



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ALAT UKUR KUAT PENERANGAN GUNA MENENTUKAN EFISIENSI**

**PANCARAN (*LUMINUOS EFFICIENCY*) LAMPU**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**Jurnal tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk  
memperoleh  
gelar Ahli Madya (A.Md)**

**INDRA AJI SAPUTRA  
230522082X**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
DEPARTEMEN FISIKA  
PROGRAM DIPLOMA 3 INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA DAN  
INDUSTRI  
DEPOK  
JULI 2009**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : INDRA AJI SAPUTRA

NPM : 230522082X

Tanda Tangan :

Tanggal : 10 Juli 2009



**HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Indra Aji Saputra

NPM : 230522082X

Program Studi : Diploma 3 Instrumentasi Industri

Judul Tugas Akhir :

**ALAT UKUR KUAT PENERANGAN GUNA MENENTUKAN  
EFISIENSI PANCARAN (*LUMINUOS EFFICIENCY*)  
LAMPU**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md) pada Program Studi Diploma 3 Instrumentasi Industri, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

**DEWAN PENGUJI**

Pembimbing : Dr. Prawito (  )

Penguji 1 : Arief Sudarmadji, M. T (  )

Penguji 2 : Isom Mudzakir, M. Si (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 10 Juli 2009

## KATA PENGANTAR

### **Dengan nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang Segala puji bagi Allah, Tuhan semesta alam**

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan di delapan penjuru mata angin, Allah Subhanahuwata'ala atas selesainya penulisan Tugas Akhir ini, sebab hanya karena kuasa-Nya semesta mendukung hukum ketertertarikan yang penulis lancarkan ke satu tujuan yaitu selesainya Tugas Akhir penulis.

Tugas Akhir ini penulis buat sebagai syarat mengikuti Ujian Sidang Diploma guna memperoleh gelar Ahli Madya Sains pada Jurusan Fisika Instrumentasi Industri, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Melalui lembaran ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada **Bapak Dr. Prawito** selaku dosen pembimbing Tugas Akhir sekaligus pembimbing akademik penulis yang telah sabar memberikan bimbingan, pengarahan serta nasehat dalam penulisan Tugas Akhir dan selama penulis mengemban ilmu di Universitas Indonesia. Selain itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Pihak keluarga: Ibu Tukisah Mursiati dan Bapak Mungin Adi Utomo, Handayani, S. Si, MM dan Ina Lasmia, SE, Botefilia Maharani, Levant Hakikah atas dukungan materi dan semangat untuk penulis.
2. Bapak Surya Dharma, M. Si selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Fisika.
3. Staf pengajar atas ilmu bermanfaat yang telah diajarkan.
4. Staf administrasi atas pelayanan yang diberikan.
5. Rekan-rekan sejawat

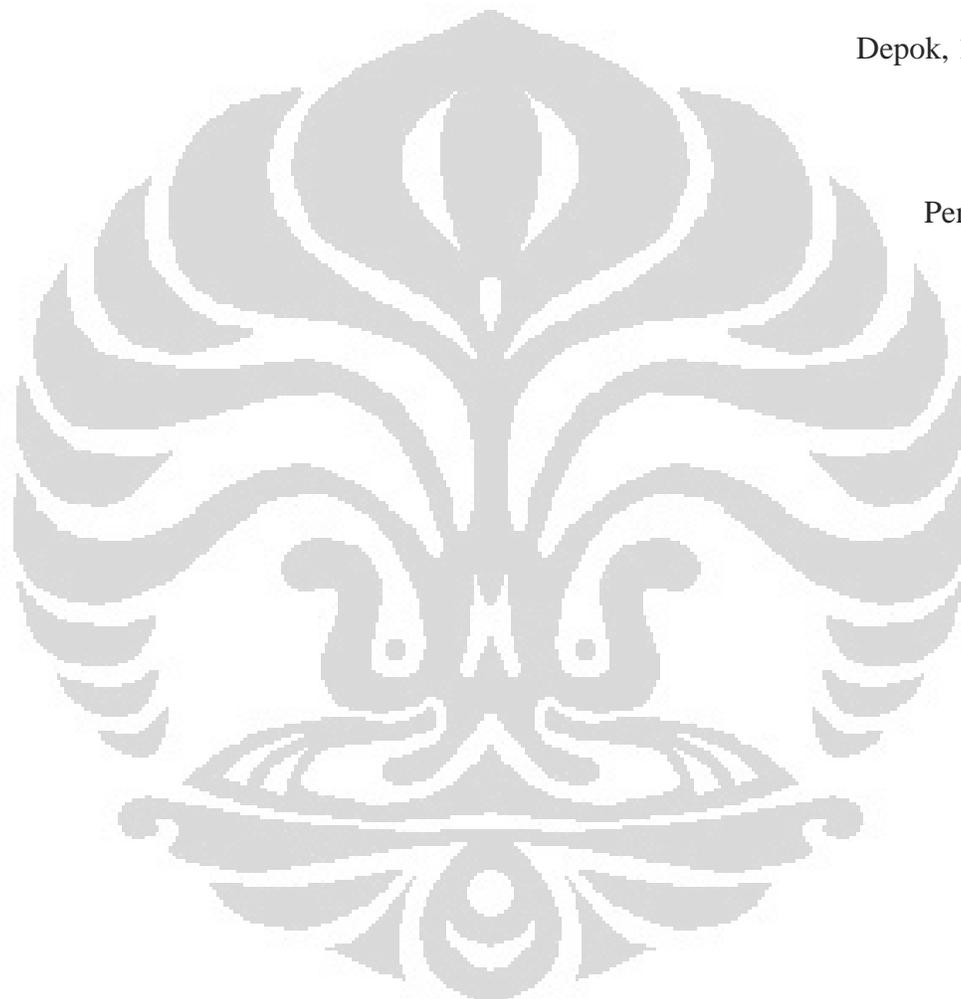
Terima kasih juga tidak lupa penulis sampaikan kepada semua pihak yang turut mendukung penulisan Tugas Akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung, yang namanya tidak mungkin disebutkan satu persatu dalam lembar yang terbatas ini. Hanya Allah yang akan membalas budi baik anda semua.

Tidak ada kekeliruan yang ada hanyalah pelajaran, tidak ada kebetulan yang ada hanyalah makna yang belum ditemukan, tidak ada ada kesedihan yang ada hanyalah jiwa yang sedang tumbuh, dan tidak ada ketakutan melainkan suara guru dari alam.

Akhir kata penulis berharap Tugas Akhir ini bermanfaat bagi ilmu pengetahuan, bagi yang membaca serta bagi penulis sendiri.

Depok, 10 Juli 2009

Penulis



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

---

---

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

Nama : Indra Aji Saputra

NPM : 23052208X

Program Studi : Diploma 3 Instrumentasi Industri

Departemen : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Jenis karya : Laporan Tugas Akhir

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

**ALAT UKUR KUAT PENERANGAN GUNA MENENTUKAN  
EFISIENSI PANCARAN (*LUMINUOS EFFICIENCY*)  
LAMPU**

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 : 10 Juli 2009

Yang menyatakan

Indra Aji Saputra

## A B S T R A K

Name : Indra Aji Saputra  
 Program Studi : Diploma 3 Instrumentasi Elektronika  
 Judul : Luxmeter Desing

Dalam fisika optik terdapat bahasan tentang fotometri, yaitu studi tentang kuat penerangan atau intensitas cahaya pada suatu sumber cahaya. Dalam laboratorium, kuat penerangan dapat diukur dengan cara membandingkan kuat penerangan suatu sumber cahaya dengan kuat penerangan sumber cahaya standar. Alat yang digunakan untuk mengukurnya adalah fotometer. Dalam penelitian ini dibuat sebuah sistem yang mampu mengukur intensitas cahaya dan efisiensi pancarannya. Peralatan yang digunakan adalah berupa sensor cahaya, mikrokontroler, limit switch, LCD.

Kata kunci: fotometri, optik, cahaya, intensitas, efisiensi.

## ABSTRACT

Name : Indra Aji Saputra  
 Study Program : Diploma 3 Instrumentasi Elektronika  
 Title : Luxmeter Desing

A Digital Rocking Shaker with temperature and speed controlled place has been built. It uses a 1200W, 220V electric flat heater with a maximum temperature of 200oC and a DC motor with a maximum speed 120 rpm to rock the plate back and forth. A type K thermocouple is also used in this device as a temperature sensor. This shaker is controlled by a microprocessor using PID method and ATMega 16 as the microcontroller IC. The temperature that the heater produces and the speed of the motor is controlled by sending a message through keypad.

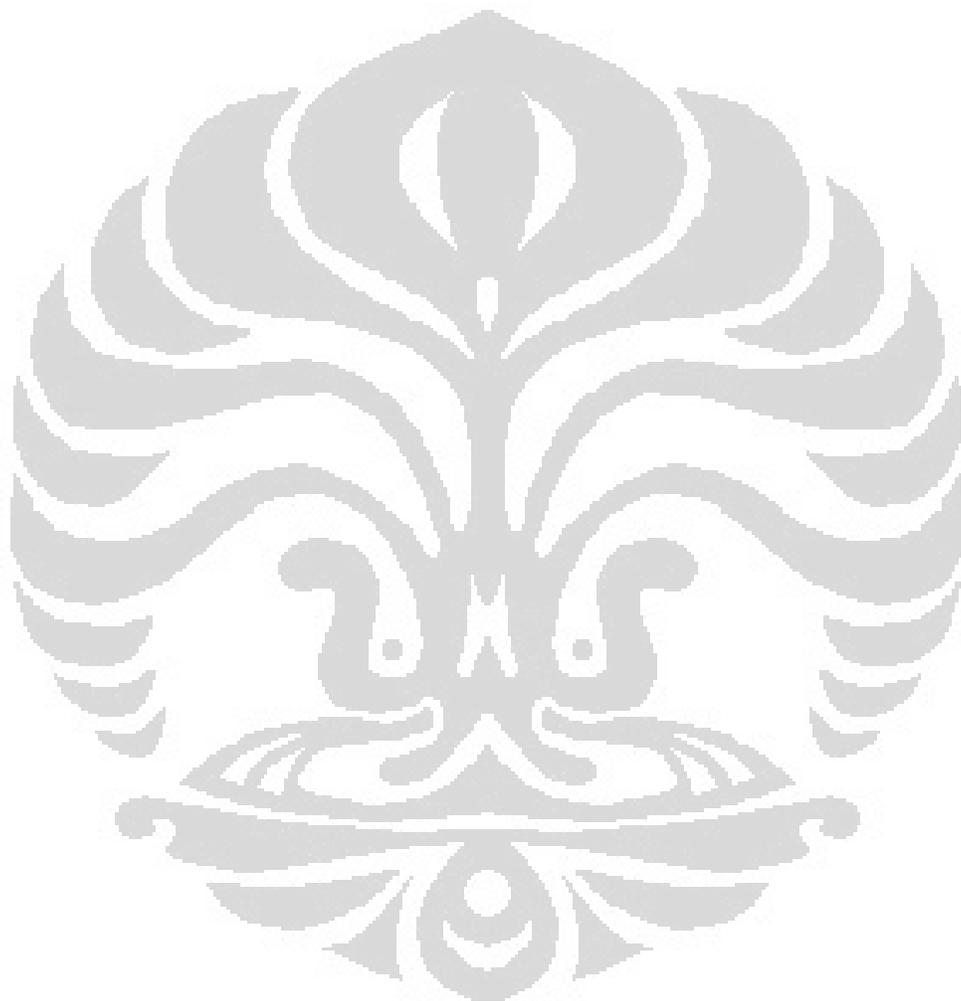
*Key word: fotometry, optic, light, intensity, efficiency*

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALIAS</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	1
1.3 Pembatasan Masalah	1
1.4 Metodologi Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
<b>BAB 2. TEORI DASAR</b>	<b>4</b>
2.1 Kuat Penerangan dan Efisiensi Pancaran	4
2.2 Arus Listrik	4
2.3 Hall Effect Sensor	5
2.3.1 Cara Kerja Hall Effect	5
2.3.2 Dasar Hall Effect Sensor	7
2.3.3 Analog Output Sensor	7
2.4 Rectifier	8
2.4.1 Penyearah Gelombang Penuh	9
2.4.1.1 Penyearah Gelombang Penuh Center Tap	9
2.4.1.2 Penyearah Gelombang Penuh dengan Diode Bridge	10
2.5 Mikrokontroler	11

2.5.1 Mikrokontroler AVR ATmega 8535	11
2.5.1.1. Fitur-Fitur dan Arsitektur ATmega 8535	12
2.5.1.2. Konfigurasi Pin	16
2.7 Motor DC	18
2.8 OPT 101	20
2.9 Sensor DCS-01	21
2.10 LCD	22
<b>BAB 3. PERANCANGAN DAN KERJA SISTEM</b>	<b>26</b>
3.1. Perangkat Keras	26
3.1.1. Sistem Mekanik	26
3.1.2. Luxmeter	27
3.1.3. Attenuator	28
3.1.4. Amperemeter	28
3.1.5. Perancangan Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega8535	30
3.1.6. Rangkaian Minimum Sistem AT89S52	32
3.1.7. Perancangan Driver Motor L298	33
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>35</b>
4.1. Alat Bantu Yang Digunakan	35
4.2. Kalibrasi	35
4.2.1. Kalibrasi Luxmeter	35
4.2.2. Kalibrasi Amperemeter	37
4.2.3. Kalibrasi Attenuator	38
4.3. Pengambilan Data	39
4.3.1. Pengambilan Data Luxmeter	39
4.3.2. Pengambilan Data Amperemeter	40
4.3.3. Pengambilan Data Attenuator	40
4.3.4. Pengambilan Data Daya Lampu	41
4.3.5. Pengambilan Data Efisiensi Pancaran	41
<b>BAB 5. PENUTUP</b>	<b>43</b>
5.1. Kesimpulan	43

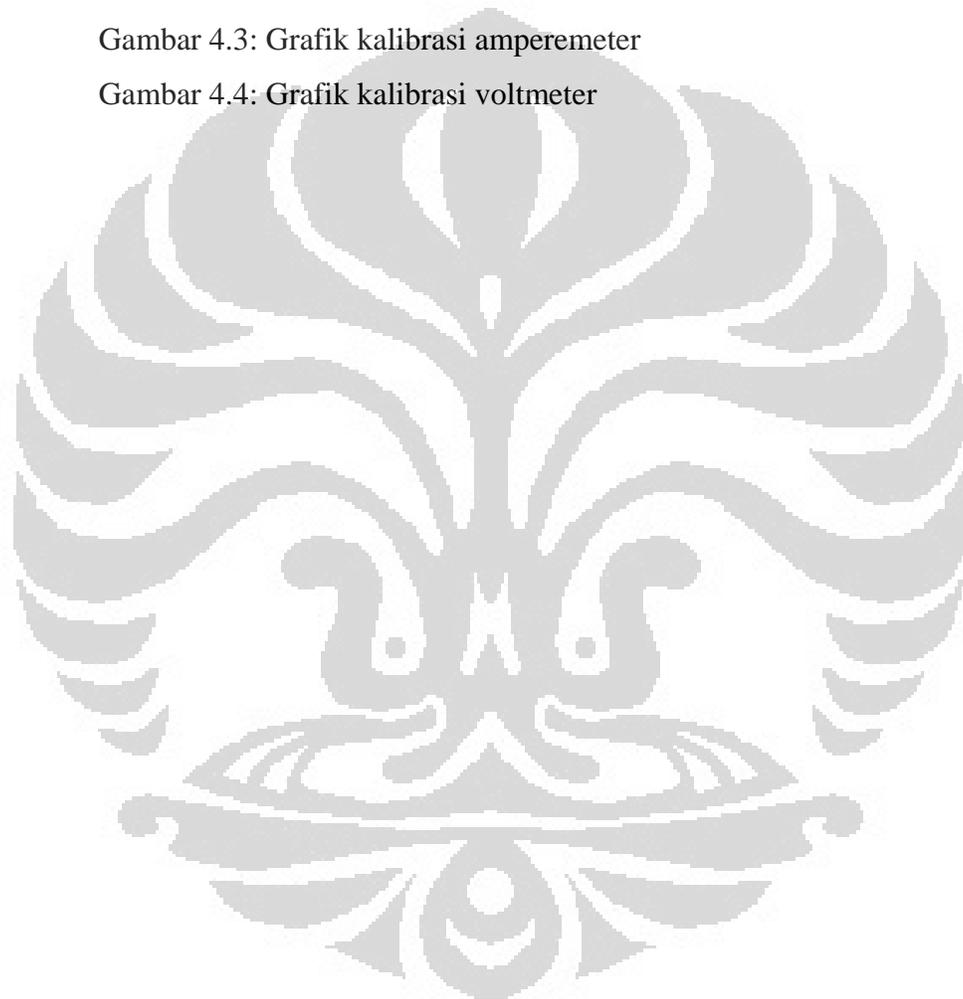
5.2. Saran	43
<b>Daftar Acuan</b>	<b>35</b>



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1: Prinsip dari <i>Hall Effect</i>	6
Gambar 2.2: Prinsip dari <i>Hall Effect</i> , jika ada arus	6
Gambar 2.3: Dasar dari <i>Hall Effect</i>	7
Gambar 2.4: Konsep nol <i>voltage</i>	8
Gambar 2.5: Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh Center Tap	9
Gambar 2.6: ( a ) Gelombang Sinyal Input ( b ) Gelombang Arus Dioda dan beban	9
Gambar 2.7: Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh dengan Diode Bridge	10
Gambar 2.8: ( a ) Sinyal Input ( b ) Sinyal Arus Diode dan Arus Beban	10
Gambar 2.9: Blok Diagram Mikrokontroler ATmega8535	14
Gambar 2.10: Arsitektur Mikrokontroler AVR ATmega8535	15
Gambar 2.11: Konfigurasi Pin ATmega8535	16
Gambar 2.12: Prinsip Kerja Motor DC	18
Gambar 2.13: Proses Konversi Pada Motor DC	19
Gambar 2.14: Rangkaian <i>internal</i> OPT 101	20
Gambar 2.15: Datasheet OPT 101	21
Gambar 2.16: Wujud OPT 101	21
Gambar 2.17: DCS-01	21
Gambar 2.18: Wujud DCS-01	22
Gambar 2.19: Penggunaan DCS-01 untuk pengukuran beban pada sistem mikrokontroler Renesas	22
Gambar 2.20: Pin Koneksi LCD ke Microcontroller	24
Gambar 3.1: Rancangan Keseluruhan Sistem	26
Gambar 3.2: Sistem Mekanik	26
Gambar 3.3: Rangkaian sensor menggunakan OPT 101	27
Gambar 3.4: Rangkaian attenuator	28
Gambar 3.5: Rangkaian operasi DCS-01	29
Gambar 3.6: Rangkaian Minimum Sistem Atmega8535	31

Gambar 3.7: Rangkaian Minimum Sistem AT89S52	32
Gambar 3.8: Rangkaian Driver Motor L298	33
Gambar 3.9: Gambar IC <i>Driver</i> Motor L298	34
Gambar 4.1: Konfigurasi peralatan dalam proses kalibrasi luxmeter buatan	31
Gambar 4.2: Grafik kalibrasi luxmeter buatan	32
Gambar 4.3: Grafik kalibrasi amperemeter	34
Gambar 4.4: Grafik kalibrasi voltmeter	35



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1: Fungsi alternatif PORT A	14
Tabel 2.2: Fungsi Alternatif PORT B	15
Tabel 2.3: Fungsi Alternatif PORT C	15
Tabel 2.4: Fungsi Alternatif PORT D	15
Tabel 2.5: Konfigurasi PIN LCD 2 x 16 Karakter	21
Tabel 2.6: Fungsi pin pada LCD Karakter	26
Tabel 4.1: Data illuminance terhadap nilai adc	32
Tabel 4.2: Data arus terhadap nilai adc	33
Tabel 4.3: Data voltase terhadap nilai adc	34
Tabel 4.4: Data lux pada lampu 25 W	35
Tabel 4.5: Data arus pada setiap lampu	36
Tabel 4.6: Data tegangan	36
Tabel 4.7: Data daya	37
Tabel 4.8: Data fluks dan efisiensi pancaran lampu	37

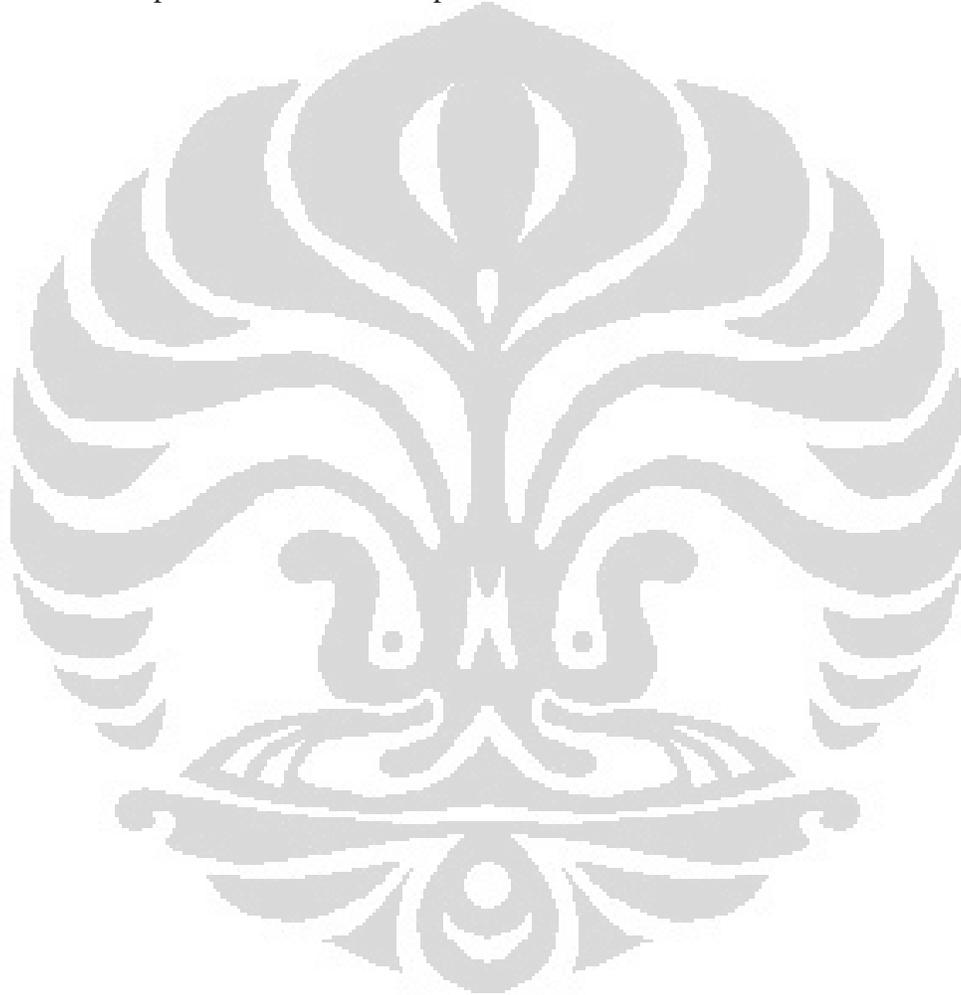
## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Program Bascom AVR untuk sensor & Program BASCOM untuk motor

Lampiran 2 ADC vs Lux

Lampiran 3 Lux macam-macam lampu

Lampiran 4 Data efisiensi pancaran dan fluks



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Cahaya bisa dikatakan sebagai suatu bagian yang mutlak dari kehidupan manusia. Untuk mendukung teknik pencahayaan buatan yang benar, tentu saja perlu diketahui seberapa besar intensitas cahaya yang dibutuhkan pada suatu tempat. Maka, untuk mengetahui seberapa besar intensitas cahaya tersebut dibutuhkan suatu alat ukur cahaya yang dapat digunakan untuk mengukur besarnya cahaya dalam satuan lux.

Namun pada umumnya peralatan elektronika seperti alat ukur ini masih merupakan peralatan yang menggunakan sistem analog. Akan tetapi dengan adanya pengetahuan tentang semikonduktor yang pada tahun akhir-akhir ini maju pesat sekali sehingga hampir semua peralatan elektronika dapat dibuat dalam bentuk digital dengan ukuran kecil dan ringan. Hal ini disebabkan karena alat-alat semikonduktor dapat digunakan untuk menggantikan tabung-tabung hampa yang sebelumnya merupakan komponen elektronika yang penting. Selain itu perkembangan-perkembangan dalam teknik pulsa juga cukup berarti yang memungkinkan adanya bermacam-macam alat digital dengan ketelitian yang tinggi sehingga besaran-besaran analog yang berubah secara terus-menerus dapat diubah dan diperlihatkan sebagai besaran-besaran digital yang diskrit.

Dengan membaca penjelasan di atas, maka perlu untuk membuat alat ukur cahaya digital. Tentu saja hasil pengukurannya yang didapat dalam bentuk digital bukan analog lagi sehingga hasil pengukurannya dapat lebih akurat. Selain itu *lux meter* yang ada di pasaran juga cukup mahal sehingga dengan adanya alat ini tentu saja dapat menghemat biaya.

### 1.2. Tujuan Penelitian

1. Mengaplikasikan teknologi elektronika digital dalam wujud sebuah instrumentasi fisika.

1. Membuktikan teori dan memudahkan pemahaman dalam mempelajari fisika optik.
2. Memenuhi syarat kelulusan di Program Studi Diploma Fisika Instrumentasi Industri.

### **1.3. Pembatasan Masalah**

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini penulis membagi bahasan menjadi tiga bagian, yaitu:

- Bagian pertama, menjelaskan mengenai sistem mekanik Tugas Akhir.
- Bagian kedua, menjelaskan mengenai sistem elektronik Tugas Akhir.
- Bagian ketiga, menjelaskan mengenai kecerdasan buatan yang dibuat guna mendukung berjalannya sistem mekanik dan elektronik Tugas Akhir.

### **1.4. Metodologi Penelitian**

#### **1. Studi Literatur**

Dalam hal ini penulis menggunakan metode literatur untuk memperoleh informasi yang bermanfaat sebagai bahan acuan dalam proses perancangan sistem yang berkaitan dengan penelitian yang penulis buat. Studi literatur ini selain mengacu pada buku-buku pegangan, penulis juga menggunakan referensi tentang data-data dari berbagai macam komponen mekanik yang di pergunakan. Untuk menambahkan ide pada proyek tugas akhir ini penulis juga mencari data dari internet, juga pada makalah-makalah yang membahas tentang proyek yang penulis buat.

#### **2. Perancangan dan Pembuatan Alat**

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

#### **3. Uji sistem**

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

#### 4. Pengambilan Data

Pada bagian ini akan dilakukan pengambilan data dari sistem yang telah dibuat dengan catatan sistem tersebut telah bekerja dengan baik agar dapat diperoleh data yang sesuai dengan yang diharapkan.

### 1.5. Sistematika Penulisan

#### **BAB 1 Pendahuluan**

Berisi latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

#### **BAB 2 Teori Dasar**

Berisi dasar-dasar teori fotometri, sistem elektronik, dan *software*. Bab ini merupakan anak tangga pertama dalam memahami Tugas Akhir ini.

#### **BAB 3 Perancangan Sistem**

Berisi keseluruhan sistem kerja dari semua perangkat kontrol (*hardware*) dan program penghubung (*software*) yang terlibat antara mikrokontroler dengan sensor.

#### **BAB 4 Pengujian Sistem dan Pengambilan Data**

Bab ini berisi tentang unjuk kerja alat sebagai hasil dari perancangan sistem. Pengujian akhir dilakukan dengan menyatukan seluruh bagian-bagian kecil dari sistem untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan awal. Setelah sistem berfungsi dengan baik maka dilanjutkan dengan pengambilan data untuk memastikan kapabilitas dari sistem yang dibangun.

#### **BAB 5 Penutup**

Penutup berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengujian sistem dan pengambilan data selama penelitian berlangsung, selain itu juga penutup memuat saran untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini.

## BAB 2 TEORI DASAR

### 2.1. Kuat Penerangan dan Efisiensi Pancaran

Mata manusia peka terhadap gelombang elektromagnet dalam daerah cahaya tampak ( $\lambda = 400 - 700 \text{ nm}$ ). Apabila suatu sumber cahaya dengan intensitas pancaran/lilin maka fluks pancaran:

$$F = 4\pi I \quad \text{lumen} \quad (2-1)$$

Apabila sumber cahaya dianggap titik, maka  $F$  yang dipancarkan oleh sumber itu ke semua arah sama. Pada jarak  $R$  dari sumber, fluks ini jatuh pada suatu sensor yang diasumsikan luasnya  $A = s^2$ .

Kuat penerangan (iluminasi) sebagian besar ditentukan oleh kuat cahaya yang jatuh pada suatu luas bidang permukaan dan dinyatakan sebagai iluminasi rata-rata. Iluminasi dalam lux adalah arus cahaya yang dipancarkan dibagi dengan luas bidang.

$$E = F/A \quad (2-2)$$

atau:

$$E = I/R^2 \quad (2-3)$$

Adapun efisiensi pancaran ( $\eta$ ) didefinisikan sebagai fluks pancaran tiap satuan daya yang diberikan lampu.

$$\eta = F/P \quad (2-4)$$

### 2.2. Arus Listrik

Arus listrik yang mengalir pada suatu konduktor menimbulkan gaya magnet. Oleh sebab itu arus listrik dapat diukur dengan besarnya medan magnet. Medan magnet dipengaruhi oleh beberapa factor antara lain:

- Besar arus listrik
- Jarak medan magnet terhadap suatu titik pengukuran
- Arah medan magnet yang terbentuk

Medan magnet adalah suatu medan yang dibentuk dengan menggerakkan muatan listrik (arus listrik) yang menyebabkan munculnya gaya di muatan

listrik yang bergerak lainnya. Putaran mekanika kuantum dari satu partikel membentuk medan magnet dan putaran itu dipengaruhi oleh dirinya sendiri seperti arus listrik.

Sebuah medan magnet adalah medan vector yang dapat berubah menurut waktu. Arah dari medan ini adalah seimbang dengan arah jarum kompas yang diletakkan di dalam medan tersebut.

### 2.3. Hall Effect Sensor

Istilah *Hall effect* dikenal setelah Edwin H. Hall (1855-1938) menemukan bahwa jika arus listrik mengalir melalui penghantar yang ditempatkan pada *transverse* medan magnet yang kuat, akan menghasilkan beda potensial yang melewati penghantar itu. *Hall effect sensor* adalah suatu transducer yang dapat mengubah besaran medan magnet menjadi besaran listrik yaitu berupa tegangan.

Sensor *hall effect* digunakan untuk mendeteksi kedekatan, keberadaan atau ketiadaan medan magnet dari suatu obyek dengan kritis. Sensor *effect hall* digunakan untuk sensor perpindahan, sensor letak atau jarak, sensor kecepatan dan sensor arus.

#### 2.3.1. Cara Kerja *Hall Effect*

Konduktor atau *hall effect* elemen berbentuk lempengan pipih. Pembawa arus di dalamnya didorong ke tepi atas oleh gaya magnet yang bekerja padanya. Gaya ini merupakan gaya nonelektrostatik, besar medan nonelektrostatik ekuivalen dengan gaya satuan muatan.

Jika pembawa muatan itu elektron, akan ada muatan listrik lebih menumpuk di pinggir atas lempengan dan meninggalkan muatan lebih menumpuk di pinggir bawah, sampai medan elektrostatik *transverse* dalam konduktor sama dan berlawanan dengan nonelektrostatik.

Arus transversal akhir sama dengan nol, maka konduktor itu berada pada rangkaian terbuka dalam arah transversal, dan beda potensial antara tepi-tepi

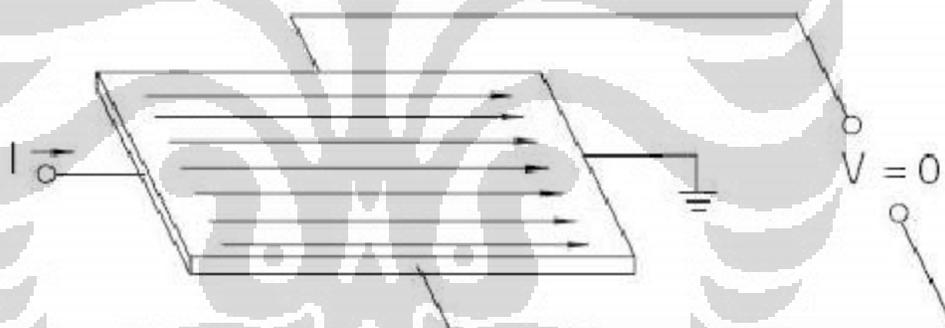
lempeng, yang dapat diukur dengan meter, sama dengan GGL *hall* dalam lempeng.

Ketika konduktor yang dialiri arus diletakkan di dalam suatu medan magnet, akan dihasilkan tegangan yang tegak lurus dengan arus dan medan magnet.

Material semi konduktor (*hall element*) dilewati arus. Tegangan keluaran tegak lurus dengan arah arus. Ketika tidak ada medan magnet, penyaluran arus sama besar dan tidak ada tegangan.

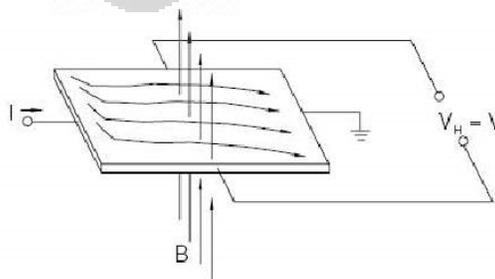
Pada saat terdapat medan magnet tegak lurus terhadap bidang gaya *lorentz* mendesak arus. Gaya ini mengganggu penyebaran arus, menghasilkan tegangan pada *output*. Tegangan ini adalah tegangan *hall* ( $V_H$ ). Interaksi antara medan magnet dan arus listrik dapat dirumuskan:

$$V_H \propto I \times B \quad (2-5)$$



Gambar 2.1: Prinsip dari *Hall Effect*

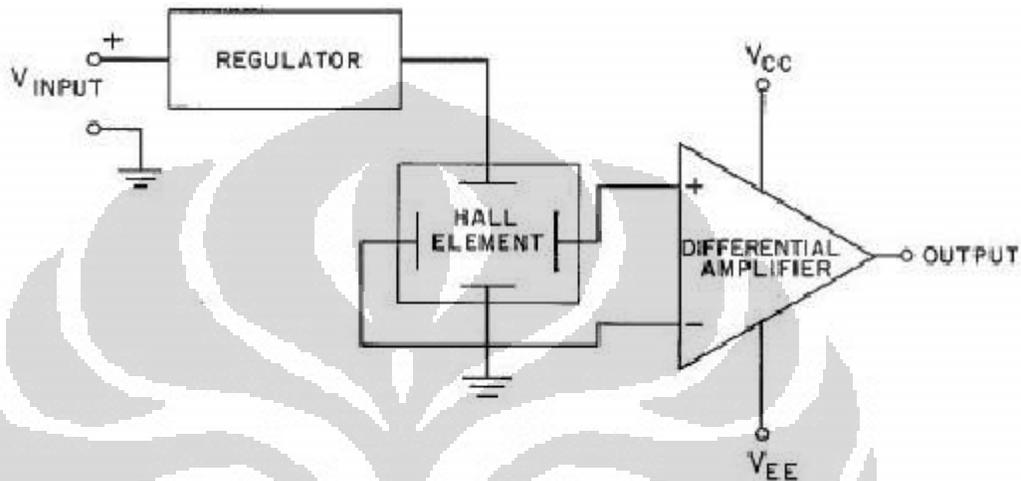
Tegangan hall ( $V_H$ ) sebanding dengan *vector cross* ( $\times$ ) antara arus ( $I$ ) medan magnet ( $B$ ). Perubahannya sebesar  $7\mu\text{V/Vs/gauss}$  dalam silicon sehingga dibutuhkan amplifier dalam aplikasinya.



Gambar 2.2: Prinsip dari *Hall Effect*, jika ada arus

### 2.3.2. Dasar *Hall Effect* Sensor

Elemen *hall* adalah dasar dari sensor medan magnet. Keadaan sinyal yang dihasilkan pada *output* sensor dapat dipakai untuk berbagai aplikasi. Sinyal elektronik membutuhkan penguatan, yaitu *diferensial amplifier* yang menguatkan perbedaan tegangan yang mungkin terjadi.

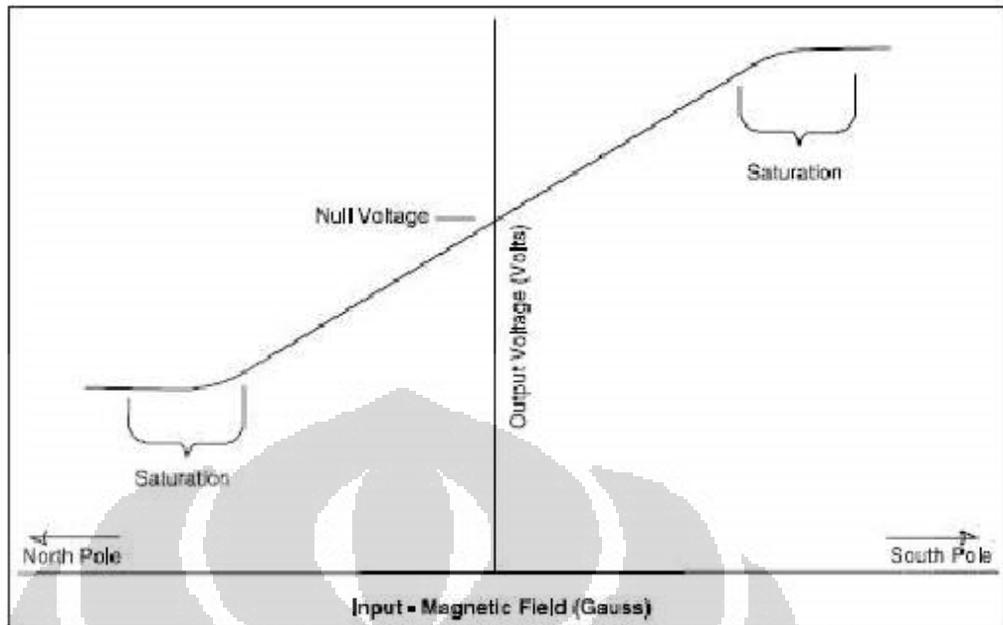


Gambar 2.3: Dasar dari *Hall Effect*

Tegangan *hall* adalah *low level* sinyal yaitu 30mV dalam keadaan ada magnet 1 gauss. *Low level output* ini membutuhkan *amplifier* dengan *noise* yang rendah, impedansi *input* yang tinggi dan *gain* yang sesuai. Seperti sistem elektronik ada yang mempunyai *regulated supply*, beberapa *hall effect* sensor tidak disertai *internal regulator*.

### 2.3.3. Analog Output Sensor

*Analog* sensor menyediakan tegangan *output* yang seimbang dengan medan magnet yang ditunjukkan. Adanya medan magnet *output*-nya bisa positif atau negatif. Sebagai hasilnya, *output* dari *amplifier* bisa negatif atau positif maka disediakan *power supply* positif dan negatif. Pada *input* negatif *diferensial amplifier* diberikan *offset* yang tetap. *Offset* yang diberikan sama dengan nilai nol *voltage*, jika tidak ada medan magnet maka *output*-nya sama dengan nol.



**Gambar 2.4: Konsep nol voltage**

Ketika ada medan magnet positif, *output* naik di atas nilai nol *voltage*. Sebaliknya, ketika ada medan magnet negatif. *Output* turun di bawah nilai nol *voltage*.

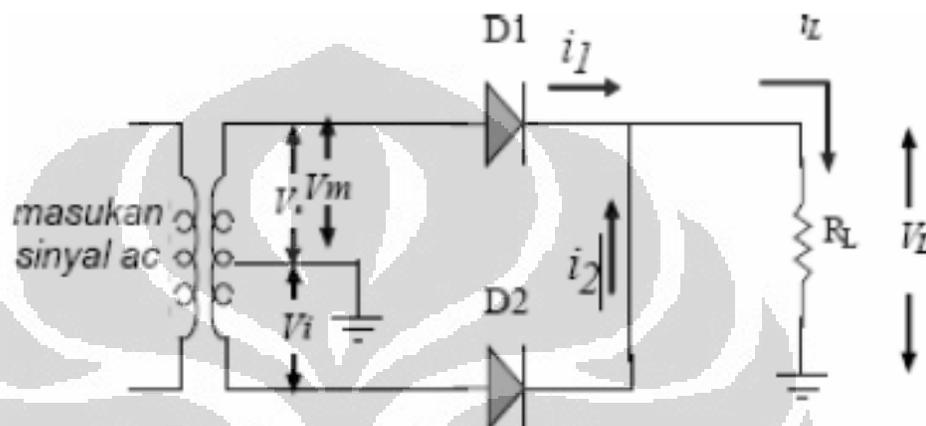
#### 2.4. Rectifier

*Rectifier* adalah alat yang digunakan untuk mengubah sumber arus bolak-balik (AC) menjadi sinyal sumber arus searah (DC). Gelombang AC yang berbentuk gelombang sinus hanya dapat dilihat dengan alat ukur CRO. Rangkaian *rectifier* banyak menggunakan *transformator step down* yang digunakan untuk menurunkan tegangan sesuai dengan perbandingan transformasi *transformator* yang digunakan. Penyearah dibedakan menjadi 2 jenis, penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh, sedangkan untuk penyearah gelombang penuh dibedakan menjadi penyearah gelombang penuh dengan *center tap* (CT), dan penyearah gelombang penuh dengan menggunakan dioda *bridge*. Tapi yang penulis gunakan adalah penyearah gelombang penuh.

### 2.4.1. Penyearah Gelombang Penuh

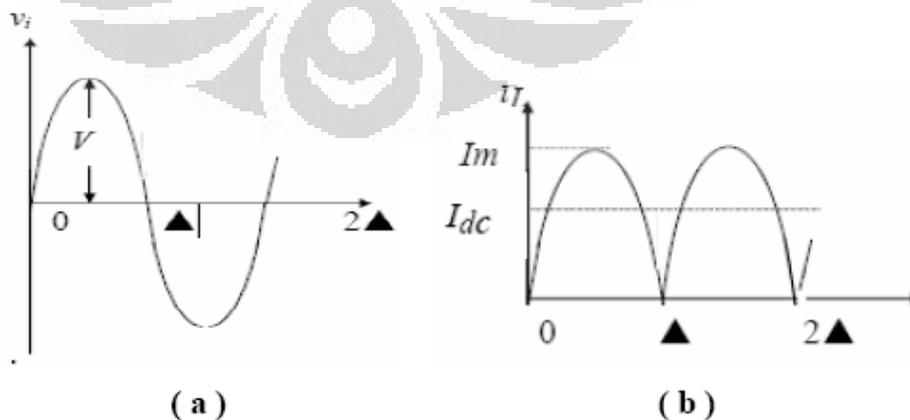
Penyearah gelombang penuh dibedakan menjadi penyearah gelombang penuh dengan *center tap* (CT), dan penyearah gelombang penuh dengan menggunakan dioda *bridge*.

#### 2.4.1.1. Penyearah Gelombang Penuh Center Tap



**Gambar 2.5: Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh Center Tap**

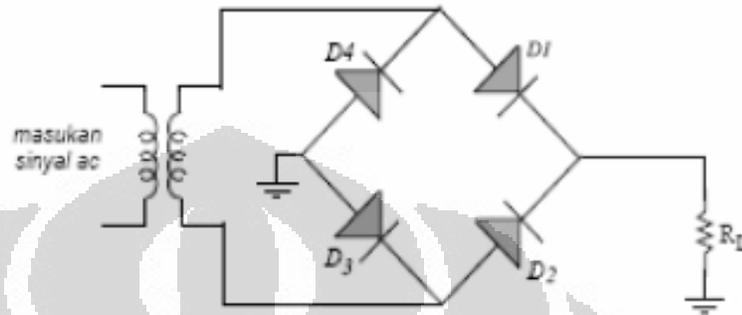
Gambar di atas merupakan rangkaian penyearah gelombang penuh dengan menggunakan trafo CT. Terminal sekunder dari trafo CT mengeluarkan dua buah tegangan keluaran yang sama tetapi fasanya berlawanan dengan titik CT sebagai titik tengahnya. Kedua keluaran ini masing-masing dihubungkan ke D1 dan D2, sehingga saat D1 mendapat sinyal siklus positif maka D2 mendapat sinyal siklus negatif, dan sebaliknya. Sehingga Gelombang yang dihasilkan seperti di bawah ini.



**Gambar 2.6: ( a ) Gelombang Sinyal Input ( b ) Gelombang Arus Dioda dan beban**

### 2.4.1.2. Penyearah Gelombang Penuh dengan Diode Bridge

Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh sistem jembatan dapat dijelaskan melalui gambar di bawah.



**Gambar 2.7: Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh dengan Diode Bridge**

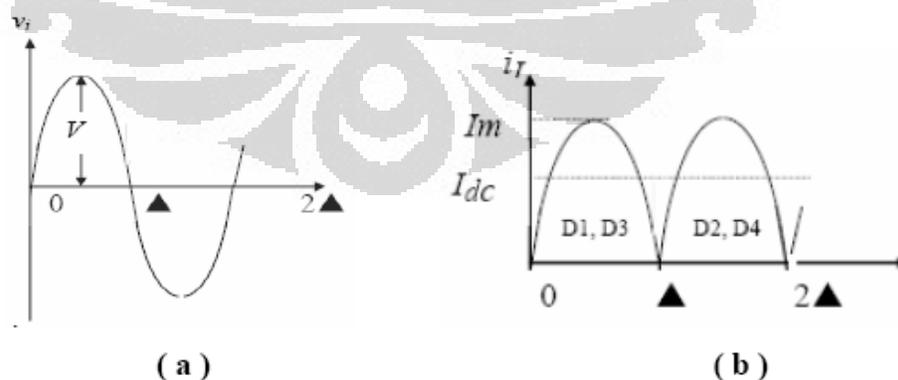
Pada saat rangkaian jembatan mendapatkan positif dari siklus sinyal ac, maka :

- D1 dan D3 hidup (ON), karena mendapat bias maju
- D2 dan D4 mati (OFF), karena mendapat bias mundur

sehingga arus  $i_1$  mengalir melalui D1, RL, dan D3. Apabila jembatan memperoleh

siklus negatif, maka :

- D2 dan D4 hidup (ON), karena mendapat bias maju
- D1 dan D3 mati (OFF), karena mendapat bias mundur



**Gambar 2.8: ( a ) Sinyal Input ( b ) Sinyal Arus Diode dan Arus Beban**

sehingga arus  $i_2$  mengalir melalui D2, RL, dan D4. Dengan demikian, arus yang

mengalir ke beban ( $i_L$ ) merupakan penjumlahan dari dua arus  $i_1$  dan  $i_2$ . Besarnya arus rata-rata pada beban adalah sama seperti penyearah gelombang penuh dengan trafo CT.

## 2.5. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC, sehingga sering disebut *single chip microcomputer*. Lebih lanjut, mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik, berbeda dengan PC yang memiliki beragam fungsi. Perbedaan lainnya adalah perbandingan RAM dan ROM yang sangat berbeda antara komputer dengan mikrokontroler, ROM jauh lebih besar dibanding RAM, sedangkan dalam komputer atau PC RAM jauh lebih besar dibanding ROM.

Mikrokontroler umumnya dikelompokkan dalam satu keluarga. Berikut adalah contoh-contoh keluarga mikrokontroler:

- Keluarga MCS-51
- Keluarga MC68HC05
- Keluarga MC68HC11
- Keluarga AVR
- Keluarga PIC 8

Dan mikrokontroler yang penulis gunakan pada tugas akhir ini adalah dari keluarga AVR dan MCS-51.

### 2.5.1. Mikrokontroler AVR ATmega 8535

ATmega8535 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit berdaya rendah yang memiliki arsitektur AVR RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Setiap instruksi, dengan menggunakan mikrokontroler ATmega8535 dapat dieksekusi dalam satu siklus clock osilator, dan keluarannya bisa mencapai hampir sekitar 1 MIPS (*Million Instruction per Second*) per MHz, sehingga konsumsi daya bisa optimal dan kecepatan proses eksekusi menjadi maksimal. Mikrokontroler ATmega8535 mempunyai 40 kaki, yang masing-masing pin mempunyai fungsi

dan kegunaan masing-masing yaitu sebagai ADC, Interrupt, jalur komunikasi dan sebagai pin parallel. Setiap pinnya terdiri dari 8 jalur. Masing-masing pin mempunyai keistimewaan yaitu, PinA sebagai ADC, PinB sebagai jalur download, PinC sebagai serial data dan serial clock, PinD sebagai jalur penerima dan pengirim untuk komunikasi.

### 2.5.1.1. Fitur-Fitur dan Arsitektur ATmega 8535

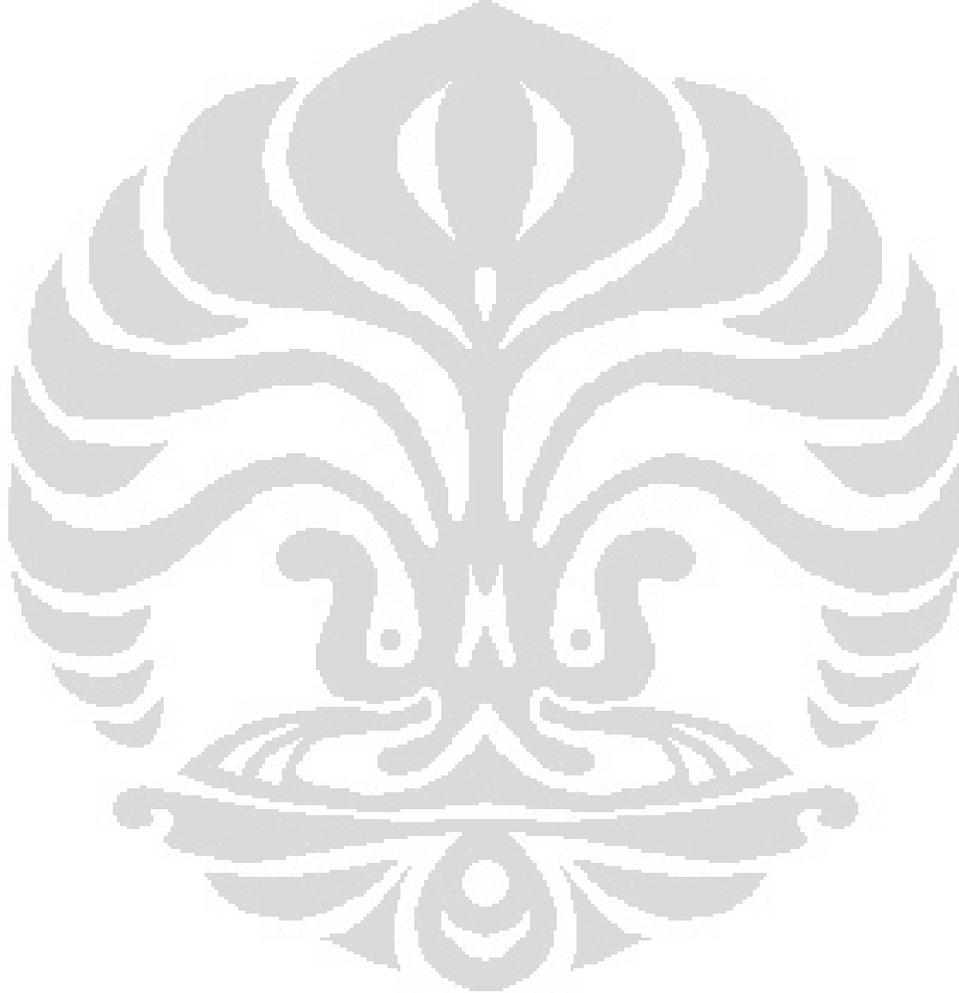
Mikrokontroler ATmega 8535 memiliki fitur-fitur utama, antara lain sebagai berikut:

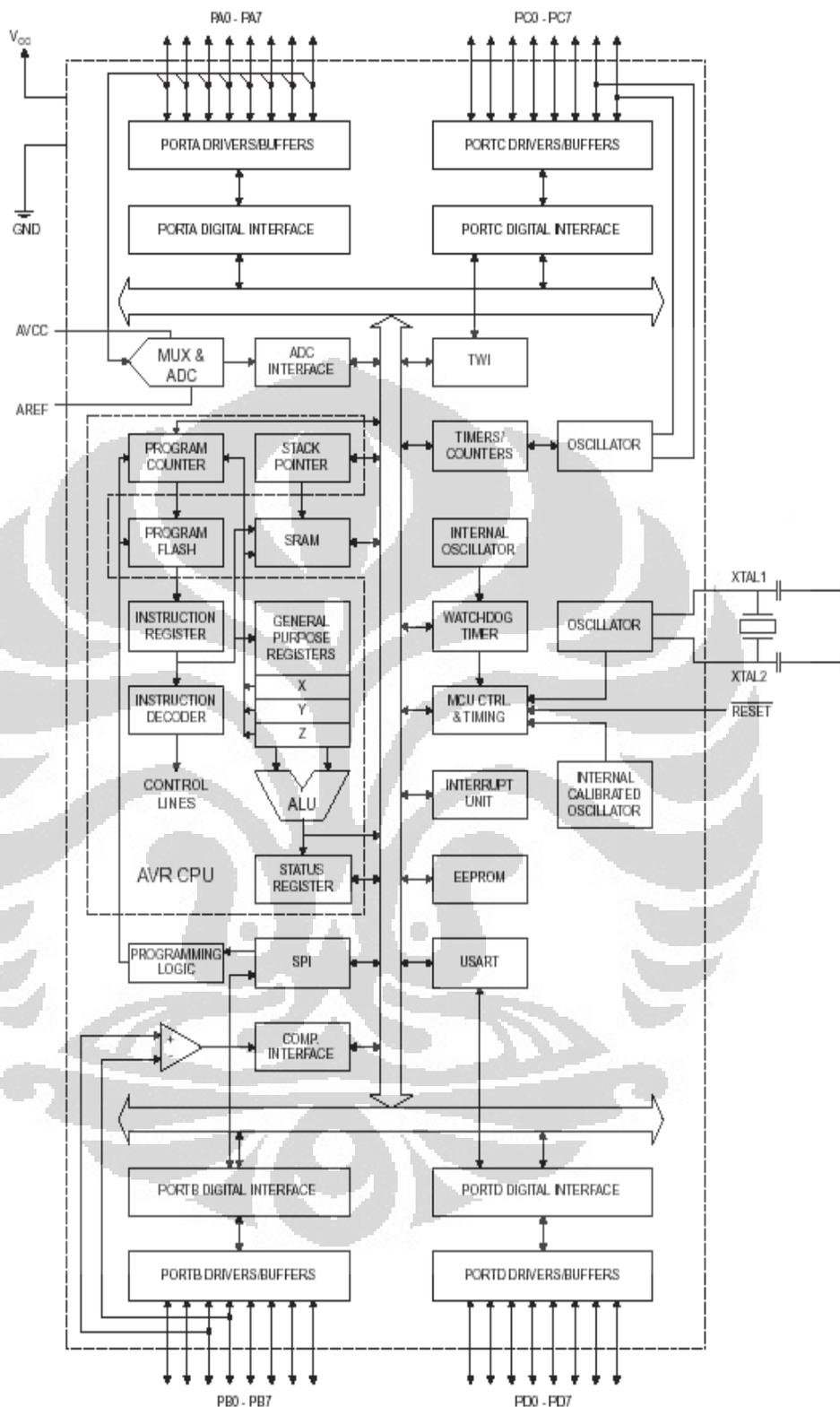
- a. 8KByte untuk *System Programmable Flash* pada *Read-While-Write* (ROM)
- b. Memori data EEPROM 512 Byte
- c. Memori data SRAM 512 Byte
- d. 32 Jalur Input-output
- e. 32 Register umum
- f. 3 *Flexible Timer / counter* dengan *Compare-Modes*
- g. Internal dan eksternal *Interrupt*
- h. Pemrograman serial dengan USART
- i. Interface serial *Two-wire* sebesar 1Byte
- j. 8 *Single Ended Channels*, 10 bit untuk ADC dan 4 kanal PWM
- k. *Watchdog timer* yang dapat diprogram dengan Internal Oscillator
- l. Sebuah serial port SPI
- m. 6 pilihan software dengan *power save mode* yaitu *Idle*, *ADC Noise Reduction*, *Power save*, *Power down*, *Standby* dan *Extended Standby*
- n. Memiliki kecepatan 0-8 MHz, dan beroperasi pada tegangan 2.7 V-5.5 V

ATmega 8535 dibuat menggunakan teknologi *high density nonvolatile memory* dari Atmel. Dengan adanya *On-chip ISP Flash*, memori dapat diprogram ulang melalui serial *Interface SPI*, pemrogram memori *nonvolatile konvensional*, atau melalui sebuah *On-chip Boot program* Yang terdapat dalam inti AVR. *Program boot* dapat menggunakan interface apapun untuk mendownload aplikasi pada program *Flash memory*. Software pada *Boot Flash* akan tetap bekerja saat aplikasi pada *Flash memory* diperbarui. dengan

menyediakan operasi *Read-While-Write*. Dengan mengkombinasi-kon CPU 8-bit RISC dengan *insystem self programmable flash* pada chip monolitik, sehingga ATmega 8535 merupakan mikrokontroler *powerfull* Yang fleksibel, efisien. dan merupakan solusi efektif untuk berbagai aplikasi pengontrolan.

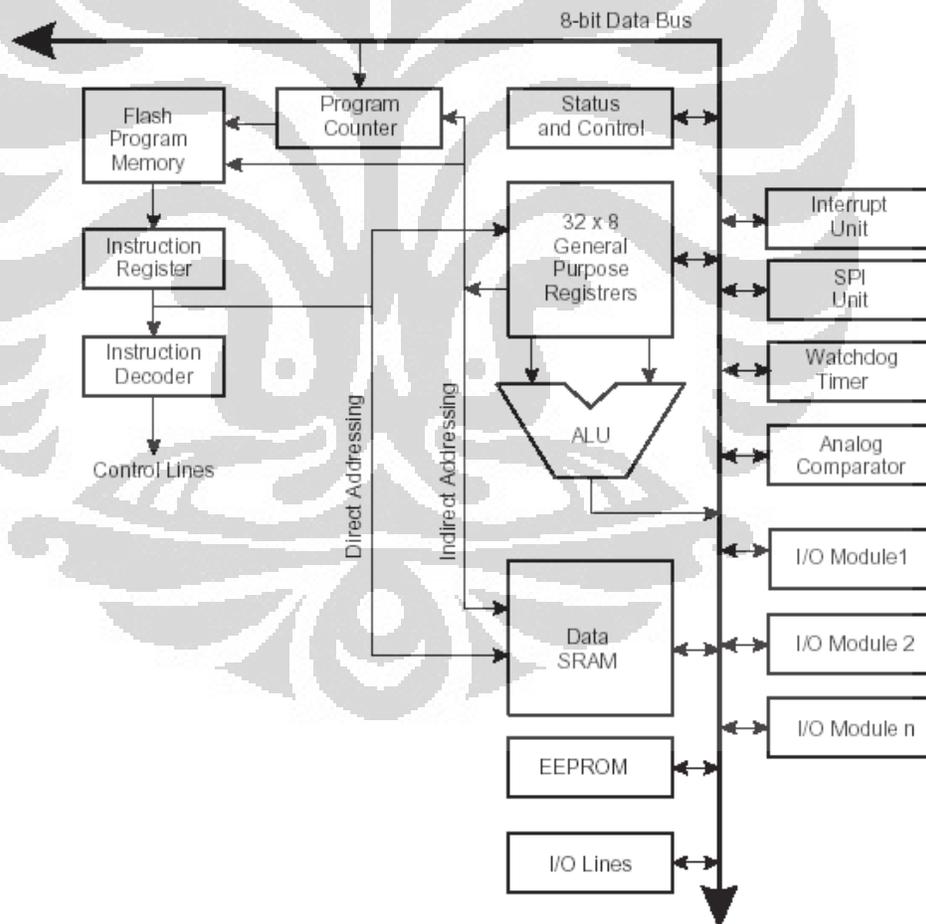
ATmega8535 didukung oleh program dan pengembangan sistem seperti *C compilers, macro assembler, program debugger / simulator, In Circuit Emulators*, dan *evaluation kit*.





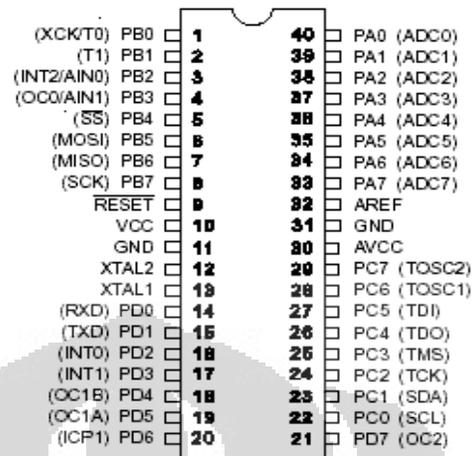
Gambar 2.9: Blok Diagram Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler AVR memiliki model arsitektur Havard, dimana memori dan bus untuk program serta data dipisahkan. Sehingga dengan arsitektur ini dapat dikombinasikan berbagai instruksi dengan 32 *register* yang tersedia. Semua *register* terkoneksi pada *Arithmetic Logic Unit (ALU)*. Dalam satu siklus clock terdapat dua *register* bebas yang dapat diakses dengan sebuah instruksi. Arsitektur yang demikian lebih efisien karena proses eksekusi lebih Cepat 10 kali dibandingkan dengan mikrokontroler CISC yang konvensional. Teknik yang digunakan adalah *fetch during execution*, yang artinya dua buah operasi dari dua *register*, dilakukan eksekusi, dan kemudian hasilnya akan disimpan kembali dalam salah satu *register*, semuanya dilakukan hanya dalam 1 siklus clock. Berikut adalah gambar arsitektur dari ATmega8535.



**Gambar 2.10: Arsitektur Mikrokontroler AVR ATmega8535**

### 2.5.1.2. Konfigurasi Pin ATmega8535



Gambar 2.11: Konfigurasi Pin ATmega8535

Mikrokontroler AVR ATmega 8535 memiliki 40 pin yang terdiri dari :

a. **PORT A (A0-A7)**

Port A selain sebagai port I/O 8-bit bi-directional, juga melayani input analog sebagai A/D Converter.

Tabel 2.1: Fungsi alternatif PORT A

Port Pin	Alternate Function
PA7	ADC7 (ADC input channel 7)
PA6	ADC6 (ADC input channel 6)
PA5	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 (B0-B7)**

Port B merupakan port I/O 8-bit *bi-directional*, selain itu Port B juga memiliki beberapa fungsi tambahan seperti tertera pada tabel 2.3.

**Tabel 2.2: Fungsi Alternatif PORT B**

Port Pin	Alternate Functions
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB6	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB5	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)
PB4	$\overline{SS}$ (SPI Slave Select Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OC0 (Timer/Counter0 Output Compare Match Output)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB1	T1 (Timer/Counter1 External Counter Input)
PB0	T0 (Timer/Counter0 External Counter Input) XCK (USART External Clock Input/Output)

c. **Port C (C0-C7)**

Port C merupakan port I/O 8-bit *bi-directional*, selain itu Port D juga mempunyai fungsi alternatif, yaitu:

**Tabel 2.3: Fungsi Alternatif PORT C**

Port Pin	Alternate Function
PC7	TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2)
PC6	TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1)
PC1	SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)
PC0	SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)

d. **PORT D (D0-D7)**

Port D merupakan port I/O 8-bit *bi-directional*, selain itu Port D juga mempunyai fungsi alternatif, yaitu:

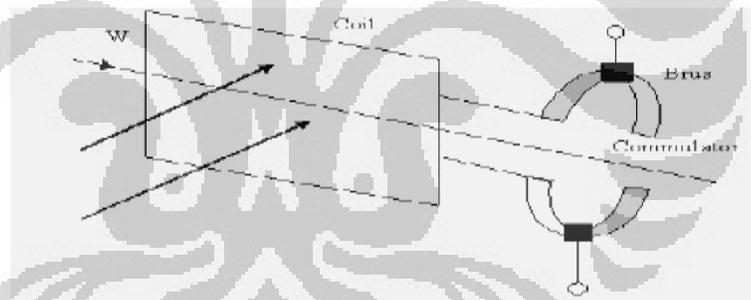
**Tabel 2.4: Fungsi Alternatif PORT D**

Port Pin	Alternate Function
PD7	OC2 (Timer/Counter2 Output Compare Match Output)
PD6	ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Pin)
PD5	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare A Match Output)
PD4	OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input)
PD1	TXD (USART Output Pin)
PD0	RXD (USART Input Pin)

- e. **AREF** : AREF adalah referensi analog untuk AID *converter*
- f. **XTAL1** : Input untuk *inverting oscillator amplifier* dan input untuk clock internal
- g. **XTAL 2** : Output *inverting oscillator amplifier*.

## 2.7. Motor DC

Prinsip dasar dari motor arus searah adalah jika sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet (U-S), maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat itu. Arah gerakan kawat dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kiri, yang berbunyi sebagai berikut :”Apabila tangan kiri terbuka diletakkan diantara kutub U dan S, sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub utara menembus telapak tangan kiri dan arus di dalam kawat mengalir searah dengan arah keempat jari, maka kawat itu akan mendapat gaya yang arahnya sesuai dengan arah ibu jari”. Yang diperlihatkan dengan gambar berikut ini.



**Gambar 2.12: Prinsip Kerja Motor DC**

Pada motor DC, kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konverter energi baik energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya dari energi mekanik menjadi energi listrik (generator) berlangsung melalui medium medan magnet. Energi yang akan diubah dari suatu sistem ke sistem yang lain, sementara akan tersimpan pada medium medan magnet untuk kemudian dilepaskan menjadi energi system lainnya. Dengan demikian, medan magnet disini selain berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi juga sekaligus proses perubahan energi, dimana proses perubahan energi pada motor arus searah dapat digambarkan pada Gambar 2.2



**Gambar 2.13: Proses Konversi Pada Motor DC**

Pada motor arus searah medan magnet akan dihasilkan oleh medan dengan kerapatan fluks sebesar  $B$ . bila kumparan jangkar yang dilingkupi medan magnet dari kumparan medan dialiri arus sebesar  $I$ , maka akan menghasilkan suatu gaya  $F$  dengan besarnya gaya tersebut adalah:

$$F = B I L \cdot 10^{-1} \text{ dyne} \quad (2-6)$$

Dimana :

$B$  = kepadatan fluks magnet (Gauss)

$L$  = penghantar (cm)

$I$  = arus listrik yang mengalir (Ampere)

Persamaan di atas merupakan prinsip sebuah motor searah, dimana terjadi proses perubahan energi listrik ( $I$ ) menjadi energi mekanik ( $F$ ), bila motor DC memiliki jari-jari sepanjang  $r$ , maka kopel yang dibangkitkan adalah :

$$T = F \cdot r = B I L \cdot r \quad (2-7)$$

Pada saat gaya  $F$  dibandingkan, konduktor bergerak dalam medan magnet dan menimbulkan gaya gerak listrik yang merupakan reaksi lawan terhadap tegangan penyebabnya. Suatu motor listrik disebut sebagai motor DC jika memerlukan supply tegangan searah pada kumparan jangkar dan kumparan medan untuk di ubah menjadi energi mekanik. Pada motor DC, kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi energi listrik yang di ubah menjadi energi mekanik berkangsung melalui medium medan magnet.

Motor DC mempunyai dua bagian dasar yaitu :

1. Bagian diam/tetap (*stasioner*) yang disebut stator yaitu bagian yang menghasilkan medan magnet. Bagian stator terdiri dari bodi motor yang

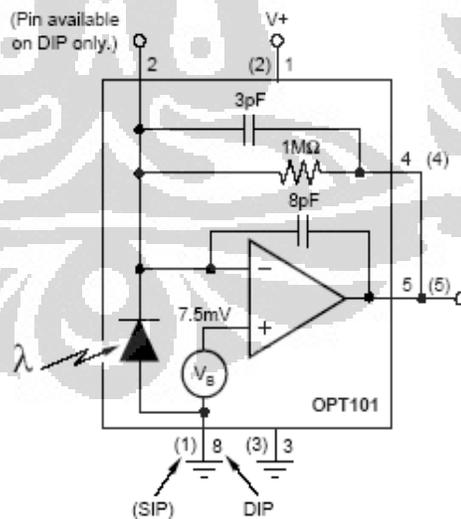
memiliki magnet yang melekat padanya. Kumparan yang dililitkan pada lempeng-lempeng magnet disebut kumparan medan.

2. Bagian berputar (rotor). Rotor ini berupa sebuah koil dimana arus listrik mengalir. Suatu kumparan motor akan berfungsi apabila mempunyai :

1. Kumparan medan, berfungsi sebagai penghasil medan magnet.
2. Kumparan jangkar, berfungsi sebagai pengimbas GGL pada konduktor yang terletak pada laur-alur jangkar.
3. Celah udara yang memungkinkan berputarnya jangkar dalam medan magnet.

### 2.8. OPT 101

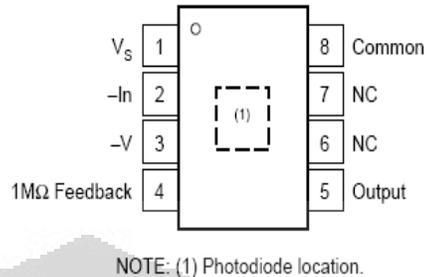
Rangkaian sensor ini menggunakan sensor *photodiode* dengan jenis OPT 101. Pada umumnya *photodiode* akan menghasilkan arus apabila diberikan intensitas cahaya tertentu. Sedangkan pada sistem ini menggunakan OPT 101 karena *output*-nya sudah berupa tegangan. Karena didalam OPT 101 tersebut memiliki *internal* rangkaian pengkondisi sinyal yaitu berupa rangkaian RC serta sebuah *operational amplifier (op-amp)*. Adapun berikut ini merupakan *datasheet* dari OPT 101 :



**Gambar 2.14: Rangkaian internal OPT 101**

Pada sistem ini tidak menggunakan rangkaian RC *internal* pada OPT 101 karena pada sistem ini diinginkan suatu kondisi yang selalu berubah nilai

hambatannya sehingga sistem ini menambahkan rangkaian eksternal RC, dimana digunakan untuk menentukan kondisi *output* tegangan dari sensor sehingga dapat terbaca



**Gambar 2.15: Datasheet OPT 101**

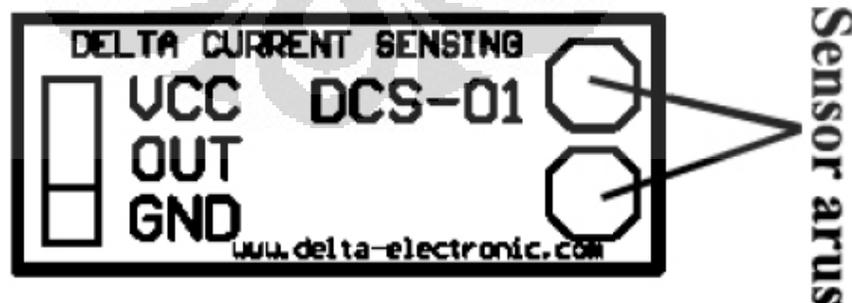
oleh ADC yang telah tersedia pada IC mikrokontroler yaitu ATmega8535 serta menentukan tingkat tegangan keluaran sensor yang disesuaikan oleh intensitas cahaya yang masuk ke dalam *photodiode*.



**Gambar 2.16: Wujud OPT 101**

### 2.9. Sensor DCS-01

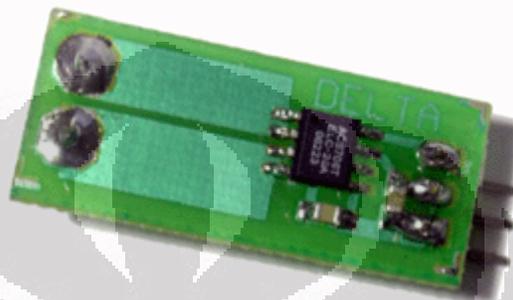
Pengukuran arus biasanya membutuhkan sebuah resistor shunt yaitu resistor yang dihubungkan secara seri pada beban dan mengubah aliran arus menjadi tegangan. Tegangan tersebut biasanya diumpungkan ke current transformer terlebih dahulu sebelum masuk ke rangkaian pengkondisi sinyal.



**Gambar 2.17: DCS-01**

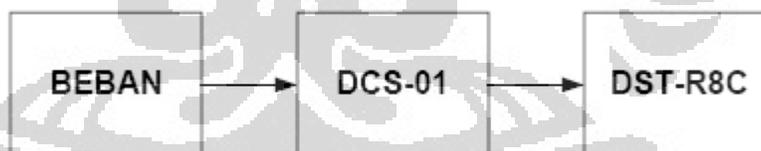
Teknologi hall effect yang diterapkan oleh Allegro menggantikan fungsi resistor shunt dan current transformer menjadi sebuah sensor dengan

ukuran yang relatif jauh lebih kecil. Aliran arus listrik yang mengakibatkan medan magnet dan menginduksi bagian dynamic offset cancellation dari ACS706ELC-20A. Bagian ini akan dikuatkan oleh bagian amplifier dan melalui proses filter sebelum dikeluarkan melalui kaki 6 dan 7.



**Gambar 2.18: Wujud DCS-01**

Modul DCS-01 Delta Current Sensing, membantu pengguna untuk mempermudah instalasi sensor arus ini ke dalam sistem. Untuk aplikasi pengukuran beban pada sistem mikrokontroler Renesas yaitu DST-R8C, tidak dibutuhkan lagi ADC karena sistem mikrokontroler ini telah memiliki internal ADC.



**Gambar 2.19: Penggunaan DCS-01 untuk pengukuran beban pada sistem mikrokontroler Renesas**

## 2.10. LCD

LCD yang digunakan adalah 2 x 16, mempunyai tampilan sebanyak 16 karakter 2 baris. LCD ini berfungsi untuk menampilkan data yang digunakan. LCD tersebut sangat mudah untuk pembacaan karakter yang cukup banyak bila dibandingkan dengan 7 segment. Pada software BASCOM sangat mudah digunakan karena sudah memiliki Configurasi LCD. Dalam hal ini pin

LCD yang digunakan hanya 4 pin data bagian MSB saja untuk menghemat port pada mikrokontroler sehingga port yang tersisadapat digunakan untuk keperluan lainnya. Pada pin nomor 3 LCD dihubungkan dengan VR yang berguna untuk mengatur tampilan contrast pada LCD. Backlight pada LCD dapat dihubungkan pada VR sehingga contrast Backlight dapat diatur, dan kaki pada LCD adalah pada pin 15 LCD. Terdapat 16 pin pada LCD ini berikut tabel pin pada LCD:

<b>Pin Number</b>	<b>Simbol</b>
1	Vss
2	Vcc
3	Vee
4	RS
5	R/W
6	E
7	DB0
8	DB1
9	DB2
10	DB3
11	DB4
12	DB5
13	DB6
14	DB7
15	BPL
16	GND

**Tabel 2.5: Konfigurasi PIN LCD 2 x 16 Karakter**

<b>Nama Signal</b>	<b>Fungsi</b>
<b>DB0 – DB7</b>	Untuk mengirimkan data karakter atau dan instruksi
<b>E</b>	Enable- Signal start untuk mulai pengiriman data atau instruksi
<b>R/W</b>	Signal yang digunakan untuk memilih mode baca atau tulis '0' : write '1' : tulis
<b>RS</b>	Register Select "0": Instruction register (Write) "1": Data register (Write, Read)
<b>Vee</b>	Tegangan Pengaturan kontras layar pada LCD
<b>Vcc</b>	Tegangan Vcc
<b>Vss</b>	Tegangan 0V atau Ground
<b>BPL</b>	Tegangan Pengaturan konytras karakter pada LCD

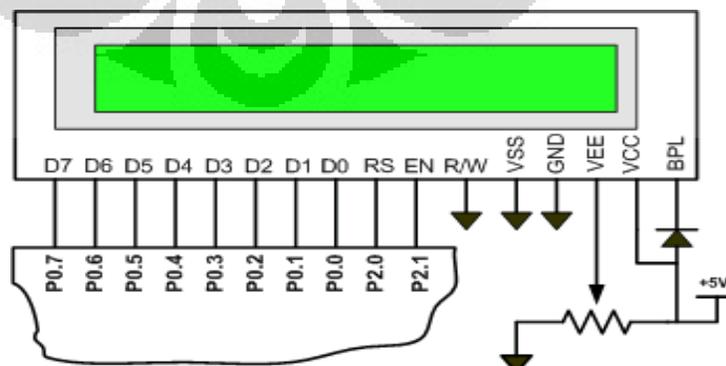
**Tabel 2.6: Fungsi pin pada LCD Karakter**

Beberapa pin yang penting pada karakteristik LCD adalah sebagai berikut :

**RS : Register Select**

RS = 0; untuk menulis ke register instruksi

RS = 1; untuk menulis ke register data



**Gambar 2.20: Pin Koneksi LCD ke Microcontroller**

**R/W: Read/ write**

R/S = 0; proses write ( penulisan data/ instruksi )

R/S = 1; proses read ( pembacaan )

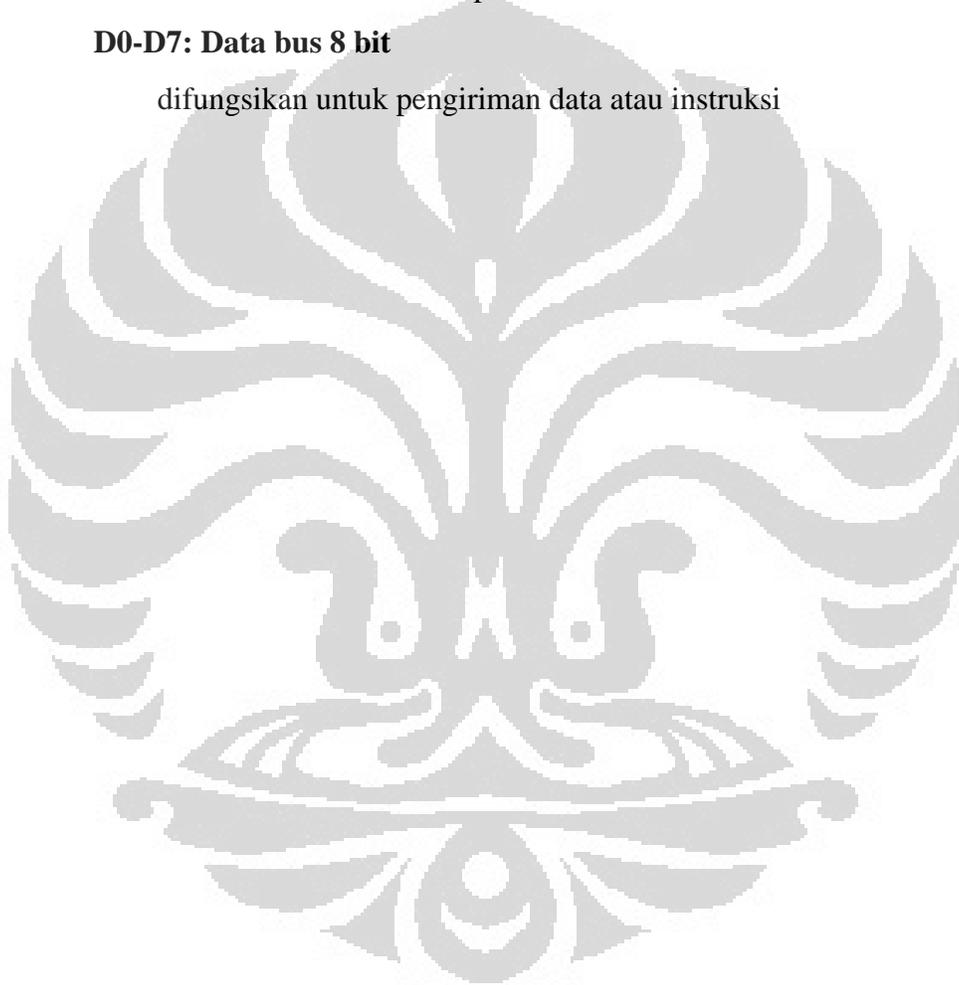
**EN: Enable data**

difungsikan untuk penguncian data ( lacht ), pada saat ada transisi high to low

maka data atau instruksi pada data bus akan terkunci.

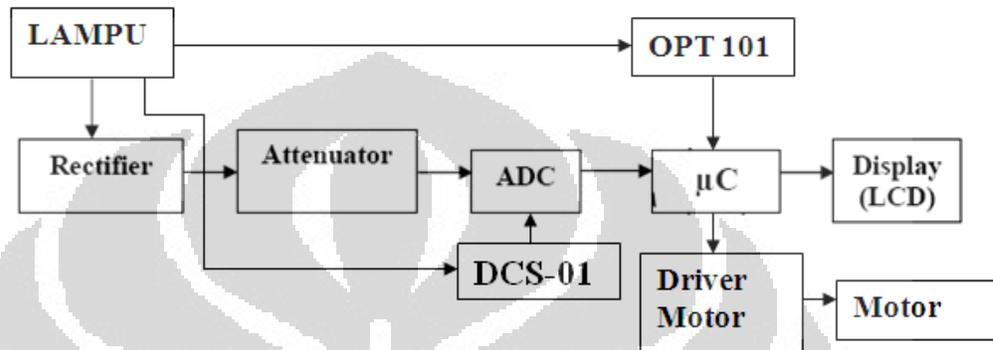
**D0-D7: Data bus 8 bit**

difungsikan untuk pengiriman data atau instruksi



### BAB 3 PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Secara keseluruhan sistem ini dibagi menjadi dua bagian yaitu, sistem perangkat keras dan lunak. Jika digambarkan dalam skema, maka modul yang akan dirancang ialah sebagai berikut:



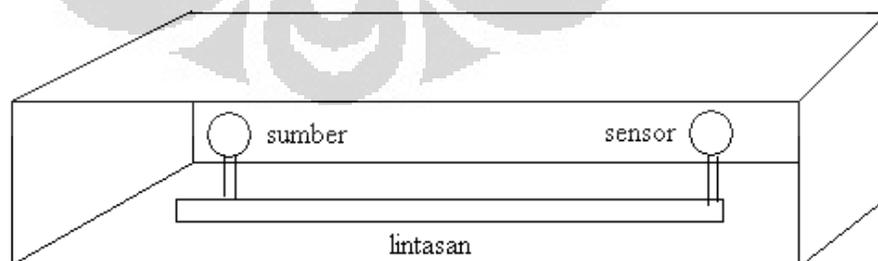
Gambar 3.1: Rancangan Keseluruhan Sistem

#### 3.1. Perangkat Keras

Perangkat keras meliputi mekanik dan elektronik yang digunakan dalam penelitian ini. Perangkat keras tersebut adalah sebagai berikut:

##### 3.1.1. Sistem Mekanik

Sistem mekanik berfungsi sebagai pemvariasi jarak antara sumber cahaya dan luxmeter. Sistem mekanik ini digerakkan oleh motor DC yang dikendalikan oleh mikrokontroler. Dibawah ini adalah gambar sistem mekanik penulis buat.



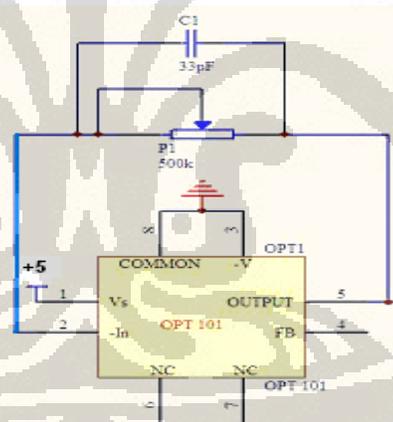
Gambar 3.2: Sistem Mekanik

Penulis mempagari sistem seperti ini dengan maksud agar cahaya tidak berpencar kemana-mana dan cahaya dari luar atau selain sumber yang diukur tidak masuk sedalam sistem, dinding lapisan dalam pun penulis beri warna hitam karena warna hitam tidak memantulkan cahaya sehingga pengambilan data tidak terganggu.

### 3.1.2. Luxmeter

Luxmeter adalah alat yang digunakan untuk mengetahui kuat penerangan (E) pada suatu jarak tertentu dari suatu sumber cahaya. Alat ini menggunakan sensor cahaya sebagai transducer.

Dari banyak jenis sensor cahaya dalam perancangan luxmeter ini penulis memilih photodiode. Hal ini karena selain respon frekuensi yang cepat tegangan yang dihasilkan akan lebih linier jika sensor cahaya lain. Berikut adalah skema luxmeter yang dibuat:



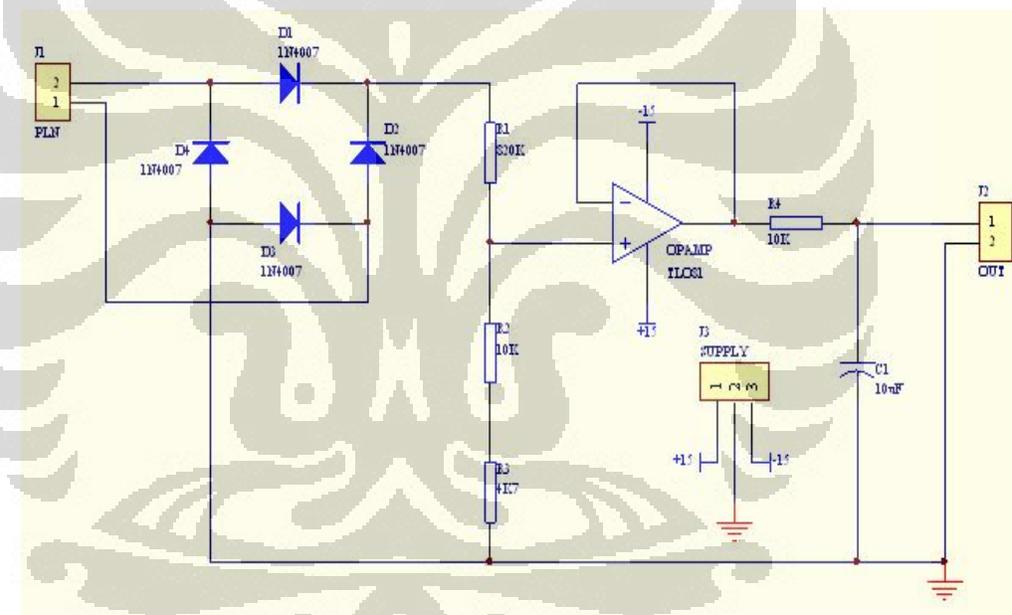
**Gambar 3.3: Rangkaian sensor menggunakan OPT 101**

Rangkaian ini dapat menghasilkan tegangan keluaran sesuai dengan jumlah intensitas cahaya yang masuk ke dalam *photodiode*. Dimana semakin tinggi tingkat intensitas cahaya yang menyinari *photodiode* maka semakin tinggi pula tegangan keluarannya. Akan tetapi pada sistem ini tegangan keluaran hanya dibatasi sebesar 5 V, karena sesuai dengan tegangan maksimum ADC yang digunakan. Sehingga dibutuhkan pengkalibrasian terlebih dahulu

setiap kali dilakukan penyinaran agar mendapatkan tegangan keluaran yang diinginkan.

### 3.1.3. Attenuator

*Attenuator* adalah suatu rangkaian yang digunakan untuk menurunkan suatu tegangan input. Sesuai dengan besar nilai dari komponen yang digunakan dalam penggunaan rangkaian ini. Sebelum tegangan masuk ke rangkaian *Attenuator*, pada rangkaian ini juga terdapat rangkaian *Rectifier* dimana fungsi rangkaian ini adalah sebagai penyearah tegangan yaitu mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC yang sesuai untuk dapat digunakan menggunakan rangkaian mikrokontroler.



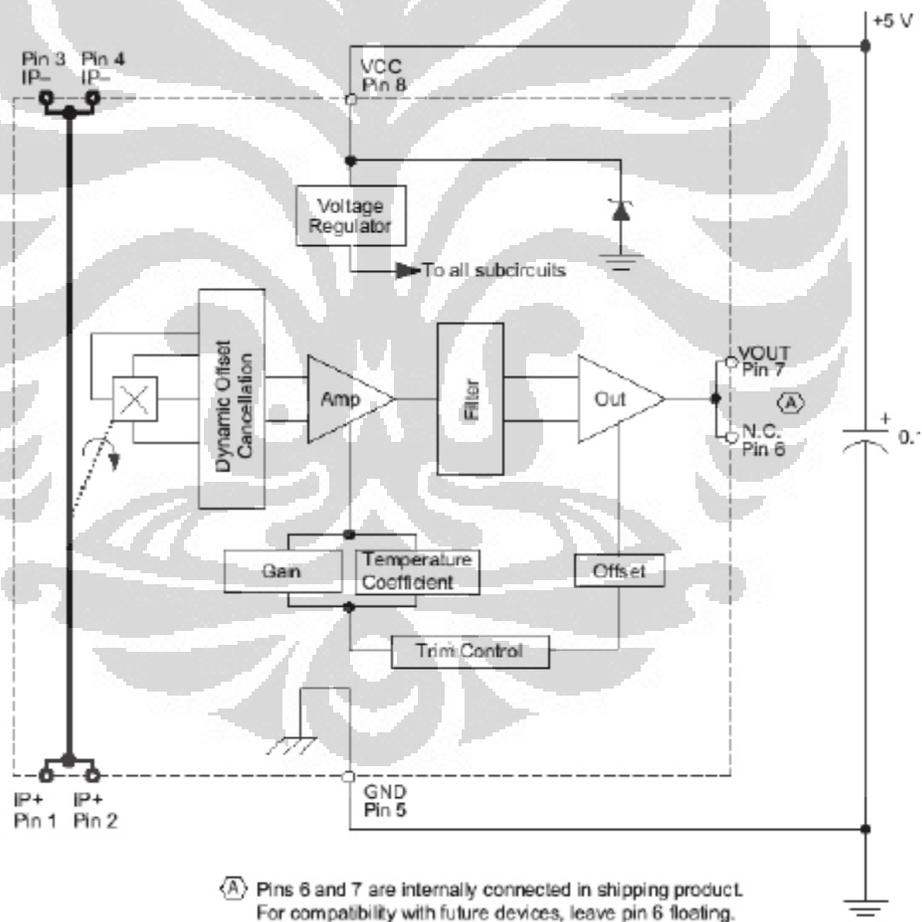
Gambar 3.4: Rangkaian attenuator

### 3.1.4. Amperemeter

Mikrokontroler AVR Atmega8535 sudah dilengkapi dengan beberapa fitur ADC seperti resolusi 10/8 bit , 8 channel input yang terletak di PORTA, dan 0-VCC input ADC, jadi input yang berupa tegangan 0 sampai 5 volt dapat langsung di hubungkan ke mikrokontroler ini melalui salah satu kanal ADC.

Pada aplikasi ini, digunakan modul sensor arus DCS-01 (Delta Current Sensing) dan untuk menghitung besaran nilai arus yang lewat melalui beban maka modul ini dapat juga dihubungkan ke ADC. Untuk aplikasi pengukuran beban pada sistem mikrokontroler ATmega8535, tidak dibutuhkan lagi ADC karena sistem mikrokontroler ini telah memiliki internal ADC.

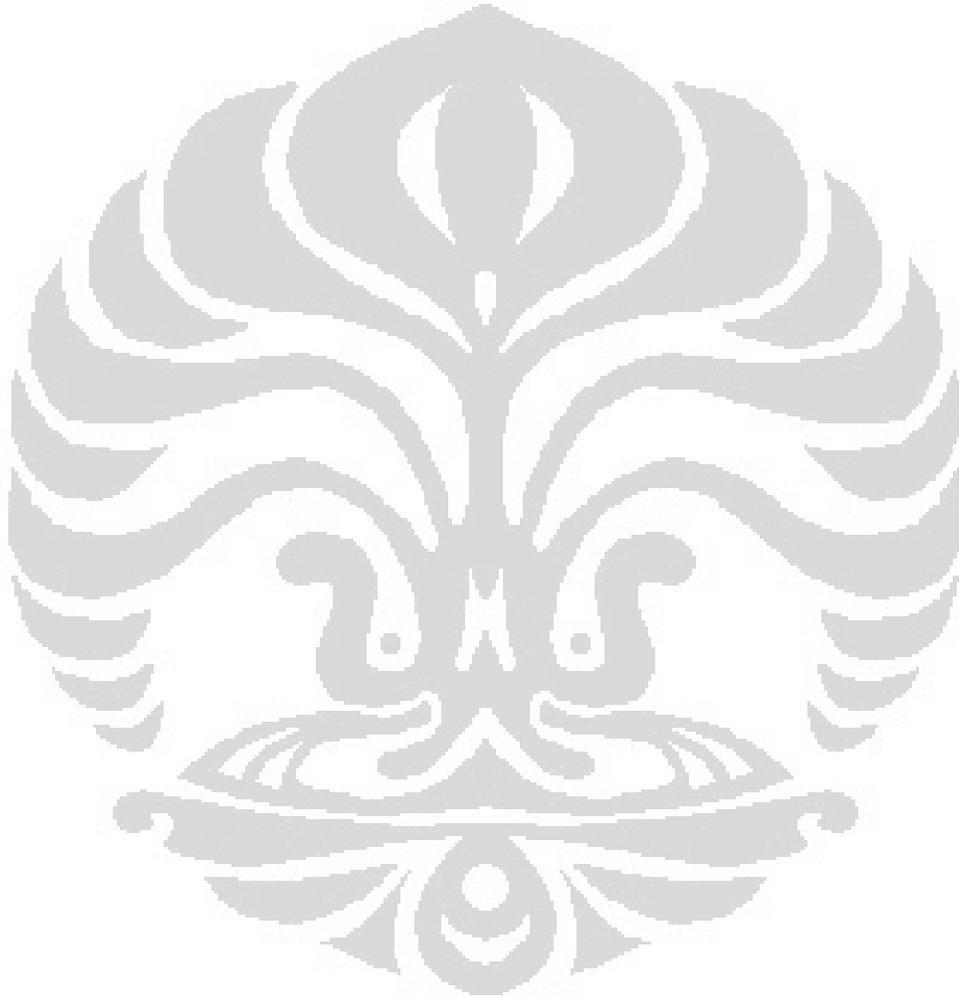
Sinyal input yang berupa tegangan tersebut kemudian di konversi menjadi data digital oleh mikrokontroler AVR Atmega8535. Dalam aplikasi ini menggunakan internal ADC dengan resolusi 8 bit jadi jika sinyal input berupa tegangan 0 volt maka data digital yang dihasilkan adalah 00 sedangkan jika sinyal input berupa tegangan 5 volt maka data digital yang dihasilkan adalah FF Hexa.

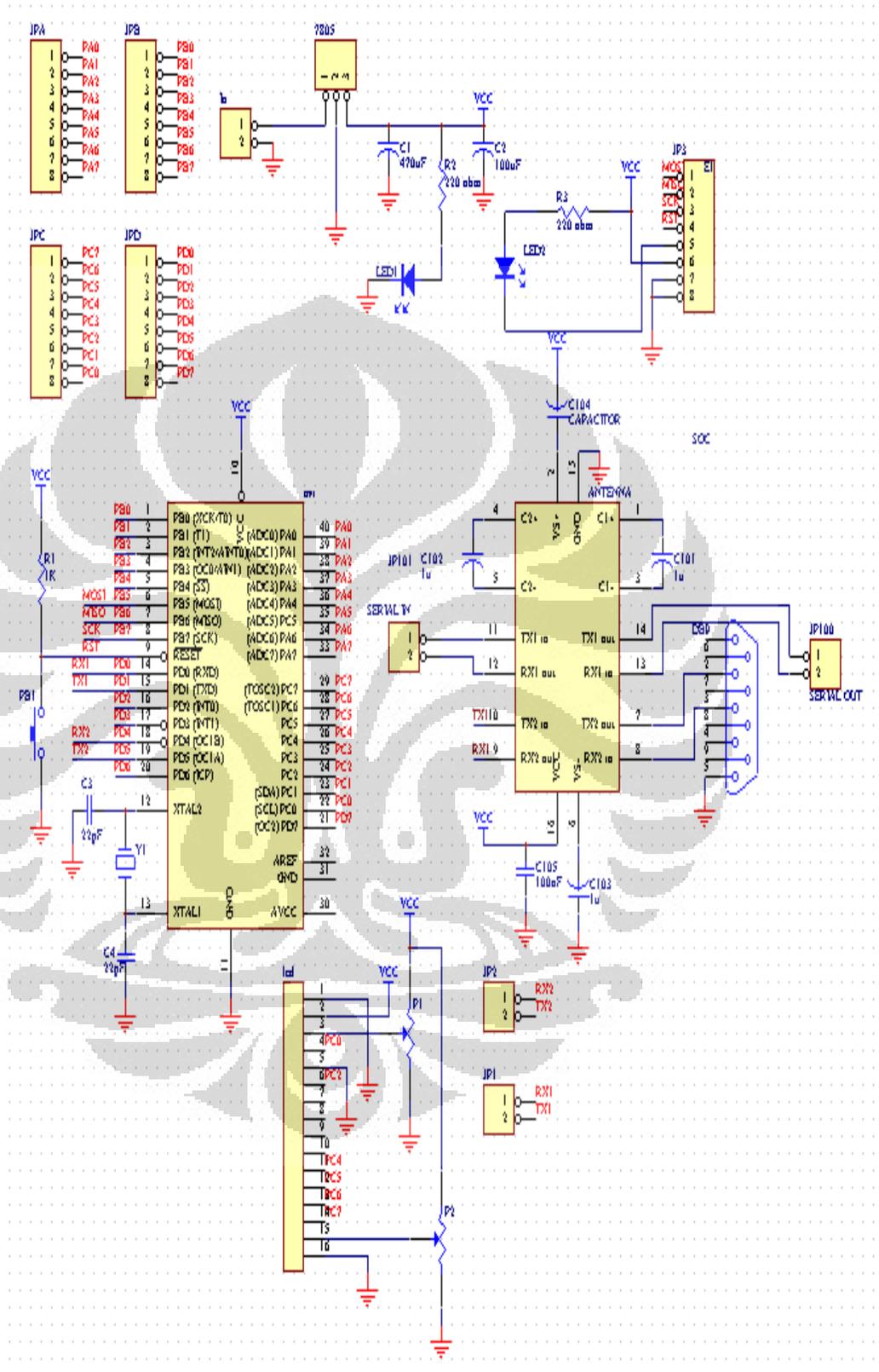


**Gambar 3.5: Rangkaian operasi DCS-01**

### 3.1.5. Perancangan Minimum Sistem Mikrokontroler Atmega 8535

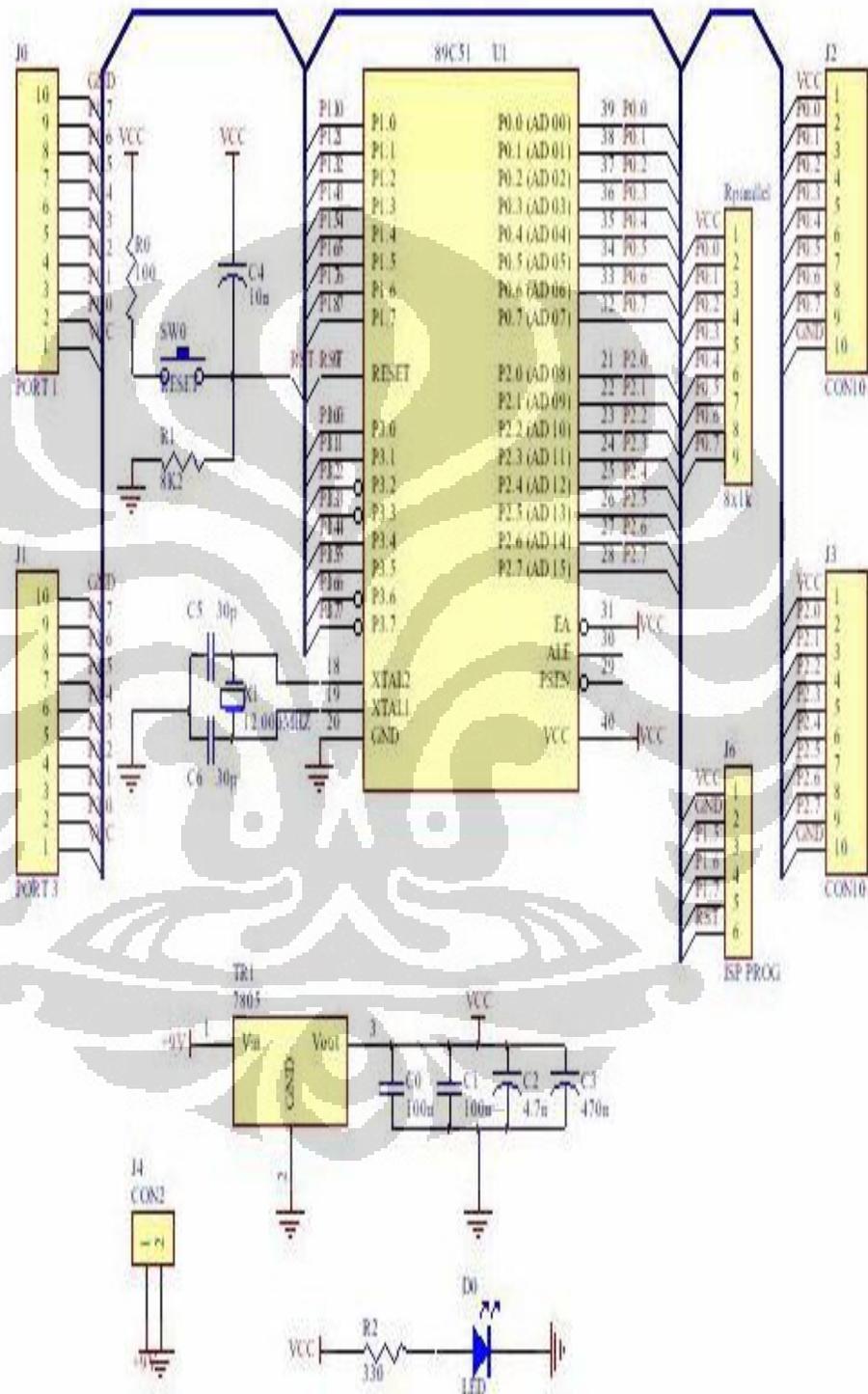
Rangkaian minimum sistem adalah rangkaian yang digunakan agar mikrokontroler dapat bekerja. Ditambahkan pula rangkaian serial IC MAX232 untuk komunikasi antara mikrokontroler dengan smartcard reader dan rangkaian untuk display LCD. Rangkaian serial langsung tersambung pada RXD dan TXD pada mikrokontroler.





Gambar 3.6: Rangkaian Minimum Sistem Atmega8535

### 3.1.6. Rangkaian Minimum Sistem AT89S52



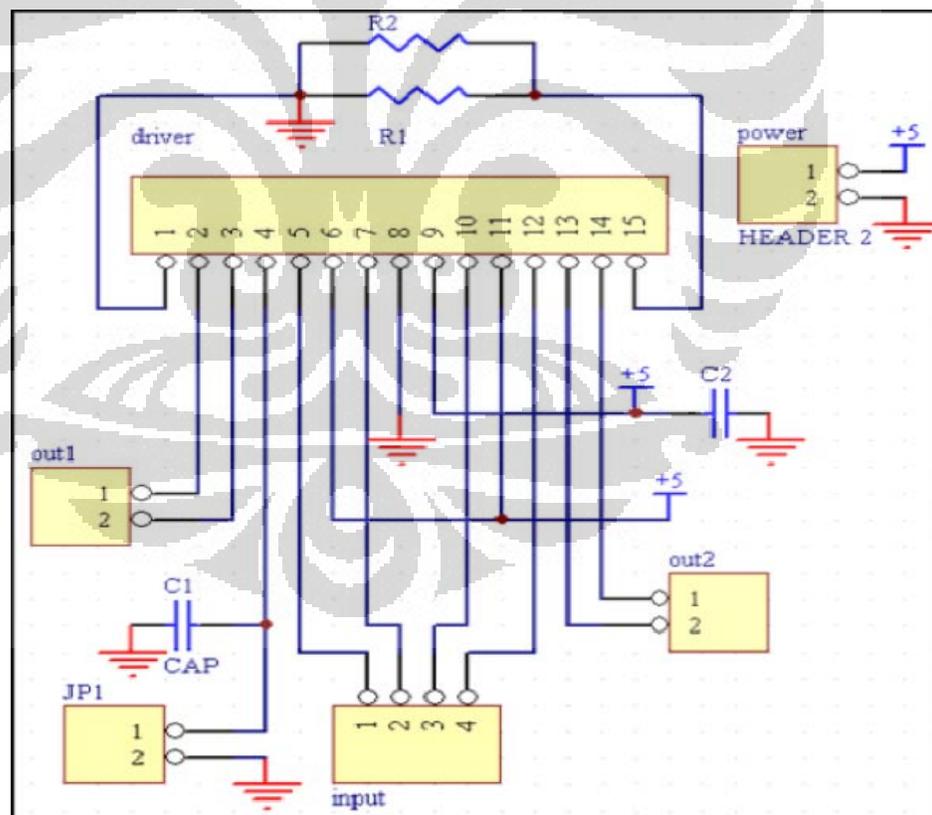
Gambar 3.7: Rangkaian Minimum Sistem AT89S52

Rangkaian minimum system di atas digunakan sebagai pengendali motor DC. Yang dimana berguna sebagai penentu posisi sumber cahaya yang bergerak.

Port-port yang penulis gunakan adalah sebagai berikut:

- Port 3.0 untuk memberi perintah kepada motor agar berputar ke kanan
- Port 3.1 untuk memberi perintah kepada motor agar berputar ke kiri
- Port 3.2 untuk memberi perintah pilih putar kanan atau kiri
- Port 1.0 pemberi logika ke driver motor sebagai aktif high
- Port 1.1 pemberi logika ke driver motor sebagai aktif low

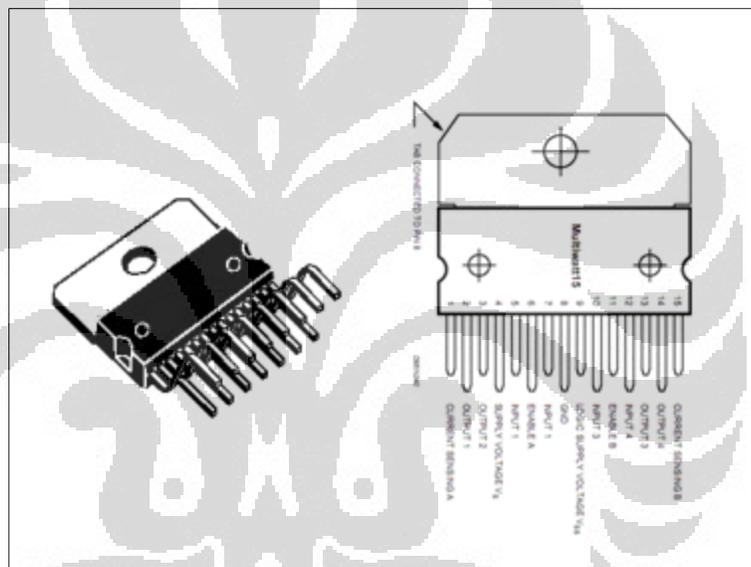
### 3.2.3 Perancangan *Driver Motor L298*



Gambar 3.8: Rangkaian Driver Motor L298

Driver motor L298 berfungsi sebagai switch tegangan dan logika untuk motor. L298 dapat digunakan untuk mengendalikan empat motor sekaligus jika hanya satu arah putaran dan dapat digunakan untuk mengendalikan dua motor yang berputar dua arah. L298 memiliki dua sumber tegangan yaitu sumber tegangan untuk driver itu sendiri sebesar 5 volt dan untuk sumber tegangan motor maksimal hingga 46 volt.

Pada vending machine L298 digunakan untuk memutar motor yang tersambung pada pipa. Digunakan dua driver motor L298 karena motor yang digunakan pada alat sebanyak tiga buah dan dapat berputar dua arah.



Gambar 3.9: Gambar IC Driver Motor L298

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Alat Bantu Yang Digunakan

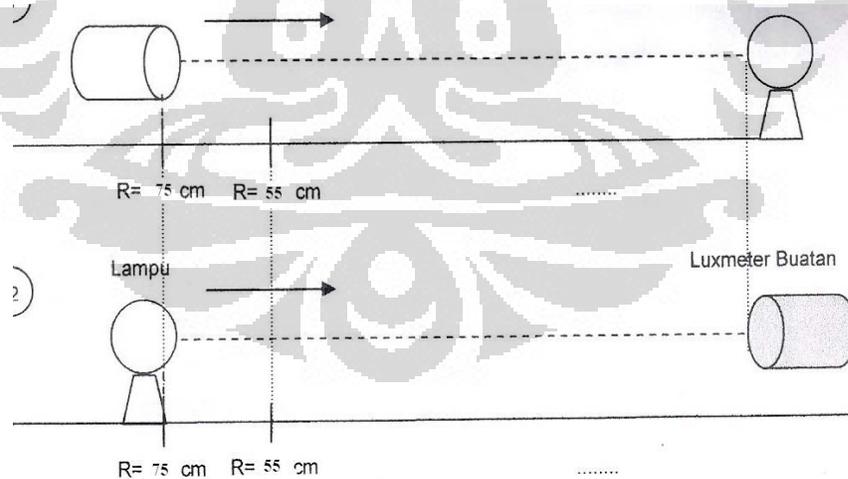
Peralatan yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini adalah sebuah luxmeter Yu Fong YF-1065 sebagai pembanding dengan luxmeter buatan penulis, sebuah mistar sebagai pengukur jarak, dan lampu 25 W.

#### 4.2. Kalibrasi

Kalibrasi adalah membandingkan suatu besaran dengan besaran standar. Dalam tugas akhir ini penulis harus melakukan kalibrasi dari piranti-piranti yang penulis buat dengan piranti-piranti referensi.

##### 4.2.1. Kalibrasi Luxmeter

Pada tahap ini dilakukan kalibrasi terhadap rangkaian yang telah dibuat. Kalibrasi ini dilakukan untuk memperoleh hubungan antara besar *illuminance* yang terbaca oleh luxmeter buatan dengan yang terbaca oleh luxmeter referensi. Persamaan yang diperoleh kemudian dimasukkan mikrokontroler.



Gambar 4.1: Konfigurasi peralatan dalam proses kalibrasi luxmeter buatan

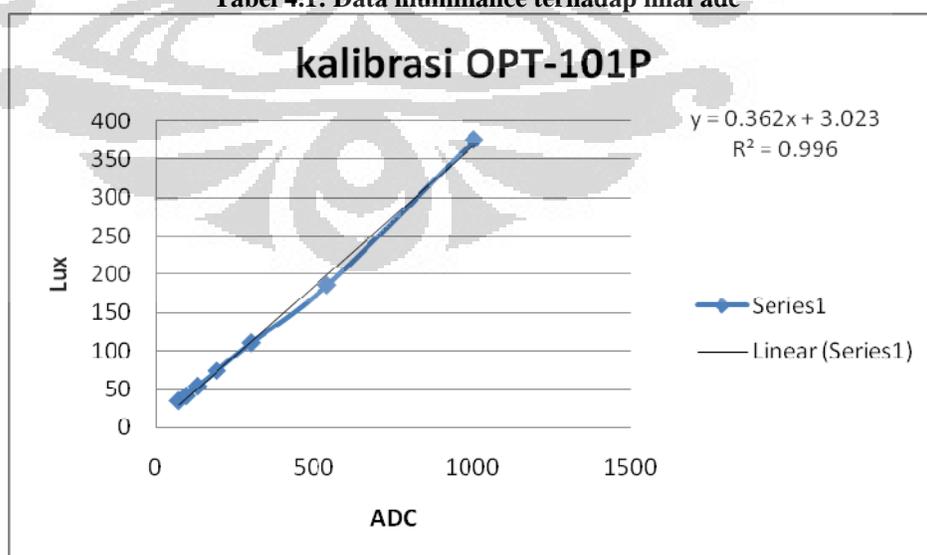
Untuk melakukan kalibrasi disusun peralatan seperti gambar di atas. Pertama-tama terhadap sumber cahaya yang bergerak dilakukan pengukuran iluminasi dengan menggunakan luxmeter referensi pada jarak 90 cm dari sumber cahaya. Posisi tersebut ditandai kemudian sumber cahaya digerakkan maju terhadap luxmeter pada arah yang sama/segaris dari posisi itu hingga jaraknya dengan lampu menjadi 10 cm.

Setelah semua posisi diperoleh (dari 90-10 cm), luxmeter diganti dengan luxmeter yang telah dibuat. Kemudian lampu ditempatkan pada posisi 90 cm dari luxmeter buatan yang diam dan dilakukan pendataan nilai adc sensor. Lampu kemudian digerakkan terhadap luxmeter buatan yang diam mengikuti posisi yang sudah ditandai.

Grafik antara besar *illuminance* yang terbaca oleh luxmeter referensi fungsi luxmeter buatan seperti pada tabel dan grafik di bawah.

Jarak	ADC	Eluxmeter
80	74.66666667	34.66666667
70	98.66666667	41.16666667
60	133.6666667	53.53333333
50	194.3333333	73.7
40	302.6666667	110.2333333
30	542.3333333	185.5666667
20	1006	375.3333333
10	993	667

Tabel 4.1: Data illuminance terhadap nilai adc



Gambar 4.2: Grafik kalibrasi luxmeter buatan

Namun karena OPT-101P mempunyai kekurangan dalam pembacaan data, yaitu jika ADC mendekati atau lebih besar sama dengan 1024 pembacaan data menjadi kacau. Sehingga penulis hanya mengambil data yang linear saja. Maka, data di atas menjadi:

Dari grafik kalibrasi di atas diperoleh persamaan:

$$y = 0.362x + 3.023$$

Persamaan di atas digunakan dalam program yang dibuat untuk mengkalibrasi besar illuminance yang terbaca oleh luxmeter buatan agar bisa mendekati hasil pembacaan luxmeter pembeding.

#### 4.2.2. Kalibrasi Amperemeter

Bila dalam waktu  $\Delta t$  detik dipindahkan  $q$  coulomb melalui perbedaan potensial  $v$  volt, maka kerja  $\Delta w$  yang dilakukan adalah:

$$\begin{aligned} \Delta w &= vq \\ &= v_i \Delta t \quad \text{joule} \end{aligned} \quad (4.1)$$

*Daya listrik* yang diberikan, dengan satuan *watt* ( $w$ ), adalah

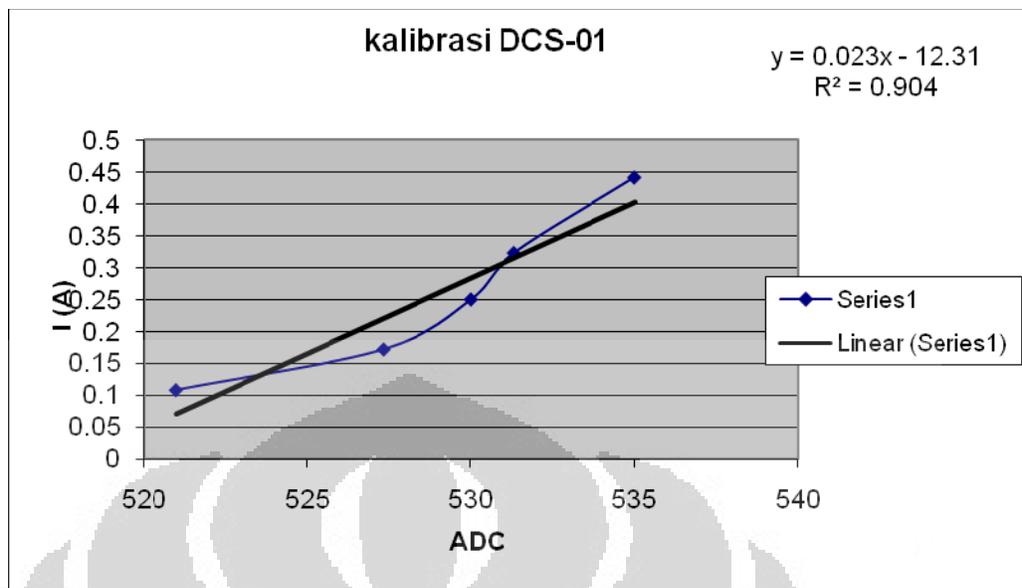
$$P = \frac{\Delta w}{\Delta t} = v_i \quad \text{watt} \quad (4.2)$$

Dari persamaan 4.2 dapat diketahui bahwa daya listrik ( $P$ ) adalah hasil perkalian tegangan listrik ( $v$ ) dan arus listrik.

Penulis telah mendapatkan daya lampunya dan tegangan yang tidak berubah, jadi penulis bisa menentukan arus listriknya dengan mengkalibrasikan modul DCS-01 terhadap amperemeter referensi. Datanya sebagai berikut:

Lampu (w)	ADC	$I_{(A)}$
25	521	0.107
40	527.3333333	0.171
60	530	0.25
75	531.3333333	0.323
100	535	0.442

**Tabel 4.2: Data arus terhadap nilai adc**



**Gambar 4.3: Grafik kalibrasi amperemeter**

Dari grafik kalibrasi di atas diperoleh persamaan:

$$y = 0.023x - 12.31$$

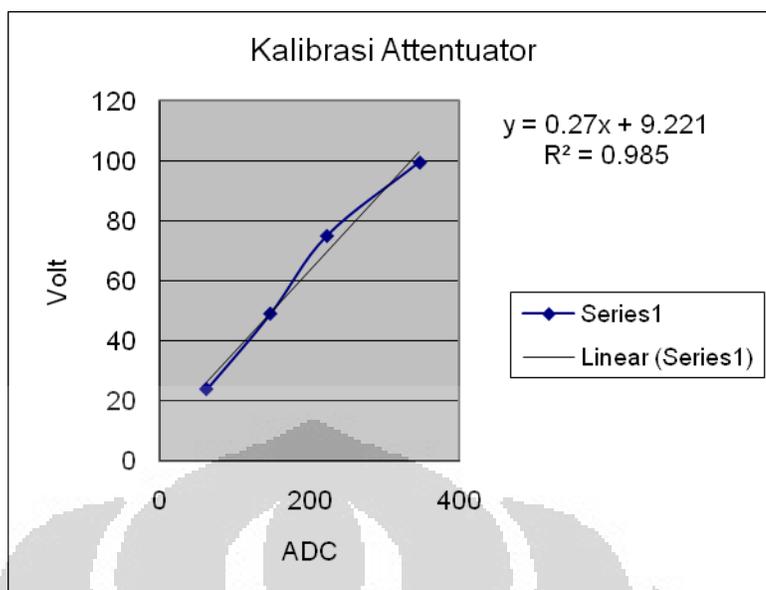
Persamaan di atas digunakan dalam program yang dibuat untuk mengkalibrasi besar arus listrik yang terbaca oleh DCS-01 agar bisa mendekati hasil pembacaan amperemeter pembanding.

#### 4.2.3. Kalibrasi Attenuator

Pengujian dilakukan menggunakan Variabel transformer agar dapat diketahui perbandingan antara ADC dengan Tegangan dari Variabel transformer. Hasil pembacaan attenuator kemudian dikalibrasikan dengan pembacaan voltmeter. Adapun datanya ialah sebagai berikut:

%trafo	ADC	$V(V)$
10	62.83333334	23.8
20	147.8333333	49.05
30	223	75.06666667
40	346.5	99.63333333
50	186.1666667	128.65
60	686.3333333	154.0833333
70	674.5	178.6666667
80	662.8333334	202.5
90	573.3333333	228.5
100	548.1666667	252.5

**Tabel 4.3: Data voltase terhadap nilai adc**



**Gambar 4.4: Grafik kalibrasi voltmeter**

Dari grafik kalibrasi di atas diperoleh persamaan:

$$y = 0.27x + 9.221$$

Persamaan di atas digunakan dalam program yang dibuat untuk mengkalibrasi besar arus listrik yang terbaca oleh attenuator agar bisa mendekati hasil pembacaan voltmeter pembanding.

### 4.3. Pengambilan Data

Pada tahap ini dilakukan proses pengambilan data besar *illuminance*, arus listrik, dan tegangan listrik. Data yang diperoleh menggunakan piranti buatan dibandingkan dengan hasil pengukuran piranti referensi.

#### 4.3.1. Pengambilan Data Luxmeter

Dari persamaan yang didapatkan dari pengujian ADC penulis dapat memasukkan persamaan tersebut ke bagian program Bascom AVR yang berfungsi untuk menampilkan nilai Lux yang terbaca oleh rangkaian. Untuk mengetahui benar tidaknya persamaan ADC yang didapat, maka pada pengambilan data ini dibandingkan dengan Lux sebenarnya.

**Tabel 4.4: Data lux pada lampu 25 W**

Jarak	Luxmeter			Sensor		
	I	II	III	I	II	III
90	28,7	29	29,4	27,89	27,46	28,31
80	34,7	34,5	34,8	35,53	35,95	36,8
70	41	41,2	41,3	42,74	43,17	44,02
60	53	54	53,6	58,03	57,18	58,45
50	74,3	73,6	73,2	77,55	78,4	78,83
40	110,5	110,2	110	112,79	112,37	113,64
30	186,3	184,2	186,2	187,93	188,35	188,78
20	373	378	375	377,27	373,45	376,42
10	686	659	656	429,06	420,99	419,12

Untuk data lux dengan lampu yang lain dapat dilihat pada bagian lampiran 3.

#### 4.3.2. Pengambilan Data Amperemeter

Dari persamaan yang didapatkan dari pengujian ADC penulis dapat memasukkan persamaan tersebut ke bagian program Bascom AVR yang berfungsi untuk menampilkan nilai arus yang terbaca oleh rangkaian. Untuk mengetahui benar tidaknya persamaan ADC yang didapat, maka pada pengambilan data ini dibandingkan dengan arus sebenarnya.

**Tabel 4.5: Data arus pada setiap lampu**

Lampu (w)	I(amp)	I (DCS-01) (A)		
		I	II	III
25	0.107	0.16	0.13	0.11
40	0.171	0.18	0.18	0.2
60	0.25	0.25	0.23	0.28
75	0.323	0.32	0.3	0.35
100	0.442	0.49	0.42	0.4

#### 4.3.3. Pengambilan Data Attenuator

Dari persamaan yang didapatkan dari pengujian ADC penulis dapat memasukkan persamaan tersebut ke bagian program Bascom AVR yang berfungsi untuk menampilkan nilai voltase yang terbaca oleh rangkaian. Untuk mengetahui benar tidaknya persamaan ADC yang didapat, maka pada pengambilan data ini dibandingkan dengan voltase sebenarnya.

**Tabel 4.6: Data tegangan**

%trafo	$V_{(v)}$	Vaten <sub>(v)</sub>
10	23.8	24.18
20	49.05	49.13
30	75.06666667	76.43
40	99.63333333	99.77
50	128.65	130.48
60	154.0833333	154.53
70	178.6666667	171.33
80	202.5	208.18
90	228.5	224.02
100	252.5	257.22

#### 4.3.4. Pengambilan Data Daya Lampu

Karena daya adalah perkalian dari arus dengan tegangan, maka secara terprogram didapat data sebagai berikut:

**Tabel 4.7: Data daya**

Lampu(w)	watt
25	24.53
40	40.14
60	55.75
75	71.36
100	93.66

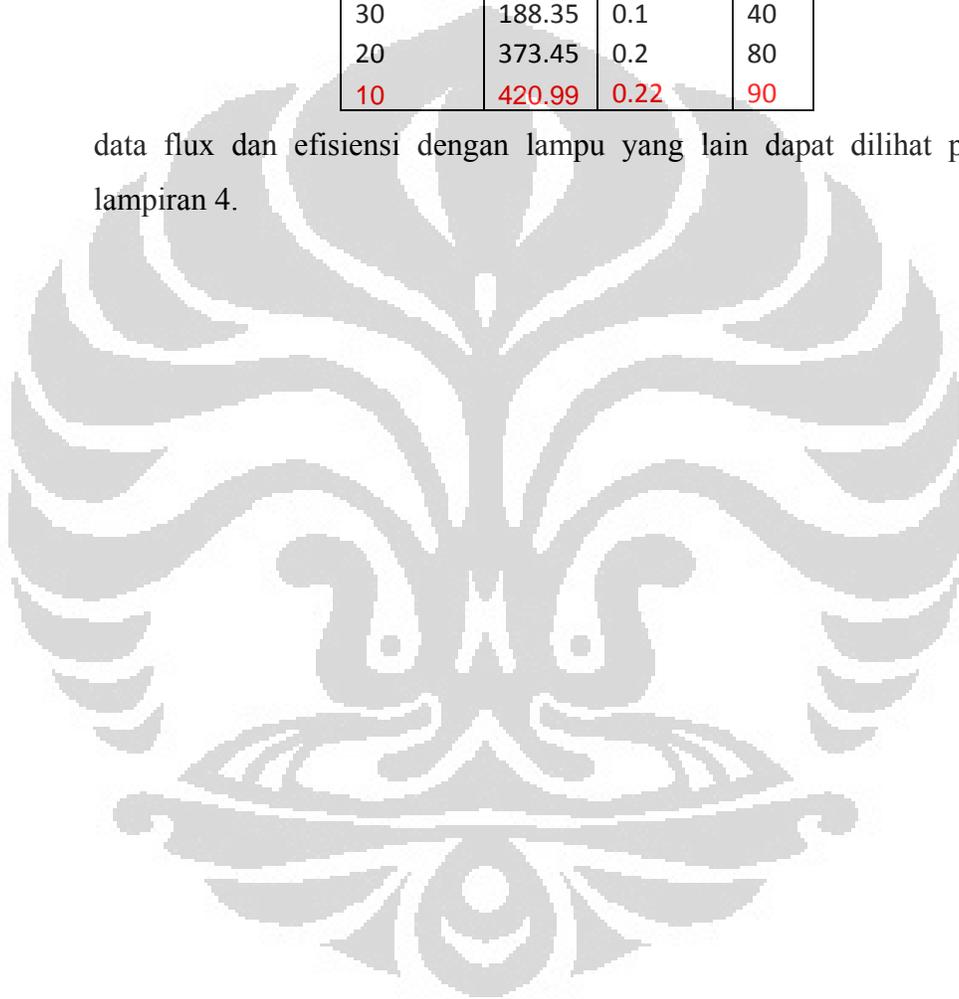
#### 4.3.5. Pengambilan Data Efisiensi Pancaran

Seperti yang dirumuskan pada persamaan (2-4) bahwa harga efisiensi pancaran adalah perbandingan fluks pancaran dengan daya lampu, maka penulis langsung saja memformulakannya di program sehingga menghasilkan data sebagai berikut:

**Tabel 4.8: Data fluks dan efisiensi pancaran lampu**

Jarak(cm)	E(lux)	F(lumen)	$\eta\%$
90	27.46	0.01	6
80	35.95	0.02	8
70	43.17	0.02	9
60	57.18	0.03	12
50	78.4	0.04	17
40	112.37	0.06	24
30	188.35	0.1	40
20	373.45	0.2	80
10	420.99	0.22	90

data flux dan efisiensi dengan lampu yang lain dapat dilihat pada bagian lampiran 4.



## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Setelah melakukan pengambilan data dari program yang telah dibuat dan pengambilan data secara manual untuk rangkaian tertentu, memperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Penempatan posisi lampu ketika melakukan kalibrasi haruslah lurus sehingga didapat persamaan yang akurat
- Perubahan kondisi tempat pengambilan data. Contoh, getaran, dan hal-hal lain yang menyebabkan lampu dan sensor bergoyang akan mempengaruhi pendataan dan kalibrasi.
- Dalam melakukan pendataan tidak boleh ada cahaya lain selain lampu yang akan diukur.
- Rangkaian Rectifier dan Attenuator bekerja dengan sangat baik sehingga supply tegangan 220 Volt dari PLN dapat langsung digunakan pada rangkaian mikrokontroler, karena output dari rangkaian tersebut tidak lebih dari 5 Volt.

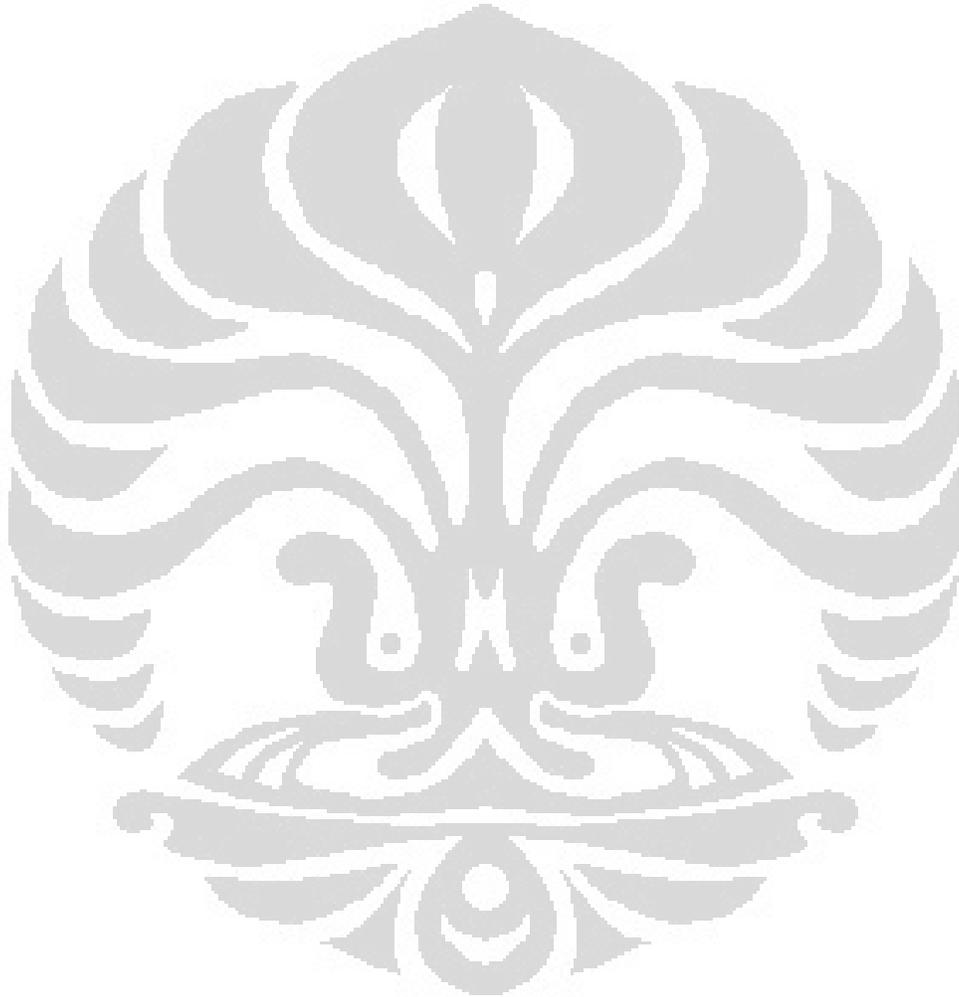
#### **5.2. Saran**

Saran-saran yang perlu diperhatikan untuk pengembangan lebih lanjut antara lain sebagai berikut:

- Jika ingin membuat rangkaian yang berhubungan langsung dengan tegangan PLN 220 Volt kita harus lebih teliti dan hati – hati karena sangat berbahaya.
- Alangkah baiknya menggunakan IC wattmeter sehingga tidak perlu membuat mengukur arus dan tegangan listriknya.

## DAFTAR ACUAN

1. Hidayat Setyawan, Lilik. 2004. *Kamus Fisika Bergambar*, Bandung: Pakar Raya
2. Hikam, Muhammad, 2004, *buku pedoman praktikum fisika dasar*. Depok: Departemen Fisika UI
3. Malvino.1981. *Prinsip-prinsip Elektronika*. Jakarta : Erlangga
4. Tipler. 1998. *Fisika untuk sains dan teknik*. Jakarta : Penerbit Erlangga



## Lampiran 1

### Program Bascom AVR

\$regfile = "m8535.dat"

\$crystal = 11059200

Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc

Start Adc

Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portc.4 , Db5 = Portc.5 , Db6 = Portc.6 , Db7 = Portc.7 , E =  
Portc.2 , Rs = Portc.0

Config Lcd = 16 \* 2

Dim I As Single

Dim Xacs As Single

Dim Dacs As Single

Dim E As Single

Dim Yopt As Single

Dim Xopt As Single

N As Single

K As Single

F As Single

Const A = 0.0005225796

Dim Xaten As Single

Dim Daten As Single

Dim V As Single

Dim P As Single

Dim S As String \* 3

Do

Opt = Getadc(0)

Xopt = Opt \* 0.362

E = Xopt + 3.023

Xacs = Getadc(1)

Dacs = Xacs \* 0.0238

I = Dacs - 12.314

Xaten = Getadc(2)

Daten = Xaten \* 0.27

V = Daten + 9.221

If E <= 0 Then

E = 0

If I <= 0 Then

I = 0

If V <= 0 Then

V = 0

End If

F = E \* A

P = V \* I



$K = F / P$

$N = K * 100$

Cls

S = Fusing(e , "#.##")

Locate 1 , 1 : Lcd "E=" ; S

Wait 1

S = Fusing(n , "#.##")

Locate 2 , 1 : Lcd "n=" ; S

Locate 2 , 10 : Lcd "%"

'S = Fusing(v , "#.##")

'Locate 1 , 9 : Lcd "V=" ; S

'S = Fusing(f , "#.##")

'Locate 1 , 1 : Lcd "f=" ; S

'S = Fusing(p , "#.##")

'Locate 1 , 1 : Lcd "p=" ; S

Wait 1

Loop

End

'end program

## Program BASCOM

\$crystal = 11059200

Config Lcdpin = Pin , Db4 = P0.2 , Db5 = P0.3 , Db6 = P0.4 , Db7 = P0.5 , E = P0.1 , Rs = P0.0

Config Lcd = 16 \* 2

P3 = 255

Enable Int0

Enable Interrupts

On Int0 Awal

Main:

Cls

Lcd "pilih tombol"

Do

If P3.0 = 0 Then

Goto Maju

Elseif P3.1 = 0 Then

Goto Mundur

End If

Loop

End

Awal:

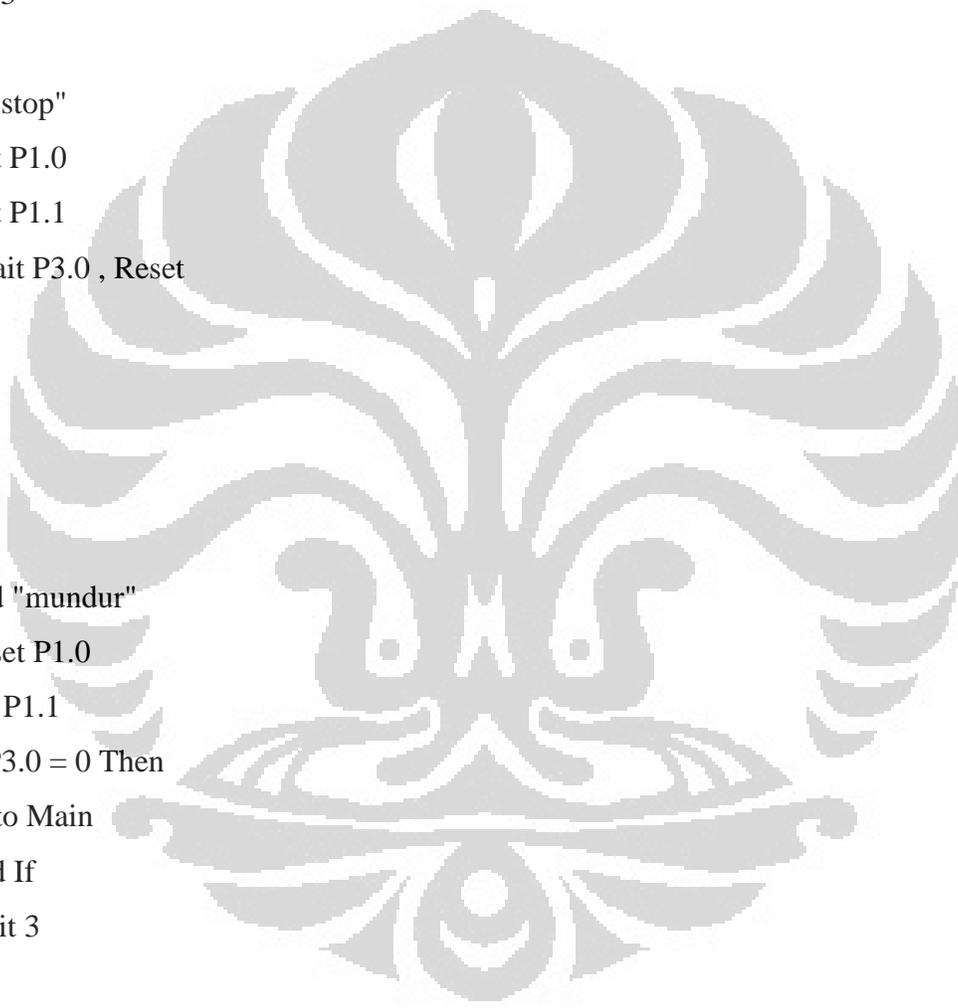
Goto Main

Maju:

Do

Cls

```
Lcd "maju"  
Set P1.0  
Reset P1.1  
If P3.1 = 0 Then  
Goto Main  
End If  
Wait 3  
Cls  
Lcd "stop"  
Reset P1.0  
Reset P1.1  
Bitwait P3.0 , Reset  
Loop  
Mundur:  
Do  
Cls  
Lcd "mundur"  
Reset P1.0  
Set P1.1  
If P3.0 = 0 Then  
Goto Main  
End If  
Wait 3  
Cls  
Lcd "stop"  
Reset P1.0  
Reset P1.1  
Bitwait P3.1 , Reset  
Loop  
End
```

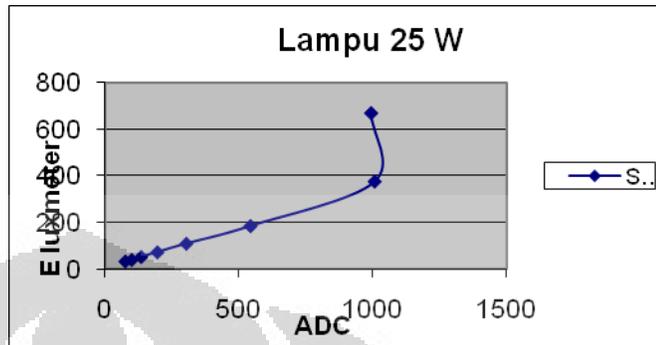


## Lampiran 2

### ADC vs Lux

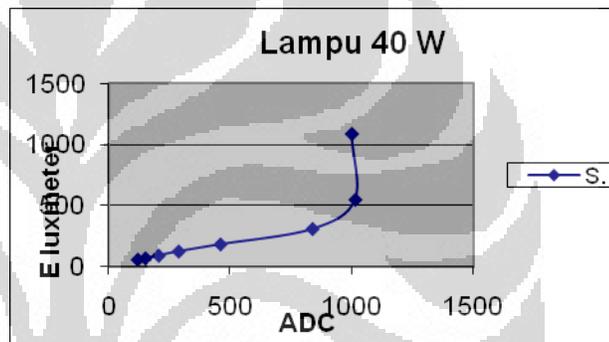
Lampu 25 W

Jarak	ADC	Eluxmeter ( <i>Lux</i> )
80	74.6666667	34.6666667
70	98.6666667	41.1666667
60	133.666667	53.5333333
50	194.333333	73.7
40	302.666667	110.233333
30	542.333333	185.566667
20	1006	375.333333
10	993	667



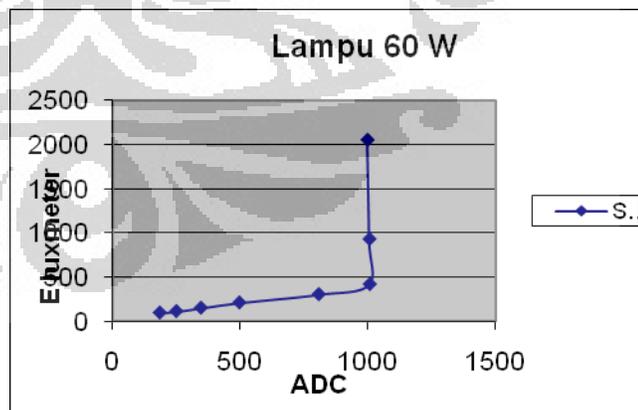
Lampu 40 W

Jarak	ADC	Eluxmeter ( <i>Lux</i> )
80	118.666667	57.8666667
70	150.333333	68.7333333
60	205	90.8666667
50	287.333333	124.7
40	459.333333	182.766667
30	839	308.333333
20	1015.33333	547
10	1001	1084.33333



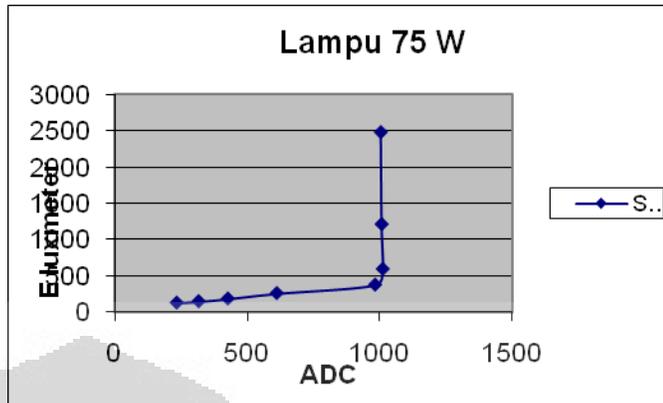
Lampu 60 W

Jarak	ADC	Eluxmeter ( <i>Lux</i> )
80	185.666667	96.5333333
70	250.333333	113.3
60	346.333333	151.466667
50	496.666667	211
40	806.666667	304.7
30	1006	418.333333
20	1005	927.333333
10	997.666667	2046.66667



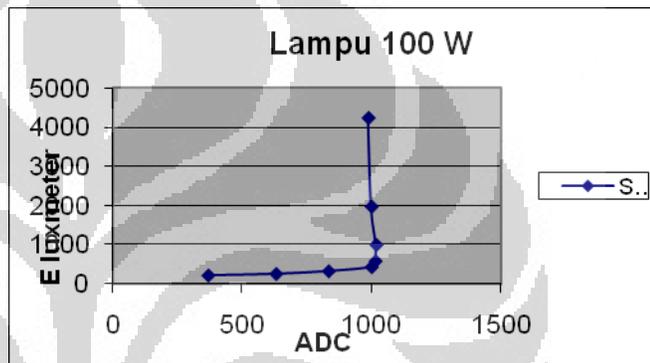
Lampu 75 W

Jarak	ADC	Eluxmeter ( <i>Lux</i> )
80	235.6666667	127.8
70	318.3333333	148.2
60	428.3333333	185.0666667
50	613	259
40	984	375.6666667
30	1013	592.6666667
20	1008.666667	1209.666667
10	1005.666667	2476.666667



Lampu 100 W

Jarak	ADC	Eluxmeter ( <i>Lux</i> )
80	369	216.3333333
70	631	256.3333333
60	834	325.3333333
50	1000	430.6666667
40	1015	581
30	1018	996.3333333
20	1000	1967
10	988	4223.333333



### Lampiran 3

#### Lux macam-macam lampu

##### Lampu 25 W

Jarak	Luxmeter <i>(Lux)</i>			Sensor <i>(Lux)</i>		
	I	II	III	I	II	III
90	28.7	29	29.4	27.89	27.46	28.31
80	34.7	34.5	34.8	35.53	35.95	36.8
70	41	41.2	41.3	42.74	43.17	44.02
60	53	54	53.6	58.03	57.18	58.45
50	74.3	73.6	73.2	77.55	78.4	78.83
40	110.5	110.2	110	112.79	112.37	113.64
30	186.3	184.2	186.2	187.93	188.35	188.78
20	373	378	375	377.27	373.45	376.42
10	686	659	656	429.06	420.99	419.12

##### Lampu 40 W

Jarak	Luxmeter <i>(Lux)</i>			Sensor <i>(Lux)</i>		
	I	II	III	I	II	III
90	47.5	47.3	47.2	46.14	47.84	49.11
80	57.5	58	58.1	57.6	57.18	58.88
70	68.7	69	68.5	68.64	67.79	69.49
60	90.9	90.4	91.3	92.41	93.26	91.99
50	125	123.4	125.7	124.68	125.95	125.53
40	183.5	182.8	182	181.99	182.84	180.29
30	306	308	311	309.34	305.1	308.07
20	537	547	557	422.26	429.06	421.42
10	1036	1122	1095	429.06	420.57	419.29

##### Lampu 60 W

Jarak	Luxmeter <i>(Lux)</i>			Sensor <i>(Lux)</i>		
	I	II	III	I	II	III
90	78.3	78	78.1	79.68	80.95	80.53
80	96.8	96.5	96.3	96.66	97.51	96.23
70	114.8	113.4	111.7	112.79	113.64	114.06
60	152	150.2	152.2	153.97	152.69	154.82
50	211	212	210	213.83	212.13	211.7
40	305	308	301.1	302.97	305	312.74
30	421	420	414	415.05	422.69	416.75
20	906	933	943	429.06	426.09	427.78
10	2020	2090	2030	418.02	428.03	419.29

Lampu 75 W

Jarak	Luxmeter <i>(Lux)</i>			Sensor <i>(Lux)</i>		
	I	II	III	I	II	III
90	96.6	96.5	96.4	94.54	96.66	92.84
80	128.2	127.8	127.4	126.37	125.53	127.65
70	147.7	148.3	148.6	148.02	143.36	146.75
60	183.5	185.5	186.2	187.93	188.78	189.63
50	258	260	259	261.37	258.4	262.22
40	372	378	377	373.87	373.02	378.96
30	589	591	598	420.57	418.44	429.66
20	1205	1230	1194	425.24	419.72	429.06
10	2490	2460	2480	422.69	422.26	420.12

Lampu 100 W

Jarak	Luxmeter <i>(Lux)</i>			Sensor <i>(Lux)</i>		
	I	II	III	I	II	III
90	155.4	154.3	155.1	152.27	151	150.57
80	218	214	217	215.14	216.93	220.96
70	258	255	256	225.42	259	259.9
60	329	324	323	325.24	326.28	326.58
50	428	433	431	431.76	430.42	429.97
40	582	583	578	420.57	420.14	418.44
30	1012	986	991	417.6	421.42	427.78
20	1973	1959	1969	419.72	423.54	425.24
10	4180	4170	4320	420.57	418.87	421.42

## Lampiran 4

### Data efisiensi pancaran dan fluks

Lampu 40 W

jarak	E	F	$\eta$
90	47.84	0.03	0.06
80	57.18	0.03	0.07
70	67.79	0.04	0.09
60	93.26	0.05	0.12
50	125.95	0.07	0.16
40	182.84	0.1	0.24
30	305.1	0.16	0.4
20	429.06	0.22	0.56
10	420.57	0.22	0.55

Lampu 60 W

jarak	E	F	$\eta$
90	79.68	0.04	0.07
80	96.66	0.05	0.09
70	112.79	0.06	0.11
60	153.97	0.08	0.14
50	213.83	0.11	0.2
40	302.97	0.16	0.28
30	415.05	0.22	0.39
20	429.06	0.22	0.4
10	418.02	0.22	0.39

Lampu 75 W

jarak	E	F	$\eta$
90	96.66	0.05	0.07
80	125.53	0.07	0.09
70	143.36	0.07	0.1
60	188.78	0.1	0.14
50	258.4	0.14	0.19
40	373.02	0.19	0.27
30	418.44	0.22	0.31
20	419.72	0.22	0.31
10	422.26	0.22	0.31

Lampu 100 W

jarak	E	F	$\eta$
90	152.27	0.08	0.08
80	215.14	0.11	0.11
70	225.42	0.12	0.12
60	325.24	0.17	0.17
50	431.76	0.23	0.23
40	420.57	0.22	0.22
30	417.6	0.22	0.22
20	419.72	0.22	0.22
10	420.57	0.22	0.22