

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI
PENDEKTESI LEVEL ILUMINASI
BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535**



TUGAS AKHIR

**Sebagai salah satu syarat
untuk mencapai gelar Sarjana Teknik
dari Jurusan Elektro Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin**

Oleh :

**U S M A N
D411 05 023**

**JURUSAN ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2010**

**DESAIN DAN IMPLEMENTASI
PENDETEKSI LEVEL ILUMINASI
BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535**

TUGAS AKHIR

Diterima dan disahkan sebagai kolokium
Untuk memenuhi persyaratan guna mencapai
Gelar Sarjana Teknik Program Studi
Teknik Energi Listrik
dari
Jurusan Elektro Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

Oleh

U s m a n
D411 05 023

Disetujui:
Tanggal :
Pembimbing Tugas Akhir

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Muh. Tola, M. Eng
NIP. 19640801 197702 1 001

Muh. Anshar, ST, M.Sc. Research
NIP. 132 307 436

Ketua Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

Dr. Zahir Zainuddin, M. Sc
NIP. 19640427 198910 1 002

MOTO DAN PESEMBAHAN

Moto

“Tidak ada kata terlambat untuk belajar dan berbuat”

Persembahan

Untuk Ibu, Bapak, dan Adiku tercinta

serta teman-teman seperjuanganku yang senantiasa menemaniku

ABSTRAK

DESAIN DAN IMPLEMENTASI PENDETEKSI LEVEL ILUMINASI BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535 .

Telah dilakukan perancangan dan pembuatan alat ukur Intensitas Penerangan menggunakan mikrokontroler ATmega8535. Sehubungan dengan pentingnya mengetahui Intensitas Penerangan untuk kelancaran aktifitas manusia dan mahal nya alat ukur Lux Meter serta pengaplikasian dari mikrokontroller dapat digunakan untuk pembuatan alat ukur Intensitas Penerangan. Perangkat keras yang digunakan dalam desain dan implementasi ini terdiri dari sensor cahaya, mikrokontroler dan LCD. Sedangkan untuk penampilan pada LCD digunakan program Bahasa C. Alat ini dirancang untuk menampilkan nilai intensitas penerangan dari 10 – 2000 Lux. Dari pengujian yang telah dilakukan nilai intensitas penerangan yang dapat ditampilkan pada minimal 15 Lux dan maksimal sebesar 1950 Lux. Pengujian dengan Lihgt Meter sebagai pembandingan dilakukan pada 2 ruangan yang berbeda didapatkan presentase kesalahan rata 5 %.

Kata kunci : intesitas penerangan, sensor cahaya, mikrokontroler, LCD, bahasa C dan Light Meter

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kita panjatkan kehadiran ALLAH SWT, karena atas kehendak-Nya tugas akhir ini dapat kami selesaikan dengan baik. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Meskipun banyak hambatan dan tantangan yang kami alami selama penyusunan tugas akhir ini yang berjudul “**Desain dan Implementasi Pendeteksi Level Iluminasi Berbasis Mikrokontroler ATmega8535**” ini, namun berkat bantuan dan kerjasama berbagai pihak, akhirnya kami dapat mengatasi hambatan dan tantangan tersebut. Untuk semua itu, pada kesempatan itu kami dengan tulus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Tola, M. Eng**, selaku pembimbing pertama dan **Bapak Muh. Anshar, ST, M.Sc Research**, selaku pembimbing kedua yang telah berkenan, yang telah berkenaan memberikan bimbingan, perhatian, saran serta pengarahan sejak awal penyusunan hingga akhir penulisan tugas akhir ini.
2. **Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M. Sc**, selaku Ketua Jurusan Elektro FT-UH, bapak dan ibu dosen, serta seluruh staf dan karyawan Jurusan Elektro yang telah banyak membantu selama kami kuliah di Kampus Merah-Hitam ini.
3. Kepala Laboratorium Elektronika Daya Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

4. Ayah dan Bunda tercinta atas doanya yang selalu memberikan nasehat menjadi penggugah semangat kami.
5. Kanda-kanda senior, rekan-rekan seperjuangan **VOLCKERT'05** yang telah bersama-sama “mengukir matahari di Binuang”. Terima kasih atas kebersamaan dan persaudaraan yang kalian berikan, terkhusus untuk Aco atas bantuannya serta saudaraku tercinta dan semua pihak yang telah membantu dan tidak sempat kami sebutkan satu persatu.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin agar tugas akhir ini dapat terselesaikan sesuai dengan harapan, namun keterbatasan kemampuan kami sehingga tugas akhir ini tampil dengan segala kekurangannya. Oleh karena itu, kami senantiasa membuka diri terhadap saran dan kritik yang bertujuan untuk penyempurnaan tugas akhir ini. Dan akhirnya semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan.

Makassar, 20 Maret 2009

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
MOTO DAN PERSEMBAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Batasan Masalah	2
I.3 Rumusan Masalah	2
I.4 Tujuan Penelitian	3
I.5 Manfaat Penelitian	3
I.6 Metode Penelitian	4
I.7 Sistematika Penulisan	4

BAB II	TEORI PENUNJANG	6
II.1	Cahaya dan Iluminasi	6
II.1.1	Gelombang	6
II.1.2	Cahaya Tampak	7
II.1.2.1	Spektrum Cahaya Tampak	8
II.1.2.2	Radiasi ultraviolet dan inframerah	9
II.1.3	Besaran Cahaya.....	10
II.1.4	Kualitas Warna Cahaya	14
II.1.5	Pantulan Cahaya	15
II.1.5.1	Tingkat terang pantulan	15
II.1.5.2	Bidang pantul dengan pencahayaan ruang	16
II.1.6	Pencahayaan/Penerangan	17
II.1.5.1	Sistem Penerangan	17
ii.1.5.2	Jenis Pencahayaan	21
ii.1.5.3	Komponen Pencahayaan	26
II.1.5.4	Armatur lampu (<i>Luminairs</i>)	28
II.2	Sensor Cahaya	31
II.3	Analog To Digital Converter (ADC)	32
II.4	Mikrokontroler AVR	36
II.4.1	Arsitektur ATMEGA8535	37
II.4.2	Fitur ATMEGA8535	39
II.4.3	Konfigurasi PIN ATMEGA8535.....	40
II.5	<i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)	40

II.6	Bahasa C	42
II.6.1	Sejarah Bahasa C	42
II.5.2	Kelebihan dan Kekurangan Bahasa C	43
II.5.3	Struktur Dasar Bahasa C	43
BAB III PERANCANGAN SISTEM		46
III.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	46
III.2	Perancangan	46
III.2.1	Perancangan <i>hardware</i>	47
III.2.2	Perancangan <i>software</i>	52
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS		70
IV.1	Hasil Perancangan	70
IV.2	Pengujian Sistem	70
IV.3	Anaslis Hasil Pengujian	74
BAB V PENUTUP		80
V.1	Kesimpulan	80
V.2	Saran	80

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Gelombang sinusoidal.....	7
Gambar 2.2 Radiasi yang tampak	8
Gambar 2.3 Korelasi antara Lumen/Flux dan kuat cahaya	11
Gambar 2.4 Hubungan antara besaran cahaya.....	12
Gambar 2.5 Sumber cahaya dan dua titik pengukuran E	13
Gambar 2.6 Sudut pantulan cahaya	15
Gambar 2.7 Pantulan cahaya pada permukaan benda	16
Gambar 2.8 Pencahayaan tidak langsung	17
Gambar 2.9 Sistem pencahayaan setengah tidak langsung.....	18
Gambar 2.10 Pencahayaan menyebar	18
Gambar 2.11 Pencahayaan setengah langsung	19
Gambar 2.12 Pencahayaan langsung	20
Gambar 2.13 Jenis-jenis lampu pijar	22
Gambar 2.14 Jenis-jenis lampu floursen	24
Gambar 2.15 Lampu metal halida, merkuri dan sodium	26
Gambar 2.16 Optik kaca luminar	27
Gambar 2.17 Jenis-Jenis armatur.....	30
Gambar 2.18 Bentuk fisik LDR.....	31
Gambar 2.19 Simbol LDR	31
Gambar 2.20 Grafik hubungan antara resistansi dan Illuminasi	31
Gambar 2.21 Rangkaian pembagi tegangan dengan Potensiometer	33

Gambar 2.22	Bentuk fisik ATmega8535	37
Gambar 2.23	Blok diagram fungsional ATmega8535	38
Gambar 2.24	Konfigurasi pin ATmega8535	40
Gambar 2.25	Bentuk fisik Topway LCD M162A.....	41
Gambar 2.26	Bock diagram Topway LCD M162A.....	41
Gambar 3.1	Blok diagram perangkat Lux Meter.....	47
Gambar 3.2	Rangkaian Lux Meter	48
Gambar 3.3	Rangkaian catu daya	49
Gambar 3.4	Rangkaian sensor cahaya	50
Gambar 3.5	Rangkain pengendali.....	51
Gambar 3.6	Rangkain penampil	52
Gambar 3.7	<i>Flow chart</i> pengambilan data kalibrasi.....	54
Gambar 3.8	Denah tempat kalibrasi	56
Gambar 3.9	<i>Flow chart</i> pengambilan data kalibrasi	57
Gambar 3.10	Ilustrasi pengambilan data	58
Gambar 3.11	Grafik hubungan antara tegangan dan intensitas penerangan	60
Gambar 3.12	Grafik hubungan antara jarak dan intensitas cahaya.....	62
Gambar 3.13	Grafik hubungan antara tegangan dan ADC	63
Gambar 3.14	Grafik Hubungan antara ADC dan intensitas penerangan	66
Gambar 3.15	<i>Flow chart</i> program Lux Meter	67
Gambar 4.1	Hasil fabrikasi	70
Gambar 4.2	Denah lokasi pengujian pada Lab. Elektronika Daya	71
Gambar 4.3	Denah lokasi pengujian pada Ruang kuliah PBT 302	71

Gambar 4.4	Grafik perbandingan Lux Meter dan Light Meter pada Laboratorium Elektronika Daya	74
Gambar 4.5	Grafik perbandingan Lux Meter dan Light Meter pada Ruang Kuliah PBT 302.....	75
Gambar 4.6	Grafik perbandingan Lux Meter dan teori	78

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Jenis dan panjang gelombang cahaya	9
Tabel 2.2 Pengelompokan renderasi warna.....	14
Tabel 2.3 Klasifikasi sistem pencahayaan	20
Tabel 2.4 Pengaturan tegangan reverensi ADC	34
Tabel 2.5 Skala Clock ADC	36
Tabel 2.6 Keterangan pin Topway LCD LMB 1632A	41
Tabel 3.1 Alat dan bahan yang digunakan pada perancangan	47
Tabel 3.2 Alat yang digunakan pada proses kalibrasi	52
Tabel 3.3 Hasil pengukuran kalibrasi sensor	58
Tabel 3.3 Perbandingan antara teori pengukuran konversi ADC	63
Tabel 4.1 Hasil pengujian pada Laboratorium Elektronika Daya	72
Tabel 4.2 Hasil pengujian pada ruang Kuliah PBT 302	73
Tabel 4.3 Persentase kesalahan pengujian	76

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
v	Cepat rambat gelombang	m/s
f	Frekwensi	Hz
λ	Panjang gelombang	m
Φ	Arus cahaya	Lumen (lm)
I	Intensitas cahaya	Kadella (cd)
ω	Sudut ruang	radial
E	Intensitas Cahaya	Lux (lx)
A	Adalah luas permukaan	m^2
L	Luminasi	Cd/m^2
h	Jarak	m
K_p	Koefisien penggunaan	
K_d	Koefisien depresi	
F_1	Fluks luminus satu buah lampu	Lux (lx)
n	Jumlah lampu dalam satu armature	buah
V_{in}	Tegangan masukan pada pin yang dipilih	V
V_{ref}	Tegangan referensi yang dipilih	V

DAFTAR ISTILAH

- Amplitudo : jarak terjauh simpangan dari titik keseimbangan
- Bit : suatu digit antara 1 atau 0 yang merupakan awal pembentukan sebuah char (huruf) atau bilangan
- built-in* : suatu alat yang telah terpasang/menyatu di dalam perangkat lain.
- Compiler* : program sistem yang digunakan sebagai alat bantu dalam pemrograman.
- Difuser : penyebar cahaya dari lampu.
- Efficacy* : iluminasi/terang rata-rata yang dicapai pada suatu bidang kerja yang datar per *watt* pada pencahayaan umum didalam ruangan yang dinyatakan dalam $lux/W/m^2$
- Radiasi flektromagnetik : kombinasi medan listrik yang beresilasi dengan medan magnet yang merambat melewati ruang dan membawa energi dari satu tempat ke tempat yang lain.
- Floursen : serbuk yang berfungsi mengubah sinar UV menjadi sinar tampak pada lampu floursen.
- Frekwensi : banyaknya gelombang yang terjadi dalam selang waktu 1 detik.

- Koefisien depresiasi : perbandingan antara tingkat pencahayaan setelah jangka waktu tertentu dari instalasi pencahayaan digunakan terhadap tingkat pencahayaan pada waktu instalasi baru.
- Koefisien penggunaan : perbandingan antara fluks luminus yang sampai di bidang kerja terhadap fluks luminus yang dipancarkan oleh semua lampu.
- Lampu Flouresen : lampu merkuri yang bertekanan rendah yang memanfaatkan floursen utuk mengubah sinar ultra vilooet menjadi sinar tampak.
- Lampu Halogen : jenis lampu pijar yang diisi dengan halogen (F, Cl, Br atau I)
- Lampu pijar : lampu yang cahaya dihasilkan dari pijar element.
- Lampu Sodium : lampu diisi dengan xenon untuk membantu menyalakan pemancar listrik, juga campuran gas sodium – merkuri.
- Lampu Merkuri : lampu pelepasan gas yang tabung dalamnya diisi dengan gas merkuri bertekanan tinggi.
- Mikrokontroler : suatu keping IC dimana terdapat mikroprosesor dan memori program (ROM) serta memori serbaguna (RAM), bahkan ada beberapa jenis mikrokontroler yang memiliki fasilitas ADC, PLL, EEPROM dalam satu kemasan

- Reflektor : permukaan yang digunakan untuk memantulkan cahaya.
- Resolusi : kumpulan sejumlah titik-titik
- Steridian : besarnya sudut yang terpancang pada titik pusat bola selua kuadrat jari-jari bola.
- Sudut ruang : sudut pada ruang yang dibatasi oleh permukaan bola pada titik sudutnya.
- Ultraviolet* : radiasi elektromagnetis yang memiliki panjang gelombang ataupun frekuensi di luar cahaya tampak (panjang gelombangnya didawah 380 nm)
- Unix : `sebuah sistem operasi yang asal mulanya dikembangkan pada laboratorium Bell, AT dan T.

DAFTAR SINGKATAN

ADC	: Analaog to Digital Converter.
ANSI	American National Standards Institute.
AREF	: Analog Referency.
AVR	: Alf, Vegard and RISC.
CISC	: Complex Instruction Set Computing.
CPU	: Central Procesor Unit.
EEPROM	: Electrically Erasable Programmable Read Only Memory.
HPS	: High Preasure Sodium.
IC	: Integrated circuit.
IEC	: Illuminating Engineering Society.
LCD	: Liquid Crystal Diode.
LDR	: Light Dependt Resistor.
LED	: Light Emiting Diode.
LPS	: Low Preasure Sodium.
nm	: Nano Meter.
REFS	: Reverense Slection Bits.
RISC	: Reduced Instruction Set Computing.
ROM	: Read Only Memory.
SFIOR	: Special Function Input Output Registe.
SPI	: Serial Peripheral Interface.
SRAM	: Ramndom Acses Memori.

USART : Universal Synchronous Asynchronous serial Receiver and Transmitter.

UV : Ultraviolet.

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A : Tabel tingkat pencahayaan rata-rata.
- Lampiran B : Data sheet LDR.
- Lampiran C : Tabel pengaturan pin masukan ADC.
- Lampiran D : Keterangan Pin Atmega8535.
- Lampiran E : Data sheet Topway LCD LMB162A.
- Lampiran F : Struktur dasar bahasa C.
- Lampiran G : Prosedur membuat program, *compile* dan *download* pada CodeVisionAVR V2.03.4
- Lampiran H : *Listing* program untuk proses kalibrasi.
- Lampiran I : Prosedur pengambilan data kalibrasi sensor.
- Lampiran J : Tabel hasil pengukuran kalibrasi sensor.
- Lampiran K : *Listing* program Lux meter.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.

Manusia dalam kehidupan sehari-hari tentunya memerlukan cahaya yang cukup untuk kelancaran aktifitasnya. Pada dasarnya setiap jenis aktifitas manusia dalam suatu ruangan mempunyai level iluminasi tertentu. Misalnya untuk pencahayaan pada ruangan-ruangan rumah sakit dikategorikan dengan notasi huruf A, B, C, D, E, F, G, H dan I. Masing-masing notasi ini mempunyai nilai intensitas penerangan 3 (tiga) macam yaitu nilai minimal, yang diharapkan dan maksimal dengan nilai Lux yang telah ditentukan (Pedoman Pencahayaan Pada Rumah Sakit, 1992, pp.1-2). Untuk ruangan kelas yang efektif maka dibutuhkan nilai intensitas penerangan sebesar 250 lux. Untuk ruangan-ruangan pada perkantoran diperlukan nilai intensitas penerangan sebesar 250 Lux, tergantung dari fungsi ruangan tersebut (SNI 03-6197-2000, p.4). Level iluminasi ini kemudian yang akan menentukan kondisi pencahayaan suatu ruangan. Untuk itu maka diperlukan suatu alat yang dapat mengukur kekuatan pencahayaan suatu ruangan dimana manusia itu melakukan aktifitasnya.

Kebanyakan Light Meter yang ada di pasaran mempunyai harga yang relatif mahal. Juga distribusi dari Light Meter ini tidak merata disebabkan karena produksi di Indonesia masih kurang. Mikrokontroler jenis ATmega8535 yang mempunyai harga yang murah dan dapat diperoleh dengan mudah. Dimana mikrokontroler ini dapat diaplikasikan untuk membuat sebuah alat yang berfungsi sebagai Lux Meter dengan harga yang relatif lebih murah dengan ketelitian yang hampir sama dengan Light Meter yang ada di pasaran.

Mengingat pentingnya untuk mengetahui level iluminasi sebagai salah satu penunjang aktifitas manusia dan harga Light Meter yang relatif mahal maka pada penelitian ini kami mengajukan judul “**Desain dan Implementasi Pendeteksi Level Iluminasi Berbasis Mikrokontroler ATmega8535**”, dengan harapan alat yang dihasilkan nanti akan lebih ekonomis dan sederhana akan tetapi memiliki tingkat keakuratan yang tidak kalah dengan Light Meter.

1.2 Batasan Masalah.

1. Pendeteksian nilai iluminasi hanya diperoleh dari deteksi keluaran LDR.
2. Iluminasi yang ditampilkan berasal dari sumber cahaya buatan dalam hal ini lampu *flourescent*.
3. Nilai iluminasi yang ditampilkan dibatasi pada 2000 – 10 Lux.
4. Visualisasi alat hanya ditampilkan pada *LCD* dalam bilangan desimal.

1.3 Rumusan Masalah.

1. Bagaimana mengoptimalkan hasil keluaran LDR.
2. Bagaimana iluminasi dari sumber cahaya buatan dalam hal ini lampu *flourescent*.
3. Bagaimana memonitor unjuk kerja alat yang didesain.

1.4 Tujuan Penelitian.

1. Mendesain alat ukur iluminasi yang sederhana dan ekonomis,
2. Meneliti keterkaitan keluaran dari sistem terhadap sensitifitas sensor yang digunakan.

1.5 Manfaat Penelitian.

1. Sebagai alat untuk mengukur nilai intensitas penerangan dalam suatu ruangan,
2. Sebagai bahan ajar dan modul latihan mata kuliah Iluminasi.

1.6 Metode Penelitian.

Metode yang akan dilakukan untuk mewujudkan tugas akhir ini antara lain :

1. Studi Literatur.

Yaitu mengumpulkan data primer dan sekunder. Data-data ini bersumber dari buku, media *online*, media cetak ataupun media elektronik, yang berkaitan dengan iluminasi dan sitem pencahayan, sensor cahaya, *Analog to Digital Converter (ADC)*, mikrokontroler ATMEGA8535, *Liquid Crystal Display (LCD)* dan bahasa pemograman Bahasa C.

2. Desain.

Meliputi desain perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang akan dibuat.

3. Implementasi.

Merupakan tahapan pembuatan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) dari desain alat yang direncanakan.

4. Pengujian.

Studi ini meliputi pengujian sistem yang dirancang, dengan menggunakan beberapa parameter pengujian sehingga diperoleh data hasil pengujian yang selanjutnya dapat dianalisis.

5. Penyusunan laporan.

Merupakan bagian dari dokumentasi akhir dari hasil penelitian.

1.7 Sistematika Penulisan Laporan.

Pembahasan proyek akhir ini memiliki susunan sebagai berikut :

- **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang penguraian secara singkat latar belakang, tujuan, perumusan masalah, batasan masalah, batasan masalah, metodologi penulisan, dan sistematika penulisan.

- **BAB II TEORI PENUNJANG**

Pada bab ini akan dijelaskan tentang teori penunjang yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini. Teori tersebut antara lain mengenai iluminasi dan sitem pencahayan, sensor cahaya, *Analog to Digital Converter (ADC)*, mikrokontroler *ATmega8535*, *Liquid Crystal Display (LCD)* dan bahasa pemrograman Bahasa C.

- **BAB III PERANCANGAN SISTEM**

Dalam bab ini akan diuraikan tentang tahap perencanaan serta proses pembuatan perangkat keras (*hardware*) dan pembuatan perangkat lunak (*software*).

- **BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Bab ini membahas tentang pengujian sistem yang dirancang. Serta berisi data dan analisa dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

- **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan permasalahan dan saran-saran untuk perbaikan dan penyempurnaan proyek akhir ini.

BAB II

TEORI PENUNJANG

II.1 Cahaya dan Iluminasi.

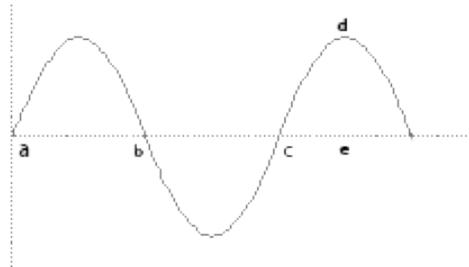
Illuminating Engineering Society (IES) mendefinisikan bahwa cahaya sebagai pancaran energi yang dapat dievaluasi secara visual. Secara sederhana, cahaya adalah bentuk energi yang memungkinkan makhluk hidup dapat mengenali lingkungan sekelilingnya dengan mata (Muhaimin, 2001,p.2).

Suparman (2009, p.6) mengemukakan bahwa cahaya merupakan suatu gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang antara 380 hingga 780 nm (nanometer, $1 \text{ nm} = 10^{-9}\text{m}$), dengan urutan warna : ungu, biru, hijau, kuning, jingga, dan merah. Selanjutnya pada sumber yang sama menyebutkan suatu sumber cahaya memancarkan energi yang sebagian energi ini diubah menjadi cahaya tampak. Perambatan cahaya di ruang bebas dilakukan oleh gelombang-gelombang elektromagnetik.

II.1.1 Gelombang.

Gelombang adalah bentuk dari getaran yang merambat pada suatu medium. Satu gelombang dapat dilihat panjangnya dengan menghitung jarak antara lembah dan bukit atau menghitung jarak antara satu rapatan dengan satu renggangan. Cepat rambat gelombang adalah jarak yang ditempuh oleh gelombang dalam waktu satu detik (<http://organisasi.org/arti-definisi-pengertian-gelombang-dan-jenis-macam-gelombang-transversal-longitudinal>, viewed : 21 Januari 2010.)

Gelombang memiliki suatu karakter. Karakter tersebut ditentukan oleh bentuk gelombang tersebut, panjang gelombangnya dan amplitudonya.



Gambar 2.1 Gelombang sinusoidal

Satu gelombang penuh terdiri dari satu puncak (a-b) dan satu lembah (b-c). Jarak antara titik puncak (e) dan titik lembah (d) disebut amplitudo. Jarak titik (a) dan (c) disebut panjang gelombang (λ). Apabila kecepatan rambat gelombang adalah v dan frekuensi getaran gelombang per detik adalah f maka

$$v = f \times \lambda \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

v = Cepat rambat gelombang (m/s)

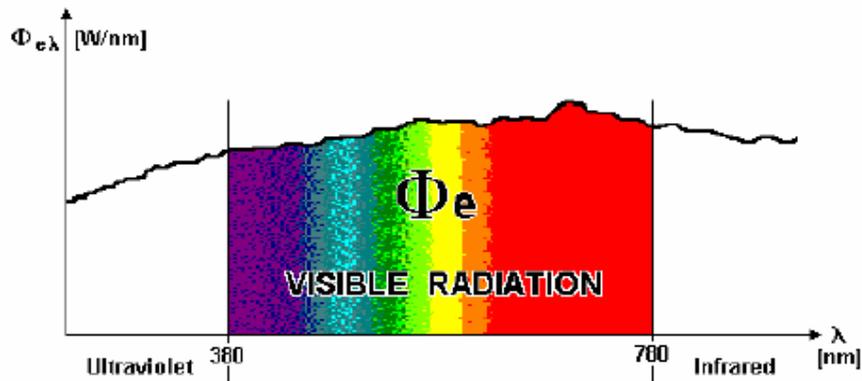
f = Frekwensi (Hz)

λ = Panjang gelombang (m)

Kecepatan cahaya pada udara atau hampa udara = 3.10^8 m/s

II.1.2 Cahaya Tampak.

Cahaya nampak seperti yang dapat dilihat pada spektrum elektromagnetik, diberikan dalam Gambar 2.2, dimana cahaya ini memiliki gelombang yang sempit diantara cahaya ultraviolet (UV) dan energi inframerah.



Gambar 2.2 Radiasi cahaya tampak (Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia, 2006, p.2).

Salah satu jenis radiasi elektromagnetis adalah cahaya tampak. Dengan adanya cahaya tampak ini orang dapat melihat objek di sekelilingnya kemudian berfikir dan memberi tanggapan. Energi cahaya yang dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetis memiliki panjang gelombang 380 nm sampai dengan 780 nm. Gelombang elektromagnetis ini (gelombang cahaya) bergerak dengan kecepatan $v = 2,9986 \times 10^7$ m/s, dengan frekuensi getaran gelombang 390×10^{12} Hz sampai dengan 790×10^{12} Hz (<http://www.scribd.com/doc/22976486/bab-III>, p.51, viewed : 15 Januari 2010).

II.1.2.1 Spektrum Cahaya Tampak.

Warna cahaya ini memiliki panjang gelombang yang berlainan. Cahaya merah memiliki lebih panjang dari cahaya kuning, seterusnya cahaya kuning memiliki lebih panjang dari cahaya putih. Warna-warna cahaya ini tersusun menurut panjang gelombangnya masing-masing dan susunan demikian disebut spektrum cahaya tampak.

Jenis-jenis cahaya dan panjang gelombangnya dapat di lihat pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Jenis dan panjang gelombang cahaya tampak

No.	Jenis cahaya	Panjang gelombang
1.	Violet	380 - 450 nm
2.	Biru	450 - 490 nm
3.	Hijau	490 - 560 nm
4.	Kuning	560 - 590 nm
5.	Orange	590 - 630 nm
6.	Merah	630 - 780 nm

Sumber : <http://www.scribd.com/doc/22976486/bab-III>, p.53. viewed : 15 Januari 2010

II.1.2.2 Radiasi Ultraviolet dan Inframerah.

Ultraviolet adalah radiasi elektromagnetis yang memiliki panjang gelombang ataupun frekuensi di atas cahaya tampak. Sedangkan inframerah adalah radiasi elektromagnetis yang memiliki frekuensi di bawah frekuensi cahaya tampak (<http://www.scribd.com/doc/22976486/bab-III>, p.54. viewed : 15 Januari 2010).

a. Radiasi Ultraviolet.

Matahari sebagai sumber cahaya memancarkan tiga gelombang ultraviolet yaitu :

- 1) Ultraviolet – A (UV-A), teradiasi diantara panjang gelombang 380 nm dan 320 nm.
- 2) Ultraviolet – B (UV-B), teradiasi diantara panjang gelombang 320 nm dan 285 nm.

3) Ultraviolet – C (UV-C), teradiasi diantara panjang gelombang 285 nm dan 220 nm.

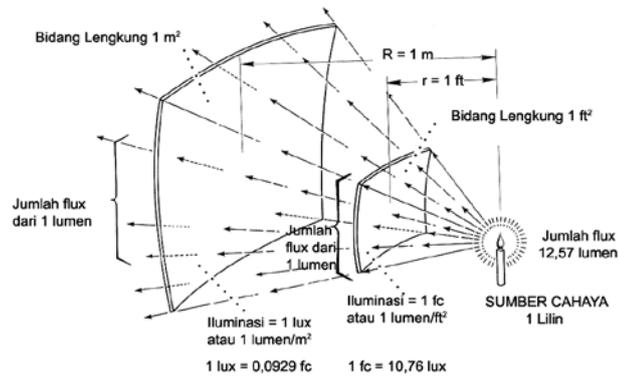
b. Radiasi Inframerah

Inframerah teradiasi dalam daerah panjang gelombang 780 nm sampai 1000 nm (1 μ m). Radiasi dalam jalur panjang gelombang ini merupakan radiasi panas. Oleh sebab itu radiasi inframerah disebut juga radiasi panas.

II.1.3 Besaran Cahaya

<http://repository.binus.ac.id/content/R0174/R017465948.doc> (p.16, viewed : 17 Januari 2010) mengemukakan bahwa besaran cahaya adalah sebagai berikut :

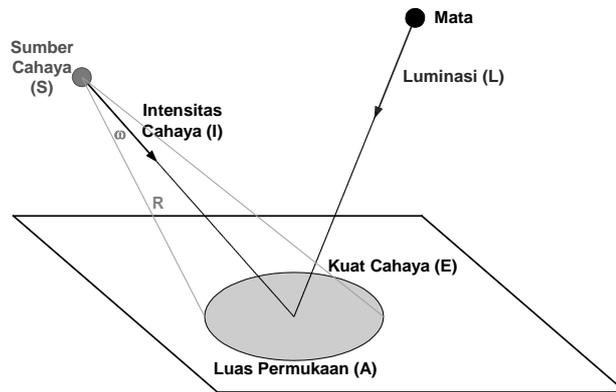
1) Arus cahaya (*luminous flux*) dinyatakan dalam F atau Φ adalah banyaknya cahaya tampak yang dipancarkan oleh sumber cahaya dalam setiap detik. Arus cahaya dinyatakan dalam satuan lumen, dimana 1 lumen = $\frac{1}{680}$ Watt cahaya (*Light Watt*) atau 1 Watt cahaya = 680 lumen. Jika didefinisikan, maka watt cahaya merupakan banyaknya energi cahaya yang dapat terlihat yang dipancarkan pada panjang gelombang 555 nm (555×10^{-9} meter). Sedang Lumen adalah banyaknya energi cahaya yang diterima oleh permukaan lengkung/bola (*spheric curve*) seluas 1 ft² dengan radius 1 ft dari sumber cahaya sebesar 1 lilin (*candella*) yang berada di titik pusat bola



Gambar 2.3 Korelasi antara Lumen/Flux dan Kuat Cahaya (<http://repository.binus.ac.id/content/R0174/R017465948.doc>, p. 16, viewed : 17 Januari 2010).

1. Iluminasi atau kuat cahaya (*illumination* atau *illuminance*), biasanya dituliskan dalam notasi E adalah banyaknya arus cahaya yang mengenai permukaan bidang lengkung persatuan luas dengan satuan lux atau *footcandle* (ft-cd), $1 \text{ lux} = 10,76 \text{ ft-cd}$. Iluminasi sering disebut juga kuat penerangan atau intensitas penerangan.
2. Intensitas Cahaya (*Luminous Intensity*) adalah banyaknya arus cahaya yang dipancarkan persatuan sudut ruang. Intensitas cahaya menggunakan notasi I dengan satuan lilin (*candella*). Satu lilin didefinisikan sebagai $\frac{1}{60}$ kali kuat sumber cahaya yang dipancarkan dari kotak hitam (*black body radiator*) pada suhu platina cair 1773°C .
3. Luminasi atau Kecemerlangan (*Luminance* atau *Brightness*) adalah terang permukaan yang ditimbulkan dari intensitas cahaya terhadap luas permukaannya. Pengertian lain menyebutkan sebagai kuat cahaya yang dipantulkan dan dilihat oleh mata manusia. Notasi yang digunakan adalah 'L' atau 'B' dengan satuan cd/m^2 atau cd/cm^2 (*Stilb*) atau cd/ft^2 (*foot lambert*), dimana $1 \text{ foot lambert} = 10,764 \text{ cd/m}^2$.

Hubungan antara besaran cahaya dapat di lihat pada Gambar 2.4 berikut ini :



Gambar 2.4 Hubungan antara besaran cahaya (<http://repository.binus.ac.id/content/R0174/R017465948.doc>, p.17, viewed : 17 Januari 2010)

Dari definisi tersebut diatas, maka diperoleh hibungan antar besaran cahaya, sebagai berikut:

$$E = \frac{I}{R^2} \dots\dots\dots (2)$$

dimana : E adalah kuat cahaya (lux)

I adalah intensitas cahaya (lilin atau candella)

R adalah jarak dari sumber cahaya ke permukaan (meter)

$$E_{rata-rata} = \frac{\Phi}{A} \dots\dots\dots (3)$$

dimana: Φ adalah arus cahaya (lumen)

A adalah luas permukaan (m²)

$$I = \frac{\Phi}{\omega}, \omega = 4\pi \text{ atau } \omega = \frac{A}{R^2} \dots\dots\dots (4)$$

dimana: I adalah intensitas cahaya (candella)

Φ adalah arus cahaya (lumen)

ω adalah sudut ruang (radial)

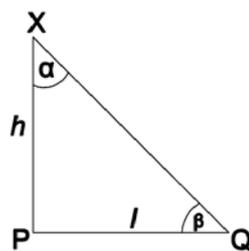
$$L = \frac{I}{A_a} \dots\dots\dots (5)$$

dimana: L adalah luminasi (cd/m²)
 I adalah intensitas cahaya (cd/m²)
 A_a adalah bidang yang diterangi (m²)

Muhaimin (2001, p.9) menyatakan persamaan lain yang dapat digunakan untuk menghitung besaran pencahayaan, dengan menganggap sumber penerangan sumber penerangan sebagai titik yang jaraknya (h) dari bidang penerangan maka kuat penerangan atau intensitas penerangan (E) pada suatu titik bidang penerangan adalah :

$$E = \frac{I}{h^2} \dots\dots\dots (6)$$

Persamaan (3) lazim di sebut Hukum Kuadrat Terbalik (*Inverse Square Law*). Pada skema di bawah ini X sebagai sumber cahaya, maka besarnya E pada titik P dan Q :



Gambar 2.5 Sumber cahaya dan dua titik pengukuran E (Muhaimin, 2001, p.9)

$$E_p = \frac{I}{h^2} \dots\dots\dots (7)$$

$$E_p = \frac{I}{h} \cos \alpha \text{ atau } E_p = \frac{I}{\sqrt{h^2 + l^2}} \dots\dots\dots (8)$$

Suparman (2009, pp.6-7) mengemukakan bahwa Iluminasi adalah suatu ilmu yang mempelajari tentang cahaya, baik dari segi sumber cahaya, pancaran cahaya serta aplikasinya. Aplikasi yang dimaksud adalah dari segi elektrik dan non elektrik. Pencahayaan dari suatu sumber cahaya sangat dipengaruhi oleh lampu listrik.

II.1.4 Kualitas Warna Cahaya

SNI 03-6197-200 (2001, pp 7) menyebutkan bahwa kualitas warna cahaya dibedakan menjadi :

1. Suhu warna

Suhu warna, dinyatakan dalam skala Kelvin (K), adalah penampakan warna dari lampu itu sendiri dan cahaya yang dihasilkannya. Suhu warna dikelompokkan menjadi :

- a) Hangat (*warm-white*), kelompok 1 (< 3.300 K);
- b) Netral (*cool-white*), kelompok 2 (3.300 K - 5.300 K);
- c) Sejuk (*dayligho*), kelompok 3 (> 5.300 K);

2. Perubahan warna (renderasi warna)

Perubahan warna merupakan kemampuan sumber cahaya merubah warna permukaan. Pengelompokan renderasi warna ini dapat di lihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pengelompokan renderasi warna

No.	Kelompok perubahan warna	Indeks (Ra) umum perubahan warna CIE
1.	1A	$Ra > 90$
2.	1B	$80 < Ra < 90$

Bersambung ke halaman sebelah

No.	Kelompok perubahan warna	Indeks (Ra) umum perubahan warna CIE
3.	2	$60 < Ra < 80$
4.	3	$40 < Ra < 60$
5.	4	$20 < Ra < 40$

Sumber : Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia, 2006, p.2

II.1.5 Pantulan Cahaya.

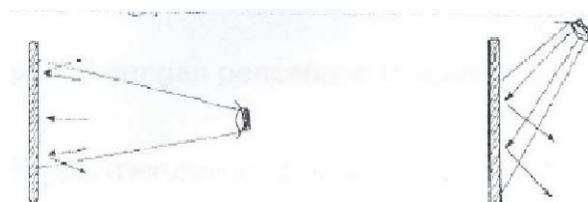
II.1.5.1 Tingkat terang pantulan.

Hajar Suwanto (2006, p.4) menyebutkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat terang pantulan :

a. Sudut datang sinar

Semakin besar sudut sinar datang, semakin lemah sinar yang dipantulkan dibandingkan dengan jika sinar tersebut jatuh tegak lurus pada bidang pantul.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut ini :



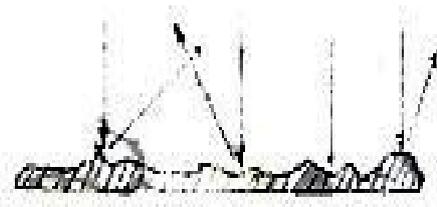
(a) Cahaya tegak lurus

(b) Cahaya menyamping

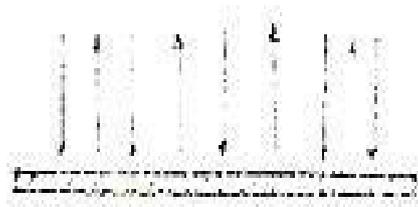
Gambar 2.6 Sudut pantulan cahaya (Hajar Suwanto, 2006, p.4)

b. Tekstur permukaan benda

Benda yang permukaannya kasar akan memantulkan cahaya ke segala arah dengan tidak merata, jadi tingkat terang pantulnya cenderung lebih kecil dibanding bidang pantulan yang halus. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.7.



(a) Permukaan benda kasar



(b) Permukaan benda halus

Gambar 2.7 Pantulan cahaya pada permukaan benda (Hajar Suwantoro, 2006, p.4)

c. Warna cahaya dan warna bidang

Warna cahaya dan warna bidang juga menentukan tingkat terang pantulan. Misalnya, warna sinar biru jatuh pada bidang warna yang gelap seperti hijau, maka sinar tersebut akan dipantulkan dengan intensitas yang kecil.

d. Keadaan udara pada saat itu.

Semakin bersih udara dari partikel-partikel debu dan asap, maka sinar yang terkena cahaya semakin terang karena tidak terhalang oleh partikel-partikel tersebut.

II.1.5.2 Bidang pantul dengan pencahayaan ruang.

Bidang langit, merupakan bidang yang paling berperan dalam memantulkan cahaya dari luar. Pada urutan kedua adalah bidang dinding belakang (terhadap arah datangnya sinar), lalu bidang dinding samping dan terakhir adalah bidang lantai. Dari pernyataan tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan warna yang tepat :

- a. Untuk bidang langit-langit sebaiknya warna ringan,
- b. Untuk bidang lantai, dapat dipergunakan warna yang gelap.

II.1.6 Pencahayaan/Penerangan.

II.1.6.1 Sistem Penerangan.

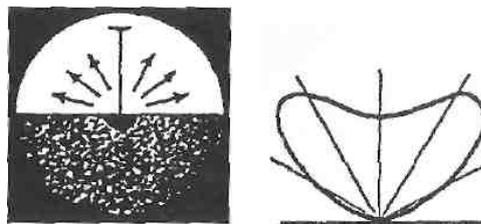
Tidak selalu cahaya dari suatu sumber cahaya dipancarkan langsung ke suatu objek penerangan atau bidang kerja. Menurut IES terdapat 5 klasifikasi sistem pancaran cahaya dari sumber cahaya, yaitu : penerangan tak langsung, penerangan setengah tak langsung, penerangan menyebar (difus), penerangan setengah langsung, dan penerangan langsung (Muhaimin, 2001, p.138).

1. Penerangan tak langsung (*indirect lighting*).

Pada penerangan tak langsung 90 hingga 100 % cahaya dipancarkan ke langit-langit ruangan sehingga yang dimanfaatkan pada bidang kerja adalah cahaya pantulan. Pancaran cahaya pada penerangan tak langsung dapat pula dipantulkan pada dinding sehingga cahaya yang sampai pada permukaan bidang kerja adalah cahaya pantulan dari dinding .

Kalau bidang pantulnya langit-langit, maka kuat penerangan pada bidang kerja dipengaruhi oleh faktor refleksi langit-langit seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8.

Untuk keperluan itu lampu umumnya digantung.



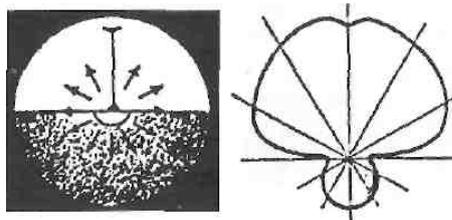
Gambar 2.8 Penerangan Tidak Langsung (Muhaimin, 2001, p.139).

2. Penerangan setengah tak langsung (*semi indirect lighting*).

Sumber cahaya digantungkan atau dipasang setidaknya-tidaknya 45,7 cm di bawah langit-langit tinggi ruangan minimal 2,25 m. Selain itu sumber cahaya dapat dipasang pada bagian tembok dekat langit-langit yang cahayanya di arahkan ke langit-langit.

Pada penerangan tak langsung langit-langit merupakan sumber cahaya semu dan cahaya yang dipantulkan menyebar serta tidak menyebabkan bayangan. Agar memenuhi persyaratan maka perbandingan terang sumber cahaya dengan sekelilingnya lebih besar dari 20 : 1.

Penerangan tak langsung menjadi tidak efisien jika cahaya yang sampai ke langit-langit merupakan cahaya pantulan dari bidang lain. Penerangan jenis ini diperlukan pada: ruang gambar, perkantoran, rumah sakit, hotel.



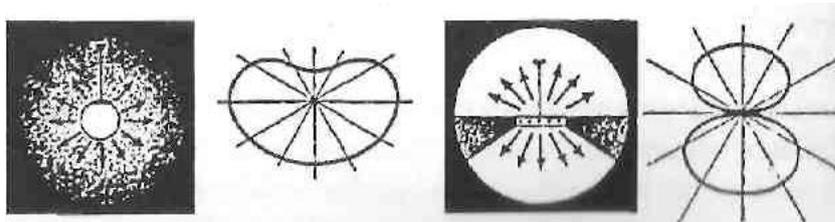
Gambar 2.9 Penerangan setengah tak langsung (Muhaimin, 2001, p.140).

Penerangan setengah tak langsung digunakan pada ruangan yang memerlukan *modeling shadow*. Penggunaan penerangan setengah tak langsung pada: toko buku, ruang baca, ruang tamu.

3. Penerangan menyebar (*general diffus lighting*).

Pada penerangan difus distribusi cahaya ke atas dan bawah relatif merata yaitu berkisar 40 hingga 60%. Perbandiingan ini tidak tepat masing-masing 50% karena

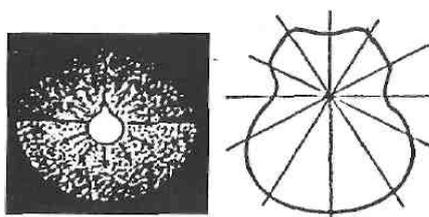
armatur yang berbentuk bola yang digunakan ada kalanya ada terbuka pada bagian bawah atau atas. Armatur terbuat dari bahan yang tembus cahaya, antara lain: kaca embun, fiberglas, plastik. Penerangan difus menghasilkan cahaya teduh. dengan bayangan lebih jelas dibanding yang dihasilkan 2 penerangan yang dijelaskan sebelumnya. Penggunaan penerangan difus antara lain pada : tempat ibadah.



Gambar 2.10 Penerangan menyebar (Muhaimin, 2001, p.140).

4. Penerangan setengah langsung (*semi direct lighting*).

Penerangan setengah langsung 60 hingga 90% cahayanya di arahkan ke bidang kerja selebihnya di arahkan ke langit-langit. Penerangan jenis ini adalah efisien. Pemakaian penerangan setengah langsung antara lain pada: kantor, kelas, toko,dan tempat kerja lainnya.

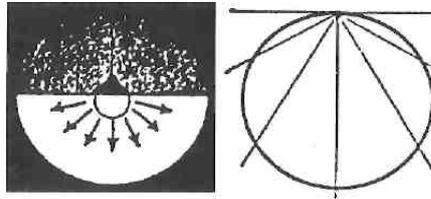


Gambar 2.11 Penerangan setengah langsung (Muhaimin, 2001, p 142).

5. Penerangan Langsung (*direct lighting*).

Pada penerangan langsung 90 hingga 100% cahaya dipancarkan ke bidang kerja. Pada penerangan langsung terjadi efek terowongan (*tunneling effect*) pada langit-langit yaitu: tepat di atas lampu terdapat bagian yang gelap. Penerangan langsung

dapat dirancang menyebar atau terpusat, tergantung reflektor yang digunakan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Sistem perangan langsung (Muhaimin, 2001, p 141).

Kelebihan pada penerangan langsung: efisiensi penerangan tinggi, memerlukan sedikit lampu untuk bidang kerja yang luas. Kelemahannya: bayang-bayangnya gelap, karena jumlah lampunya sedikit maka jika terjadi gangguan sangat berpengaruh.

Secara umum presentasi radiasi yang di pancarkan dari penerangan di atas dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut :

Tabel 2.3 Presentasi radiasi sistem pencahayaan.

N0.	Penerangan	Radiasi Cahaya Ke Bawah (%)	Radiasi Cahaya Ke Atas (%)
1.	<i>Direct Lighting</i>	90 – 100	0 – 10
2.	<i>Semi Direct Lighting</i>	60 – 90	10 – 40
3.	<i>Diffuse Lighting</i>	40 – 60	40 – 60
4.	<i>Semi Indirect Lighting</i>	10 – 40	60 – 90
5.	<i>Indirect Lighting</i>	0 – 10	90 – 100

Sumber : Suparman. 2008, p.17

II.1.6.2 Jenis Pencahayaan.

Pencahayaan merupakan salah satu faktor untuk mendapatkan keadaan lingkungan yang aman dan nyaman dan berkaitan erat dengan produktivitas manusia. Pencahayaan yang baik memungkinkan orang dapat melihat objek-objek yang dikerjakannya secara jelas dan cepat. Menurut sumbernya, pencahayaan dapat dibagi menjadi pencahayaan alami dan buatan (<http://www.scribd.com/doc/22976486/bab-III>, p.61, viewed : 15 Januari 2010).

1. Pencahayaan alami.

Pencahayaan alami adalah sumber pencahayaan yang berasal dari sinar matahari. Sinar alami mempunyai banyak keuntungan, selain dapat menghemat energi listrik juga dapat bermanfaat bagi kesehatan. Untuk mendapatkan pencahayaan alami pada suatu ruangan diperlukan jendela-jendela yang besar sekurang-kurangnya 1/6 daripada area yang akan diterangi. Sumber pencahayaan alami kurang efektif dibanding dengan pencahayaan buatan, karena intensitas cahaya yang tidak tetap, sumber alami menghasilkan panas terutama saat siang hari.

2. Pencahayaan buatan.

Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber cahaya selain cahaya alami. Pencahayaan buatan sangat diperlukan apabila posisi ruangan sulit dicapai oleh pencahayaan alami atau saat pencahayaan alami tidak mencukupi. Fungsi pokok pencahayaan buatan baik yang diterapkan secara tersendiri maupun yang dikombinasikan dengan pencahayaan alami adalah sebagai berikut :

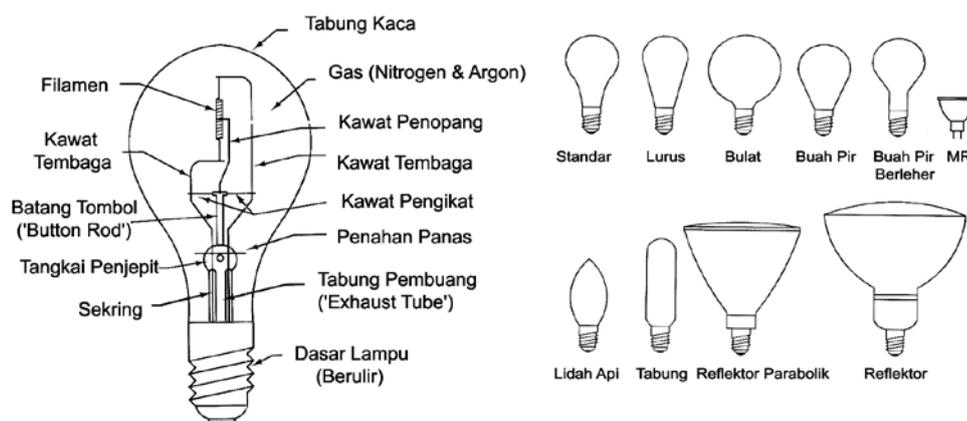
a. Menciptakan lingkungan yang memungkinkan penghuni melihat secara detail

- serta terlaksananya tugas serta kegiatan visual secara mudah dan tepat.
- b. Memungkinkan penghuni berjalan dan bergerak secara mudah dan aman.
 - c. Tidak menimbulkan pertambahan suhu udara yang berlebihan pada tempat kerja.
 - d. Memberikan pencahayaan dengan intensitas yang tetap menyebar secara merata, tidak berkedip, tidak menyilaukan, dan tidak menimbulkan bayang-bayang.
 - e. Meningkatkan lingkungan visual yang nyaman dan meningkatkan prestasi.

Sumber cahaya penerangan buatan digunakan berbagai ragam lampu. Secara umum lampu-lampu digolongkan atas lampu pijar, lampu fluoresen (lampu neon), dan lampu metal halida, lampu merkuri dan lampu sodium.

1. Lampu Pijar.

Lampu pijar mempunyai *efficacy* (Q) yang rendah, sehingga biayanya menjadi tinggi. Namun dari segi arsitektural, lampu pijar dapat menonjolkan unsur dekoratif sehingga sering digunakan sebagai lampu sorot.



Gambar 2.13 Jenis-jenis lampu pijar (<http://repository.binus.ac.id/content/R0174/R017465948.doc>, p.21, viewed : 17 Januari 2010).

Lampu pijar mempunyai banyak ragam, antara lain: lampu pijar standar, lampu halogen (MR) dan lampu dengan reflektor, dan mempunyai rentang daya antara 5 – 500 Watt. Khusus untuk lampu halogen kecil mempunyai daya antara 4 – 40 Watt, sedang yang besar mempunyai daya antara 200 – 2000 Watt.

Ada beberapa hal yang mengurangi efisiensi dalam mengkonversikan energi listrik menjadi cahaya, dari 100% daya yang diterima oleh filamen:

- 70 % menjadi sinar infra merah
- 20 % menjadi rugi konduksi dan konveksi
- 10 % menjadi radiasi cahaya tampak

Suhu lampu berkisar antara 37° – 260° C dan biasanya menghasilkan suhu warna hangat (2.500K – 2.700K), perubahan warna 1A dengan *Efficacy* 12 lumens/Watt serta memiliki umur lampu 1 – 2000 jam.

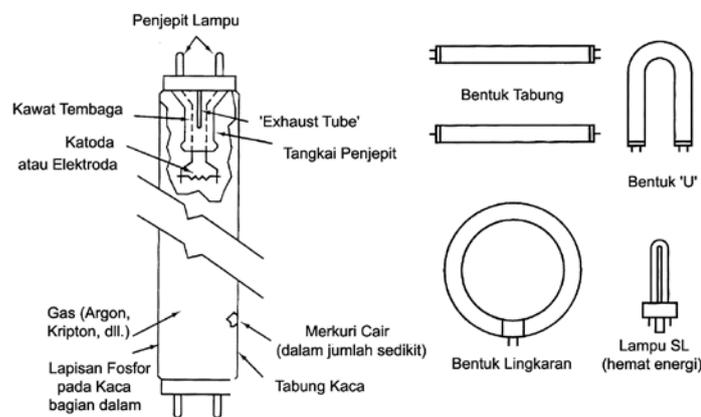
2. Lampu Fluoresen.

Lampu fluoresen (lampu TL/TLD, PL dan SL) mempunyai *efficacy* tinggi, sehingga biayanya rendah. Disamping itu, lampu ini memberikan suasana sejuk dan dapat memantulkan warna benda seperti aslinya. Oleh karenanya, lampu jenis ini baik digunakan untuk penerangan umum. Penggunaan lampu TL lebih disukai dibandingkan dengan lampu pijar, karena:

- Menghasilkan 3 – 5 kali lumen per Watt
- Usia lampu 7 – 20 kali lampu pijar
- Menghasilkan panas yang lebih kecil
- Dapat tetap beroperasi pada suhu rendah, sampai 28 ° C

- Suhu lampu maksimal 40° C

Lampu TL/TLD mempunyai daya antara 10 – 60 Watt, lampu PL mempunyai daya antara 5 – 36 Watt, *Efficacy* : 80 lumens/Watt, Indeks Perubahan Warna : 2-3, Suhu Warna apa saja, Umur Lampu 7-15.000 jam. Sedangkan lampu SL mempunyai daya 9 W, 13 W, 18 W, dan 25 Watt, dengan *Efficacy* 60 lumens/Watt, indeks perubahan warna 1B, suhu warna hangat, netral, umur lampu 7-10.000 jam. Lampu fluoresen memiliki banyak ragam dan bentuk sebagaimana terlihat pada berikut ini.



Gambar 2.14 Jenis-jenis lampu fluoresen (<http://repository.binus.ac.id/content/R0174/R017465948.doc>, p.23, viewed : 17 Januari 2010).

Distribusi energi yang dikeluarkan oleh lampu fluoresen :

- 40 % menjadi sinar infra merah
- 45 % menjadi rugi konduksi dan konveksi
- 25 % menjadi radiasi cahaya tampak

Lampu fluoresen berisi gas neon, natrium, uap air raksa, helium dan argon.

Lampu TL (*tube light*) menggunakan uap air raksa yang mengeluarkan sinar ultra ungu. TL dengan katode dingin membutuhkan voltage yang tinggi, karenanya

dibutuhkan transformator untuk menstabilkan tegangan listrik, sedang TL katode panas membutuhkan balast.

3. Lampu Metal Halida, Merkuri dan Sodium

Lampu jenis ini cocok untuk penerangan diluar bangunan. Lampu Metal Halida mempunyai daya antara 250 – 2000 Watt, *Efficacy* 80 lumens/Watt, indeks perubahan warna 1A –2 tergantung pada campuran halida, suhu warna 3.000K – 6.000K, umur lampu 6.000 – 20.000 jam. Distribusi aliran energinya adalah :

- 50 % menjadi kerugian konduksi dan konveksi
- 25 % menjadi cahaya tampak
- 20 % menjadi radiasi inframerah
- 5 % mejadi radiasi ultraviolet

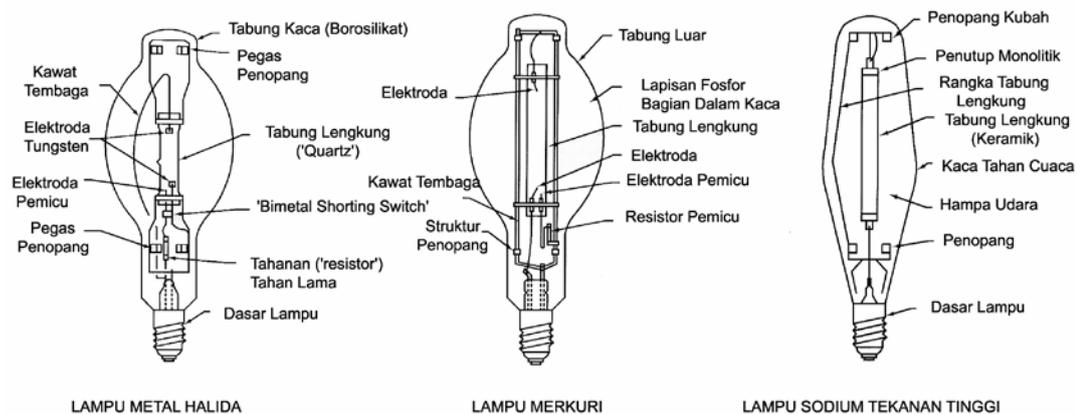
Lampu Merkuri mempunyai daya antara 50 – 1000 Watt, dengan *Efficacy* 50 - 60 lumens/Watt, indeks perubahan warna 3, suhu warna menengah, umur lampu 16.000 – 24.000 jam. Distribusi aliran energinya adalah :

- 30 % menjadi kerugian konduksi dan konveksi
- 15 % menjadi cahaya tampak
- 15 % menjadi radiasi inframerah
- 20 % mejadi radiasi ultraviolet

Lampu Sodium tekanan tinggi mempunyai daya antara 70 – 2000 Watt, dengan *Efficacy* 50-60 lumen/watt sedang Lampu Sodium tekanan rendah mempunyai daya antara 18 – 180 Watt, dengan *efficacy* 50 - 90 lumens/watt, perubahan warna

1 – 2, warna cahaya hangat, umur lampu 24.000 jam. Distribusi aliran energinya adalah :

- 60 % menjadi kerugian konduksi dan konveksi
- 30 % menjadi cahaya tampak
- 20 % menjadi radiasi inframerah
- 0,5 % mejadi radiasi ultraviolet



Gambar 2.15 Lampu metal halida, merkuri dan sodium (<http://repository.binus.ac.id/content/R0174/R017465948.doc>, p.24, viewed : 17 Januari 2010).

II.1.6.3 Komponen Pencahayaan.

1. Reflektor.

Elemen yang paling penting dalam perlengkapan cahaya, selain dari lampu, adalah reflektor. Reflektor berdampak pada banyaknya cahaya lampu mencapai area yang diterangi dan juga pola distribusi cahayanya. Reflektor biasanya menyebar (dilapisi cat atau bubuk putih sebagai penutup) atau *specular* (dilapisi atau seperti kaca). Reflektor konvensional yang menyebar memiliki tingkat pemantulan 70-80% apabila baru. Bahan yang lebih baru dengan daya pemantulan yang lebih tinggi atau semi-difusi memiliki daya pemantulan sebesar 85%.

Dalam kondisi baru, lampu ini memiliki nilai pantul sekitar 85-96%. Nilai tersebut tidak berkurang seperti pada reflektor konvensional yang berkurang karena usia. Bahan yang umum digunakan adalah aluminium yang diberi perlakuan anoda (nilai pantul 85-90%) dan lapisan perak yang dilaminasikan ke bahan logam (nilai pantul 91-95%) Menambah (atau melapisi) aluminium dilakukan untuk mencapai nilai pantul lebih kurang 88-96%. Lampu harus tetap bersih agar efektif, reflektor optik kaca tidak boleh digunakan dalam peralatan yang terbuka di industri dimana peralatan tersebut mungkin akan terkena debu (Suparman, 2009, P.25).



Gambar 2.16 Optik kaca luminar (Suparman, 2009, p.25)

2. Gir.

Suparman (2009, p.26) mengatakan gir yang digunakan dalam peralatan pencahayaan adalah sebagai berikut :

- a. Balas: Suatu alat yang membatasi arus, untuk melawan karakteristik tahanan negatif dari berbagai lampu pelepas. Untuk lampu neon, alat ini membantu meningkatkan tegangan awal yang diperlukan untuk memulai penyalaan.

- b. Ignitors: Digunakan untuk penyalaan awal lampu Metal Halida dan uap Sodium intensitas tinggi.

II.1.6.4 Armatur Lampu (*Luminaires*)

Armatur lampu adalah suatu wadah untuk menentukan pembiasan atau jumlah cahaya yang menyebar dalam suatu ruangan (Suparman, 2009, p.21).

Jumlah armatur yang diperlukan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan tertentu. Untuk menghitung jumlah armatur, terlebih dahulu dihitung fluks luminus total yang diperlukan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan yang direncanakan, dengan menggunakan persamaan (SNI 03-6575-2001, 2001, P.4) :

$$F_{Total} = \frac{E \times A}{K_p \times K_d} \text{ (lumen) } \dots\dots\dots(11)$$

Dimana :

E = tingkat pencahayaan (lux).

A = luas bidang kerja (M²).

K_p = koefisien penggunaan.

K_d = kefisien depresi.

Kemudian jumlah armatur dihitung dengan persamaan :

$$N_{Total} = \frac{F_{Total}}{F_1 \times n} \dots\dots\dots(12)$$

dimana :

F₁ = fluks luminus satu buah lampu (Lux).

n = jumlah lampu dalam satu armatur.

Suparman (2009, p.21) menyatakan bahwa armatur lampu tersebut dapat digolongkan ke dalam tiga bagian, yaitu :

1. Melebar (*disperse*), dengan interior yang diberi email putih memancarkan sinar cahaya lebar, tetapi kerugian adalah langit-langit dibuat menjadi berada dalam kegelapan yang sangat menyolok.
2. Memusat, terbatas penerangannya yaitu untuk operasi tertentu yang memerlukan cahaya yang sangat terang.
3. Umum atau suatu kombinasi dari tiga tipe tersebut, memerlukan iluminasi sekeliling yang baik dan dibantu oleh cahaya yang dipantulkan dari langit-langit yang dicat putih.

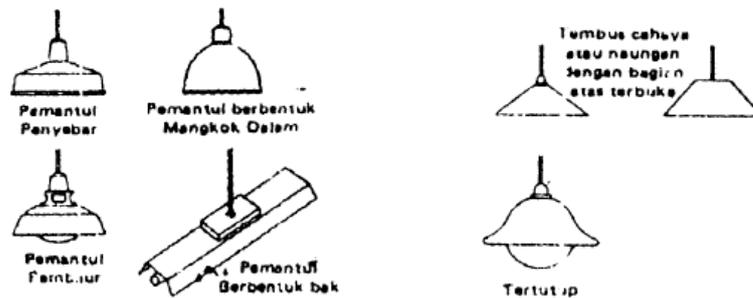
Armatur lampu dapat dibagi menurut beberapa cara, yaitu :

1. Berdasarkan sifat penggunaannya, terbagi atas armatur untuk penerangan langsung, setengah langsung, diffuse, setengah tidak langsung dan tidak langsung.
2. Berdasarkan konstruksinya, terbagi atas armatur biasa, armatur kedap letupan debu dan armatur kedap letupan gas.
3. Berdasarkan penggunaannya, terbagi atas armatur untuk penerangan dalam, penerangan luar, penerangan industri, penerangan dekorasi dan armatur yang ditanam di dinding atau di langit-langit.
4. Berdasarkan bentuknya, terbagi atas armatur balon, armatur pinggan, armatur rok gelang, armatur pancaran lebar dan terbatas, armatur kandil, armatur palung dan armatur-armatur jenis lainnya untuk lampu-lampu bentuk tabung.

5. Berdasarkan cara kerja pemasangannya, terbagi atas armatur langit-langit, armatur dinding, armatur gantung, armatur berdiri.

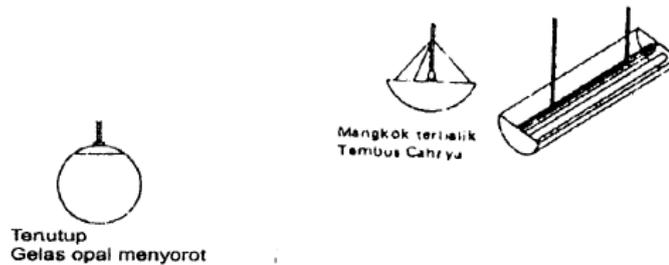
Bentuk sumber cahaya dan armatur harus sedemikian rupa, untuk dapat melihat benda-benda sewajarnya akan tetapi bayang-bayang yang ditimbulkan tidak boleh terlalu tajam.

Beberapa contoh armatur dapat di lihat pada Gambar 2.17 di bawah ini :



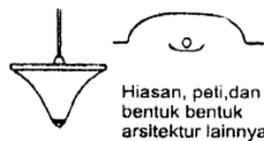
(a) Armatur langsung

(b) Armatur setengah langsung



(c) Armatur difus/menyebar

(d) Armatur setengah tidak langsung

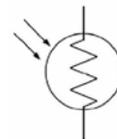


(e) Armatur tidak langsung

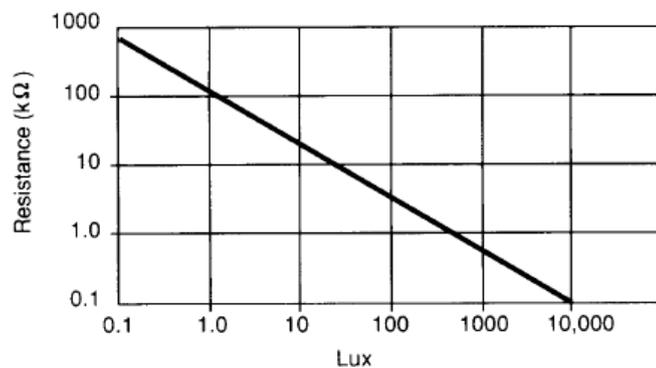
Gambar 2.17 Jenis-jenis armatur (Suparman, 2009, p.23)

II.2 Sensor Cahaya.

Suyanto dkk (2008, P.184) menyebutkan bahwa sensor cahaya adalah alat yang digunakan untuk merubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Prinsip kerja dari alat ini adalah mengubah energi dari foton menjadi elektron. Salah satu komponen elektronika yang dapat dijadikan sebagai sensor cahaya adalah *Light Dependent Resistor* (LDR). LDR adalah suatu bentuk komponen yang mempunyai perubahan resistansi yang besarnya tergantung pada cahaya. LDR memanfaatkan bahan semikonduktor yang karakteristik listriknya berubah-ubah sesuai dengan cahaya yang diterima. Bahan yang digunakan adalah Kadmium Sulfida (CdS) dan Kadmium Selenida (CdSe).



Gambar 2.18 Bentuk fisik LDR Gambar 2.19 Simbol LDR (data sheet LDR)



Gambar 2.20 Grafik hubungan antara resistansi dan iluminasi (data sheet LDR)

II.3 Analog to Digital Converter .

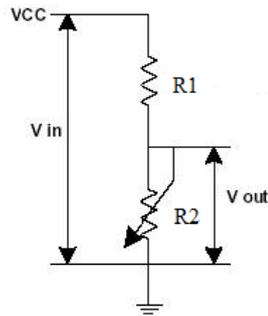
Mikrokontroler ATmega8535 memiliki fasilitas Analog to Digital Converter yang sudah *built-in* dalam chip. Fitur ADC internal inilah yang menjadi salah satu kelebihan mikrokontroler ATmega8535 bila dibandingkan dengan beberapa jenis mikrokontroler yang lain. Dengan adanya ADC internal ini kita tidak akan direpotkan lagi dengan kompleksitas *hardware* saat membutuhkan proses pengubahan sinyal dari analog ke digital seperti yang harus dilakukan jika kita memakai komponen IC ADC eksternal (Agus Bejo, 2008, p72).

ATmega8535 memiliki resolusi ADC 10-bit dengan 8 channel input dan mendukung 16 macam penguat beda. ADC ini bekerja dengan teknik *successive approximation*. Rangkaian internal ADC ini memiliki catu daya tersendiri yaitu pin AVCC. Tegangan AVCC harus sama dengan $V_{cc} \pm 0.3 V$

Fitur dari ADC ATmega8535 adalah sebagai berikut:

- a) Resolusi 10 bit,
- b) Waktu konversi 65 - 260 μs ,
- c) 8 ch input,
- d) 0-V_{cc} input ADC,
- e) 3 Mode pemilihan tegangan referensi.

Untuk mempelajari ADC pada ATmega8535, kita cukup membuat rangkaian sederhana dari potensiometer seperti pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Rangkaian pembagi tegangan dengan Potensiometer (M. Ary Heryanto & Wisnu Adi P, 2008, p. 81)

Dengan dasar pembagi tegangan kita dapat memberi tegangan yang bervariasi ke ADC, dimana

$$V_{out} = \frac{R2}{R2 + R1} V_{in} \dots\dots\dots (13)$$

Dari rangkaian Gambar di atas, keluarannya dihubungkan ke input ADC, yaitu misal ke portA.0 (ADC ch.0). Untuk melihat hasil ADC, kita dapat memasang rangkaian LED atau LCD.

Data hasil konversi ADC mikrokontroler ATmega8535 dengan menggunakan 8 bit dirumuskan sebagai berikut:

$$ADC = \frac{V_{IN} \times 255}{V_{REF}} \dots\dots\dots (14)$$

di mana :

Vin : tegangan masukan pada pin yang dipilih

Vref: tegangan referensi yang dipilih

Untuk mengatur model dan cara kerja ADC dilakukan melalui register ADMUX, dan ADCSRA.

1. ADC Multiplexer Selection Register (ADMUX).

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	ADMUX
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Bit 7:6 – REFS1:0 : *reference Selection Bits*.

Bit REFS1 dan REFS0 digunakan untuk menentukan tegangan referensi dari ADC seperti terlihat pada tabel 2.5. Bit ini tidak dapat dirubah pada saat konversi sedang berlangsung

Tabel 2.4 Pengaturan tegangan referensi ADC

No.	REFS 1	REFS 2	Tegangan Referensi
1.	0	0	Pin AREF
2.	0	1	Pin AVCC, dengan pin AREF diberi kapasitor
3.	1	0	Tidak digunakan
4.	1	1	Internal 2,56 V dengan pin AREF diberi kapasitor

Sumber : Agus Bejo, 2008, p.73

Keterangan :

'00' : tegangan referensi menggunakan tegangan yang terhubung ke pin AREF.

'01' : tegangan referensi menggunakan tegangan AVCC dan pin AREF diberi kapasitor.

'00' : tidak digunakan.

'00' : tegangan referensi menggunakan referensi internal 2.56 V dan pin AREF diberi kapasitor.

- Bit 5 - ADLAR : *ADC Left Adjust Result.*

Bit ADLAR digunakan untuk mengatur format penyimpanan data ADC pada register ADCL dan ADCH.

- ◆ Bit 4:0 - MUX4:0 : *Analog Channel and Gain Selection Bits*

Bit-bit MUX4:0 dapat digunakan untuk menentukan pin masukan analog ADC pada mode konversi tunggal atau untuk menentukan pin-pin masukan analog dan nilai penguatannya (gain) pada mode penguat beda. Lihat tabel pengatur pin masukan ADC pada lampiran C.

2. ADC Control and Status Register A (ADCSRA).

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	ADCSRA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Bit 7 - ADEN : *ADC Enable.*

Bit ADEN digunakan untuk mengaktifkan dan menon-aktifkan fasilitas ADC. Jika bit ADEN diset 1 maka ADC diaktifkan dan jika bernilai '0' maka ADC tidak aktif.

- Bit 5 - ADATE : *ADC Auto Trigger Enable.*

Bit ini digunakan untuk mengaktifkan pemicu proses konversi ADC sesuai dengan bit-bit ADTS pada register SFIOR. Jika bit ADATE bernilai "1" berarti pemicu ADC diaktifkan.

- Bit 4 - ADIF: *ADC Interrupt Flag.*

Bit ADIF adalah bendera interupsi ADC yang digunakan untuk menunjukkan ada tidaknya permintaan interupsi ADC. Bit ADIF akan bernilai '1' jika proses konversi ADC telah selesai.

- Bit 3 - ADIE : *ADC Interrupt Enable*.

Bit ADIE digunakan untuk mengaktifkan dan menon-aktifkan interupsi ADC. Jika bit ADIE bernilai T dan bit-I pada SREG diset T maka saat terjadi permintaan interupsi ADCI (bit ADIF bernilai '1') akan menyebabkan program melompat ke alamat vektor interupsi ADC yaitu 0x00E.

- Bit 2:0 - ADPS2:0 : *ADC Prescaler Select Bits*.

Bit ADPS2, ADPS1 dan ADPS0 digunakan untuk menentukan faktor pembagi frekuensi kristal yang kemudian hasilnya digunakan sebagai frekuensi *clock* ADC. Seperti pada tabel 2.5 di bawah ini

Tabel 2.5 Skala clock ADC.

ADPS2	ADPS1	ADPS0	Faktor Pembagi
0	0	0	2
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64

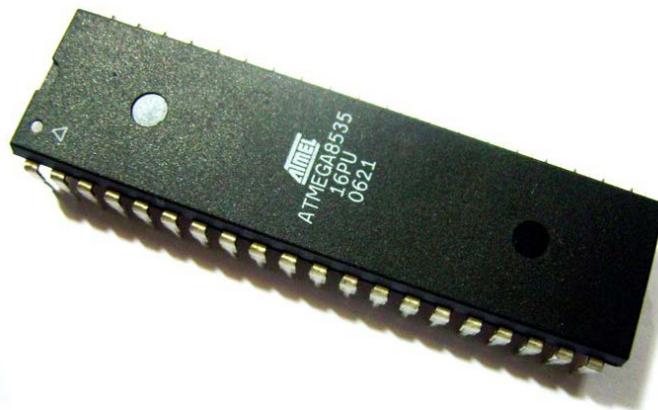
Sumber : Agus Bejo, 2008, p.76

II.4 Mikrokontroler AVR.

Mikrokontroller AVR memiliki arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) 8 bit. Dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bit word) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus clock, berbeda

dengan instruksi MCS51 yang membutuhkan 12 siklus clock. Tentu saja itu terjadi karena kedua jenis mikrokontroller tersebut memiliki arsitektur yang berbeda. AVR berteknologi RISC, sedangkan seri MCS51 berteknologi CISC (*Complex Instruction Set Computing*). Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi empat kelas, yaitu keluarga AtTiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan hampir sama. (M. Ary Heryanto & Wisnu Adi P, 2008, p.1)

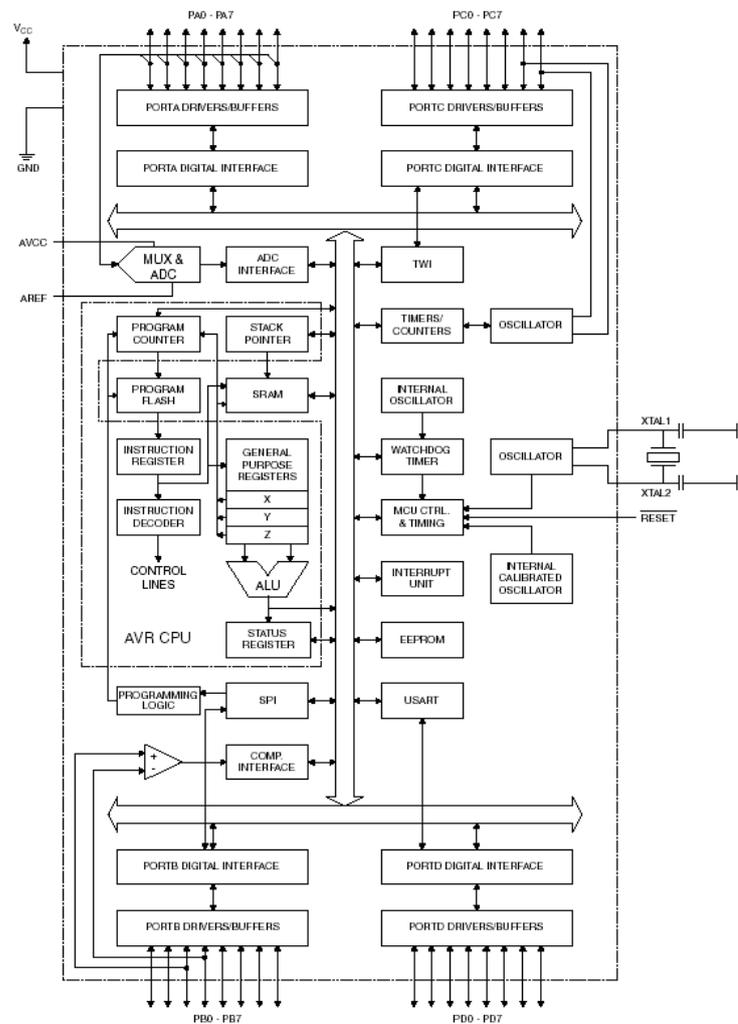
Oleh karena itu, dipergunakan salah satu AVR produk Atmel, yaitu ATmega8535 yang memiliki fasilitas lengkap dan didukung oleh *software* CodeVision_AVR_1.25.4 sebagai simulasi dan *compiler*.



Gambar 2.22 Bentuk fisik Atmega8535.

II.4.1 Arsitektur ATmega8535.

Mikrokontroller yang digunakan adalah ATmega8535. Blok diagram fungsional ditunjukkan pada Gambar 2.23 :



Gambar 2.23 Blok diagram fungsional ATmega8535 (M. Ary Heryanto & Wisnu Adi P, 2008, p.2)

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa ATmega8535 memiliki bagian sebagai berikut : Saluran I/O sebanyak 32 buah (Port A, Port B, Port C, dan Port D), ADC 10 bit sebanyak 8 saluran, memiliki tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan. Selain itu mikro ini juga memiliki CPU yang terdiri atas 32 buah register, *Watchdog Timer* dengan osilator internal, SRAM sebesar 512 byte, memori *Flash* sebesar 8k byte dengan kemampuan *Read While Write*, unit interupsi internal dan eksternal, Port antarmuka SPI, EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 512 byte yang dapat

diprogram saat operasi, antarmuka komparator analog, dan Port USART untuk komunikasi serial (Ary Heryanto dan Wisnu Adi 2008, p.1).

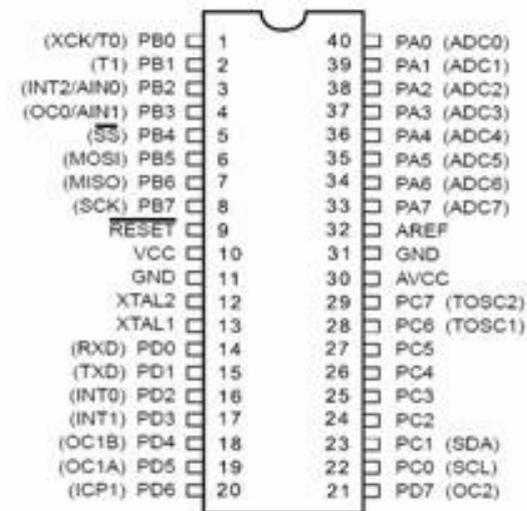
II.4.2 Fitur ATmega8535.

Agus Bejo (2008, p.10) mengemukakan bahwafitur-fitur yang dimiliki oleh ATmega8535 adalah :

- a. 130 macam instruksi, yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus clock.
- b. 32 x 8-bit register serba guna.
- c. Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan clock 16 MHz,
- d. 8 KByte Flash Memori, yang memiliki fasilitas *InSystemProgramming*.
- e. 512 Byte internal EEPROM.
- f. 512 Byte SRAM.
- g. Programming Lock, fasilitas untuk mengamankan kode program.
- h. 2 buah timer/counter 8-bit dan 1 buah timer/counter 16-bit.
- i. 4 channel output PWM.
- j. 8 channel ADC 10-bit.
- k. Serial USART.
- l. Master/Slave SPI serial interface.
- m. Serial TWI atau I2C.
- n. On-Chip Analog Comparator.

II.4.3 Konfigurasi pin ATmega8535.

Konfigurasi pin ATmega8535 bisa dilihat pada Gambar 2.24 berikut :

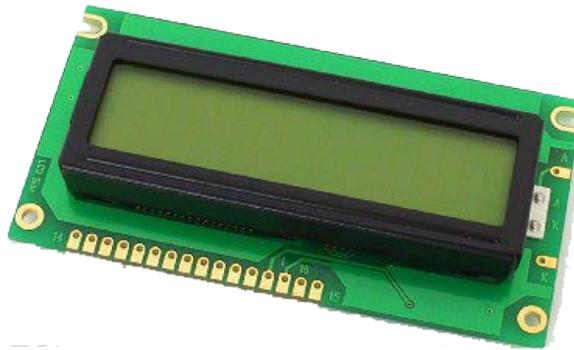


Gambar 2.24 Konfigurasi pin ATmega8535 (Agus Bejo 2008, p.11)

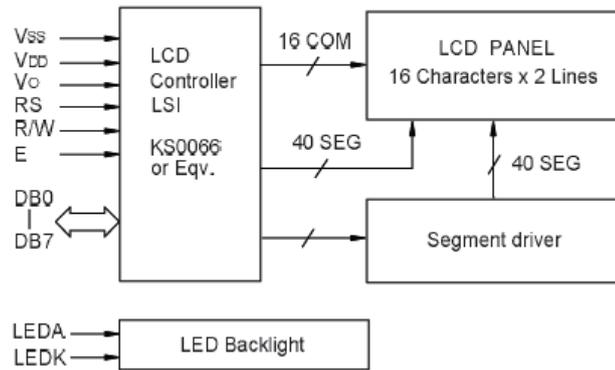
Adapun keterangan dari port atau pin dari gambar dapat dilihat pada lampiran D.

II.5 *Liquid Crystal Display (LCD).*

LCD digunakan sebagai penampil informasi sistem pendeteksi level iluminasi. Salah satu tipe LCD yang umum digunakan adalah tipe Topway LCD LMB162A. Modul ini merupakan modul penyaji kristal cair matrik titik dengan pengendali di dalamnya. Pengendali ini mempunyai sebuah ROM/RAM pembangkit karakter di dalamnya dan RAM data tampilan. Semua fungsi tampilan dikendalikan oleh instruksi-instruksi. LMB162A merupakan Modul LCD *Matrix* dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan setiap karakternya dibentuk oleh 8 baris *pixel* dan 5 kolom *pixel* (1 baris *pixel* terakhir adalah kursor). Gambar 2.25 menunjukkan blok diagram Topway LCD LMB162A.



Gambar 2.25 Bentuk fisik Topway LCD LMB162A



Gambar 2.26 Blok diagram Topway LCD LMB162A (data sheet Topway LCD LMB162A).

Agar lebih jelas, pin-pin LCD LMB 1632A dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6 Keterangan pin Topway LCD LMB 1632A

No.	Pin	Fungsi
1.	Vss	OV(GND)
2.	Vcc	5V
3.	VLC	LCD Contrass Voltage
4.	RS	Register Select; H: Data Input; Instruction Input
5.	RD	H: Read; L: Write
6.	EN	Enable Signal
8.	DI	Data bus

Bersambung ke halaman sebelah

No.	Pin	Fungsi
9.	D2	Data bus
10.	D3	
11.	D4	
12.	D5	
13.	D6	
14.	D7	
15.	V+BL	
16.	V-BL	Negatif Backlight Voltage (0V; GND)

Sumber : Ary Heryanto dan Wisnu Adi 2008, p.1

II.6 Bahasa C.

II.6.1 Sejarah Bahasa C.

Bahasa C merupakan perkembangan dari bahasa BCPL yang dikembangkan oleh Martin Richards pada tahun 1967. Selanjutnya bahasa ini memberikan ide kepada Ken Thompson yang kemudian mengembangkan bahasa yang disebut bahasa B pada tahun 1970. Perkembangan selanjutnya dari bahasa B adalah bahasa C oleh Dennis Ricthie sekitar tahun 1970-an di Bell Telephone Laboratories Inc. (sekarang adalah AT&T Bell Laboratories). Bahasa C pertama kali digunakan di computer Digital Equipment Corporation PDP-11 yang menggunakan system operasi UNIX. Hingga saat ini penggunaan bahasa C telah merata di seluruh dunia. Hampir semua perguruan tinggi di dunia menjadikan bahasa C sebagai salah satu mata kuliah wajib. Selain itu, banyak bahasa pemrograman populer

seperti PHP dan Java menggunakan sintaks dasar yang mirip bahasa C (Achmad Solichin, 2003, p.1).

II.6.2 Keuntungan dan Kekurangan Bahasa C

Achmad Solichin (2003, pp.1-2) mengatakan bahwa keuntungan dan kekurangan dari bahasa C adalah sebagai berikut :

1. Keuntungan Bahasa C
 - a. Bahasa C tersedia hampir di semua jenis komputer.
 - b. Kode bahasa C sifatnya adalah portable dan fleksibel untuk semua jenis computer.
 - c. Bahasa C hanya menyediakan sedikit kata-kata kunci, hanya terdapat 32 kata kunci.
 - d. Proses executable program bahasa C lebih cepat
 - e. Dukungan pustaka yang banyak.
 - f. C adalah bahasa yang terstruktur
 - g. Bahasa C termasuk bahasa tingkat menengah

2. Kekurangan Bahasa C
 - a. Banyaknya Operator serta fleksibilitas penulisan program kadang-kadang membingungkan pemakai.
 - b. Bagi pemula pada umumnya akan kesulitan menggunakan *pointer*

II.5.3 Struktur Dasar Bahasa C.

Ary Heryanto dan Wisnu Adi (2008, p.1) menyebutkan bahwa struktur penulisan bahasa C secara umum terdiri atas empat blok, yaitu:

1. Header.
2. Deklarasi konstanta global dan atau variabel.
3. Fungsi dan atau prosedur.
4. Program utama.

Secar umum, pemrograman C paling sederhana dilakukan dengan hanya menuliskan program utamanya saja, yaitu :

```
void main (void)
{
...
}
```

Header

Header berisi include file (.hex) , yaitu library (pustaka) yang akan digunakan dalam pemrograman.

Contoh:

```
#include <mega8535.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
```

Prosedur dan Fungsi.

Seringkali dalam suatu program ditemukan kelompok instruksi untuk suatu keperluan tertentu yang sering dijalankan. Kelompok instruksi ini bias dibuat sebagai prosedur atau fungsi. Langkah ini akan dapat menghemat memori dibanding bila instruksi tersebut ditulis berulang. Pemanggilan prosedur atau fungsi dilakukan dengan langsung menuliskan prosedur atau fungsinya.

Prosedur.

Prosedur adalah suatu kumpulan instruksi untuk mengerjakan suatu keperluan tertentu tanpa mengembalikan suatu nilai.

```
...
Void nama_prosedur (parameter1, parameter2,..
parameterN) { pernyataan-pernyataan;
}
...
```

Fungsi

Fungsi adalah suatu kumpulan instruksi untuk mengerjakan suatu keperluan tertentu dengan hasil akhir pengembalian nilai dari keperluan tersebut.

```
...
Type data nama_fungsi (parameter1, parameter2,..
parameterN)
{
Pernyataan-pernyataan;
Return variabel_hasil:
}
...
```

Struktur dasar Bahasa C terdiri dari tipe data, konstanta, variabel, deklarasi dan operator. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran F.

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

III.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.

Penelitian ini berlokasi di Laboratorium Elektronika Daya Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang berada di lantai tiga gedung perkuliahan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Tamalarea dan berlangsung selama 2 bulan yang dimulai bulan Januari 2010 sampai dengan bulan Februari 2009 dan bertempat di Kota Makassar.

III.2 Perancangan.

Pada bagian ini akan di bahas tentang perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras yang dirancang digunakan untuk proses kalibrasi sensor dan pengujian Lux Meter. Sedangkan perancangan perangkat lunak dimaksudkan untuk menampilkan nilai ADC pada kalibrasi sensor dan untuk menampilkan nilai intensitas penerangan pada Lux Meter. Proses penulisan program bahasa C dilakukan pada *CodeVisionAVR V2.03.4*. Adapun prosedur membuat program, *compile* dan *download* pada *CodeVisionAVR V2.03.4* dapat dilihat lampiran G. Penjelasan lebih lanjut mengenai perancangan ini dapat dibaca pada bagian berikut ini.

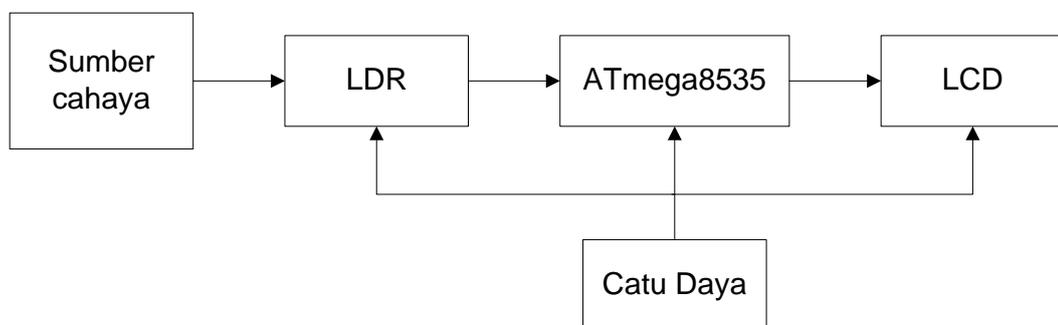
III.2.1 Perancangan *hardware*.

Alat dan bahan yang digunakan pada perancangan ini dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Alat dan bahan yang digunakan.

No.	Alat/bahan	Jumlah	Fungsi
1.	PC/Downloader ATmega8535	1 buah	<i>Programing Enviroment</i>
2.	LDR	1 buah	sensor cahaya
3.	Mikrokontroler ATmega8535	1 buah	pusat pengendali dan pemroses
4.	LCD	1 buah	penampil nilai intensitas penerangan

Sebelum merancang *hardware*, terlebih dahulu membuat blok diagram dari Lux Meter yang akan dirancang. Blok diagram ini menjelaskan secara alur kerja dari alat yang dirancang. Gambar 3.1 di bawah ini merupakan blok diagram dari Lux Meter yang akan di buat.

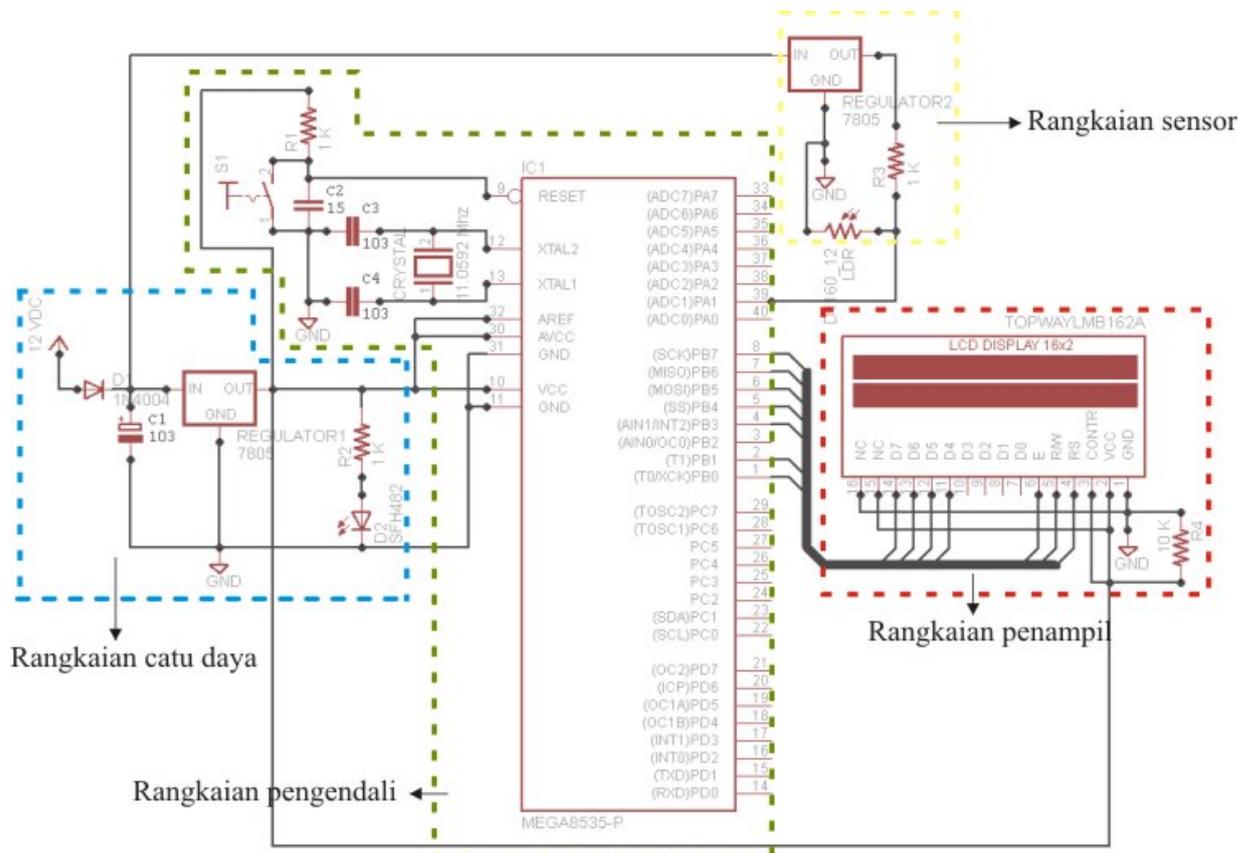


Gambar 3.1 Blok diagram perangkat Lux Meter

Berikut ini akan menjelaskan secara singkat blok diagram di atas. LDR digunakan untuk mendeteksi cahaya. *Output* dari LDR berupa tegangan yang bervariasi

besarnya tergantung dari besarnya fluks cahaya yang diterima. Keluaran dari LDR ini, dikirim pada salah pin ADC ATmega8535. Kemudian *chip* ini akan memproses data yang diterima tersebut. Pemrosesan data dapat berlangsung dengan bantuan program bahasa C yang *download*kan pada *chip*. Selanjutnya mikrokontroler ATmega8535 akan mengirim hasil data yang dikelola tersebut pada LCD. Nilai yang ditampilkan pada LCD tersebut adalah nilai intensitas penerangan yang diterima oleh LDR.

Langkah selanjutnya adalah merancang rangkaian dari Lux Meter tersebut. Gambar 3.2 berikut ini menunjukkan rangkaian lengkap dari Lux Meter.

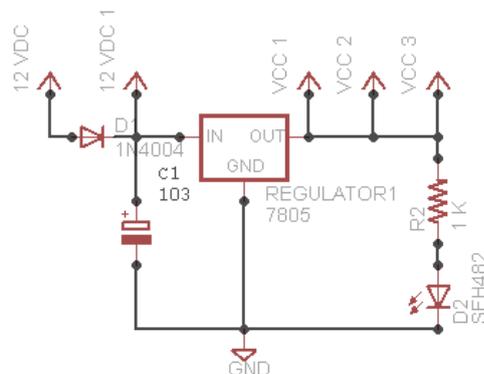


Gambar 3.2 Rangkaian Lux Meter

Bagian berikut akan menjelaskan dari blok rangkaian di atas yaitu yaitu rangkaian catu daya, rangkaian sensor, rangkaian pengendali dan rangkaian penampil.

1. Rangkaian catu daya

Rangkaian catu daya ini merupakan penyedia tegangan untuk keseluruhan rangkaian. Rangkaian ini terdiri dari regulator tegangan 7805. Regulator jenis ini memiliki input 12 Vdc dan keluaran 5 Vdc. Dioda digunakan untuk pengamanan. Kapistor berfungsi sebagai peanapis atau filter. Sedangkan LED sebagai indikasi adanya tegangan yang keluar dari regulator. Untuk lebih jelasnya blok rangkaian catu daya dapat di lihat pada ambar 3.3 berikut ini :

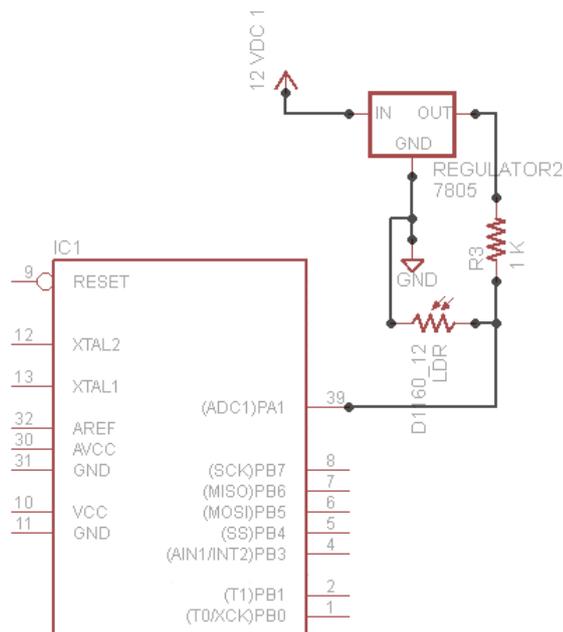


Gambar 3.3 Rangkaian catu daya

2. Rangkaian sensor.

Rangkaian sensor cahaya yang digunakan pada pendeteksi level iluminasi ditunjukkan pada Gambar 3.4. Komponen yang digunakan sebagai sensor cahaya adalah LDR yang dihubungkan seri dengan resistor sebesar 10 k Ω dan diparalelkan dengan pin A1 pada mikrokontroler sebagai input ADC. LDR yang

digunakan pada perancangan ini memiliki nilai hambatan minimal $0.1 \text{ K}\Omega$ dan maksimal $50 \text{ k}\Omega$.

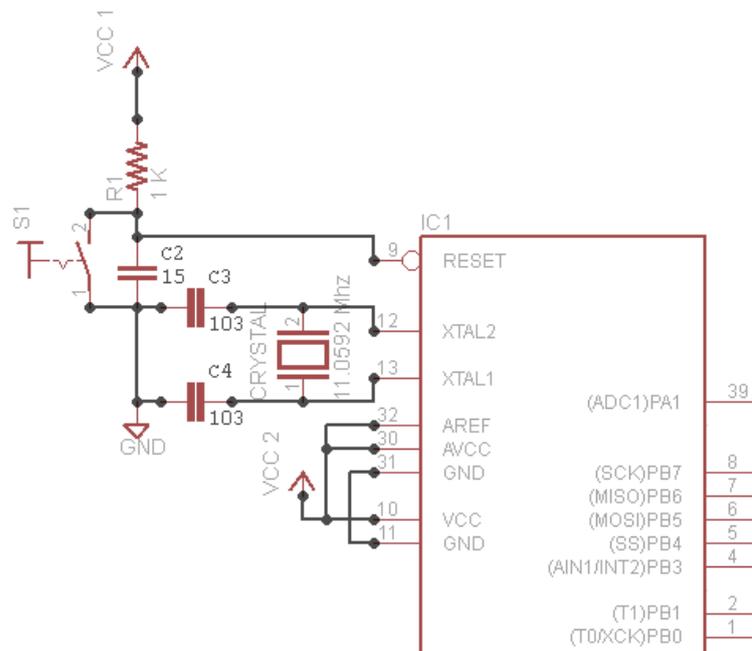


Gambar 3.4 Rangkaian sensor cahaya

Prinsip kerja dari rangkaian di atas secara singkat dapat dijelaskan yaitu pada saat LDR tidak menerima cahaya maka tegangan yang masuk pada PA1 sama dengan besarnya tegangan sumber. Apabila LDR menerima sumber cahaya maka tegangan yang masuk pada PA1, akan lebih kecil. Semakin tinggi cahaya yang diterima oleh sumber cahaya maka semakin kecil pula tegangan yang masuk pada PA1. Hal ini terjadi karena hambatan LDR semakin kecil, sedangkan arus yang melewati R3 dan LDR nilainya tetap. Sehingga dapat dikatakan bahwa rangkaian sensor cahaya ini merupakan rangkaian pembagi tegangan. Tujuannya adalah untuk mendapatkan variasi tegangan yang akan masuk pada pin ADC mikro. Dengan adanya variasi tegangan ini maka akan dihasilkan pula nilai ADC yang bervariasi

3. Rangkain pengendali.

Untuk mengaktifkan sebuah mikrokontroler seri ATmega 8535, dibutuhkan catu daya DC ± 5 volt. Selain itu, perlu juga dihubungkan dengan sebuah resonator kristal atau keramik di antara kaki-kaki XTAL1 (pin 13) dan XTAL2 (pin 12) pada mikrokontroler, serta menghubungkannya dengan kapasitor ke ground. Adapun nilai resonator kristal atau keramik yang bisa digunakan ialah dari 11 Hz sampai dengan 33 MHz, dengan nilai kapasitor yang digunakan sebesar 1000 pF untuk kristal, dan 15 pF untuk resonator keramik. Untuk rancangan ini digunakan resonator kristal 11,0592 MHz dengan kapasitor 1000 μ F. Rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 3.5 di bawah ini.



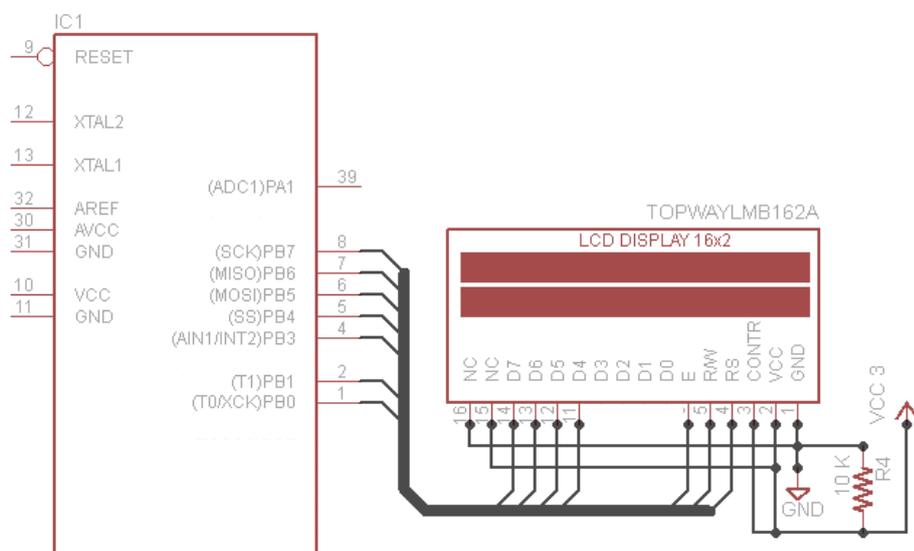
Gambar 3.5 Rangkain pengendali

Pada dasarnya rangkaian pengendali merupakan rangkaian minimum dari mikrokontroler. Akan tetapi pada pin salah satu pin A (PA1) difungsikan sebagai

input untuk ADC yang didapat dari rangkaian sensor. Sedangkan pin B1 sampai B7 digunakan untuk *output* LCD, kecuali PB3 diambangkan.

3. Rangkaian Penampil.

Alat penampil yang dipakai pada perancangan Lux Meter ini adalah LCD. LCD akan menampilkan nilai intensitas penerangan (E) dalam dalam satuan Lux. LCD yang di gunakan adalah Topway LMB162A. Konfigurasi pin dari LCD dan alokasinya pada mikrokontroler ATmega8535 dapat dilihat pada Gambar 3.6 di bawah ini.



Gambar 3.6 Rangkain LCD Topway LMB162A

III.2.2 Perancangan *software*.

Perancangan *software* untuk Lux Meter ini dibagi menjadi atas 2 tahap. Tahap pertama adalah perancangan *software* untuk pengkalibrasian sensor dan tahapan kedua adaalah perancangan *software* untuk Lux Meter itu sendiri.

1. Perancangan *software* kalibrasi.

Perancangan ini dimaksudkan untuk mencari persamaan antara ADC dan intensitas penerangan yang didapatkan, kemudian menjadi nilai intensitas penerangan yang sesungguhnya pada alat yang dirancang. Misalnya dengan sumber cahaya yang sedemikian rupa maka nilai intensitas cahayanya adalah nilai ADC yang kemudian dimasukan pada persamaan yang nantinya didapatkan

Proses kalibrasi sensor ini didasarkan pada persamaan 4. Intensitas penerangan merupakan fungsi kuadrat terbalik dari jarak. Sehingga untuk melakukan proses kalibrasi sensor dilakukan dengan cara menggeser sensor dan sumber cahaya tetap atau menggeser sumber cahaya dan sensor tetap. Kalibrasi yang dilakukan pada perancangan ini dilakukan dengan cara menggeser sensor dan sumber cahaya tetap.

Parameter-parameter yang akan diukur pada kalibrasi sensor ini adalah jarak antara lampu dengan sensor dalam cm, tegangan LDR dalam Volt dan intensitas penerangan dalam Lux. Alat yang dipakai pada proses kalibrasi ini dapat dilihat pada tabel 3.2 di bawah ini.

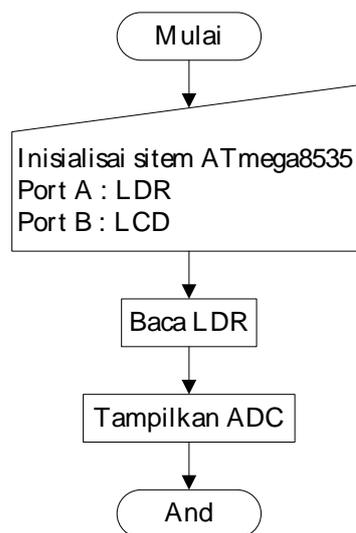
Tabel 3.2 Alat yang digunakan pada proses kalibrasi

No.	Nama alat	Jumlah (buah)	fungsi
1.	Mistar	1	Untuk mengukur jarak lampu dari pengukuran
2.	Multimeter (Chauvin Arnoux/C. A 5220)	1	Untuk mengukur tegangan keluaran LDR

Bersambung ke halaman sebelah

No.	Nama alat	Jumlah (buah)	fungsi
3.	Light Meter (Lutron/LX-107)	1	Untuk mengukur intensitas penerangan
4.	Lampu <i>floursent</i> merek Philips 18 watt	1	Sebagai sumber cahaya

Hard ware yang digunakan pada kalibrasi sensor ini merupakan rangkaian dari Lux Meter, yang membedakan adalah program yang di downloadkan pada mikronya. Dimana pada program ini hanya menampilkan nilai dari ADC yang didapatkan dari LDR. Pada gambar 3.7 menunjukan *flow chart* program untuk kalibrasi sensor.



Gambar 3.7 *Flow chart* program kalibrasi sensor

Berdasarkan *flow chart* di atas maka dibutlah program yang nantinya akan di *downloadkan* pada mikrokontroler. Pembuatan program ini menggunakan pemrograman bahasa C. Program ini kemudian *didownloadkan* pada mikrokontroler. Inisialisasi sistem ATmega8353 pada *CodeVision AVR* dilakukan

dengan pengaturan Port A sebagai *input* ADC, Port B *output* LCD. Proses inialisasi bertujuan untuk mengatur port apa yang bertindak sebagai *input* dan port apa yang bertindak sebagai *output* yang akan digunakan pada mikro. Dalam pemrograman digunakan variabel-variabel sebagai berikut :

```
unsigned char baca_adc(unsigned char pin_adc)
{
  ADMUX=pin_adc | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
  delay_us(10);
  ADCSRA|=0x40;
  while ((ADCSRA & 0x10)==0);
  ADCSRA|=0x10;
  return ADCH;
}
// Declare your global variables here
unsigned char adc1;
unsigned long int x;
```

Selanjutnya LCD akan menampilkan nilai ADC dalam bilangan desimal, dalam pemrograman dituliskan sebagai berikut:

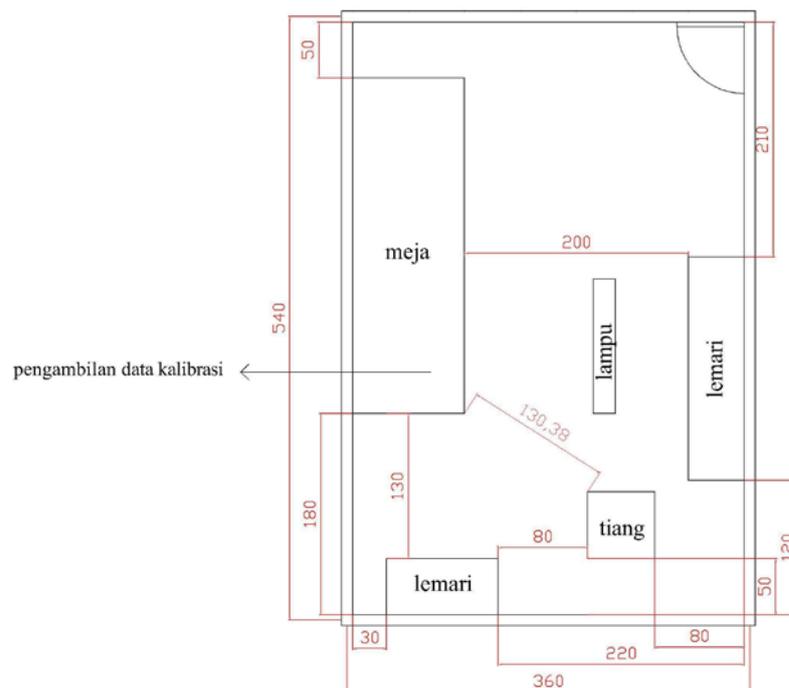
```
void tampilkan_ADC()
{
  adc1=baca_adc(1);
  lcd_gotoxy(0,1);
  sprintf(buff1,"adc = %d",adc1);
}
```

Untuk menampilkan nilai ADC secara kontinyu maka dituliskan program sebagai berikut

```
Void main void
while (1)
{
  {
    tampilkan_ADC();
    delay_ms (250);
  };
}
```

Listing program keseluruhan dapat dilihat pada lampiran H.

Setelah program diatas *download*kan pada mikrokontroler, maka dilakukan pengambilan data kalibrasi sensor. Tahapan ini dilakukan pada Laboratorim Elektronika Daya, pada tanggal 13 Februari 2010, pukul 23.00 wita. Kondisi ruangan tempat kalibrasi terdapat 2 buah lemari, 1 buah meja dengan dinding tembok dan tripleks. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.8 dibawah ini.



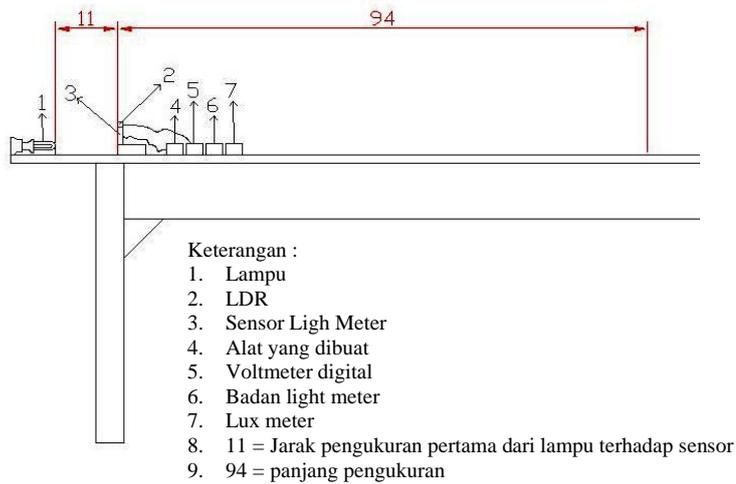
Gambar 3.8 Denah tempat kalibrasi sensor

Sebelum melakukan pengambilan data untuk pengkalibrasian terlebih dahulu dirancang metode pengambilan datanya. Karena alat yang dirancang ini dibatasi pada 2000 Lux sampai 10 Lux, maka pengukuran pertama dilakukan pada jarak 11 cm sampai 105 cm dari lampu. Karena pada jarak tersebut Light Meter menunjukkan intensitas penerangan sebesar 2000 Lux dan 10 Lux. Pada gambar 3.9 menunjukkan diagram alir cara pengambilan data kalibrasi sensor sedangkan

gambar 3.10 menunjukkan ilustrasi pengambilan data. Untuk prosedur pengambilan data kalibrasi secara lengkap dapat dilihat pada lampiran I.



Gambar 3.9 *flow chart* pengambilan data kalibrasi sensor



Gambar 3.10 Ilustrasi pengambilan data

Pengambilan data kalibrasi sensor ini dilakukan pada Laboratorim Elektronika Daya, pada tanggal 13 Februari 2010, pukul 23.00 Wita. Dengan mengikuti prosedur di atas, maka diperoleh data eksperimen seperti pada Tabel 3.3 di bawah ini. Sedangkan tabel keseluruhan dapat dilihat pada lampiran J.

Tabel 3.3 Hasil pengukuran kalibrasi sensor.

No.	Jarak (cm)	ADC	Teg (V)	E (lux)
1.	11	170	3,283	2003
2.	12	175	3,366	1648
3.	13	178	3,437	1440
4.	14	182	3,513	1253
5.	15	186	3,594	1090
6.	16	189	3,647	970
7.	17	192	3,694	882
8.	18	194	3,744	792
9.	19	197	3,802	700
10.	20	199	3,847	638

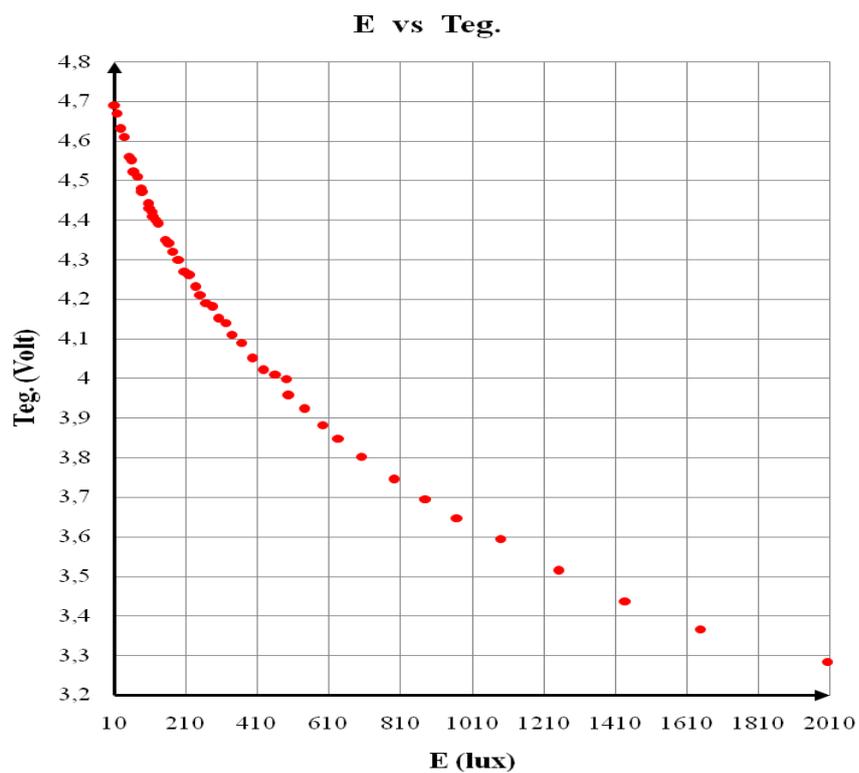
Bersambung ke halaman sebelah

No.	Jarak (cm)	ADC	Teg (V)	E (lux)
11.	21	201	3,882	592
12.	22	203	3,922	542
13.	23	204	3,956	500
14.	24	205	3,999	490
15.	25	207	4,01	462
16.	26	208	4,02	427
17.	27	211	4,05	397
18.	28	212	4,09	367
19.	29	214	4,11	339
20.	30	215	4,14	322
21.	31	216	4,15	302
22.	32	217	4,18	285
23.	33	218	4,19	269
24.	34	219	4,21	253
25.	35	220	4,23	238
26.	36	221	4,26	222
27.	37	222	4,27	209
28.	39	223	4,3	192
29.	41	224	4,32	173
30.	42	225	4,34	165
31.	44	226	4,35	152
32.	45	227	4,39	133
33.	46	228	4,4	126
34.	47	229	4,41	121
35.	48	230	4,42	115
36.	49	230	4,43	111
37.	50	231	4,44	106
38.	54	232	4,47	90

Bersambung ke halaman sebelah

No.	Jarak (cm)	ADC	Teg (V)	E (lux)
39.	56	233	4,48	84
40.	59	234	4,51	74
41.	62	235	4,52	67
42.	65	236	4,55	57
43.	67	237	4,56	52
44.	78	239	4,61	37
45.	84	240	4,63	28
46.	93	242	4,67	17
47.	99	243	4,69	12

Berdasarkan data pada tabel 3.3 kemudian di buatkan grafik hubungan antara intensitas cahaya dan tegangan keluaran LDR di tunjukkan oleh gambar 311 berikut ini :

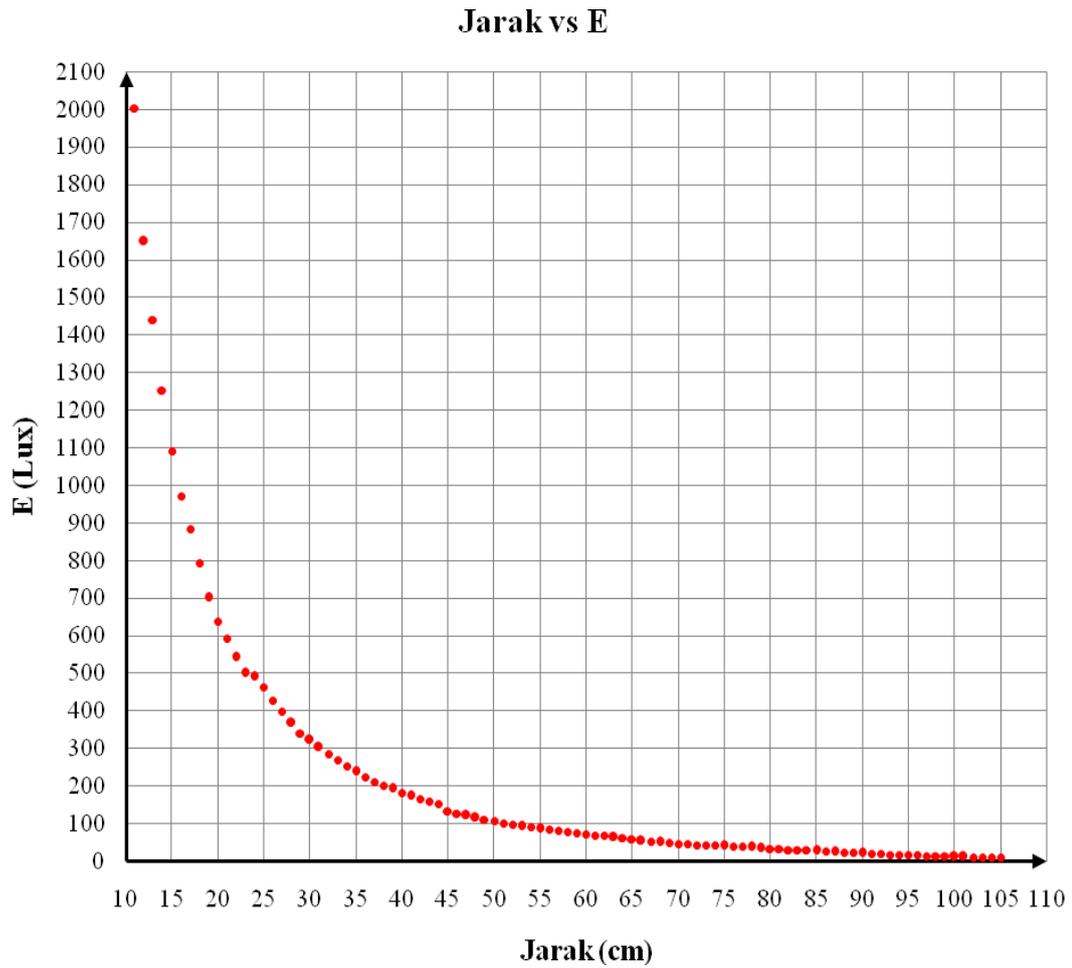


Gambar 3.11 Grafik hubungan antara tegangan dan intensitas cahaya

Berdasarkan gambar 3.11 dapat diketahui hubungan antara intensitas penerangan dan tegangan adalah berbanding terbalik, jika nilai tegangan semakin kecil, maka nilai intensitas penerangan akan semakin besar, dan begitu pula sebaliknya yaitu jika nilai tegangan semakin besar, maka nilai intensitas penerangan akan semakin kecil. Gambar 3.11 ini menyerupai gambar 2.24. Dengan menganggap bahwa tegangan sama dengan hambatan, karena tegangan berbanding lurus dengan hambatan.

Hasil keluaran dari LDR berupa tegangan analog. Tegangan ini kemudian masuk pada mikrokontroler yang akan menjadi input ADC. Mikrokontroler akan memproses data yang masuk sehingga menghasilkan nilai ADC. Akan tetapi nilai ini bukan menunjukkan nilai intensitas cahaya yang sebenarnya. Untuk itu maka diperlukan suatu persamaan yang menghubungkan antara nilai ADC dengan nilai intensitas penerangan.

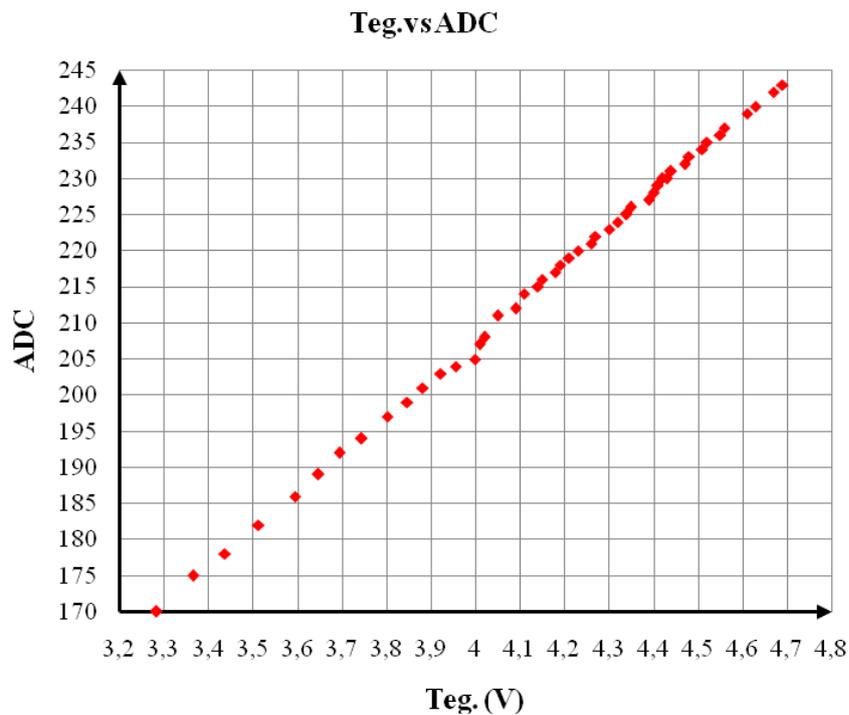
Berdasarkan tabel pengukuran data kalibrasi diatas dibuat pula grafik antara jarak dengan intensitas penerangan, seperti pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Grafik hubungan antara jarak dan intensitas penerangan

Berdasarkan gambar 3.12 yang di peroleh hubungan antara jarak dan intensitas cahaya. Dimana besarnya E berbanding terbalik dengan kuadrat jarak. Hal ini sesuai dengan persamaan 2 atau persamaan 6.

Berdasarkan data pada Tabel 3.13 dapat dibuat grafik hubungan ADC dengan tegangan keluaran LDR yaitu seperti ditunjukkan pada gambar 3.13 di bawah ini :



Gambar 3.13 Grafik hubungan antara tegangan dan ADC

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai ADC berbanding lurus dengan tegangan keluaran dari LDR, dimana setiap kenaikan nilai dari ADC diikuti pula kenaikan tegangan dari LDR. Hal ini sesuai dengan persamaan 14.

Untuk mengetahui ketepatan dari nilai ADC, maka dibuatkan tabel perbandingan antara teori pengukuran. Teori yang dipakai berdasarkan pada persamaan 7. Hasil perhitungan teori tersebut dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut ini:

Tabel 3.4 Perbandingan antara teori dengan pengukuran ADC

No.	ADC (Teori)	ADC (Pengukuran)	Error (%)
1.	153,00	156	1,96
2.	158,10	161	1,83
3.	162,79	166	1,97

Bersambung ke halaman sebelah

No.	ADC (Perhitungan)	ADC (Pengukuran)	Eror (%)
4.	167,43	170	1,53
5.	171,67	175	1,94
6.	175,29	178	1,55
7.	179,16	182	1,58
8.	183,29	186	1,48
9.	186,00	189	1,61
10.	188,39	192	1,91
11.	190,94	194	1,60
12.	193,90	197	1,60
13.	196,20	199	1,43
14.	197,98	201	1,52
15.	200,02	203	1,49
16.	201,76	204	1,11
17.	203,95	205	0,52
18.	204,51	207	1,22
19.	205,02	208	1,45
20.	206,55	211	2,15
21.	208,59	212	1,63
22.	209,61	214	2,09
23.	211,14	215	1,83
24.	211,65	216	2,06
25.	213,18	217	1,79
26.	213,69	218	2,02
27.	214,71	219	2,00

Bersambung ke halaman sebelah

No.	ADC (Perhitungan)	ADC (Pengukuran)	Eror (%)
28.	215,73	220	1,98
29.	217,26	221	1,72
30.	217,77	222	1,94
31.	219,30	223	1,69
32.	220,32	224	1,67
33.	221,34	225	1,65
34.	221,85	226	1,87
35.	223,89	227	1,39
36.	224,40	228	1,60
37.	224,91	229	1,82
38.	225,42	230	2,03
39.	225,93	230	1,80
40.	226,44	231	2,01
41.	227,97	232	1,77
42.	228,48	233	1,98
43.	230,01	234	1,73
44.	230,52	235	1,94
45.	232,05	236	1,70
46.	232,56	237	1,91
47.	235,11	239	1,65
48.	236,13	240	1,64
49.	238,17	242	1,61
50.	239,19	243	1,59

Untuk mendapatkan persamaan yang menghubungkan ADC dengan intensitas makas, data yang di peroleh pada tabel 3.2 dinput pada *minitab* maka diperoleh *output* sebagai berikut :

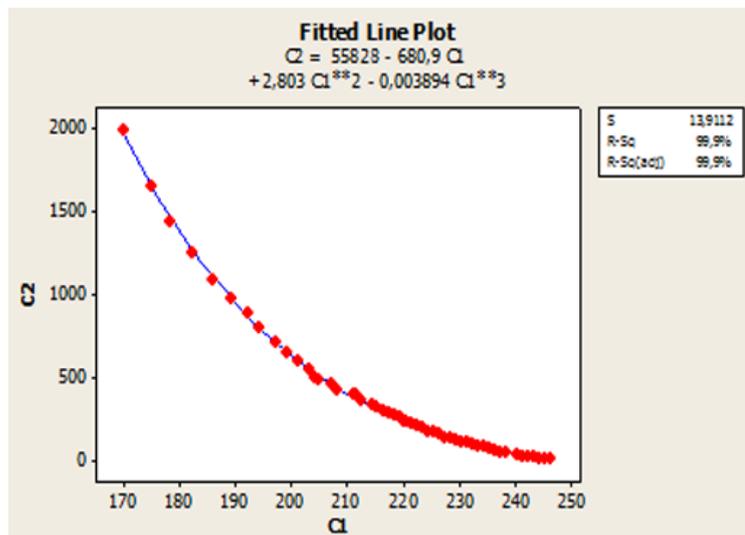
Fitted Line: C1 versus C2

Polynomial Regression Analysis: C2 versus C1

The regression equation is
 $C_2 = 55828 - 680,9 C_1 + 2,803 C_1^{**2} - 0,003894 C_1^{**3}$
 $S = 13,9112$ $R-Sq = 99,9\%$ $R-Sq(adj) = 99,9\%$

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	9904739	3301580	17060,52	0,000
Error	46	8902	194		
Total	49	9913641			

Sequential Analysis of Variance					
Source	DF	SS	F	P	
Linear	1	8786354	374,12	0,000	
Quadratic	1	1065340	808,29	0,000	
Cubic	1	53045	274,10	0,000	



Gambar 3.14 Grafik hubungan antara ADC dan intensitas penerangan

Dari hasil analisis dan grafik *minitab* maka didapat persamaan garis yang menunjukkan hubungan antara ADC dan intensitas penerangan adalah :

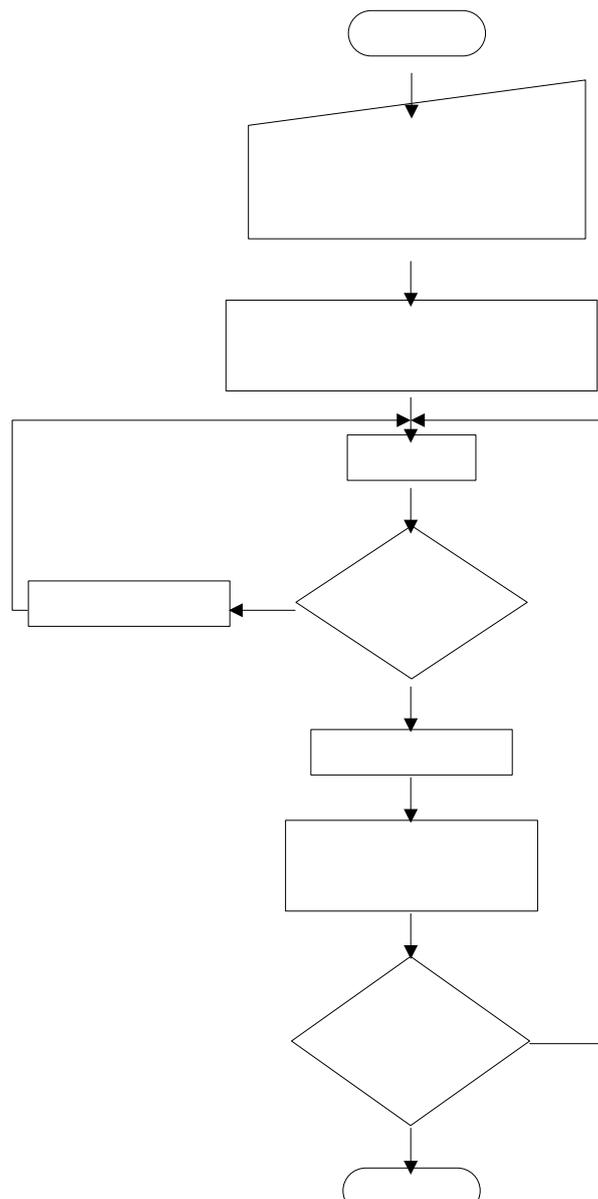
$$C_2 = 55828 - 680,9 C_1 + 2,803 C_1^2 - 0,003894 C_1^3 \dots\dots\dots(8)$$

di mana : C_1 = nilai ADC

C_2 = intensitas penerangan.

2. Perancangan *soft ware* Lux Meter.

Perancangan ini merupakan tahapan akhir dari pembuatan alat. Persamaan yang telah didapatkan di atas kemudian dimasukkan dalam program untuk Lux Meter. Sebelum melakukan perancangan *soft ware* untuk Lux Meter ini terlebih dahulu kita membuat *flow chart*. Adapun *flow chart* dari alat ini dapat dilihat pada gambar 3.15 di bawah ini.



Gambar 3.15 *flow chart* program Lux Meter

Dari diagram alir diatas nilai dari ADC adalah 170 sampai dengan 243. Nilai ini didapatkan pada proses kalibrasi sensor yang telah dilakukan sebelumnya. Hal akan membagi dua hasil yang didapatkan pada Lux Meter yaitu menampilkan nilai intensitas penerangan dalam satuan Lux dan menampilkan “*out off range*” tergantung dari nilai ADC yang didapatkan.

Berdasarkan *flow chart* pada gambar 3.15, maka dituliskan program pada *CodeVisionAVR*, kemudian di*download*kan pada mikrokontroler. Inisialisasi sistem ATmega8353 pada *CodeVision AVR* dilakukan dengan pengaturan Port A sebagai *input* ADC, Port B *output* LCD. Dalam pemrograman digunakan variabel-variabel sebagai berikut :

```
unsigned char baca_adc(unsigned char pin_adc)
{
ADMUX=pin_adc | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
delay_us(10);
ADCSRA|=0x40;
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;
return ADCH;
}
// Declare your global variables here
unsigned char adc1;
unsigned long int x;
```

Selanjutnya LCD akan menampilkan informasi nama alat dan identitas pembuat,

dalam pemrograman dituliskan sebagai berikut:

```
void tampilan_awal()
{
    lcd_clear ();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("PENDETEKSI ");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("ILUMINASI");delay_ms(1500);
    lcd_clear ();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("U S M A N");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("=ELEKTRO UNHAS=");
}
```

Untuk membaca besarnya nilai intensitas penerangan dalam program di tuliskan :

```
void tampil_truz()
{
    adc1=baca_adc(1);
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,1);
    sprintf(buff1,"adc = %d",adc1);
    lcd_gotoxy(0,1);
    if (adc1>243){
        lcd_putsf("out of range");
    }else if (adc1>=170){
        e = 55828-(680.9*adc1)+(2.803*adc1*adc1)
            (0.003894*adc1*adc1*adc1);
        sprintf(buff2,"E = %d",e);
        lcd_puts(buff2);
    }else {
        lcd_putsf("out of range");
    };
};
}
```

Untuk menampilkan nilai intensitas penerangan secara kontinyu dalam program dituliskan :

```
while (1)
{
    tampil_truz();
    delay_ms (250);
};
}
```

Listing program secara lengkap dapat dilihat pada lampiran K

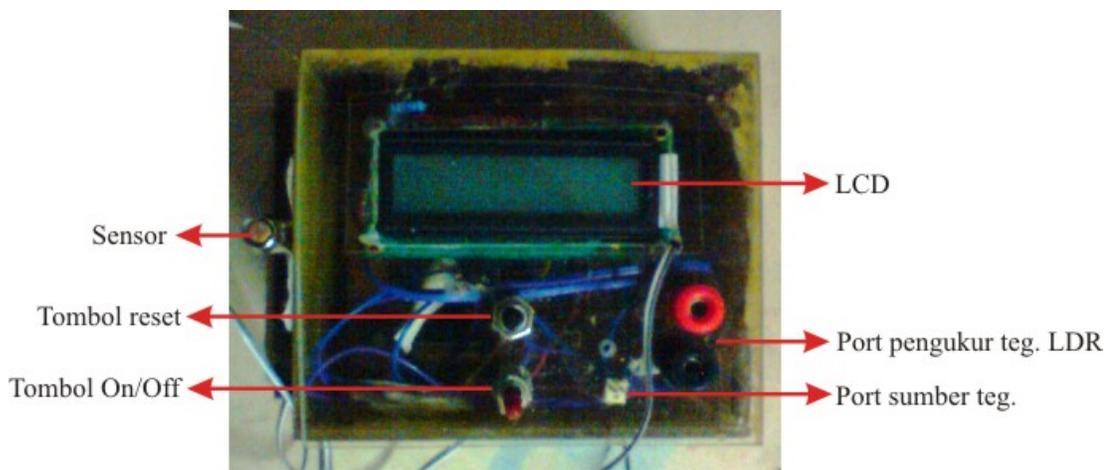
Langkah selanjutnya adalah *mendownloadkan* program ini kedalam mikrokontroler. Dimana hasil pengujian dari perancangan ini akan di bahas pada bab selanjutnya

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

IV.1 Hasil Perancangan.

Hasil perancangan dapat di lihat pada gambar 4.1 berikut ini :



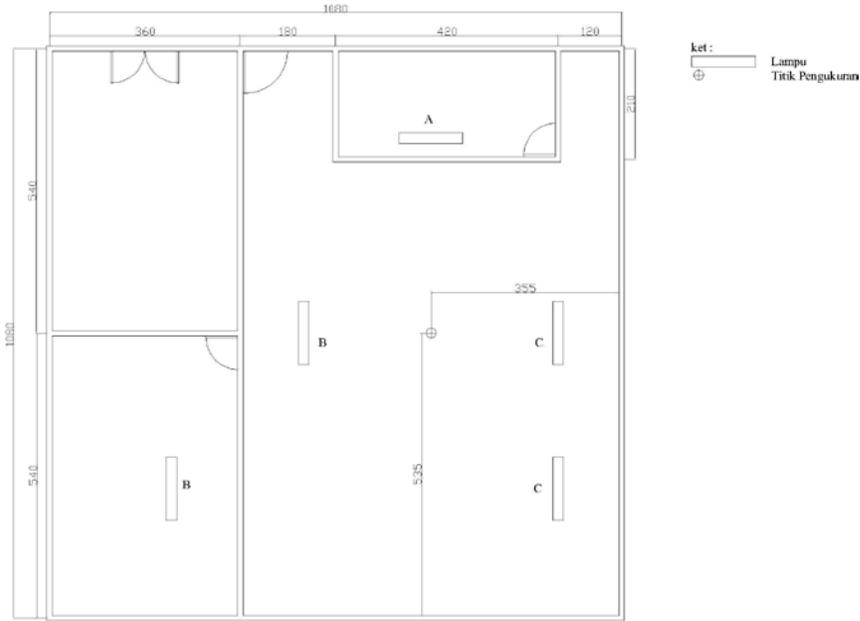
Gambar 4.1 Hasil fabrikasi perancangan.

IV.2 Pengujian Sistem.

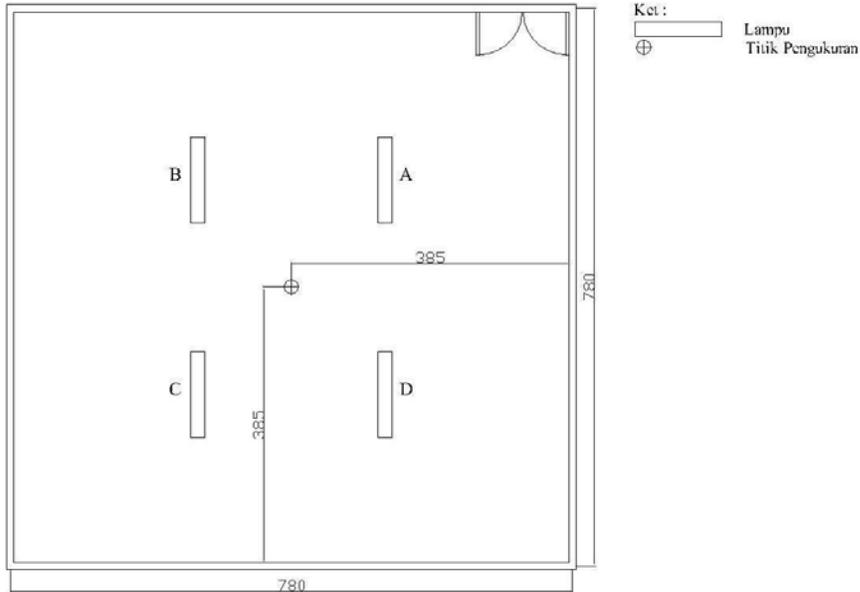
Tujuan pengujian ini adalah membandingkan nilai intensitas penerangan yang ditampilkan oleh Lux Meter yang dibuat dengan Ligh Meter*. Pengujian ini dilakukan pada dua ruangan yakni Laboratorium Elektronika Daya dan Ruang Kuliah PBT 302. Pengujian pada Laboratorium Elektronika Daya ini dilakukan pada tanggal 9 Maret 2009 pada pukul 15.00 WITA. Sedangkan pada ruang kuliah PBT 302 dilakukan pada tanggal 9 Maret 2009 pada pukul 15.00 WITA.

*Lux meter pembanding

Denah lokasi pengujian pada masing-masing ruangan ini dapat di lihat gambar 4.2 dan 4.3 di bawah ini :



Gambar 4.2 Denah lokasi pengujian pada Laboratorium Elektronika Daya



Gambar 4.3 Denah lokasi pengujian pada ruang kuliah PBT 302

Prosedur pengambilan data pada pengujian ini adalah :

1. Meletakkan sensor cahaya Lux Meter dan sensor Light Meter* pada jarak yang sama dari titik lampu setinggi 1 m dari lantai.
2. Meng-*on*-kan Light Meter* dan Lux Meter.
3. Menfariasikan kondisi lampu seperti pada tabel hasil penjujian.
4. Mencatat nilai intensitas penerangan pada Light* Meter dan Lux Meter serta nilai ADC pada yang dibuat.
5. Meng-*off*-kan Ligh Meter* dan Lux Meter.

Hasil pengujian Lux Meter pada masing-masing ruangan dapat dilihat pada tabel di 4,1 dan 4,2 dibawah ini.

Tabel 4.1 Hasil pengujian Lux Meter pada ruangan Laboratorium Elektronika Daya

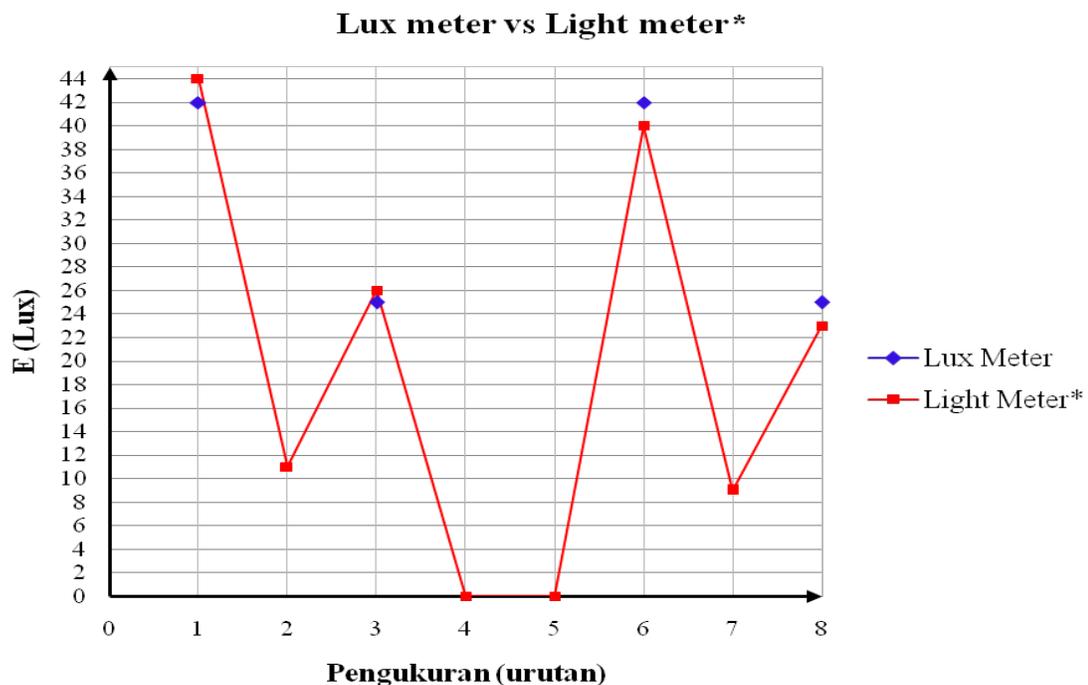
No.	Lampu			ADC Lux Meter	Intensitas penerangan (Lux)	
	A	B	C		Lux Meter	Light Meter*
1.	On	On	On	239	42	44
2.	On	On	Off	243	Out off range	11
3.	On	Off	On	242	25	26
4.	On	Off	Off	244	Out off range	0
5.	Off	Off	Off	244	Out off range	0
6.	Off	On	On	239	42	40
7.	Off	On	Off	243	Out off range	9
8.	Off	Off	On	241	25	23

Tabel 4.2 Hasil pengujian Lux Meter pada ruangan Kuliah PBT 302

No.	Lampu				ADC Lux Meter	Intensitas penerangan (Lux)	
	A	B	C	D		Lux Meter	Light Meter*
1.	On	On	On	On	230	102	102
2.	On	On	On	Off	234	76	75
3.	On	On	Off	On	233	85	83
4.	On	On	Off	Off	237	50	56
5.	On	Off	On	On	232	93	87
6.	On	Off	On	Off	236	59	59
7.	On	Off	Off	On	235	67	67
8.	On	Off	Off	Off	239	34	38
9.	Off	Off	Off	Off	244	Out off range	12
10.	Off	Off	Off	On	238	42	39
11.	Off	Off	On	Off	239	34	34
12.	Off	Off	On	On	235	67	60
14.	Off	On	Off	Off	241	25	28
15.	Off	On	Off	On	236	59	58
16.	Off	On	On	Off	237	50	51
18.	Off	On	On	On	233	85	80

IV.3 Analisis Hasil Pengujian.

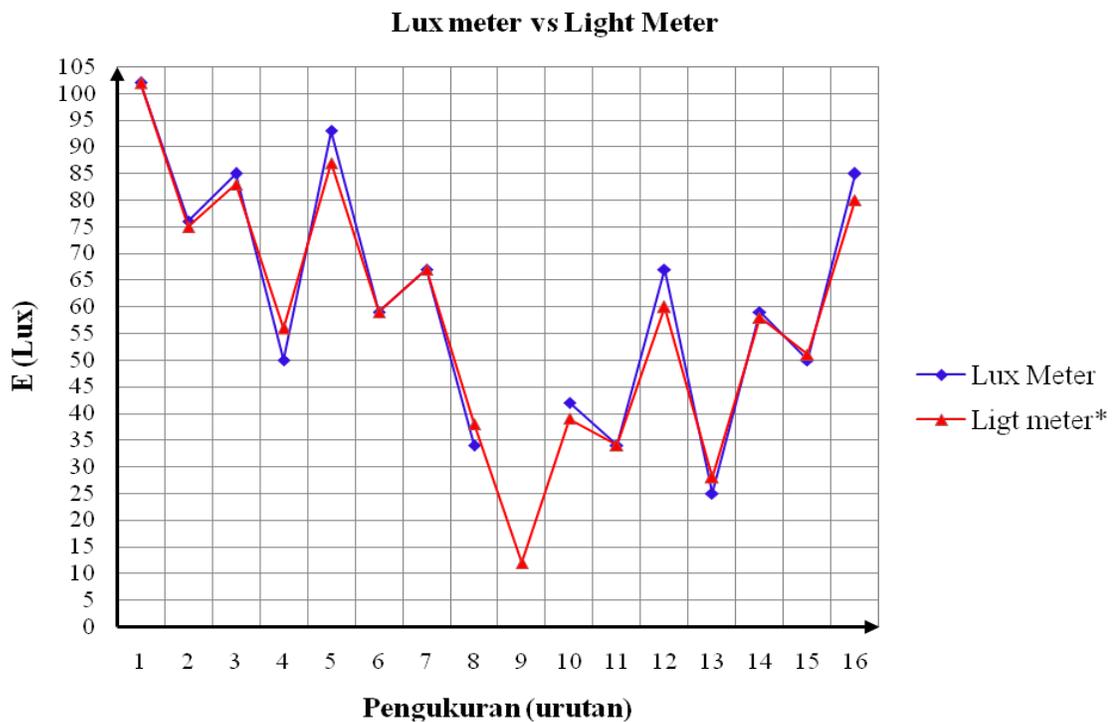
Data yang didapatkan pada pengujian di atas, maka dibuatkan grafik perbandingan antara hasil yang didapat dari Lux Meter dan Light Meter*. Grafik perbandingan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.4 dan gambar 4.5 dibawah ini :



Gambar 4.4 Grafik perbandingan Lux Meter dan Ligh Meter* pada Laboratorium Elektronika Daya.

Dengan mengamati garfik di atas, pada pengukuran kedua dan ketujuh terjadi perbedaan yang signifikan antara Lux Meter dengan Light Meter*. Pada pengukuran kedua, sensor hanya menangkap fluks cahaya yang dipancarkan oleh salah satu dari lampu B, sedangkan cahaya yang dipancarkan oleh lampu A sebagian besar tidak sampai pada titik pengukuran, karena terhalangi oleh dinding, begitu pula dengan lampu B lainnya. Perbedaan ini terjadi karena Lux Meter yang dibuat sudah tidak bisa

menampilkan nilai intensitas penerangan, akan tetapi menampilkan “*out of range*”. Sesuai dengan perancangan alat yang dibuat dibatasi nilai minimum yang dapat ditampilkan adalah 10 Lux. Dengan tampilnya “*out of range*” berarti nilai intensitas penerangan pada keadaan tersebut sudah berada di bawah 10 Lux.



Gambar 4.5 Grafik perbandingan Lux Meter dan Light Meter* pada ruang kuliah PBT 302

Pada pengujian kedua ini terjadinya perbedaan yang signifikan hanya terdapat pada pengukuran kesembilan. Pada keadaan ini semua sumber cahaya berada pada kondisi *off*. Cahaya yang didapatkan oleh sensor berasal dari luar ruangan pengujian, akan tetapi alat yang dibuat sudah tidak bisa menampilkan nilai intensitas cahaya. Sama halnya pada kondisi pengujian pertama di Lab. Elektronika Daya, untuk kondisi seperti ini Lux Meter menampilkan “*out of range*”

Hasil pengujian sistem di atas kemudian dihitung persentase kesalahan dalam persen (%) antara Lux Meter dengan Light Meter*, serta Lux Meter dengan teori berdasarkan persamaan 8. Persentase kesalahan untuk setiap ruangan dapat di lihat pada tabel 4.3 di bawah ini :

Tabel 4.3 Presentase kesalahan pengujian Lux Meter

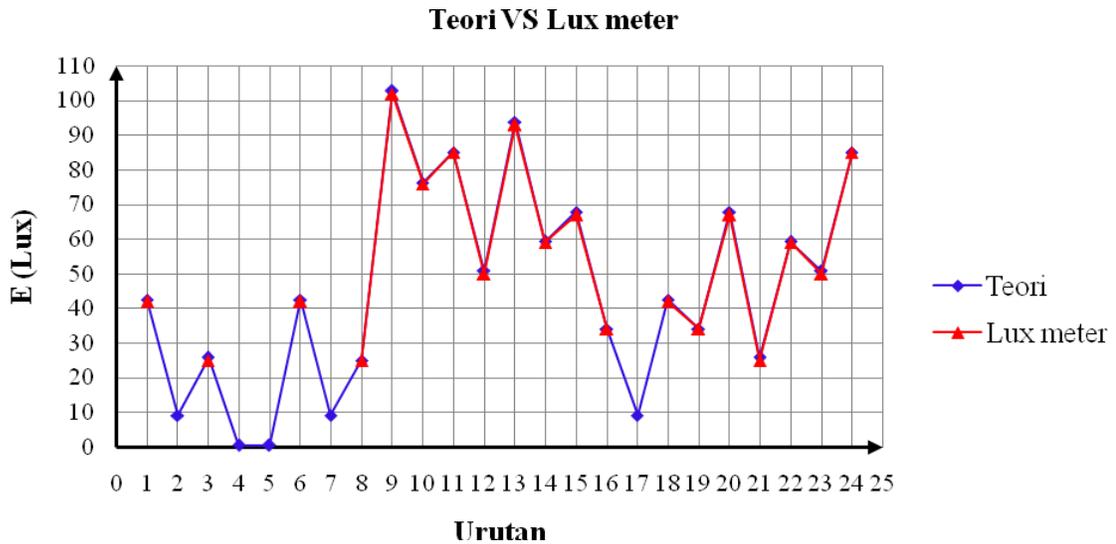
No.	Lokasi	Intensitas penerangan (Lux)			PK (100%)	
		Teori	Praktek		Light meter* vs Lux meter	Teori vs Lux meter
			Light Meter*	Lux Meter		
1.	Lab. Elektronika Daya	42,490414	44	42	4,55	1,15
2.		9,003142	11	Out off range	-	-
3.		25,796226	26	25	3,85	3,09
4.		0,511104	0	Out off range	-	-
5.		0,511104	0	Out off range	-	-
6.		42,49	40	42	5,00	1,15
7.		9	9	Out off range	-	-
8.		25	23	25	8,70	0
9.	Ruang	102,839808	102	102	0	0,82
10.	Kuliah PBT 302	76,32975	75	76	1,33	0,43
11.		85,019824	83	85	2,41	0,02
12.		50,858832	56	50	10,71	1,69
13.		93,848722	87	93	6,90	0,90

Bersambung ke halaman sebelah

No.	Lokasi	Intensitas penerangan (Lux)			PK (100%)	
		Teori	Praktek		Light meter* vs Lux meter	Teori vs Lux meter
14.	Ruang Kuliah PBT 302	59,272618	59	59	0	0,46
15.		67,755136	67	67	0	1,11
16.		34,144	38	34	10,53	0,42
17.		9,003142	12	Out off range	-	-
18.		42,490414	39	42	7,69	1,15
19.		34,144	34	34	0,00	0,42
20.		67,755136	60	67	11,67	1,11
21.		25,796226	28	25	10,71	3,09
22.		59,272618	58	59	1,72	0,46
23.		50,858832	51	50	1,96	1,69
24.		85,019824	80	85	6,25	0,02

Hasil perhitungan pada tabel 4.3 di atas dapat dilihat presentasi kesalahan tertinggi antara Ligh Meter dengan Lux Meter adalah 12,93 %. Keadaan ini terjadi pada ruang kuliah PBT 302 di titik pada pengukuran 12. Sedangkan pengukuran yang sama dengan Light Meter* terjadi di ruangan kuliah PBT 302 pada pengukuran 1, 6,7 dan 11 sebesar 0,00 %.

Selanjutnya dari tabel 4.3 di atas dibuat grafik perbandingan antara Lux Meter dan teori serta grafik perbandingan antara Light Meter* VS Lux Meter dan Teori VS Lux Meter seperti pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik perbandingan antara Lux Meter dan teori

Grafik di atas menunjukkan bahwa pada urutan kedua dan ketujuh terdapat perbedaan ini terjadi dalam Laboratorium Elektronika Daya sedangkan pada urutan keduabelas terjadi pada PBT 302. Secara teori nilai intensitas penerangan pada pengukuran tersebut masing-masing 9,003142 Lux , 9 Lux dan 9,003142 Lux. Akan tetapi aplikasi pada alat yang dibuat sudah tidak bisa menampilkan nilai tersebut, karena nilai minimum dari alat dirancang adalah 10 Lux.

Perbedaan ini terjadi karena sensor yang digunakan tidak dapat bekerja secara maksimal. Hal ini dapat dilihat dari grafik hubungan antara tegangan dan intensitas cahaya pada kalibrasi sensor. Grafik tersebut tidak sama dengan data sheet LDR. Sehingga akan mempengaruhi nilai intensitas penerangan Lux Meter yang dibuat. Selain itu respon relatif dari LDR tidak dapat maksimal panjang gelombang cahaya tampak (warna cahaya), hal ini akan menyebabkan kemampuan LDR dalam

menangkap pajang gelombang dari cahaya tampak tidak dapat mencapai nilai maksimalnya pula. Disamping itu sensor dari Light Meter* terdiri atas dua sensor yaitu foto dioda khusus dan filter koreksi warna. Sedangkan sensor Lux Meter yang dibuat tiadak memiliki kemampuan untuk mengoreksi warna cahaya tampak, hal ini akan mengakibatkan sensor Lux Meter tidak mampu membedakan panjang gelombang yang diterima dari sumber cahaya.

Faktor lain yang menyebabkan terjadinya perbedaan pada proses kalibrasi sensor perancangan ini untuk mendapatkan nilai dari intensitas penerangan, digunakan persamaan *polynomial* yang diperoleh dari output *minitab*. Dari hasil analisis tersebut didaptkan nilai $S = 13,9112$, angka ini menunjukan kesalahan intensitas cahaya yang akan di ukur nantinya maksimal sebesar 14 % dari keadaan yang sesungguhnya.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan.

1. Lux meter yang dirancang mempunyai harga yang lebih ekonomis, dengan tingkat rata-rata persentase kesalahan sebesar 5 % dan faktor toleransi kesalahan sebesar 14 %.
2. a. Perbedaan nilai intensitas penerangan disebabkan karena LDR tidak mempunyai kepekaan yang tinggi terhadap perubahan fluks cahaya dan nilai respon relatifnya pada gelombang cahaya tampak tidak mencapai nilai maksimalnya.
b. Nilai minimal dari Lux meter yang bisa ditampilkan adalah ± 15 Lux.

V.2 Saran.

1. Untuk meminimalkan kesalahan sebaiknya menggunakan sensor cahaya yang mempunyai sensitivitas yang tinggi dan mempunyai faktor pengoreksi warna untuk panjang gelombang cahaya tampak.
2. Sebaiknya proses pengujian dilakukan dengan lampu yang mempunyai nilai lumen yang tinggi dan pengaturan intensitas cahayanya dengan *dimmer lamp*.
3. Untuk meningkatkan *reliability* dari alat yang dibuat maka keakuratan proses kalibrasi sensor ditingkatkan dengan cara frekwensi proses pengambilan data diperbanyak.

DAFTAR PUSTAKA

Bejo, Agus. *C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dan Mikrokontroler ATMEGA853*. Yogyakarta : Graha Ilmu. 2008.

Heryanto, M. Ary & Wisnu Adi P. *Pemograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA8535*. Yogyakarta : C.V Andi Offset. 2008.

<http://www.organisasi.org/arti-definisi-pengertian-gelombang-dan-jenis-macam-gelombang-transversal-longitudinal>, viewed : 21 Jan 2010

<http://www.repository.binus.ac.id/content/R0174/R017465948.doc>, viewed : 17 Januari 2010

<http://www.scribd.com/doc/22976486/bab-III>, viewed : 15 Januari 2010

Muhaimin. *Teknologi Pencahayaan*. Bandung : PT Refika Aditama. 2001.

Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia. 2006.

Pedoman Pencahayaan Pada Rumah Sakit. 1992

SNI 03-6575-2001

SNI 03-6197-2000

Solichin, Achmad. *Pemrograman Bahasa C dengan Turbo C*. 2003.

Suparman. *Analisis Iluminasi Yang Efektif Pada Rumah Sakit Grestelina Makassar*. Makassar. 2009.

Suyamto dkk. *Rancang Bangun Dan Analisis Perangkat Telemetri Suhu Dan Cahaya Menggunakan Amplitude Shift Keying (Ask) Berbasis Pc.* Yogyakarta. 2008.

Suwantoro, Hajar. *Pencahayaan Lamai pada Ruang Kuliah Labtex IX B Jurusan Teknik Arsitektur ITB.* Bandung. 2006.

LAMPIRAN

Lampiran A

Tabel tingkat pencahayaan rata-rata

Fungsi Ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)
Rumah Tinggal :	
Teras	60
Ruang tamu	120 ~ 150
Ruang makan	120 ~ 250
Ruang kerja	120 ~ 250
Kamar tidur	120 ~ 250
Kamar mandi	250
Dapur	250
Garasi	60
Perkantoran :	
Ruang Direktur	350
Ruang kerja	350
Ruang komputer	350
Ruang rapat	300
Ruang gambar	750
Ruang arsip	150
Ruang arsip aktif	300
Lembaga Pendidikan :	
Ruang kelas	250
Perpustakaan	300
Laboratorium	500
Ruang gambar	750
Kantin	200
Hotel dan restoran :	
Lobi, koridor	100
Ruang serbaguna	200
Ruang makan	250

Kafeteria	200
Kamr tidur	150
Dapur	300
Rumah sakit/Balai pengobatan	
Ruang rawat inap	250
Ruang Operasi, ruangan bersalin	300
Laboratorium	500
Ruang reaksi dan rehabilitasi	250
Pertokoan/Ruang Pamer :	
Ruang pameran dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil)	500
Toko kue dan makanan	250
Toko bunga	250
Toko buku alat tulis/gambar	300
Toko perhiasan, arloji	500
Toko barang kulit dan sepatu	500
Toko pakaian	500
Pasar swalayan	500
Toko alat listrik (TV, radio/tape, mesin cuci dan lain)	250
Toko alat musik dan olahraga	250
Industri umum :	
Gudang	100
Pekerjaan kasar	100 ~ 200
Pekerjaan menengah	200 ~ 500
Pekerjaan halus	500 ~ 1000
Pekerjaan amat halus	1000 ~ 2000
Pemeriksaan warna	750
Rumah ibadah :	
Mesjid	200
Gereja	200
Vihara	200

Lampiran C

Tabel pengaturan pin masukan ADC

MUX4.0	Masukan Tunggal	Masukan Beda (+)	Masukan Beda (-)	Gain	
00000	ADCO	N/A	N/A	N/A	
00001	ADC1				
00010	ADC2				
00011	ADC3				
00100	ADC4				
00101	ADC5				
00110	ADC6				
00111	ADC7				
01000	N/A	ADCO	ADCO	10x	
01001		ADC1	ADCO	10x	
01010		ADCO	ADCO	200x	
01011		ADC1	ADCO	200x	
01100		ADC2	ADC2	10x	
01101		ADC3	ADC2	10x	
01110		ADC2	ADC2	200x	
01111		ADC3	ADC2	200x	
10000		ADCO	ADC1	1x	
10001		ADC1	ADC1	1x	
10010		ADC2	ADC1	1x	
10011		ADC3	ADC1	1x	
10100		ADC4	ADC1	1x	
10101		ADC5	ADC1	1x	
10110		ADC6	ADC1	1x	
10111		ADC7	ADC1	1x	
11000		ADCO	ADC2	1x	
11001		ADC1	ADC2	1x	
11010		ADC2	ADC2	1x	
11011		ADC3	ADC2	1x	
11100		ADC4	ADC2	1x	
11101		ADC5	ADC2	1x	
11110		1.22V (V _{BG})	N/A		
11111		0V (GND)	N/A		

Lampiran D

Keterangan pin Atmega8535

PIN	KETERANGAN
1..8	<p>Port B, merupakan Port I/O 8-bit dua arah (<i>bi-directional</i>) dengan resistor <i>pull-up</i> internal. Selain sebagai Port I/O 8-bit Port B juga dapat difungsikan secara individu sebagai berikut:</p> <p>PB7 : SCK (<i>SPI Bus Serial deck</i>)</p> <p>PB6 : MISO (<i>SPI Bus Master Input /Slave Output</i>)</p> <p>PB5 : MOSI (<i>SPI Bus Master Output /SlaveInput</i>)</p> <p>PB4 : SS (<i>SPI Slave Select Input</i>)</p> <p>PB3 : AIN1 (<i>Analog Comparator Negatif Input</i>) OC0 (<i>Output Compare Timer/Counter 0</i>)</p> <p>PB2 : AIN0 (<i>Analog Comparator Positif Input</i>) INT2 (<i>External Interrupt 2 Input</i>)</p> <p>PB1 : T1 (<i>Timer/Counter 1 External Counter Input</i>)</p> <p>PB0 : T0 (<i>Timer/Counter 0 External Counter Input</i>) XCK (<i>USART External Clock Input/Output</i>)</p>
9	RESET, merupakan pin reset yang akan bekerja bila diberi pulsa rendah (<i>aktif low</i>) selama minimal 1.5 us
10	VCC, Catu daya digital
11	GND, Ground untuk catu daya digital
12	XTAL2, merupakan output dari penguat osilator pembalik
13	XTAL1, merupakan input ke penguat osilator pembalik dan input ke internal clock.
14..21	<p>Port D, merupakan Port I/O 8-bit dua arah (<i>bi-directional</i>) dengan resistor <i>pull-up</i> internal. Selain sebagai Port I/O 8-bit Port D juga dapat difungsikan secara individu sebagai berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PD7 : OC2 (<i>Output Compare Timer/Counter 2</i>) • PD6 : ICP1 (<i>Timer/Zounter 1 Input Capture</i>) • PD5 : OC1A (<i>Output Compare A Timer/Counter 1</i>) • PD4 : OC1B (<i>Output Compare B Timer/Counter 1</i>) • PD3 : INT1 (<i>External Interrupt 1 Input</i>) • PD2 : INT0 (<i>External Interrupt 0 Input</i>) • PD1 : TXD (<i>USART transmit</i>) • PD0 : RXD (<i>USART receive</i>)

22..29	Port C, merupakan Port I/O 8-bit dua arah (<i>bi-directional</i>) dengan resistor <i>pull-up</i> internal. Selain sebagai Port I/O 8-bit 4 bit Port C juga dapat difungsikan secara individu sebagai berikut: <ul style="list-style-type: none"> • PC7 : TOSC2 (<i>Timer Oscillator 2</i>) • PC6 : TOSC1 (<i>Timer Oscillator 1</i>) • PCI : SDA (<i>Serial Data Input/Output, PC</i>) • PC0 : SCL (<i>Serial Clock, I2C</i>)
30	AVCC, merupakan catu daya yang digunakan untuk masukan analog ADC yang terhubung ke Port A.
31	GND, Ground untuk catu daya analog
32	AREF, merupakan tegangan referensi analog untuk ADC
33..40	Port A, merupakan Port I/O 8-bit dua arah (<i>bi-directional</i>) dengan resistor <i>pull-up</i> internal. Selain sebagai Port I/O 8-bit Port A juga dapat berfungsi sebagai masukan 8 channel ADC

Lampiran F

Struktur dasar bahasa C

➤ Tipe Data

Berikut ini adalah table tipe-tipe variabel data yang dapat digunakan di kompiler code vision AVR:

Type	Size (Bits)	Range
bit	1	0 , 1
Char	8	-128 hingga 127
Unsigned char	8	0 hingga 255
Signed char	8	-128 hingga 127
Int	16	-32768 hingga 32767
Short int	16	-32768 hingga 32767
Unsigned int	16	0 hingga 65535
Signed int	16	-32768 hingga 32767
Long int	32	-2147483648 hingga 2147483647
Unsigned long int	32	0 hingga 4294967295
Signed long int	32	-2147483648 hingga 2147483647
Float	32	$\pm 1.175e-38$ hingga $\pm 3.402e-38$
Double	32	$\pm 1.175e-38$ hingga $\pm 3.402e-38$

Khusus untuk tipe data bit hanya dapat dideklarasikan untuk variabel global.

🔗 Operasi Bilangan Pada Bahasa C.

➤ Aritmatika

Operator aritmatika adalah beberapa operator yang digunakan untuk melakukan perhitungan aritmatika.

Tabel *Operator Aritmatika*

Operator	Keterangan
+	operator untuk operasi penjumlahan
-	operator untuk operasi pengurangan
*	operator untuk operasi perkalian
/	operator untuk operasi pembagian
%	operator untuk operasi sisa pembagian

Operator *, / dan % memiliki prioritas yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan operator + dan -.

Kontrol Program

➤ Percabangan

- **If – then**

Bentuk umum dari percabangan ini adalah:

```
If (kondisi) {  
// pernyataan  
};
```

- **If – then – else**

Bentuk umum dari percabangan ini adalah:

```
If (kondisi) {  
// pernyataan a  
}  
Else{  
// pernyataan b  
};
```

Artinya adalah pernyataan a akan dijalankan jika kondisi terpenuhi, dan jika tidak maka kondisi b yang akan dijalankan.

➤ Perulangan

- **For**

Pernyataan `for` digunakan untuk melakukan pengulangan sebuah pernyataan atau blok pernyataan, tetapi berapa kali jumlah pengulangannya

dapat ditentukan secara lebih spesifik. Bentuk pernyataan for adalah sebagai berikut :

```
for (nilai_awal ; kondisi ; perubahan)
\ {
// sebuah pernyataan atau blok pernyataan
}
```

Nilai_awal adalah nilai inisial awal sebuah variabel yang didefinisikan terlebih dahulu untuk menentukan nilai variabel pertama kali sebelum pengulangan.

Kondisi merupakan pernyataan pengetesan untuk mengontrol pengulangan, jika pernyataan *kondisi* terpenuhi (benar) maka blok pernyataan akan diulang terus sampai pernyataan kondisi tidak terpenuhi (salah).

Perubahan adalah pernyataan yang digunakan untuk melakukan perubahan nilai variabel baik naik maupun turun setiap kali pengulangan dilakukan.

- **While**

Pernyataan while digunakan untuk pengulangan sebuah pernyataan atau blok pernyataan secara terus menerus selama kondisi tertentu masih terpenuhi.

Bentuk pernyataan while adalah sebagai berikut :

```
while (kondisi)
{
// sebuah pernyataan atau blok pernyataan
}
```

-  **Konversi Pola (%)**

Karakter %_ dipakai sebagai operator konversi pola. Konversi pola akan sangat berguna pada saat kita menampilkan hasil ke LCD.

- %d menampilkan bilangan bulat positif.
- %o menampilkan bilangan octal bulat.
- %x menampilkan bilangan heksadesimal bulat.
- %u menampilkan bilangan decimal tanpa tanda.
- %f menampilkan bilangan pecahan.
- %i menampilkan bilangan integer.
- %c menampilkan karakter yang ditunjukkan bilangan ASCII.

Lampiran I

Prosedur pengambilan data kalibrasi sensor

1. Mempersiapkan sebuah ruangan.
2. Memasang lampu *Fluorescent* merek *Philips* dengan daya 18 W.
3. Meng-*on*-kan Lux Meter dan Multimeter Digital serta menghubungkan terminal rangkaian dengan sumber tegangan DC sebesar 12 V.
4. Pengukuran dimulai pada jarak 11 cm dari lampu.
5. Meletakkan sensor Lux Meter pada jarak yang sama dengan LDR dari sumber cahaya.
6. Mencatat nilai fluks cahaya dengan Lux Meter, mengukur tegangan keluaran LDR dan nilai ADC.
7. Mengulangi langkah 4 – 6 dengan penurunan jarak 1 cm sampai 105 cm dari lampu.
8. Men-*off*-kan alat ukur dan mencabut sumber tegangan pada alat yang dirancang.

Lampiran J

Tabel hasil pengukuran kalibrasi sensor

No.	jarak (cm)	ADC	Teg (V)	E (lux)
1.	11	170	3,283	2003
2.	12	175	3,366	1648
3.	13	178	3,437	1440
4.	14	182	3,513	1253
5.	15	186	3,594	1090
6.	16	189	3,647	970
7.	17	192	3,694	882
8.	18	194	3,744	792
9.	19	197	3,802	700
10.	20	199	3,847	638
11.	21	201	3,882	592
12.	22	203	3,922	542
13.	23	204	3,956	500
14.	24	205	3,999	490
15.	25	207	4,01	462
16.	26	208	4,02	427
17.	27	211	4,05	397
18.	28	212	4,09	367
19.	29	214	4,11	339
20.	30	215	4,14	322
21.	31	216	4,15	302
22.	32	217	4,18	285
23.	33	218	4,19	269
24.	34	219	4,21	253
25.	35	220	4,23	238
26.	36	221	4,26	222
27.	37	222	4,27	209
28.	38	223	4,28	201
29.	39	223	4,3	192
30.	40	224	4,31	182
31.	41	224	4,32	173
32.	42	225	4,34	165
33.	43	226	4,35	158

34.	44	226	4,35	152
35.	45	227	4,39	133
36.	46	228	4,4	126
37.	47	229	4,41	121
38.	48	230	4,42	115
39.	49	230	4,43	111
40.	50	231	4,44	106
41.	51	231	4,45	101
42.	52	231	4,46	96
43.	53	231	4,47	92
44.	54	232	4,47	90
45.	55	232	4,48	86
46.	56	233	4,48	84
47.	57	233	4,49	81
48.	58	233	4,5	77
49.	59	234	4,51	74
50.	60	234	4,51	71
51.	61	235	4,52	69
52.	62	235	4,52	67
53.	63	235	4,53	63
54.	64	235	4,54	61
55.	65	236	4,55	57
56.	66	236	4,56	53
57.	67	237	4,56	52
58.	68	237	4,57	50
59.	69	237	4,57	48
60.	70	238	4,58	46
61.	71	238	4,58	45
62.	72	238	4,58	43
63.	73	238	4,59	42
64.	74	238	4,59	41
65.	75	238	4,6	40
66.	76	239	4,6	39
67.	77	239	4,6	38
68.	78	239	4,61	37
69.	79	239	4,61	34
70.	80	239	4,62	33
71.	81	239	4,62	32
72.	82	240	4,62	30

73.	83	240	4,63	29
74.	84	240	4,63	28
75.	85	240	4,64	27
76.	86	241	4,64	26
77.	87	241	4,64	24
78.	88	241	4,65	23
79.	89	241	4,65	22
80.	90	241	4,65	21
81.	91	242	4,66	20
82.	92	242	4,66	19
83.	93	242	4,67	17
84.	94	243	4,67	16
85.	95	243	4,68	16
86.	96	243	4,68	15
87.	97	243	4,68	13
88.	98	243	4,69	13
89.	99	243	4,69	12
90.	100	243	4,69	11
91.	101	243	4,69	11
92.	102	243	4,7	10
93.	103	243	4,7	10
94.	104	243	4,7	10
95.	105	243	4,7	10

Lampiran G

Prosedur membuat program, *compile* dan *download* pada CodeVisionAVR

V2.03.4

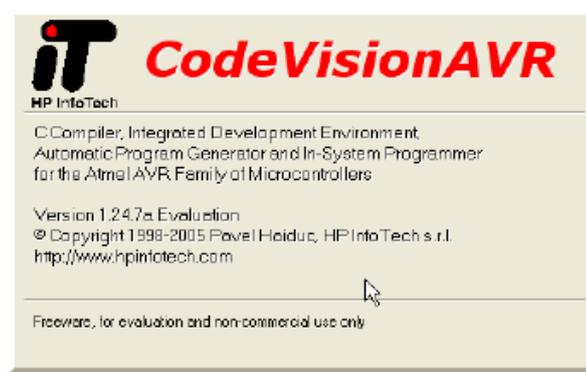
Langkah-langkah membuat program CodeVisionAVR V2.03.4

1. Jalankan aplikasi CodeVisionAVR dengan cara melakukan klik ganda pada *shortcut* ikon CodeVisionAVR yang terbentuk pada Desktop.



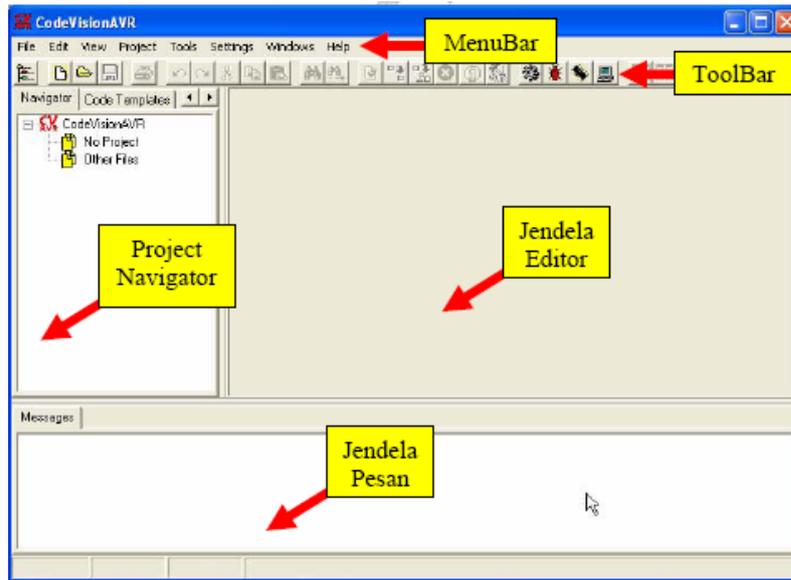
Gambar 1 ikon CodeVisionAVR pada *desktop*

2. Sebuah *Splash Screen* akan muncul seperti ditunjukkan oleh Gambar 2 dibawah ini Informasi tentang versi yang dipakai dan keterangan *evaluation* akan terlihat.



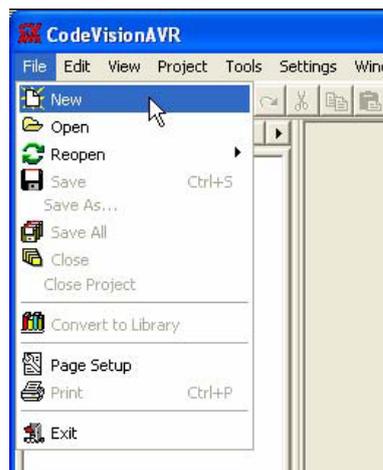
Gambar 2 Tampilan *Splash Screen*

3. Beberapa detik kemudian IDE dari CodeVisionAVR akan muncul seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.



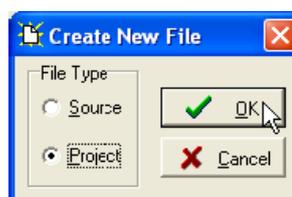
Gambar 3. IDE CodeVisionAVR

4. Untuk memulai membuat *project* baru, pada menubar, pilih File → New, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4 berikut :



Gambar 4 Membuat *file* baru

5. Anda harus membuat sebuah *project* sebagai induk desain dengan memilih Project, lalu klik tombol OK seperti pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5 Membuat *project* baru

6. Berikutnya Anda akan ditanya apakah akan menggunakan CodeWizardAVR. Tentu saja lebih menyenangkan bila Anda memilih jawaban “ya” dengan cara menekan tombol Yes seperti pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Memilih untuk menggunakan CodeWizardAVR

7. Tampilan CodeWizardAVR yang sederhana namun lengkap ditunjukkan oleh dibawah ini. Adapun pengaturan tabnya adalah sebagai berikut :

a. tab chip

chip : ATmega8535

clock : 11.059200 MHz

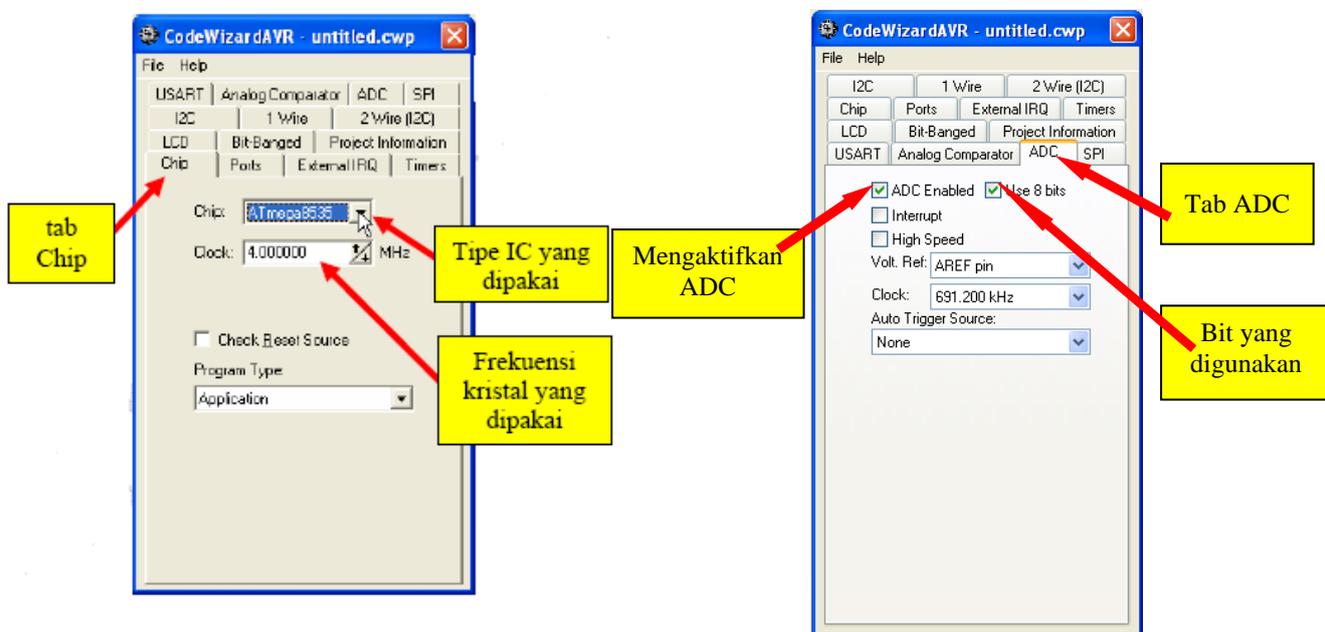
b. ADC

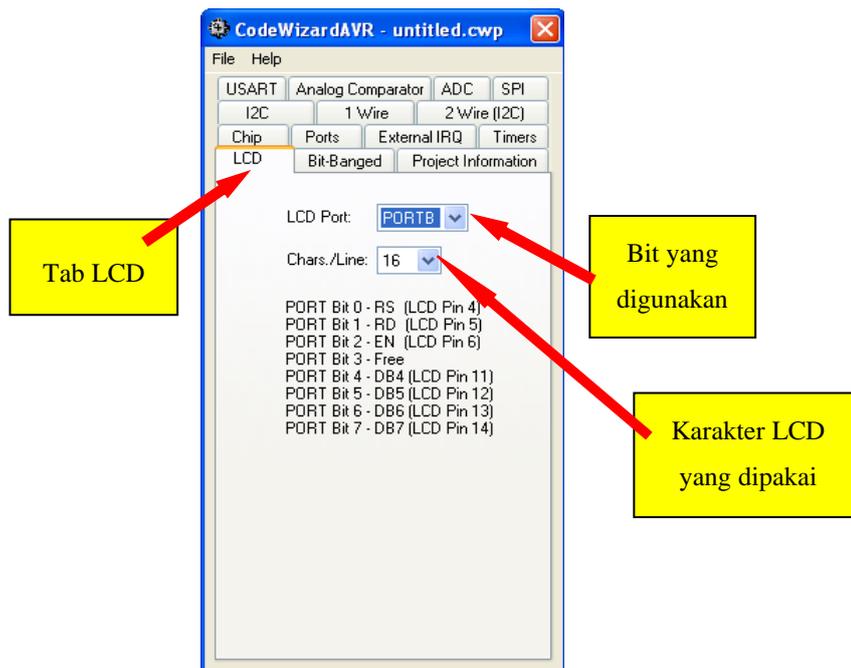
centak ADC enable

centak Use 8 bit

c. LCD

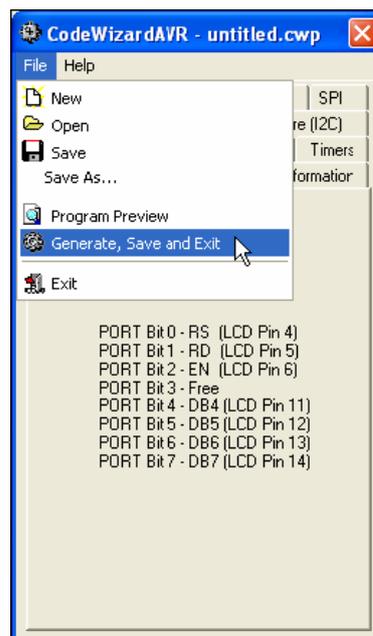
port B





Gambar 8. Pengaturan Tab

8. Pada menu CodeWizardAVR, pilih File → Generate, Save and Exit, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 9 berikut :



Gambar 9. Menyimpan *setting*

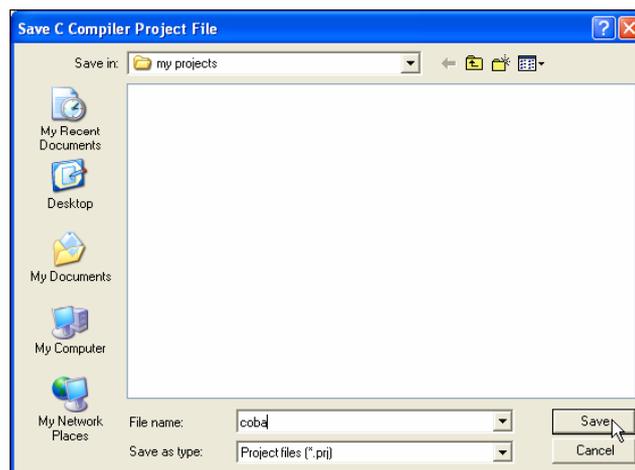
9. CodeWizardAVR. Yang pertama Anda diminta untuk memberikan nama file C yang dihasilkan. Misalnya beri nama “coba”, lalu klik tombol Save. Lebih

jelas pada Gambar 10 di bawah ini. File tersebut nantinya akan mempunyai akhiran .C.



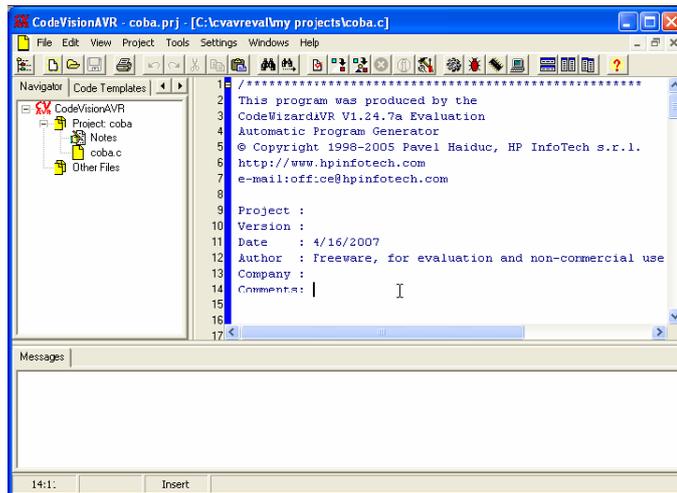
Gambar 10. Menyimpan file pertama

10. Yang kedua Anda diminta untuk memberikan nama file project yang dihasilkan. Misalnya beri nama "coba", lalu klik tombol Save. Lebih jelas pada Gambar 11 berikut. File tersebut nantinya akan mempunyai akhiran .prj.



Gambar 11. Menyimpan file ketiga

11. Setelah ketiga file disimpan maka pada Project Navigator akan muncul nama project beserta file C-nya. Secara bersamaan isi file C akan dibuka pada jendela editor seperti ditunjukkan oleh gambar 12.

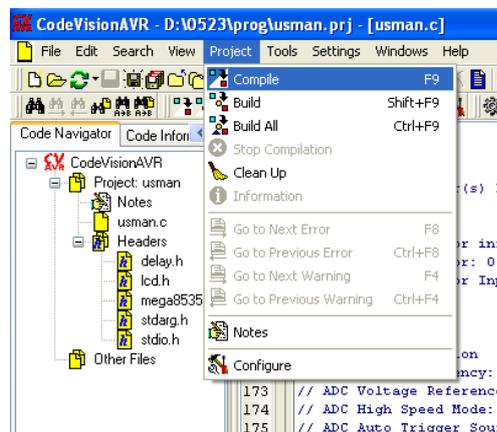


Gambar 12. Project baru telah siap

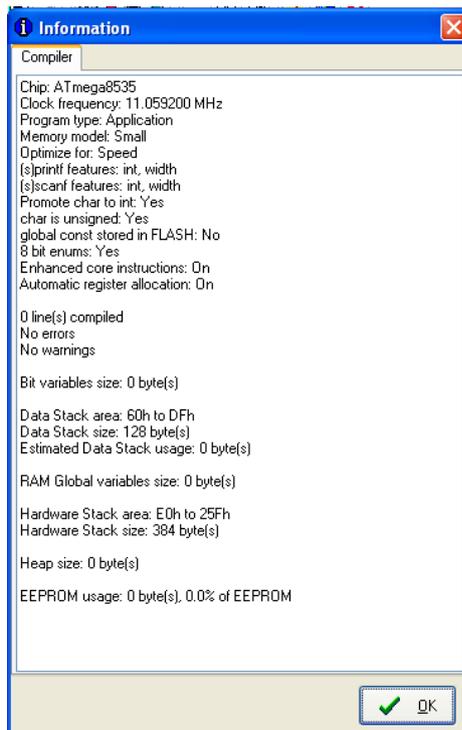
12. Mulai mengetikkan program.
13. Setelah selesai klik save

Langkah-langkah *compile* dan *download* ke mikro pada CodeVisionAVR V2.03.4

1. Pilih menu Project → Compile untuk melakukan kompilasi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 13. Lalu kotak dialog seperti ditunjukkan gambar 14 berikut akan muncul. Klik tombol OK.

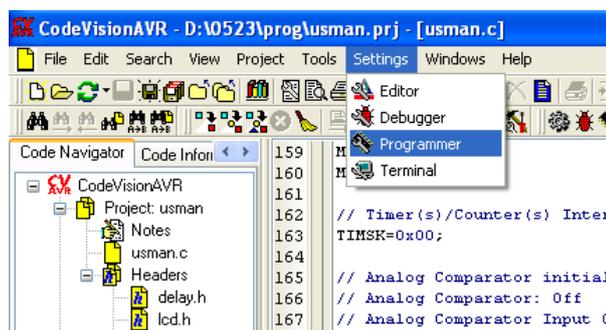


Gambar 13. Melakukan kompilasi



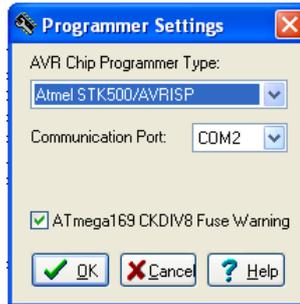
Gambar 14. Informasi hasil kompilasi

2. Program telah siap untuk ditransfer ke mikrokontroler. Sebelumnya harus melakukan seting pada programmer. Pada menu pilih Setting → Programmer, seperti pada gambar 15 berikut



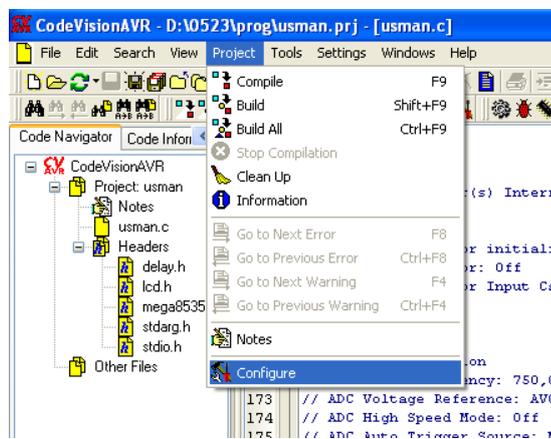
Gambar 15. Melakukan seting pada programmer

3. Pilihlah programmer sesuai dengan yang Anda gunakan. Pada gambar 16 di bawah ini ditunjukkan menggunakan programmer Atmel STK500AVRISP.

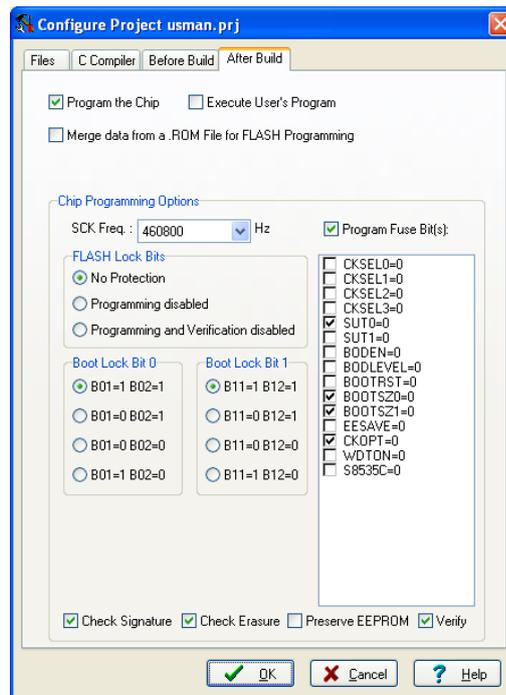


Gambar 16. Menggunakan programmer Atmel STK500AVRISP

4. Kemudian pilih menu Project → Configure, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 17 berikut. Kotak dialog pada Gambar 18 akan muncul, pada tab After Make, pilih “Program the Chip” dan cetak seperti pada gambar 18. Lalu klik tombol OK.

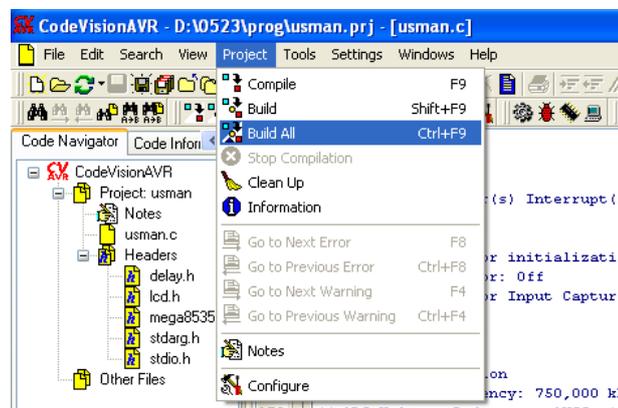


Gambar 18. Melakukan konfigurasi *project*

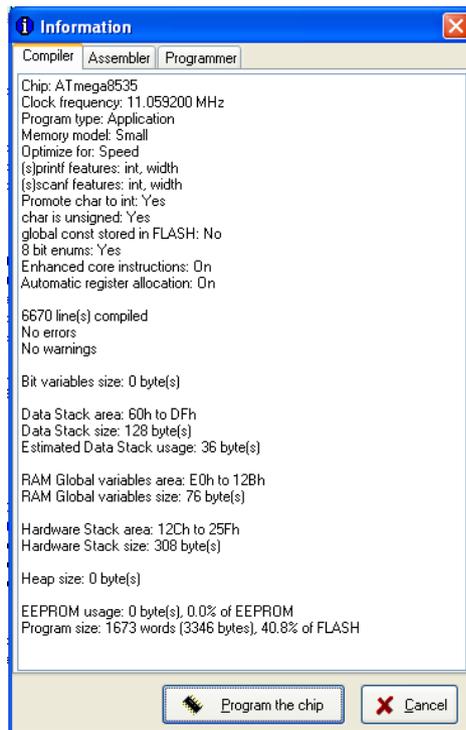


Gambar 18. Memilih opsi “Program the Chip” After Make dan menandai program fuse bit

- Setelah melakukan seting, lakukan *build all* dengan memilih menu Project → *build all*, seperti ditunjukkan oleh Gambar 18 di bawah. Apabila tidak ada kesalahan maka kotak dialog informasi seperti pada Gambar 19 akan muncul. Klik tombol Program untuk mentransfer program kedalam mikrokontroler.

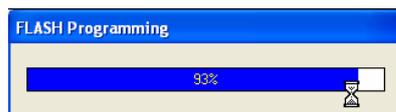


Gambar 18. Melakukan *build all*



Gambar 19. Kotak dialog informasi hasil *bulid all*

6. Proses download akan berlangsung seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 20.



Gambar 21. Proses transfer ke mikrokontroler

Lampiran K

Listning program Lux Meter

```
/*  
This program was produced by the  
CodeWizardAVR V2.03.4 Standard  
Automatic Program Generator  
© Copyright 1998-2008 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.  
http://www.hpinfotech.com*/
```

```
Project :  
Version :  
Date : 16/03/2009  
Author :  
Company :  
Comments:
```

```
Chip type : ATmega8535  
Program type : Application  
Clock frequency : 11,059000 MHz  
Memory model : Small  
External RAM size : 0  
Data Stack size : 128  
*/
```

```
#include <mega8535.h>  
#include <lcd.h>  
#include <delay.h>  
#include <stdio.h>  
#define ADC_VREF_TYPE 0x60  
#asm  
    .equ __lcd_port=0x18 ;PORTB  
#endasm  
  
unsigned char baca_adc(unsigned char pin_adc)  
{  
    ADMUX=pin_adc | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);  
    delay_us(10);  
    ADCSRA|=0x40;  
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);  
    ADCSRA|=0x10;  
    return ADCH;  
}  
// Declare your global variables here  
unsigned char adc1;  
signed long int e;  
char buff1[33],buff2[33];  
void tampilan_awal(void)  
{  
    lcd_clear ();  
    lcd_gotoxy(0,0);  
    lcd_putsf("PENDETEKSI");
```

```

        lcd_gotoxy(0,1);
        lcd_putsf("ILUMINASI");delay_ms(1500);
        lcd_clear ();
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_putsf("U S M A N");
        lcd_gotoxy(0,1);
        lcd_putsf("=ELEKTRO UNHAS=");
    }

void tampil_truz()
{
    adc1=baca_adc(1);

    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    sprintf(buff1,"adc = %d",adc1);
    lcd_puts(buff1);
    lcd_gotoxy(0,1);

    if (adc1>243){
        lcd_putsf("out of range");
    }else if (adc1>=170){
        e= 55828 - (680.9*adc1) + (2.803*adc1*adc1) -
(0.003894*adc1*adc1*adc1);

        sprintf(buff2,"E = %d",e);
        lcd_puts(buff2);
    }else {
        lcd_putsf("out of range");
    };
}

void main(void)
{

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x00;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In

```

```

// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

// Port D initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0xF0;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OCO output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 1 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization

```

```

// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 750,000 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC High Speed Mode: Off
// ADC Auto Trigger Source: None
// Only the 8 most significant bits of
// the AD conversion result are used
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;
SFIOR&=0xEF;

// LCD module initialization
lcd_init(16);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("S T A R T");
delay_ms (500);
tampilan_awal();
delay_ms(1000);
while (1)
{
    tampil_truz();
    delay_ms (250);
};
}

```

Lampiran H

Listing program kalibrasi sensor

```
/*  
This program was produced by the  
CodeWizardAVR V2.03.4 Standard  
Automatic Program Generator  
© Copyright 1998-2008 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.  
http://www.hpinfotech.com
```

```
Project :  
Version :  
Date    : 16/03/2009  
Author  :  
Company :  
Comments:
```

```
Chip type      : ATmega8535  
Program type   : Application  
Clock frequency : 11,059200 MHz  
Memory model   : Small  
External RAM size : 0  
Data Stack size : 128
```

```
*****/
```

```
#include <mega8535.h>  
#include <lcd.h>  
#include <delay.h>  
#include <stdio.h>  
#define ADC_VREF_TYPE 0x60  
#asm  
    .equ __lcd_port=0x18 ;PORTB  
#endasm  
  
unsigned char baca_adc(unsigned char pin_adc)  
{  
    ADMUX=pin_adc | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);  
    delay_us(10);  
    ADCSRA|=0x40;  
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);  
    ADCSRA|=0x10;  
    return ADCH;  
}  
// Declare your global variables here  
unsigned char adc1;  
signed long int e;  
char buff1[33],buff2[33];  
  
void tampil_truz()  
{  
    adc1=baca_adc(1);  
    lcd_clear();  
    lcd_gotoxy(0,0);
```

```

        sprintf(buff1,"adc = %d",adc1);
    }

void main(void)

{
// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x00;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

// Port D initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0xF0;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 1 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge

```

```

// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 750,000 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC High Speed Mode: Off
// ADC Auto Trigger Source: None
// Only the 8 most significant bits of
// the AD conversion result are used
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;
SFIOR&=0xEF;

// LCD module initialization
lcd_init(16);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("S T A R T");

```

```
delay_ms(1000);  
while (1)  
{  
    tampil_truz();  
    delay_ms (250);  
};  
}
```