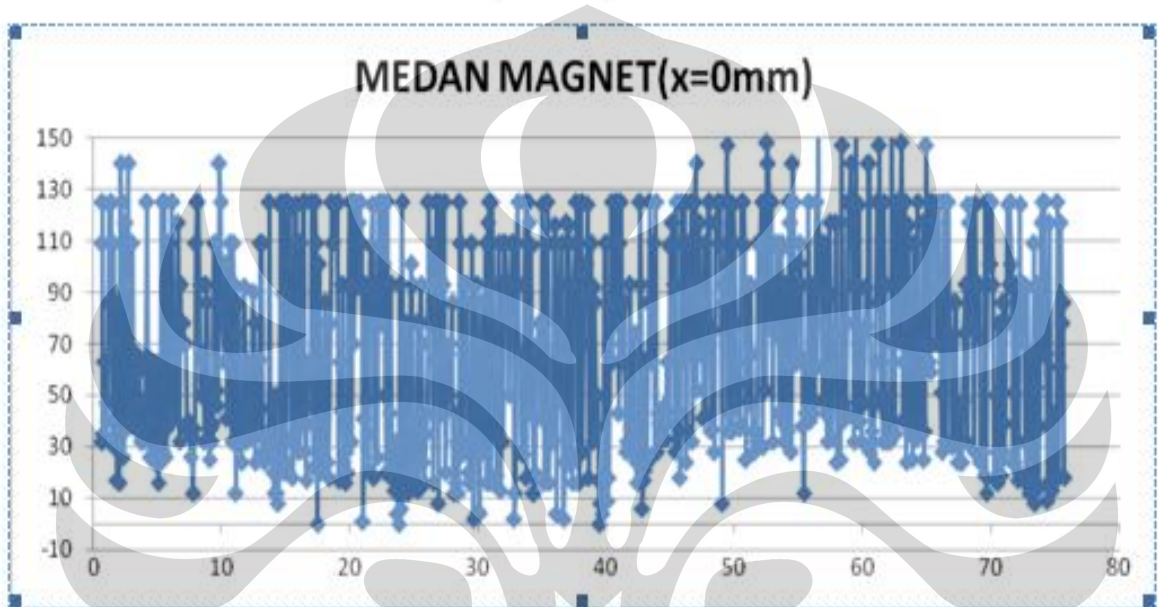
**Data Kalibrasi Sensor Medan Magnet**



Lampiran 4

Data Medan magnet terhadap pergerakan Z

(40 volt)



Data Pengambilan Counter dan Medan Magnet



## Lampiran 5

### Program pada mikrokontroler IC 8535

```
$regfile = "m8535.dat"  
$crystal = 11059200  
$baud = 19200
```

```
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc  
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 = Output  
Config Portb.1 = Output  
Config Portb.2 = Output  
Config Portb.3 = Output  
Config Portb.4 = Output  
Config Porta.2 = Output  
Config Pinc.0 = Input  
Config Pinc.1 = Input  
Config Pinc.2 = Input  
Config Pinc.3 = Input  
Config Pinc.4 = Input  
Config Pinc.5 = Input  
Config Pinc.6 = Input  
Config Pinc.7 = Input  
Config Pinb.5 = Input  
Config Pinb.6 = Input  
Config Pinb.7 = Input
```

```
Mxf Alias Portd.2  
Mxr Alias Portd.3  
Myf Alias Portd.4  
Myr Alias Portd.5  
Mzf Alias Portd.6  
Mzr Alias Portd.7
```

```
Y0 Alias Portb.0  
Y1 Alias Portb.1  
Y2 Alias Portb.2  
Y3 Alias Portb.3  
Y4 Alias Portb.4  
Y5 Alias Porta.2
```

Clearx Alias Pinb.5  
Cleary Alias Pinb.6  
Clearz Alias Pinb.7

Dim Get\_data\_flag As Bit  
Dim Home\_flag As Bit  
Dim Ulang As Bit  
Dim Sumbux As Word  
Dim Sumbuy As Word  
Dim Sumbuz As Word  
Dim Nilai\_adc As Word  
Dim Sumbu\_l As Byte  
Dim Sumbu\_h As Byte  
Dim Data\_seri As String \* 1  
Dim Spx\_chr As String \* 5  
Dim Spx As Integer  
Dim Spx\_single As Word  
Dim Adc\_val As Word  
Dim Magnet As Single  
Dim Magnet\_int As Integer

Start Adc

Main\_program:

Portc = 255

Portb.5 = 1

Portb.6 = 1

Portb.7 = 1

Mxf = 0

Mxr = 0

Myf = 0

Myr = 0

Mzf = 0

Mzr = 0

Set Y0

Set Y1

Set Y2

Set Y3

Set Y4

Set Y5

Do

    Data\_seri = Inkey()

    If Data\_seri = "\*" Then

        Data\_seri = Waitkey()

```

If Data_seri = "G" Then Get_data_flag = 1
If Data_seri = "R" Then Myf = 1
If Data_seri = "S" Then Myf = 0
End If
If Data_seri = "$" Then
Data_seri = Waitkey()
If Data_seri = "H" Then Home_flag = 1
Data_seri = Waitkey()
Ulang = 1
Spx_chr = ""
Do
Data_seri = Waitkey()
If Data_seri = "#" Then
Ulang = 0
Else
Spx_chr = Spx_chr + Data_seri
End If
Loop Until Ulang = 0
End If
If Home_flag = 1 Then
Ulang = 1
Do
If Clearx = 1 Then
Mxf = 0
Mxr = 0
Ulang = 0
Else
Mxf = 0
Mxr = 1
End If
Loop Until Ulang = 0
Ulang = 1
Do
If Cleary = 1 Then
Myf = 0
Myr = 0
Ulang = 0
Else
Myf = 0
Myr = 1
End If
Loop Until Ulang = 0
Ulang = 1
Do
If Clearz = 1 Then
Mzf = 0
Mzr = 0
Ulang = 0
Else

```

```

        Mzf = 0
        Mzr = 1
    End If
    Loop Until Ulang = 0
    Home_flag = 0
    Spx_single = Val(spx_chr)
    Spx_single = Spx_single * 200
    Spx = Spx_single
    Ulang = 1
    Do
        If Sumbux >= Spx Then
            Ulang = 0
            Mxf = 0
            Mxr = 0
        Else
            Mxf = 1
            Mxr = 0
            Reset Y1
            Sumbu_h = Pinc
            Set Y1
            Reset Y0
            Sumbu_l = Pinc
            Set Y0
            Sumbu_l = Pinc
            Sumbux = Sumbu_h * 256
            Sumbux = Sumbux + Sumbu_l

            End If
        Loop Until Ulang = 0
        Print "*OK#"
    End If
    If Get_data_flag = 1 Then
        Get_data_flag = 0
        If Sumbuz > 25000 Then
            Mzf = 0
            Mzr = 0
            Stop
        Else
            Reset Y5
            Sumbu_h = Pinc
            Set Y5
            Reset Y4
            Sumbu_l = Pinc
            Set Y4
            Sumbuz = Sumbu_h * 256
            Sumbuz = Sumbuz + Sumbu_l
            Nilai_adc = Getadc(0)
            If Nilai_adc < 512 Then
                Magnet = Nilai_adc / 1023
                Magnet = Magnet * 1000
            
```

```
Magnet = 500 - Magnet
Magnet = Round(magnet)
Magnet_int = Magnet
Else
Magnet = Nilai_adc / 1023
Magnet = Magnet * 1000
Magnet = Magnet - 500
Magnet = Round(magnet)
Magnet_int = Magnet
End If
Print Sumbuz ; ":" ; Magnet_int ; "#"
Mzf = 1
Mzr = 0
End If
End If
Loop
```



## Lampiran 6

### Pemrograman LabVIEW

