

**RANCANG BANGUN PENGUKUR INTENSITAS
CAHAYA TAMPAK BERBASIS MIKROKONTROLER**

TUGAS AKHIR

Oleh

WANTO
04 05 23 048 5



**TUGAS AKHIR INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI
SEBAGIAN PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul :

RANCANG BANGUN PENGUKUR INTENSITAS CAHAYA TAMPAK BERBASIS MIKROKONTROLER

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 25 Juni 2008

Wanto

NPM 04 05 23 048 5

PENGESAHAN

Tugas akhir dengan judul :

RANCANG BANGUN PENGUKUR INTENSITAS CAHAYA TAMPAK BERBASIS MIKROKONTROLER

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian tugas akhir.

Depok, 25 Juni 2008

Dosen Pembimbing

Dr. Ir Purnomo Sidi Priambodo, MS.EE

NIP. 0407050192

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah, SWT atas anugerah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Karnadi dan Ibu Ibu Sutiningsih selaku ayahanda dan ibunda dari penulis yang tercinta yang telah memberikan perhatian, dorongan semangat dan dukungan secara material dan spiritual.
2. Sunarto, Cahyono, Komarudin, Rohatin, Utari Oemardy dan Nur Cahyati selaku keluarga besar dari penulis yang telah memberikan perhatian dan dorongan semangat.
3. Bapak Dr. Ir Purnomo Sidi Priambodo, MS.EE selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga tugas akhir ini dapat selesai dengan baik.
4. Rekan-rekan elektro – ekstensi angkatan 2005 dan 2006.
5. Semua pihak yang telah membantu penulis namun tidak dapat disebutkan satu per satu

Wanto
NPM 0405230485
Electical Engineering Department

Counsellor
Dr. Ir. Purnomo Sidi Priambodo, MS.EE

**DEVELOPMENT OF VISIBLE LIGHT INTENSITY MEASUREMENT
INSTRUMENT BASED ON MICROCONTROLLER AT89S52**

ABSTRACT

An instrument prototype for visible light intensity measurement has been designed and fabricated for the purpose of final project to obtain Sarjana Teknik degree of Electrical Engineering, Universitas Indonesia. The instrument is mainly supported by microcontroller AT89S52 system as the measurement data processing center. Further more, the result of the measurement processing is displayed on LCD screen.

To obtain the light intensity measurement data, it is required an instrument system which consists of microcontroller system, light dependent resistor (LDR) circuit to detect light intensity and convert it to analog voltage, and analog to digital converter (ADC) to convert the analog voltage from LDR circuit to be digital measured data for microcontroller. Furthermore, the microcontroller will process and calibrate the measurement data and displays the data to the ouput screen.

Due to limited facilities, for example unavailability of monochromator, the wavelength measurement cannot be conducted. Moreover, to simplify the light intensity measurement for specific color light, the light is grouped into several groups of color such as white, red, yellow, green and blue. To obtain a better accuracy, it has been done intensity callibratiron for every group of color according to LDR sensitivity spectrum and the callibration data is used in microcontroller system to determine accurate measurement data.

Keywords: light intensity, visible light, light sensor, microcontroller, Liquid Crystal Display (LCD)

Wanto
NPM 0405230485
Departemen Teknik Elektro

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Purnomo Sidi Priambodo, MS.EE

**RANCANG BANGUN PENGUKUR INTENSITAS CAHAYA TAMPAK
BERBASIS MIKROKONTROLER**

ABSTRAK

Dalam tugas akhir ini telah dirancang dan dibuat suatu sistem untuk mengukur besarnya intensitas cahaya tampak (*visible light*). Sistem tersebut berbasis pada mikrokontroler sebagai pengolah data. Selanjutnya hasil pengukuran ditampilkan pada sebuah layar LCD.

Untuk dapat mengetahui informasi mengenai intensitas cahaya, maka dibutuhkan suatu sistem perangkat keras pengukuran yang dilengkapi dengan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan yaitu rangkaian sensor cahaya LDR (Light Dependent Resistor) untuk mendeteksi intensitas cahaya, kemudian mengkonversikannya menjadi tegangan. Rangkaian ADC (Analog to Digital Converter) untuk mengubah tegangan analog yang berasal dari rangkaian sensor cahaya, untuk menjadi data pengukuran digital. Sistem mikrokontroler untuk mengolah dan mengkalibrasi data hasil pengukuran tersebut untuk ditampilkan di layar LCD (Liquid Crystal Display).

Karena keterbatasan tidak tersedianya monokromator, maka tidak dapat dilaksanakan pengukuran panjang gelombang sinar yang diamati. Selanjutnya, untuk mempermudah pengukuran intensitas cahaya, dikelompokkan dalam beberapa warna yaitu cahaya putih, merah, kuning, hijau, dan biru. Untuk mendekati nilai yang sebenarnya telah dilakukan kalibrasi untuk masing-masing warna sesuai dengan spektrum sensitivitas LDR

Kata kunci : intensitas cahaya, cahaya tampak, sensor cahaya, mikrokontroler, LCD

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRACT	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	1
1.3 BATASAN MASALAH	2
1.4 SISTEMATIKA PENULISAN	2
BAB II LANDASAN TEORI	3
2.1 CAHAYA	3
2.1.1 Intensitas dan Kuat Penerangan dari Sumber Cahaya Titik	4
2.1.2 Sumber Cahaya yang Terkolimasi	6
2.2 LIGHT DEPENDENT RESISTOR (LDR)	6
2.2.1 Sensitivitas	7
2.2.2 Spektrum Respons	8
2.2.3 Kecepatan Respons	9
2.3 MIKROKONTROLER	10

2.4	ANALOG TO DIGITAL CONVERTER (ADC)	11
BAB III	RANCANG BANGUN	14
3.1	PRINSIP KERJA SISTEM	14
3.1.1	Blok Diagram dan Fungsinya	14
3.2	PERANGKAT KERAS	15
3.2.1	Rangkaian Sensor Cahaya LDR	16
3.2.2	Mikrokontroler	17
3.2.3	Saklar	17
3.2.4	Sirkuit <i>display</i> LCD	17
3.2.5	Rangkaian ADC	18
3.3	PERANGKAT LUNAK	19
BAB IV	PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM	21
4.1	HASIL RANCANG BANGUN	21
4.2	KOEFISIEN KALIBRASI	22
4.3	PENGKALIBRASIAN ALAT	27
4.4	PENGUKURAN INTENSITAS CAHAYA	28
4.5	ANALISA SISTEM	33
BAB V	KESIMPULAN	35
	DAFTAR ACUAN	36
	DAFTAR PUSTAKA	37
	LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Data LED kalibrator warna hijau	22
Tabel 4.2 Data LED kalibrator warna merah	23
Tabel 4.3 Data LED kalibrator warna kuning	24
Tabel 4.4 Data LED kalibrator warna biru	25
Tabel 4.5 Data LED kalibrator warna putih	26
Tabel 4.6 Hasil pengukuran Intensitas cahaya warna hijau	28
Tabel 4.7 Hasil pengukuran Intensitas cahaya warna merah	29
Tabel 4.8 Hasil pengukuran Intensitas cahaya warna kuning	30
Tabel 4.9 Hasil pengukuran Intensitas cahaya warna biru	31
Tabel 4.10 Hasil pengukuran Intensitas cahaya warna putih	32
Tabel 4.11 Tingkat keakuratan hasil pengukuran	33

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Warna-warna spektrum	4
Gambar 2.2 Grafik kepekaan mata	4
Gambar 2.3 Arah jalan sinar pada Pengukuran Fotometri	5
Gambar 2.4 Bentuk LDR	6
Gambar 2.5 Grafik Iluminasi cahaya a resistansi LDR	7
Gambar 2.6 Geometri elektroda permukaan LDR	8
Gambar 2.7 Grafik respon LDR terhadap spektrum panjang gelombang cahaya	8
Gambar 2.8 Grafik respons waktu	9
Gambar 2.9 Mikrokontroler	10
Gambar 2.10 Diagram blok ADC	12
Gambar 3.1 Blok diagram sistem secara keseluruhan	14
Gambar 3.2 Skematik diagram perangkat keras sistem	16
Gambar 3.3 Diagram alir program mikrokontroler untuk pemrosesan data pengukuran cahaya	20
Gambar 4.1 Perangkat keras dari bagian luar	21
Gambar 4.2 Perangkat keras dari bagian dalam	21
Gambar 4.3 Grafik koefisien kalibrasi warna hijau	23
Gambar 4.4 Grafik koefisien kalibrasi warna merah	24
Gambar 4.5 Grafik koefisien kalibrasi warna kuning	25
Gambar 4.6 Grafik koefisien kalibrasi warna biru	26
Gambar 4.7 Grafik koefisien kalibrasi warna putih	27
Gambar 4.8 Grafik pengukuran intensitas cahaya warna hijau	29
Gambar 4.9 Grafik pengukuran intensitas cahaya warna merah	30
Gambar 4.10 Grafik pengukuran intensitas cahaya warna kuning	31
Gambar 4.11 Grafik pengukuran intensitas cahaya warna biru	32
Gambar 4.12 Grafik pengukuran intensitas cahaya warna putih	33

DAFTAR LAMPIRAN



DAFTAR SINGKATAN

LDR	Light Dependent Resistor
LCD	Liquid Crystal Display
ADC	Analog To Digital Converter

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Cahaya adalah bagian dari spektrum radiasi gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat oleh mata manusia. Sinar putih yang biasa terlihat (disebut juga cahaya tampak atau *visible light*) terdiri dari semua komponen warna dari spektrum cahaya. Spektrum cahaya terbagi berdasarkan atas *range* (batasan wilayah) panjang gelombang. Panjang gelombang yang berbeda-beda diinterpretasikan oleh otak manusia sebagai warna.

Cahaya yang berupa spektrum warna disebut cahaya *polychromatic*, sedangkan yang terdiri atas satu panjang gelombang disebut cahaya *monochromatic*. Alat ukur intensitas cahaya dapat mengukur baik cahaya *monochromatic* maupun cahaya *polychromatic*. Jika mengukur cahaya *polychromatic*, berarti hasil pengukuran intensitas cahaya merupakan total intensitas dari semua warna. Dalam penelitian ini, penulis mengembangkan perangkat untuk mengukur intensitas cahaya yang dapat digunakan baik untuk cahaya *monochromatic* maupun *polychromatic*. Karena keterbatasan kelangkaan peralatan *monochromator*, maka sistem ini belum dapat digunakan untuk mengukur panjang gelombang dari cahaya yang diukur intensitasnya.

Untuk merealisasikan rancangan perangkat pengukur intensitas cahaya, dalam tugas akhir ini dibuat suatu perangkat alat ukur intensitas cahaya menggunakan sensor cahaya berbasis LDR yang memiliki wilayah pengukuran 510 nanometer (nm) sampai 700 nm dan proses pengolahan /perhitungan menggunakan mikrokontroler AT89S52.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini untuk merancang dan membuat suatu alat ukur intensitas cahaya di daerah tampak (*visible light*) dengan menggunakan LDR

(Light Dependent Resistor) sebagai sensor cahaya diwilayah 510 nm sampai 700 nm yang tersedia di pasaran, mikrokontroler AT89S52 sebagai pengolah data hasil pengukuran dimana informasinya ditampilkan pada layar tampil LCD, sehingga informasi pengukuran dapat diketahui oleh pengguna.

1.3 BATASAN MASALAH

Permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini dibatasi pada proses pengolahan data dari LDR wilayah 510 nm sampai 700 nm (data hasil perubahan intensitas cahaya), data digital ADC dengan resolusi 8 bit sebagai data yang akan diproses pada mikrokontroler, kalibrasi dan hasil pengukuran ditampilkan pada layar LCD. Pengkalibrasian alat ukur dan pengujian alat ukur dilakukan dengan menggunakan sumber cahaya dari LED yang sama.

1.4 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan tugas akhir ini dibagi dalam beberapa bab, yaitu:

- BAB I : Pendahuluan, bab ini membahas tentang latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan.
- BAB II : Landasan teori, bab ini menjelaskan tentang cahaya dan gambaran umum mengenai sistem pengukuran cahaya, menjelaskan mengenai mikrokontroler, menjelaskan mengenai ADC0804, menjelaskan mengenai LDR.
- BAB III : Rancang bangun, bab ini menjelaskan tentang prinsip kerja sistem secara keseluruhan, menjelaskan mengenai perancangan perangkat keras dan perangkat lunak.
- BAB IV : Pengujian dan analisa sistem, bab ini menjelaskan pengujian sistem dan menganalisa data hasil pengujian.
- BAB V : Kesimpulan, bab ini menjelaskan hasil yang didapat dari rancang bangun sistem secara keseluruhan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 CAHAYA

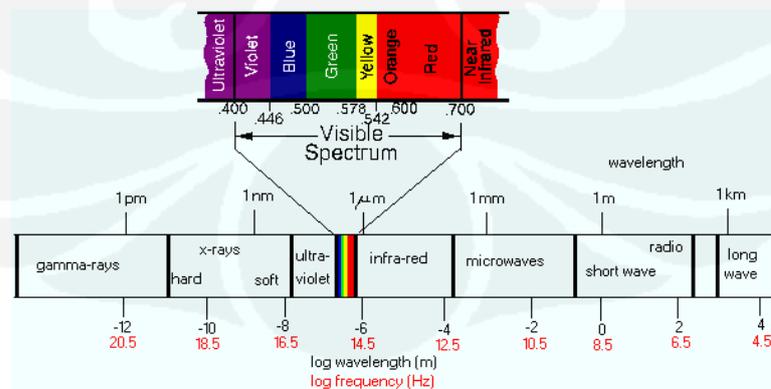
Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat dengan mata. Suatu sumber cahaya memancarkan energi, sebagian dari energi ini diubah menjadi cahaya tampak (*visible light*). Perambatan cahaya di ruang bebas dilakukan oleh gelombang elektromagnetik [1].

Kecepatan rambat (v) gelombang elektromagnetik di ruang bebas sama dengan 3×10^8 meter per detik. Jika frekuensi (f) dan panjang gelombang λ , maka berlaku :

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (1)$$

dimana λ adalah panjang gelombang, dengan satuan meter (m)
 v adalah kecepatan cahaya, dengan satuan meter per detik (m/s)
 f adalah frekuensi, dengan satuan hertz (Hz)

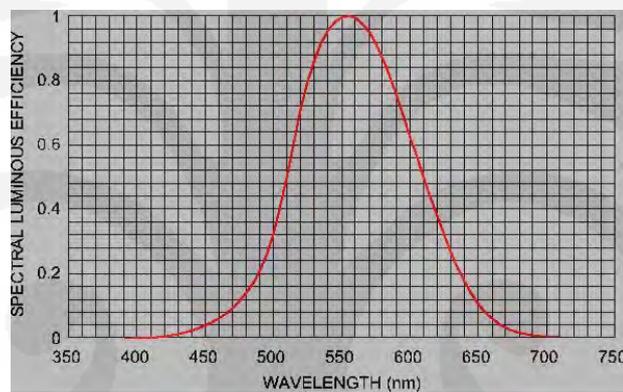
Panjang gelombang cahaya tampak berkisar antara 350 nanometer (nm) hingga 790 nanometer (nm). Yang terdiri atas beberapa daerah warna seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Warna-warna spektrum [3]

Cahaya putih dapat diuraikan menggunakan prisma kaca, sinar-sinarnya dibiaskan sedemikian rupa sehingga terjadi suatu spektrum. Warna-warna spectrum ini dinamakan cahaya satu warna atau cahaya monokrom. Warna-warna tersebut juga tampak pada pelangi, yang terjadi karena pembiasan cahaya oleh titik-titik air hujan [2].

Selain memiliki warna tertentu, setiap panjang gelombang juga memiliki intensitas. Mata manusia paling peka akan cahaya dengan panjang gelombang 555 nm, yaitu cahaya berwarna kuning-hijau [3]. Warna-warna yang lain dengan intensitas yang sama lebih redup, seperti yang terlihat pada grafik kepekaan mata Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Grafik kepekaan mata [3]

2.1.1 Intensitas dan Kuat Penerangan dari Sumber Cahaya Titik

Suatu titik sumber cahaya akan memancarkan fluks cahaya ($d\Phi$) dengan sudut ruang sebesar ($d\omega$), seperti terlihat pada Gambar 2.3, maka akan memiliki intensitas penerangan yang dapat dinyatakan dengan formula berikut [4]:

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (2)$$

dimana I adalah intensitas penerangan, dengan satuan Candela (Cd)

$d\Phi$ adalah fluks cahaya, dengan satuan lumen (lm)

$d\omega$ adalah sudut ruang, dengan satuan steradian (st)

Untuk sumber penerangan dalam ruang terang (*brightness*) adalah :

$$B = \frac{dI}{dA} \quad (3)$$

dimana B adalah ruang terang, dengan satuan Cd/cm²

dI adalah intensitas penerangan, dengan satuan Candela (Cd)

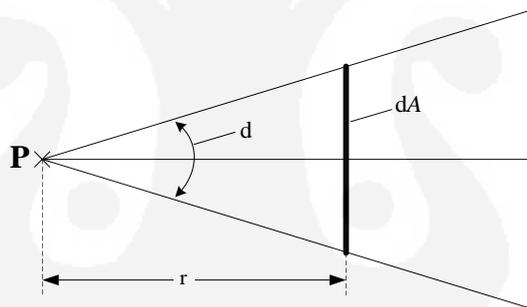
dA adalah luas permukaan, dengan satuan cm²

Bila suatu daerah dengan luas dA diterangi dengan fluks penerangan $d\Phi$ maka kuat penerangan E (lux) adalah :

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad [\text{lx}] \quad (4)$$

dimana E adalah kuat penerangan, dengan satuan lux.

Pada Gambar 2.3, dapat dilihat gambar skema penerangan suatu elemen permukaan dA karena sumber penerangan P dengan intensitas penerangan I dan jarak sebesar R tegak lurus terhadap elemen permukaan titik dalam arah segaris dengan sumber cahaya.



Gambar 2.3 Arah jalan sinar pada Pengukuran Fotometri [4]

Kuat penerangan E adalah :

$$E = \frac{d\Phi}{dA} = \frac{d\Phi/d\omega}{d\omega/dA} \quad (5)$$

Dengan $d\omega = \frac{dA}{r^2}$ sehingga dari persamaan 2, kita dapat peroleh :

$$E = \frac{I}{r^2} \quad (6)$$

Persamaan (6) menjabarkan tentang hukum fotometri tentang jarak. Menurut persamaan ini, kuat penerangan E dari sebuah sumber titik cahaya akan menurun sebanding dengan kuadrat jarak r untuk intensitas penerangan yang konstan [4].

2.1.2 Sumber Cahaya yang Terkolimasi

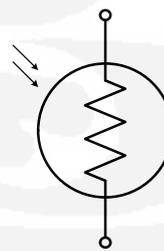
Cahaya terkolimasi adalah cahaya yang memiliki arah sinar mendekati paralel atau sejajar, oleh karena itu berkas sinar yang terbentuk hampir tidak memiliki sudut ruang (d). Cahaya matahari, bintang dan sumber cahaya lain yang letaknya sangat jauh dapat memiliki arah sinar cahaya yang terkolimasi. Selain sumber cahaya yang letaknya sangat jauh, sumber cahaya yang memiliki arah sinar terkolimasi adalah cahaya laser, karena laser memiliki sifat kolimasi yaitu semua sinar cahayanya bergerak dalam arah yang sejajar.

2.2 LIGHT DEPENDENT RESISTOR (LDR)

Sebuah *light dependent resistor* (LDR) terdiri dari sebuah piringan bahan semikonduktor dengan dua buah elektroda pada permukaannya [5]. Biasanya LDR terbuat dari bahan CdS, CdSe, PbS dan Bi_2Se_3 . Gambar 2.4 menunjukkan salah satu bentuk LDR.



Konstruksi LDR



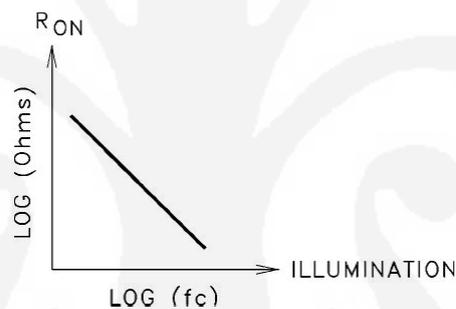
Simbol skematik LDR

Gambar 2.4 Bentuk LDR

Dalam gelap atau dibawah cahaya yang redup, bahan piringan hanya mengandung elektron bebas dalam jumlah yang relatif sangat kecil. Hanya tersedia sedikit elektron bebas untuk mengalirkan muatan listrik. Hal ini berarti

bahwa bahan bersifat sebagai konduktor yang buruk untuk mengalirkan arus listrik. Dengan kata lain, nilai tahanan bahan sangat tinggi.

Di bawah cahaya yang terang, lebih banyak elektron dapat melepaskan diri dari atom-atom bahan semikonduktor ini. Terdapat lebih banyak elektron bebas yang mengalirkan muatan listrik. Hal ini disebabkan adanya efek foto elektrik (*photoelectric effect*) yaitu fenomena quantum elektron (*quantum electronic*) dimana elektron-elektron dipancarkan atau dilepas oleh suatu bahan setelah menyerap energi dari radiasi gelombang elektromagnetik seperti sinar X (*X-ray*) atau cahaya tampak (*visible light*) [6]. Dalam keadaan ini, bahan bersifat sebagai konduktor yang baik. Tahanan listrik bahan rendah. Semakin terang cahaya yang mengenai bahan, semakin banyak elektron bebas yang tersedia, dan semakin rendah pula tahanan listrik bahan. Gambar 2.5 menunjukkan grafik hubungan antara intensitas cahaya terhadap resistansi LDR.



Gambar 2.5 Grafik Iluminasi cahaya a resistansi LDR [7].

2.2.1 Sensitivitas

Sensitivitas suatu LDR berhubungan dengan cahaya yang mengenainya dan hasil output sinyalnya. Resistansi LDR pada suatu tingkat (*level*) intensitas cahaya tertentu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6, ditentukan dengan formula berikut:

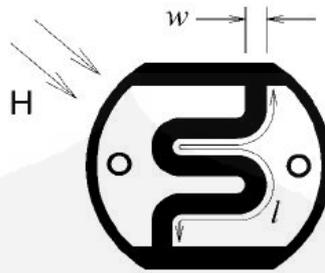
$$R_H = \frac{w}{l} \cdot H$$

dimana R_H adalah resistansi LDR pada intensitas cahaya *level* H

H adalah data sensitivitas bahan LDR pada intensitas cahaya *level* H

w adalah lebar celah elektroda

l adalah panjang celah elektroda

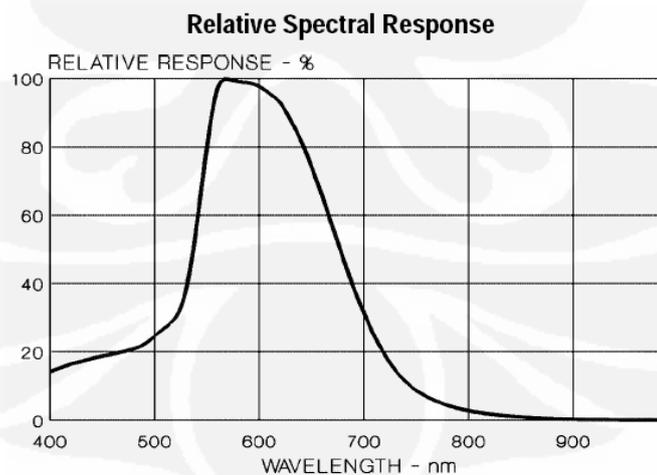


Gambar 2.6 Geometri elektroda permukaan LDR [7]

Pada Gambar 2.6 diatas terlihat bahwa bagian yang sensitif terhadap perubahan cahaya dibentuk dalam struktur yang berkelu-liku, hal ini dimaksudkan agar resolusi tahanannya dapat sekecil mungkin.

2.2.2 Spektrum Respons

Seperti halnya mata manusia, sensitivitas LDR juga tergantung dari panjang gelombang cahaya yang mengenainya. Masing-masing jenis material bahan semikonduktor LDR mempunyai grafik spektrum respons sendiri. Gambar 2.7 menunjukkan grafik respons suatu jenis LDR yang banyak dipasaran terhadap spektrum panjang gelombang cahaya.

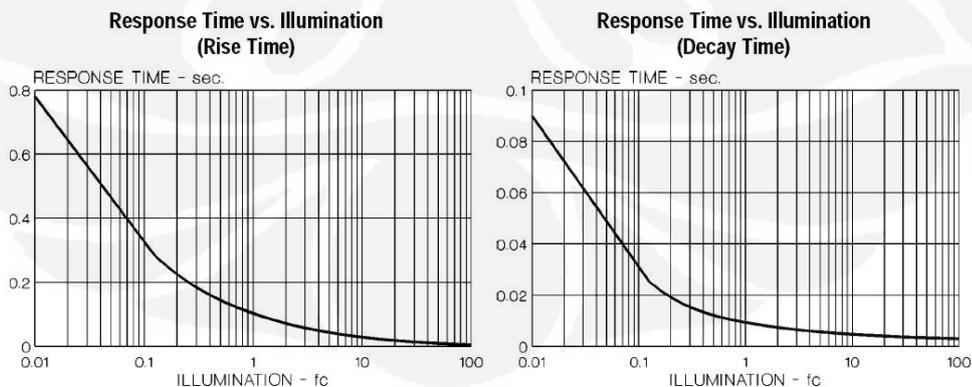


Gambar 2.7 Grafik respon LDR terhadap spektrum panjang gelombang cahaya [7]

2.2.3 Kecepatan Respons

Kecepatan respons adalah pengukuran kecepatan saat LDR merespons perubahan cahaya dari terang ke gelap atau dari gelap ke terang. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. Waktu naik (*rise time*) didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan konduktansi cahaya (*light conductance*) pada LDR untuk mencapai $1 - e^{-1}$ (sekitar 63%) dari nilai akhirnya. Waktu turun (*decay time*) didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan konduktansi cahaya (*light conductance*) pada LDR untuk menurun sampai e^{-1} (sekitar 37%) dari keadaan teriluminasi, dimana e adalah bilangan *Euler* yang besarnya 2,718. Pada 1 fc (*footcandela*) iluminasi, waktu respons (*response time*) sekitar 5 msec sampai 100 msec [7].

Unjuk kerja kecepatan respons suatu LDR berkaitan dengan sifat dari bahan semikonduktor pembentuknya, yaitu sifat *carrier lifetime* bahan semikonduktor. Pada beberapa semikonduktor, *hole-electron* berpasang-pasangan pada suatu suhu ruangan. Pembentukan *electron* dan *hole* pada bahan semikonduktor akan memerlukan energi. Ketika *electron* terbentuk maka *hole* pun akan terbentuk. Energi untuk membangkitkan terbentuknya *electron* dan *hole* tersebut dapat berupa energi panas ataupun energi yang dihasilkan dari cahaya yang mengenai bahan semikonduktor tersebut. Pengukuran lamanya waktu untuk berekombinasi/berpasang-pasangan kembali antara *hole* dan *electron* seperti keadaan sebelumnya setelah energi pembangkitnya hilang dinamakan *carrier lifetime*.



Gambar 2.8 Grafik respons waktu [7]

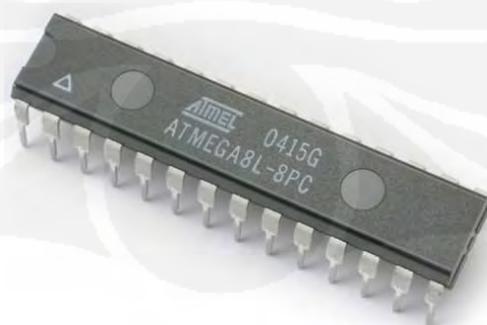
Kecepatan respons juga dipengaruhi oleh terang redupnya cahaya (*level* cahaya). Semua jenis material bahan LDR menunjukkan kecepatan responsnya lebih tinggi saat *level* cahaya lebih terang dan kecepatan lebih rendah saat cahaya lebih redup. Penyimpanan LDR di ruang yang gelap akan menyebabkan respons lebih lambat dari pada penyimpanan di ruang yang terang.

2.3 MIKROKONTROLER

Semua jenis perangkat elektronika, mulai dari telepon genggam hingga *microwave*, dan mulai dari mesin cuci piring otomatis hingga kamera digital, memiliki sebuah mikrokontroler yang berperan sebagai jantung dari kesistemannya. Mikrokontroler mampu melaksanakan semua kerja pemrosesan kompleks yang diperlukan untuk memproses berupa menghitung, memanipulasi, mengkalibrasi dan lain sebagainya suatu data input (atau input-input) dan mengirimkan sistem ke output (atau output-output)-nya

Sebuah mikrokontroler seringkali disebut dengan sebutan ‘komputer kecil dalam sebuah chip’ [8]. Sebutan ini merupakan sebuah deskripsi yang cukup tepat bagi piranti mikrokontroler. Mikrokontroler adalah sebuah rangkaian terpadu tunggal, dimana semua blok rangkaian merupakan unit-unit terpisah di dalam sebuah komputer yang digabung menjadi satu.

Terdapat ratusan jenis mikrokontroler yang berbeda, yang terdapat dipasaran. Sedemikian beragamnya, maka cukup sulit mengatakan jenis mana yang merupakan jenis yang ‘tipikal’. Gambar 2.9 berikut ini merupakan salah satu contoh rangkaian terpadu (IC) mikrokontroler.



Gambar 2.9 Mikrokontroler

Rangkaian terpadu (IC) pada gambar diatas adalah mikrokontroler dengan ukuran rata-rata. Umumnya sebuah mikrokontroler memuat unit-unit dasar yang dibutuhkan oleh semua jenis kontroler, yaitu :

- **Unit aritmetika dan logika (*Arithmetic-Logic Unit*)**

ALU: Rangkaian-rangkaian logika yang melaksanakan operasi-operasi penjumlahan, pengurangan, dan berbagai operasi logika lainnya.

- **Memori:** Rangkaian-rangkaian logika yang berfungsi menyimpan data. Terdapat dua jenis memori, yaitu RAM dan ROM.

RAM (*Random Access Memory*), dipergunakan untuk menyimpan data secara temporer. Data yang disimpan di dalamnya akan hilang ketika pasokan daya ke piranti ini diputuskan. Biasanya memori jenis ini digunakan oleh ALU untuk menyimpan data sementara, yang dibutuhkan ketika melakukan pemrosesan.

ROM (*Read Only Memory*) adalah jenis yang “lebih sedikit” permanen. Tipe memori ini ditunjukkan untuk ‘sering dibaca’ namun ‘jarang ditulis’. Memori jenis ini umumnya digunakan untuk menyimpan instruksi-instruksi dalam bentuk kode biner untuk mengarahkan kerja kontroler, yang dapat dipahami dan dilaksanakan oleh kontroler.

- **Clock:** *Chip* yang memuat semua komponen *clock* sistem, terkecuali komponen kristalnya.

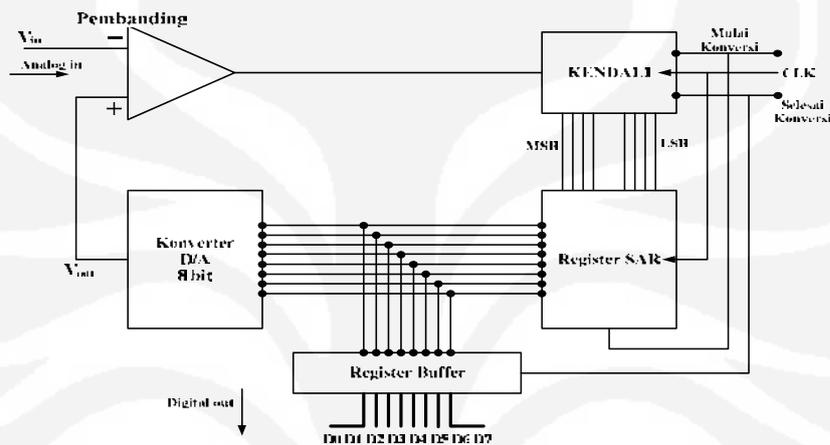
- **Input dan Output:** Berupa pin-pin yang dapat disambungkan ke sensor-sensor atau perangkat-perangkat input lainnya. Pin-pin juga dapat disambungkan ke lampu, piranti tampilan, motor, pengeras suara dan perangkat output lainnya.

Selain unit-unit utama diatas, suatu mikrokontroler juga memiliki sejumlah fasilitas khusus, namun tidak semua mikrokontroler memilikinya. Unit ini meliputi *timer*, *counter* dan lain-lain.

2.4 ANALOG TO DIGITAL CONVERTER (ADC)

Pengubah analog ke digital atau ADC (*Analog to Digital Converter*), adalah alat yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog ke digital. Ada banyak cara yang

dapat digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital yang nilainya proposional. Jenis ADC yang biasa digunakan dalam perancangan adalah jenis *successive approximation conversion* atau pendekatan bertingkat yang memiliki waktu konversi jauh lebih singkat dan tidak tergantung pada nilai masukan analognya atau sinyal yang akan diubah. Diagram blok pengubah sinyal analog ke dalam digital ditunjukkan pada Gambar 2.10 berikut ini.



Gambar 2.10 Diagram blok ADC [9]

Prinsip kerja rangkaian pada Gambar 2.10 tersebut adalah jika sinyal masukan mulai konversi dari unit kendali di beri logika '0', maka register SAR (*Successive Approximation Register*) akan direset. Sehingga keluaran V_{out} unit DAC (*Digital to Analog*) menjadi nol. Pada waktu sinyal 'mulai konversi' kembali menjadi tinggi, operasi konversi segera dimulai.

Proses konversi diawali dengan pengesetan bit paling berarti (MSB) register SAR oleh kendali. Selanjutnya data digital dalam register SAR dikonversi ke analog oleh DAC. Hasil konversi V_{out} oleh unit dibandingkan dengan sinyal masukan V_{in} oleh unit pembanding. Bila V_{out} lebih besar lebih besar dari pada V_{in} , maka unit pembanding akan mengirimkan sinyal negatif ke unit kendali. Dengan adanya sinyal negatif ini, unit kendali akan mereset bit paling berarti (MSB) register SAR. Sebaliknya, jika V_{out} lebih kecil dari pada V_{in} , unit pembanding akan mengirimkan sinyal positif ke unit kendali. Dengan sinyal positif ini, unit kendali tetap mengeset bit paling berarti (MSB).

Pada pulsa *clock* berikutnya unit kendali akan mengeset bit yang lebih rendah yaitu bit ke 7 register SAR. Kemudian data dikonversikan oleh unit DAC dan hasil konversi V_{out} dibandingkan dengan sinyal masukan V_{in} . Sinyal hasil perbandingan akan menentukan unit kendali untuk mengeset dan mereset register SAR. Demikian proses ini berlangsung, sampai diperoleh nilai V_{in} sama dengan V_{out} . Apabial konversi telah selesai, unit kendali mengirimkan sinyal ‘selesai konversi’ yang berlogika rendah. Tetapi turun sinyal ini akan mengisikan data digital yang ekivalen dengan nilai V_{in} , kepada register penahan (Buffer) [9].

BAB III

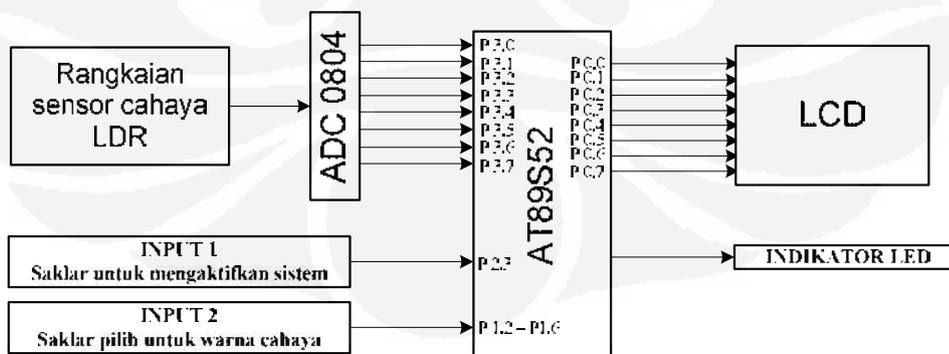
RANCANG BANGUN

3.1 PRINSIP KERJA SISTEM

Prinsip kerja sistem secara keseluruhan adalah dimulai dari menangkap intensitas cahaya oleh rangkaian sensor cahaya (LDR). Intensitas cahaya tersebut kemudian diubah oleh rangkaian LDR menjadi tegangan. Tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian sensor LDR masih bersifat analog. Oleh karena itu agar tegangan tersebut dapat diproses secara digital dengan sistem mikrokontroler, maka tegangan tersebut harus diubah terlebih dahulu ke bentuk digital. Perangkat konverter analog ke digital (*Analog to Digital Converter*, ADC) berfungsi untuk mengubah tegangan analog keluaran rangkaian sensor LDR menjadi data digital. Data digital keluaran dari perangkat ADC kemudian diproses di dalam mikrokontroler dan dikalibrasi untuk kemudian ditampilkan pada layar tampil LCD.

3.1.1 Blok Diagram dan Fungsinya

Secara keseluruhan, sistem untuk mengukur besarnya intensitas cahaya tampak ini terdiri dari beberapa bagian yang dapat digambarkan menjadi blok diagram pada Gambar 3.1 berikut ini



Gambar 3.1 Blok diagram sistem secara keseluruhan

Secara keseluruhan sistem terdiri dari enam bagian yaitu rangkaian sensor cahaya LDR, rangkaian ADC, input saklar, mikrokontroler, *display* LCD dan indikator LED untuk menunjukkan kesiapan.

1) Rangkaian sensor cahaya LDR

Rangkaian sensor ini digunakan untuk menangkap perubahan intensitas cahaya menjadi tegangan.

2) Rangkaian ADC

Integrated Circuit ADC yang digunakan adalah ADC 0804 yang akan mengubah tegangan analog keluaran dari rangkaian sensor menjadi data digital 8 bit.

3) Input saklar 1

Input saklar 1 adalah saklar tekan yang digunakan untuk mengaktifkan mikrokontroler.

4) Input saklar 2

Input saklar 2 adalah saklar *rotary* (*rotary switch*) dan saklar tekan yang digunakan untuk memilih warna cahaya yang akan diukur.

5) Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler AT89S52 yang akan melakukan proses pengolahan data, perhitungan data, kalibrasi dan melakukan konversi data dari data biner ke data decimal yang akan dikirim ke layar LCD.

6) Sirkuit *Display* LCD

Sirkuit *Display* LCD berfungsi untuk menampilkan informasi pengukuran kepada pengguna. LCD yang digunakan adalah LCD tipe M1632, terdiri dari dua baris dan masing-masing baris terdiri dari 16 karakter (biasanya disebut LCD 16×2). Tiap karakter berukuran 5×7 dot matrix.

7) Indikator LED

Indikator LED berfungsi sebagai indikasi bahwa sistem sedang siap atau beroperasi.

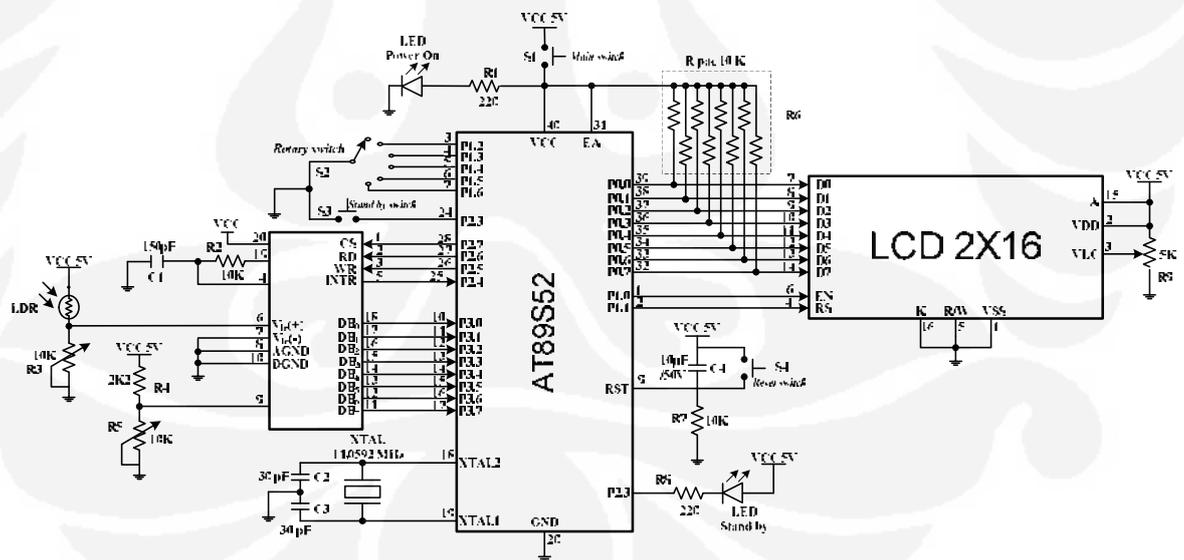
3.2 PERANGKAT KERAS

Sirkuit perangkat keras secara keseluruhan dibuat dengan menggunakan komponen-komponen sesuai dengan fungsi dari blok-blok sistem yang

digambarkan pada Gambar 3.1. Gambar 3.2 menunjukkan skematik diagram perangkat keras sistem.

3.2.1 Rangkaian sensor cahaya LDR

Komponen LDR yang digunakan adalah LDR yang banyak terdapat dipasaran umumnya berbahan dasar Kadmium Sulfide (CdS) karena bahan ini peka terhadap perubahan intensitas cahaya, dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh pada LDR menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas sehingga resistansi bahan mengalami penurunan. Nilai resistansi LDR yang digunakan berada pada antara 150 Ω (bila mendapatkan cahaya maksimum) sampai 20 M Ω (bila tidak mendapat cahaya), sehingga besarnya nilai resistansi R3 yang digunakan sebagai konfigurasi rangkaian pembagi tegangan harus memiliki nilai lebih besar dari pada resistansi LDR pada waktu mendapat cahaya maksimum dan memiliki resistansi lebih kecil ada waktu LDR tidak mendapatkan cahaya. Oleh karena itu, resistansi R3 sebesar 10 K dapat digunakan sebagai konfigurasi rangkaian sensor cahaya.



Gambar 3.2 Skematik diagram perangkat keras sistem

3.2.2 Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan adalah IC AT89S52 produksi ATMEL yang memiliki 8 bit terminal I/O, dengan memasang kristal sebesar 11,0592 MHz maka akan memberikan kecepatan satu siklus mesin (*Machine Cycle*) sebesar 1,08 μ s.

$$\begin{aligned}1 \text{ MC} &= 12 \times T \\ &= 12 \times \frac{1}{11.059.200 \text{ Hz}} \\ &= 1,08 \times 10^{-6} \text{ s}\end{aligned}$$

Setiap satu siklus mesin sama dengan 12 periode. Dengan setiap satu siklus mesin sebesar 1,08 μ s diharapkan setiap terjadi perubahan intensitas cahaya dapat direspons dan diproses oleh mikroprosesor dengan cepat.

3.2.3 Saklar

Dua buah saklar tekan (sebuah sebagai saklar utama pensuplai daya ke sistem, sedangkan yang satunya sebagai saklar mode *stand by*), sebuah *rotary switch* untuk memilih warna cahaya yang akan diukur.

3.2.4 Sirkuit display LCD

Layar tampil LCD menggunakan jenis LCD M1632 buatan Hitachi, terdiri dari dua bagian, yang pertama merupakan panel LCD sebagai media penampil informasi dalam bentuk huruf/angka dua baris, masing-masing baris bisa menampung 16 huruf/angka. Bagian kedua merupakan sebuah sistem yang dibentuk dengan mikrokontroler yang ditempelkan dibalik pada panel LCD yang berfungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi M1632 dengan mikrokontroler yang memakai tampilan LCD ini. LCD ini memiliki 16 pin, yang masing-masing pin memiliki fungsi sebagai berikut: Pin 1 (VSS) dihubungkan ke Gnd; Pin 2 (VDD) dihubungkan ke Vcc +5V; Pin 3 (VLC) yang dihubungkan dengan R9 sebagai pengatur kontras tegangan LCD; Pin 4 (RS) untuk memberitahu LCD bahwa sinyal yang dikirim adalah data atau memberitahu bahwa sinyal yang dikirim adalah perintah; Pin 5 (R/W) digunakan

untuk mengatur fungsi LCD yaitu untuk menerima data (membaca data) dan berfungsi untuk mengeluarkan data; Pin 6 (E) adalah terminal enable; Pin 7 – Pin 14 (DB0.....DB7) adalah data 8 bit data bus; Pin 15 dan Pin 16 (Anoda dan Katoda) adalah pin input tegangan untuk menyalakan lampu LCD.

Jalur data LCD dihubungkan dengan pin *port 0* mikrokontroler, karena pin *port 0* mikrokontroler tidak memiliki internal *pull up* maka antara *port 0* dan V_{cc} dipasang resistor *pull up* yang berfungsi mem-*pull up* suatu sinyal agar tidak terjadi *floating* atau kondisi yang tidak terdefinisi (*undefined state*). Pin *pull up* biasanya dapat dialiri arus hingga 2 mA [10], oleh karena itu besarnya resistor *pull up* yang dapat digunakan antara pin *port 0* dan jalur data LCD adalah

$$\begin{aligned} R &= \frac{V}{I} \\ &= \frac{5 \text{ V}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ A}} \\ &= 2.500 \end{aligned}$$

karena 2 mA adalah batas maksimal arus yang dapat dialirkan ke *pull up*, maka R-pack 10 K dapat digunakan sebagai resistor *pull up*.

3.2.5 Rangkaian ADC

Komponen ADC yang digunakan adalah IC ADC 0804 produksi National. IC ADC 0804 memiliki *generator clock* internal yang harus diaktifkan dengan menghubungkan sebuah resistor eksternal (R2) antara pin 19 (CLK R) dan pin 4 (CLK IN) serta sebuah kapasitor eksternal (C1) antara CLK IN dan *ground* digital. Agar dapat menghasilkan frekuensi *clock* sesuai dengan tipikal *clock* pada lembar data (*datasheet*) yaitu 640 kHz, maka besarnya nilai kapasitor C4 yang digunakan adalah

$$\begin{aligned} f_{CLK} &= \frac{1}{1,1 \times RC} \\ 640 \text{ kHz} &= \frac{1}{1,1 \times 10000C} \\ C &= 1,42 \cdot 10^{-10} \text{ F} \quad 150 \text{ pF} \end{aligned}$$

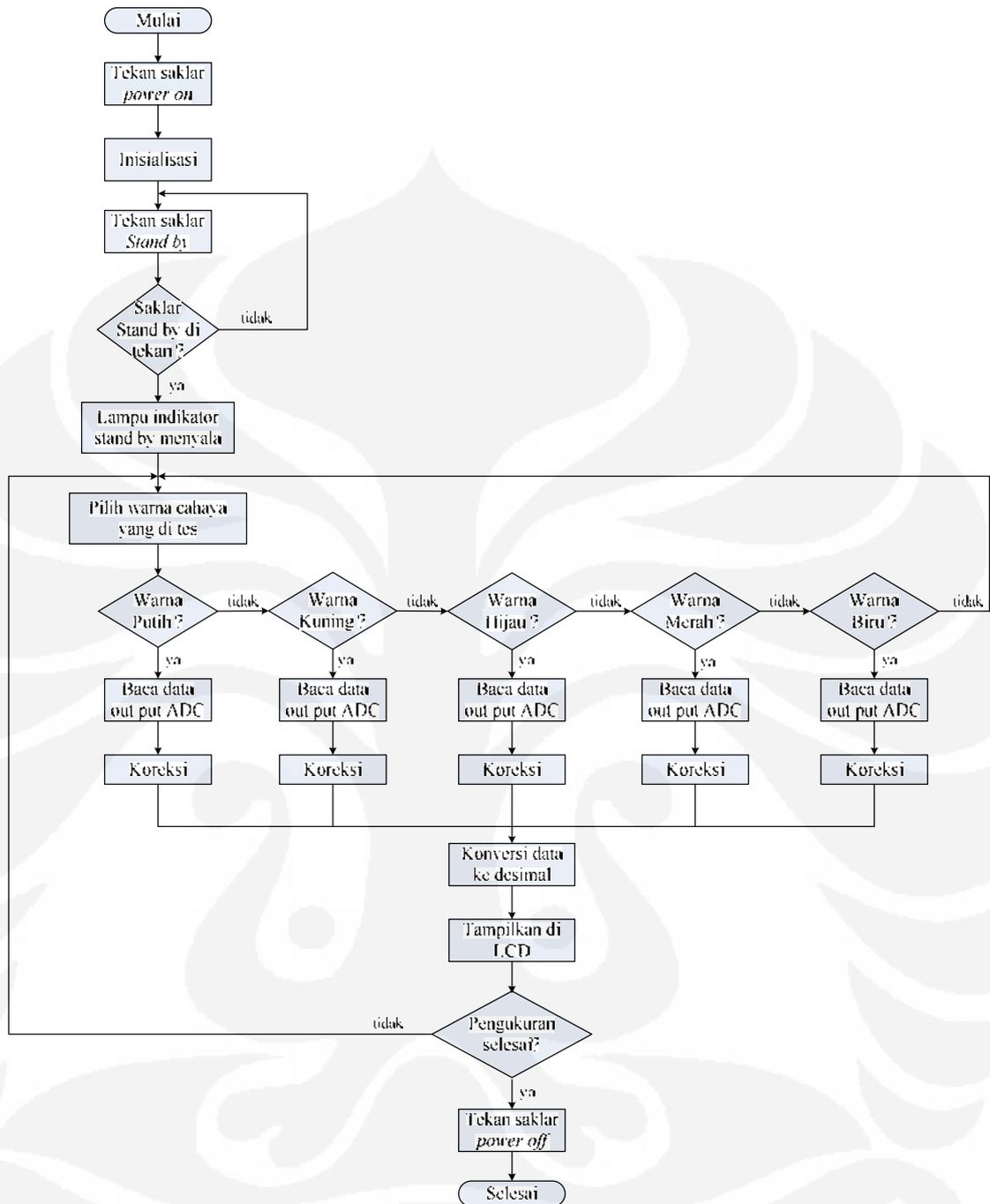
Jadi besarnya kapasitor yang digunakan agar menghasilkan frekuensi *clock* sebesar 640 kHz adalah 150pF.

Pada pin 9 yang merupakan pin masukan tegangan referensi bagi ADC digunakan sebuah potensiometer sebesar 10 K dan tahanan sebesar 2,2K untuk mendapatkan tegangan referensi. Besarnya tegangan ini didapat dari $V_{ref} = V_{cc}/2$, dimana V_{cc} adalah tegangan suplai ADC yaitu 5 V. Potensiometer 10 K digunakan untuk mengatur tegangan referensi agar diperoleh tegangan sebesar 2,5 V.

3.3 PERANGKAT LUNAK

Pemrograman pada mikrokontroler terdiri dari program utama dan program-program subrutin. Program subrutin tersebut diantaranya program subrutin inialisasi, pembacaan data output ADC, konversi data, inialisasi LDC, instruksi kontrol LCD, pengiriman data ke LCD, menampilkan data ke LCD dan subrutin program lainnya yang berhubungan dengan proses yang dibutuhkan dalam pengolahan data didalam mikrokontroler sampai menampilkan data hasil pengolahan tersebut kepada pengguna.

Algoritma pemrosesan data secara keseluruhan menggunakan mikrokontroler dapat digambarkan pada Gambar 3.3 Diagram alir program mikrokontroler.



Gambar 3.3 Diagram alir program mikrokontroler untuk pemrosesan data pengukuran cahaya

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

4.1 HASIL RANCANG BANGUN

Berdasarkan rancang bangun pada Bab 3, maka dibuatlah system secara keseluruhan, dan hasilnya pada Gambar 4.1 memperlihatkan perangkat keras dari bagian luar dan Gambar 4.2 memperlihatkan perangkat keras bagian dalam.



Gambar 4.1 Perangkat keras dari bagian luar



Gambar 4.2 Perangkat keras dari bagian dalam

4.2 KOEFISIEN KALIBRASI

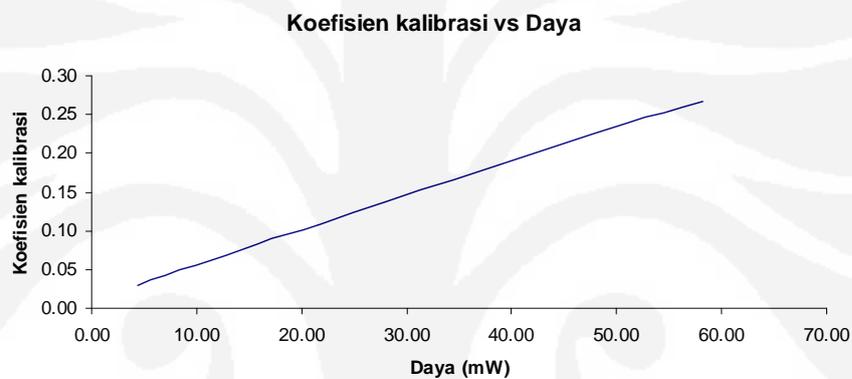
Light Emitting Diode (LED) adalah komponen semikonduktor yang dapat memancarkan cahaya pada saat terjadi rekombinasi antara *electron* dan *hole*. Rekombinasi ini berkaitan dengan radiasi karena menghasilkan *photon* cahaya. Banyak sedikitnya *photon* cahaya yang dihasilkan berhubungan dengan besar kecilnya arus yang diberikan pada LED tersebut. Hal ini dapat diketahui dengan banyak sedikitnya fluks cahaya yang dihasilkan.

Suatu *datasheet* berisi informasi tentang spesifikasi dan karakteristik produk. Untuk dapat memperoleh koefisien kalibrasi (k), maka dilakukan suatu pengetesan pada LED. Pengetesan dilakukan dengan cara menempelkan LED secara garis lurus dengan sensor cahaya dan memberikan arus yang bervariasi pada LED (I_{LED}), mencatat tegangan yang terbentuk pada LED (V_{LED}) yang selanjutnya akan dipergunakan untuk memperoleh besarnya daya LED (P_{LED}), serta mencatat banyaknya fluks cahaya yang tertangkap oleh sensor cahaya yang ditampilkan pada LCD (alat ukur belum terkalibrasi). Banyaknya fluks cahaya yang terukur ini merupakan data biner keluaran dari ADC yang telah didekodekan menjadi data desimal (keluaran ADC). Pengetesan dilakukan dalam ruangan yang gelap agar cahaya yang terukur hanya cahaya dari LED. Arus yang diberikan pada LED bervariasi hanya sampai 20 mA, hal ini karena arus 20 mA adalah karakteristik arus yang dispesifikasikan bahwa LED akan bekerja maksimal dan mengeluarkan cahaya secara maksimal tanpa menimbulkan panas pada LED tersebut [12]. Koefisien kalibrasi diperoleh dengan cara membagi besarnya daya LED dengan data desimal keluaran ADC yang tertampil pada LCD. Berikut ini adalah Tabel dan Grafik hasil pengetesan untuk memperoleh koefisien kalibrasi untuk masing-masing warna.

Tabel 4.1 Data LED kalibrator warna hijau

Arus LED (mA)	Tegangan LED (V)	Keluaran ADC (Desimal)	Daya LED (mW)	Koefisien kalibrasi
1,86	2,38	150	4,42	0,03
2,86	2,44	167	6,97	0,04
3,93	2,5	178	9,82	0,06
5,00	2,55	186	12,75	0,07
6,07	2,59	191	15,73	0,08

7,14	2,62	195	18,71	0,10
8,21	2,65	199	21,77	0,11
9,29	2,68	201	24,89	0,12
10,36	2,71	204	28,07	0,14
11,43	2,74	206	31,31	0,15
12,50	2,76	208	34,50	0,17
13,57	2,78	209	37,73	0,18
14,64	2,8	211	41,00	0,19
15,71	2,82	212	44,31	0,21
16,79	2,84	213	47,67	0,22
17,86	2,86	214	51,07	0,24
18,93	2,88	216	54,51	0,25
20,00	2,91	218	58,20	0,27

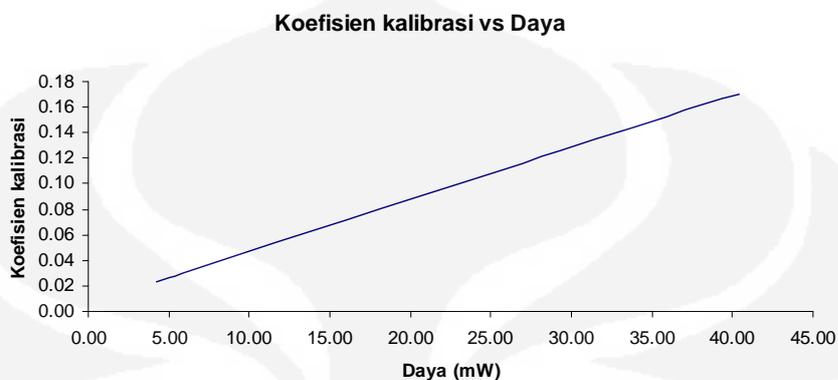


Gambar 4.3 Grafik koefisien kalibrasi warna hijau

Tabel 4.2 Data LED kalibrator warna merah

Arus LED (mA)	Tegangan LED (V)	Keluaran ADC (Desimal)	Daya LED (mW)	Koefisien kalibrasi
2,29	1,85	182	4,23	0,02
2,86	1,87	191	5,34	0,03
3,93	1,89	203	7,43	0,04
5,00	1,91	210	9,55	0,05
6,07	1,92	215	11,66	0,05
7,14	1,94	219	13,86	0,06
8,21	1,95	223	16,02	0,07
9,29	1,96	225	18,20	0,08
10,36	1,97	227	20,40	0,09
11,43	1,98	229	22,63	0,10
12,50	1,98	231	24,75	0,11
13,57	1,99	232	27,01	0,12
14,64	2,00	233	29,29	0,13
15,71	2,00	234	31,43	0,13

16,79	2,01	235	33,74	0,14
17,86	2,01	235	35,89	0,15
18,93	2,02	236	38,24	0,16
20,00	2,02	237	40,40	0,17

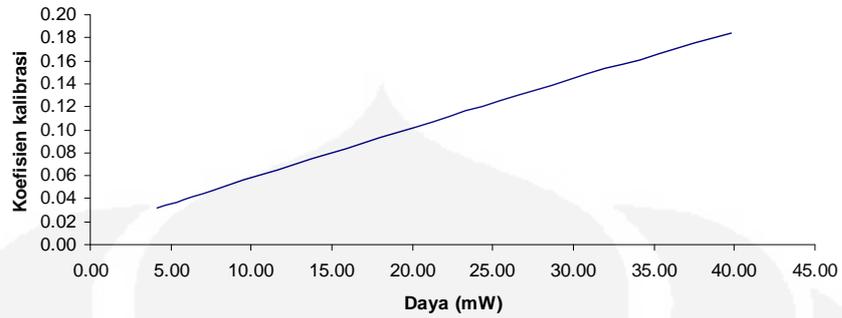


Gambar 4.4 Grafik koefisien kalibrasi warna merah

Tabel 4.3 Data LED kalibrator warna kuning

Arus LED (mA)	Tegangan LED (V)	Keluaran ADC (Desimal)	Daya LED (mW)	Koefisien Kalibrasi
2,21	1,88	132	4,16	0,03
2,86	1,89	145	5,40	0,04
3,93	1,9	161	7,46	0,05
5,00	1,91	171	9,55	0,06
6,07	1,92	179	11,66	0,07
7,14	1,93	185	13,79	0,07
8,21	1,93	190	15,85	0,08
9,29	1,94	194	18,01	0,09
10,36	1,94	197	20,09	0,10
11,43	1,95	200	22,29	0,11
12,50	1,95	202	24,38	0,12
13,57	1,96	205	26,60	0,13
14,64	1,96	207	28,70	0,14
15,71	1,96	208	30,80	0,15
16,79	1,97	210	33,07	0,16
17,86	1,97	212	35,18	0,17
18,93	1,98	213	37,48	0,18
20,00	1,99	217	39,80	0,18

Koefisien kalibrasi vs Daya

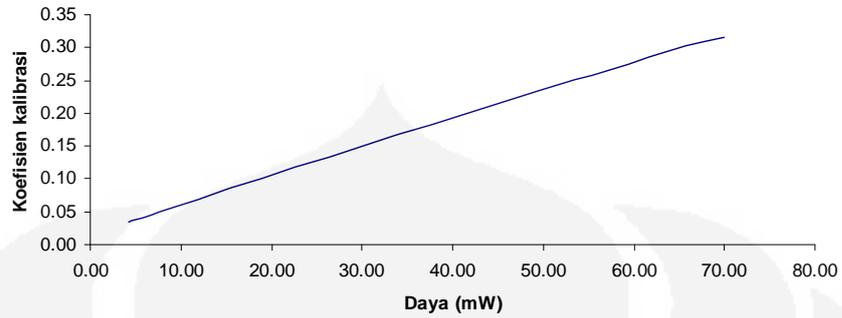


Gambar 4.5 Grafik koefisien kalibrasi warna kuning

Tabel 4.4 Data LED kalibrator warna biru

Arus LED (mA)	Tegangan LED (V)	Keluaran ADC (Desimal)	Daya LED (mW)	Koefisien Kalibrasi
1,50	2,87	128	4,31	0,03
1,79	2,89	136	5,16	0,04
2,86	2,98	157	8,51	0,05
3,93	3,03	171	11,90	0,07
5,00	3,08	180	15,40	0,09
6,07	3,13	187	19,00	0,10
7,14	3,17	192	22,64	0,12
8,21	3,20	197	26,29	0,13
9,29	3,24	200	30,09	0,15
10,36	3,27	203	33,87	0,17
11,43	3,30	206	37,71	0,18
12,50	3,33	208	41,63	0,20
13,57	3,35	210	45,46	0,22
14,64	3,38	212	49,49	0,23
15,71	3,40	213	53,43	0,25
16,79	3,42	215	57,41	0,27
17,86	3,45	216	61,61	0,29
18,93	3,47	217	65,68	0,30
20,00	3,50	221	70,00	0,32

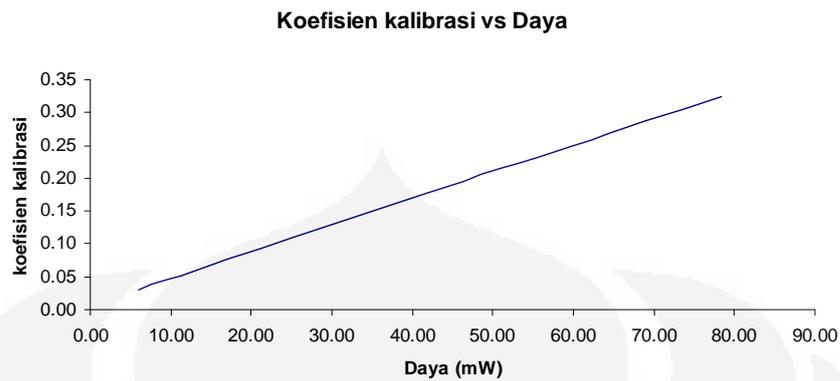
Koefisien kalibrasi vs Daya



Gambar 4.6 Grafik koefisien kalibrasi warna biru

Tabel 4.5 Data LED kalibrator warna putih

Arus LED (mA)	Tegangan LED (V)	Keluaran ADC (Desimal)	Daya LED (mW)	Koefisien Kalibrasi
1,86	3,20	202	5,94	0,03
2,86	3,27	211	9,34	0,04
3,93	3,35	219	13,16	0,06
5,00	3,42	224	17,10	0,08
6,07	3,47	228	21,07	0,09
7,14	3,52	230	25,14	0,11
8,21	3,57	233	29,33	0,13
9,29	3,61	234	33,52	0,14
10,36	3,65	235	37,80	0,16
11,43	3,68	236	42,06	0,18
12,50	3,71	237	46,38	0,20
13,57	3,75	238	50,89	0,21
14,64	3,79	239	55,50	0,23
15,71	3,81	240	59,87	0,25
16,79	3,84	240	64,46	0,27
17,86	3,86	240	68,93	0,29
18,93	3,89	241	73,63	0,31
20,00	3,92	242	78,40	0,32



Gambar 4.7 Grafik koefisien kalibrasi warna putih

4.3 PENGKALIBRASIAN ALAT

Pengkalibrasian sistem diperlukan agar mendapatkan hasil sesuai dengan yang diharapkan. Pengkalibrasian dilakukan dengan menggunakan cahaya LED sebagai kalibrator. Keluaran LED adalah fluks cahaya, sedangkan yang ditampilkan pada alat ukur adalah daya dari fluks cahaya yang dihasilkan oleh LED, dalam hal ini satuannya milliwatt. Pengkalibrasian alat ukur dimulai dengan melakukan percobaan untuk mendapatkan koefisien kalibrasi. Setelah besarnya koefisien kalibrasi diketahui, selanjutnya adalah memprogram mikrokontroler agar daya fluks cahaya yang dihasilkan oleh LED (keluaran ADC) sama dengan daya LED pada saat percobaan untuk memperoleh koefisien kalibrasi dan hasilnya ditampilkan pada layar tampil LCD. Pengkalibrasian dilakukan untuk masing-masing warna LED.

Metode program pengkalibrasian yang digunakan pada mikrokontroler menggunakan sistem *look up table* yaitu dengan terlebih dahulu membangun database. Database diperoleh dengan cara setiap data biner keluaran ADC, yang telah didekodekan menjadi desimal (0 sampai dengan 255), dikalikan dengan koefisien kalibrasi. Database setiap warna cahaya LED dibagi menjadi lima kelompok, masing-masing kelompok terdiri dari 62 data (kelompok data 1 sampai dengan 4), sedangkan kelompok 5 terdiri dari 8 data. Masing-masing data besarnya 4 bit (sudah termasuk tanda koma). Program pada mikrokontroler dibuat agar setiap intensitas cahaya yang terdeteksi oleh sensor akan menunjuk ke suatu data pada kelompok data di dalam database dimana data tersebut disimpan.

4.4 PENGUKURAN INTENSITAS CAHAYA

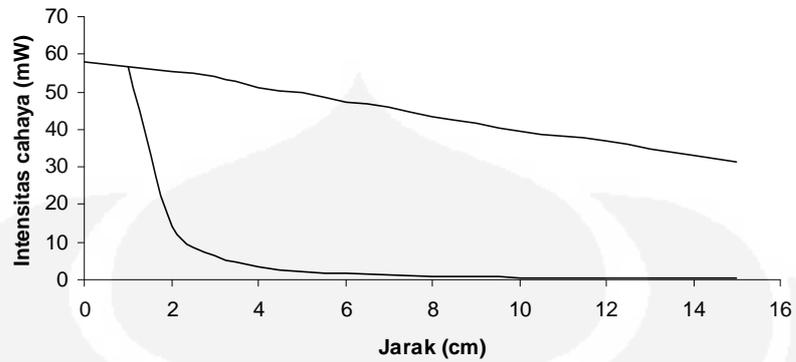
Pada sistem yang sudah dibuat kemudian dilakukan pengujian untuk mengukur intensitas cahaya tiap-tiap warna. Pengukuran dilakukan dengan cara menempelkan sumber cahaya LED secara garis lurus dengan sensor cahaya, mengerak-gerakan sumber cahaya LED menjauh dan mendekat dengan sensor cahaya. Pengukuran bertujuan untuk mengetahui bahwa proses pengkalibrasian telah berhasil. Selain itu pengukuran dengan menggerak-gerakan sumber cahaya LED menjauh dan mendekat dengan sensor cahaya bertujuan untuk membandingkan dengan teorema hukum fotometri tentang jarak.

Tabel 4.6 sampai dengan Tabel 4.10 dan Gambar 4.8 sampai dengan Gambar 4.12 berikut ini adalah tabel dan grafik hasil pengukuran intensitas cahaya yang dilakukan dengan memberikan arus sebesar 20 mA pada masing-masing warna LED.

Tabel 4.6 Hasil pengukuran intensitas cahaya warna hijau

Jarak (cm)	Intensitas (mW)	
	Terukur	$\frac{1}{r^2}$
0	57,8	
1	56,5	56,50
2	55,2	14,13
3	54,1	6,28
4	51,2	3,53
5	49,7	2,26
6	47,3	1,57
7	45,8	1,15
8	43,5	0,88
9	41,8	0,70
10	39,5	0,57
11	38,2	0,47
12	36,8	0,39
13	34,6	0,33
14	33,2	0,29
15	31,4	0,25

Intensitas vs Jarak

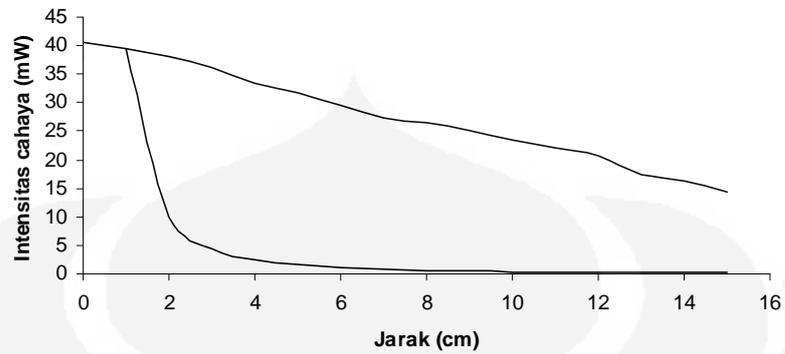


Gambar 4.8 Grafik pengukuran intensitas cahaya warna hijau

Tabel 4.7 Hasil pengukuran intensitas cahaya warna merah

Jarak (cm)	Intensitas (mW)	
	Terukur	$\frac{1}{r^2}$
0	40,7	
1	39,4	39,40
2	38,2	9,85
3	36,3	4,38
4	33,5	2,46
5	31,7	1,58
6	29,5	1,09
7	27,3	0,80
8	26,4	0,62
9	25,2	0,49
10	23,6	0,39
11	22,1	0,33
12	20,7	0,27
13	17,5	0,23
14	16,2	0,20
15	14,3	0,18

Intensitas vs Jarak

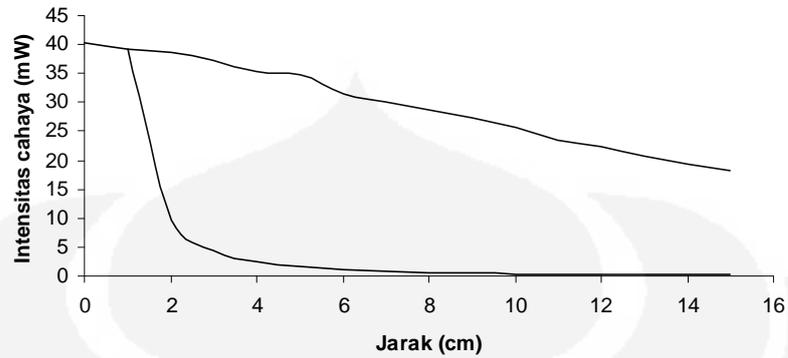


Gambar 4.9 Grafik pengukuran intensitas cahaya warna merah

Tabel 4.8 Hasil pengukuran intensitas cahaya warna kuning

Jarak (cm)	Intensitas (mW)	
	Terukur	$\frac{1}{r^2}$
0	40,3	
1	39,2	39,20
2	38,7	9,80
3	37,3	4,36
4	35,4	2,45
5	34,7	1,57
6	31,5	1,09
7	30,1	0,80
8	28,6	0,61
9	27,4	0,48
10	25,6	0,39
11	23,4	0,32
12	22,5	0,27
13	20,8	0,23
14	19,4	0,20
15	18,1	0,17

Intensitas vs Jarak

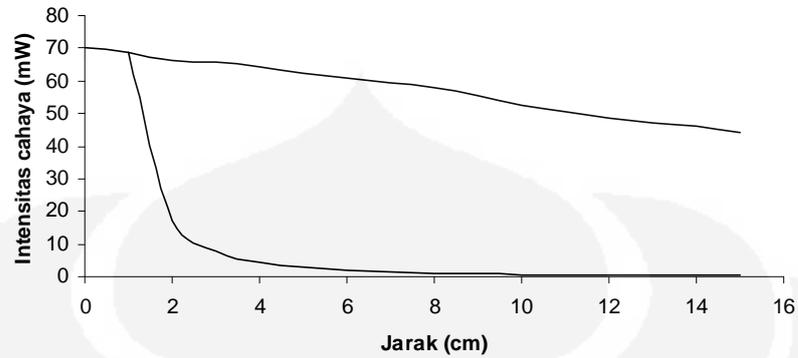


Gambar 4.10 Grafik pengukuran intensitas cahaya warna kuning

Tabel 4.9 Hasil pengukuran intensitas cahaya warna biru

Jarak (cm)	Intensitas (mW)	
	Terukur	$\frac{1}{r^2}$
0	70,2	
1	68,5	68,50
2	66,2	17,13
3	65,7	7,61
4	64,1	4,28
5	62,4	2,74
6	60,8	1,90
7	59,3	1,40
8	57,8	1,07
9	55,3	0,85
10	52,6	0,69
11	50,4	0,57
12	48,7	0,48
13	47,3	0,41
14	46,1	0,35
15	44,4	0,30

Intensitas vs Jarak

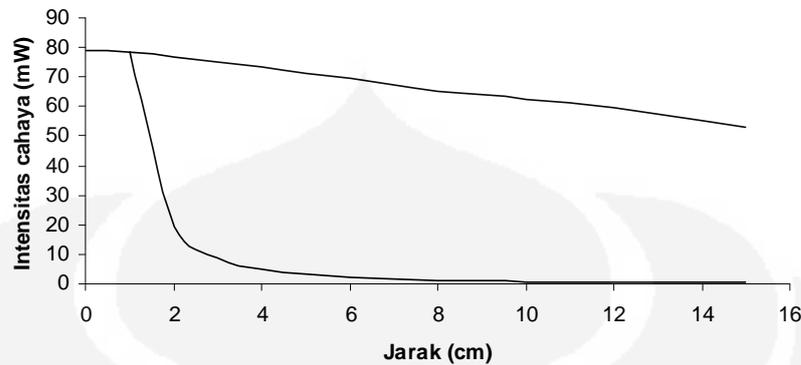


Gambar 4.11 Grafik pengukuran intensitas cahaya warna biru

Tabel 4.10 Hasil pengukuran intensitas cahaya warna putih

Jarak (cm)	Intensitas (mW)	
	Terukur	$\frac{1}{r^2}$
0	79,1	
1	78,2	78,20
2	76,6	19,55
3	75,1	8,69
4	73,4	4,89
5	71,5	3,13
6	69,3	2,17
7	67,6	1,60
8	65,2	1,22
9	64,2	0,97
10	62,6	0,78
11	61,3	0,65
12	59,4	0,54
13	57,6	0,46
14	55,2	0,40
15	52,8	0,35

Intensitas vs Jarak



Gambar 4.12 Grafik pengukuran intensitas cahaya warna putih

4.5 ANALISA SISTEM

Setelah dilakukan pengkalibrasian dan pengujian terhadap alat ukur, yaitu pada saat jarak 0 cm dan LED diberi arus sebesar 20 mA, maka diperoleh suatu hasil yang menunjukkan bahwa metode kalibrasi sistem *look up table* adalah cukup akurat, seperti yang terlihat pada tabel berikut:

Tabel 4.11 Tingkat keakuratan hasil pengukuran

Warna LED	Pengukuran (mW)		Error
	Diharapkan	Terukur	
Hijau	58.2	57.8	0.4
Merah	40.4	40.7	0.3
Kuning	39.8	40.3	0.5
Biru	70	70.2	0.2
Putih	78.4	79.1	0.7

Ada banyak faktor yang mempengaruhi perbedaan antara hasil pengukuran yang diharapkan dengan hasil pengukuran yang terukur, diantaranya yaitu besarnya *bit* ADC yang digunakan, ketelitian pembacaan data pada saat percobaan untuk memperoleh koefisien kalibrasi dan banyaknya fluks cahaya LED yang dihasilkan berbeda ketika percobaan untuk memperoleh koefisien kalibrasi dengan fluks pada saat pengujian alat ukur. Penggunaan komponen ADC dengan nilai *bit* yang besar akan menghasilkan pengukuran dengan tingkat keakuratan yang tinggi hal ini disebabkan karena ADC dengan nilai *bit* yang besar akan mempunyai resolusi pengukuran yang lebih kecil.

Semakin jauh suatu sumber cahaya dari sensor, maka intensitas cahaya yang terukur semakin menurun. Hal ini disebabkan karena banyaknya fluks cahaya yang terdeteksi oleh sensor semakin kecil. Banyak sedikitnya cahaya yang mengenai sensor mempengaruhi banyak sedikitnya elektron bebas dan *hole* yang terbentuk didalam material pembentuk sensor cahaya yang selanjutnya berpengaruh terhadap tingkat konduktifitas bahan.

Meskipun suatu sumber cahaya semakin jauh dari sensor cahaya menghasilkan pengukuran intensitas cahaya yang semakin kecil, penurunan intensitas cahaya ini tidak sesuai atau tidak mengikuti kaidah hukum kuadrat jarak terbalik (*inverse square law*), dimana kuat penerangan E dari sebuah sumber cahaya akan menurun sebanding dengan kuadrat jarak r untuk intensitas penerangan yang konstan (seperti pada Gambar 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 dan 4.12). Hal ini dikarenakan sumber cahaya LED bukanlah merupakan sumber cahaya titik, melainkan sumber cahaya yang memiliki arah pancaran sinar yang terarah karena LED mempunyai sejenis lensa pada bagian ujungnya yang menyebabkan LED mempunyai distribusi cahaya ke arah tertentu.

Dari hasil percobaan untuk mendapatkan koefisien kalibrasi, diketahui bahwa besarnya koefisien kalibrasi LED tidak konstan untuk tiap-tiap warna LED. Koefisien kalibrasi semakin besar sesuai dengan semakin besarnya daya LED, hal ini berhubungan dengan semakin banyaknya cahaya yang dihasilkan oleh LED dan banyaknya cahaya yang dideteksi oleh sensor cahaya. Semakin banyak cahaya yang terdeteksi oleh sensor cahaya, maka akan menghasilkan kaluaran ADC yang semakin besar. Hal ini dapat mengakibatkan pada hasil pengukuran yang berbeda jauh dari yang diharapkan, yaitu ketika suatu alat ukur dikalibrasi dengan suatu koefisien kalibrasi tertentu tetapi digunakan untuk mengukur intensitas cahaya dari suatu LED yang diberi arus yang berbeda dari data LED ketika koefisien kalibrasi tersebut diperoleh.

BAB V

KESIMPULAN

Dari uraian teori dan pengujian yang telah dilakukan, maka dengan ini dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Mikrokontroler AT89S52 memiliki kemampuan yang memenuhi syarat untuk melakukan proses pengolahan data dalam pembuatan alat ukur intensitas cahaya.
2. Setelah melalui tahap kalibrasi, meskipun LDR memiliki spektrum respons yang tidak linear, tetapi dapat digunakan untuk pengukuran intensitas cahaya untuk warna cahaya yang berbeda-beda.
3. Metode *look up table* dapat digunakan sebagai metode untuk program pengkalibrasian, karena akan mereduksi kesalahan pengukuran yang terjadi.
4. LED tidak seyogyanya digunakan sebagai kalibrator, karena mempunyai koefisien kalibrasi yang tidak tetap untuk setiap daya LED yang dihasilkan. Kedepan, diusulkan untuk menggunakan sumber cahaya halogen yang dilengkapi monokromator.

DAFTAR ACUAN

- [1] www.id.wikipedia.org/Cahaya - Wikipedia Indonesia, ensiklopedia bebas berbahasa Indonesia.htm
- [2] <http://fabian.wordpress.com/1995/06/12Pelangi>, Pelangi, Alangkah Indahmu
- [3] <http://www.electro-optical.com/whitepapers/candela.htm>
- [4] Hikam, Muhammad, *et al*, *Eksperimen Fisika Dasar Untuk Perguruan Tinggi*, (Jakarta: Prenada Media, 2005)
- [5] <http://elka.brawijaya.ac.id/praktikum/tak/tak.php?page=4>
- [6] <http://www.physics.montana.edu/students/thiel/docs/Detector.pdf>
- [7] http://optoelectronics.perkinelmer.com/content/ApplicationNotes/APP_PhotoCellIntroduction.pdf
- [8] Bishop, Owen, *Elektronika Dasar*, (Jakarta: Erlangga, 2002)
- [9] Pangalinan, Victor, “Aplikasi Mikrokontroler ATMEL AT89C51 dan Sensor untuk Sistem Pengamanan Gedung”. Tugas Akhir, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2000
- [10] Predko, Myke, *Programming and Costumizing the 8051 Microcontroller*, (New York: McGraw-Hill, 1999)
- [11] <http://www.lunaraccents.com/educational-electrical-efficiency-LED-lighting.html>
- [12] http://users.ipfw.edu/broberg/documents/LED_Data.pdf

DAFTAR PUSTAKA

- Afgianto, Putra Eko, “*Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/53 Teori dan Aplikasi*”, (Yogyakarta: GAVA Media, 2004)
- Alex, Ryer, *The Light Measurement Handbook*, (United States of America: Technical Publication Dept, 1997)
- Bishop, “*Elektronika Dasar I*”, (Jakarta: Erlangga, 2002)
- Hikam, Muhammad, *et al*, “*Eksperimen Fisika Dasar Untuk Perguruan Tinggi*”, (Jakarta: Prenada Media, 2005)
- Mackenzi, I.Scout, “*The 8051 Microcontroller*”, second edition, (New Jersey: Perentice Hall, 1995)
- Pangalinan, Victor, “*Aplikasi Mikrokontroler ATMEL AT89C51 dan Sensor untuk Sistem Pengamanan Gedung*”. Tugas Akhir, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2000
- Paulus, Nawan Andi, “*Panduan Praktis Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*”, (Jakarta: Elex Media Komputindo, 2003)
- Predko, Myke, “*Programming and Costumizing the 8051 Microcontroller*”, (New York: McGraw-Hill, 1999)
- <http://www.id.wikipedia.org/Cahaya> - Wikipedia Indonesia, ensiklopedia bebas berbahasa Indonesia.htm
- <http://fabian.wordpress.com/1995/06/12Pelangi>, Pelangi, Alangkah Indahmu
- <http://www.electro-optical.com/whitepapers/candela.htm>
- <http://elka.brawijaya.ac.id/praktikum/tak/tak.php?page=4>
- <http://www.physics.montana.edu/students/thiel/docs/Detector.pdf>
- http://optoelectronics.perkinelmer.com/content/ApplicationNotes/APP_PhotoCellIntroduction.pdf
- <http://www.lunaraccents.com/educational-electrical-efficiency-LED-lighting.html>
- http://users.ipfw.edu/broberg/documents/LED_Data.pdf