



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



RSF
621.32
AC6

P-1
2010

TUGAS AKHIR - SF 091321

PENCAHAYAAN DALAM RUANG TERTUTUP MENGUNAKAN SOLAR ILLUMINATION

ISA ALBANNA
NRP 1106 100 044

Dosen Pembimbing
Suyatno, M.Si
Gatut Yudoyono, Drs., MT

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2010

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	8-2-2011
Terima Dari	H
No Agenda P	-



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - SF 091321

***SOLAR ILLUMINATION FOR LIGHTING
INDOOR SPACES***

**ISA ALBANNA
NRP 1106 100 044**

**Advisor Lecturer
Suyatno, M.Si
Gatut Yudoyono, Drs., MT**

**PHYSICS DEPARTMENT
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2010**

**PENCAHAYAAN DALAM RUANG TERTUTUP
MENGUNAKAN SOLAR ILLUMINATION**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada
Program Studi S-1 Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

**Oleh :
ISA ALBANNA
NRP. 1106 100 044**

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Suyatno, M.Si

2. Gatut Yudoyono, Drs., MT



PENCAHAYAAN RUANG TERTUTUP MENGUNAKAN *SOLAR ILLUMINATION*

Nama : Isa Albanna
NRP : 1106 100 044
Pembimbing : Suyatno, M.Si.
Gatut Yudoyono, Drs., M.T.

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang perancangan pencahayaan alami dalam ruang tertutup dengan menggunakan *solar illumination*. Dalam *solar illumination* terdapat dua sistem, yaitu sistem optika geometri untuk pemanduan cahaya dan sistem *solar tracker* untuk optimalisasi pelacakan arah sumber cahaya. Mekanisme pemanduan cahaya adalah dengan mengumpulkan cahaya menjadi berkas titik oleh panel *solar concentrator* yang kemudian dipandu menggunakan fiber optik untuk didistribusikan ke ruangan. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh data bahwa efisiensi sistem *solar illumination* adalah 12.00 % , sehingga dapat memberikan wacana tentang pemanfaatan energi matahari tidak terbatas hanya pada tinjauan termal dan listrik (*solar cell*). Energi matahari dapat dimanfaatkan dalam bidang pencahayaan yang sehat dan hemat energi pada ruang tertutup.

Kata kunci: cahaya, efisiensi, energi, *solar illumination*, *solar tracker*

SOLAR ILLUMINATION FOR LIGHTING INDOOR SPACES

Name : Isa Albanna
NRP : 1106 100 044
Advisor Lecturer : Suyatno, M.Si.
Gatut Yudoyono, Drs., M.T.

Abstract

A research on the design of natural lighting in indoor space using solar illumination. In solar illumination, integrated there are two systems, ie geometric optics system for guiding light and solar tracker system for optimizing the tracking light source direction. Mechanisms of guiding light is to collect by the beam of light into the solar concentrator panels, then light will guided using optical fiber to be distributed to the room. Based on this research, data showed that the efficiency of solar illumination system is 12.00%, so it can give a discourse on the utilization of solar energy is not limited to thermal and electric (solar cell). Solar energy can be utilized in the lighting a healthy and energy efficient in indoor space.

Keywords: *Light, illumination, efficiency, energy, Solar Illumination, solar tracker*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat, karunia dan perkenan-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul

Pencahayaan dalam Ruang Tertutup Menggunakan *Solar Illumination*

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ayah dan Ibu (Alm) tercinta atas semua doa dan didikan yang telah diberikan semenjak lahir hingga sampai saat ini.
2. Kakak dan semua keluargaku yang telah memberikan dukungan sampai saat ini.
3. Suyatno, M.Si dan Gatut Yudoyono, Drs., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas semua diskusi, saran, dan bimbingan yang telah diberikan serta ilmu yang bermanfaat selama penyelesaian Tugas Akhir.
4. Drs. Heny Faisal, M.Si selaku Ketua Jurusan Program S1 Jurusan Fisika FMIPA ITS.
5. Lila Yuwana, M.Si selaku Koordinator Tugas Akhir Program S1 Jurusan Fisika FMIPA ITS.
6. Dr. Darminto, M.Sc selaku dosen wali.
7. Rekan-rekan tim di Lab Akustik dan Lab Optik, Pak Eko, Pak Mul, atas segala bantuan dan dukungannya.
8. Untuk teman-teman kelompok Akustik dan Fisika Bangunan Aryo, Cak Isman, Farid, dan semuanya terimakasih atas segala doa dan bantuannya.
9. Rekan-rekan tugas akhir dan tugas akhir S1 Fisika ITS khususnya di Laboratorium karakteristik dan asam.
10. Sahabat dan teman-teman khususnya Fisika 2006.
11. Serta pihak-pihak lain yang telah membantu.

Setiap ada kelebihan pasti ada kekurangan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun terhadap Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat dan inspirasi terutama bagi pihak-pihak yang menekuni bidang terkait dengan yang penulis kerjakan.

Surabaya, Juni 2010

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
 BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Arahkan Kebijakan Energi Surya	5
2.2 Dasar Cahaya dan Iluminasi	5
2.2.1 Luminansi	6
2.2.2 Kuat Penerangan	6
2.3 Peran Cahaya Matahari	7
2.3.1 Keistimewaan Cahaya Matahari	7
2.3.2 Arsitektur Pencahayaan Alami	8
2.4 Optika Geometri	8
2.4.1 Hukum Pemantulan	8
2.4.2 Pola Berkas Cahaya pada Cermin Sferis	9
2.4.3 Pemanduan Cahaya pada fiber Optik	10
2.4.4 <i>Solar Concentrator</i>	10
2.5 Elektronika dan Kontrol	11

2.5.1 Sensor dan Aktuator	11
2.5.2 Mikrokontrol	12
2.5.3 Sistem Akuisisi Instrumentasi	13
2.5.4 <i>Solar Tracker</i>	13
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Alat Ukur dan Sistem Instrumentasi	15
3.1.1. Alat Ukur.	15
3.1.2. Sistem Instrumentasi	15
3.2 Proses Penelitian	15
3.2.1 Tahap Studi Literatur	16
3.2.2. Tahap Perancangan	17
3.2.2.1. Perancangan Instrumentasi Optik	17
3.2.2.2. Perancangan Sistem Elektronka dan Kontrol	18
3.2.3. Pengujian dan Pengambilan Data	22
3.2.3.1. Metode Pertama	23
3.2.3.2. Metode Kedua	23
3.2.4. Tahap Pengolahan Data	24
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1. <i>Solar Illumination</i> Untuk Pencahayan Ruang Tertutup	26
4.2. Kalibrasi Sensor LDR	27
4.3. Mekanisme dan Algoritma Solar Tracking	27
4.3.1. Sistem Sensor	27
4.3.2. Sistem Kontrol	27
4.3.3. Sistem Aktuator	29
4.3.3.1. Analisa Kepresisian Pengukuran	29
4.3.3.2. Analisa Akurasi Sistem <i>Solar tracker</i>	30
4.4. Efisiensi Sistem Instrumentasi Optik	31
4.4.1. <i>Gain Solar Concentrator</i>	31
4.4.2. Efisiensi Transmisi cahaya pada <i>Solar Illumination</i>	32
4.4.2.1 Pengukuran dengan Lux Meter	34
4.4.2.2 Pengukuran dengan Sensor LDR	35

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	41
LAMPIRAN I. Skematik Sistem Elektronika Dan Kontrol	41
LAMPIRAN II. Konfigurasi Driver Stepper	45
LAMPIRAN III. Algoritma Pemrograman	47
LAMPIRAN IV. Data Hasil Pengukuran	55
LAMPIRAN V. Kalibrasi Sensor LDR	59
LAMPIRAN VI. Dokumentasi	63
BIODATA PENULIS	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	a) Kompor matahari, b) Panel surya.	5
Gambar 2.2	a) <i>Inverse square law</i> , b) <i>cosine law</i> .	7
Gambar 2.3	Spektrum cahaya matahari	7
Gambar 2.4	a) Morfologi <i>solar tube</i> , b) Pola jejak cahaya.	8
Gambar 2.5	a) Hukum Snellius, b) Pola pemantulan cahaya.	9
Gambar 2.6	Berkas cahaya pada cermin sferis.	10
Gambar 2.7	Berkas cahaya pada fiber optik (FO).	10
Gambar 2.8	a) Morfologi <i>solar concentrator</i> , b) Berkas cahaya pada <i>solar concentrator</i> .	11
Gambar 2.9	a) Motor stepper, b) Sensor LDR.	12
Gambar 2.10	Mikrokontrol AVR.	12
Gambar 2.11	Sistem akuisisi instrumentasi.	13
Gambar 2.12	<i>Solar Tracker</i> .	13
Gambar 3.1	Diagram alur proses penelitian.	16
Gambar 3.2	Panel <i>Solar Contrator</i> .	17
Gambar 3.3	Panel transmisi cahaya.	18
Gambar 3.4	a) skematik sensor, b) morfologi pemasangan sensor.	19
Gambar 3.5	Kesatuan sistem kontrol.	19
Gambar 3.6	Skematik <i>driver stepper</i>	20
Gambar 3.7	Algoritma <i>Solar Tracker</i>	22
Gambar 3.8	a) Morfologi system tracker, b) ruang gelap	24
Gambar 4.1	<i>Solar illumination</i> .	25
Gambar 4.2	Grafik hasil kalibrasi sensor LDR.	26
Gambar 4.3	Gerakan <i>solar tracker</i> .	28
Gambar 4.4	<i>Solar Tracker</i> .	28
Gambar 4.5	Grafik hubungan sudut sumber cahaya dan tracker.	31
Gambar 4.6	Pengukuran <i>gain solar concentrator</i> .	32
Gambar 4.7	Model penerapan <i>solar illumination</i> .	33
Gambar 4.8	Morfologi sensor LDR dan Lux meter.	35

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Rincian Sistem Pendukung	15
Tabel 3.2	Kondisi Pengukuran	23
Tabel 4.1	Data Kepresisian Pengukuran	29
Tabel 4.2	Data Error Sistem Solar Tracker	30
Tabel 4.3	<i>Gain Solar Concentrator</i>	32
Tabel 4.4	Data Efisiensi Transmisi Cahaya	34
Tabel 4.5	Data Efisiensi Transmisi Cahaya Menggunakan Sensor LDR	35

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I. Skematik Sistem Elektronika Dan Kontrol	41
LAMPIRAN II. Konfigurasi Driver Stepper	45
LAMPIRAN III. Algoritma Pemrograman	47
LAMPIRAN IV. Data Hasil Pengukuran	55
LAMPIRAN V. Kalibrasi Sensor LDR	59
LAMPIRAN VI. Dokumentasi	63

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini, ketersediaan energi di Indonesia belum mampu mencukupi tingkat konsumsi oleh masyarakat yang relatif besar. Untuk mengatasi masalah tersebut beberapa langkah dan kebijakan sudah diambil oleh pemerintah, diantaranya adalah pengembangan sektor energi baru dan terbarukan. Kebijakan tersebut memiliki arahan untuk membentuk tatanan pembangunan berkelanjutan. Selain melakukan pencarian sumber energi baru, langkah terpenting adalah bagaimana melakukan efisiensi energi. Contoh kongkrit yang pernah dilakukan adalah genteng kaca untuk penerangan pada siang hari, akan tetapi penggunaan genteng kaca memiliki banyak kekurangan. Salah satu dari kekurangan itu adalah cahaya yang masuk pada genteng kaca tidak dapat dipandu hingga ke ruang yang jauh.

Untuk menyempurnakan teknologi genteng kaca, muncul adanya gagasan tentang perancangan pencahayaan alami dengan sumber cahaya matahari. Gagasan ini merupakan wujud pengembangan dibidang fisika bangunan untuk penghematan energi dalam gedung. Perancangan sistem pencahayaan tersebut terangkai dalam *Solar Illumination*. *Solar illumination* merupakan gabungan dari sistem *solar tracker* dan sistem instrumentasi optik (*solar concentrator* dan panel transmisi cahaya). Diharapkan dengan adanya perancangan pencahayaan alami menggunakan *solar illumination* dapat tercipta sistem pencahayaan yang sehat dan hemat energi pada ruang tertutup.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dari penelitian ini adalah

1. Bagaimana membuat bentuk perancangan pencahayaan alami pada ruang tertutup menggunakan *solar illumination* yang didalamnya menimplementasikan dua sistem, yaitu sistem *solar tracker* dan sistem instrumentasi optik (*solar concentrator* dan panel transmisi cahaya).
2. Bagaimana pengaruh kerja *solar tracker* terhadap optimalisasi penangkapan cahaya oleh *solar concentrator*.
3. Bagaimana tentang pemanduan cahaya menggunakan fiber optik dalam pentransmisian cahaya ke dalam ruangan.
4. Bagaimana mengetahui *gain* dari panel *solar concentrator* yang telah dirancang.
5. Bagaimana mengetahui efisiensi sistem *solar illumination* untuk transmisi cahaya dalam ruangan hingga mencapai titik kordinat yang diinginkan .

1.3. Batasan Masalah

Permasalahan perancangan sistem pencahayaan dalam penelitian tugas akhir ini dibatasi dan difokuskan pada pembangunan prototipe sistem pencahayaan hanya dilakukan dalam skala laboratorium, pada sistem tersebut menggunakan lampu sebagai bentuk tiruan dari matahari untuk diikuti oleh sistem kontrol *solar tracker*, dan digunakan fiber optik untuk media transmisi cahaya ke ruangan.

1.4. Tujuan

Tujuan penelitian dalam tugas akhir ini adalah

1. Membuat bentuk perancangan pencahayaan alami pada ruang tertutup menggunakan *solar illumination* yang didalamnya menimplementasikan dua sistem, yaitu sistem *solar tracker* dan sistem instrumentasi optik (*solar concentrator* dan panel transmisi cahaya).
2. Mengetahui pengaruh kerja *solar tracker* terhadap optimalisasi penangkapan cahaya oleh *solar concentrator*.
3. Mengetahui tentang pemanduan cahaya menggunakan fiber optik dalam pentransmisi cahaya ke dalam ruangan.
4. Mengetahui *gain* dari panel *solar concentrator* yang telah dirancang.
5. Mengetahui efisiensi sistem *solar illumination* untuk transmisi cahaya dalam ruangan hingga mencapai titik kordinat yang diinginkan .

1.5. Manfaat

Manfaat dari penelitian dalam dalam tugas akhir ini adalah memberikan wacana tentang pemanfaatan energi matahari tidak terbatas hanya pada tinjauan termal dan listrik (*solar cell*) , akan tetapi energi matahari dapat dimanfaatkan dalam bidang pencahayaan yang sehat dan hemat energi.

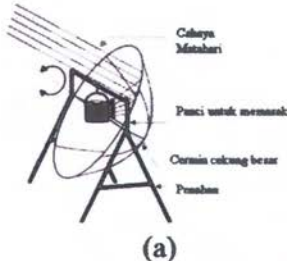
BAB II TINJAUAN PUSTAKA



2.1 Arahan Kebijakan Energi Surya

Energi mempunyai peranan penting dalam pencapaian tujuan sosial, ekonomi dan lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan serta merupakan pendukung bagi kegiatan ekonomi nasional. Penggunaan energi di Indonesia meningkat pesat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk, sehingga perlu dilakukan pencarian sumber energi terbarukan yang mampu mendukung ketersediaan energi berkelanjutan. Sumber energi terbarukan, antara lain panas bumi, biomasa, energi surya dan energi angin relatif. Pemanfaatan energi matahari di Indonesia banyak digunakan untuk energi termal dan energi *photovoltaic*, dalam roadmap pemanfaatan energi surya oleh kementerian RISTEK salah satu contoh pemanfaatan energi adalah pembuatan *solar cooker* (RISTEK, 2006).

KOMPOR MATAHARI



(a) (b)
(sumber : <http://www.ee.itb.ac.id>)

Gambar 2.1 a) Kompor matahari, b) Panel surya.

2.2 Dasar Cahaya dan Iluminasi

Cahaya merupakan bentuk dari spektrum elektromagnetik. Cahaya yang dapat dilihat memiliki spektrum dengan panjang gelombang antara 380 sampai dengan 770 nm. Beberapa tinjauan fisis terkait tentang cahaya dalam sistem iluminasi adalah

2.2.1. Luminansi

Luminansi adalah besaran yang ekuivalen dengan satuan daya yaitu watt. Secara spesifik luminansi merupakan ukuran kuat penerangan yang mampu dikeluarkan oleh sumber cahaya. 1 lm/m² setara dengan 1 lux (Ryer, 1997).

2.2.2. Kuat Penerangan

Kuat penerangan adalah jumlah kuantitatif fluks cahaya yang menimpa atau sampai pada permukaan bidang. Besar kuat penerangan dapat dihitung dengan persamaan (2.1)

$$E = \frac{I}{d^2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

E = Kuat penerangan pada permukaan kerja (Lumen/m²)

I = intensitas cahaya (Lumen)

d = jarak sumber cahaya ke permukaan kerja (m)

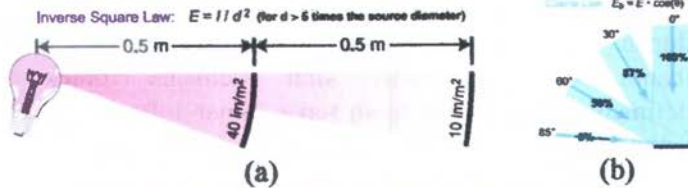
Kuat penerangan pada tiap titik dipengaruhi oleh jarak sumber ke bidang kerja. Hal tersebut dijelaskan dalam hukum *Inverse square*, yang menyatakan bahwa kuat penerangan berbanding terbalik dengan jarak sumber ke bidang kerja. Pernyataan tersebut dilustrasikan pada Gambar 2.2 tentang penurunan kuat penerangan saat jarak semakin jauh.

Berkas cahaya yang jatuh tidak selalu memiliki arah tegak lurus dengan bidang, sehingga untuk menghitung besar kuat penerangan pada bidang yang tersinari berlaku hukum kosinus yaitu

$$E_{\theta} = E \cos(\theta) \dots\dots\dots (2.2)$$

E = Kuat penerangan pada permukaan kerja

θ = Sudut antara sinar datang dengan garis normal bidang



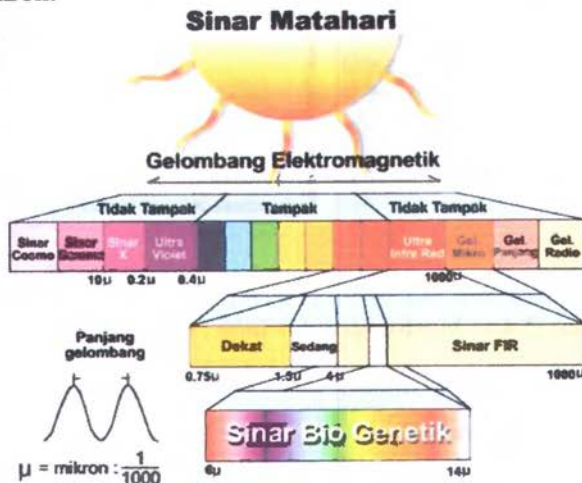
(sumber : *The light measurement handbook, ryer, 1997*)

Gambar 2.2 a) Inverse square law, b) cosine law.

2.3 Peran Cahaya Matahari

2.3.1 Keistimewaan Cahaya Matahari

Matahari hanyalah salah satu dari miliaran bintang berukuran sedang di jagat raya. matahari memiliki sifat-sifat ideal yang memungkinkan kehidupan muncul dan tetap berlangsung di bumi. Dalam spektrum utuh, seluruh sinar yang dipancarkan matahari dimampatkan ke dalam interval yang sangat pendek. 70% dari berbagai panjang gelombang yang dipancarkan matahari berada di dalam interval sempit, yang berkisar antara 0,3 mikron sampai 1,50 mikron.



Panjang gelombang adalah jarak antara 2 titik

(sumber : <http://mugi23.files.wordpress.com>)

Gambar 2.3 Spektrum cahaya matahari.

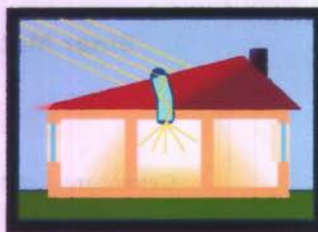
Panjang gelombang sinar matahari itulah memungkinkan adanya kehidupan dan warna. Warna adalah suatu konsep yang membantu kita mengenali sifat pelbagai objek dan mendefinisikannya dengan lebih tepat. Sinar infra merah (FIR) yang dimiliki matahari pada pita energi yang sempit diperlukan untuk pembentukan vitamin D pada manusia dan binatang bertulang belakang (Yahya, 1999).

2.3.2 Arsitektur Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami merupakan kebutuhan yang penting dalam sebuah bangunan. Pencahayaan alami mampu memberikan efisiensi energi dalam gedung. Pengembangan bentuk arsitektur pencahayaan alami sudah dikembangkan sejak zaman manusia primitif, hingga berkembang sampai sekarang. Hasil riset yang memadukan estetika arsitektur, efisiensi energy, dan pencahayaan (iluminasi) melahirkan beberapa inovasi baru, diantaranya adalah *solar tube*, jendela, dan *piped sunlight* (Phillip, 2000).



a



b

(sumber : http://en.wikipedia.org/wiki/Light_tube)

Gambar 2.4 a) Morfologi *solar tube* , b) Pola jejak cahaya.

2.4 Optika Geometri

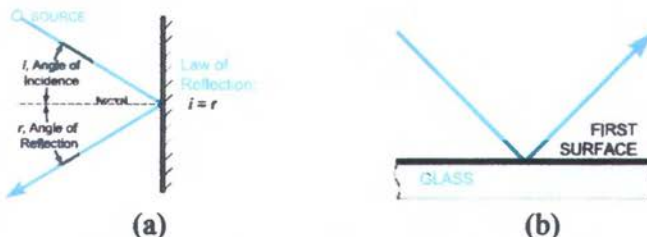
2.4.1 Hukum Pemantulan

Optika geometri adalah cabang ilmu pengetahuan tentang cahaya yang mempelajari sifat-sifat perambatan cahaya seperti pemantulan, pembiasan, serta prinsip jalannya sinar-sinar. Cahaya merupakan spektrum elektromagnetik, begitu juga termasuk

cahaya tampak. Jika cahaya tersebut mengenai medium, cahaya akan dipantulkan. Pada hukum Snellius (pemantulan) berlaku sudut datang (θ_{datang}) sama dengan sudut pantul (θ_{pantul}) dan terletak dalam satu bidang. Pada hukum tersebut memenuhi persamaan (2.3) yaitu

$$\theta_{\text{datang}} = \theta_{\text{pantul}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Peristiwa pemantulan cahaya dipengaruhi oleh bentuk permukaan benda, sehingga dalam kehidupan terdapat beberapa jenis pemantulan diantaranya adalah pemantulan baur dan total. (Resnick,1991).

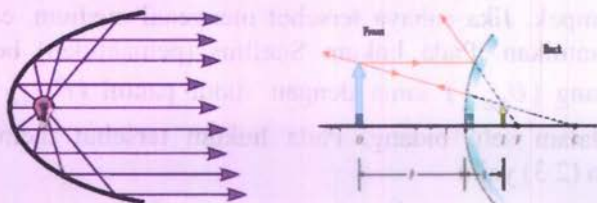


(sumber :The light measurement handbook,ryer,1997)

Gambar 2.5 a) Hukum Snellius , b) Pola pemantulan cahaya.

2.4.2 Pola Berkas Cahaya pada Cermin Sferis

Cermin sferis merupakan cermin yang memiliki bentuk permukaan. Pada cermin sferis (cekung) cahaya yang datang dan memiliki berkas sejajar dengan sumbu pusat akan difokuskan menuju arah titik fokusnya. Pada cermin cembung memiliki analisa yang sama dengan pola penjalaran cahaya pada cermin cekung, yang membedakan pada cermin cembung adalah letak titik fokusnya, yaitu terletak pada daerah maya. Berkas cahaya pada cermin cembung akan cenderung menyebar (Resnick,1993).

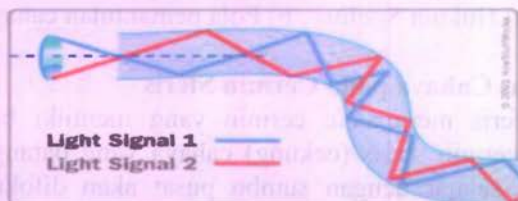


(sumber : *Fundamental Physics*, 1991)

Gambar 2.6 Berkas cahaya pada cermin sferis.

2.4.3 Pemanduan Cahaya pada Fiber Optik

Fiber optik adalah sebuah serat dari bahan kaca (silika) dan berdiameter kecil (berorde mikron). Fiber optik sering dipakai dalam bidang komunikasi, pandu gelombang, dan medis. Sinar dalam fiber optik dipandu melalui inti (*core*). Pemantulan berkas cahaya dalam inti termasuk jenis pemantulan total internal, karena pada saat pemantulan *cladding* sama sekali tidak menyerap berkas cahaya. Pada kenyataan dilapangan terdapat *loses* cahaya, dikarenakan cahaya merambat melalui *cladding* (Wikipedia, 2005).



(sumber : <http://dedenthe.wordpress.com/>)

Gambar 2.7 Berkas cahaya pada fiber optik (FO).

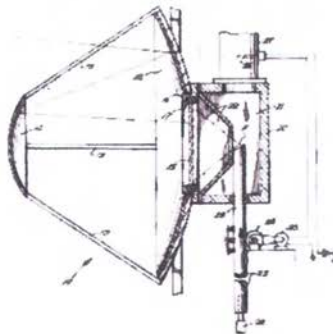
2.4.4 Solar Concentrator

solar concentrator merupakan berkas pengumpul sinar matahari, prinsip kerja dari alat ini sama dengan cermin cekung. Sinar dari berkas sejajar dengan jarak tak hingga akan difokuskan menuju titik fokus. Kegunaan alat ini adalah untuk pengumpul berkas sinar. Morfologi pada Gambar 2.8 (b) dapat dilihat bahwa pada

solar concentrator menggunakan prinsip optika geometri (www.seao2.com, 2008).



(a)



(b)

(sumber : www.seao2.com/solarsphere)

Gambar 2.8 a) Morfologi *solar concentrator*,
b) Berkas cahaya pada *solar concentrator*.

2.5 Elektronika dan Kontrol

2.5.1 Sensor dan Aktuator

sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya. Contoh sensor adalah LDR, *photocell*, dan sensor efek Hall. Aktuator merupakan bagian mekanis sistem untuk media pengeluaran dari hasil proses

kontrol. Aktuator dapat berupa motor listrik, layar monitor, atau valve (Widodo. 2008).



(sumber : sanyo dengki datasheet)

Gambar 2.9 a) Motor stepper, b) Sensor LDR.

2.5.2 Mikrokontrol

Pada saat ini penggunaan mikrokontroler dapat kita temui pada berbagai peralatan, misalnya peralatan yang terdapat di rumah, seperti telepon digital, microwave oven, televisi, mesin cuci, sistem keamanan rumah, PDA, dan lain-lain. Mikrokontroler dapat kita gunakan untuk berbagai aplikasi misalnya untuk pengendalian, otomasi industri, akuisisi data, telekomunikasi, dan lain-lain. Keuntungan menggunakan mikrokontroler yaitu harganya murah, dapat diprogram berulang kali, dan dapat kita program sesuai dengan keinginan kita. Saat ini keluarga mikrokontroler yang ada di pasaran yaitu Intel 8048 dan 8051 (MCS51), Motorola 68HC11, Microchip PIC, Hitachi H8, dan Atmel AVR (Agfianto. 2003).



(sumber : nextsys.web.id/edukasi/)

Gambar 2.10 Mikrokontrol AVR.

2.5.3 Sistem Akuisisi Instrumentasi

Akuisisi merupakan istilah dalam bidang elektronika yang memiliki arti "mengambil nilai", secara garis besar akuisisi dapat dipandang sebagai proses pengambilan data dari besaran fisis yang diindra oleh transduser (sensor), diolah dalam unit pengolahan data, dan dikeluarkan melalui aktuator atau display. Sistem akuisisi secara keseluruhan dimasukkan dalam DAS (*Digital Aquitition System*). DAS memiliki tiga bagian penting yaitu bagian pengindra, unit kontrol, dan aktuator. Pada Gambar 2.11 merupakan DAS secara keseluruhan (Agfianto. 2003).



Gambar 2.11 Sistem akuisisi instrumentasi.

2.5.4 Solar Tracker

Solar tracker atau lazim disebut penjejak matahari merupakan unit divisi robot yang digunakan untuk mengikuti arah jejak matahari, sehingga intensitas cahaya yang diterima dapat maksimal. Perancangan *solar tracker* membutuhkan piranti elektronika sensor, mikrokontroler, dan aktuator (motor). Semua piranti terintegrasi menjadi satu sistem yang bekerja sama untuk membentuk unit kontrol.



(sumber : <http://www.goldensun.sk/>)

Gambar 2.12 Solar Tracker.

Prinsip kerja *solar tracker* adalah sensor akan membaca intensitas cahaya yang diterima, kemudian diolah dalam mikrokontrol dan hasil olahan tersebut dikeluarkan untuk mengerakkan motor. Bentuk rancangan *solar tracker* seperti pada Gambar 2.12, aplikasi *solar tracker* sering digunakan pada panel sel surya, panel parabola (antena), dan *water heater* (Budiharto, 2008).



Gambar 2.12 Solar Tracker

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alat Ukur dan Sistem Instrumentasi

3.1.1. Alat Ukur

Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini adalah lux meter, Avometer, busur derajat, dan pengaris.

3.1.2. Sistem Instrumentasi

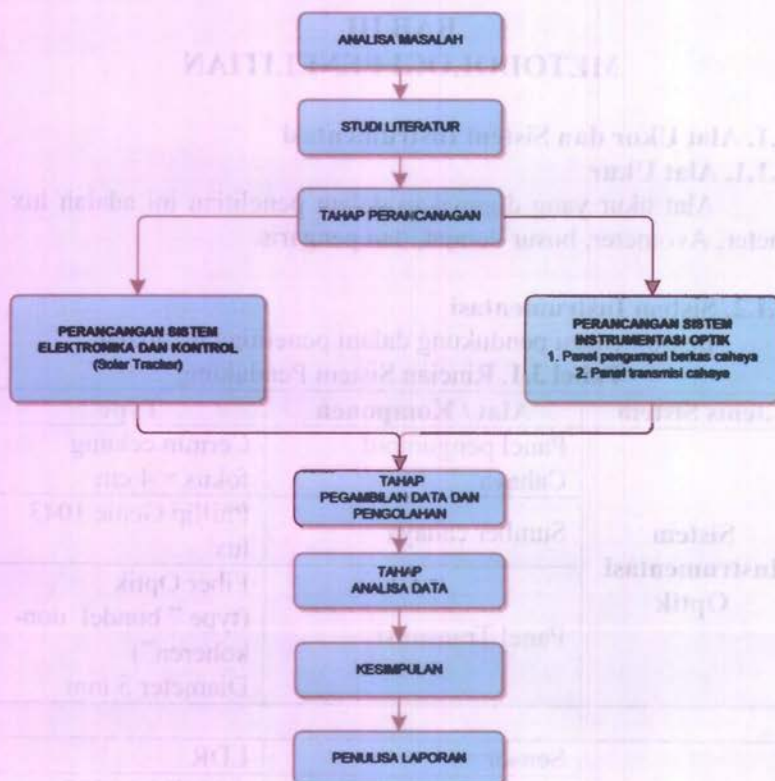
Instrumentasi pendukung dalam penelitian ini adalah

Tabel 3.1. Rincian Sistem Pendukung

Jenis Sistem	Alat / Komponen	Type
Sistem Instrumentasi Optik	Panel pengumpul Cahaya	Cermin cekung fokus = 4 cm
	Sumber cahaya	Phillip Genie 1043 lux
	Panel Transmisi	Fiber Optik (type "bundel non-koheren") Diameter 5 mm
Sistem Elektronika dan kontrol	Sensor	LDR
	Mikrokontrol AVR	ATMEGA8535
	Motor <i>Stepper</i> 2 fase	Sanyo Dengki 103H7121-04
	<i>Display</i>	LCD 2x16 digit
	<i>Driver Stepper</i>	
	Komunikasi PC	USB-ASP <i>downloader</i>

3.2. Proses Penelitian

Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan beberapa tahapan. Tahapan dan langkah kerja tampak seperti pada Gambar 3.1 yaitu diagram alur proses penelitian.



Gambar 3.1.Diagram alur proses penelitian.

3.2.1. Tahap Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk mendukung proses tugas akhir dari awal hingga penulisan laporan. Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan dasar teori yang berkaitan dengan tugas akhir, sehingga dapat menjadi acuan dalam melaksanakan pembahasan dan analisis. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini meliputi buku-buku teks, internet, dan jurnal ilmiah.

3.2.2. Tahap Perancangan

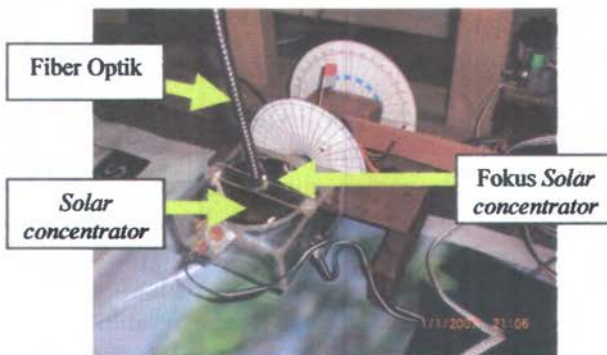
Pada tahap perancangan ada dua sistem yang telah dirancang, yaitu :

1. Sistem instrumentasi optik.
2. Sistem elektronika dan kontrol.

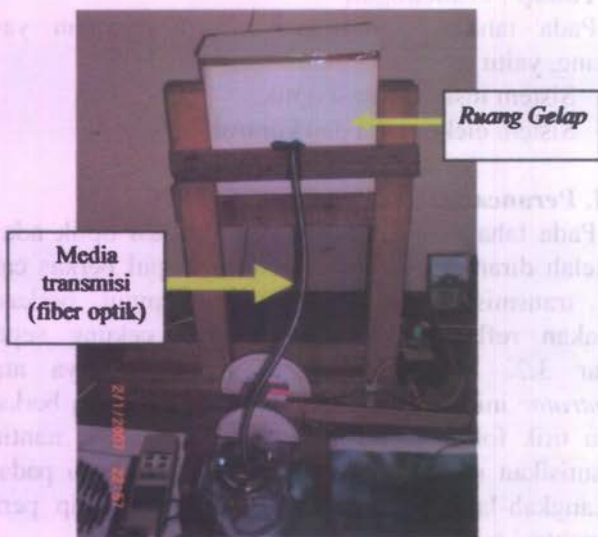
3.2.2.1. Perancangan Instrumentasi Optik

Pada tahap perancangan instrumentasi optik ada dua alat yang telah dirancang yaitu panel pengumpul berkas cahaya dan media transmisi cahaya. Panel pengumpul berkas cahaya merupakan reflektor berbentuk cermin cekung seperti pada Gambar 3.2. Panel pengumpul berkas cahaya atau *solar concentrator* ini digunakan untuk mengumpulkan berkas cahaya menuju titik fokus. Cahaya yang telah terfokus nantinya akan ditransmisikan melalui media fiber optik seperti pada Gambar 3.3. Langkah-langkah yang diambil dalam tahap perancangan instrumentasi optik adalah sebagai berikut :

1. Perancangan dan pengalibrasian jarak titik fokus pada panel pengumpul cahaya (*solar concentrator*)
2. Memandu cahaya menggunakan fiber optik untuk ditransmisikan menuju ruang gelap. Pada penelitian tugas akhir ini ruang gelap yang digunakan adalah prototipe ruang gelap dengan dimensi 25 cm x 20 cm x 23 cm.



Gambar 3.2 Panel Solar Contrator,



Gambar 3.3 Panel transmisi cahaya

3.2.2.2. Perancangan Sistem Elektronika dan Kontrol

Pada perancangan sistem elektronika dan kontrol telah dirancang alat berupa *solar tracker* yang digunakan untuk mengikuti gerakan matahari atau sumber cahaya. *Solar tracker* pada penelitian ini memiliki empat komponen penting yaitu

1. Sensor

Sensor yang digunakan pada *solar tracker* adalah sensor LDR. Sensor LDR mengubah besaran fisis cahaya menjadi sinyal listrik analog. Untuk mengolah sinyal listrik analog digunakan rangkaian pembagi tegangan seperti pada Gambar 3.4 (a). Pada rangkaian tersebut ketika LDR terkena cahaya, maka terjadi kenaikan arus yang mengalir pada hambatan (R_1). Tegangan keluaran (V_{OUT}) dapat dihitung dengan Persamaan 3.1. Perancangan morfologi sensor seperti pada Gambar 3.4 (b).

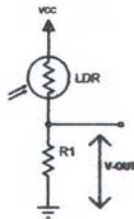
$$V_{OUT} = I \times R_1 \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

V_{OUT} : tegangan keluaran (volt)

I : Arus (A)

R_1 : hambatan (ohm)



(a)



(b)

Gambar 3.4 a) skematik sensor,
b) morfologi pemasangan sensor

2. Kontrol

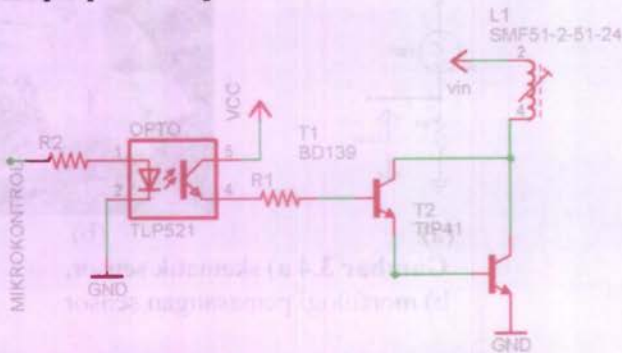
Unit kontrol yang digunakan adalah mikrokontrol jenis AVR ATMEGA8535 seperti pada Gambar 3.5. Pada mikrokontrol tersebut terintegrasi ADC dalam satu *chip*. ADC tersebut digunakan untuk konversi tegangan analog dari hasil pembacaan sensor LDR ke bentuk digital. Hasil bacaan ADC oleh mikrokontrol akan digunakan sebagai referensi dalam kontrol.



Gambar 3.5. Kesatuan sistem kontrol

3. Aktuator

Aktuator yang digunakan adalah dari jenis motor *stepper*. Untuk mengendalikan motor *stepper* diperlukan *driver* khusus. Pada bagian bab ini rangkaian *driver* seperti pada Gambar 3.6 hanya diambil sebagian dari rangkaian secara utuh yang terdapat pada Lampiran-I.



Gambar 3.6. Skematik driver stepper

Perhitungan matematis untuk menentukan nilai tahanan yang digunakan agar tidak terjadi efek termal saat transistor bekerja adalah sebagai berikut :

$$I_{c(TIP41)} = I_{\max_stepper}$$

$$I_{b(TIP41)} = \frac{I_{c(TIP41)}}{h_{fe}(TIP41)} \rightarrow I_{b(TIP41)} = I_{c(BD139)}$$

$$I_{b(BD39)} = \frac{I_{c(BD139)}}{h_{fe}(BD139)} \rightarrow R_1 = \frac{V_{cc}}{I_{b(BD39)}}$$

$$R_2 = \frac{V_{mikro}}{I_{f(optoTLP521)}}$$



implementasi perhitungan

$$I_{c(TIP41)} = I_{\max_stepper} = 2A$$

$$I_{b(TIP41)} = \frac{I_{c(TIP41)}}{h_{fe}(TIP41)} = \frac{2}{50} = 0.04A$$

$$I_{b(BD139)} = \frac{I_{c(BD139)}}{h_{fe}(BD139)} = \frac{0.04}{100} = 0.0004A$$

$$R_1 = \frac{V_{cc}}{I_{b(BD39)}} = \frac{5V}{0.0004A} = 12500\Omega$$

→ dapat didekati dengan $R=10K\Omega$

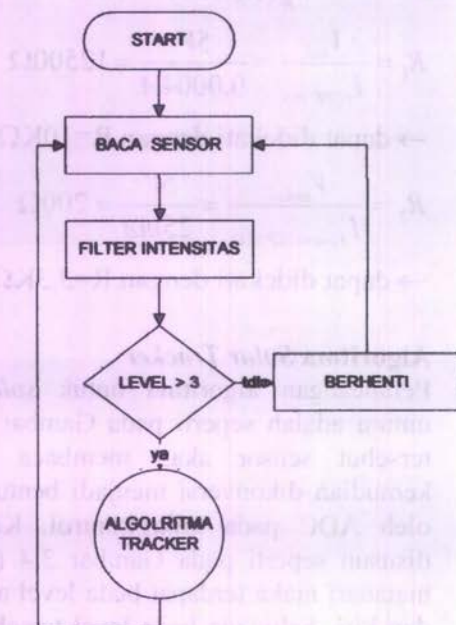
$$R_2 = \frac{V_{mikro}}{I_{f(optoTLP521)}} = \frac{5V}{25mA} = 200\Omega$$

→ dapat didekati dengan $R=3.3K\Omega$

4. Algoritma Solar Tracker

Perancangan algoritma untuk *solar tracker* secara umum adalah seperti pada Gambar 3.7. Pada gambar tersebut sensor akan membaca intensitas cahaya kemudian dikonversi menjadi bentuk tegangan digital oleh ADC pada mikrokontrol. Ketika sensor yang disusun seperti pada Gambar 3.4 (b) terkena cahaya matahari maka terdapat beda level antara sensor kanan dan kiri. Sehingga beda level tersebut dapat dijadikan reveransi apakah sensor sudah menghadap sumber cahaya atau belum. Ketika beda level menunjukkan nilai di bawah set point, maka dapat dikatakan sensor menghadap sumber cahaya dan posisi *tracker* akan diam. Ketika beda level menunjukkan nilai diatas set point, maka dapat dikatakan sensor belum tegak lurus menghadap sumber cahaya dan posisi *tracker* akan berputar menuju intensitas yang paling cahaya tinggi.

Secara khusus algoritma pemrograman terdapat pada Lampiran III.



Gambar 3.7. Algoritma solar tracker

3.2.3 Pengujian dan Pengambilan Data

Pada tahap pengukuran dan pengambilan data dilakukan dua metode.

3.2.3.1 Metode Pertama

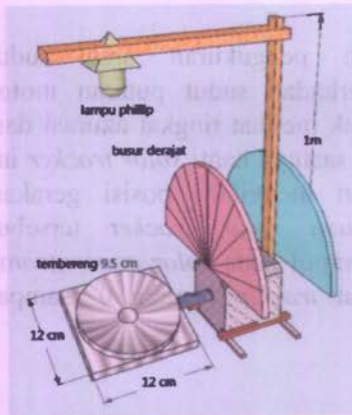
Metode pertama adalah pengukuran arah sudut keterarahan datangnya cahaya terhadap sudut putaran motor *stepper*. Metode ini dilakukan untuk melihat tingkat akurasi dari putaran *solar tracker*, karena pada saatnya nanti *solar tracker* ini diharapkan dapat mengindra dan mengikuti posisi gerakan sumber cahaya. Dari kemampuan *solar tracker* tersebut memungkinkan cahaya yang terkumpul pada *solar concentrator* menjadi optimal. Jangkauan sudut *tracking* antara 0° sampai dengan 180° .

3.2.3.2 Metode kedua

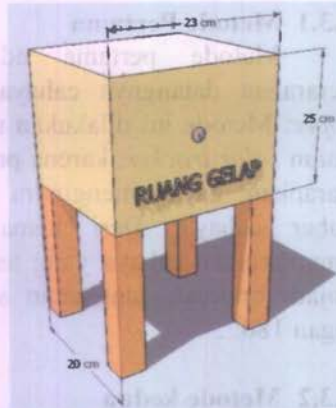
Metode kedua adalah pengukuran kuat penerangan cahaya yang masuk ke ruang gelap dari hasil transmisi sistem. Tujuan dari metode yang kedua adalah untuk mengetahui efisiensi transmisi cahaya pada sistem *solar illumination* yang dirancang. Data yang diambil adalah data kuat penerangan cahaya yang menyinari sistem *solar illumination* dan kuat penerangan cahaya transmisi pada ruang gelap, kedua data tersebut nantinya akan diolah dan dibandingkan untuk menghitung efisiensinya. Pada Gambar 3.7 ditampilkan spesifikasi dari sistem yang telah dirancang. Untuk spesifikasi kondisi saat pengukuran adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2. Kondisi Pengukuran

Alat	Dimensi
Ruang / kotak Gelap	25cm x 20cm x 23 cm
Fiber Optik	55 cm, diameter 5 mm
Intensitas cahaya luar	0.00 lux
Tegangan motor <i>stepper</i>	15 volt
Tegangan mikrokontrol	5.02 volt
Resolusi sudut busur	10°



(a)



(b)

Gambar 3.8 a) Morfologi system tracker, b) ruang gelap.

3.2.4 Tahap Pengolahan Data

Data yang sudah diperoleh pada tahap pengujian dan pengambilan, nantinya akan diolah dalam beberapa cara, diantaranya adalah :

1. Pengolahan data pembacaan sudut *tracker* untuk mengetahui akurasi pada *solar tracker*.
2. Pengolahan data intensitas cahaya yang terfokus untuk mengetahui *gain* pada *solar concentrator*.
3. Pengolahan data intensitas cahaya yang ditertransmisi untuk mengetahui efisiensi pada *solar Illumination*.

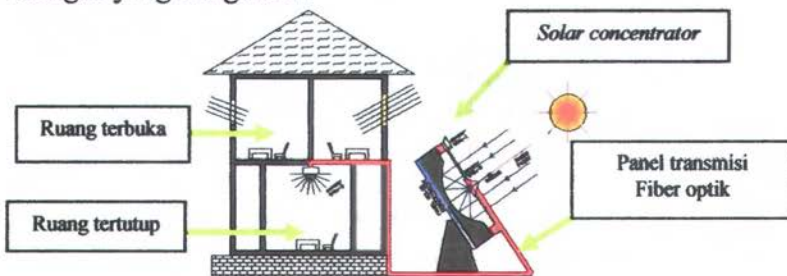
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. *Solar Illumination* Untuk Pencahayaan Ruang Tertutup

Solar illumination merupakan sistem yang digunakan untuk pencahayaan ruang tertutup. Tinjauan ruang tertutup dalam penelitian tugas akhir ini adalah ruang yang tidak dimungkinkan cahaya matahari bisa masuk secara langsung. Sistem *solar illumination* merupakan gabungan dari dua sistem, yaitu sistem *solar tracker* dan sistem instrumentasi optik. Prinsip kerja secara umum dari *solar illumination* ini adalah berkas cahaya dari luar dikumpulkan dan ditransmisikan menggunakan media tertentu dengan teknik pemanduan cahaya hingga sampai ruang yang diinginkan.

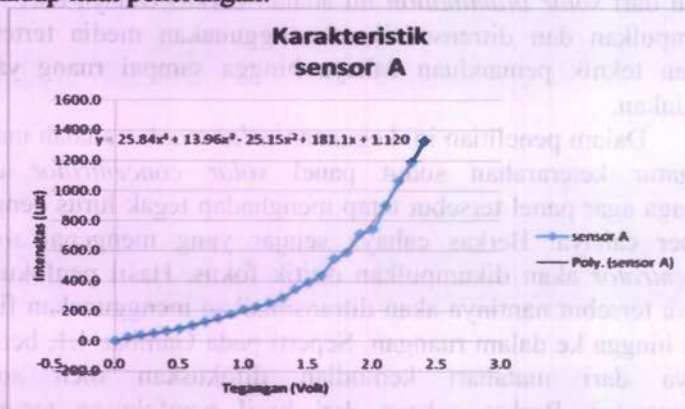
Dalam penelitian ini kegunaan *solar tracker* adalah untuk mengatur keterarahan sudut panel *solar concentrator* dan menjaga agar panel tersebut tetap menghadap tegak lurus dengan sumber cahaya. Berkas cahaya sejajar yang mengenai *solar concentrator* akan dikumpulkan dititik fokus. Hasil penfokusan cahaya tersebut nantinya akan ditransmisikan menggunakan fiber optik hingga ke dalam ruangan. Seperti pada Gambar 4.1, berkas cahaya dari matahari kemudian difokuskan oleh *solar concentrator*. Berkas cahaya dari hasil pemfokusan tersebut kemudian dipandu menggunakan fiber optik hingga mencapai ruangan yang diinginkan.



Gambar 4.1 *Solar illumination*.

4.2. Kalibrasi Sensor LDR

Pada penelitian tugas akhir ini menggunakan sensor cahaya (LDR). Sensor LDR ini digunakan untuk mengetahui besar kuat penerangan dari lampu. Sebelum digunakan untuk membaca kuat penerangan, LDR perlu dikalibrasi terlebih dahulu. Hal tersebut dilakukan karena sifat resistansi pada setiap LDR tidak sama. Proses kalibrasi yang dilakukan adalah dengan mencari fungsi alih untuk mengubah dari tegangan ke dalam satuan lux. Fungsi alih diatas diperoleh dari data pada lampiran (V) tentang proses kalibrasi sensor. Pada Gambar 4.2 adalah grafik tegangan terhadap kuat penerangan.



Gambar 4.2 Grafik hasil kalibrasi sensor LDR.

Grafik diatas memberikan informasi, bahwa untuk mencari fungsi alih perlu dilakukan pemfitingan secara polinomial. Batas kuat penerangan yang mampu direspon oleh sensor adalah sekitar 0 lux – 1400 lux. Dari hasil pengalibrasian, masing-masing sensor didapat fungsi alih sengaui berikut :

- Fungsi alih untuk sensor A

$$y = 25.84x^4 + 13.96x^3 - 25.15x^2 + 181.1x + 1.120$$

- Fungsi alih untuk sensor B

$$y = 38.81x^4 - 257.6x^3 + 712.4x^2 - 792.1x + 299$$

fungsi alih yang sudah didapat nantinya akan direferensikan untuk konversi nilai hasil bacaan sensor LDR dari level tegangan menjadi level luminansi (lux).

4.3. Mekanisme dan Algoritma Solar Tracking

Solar tracker secara umum dapat disebut sebagai *tracker* dan merupakan bentuk spesifikasi dari jenis robot penjejak (*tracker robot*), yaitu robot yang mampu melacak atau mengikuti lintasan (*path*). Bentuk spesifikasi robot *tracker* yang digunakan untuk mengikuti gerakan matahari disebut *solar tracker*. Implementasi *solar tracker* sering adalah pada sistem panel sel surya. Pada panel sel surya *solar tracker* berfungsi untuk mempertahankan panel untuk tetap menghadap matahari dengan cara mengikuti arah lintasan datangnya sinar. Bentuk penerapan robot *tracker* dewasa ini sudah banyak berkembang, seperti pada sistem satelit, sistem *water heater*, dan beberapa antena parabola-komunikasi. Pada penelitian ini proses kontrol dari *solar tracker* secara singkat seperti pada Gambar 3.7, bagian-bagian yang menunjang dari *solar tracker* yang telah dirancang adalah sensor, mikrokontrol dan aktuator (*stepper*).

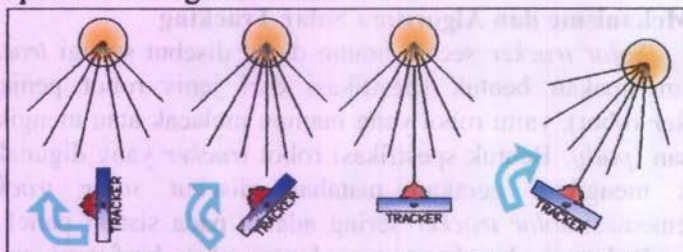
4.3.1. Sistem Sensor

Sensor yang digunakan adalah LDR sebanyak empat buah, keempat sensor yang dipasang memiliki fungsi yang berbeda. Dua sensor bertindak sebagai pengindra efisiensi sistem dan dua yang lainnya sebagai kendali dalam proses *tracking*. Pada Gambar 3.4, dipasang dua sensor LDR untuk kontrol dalam *tracking*. Tujuan pemasangan tersebut adalah agar ketika sumber cahaya bergerak terjadi perbedaan level tegangan yang dibaca pada tiap sensor. Perbedaan tersebut nantinya akan dipakai sebagai acuan kontrol pergerakan dan arah putaran motor *stepper*.

4.3.2. Sistem Kontrol

Pada proses kontrol, putaran motor *stepper* dalam proses *tracking* akan mengikuti intensitas cahaya yang paling terang, dan putaran

tersebut akan berhenti jika selisih dari kedua sensor kecil. Nilai selisih kecil didapat saat panel tepat menghadap tegak lurus dengan arah berkas sumber cahaya. Pada Gambar (4.4), merupakan bentuk gerakan *solar tracker*.



Gambar 4.3 Gerakan *solar tracker*.

4.3.3. Sistem Aktuator

Aktuator yang digunakan pada sistem kontrol ini adalah motor *stepper* 2 fase. Kelebihan dari motor *stepper* 2 fase adalah memiliki torsi kuat dan putaran halus, sehingga dapat dihasilkan pola *tracking* yang akurat. Motor *stepper* tersebut dikendalikan menggunakan *driver* motor yang disusun oleh beberapa transistor. Pada Gambar 3.6, rangkaian tersebut memperlihatkan bahwa penggunaan transistor sebagai saklar untuk menjalankan motor *stepper*. Transistor disusun secara darlington untuk mendapatkan nilai penguatan yang besar. Pada rangkaian *driver* tersebut terdapat *optocoupler* untuk melindungi arus liar agar tidak masuk ke dalam mikrokontrol. Untuk menguji keakuratan proses *tracking* dilakukan beberapa cara pengujian, diantaranya adalah



Gambar 4.4 *Solar Tracker*.

4.3.3.1 Analisa Kepresisian Pengukuran

Pengambilan data dilakukan sebanyak 16 kali pengukuran dari interval sudut 0^0 sampai 180^0 . Analisa untuk mengetahui kepresisian pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.1 terkait dengan pengambilan data berulang.

Tabel 4.1. Data Kepresisian Pengukuran

sudut	Sudut Tracker (derajat)								stdev
	Pengujian 0 ke 180								
Lampu	ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5	ke-6	ke-7	ke-8	
0	-10	-10	-10	-10	0	-10	-10	-10	3.54
10	0	0	0	10	10	0	0	0	4.63
20	10	20	20	20	20	20	10	10	5.18
30	30	30	30	25	30	30	30	30	1.77
40	40	45	40	40	40	40	40	40	1.77
50	50	50	55	50	50	50	55	50	2.31
60	60	60	60	60	65	60	60	60	1.77
70	70	70	70	70	70	70	70	70	0.00
80	80	85	80	85	80	80	80	80	2.31
90	90	90	90	95	90	90	90	90	1.77
100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.00
110	105	110	110	110	110	110	110	110	1.77
120	120	120	125	120	115	120	120	120	2.67
130	130	130	135	130	130	130	135	135	2.59
140	140	145	140	140	140	145	140	140	2.31
150	150	150	150	155	150	155	150	150	2.31
160	160	165	160	160	160	160	155	160	2.67
170	170	170	170	170	170	175	170	175	2.31
180	180	180	175	180	180	180	180	180	1.77

Pada Tabel 4.1 didapat deviasi rata-rata adalah 2.29. untuk tabel secara keseluruhan ada pada Lampiran IV, dengan melihat besar nilai deviasi yang relatif kecil maka dapat dikatakan bahwa pengukuran hampir mendekati presisi.

4.3.3.2 Analisa Akurasi Sistem Solar Tracker

Untuk mengetahui tingkat keakuratan posisi tracker terhadap arah datangnya cahaya matahari dilakukan dengan cara menghitung error sistem. Error dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.1, yaitu

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{\text{sudut_tracker} - \text{sudut_sumber}}{\text{sudut_sumber}} \right| * 100\% \dots\dots (4.1)$$

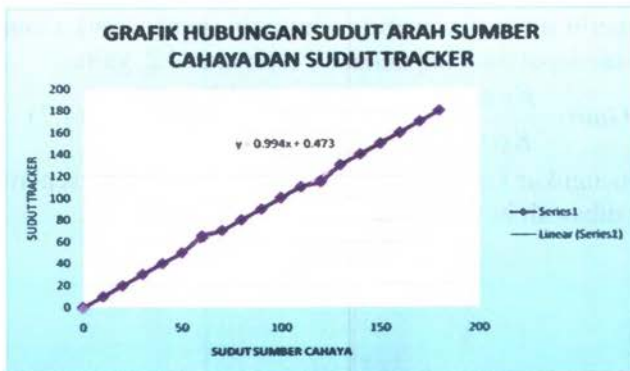
Pada Tabel 4.2, merupakan tabel error yang diambil sebagian dari data keseluruhan. Data keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran IV.

Tabel 4.2. Data Error Sistem Solar Tracker

Sudut	Sudut Tracker (derajat)					
	Pengujian 0 ke 180					
Lampu	ke-1	Error (%)	ke-2	Error (%)	ke-3	Error (%)
0	-10	100.00	-10	100.00	-10	100.00
10	0	100.00	0	100.00	0	100.00
20	10	50.00	20	0.00	20	0.00
30	30	0.00	30	0.00	30	0.00
40	40	0.00	45	12.50	40	0.00
50	50	0.00	50	0.00	55	10.00
60	60	0.00	60	0.00	60	0.00
70	70	0.00	70	0.00	70	0.00
80	80	0.00	85	6.25	80	0.00
90	90	0.00	90	0.00	90	0.00
100	100	0.00	100	0.00	100	0.00
110	105	4.55	110	0.00	110	0.00
120	120	0.00	120	0.00	125	4.17
130	130	0.00	130	0.00	135	3.85
140	140	0.00	145	3.57	140	0.00
150	150	0.00	150	0.00	150	0.00
160	160	0.00	165	3.13	160	0.00
170	170	0.00	170	0.00	170	0.00
180	180	0.00	180	0.00	175	2.78

Dari data pada Tabel 4.2, didapat nilai error besar saat sudut berada di sekitar 0^0 sampai dengan 10^0 yaitu sekitar 50% - 100%, penyebab error yang tinggi kemungkinan disebabkan karena pengaruh reflektif bidang alas. Dari tabel 4.2 dapat dibuat

pola grafik seperti pada Gambar 4.5 yang merupakan grafik hubungan sudut sumber cahaya dan *tracker*.



Gambar 4.5 Grafik hubungan sudut sumber cahaya dan tracker.

Grafik yang dihasilkan seperti pada Gambar 4.5 memiliki gradien sekitar 0.994, dari gradien yang dihasilkan dapat dilihat bahwa akurasi pada sistem tracker masih belum 100%. Akurasi dapat dikatakan sempurna jika gradien adalah 1.

4.4. Efisiensi Sistem Instrumentasi Optik

Sistem instrumentasi optik dalam *solar illumination* merupakan sistem yang memegang peran penting dalam pentransmisian cahaya. Pada sistem tersebut terdiri dari *solar concentrator* dan fiber optik sebagai media transmisi cahaya. Perhitungan efisiensi sistem instrumentasi optik dalam *solar illumination* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

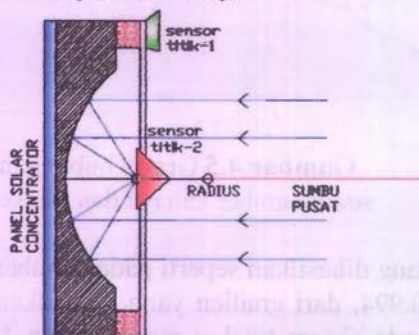
1. Mengukur *gain* pada *solar concentrator*.
2. Mengukur efisiensi transmisi cahaya pada *solar illumination*.

4.4.1. Gain Solar Concentrator

Fungsi utama panel *solar concentrator* adalah mengumpulkan berkas cahaya, sehingga untuk mengetahui keefektifan panel tersebut perlu dilakukan perhitungan *gain* (penguatan). *Gain* pada metode ini dapat dihitung dengan Persamaan 4.2, yaitu

$$\text{Gain} = \frac{\text{Kuat_penerangan_titik2}}{\text{Kuat_penerangan_titik1}} \dots\dots\dots (4.2)$$

Untuk mengukur kuat penerangan sensor diletakkan seperti pada gambar dibawah ini (Gambar 4.6).



Gambar 4.6 Pengukuran *gain solar concentrator*

Dari hasil pengukuran diperoleh data sebagai berikut :

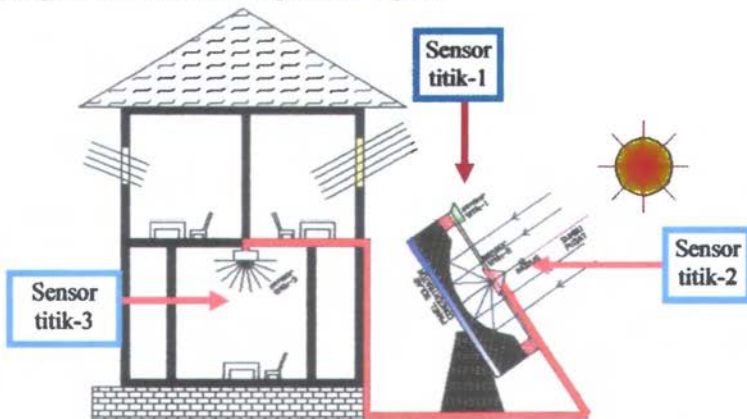
Tabel 4.3. *Gain Solar Concentrator*

Pengukuran ke-	Kuat Penerangan (Lux)		
	Titik 1	Titik 2	Gain
1	188.59	786.45	4.17
2	185.86	786.45	4.23
3	196.99	808.16	4.10
4	199.85	797.24	3.99
5	196.99	775.81	3.94
6	191.36	754.94	3.95
7	188.59	765.31	4.06
8	185.86	775.81	4.17
9	194.16	786.45	4.05
10	196.99	786.45	3.99
Average Gain			4.07

Dari Tabel 4.3 terlihat bahwa rata-rata *gain* dari panel *solar concentrator* adalah sekitar 4.07, nilai tersebut memiliki arti bahwa *solar concentrator* mampu menguatkan sekitar 4.07 kali dari kuat penerangan cahaya yang diterima langsung oleh panel tersebut.

4.4.2. Efisiensi Transmisi cahaya pada *Solar Illumination*

Pada metode ini pemasangan sensor seperti pada Gambar 4.7, dengan tujuan sensor mampu membaca kuat penerangan cahaya yang masuk dan keluar pada ruangan.



Gambar 4.7 Model penerapan *solar illumination*.

Efisiensi pada sistem yang telah dirancang dapat dihitung dengan Persamaan 4.3, yaitu

$$\%_{\text{efisiensi}} = \left(1 - \frac{\text{cahaya_masuk} - \text{cahaya_keluar}}{\text{cahaya_masuk}} \right) * 100\% \quad \dots\dots (4.3)$$

Untuk mengetahui efisiensi dalam penelitian ini dilakukan dua metode yaitu

1. Pengukuran dengan Lux Meter standart (Luxtron LX-1108)
2. Pengukuran dengan Sensor LDR yang sudah dikalibrasi

4.4.2.1. Pengukuran dengan Lux Meter

Dari hasil pengukuran pada titik-1 dan titik-3 pada Gambar 4.8 dengan menggunakan lux meter standart (Luxtron LX-1108), didapat data seperti pada Tabel 4.4 tentang pengukuran efisiensi. Kuat penerangan sumber cahaya dititik satu saat pengukuran adalah 251,5 lux. Pengukuran pada tiap titik diulang sebanyak lima kali dengan interval sudut antara 0° - 180° . Untuk informasi keseluruhan dari pengukuran dapat dilihat ada tabel dibawah ini (Tabel 4.4)

Tabel 4.4. Data Efisiensi Transmisi Cahaya

Sudut (derajat)	(Kuat penerangan sumber cahaya di titik-1 = 251.5 lux)									
	Transmisi cahaya pada pengujian ke-									
	I	Efisiensi	II	Efisiensi	III	Efisiensi	IV	Efisiensi	V	Efisiensi
Lampu	(lux)	(%)	(lux)	(%)	(lux)	(%)	(lux)	(%)	(lux)	(%)
0	25.7	11.9	25.7	11.9	25.6	11.9	26.5	12.3	27.3	12.7
10	25.4	11.8	25.5	11.8	27.6	12.8	27.5	12.8	27.1	12.6
20	23.0	10.7	25.4	11.8	25.6	11.9	25.6	11.9	25.3	11.7
30	25.6	11.9	25.6	11.9	27.5	12.8	27.6	12.8	26.3	12.2
40	28.3	13.1	25.7	11.9	25.0	11.6	26.7	12.4	26.4	12.3
50	27.4	12.7	27.7	12.9	24.0	11.1	27.3	12.7	27.8	12.9
60	25.3	11.7	28.5	13.2	28.1	13.0	27.5	12.8	28.0	13.0
70	24.6	11.4	25.6	11.9	29.2	13.5	26.5	12.3	26.0	12.1
80	25.2	11.7	26.6	12.3	27.1	12.6	25.5	11.8	27.1	12.6
90	26.7	12.4	25.0	11.6	29.0	13.5	25.6	11.9	28.0	13.0
100	28.9	13.4	27.3	12.7	25.3	11.7	27.0	12.5	26.8	12.4
110	26.5	12.3	28.1	13.0	26.2	12.2	28.3	13.1	27.8	12.9
120	27.3	12.7	27.4	12.7	27.3	12.7	29.1	13.5	25.3	11.7
130	29.5	13.7	26.5	12.3	28.4	13.2	27.3	12.7	26.7	12.4
140	22.4	10.4	27.5	12.8	27.1	12.6	26.5	12.3	26.0	12.1
150	27.2	12.6	25.4	11.8	28.0	13.0	28.7	13.3	27.2	12.6
160	25.2	11.7	25.6	11.9	26.0	12.1	27.1	12.6	25.3	11.7
170	24.3	11.3	26.3	12.2	26.3	12.2	27.3	12.7	27.5	12.8
180	25.4	11.8	27.5	12.8	25.1	11.6	26.3	12.2	26.3	12.2
Rata-Rata efisiensi		12.1		12.3		12.4		12.6		12.4

Pada Tabel 4.4 terlihat nilai efisiensi transmisi adalah sekitar 12 %, nilai efisiensi ini terhitung berdasarkan persamaan 4.3 dengan pengambilan data secara berulang.

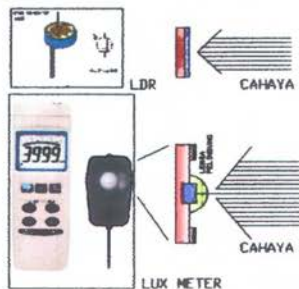
4.4.2.2. Pengukuran dengan Sensor LDR

Pada metode yang kedua untuk mengetahui efisiensi *solar illumination*, dilakukan pengukuran di titik-1 dan titik-3 dengan menggunakan sensor LDR yang sudah dikalibrasi dengan lux meter. Pada saat pengukuran didapat data efisiensi sebagai berikut (Tabel 4.5).

**Tabel 4.5. Data Efisiensi Transmisi Cahaya
Menggunakan Sensor LDR**

Data	Sudut (derajat)	Pengujian 1			Pengujian 2		
		Titik -1	Titik -3	Efisiensi %	Titik -1	Titik -3	Efisiensi %
1	50	220.6	28.47	12.91	217.5	20.95	9.64
2	60	246.8	26.23	10.63	246.8	20.95	8.49
3	70	220.6	21.97	9.96	199.7	21.97	11.00
4	80	202.5	18.02	8.90	202.5	23.01	11.36
5	90	205.4	23.01	11.20	205.4	21.97	10.69
6	100	208.4	24.06	11.55	202.5	19.96	9.85
7	110	214.4	21.97	10.25	202.5	26.23	12.95
8	120	217.5	23.01	10.58	205.4	27.34	13.31
9	130	223.7	21.97	9.82	202.5	26.23	12.95
10	140	214.4	21.97	10.25	202.5	21.97	10.85
Rata-rata efisiensi		10.60			11.11		

Pada Tabel 4.5 terlihat nilai efisiensi transmisi adalah sekitar 11.11 %. Nilai tersebut hampir mendekati dengan hasil pengukuran pada metode yang pertama (subbab 4.2.1). Perbedaan yang kecil terjadi karena adanya faktor koreksi geometri pada saat pengukuran. Pada Gambar 4.9 berkas cahaya langsung mengenai sensor LDR, sedangkan pada lux meter cahaya terhalang oleh kaca pelindung sensor.



Gambar 4.8 Morfologi sensor LDR dan Lux meter .

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Pada metode yang kedua untuk mengontrol efisiensi energi illuminasi, dilakukan pengukuran di titik-1 dan titik-2 dengan menggunakan sensor LDR yang sudah dikalibrasi dengan lux meter. Pada saat pengukuran didapat data efisiensi sebagai berikut (Tabel 4.5).

Tabel 4.5. Data Efisiensi Transmisi Cahaya
Menggunakan Sensor LDR

Tingkat Kecerahan	Pengukuran 1		Pengukuran 2	
	Titik 1	Titik 2	Titik 1	Titik 2
1	10.5	10.5	10.5	10.5
2	20.5	20.5	20.5	20.5
3	30.5	30.5	30.5	30.5
4	40.5	40.5	40.5	40.5
5	50.5	50.5	50.5	50.5
6	60.5	60.5	60.5	60.5
7	70.5	70.5	70.5	70.5
8	80.5	80.5	80.5	80.5
9	90.5	90.5	90.5	90.5
10	100.5	100.5	100.5	100.5
11	110.5	110.5	110.5	110.5
12	120.5	120.5	120.5	120.5
13	130.5	130.5	130.5	130.5
14	140.5	140.5	140.5	140.5
15	150.5	150.5	150.5	150.5
16	160.5	160.5	160.5	160.5
17	170.5	170.5	170.5	170.5
18	180.5	180.5	180.5	180.5
19	190.5	190.5	190.5	190.5
20	200.5	200.5	200.5	200.5
21	210.5	210.5	210.5	210.5
22	220.5	220.5	220.5	220.5
23	230.5	230.5	230.5	230.5
24	240.5	240.5	240.5	240.5
25	250.5	250.5	250.5	250.5
26	260.5	260.5	260.5	260.5
27	270.5	270.5	270.5	270.5
28	280.5	280.5	280.5	280.5
29	290.5	290.5	290.5	290.5
30	300.5	300.5	300.5	300.5
31	310.5	310.5	310.5	310.5
32	320.5	320.5	320.5	320.5
33	330.5	330.5	330.5	330.5
34	340.5	340.5	340.5	340.5
35	350.5	350.5	350.5	350.5
36	360.5	360.5	360.5	360.5
37	370.5	370.5	370.5	370.5
38	380.5	380.5	380.5	380.5
39	390.5	390.5	390.5	390.5
40	400.5	400.5	400.5	400.5
41	410.5	410.5	410.5	410.5
42	420.5	420.5	420.5	420.5
43	430.5	430.5	430.5	430.5
44	440.5	440.5	440.5	440.5
45	450.5	450.5	450.5	450.5
46	460.5	460.5	460.5	460.5
47	470.5	470.5	470.5	470.5
48	480.5	480.5	480.5	480.5
49	490.5	490.5	490.5	490.5
50	500.5	500.5	500.5	500.5
51	510.5	510.5	510.5	510.5
52	520.5	520.5	520.5	520.5
53	530.5	530.5	530.5	530.5
54	540.5	540.5	540.5	540.5
55	550.5	550.5	550.5	550.5
56	560.5	560.5	560.5	560.5
57	570.5	570.5	570.5	570.5
58	580.5	580.5	580.5	580.5
59	590.5	590.5	590.5	590.5
60	600.5	600.5	600.5	600.5
61	610.5	610.5	610.5	610.5
62	620.5	620.5	620.5	620.5
63	630.5	630.5	630.5	630.5
64	640.5	640.5	640.5	640.5
65	650.5	650.5	650.5	650.5
66	660.5	660.5	660.5	660.5
67	670.5	670.5	670.5	670.5
68	680.5	680.5	680.5	680.5
69	690.5	690.5	690.5	690.5
70	700.5	700.5	700.5	700.5
71	710.5	710.5	710.5	710.5
72	720.5	720.5	720.5	720.5
73	730.5	730.5	730.5	730.5
74	740.5	740.5	740.5	740.5
75	750.5	750.5	750.5	750.5
76	760.5	760.5	760.5	760.5
77	770.5	770.5	770.5	770.5
78	780.5	780.5	780.5	780.5
79	790.5	790.5	790.5	790.5
80	800.5	800.5	800.5	800.5
81	810.5	810.5	810.5	810.5
82	820.5	820.5	820.5	820.5
83	830.5	830.5	830.5	830.5
84	840.5	840.5	840.5	840.5
85	850.5	850.5	850.5	850.5
86	860.5	860.5	860.5	860.5
87	870.5	870.5	870.5	870.5
88	880.5	880.5	880.5	880.5
89	890.5	890.5	890.5	890.5
90	900.5	900.5	900.5	900.5
91	910.5	910.5	910.5	910.5
92	920.5	920.5	920.5	920.5
93	930.5	930.5	930.5	930.5
94	940.5	940.5	940.5	940.5
95	950.5	950.5	950.5	950.5
96	960.5	960.5	960.5	960.5
97	970.5	970.5	970.5	970.5
98	980.5	980.5	980.5	980.5
99	990.5	990.5	990.5	990.5
100	1000.5	1000.5	1000.5	1000.5

Pada Tabel 4.5 terlihat nilai efisiensi transmisi adalah sekitar 11.11%. Nilai tersebut sangat mendekati dengan hasil pengaliran pada metode yang pertama (subbab 4.2.1). Perbedaan yang kecil terjadi karena adanya faktor ketidakakuratan pada saat pengukuran. Pada Gambar 4.8 berikut ini dapat dilihat bagaimana sensor LDR, sedangkan pada lux meter cahaya terdistribusi oleh kaca pelindung sensor.

Gambar 4.8. Distribusi cahaya LDR dan lux meter

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan bahwa

1. Untuk membantu meghadirkan pencahayaan alami pada ruang tertutup dapat menggunakan teknologi *solar illumination* yang merupakan gabungan dari *sistem solar tracker* dan sistem instrumentasi optik (*solar concentrator* dan panel transmisi cahaya).
2. Kemampuan *solar tracking* dalam mengikuti arah berkas sumber cahaya akan berkontribusi pada optimalisasi jumlah berkas cahaya yang diterima oleh panel *solar concentrator*.
3. Cahaya mampu ditransmisikan ke dalam ruang gelap menggunakan fiber optik.
4. Panel *solar concentrator* mampu mengumpulkan dan menguatkan berkas cahaya pada titik fokus hingga 4 kali dari kuat penerangan cahaya asal.
5. Teknologi *solar illumination* yang telah dirancang memiliki efisiensi sekitar 12.00 % yang terukur dari perbandingan cahaya yang masuk dan keluar dari system.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk merancang sistem pencahayaan alami. Karena dalam penelitian tugas akhir ini merupakan bagian kecil dari sistem pencahayaan dan solar iluminasi yang telah dibuat masih banyak kekurangan baik pada sistem kontrol dan sistem instrumentasi optik. Diharapkan pada waktu selanjutnya sistem *solar illumination* untuk pencahayaan ruang gelap ini dapat dikembangkan jauh lebih baik. Untuk perancangan sistem pencahayaan yang murah, sehat, dan hemat energi.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiharto, Widodo. 2008. *"10 proyek robot Spektakuler"*. Jakarta : Elex Media Komputindo dan Gramedia.
- Eko putro, Agfianto. 2003. *"Belajar Mikrokontroler"*. Yogyakarta : Penerbit Gava Media.
- Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia. 2006. *" INDONESIA 2005 - 2025 BUKU PUTIH Penelitian Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi"* . Jakarta
- Halliday, Resnick.1991. *"Fisika Dasar 2"*. Jakarta : Erlangga
- Halliday, Resnick .1993. *"Fundamentals of Physics "*, John Wiley & Sons, Inc.Halliday, Resnick.1991. *"Fisika Dasar 2"*. Jakarta : Erlangga
- Phillip, Derek. 2000."*Lighting Modern Building"*. Architectural Press. Oxford.
- Ryer, Alex. 1998. *"Light Measurement Handbook"*. International Light Inc.
- Yahya. Harun. 1999. *Rancangan pada Cahaya dan Desain dalam Warna.*
<http://www.harunyahya.com/indo/index.php>
- _____,2005. Fiber Optik
<http://www.Wikipedia.com/fiberoptic>

_____. 2008. *Solar Concentrator*
www.seao2.com/solarsphere

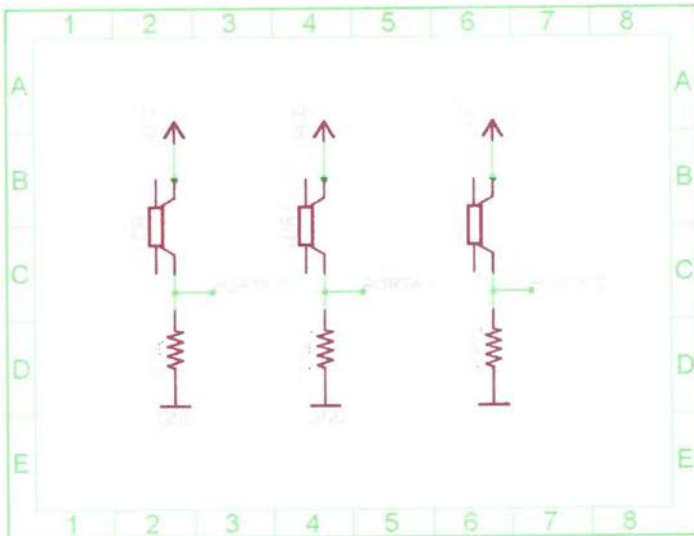
_____. 2002. *Solar Tracker*.
<http://www.ngdc.noaa.gov/seg/geomag/jsp/struts/calcDeclination.html>

LAMPIRAN I SKEMATIK SISTEM ELEKTRONIKA DAN KONTROL



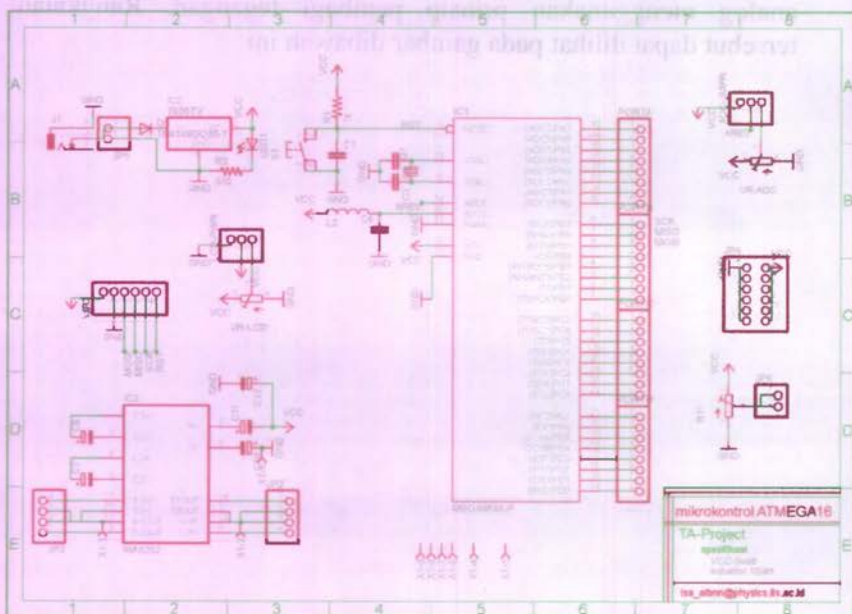
I-1. Sensor dan Rangkaian Analog

Sensor yang digunakan adalah sensor LDR. Pengolahan tegangan analog menggunakan prinsip pembagi tegangan. Rangkaian tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini



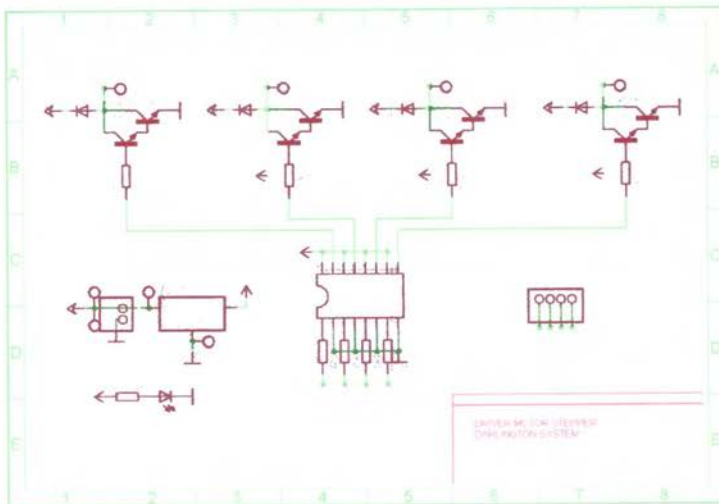
I-2 Rangkaian Minimum Sistem

Sistem kontrol otomatis dibantu dengan menggunakan mikrokontrol AVR ATMEGA8535. Pada ATMEGA8535 terdapat ADC untuk proses konversi dari tegangan analog menjadi digital. Untuk skematik rangkaian minimum sistem dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



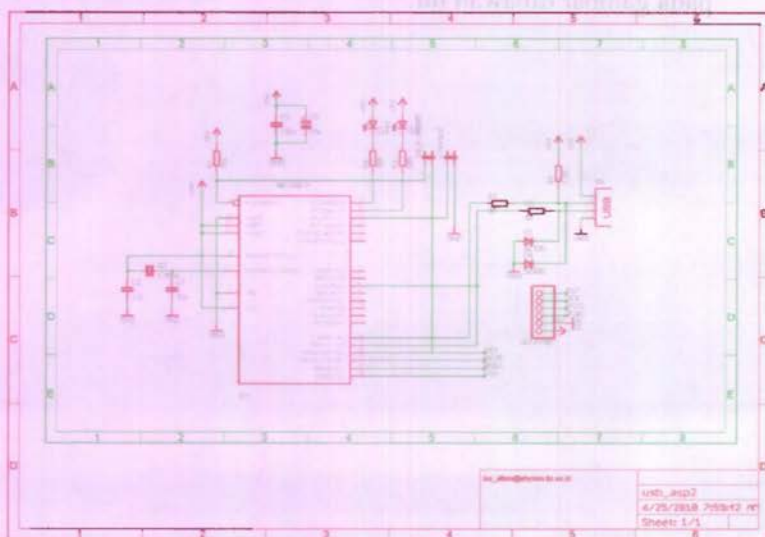
I-3 Rangkaian Sistem Pengendali (*Driver*) Motor

Aktuator yang digunakan adalah motor stepper dengan arus kerja adalah 1.8 Amper. Untuk menggerakkan motor tersebut diperlukan driver motor *stepper* yang mampu mengalirkan arus besar, sehingga digunakan transistor darlington seperti pada gambar dibawah ini.



I-3 Rangkaian USB-ASP Downloader

Untuk komunikasi (*interface*) antara komputer dengan sistem kontrol digunakan USB-ASP downloader. Kegunaan rangkaian ini adalah untuk membantu pengisian algoritma program ke dalam mikrokontrol ATMEGA8535. Rangkaian USB-ASP downloader dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

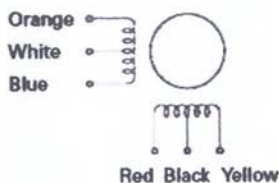


LAMPIRAN II KONFIGURASI DRIVER STEPPER

II-1. Datasheet Motor Stepper



Internal wire connection



Direction of motor rotate

The output shaft shall rotate clockwise as seen from the shaft side, when excited by DC in the following order.

		Lead wire color				
		White & black	Red	Blue	Yellow	Orange
Exciting order	1	+	-	-		
	2	+		-	-	
	3	+			-	-
	4	+	-			-

Sumber (sanyo dengki datasheet)

II-2. Datasheet Komponen Transistor BD 139

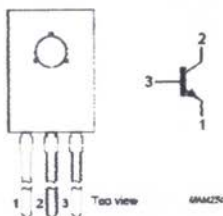


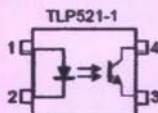
Fig.1 Simplified outline (TO-126; SOT32) and symbol.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_{CBO}	collector cut-off current	$I_E = 0; V_{CE} = 30 \text{ V}$	—	—	100	nA
		$I_E = 0; V_{CE} = 30 \text{ V}; T_J = 125^\circ \text{C}$	—	—	10	μA
I_{EBO}	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = 5 \text{ V}$	—	—	100	nA
h_{FE}	DC current gain	$V_{CE} = 2 \text{ V}$; see Fig.2 $I_C = 5 \text{ mA}$ $I_C = 150 \text{ mA}$ $I_C = 500 \text{ mA}$	40 40 25	— — —	— 250 —	
h_{FE}	DC current gain	$I_C = 150 \text{ mA}; V_{CE} = 2 \text{ V}$; see Fig.2	63 100	— —	180 250	
$V_{CE(sat)}$	collector-emitter saturation voltage	$I_C = 500 \text{ mA}; I_B = 50 \text{ mA}$	—	—	0.5	V
V_{BE}	base-emitter voltage	$I_C = 500 \text{ mA}; V_{CE} = 2 \text{ V}$	—	—	1	V
f_T	transition frequency	$I_C = 50 \text{ mA}; V_{CE} = 5 \text{ V}; f = 100 \text{ MHz}$	—	190	—	MHz
$\frac{h_{FE1}}{h_{FE2}}$	DC current gain ratio of the complementary pairs	$ I_C = 150 \text{ mA}; V_{CE} = 2 \text{ V}$	—	1.3	1.6	

II-3. Datasheet Komponen Transistor TIP41

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$V_{CE(sus)}$	* Collector-Emitter Sustaining Voltage : TIP41 : TIP41A : TIP41B : TIP41C	$I_C = 30 \text{ mA}, I_B = 0$	40 60 80 100		V
I_{CEO}	Collector Cut-off Current : TIP41A1A : TIP41B41C	$V_{CE} = 30 \text{ V}, I_B = 0$ $V_{CE} = 60 \text{ V}, I_B = 0$		0.7 0.7	mA
I_{CIS}	Collector Cut-off Current : TIP41 : TIP41A : TIP41B : TIP41C	$V_{CE} = 40 \text{ V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 60 \text{ V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 80 \text{ V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = 100 \text{ V}, V_{EB} = 0$		400 400 400 400	μA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = 5 \text{ V}, I_C = 0$		1	mA
h_{FE}	* DC Current Gain	$V_{CE} = 4 \text{ V}, I_C = 0.3 \text{ A}$ $V_{CE} = 4 \text{ V}, I_C = 3 \text{ A}$	30 15	75	
$V_{CE(sat)}$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 6 \text{ A}, I_B = 600 \text{ mA}$		1.5	V
$V_{BE(sat)}$	* Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE} = 4 \text{ V}, I_C = 6 \text{ A}$		2.0	V
f_T	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = 16 \text{ V}, I_C = 500 \text{ mA}$	3.0		MHz

II-4. Datasheet Komponen Optocoupler



- 1 : Anode
2 : Cathode
3 : Emitter
4 : Collector

Characteristic	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Supply voltage	V_{CC}	—	5	24	V
Forward current	I_F	—	16	25	mA
Collector current	I_C	—	1	10	mA
Operating temperature	T_{amb}	-25	—	85	$^\circ\text{C}$

LAMPIRAN III ALGORITMA PEMROGRAMAN

III-1. Algoritma Solar Tracker

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 : FINAL PROJECT
Version : SOLAR TRACKER
Date : 6/14/2010
Author : ISA ALBANNA (NRP. 1106 100 044)
Company : PHYSICS.DEPT
Comments: ---- ALHAMDULILLAH ----
Chip type : ATmega8535
Program type : Application
Clock frequency : 4.000000 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 128

*****/

```
#include <mega8535.h>
#include <lcd.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <stdlib.h>
```

```
#define a PORTC
#define ADC_VREF_TYPE 0x40
```

```

char satu[16];
char dua[16];
char tiga[16];
char del[16];
int in;

```

```
// Alphanumeric LCD Module functions
```

```
#asm
```

```
.equ __lcd_port=0x18 ;PORTB
```

```
#endasm
```

```
// Read the AD conversion result
```

```
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
```

```

{
  ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
  // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
  delay_us(10);
  // Start the AD conversion
  ADCSRA|=0x40;
  // Wait for the AD conversion to complete
  while ((ADCSRA & 0x10)!=0);
  ADCSRA|=0x10;
  return ADCW;
}

```

```
float level_0;float level_1;float level_2; float beda;
```

```
//===== inisialisasi LEVEL cahaya =====
```

```
float sr_a ()
```

```

{ int s0;s0=read_adc(0);level_0=((float)s0*0.0048);
  return (level_0);
}

```

```
float sr_b()
```

```

{ int s1;s1=read_adc(1);level_1=((float)s1*0.0048);
  return (level_1);
}

```

```
float sr_c()
```

```

{ int s2;s2=read_adc(2);level_2=((float)s2*0.0048);
  return (level_2);
}

```

```
float delta( )
{ float absol;absol=level_0-level_2;
  beda=fabs(absol);
  return (beda);
}
```

//===== Prosedur Tampil Level Cahaya =====

```
void cek_s( )
{
  sprintf(satu,"a=%01.1f",sr_a());
  lcd_gotoxy(0,0);lcd_puts(satu);
  delay_ms(10);
  sprintf(dua,"b=%01.1f",sr_b());
  lcd_gotoxy(0,1);lcd_puts(dua);
  delay_ms(10);
  sprintf(tiga,"c=%01.1f",sr_c());
  lcd_gotoxy(7,1);lcd_puts(tiga);
  delay_ms(10);
  sprintf(del,"ø=%01.2f",delta());
  lcd_gotoxy(7,0);lcd_puts(del);
  delay_ms(10);
}
```

//===== PROSEDUR PUTAR STEPPER =====

```
void put_akec(unsigned char jum_ki)
{
  int it;
  for (it=1;it<=jum_ki;it++)
  {
    a=0b0011;delay_ms(100);
    a=0b0110;delay_ms(100);
    a=0b1100; delay_ms(100);
    a=0b1001; delay_ms(100);
    a=0b0000;
  }
}
```



```
void stop()
```

```
{
  a=0b0000;delay_ms(100);
}
```

```
void put_kea(unsigned char jum_ka)
```

```
{
  int it;
  for (it=1;it<=jum_ka;it++)
  {
    a=0b1001; delay_ms(100);
    a=0b1100; delay_ms(100);
    a=0b0110;delay_ms(100);
    a=0b0011;delay_ms(100);
    a=0b0000;
  }
}
```

```
//=====tracker mapping=====
```

```
void track()
```

```
{cek_s();
  if ((level_0>3)&&(level_2>3))
  a=1;
  else a=2;
```

```
switch (a)
```

```
{case 1:
  {if (level_0>level_2)
  { do
    {put_kea(1);cek_s();}
    while(beda>=0.07);
    if (beda<=0.07)
    { do
      {stop();cek_s();}
      while(beda<0.1);
    }
  }
}
if (level_0<level_2)
```

```

{ do
{put_akec(1);cek_s();
}
while(beda>=0.07);
if (beda<=0.07)
{do
{stop();
cek_s();
}
while(beda<0.1);
}
}
if ((level_0<3)||(level_2<3))
{
do {stop();cek_s();}
while ((level_0<3)||(level_2<3));
}cek_s();
} break;

```

case 2:

```

{
do {stop();cek_s();}
while ((level_0<3)||(level_2<3));
}cek_s();break;
}
}

```

void main(void)

```

{

PORTC=0x00;
DDRC=0x0F;

TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;

```

```

TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

```

```

ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

```

```

MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

```

```

TIMSK=0x00;

```

```

ACSR=0x80;
SFIOF=0x00;

```

```

ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;
SFIOF&=0xEF;

```

```
// LCD module initialization
```

```
lcd_init(16);
```

```
// ===== introduce =====
```

```
lcd_gotoxy(0,0);lcd_putsf("FINAL PROJECT");
```

```
lcd_gotoxy(0,1);lcd_putsf("ISA ALBANNA");
```

```
delay_ms(1000); lcd_clear();
```

```
in=0;
```

```
do{
```

```
    lcd_gotoxy(in,0);
```

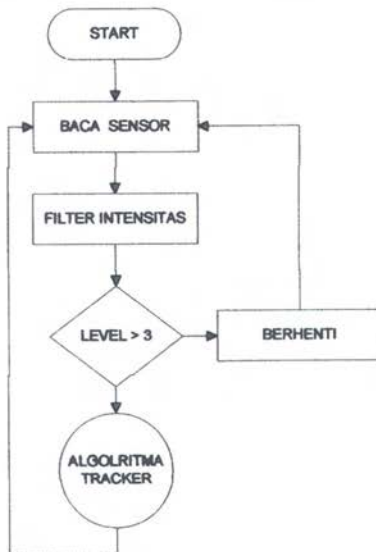
```
    lcd_putsf("alhamdulillah");delay_ms(200);lcd_clear();in++;
```

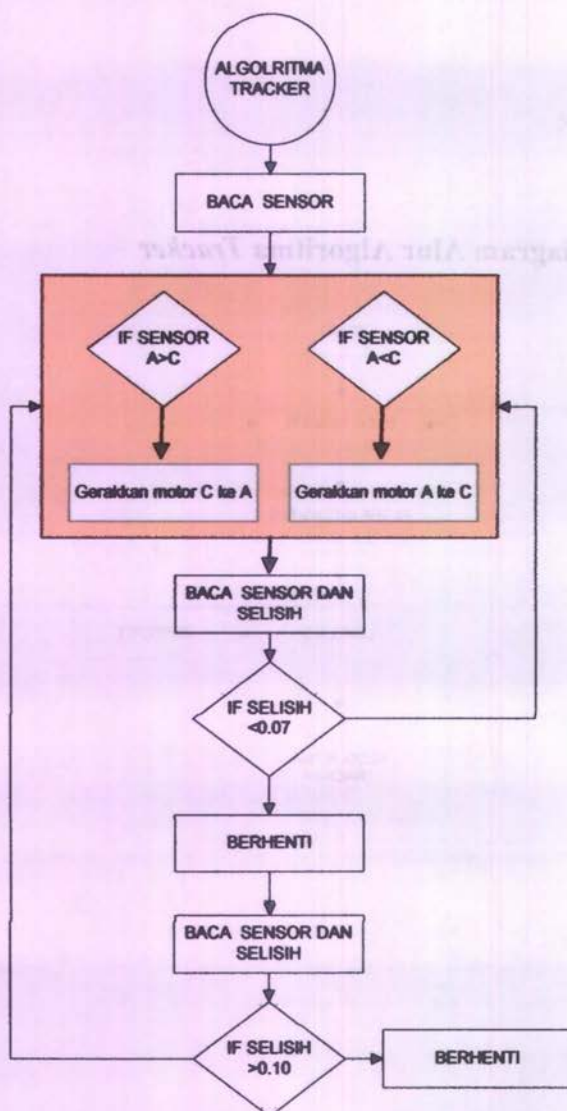
```
} 
```

```
while (in<10);
```

```
while (1)
{
    track();
};
}
```

III-2. Diagram Alur Algoritma Tracker





LAMPIRAN IV
DATA HASIL PENGUKURAN

IV-1. Data Akurasi Solar Tracker

Tabel IV.1. Akurasi Solar Tracker (pengujian dari sudut 0° ke 180°)

Sudut	Sudut Tracker (derajat)															
	Pengujian 0 ke 180															
Lamp u	ke- 1	Error (%)	ke- 2	Error (%)	ke- 3	Error (%)	ke- 4	Error (%)	ke- 5	Error (%)	ke- 6	Error (%)	ke- 7	Error (%)	ke- 8	Error (%)
0	-10	100.00	-10	100.00	-10	100.00	-10	0.00	0	0.00	-10	100.00	-10	100.00	-10	100.00
10	0	100.00	0	100.00	0	100.00	10	0.00	10	0.00	0	100.00	0	100.00	0	100.00
20	10	50.00	20	0.00	20	0.00	20	0.00	20	0.00	20	0.00	10	50.00	10	50.00
30	30	0.00	30	0.00	30	0.00	25	16.67	30	0.00	30	0.00	30	0.00	30	0.00
40	40	0.00	45	12.50	40	0.00	40	0.00	40	0.00	40	0.00	40	0.00	40	0.00
50	50	0.00	50	0.00	55	10.00	50	0.00	50	0.00	50	0.00	55	10.00	50	0.00
60	60	0.00	60	0.00	60	0.00	60	0.00	65	8.33	60	0.00	60	0.00	60	0.00
70	70	0.00	70	0.00	70	0.00	70	0.00	70	0.00	70	0.00	70	0.00	70	0.00
80	80	0.00	85	6.25	80	0.00	85	6.25	80	0.00	80	0.00	80	0.00	80	0.00
90	90	0.00	90	0.00	90	0.00	95	5.56	90	0.00	90	0.00	90	0.00	90	0.00
100	100	0.00	100	0.00	100	0.00	100	0.00	100	0.00	100	0.00	100	0.00	100	0.00
110	105	4.55	110	0.00	110	0.00	110	0.00	110	0.00	110	0.00	110	0.00	110	0.00
120	120	0.00	120	0.00	125	4.17	120	0.00	115	4.17	120	0.00	120	0.00	120	0.00
130	130	0.00	130	0.00	135	3.85	130	0.00	130	0.00	130	0.00	135	3.85	135	3.85
140	140	0.00	145	3.57	140	0.00	140	0.00	140	0.00	145	3.57	140	0.00	140	0.00
150	150	0.00	150	0.00	150	0.00	155	3.33	150	0.00	155	3.33	150	0.00	150	0.00
160	160	0.00	165	3.13	160	0.00	160	0.00	160	0.00	160	0.00	155	3.13	160	0.00
170	170	0.00	170	0.00	170	0.00	170	0.00	170	0.00	175	2.94	170	0.00	175	2.94
180	180	0.00	180	0.00	175	2.78	180	0.00	180	0.00	180	0.00	180	0.00	180	0.00

LAMPIRAN V KALIBRASI SENSOR LDR

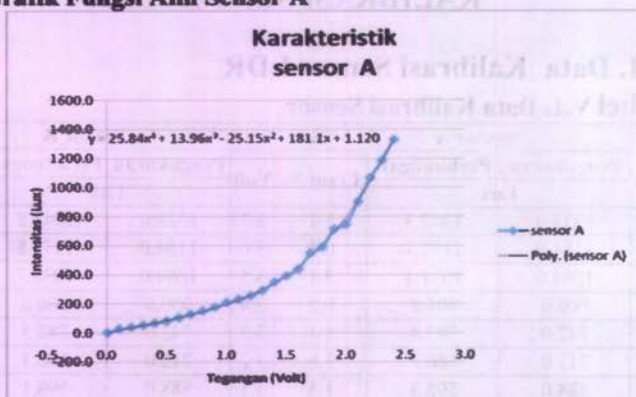
V-1. Data Kalibrasi Sensor LDR

Tabel V.1. Data Kalibrasi Sensor

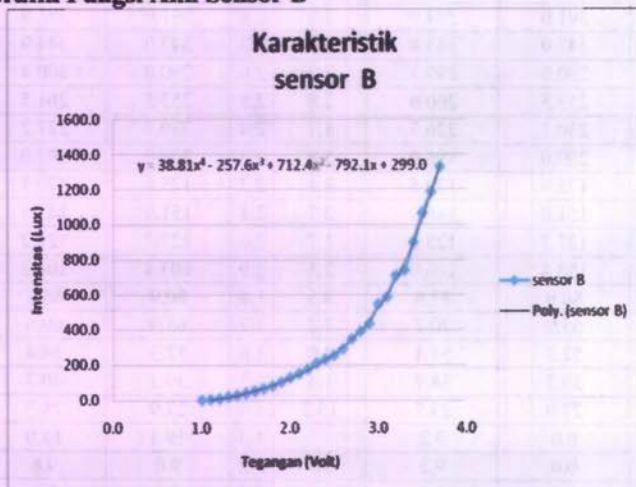
Sensor A				Sensor B			
Volt	Pengukuran	Perhitungan	Error %	Volt	Pengukuran	Perhitungan	Error %
	Lux				Lux		
2.4	1328.0	1342.3	1.1	3.7	1328.0	1343.8	1.2
2.3	1184.0	1177.7	0.5	3.6	1184.0	1177.8	0.5
2.2	1064.0	1031.4	3.1	3.5	1064.0	1030.7	3.1
2.1	900.0	901.8	0.2	3.4	900.0	900.8	0.1
2.0	742.0	787.4	6.1	3.3	742.0	786.5	6.0
1.9	712.0	686.7	3.6	3.2	712.0	686.1	3.6
1.8	588.0	598.3	1.8	3.1	588.0	598.1	1.7
1.7	547.0	521.1	4.7	3.0	547.0	521.3	4.7
1.6	436.0	453.6	4.0	2.9	436.0	454.3	4.2
1.5	391.0	394.9	1.0	2.8	391.0	395.9	1.2
1.4	347.0	343.8	0.9	2.7	347.0	344.9	0.6
1.3	290.0	299.3	3.2	2.6	290.0	300.4	3.6
1.2	253.5	260.6	2.8	2.5	253.5	261.5	3.1
1.1	230.7	226.7	1.7	2.4	230.7	227.2	1.5
1.0	209.0	196.9	5.8	2.3	209.0	197.0	5.7
0.9	175.9	170.5	3.1	2.2	175.9	170.1	3.3
0.8	151.0	146.9	2.7	2.1	151.0	145.9	3.3
0.7	127.7	125.5	1.7	2.0	127.7	124.2	2.8
0.6	103.4	106.0	2.5	1.9	103.4	104.3	0.9
0.5	80.9	87.8	8.5	1.8	80.9	86.2	6.5
0.4	65.9	70.7	7.2	1.7	65.9	69.6	5.6
0.3	52.3	54.4	4.0	1.6	52.3	54.4	4.0
0.2	39.3	38.7	1.4	1.5	39.3	40.7	3.5
0.1	27.9	23.7	15.2	1.4	27.9	28.5	2.0
0.0	0.0	9.2	-	1.3	19.3	18.0	6.6
0.0	0.0	9.2	-	1.2	9.0	9.6	6.3
0.0	0.0	9.2	-	1.1	5.4	3.6	33.6
0.0	0.0	9.2	-	1.0	0.6	0.5	20.0

V-2. Grafik Hasil Kalibrasi Sensor LDR

➤ Grafik Fungsi Alih Sensor A

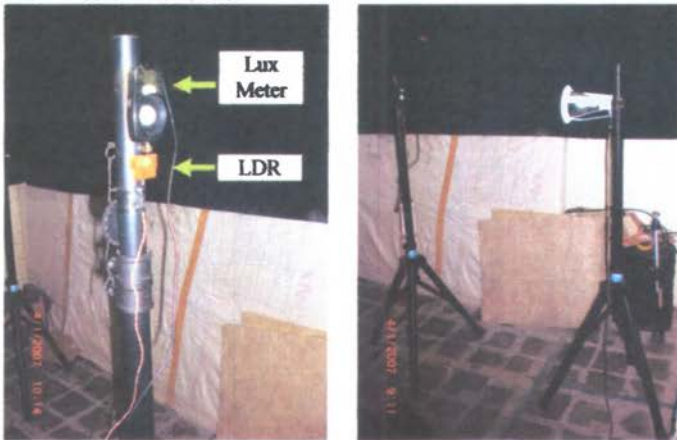


➤ Grafik Fungsi Alih Sensor B



V-3. Proses Kalibrasi Sensor LDR

1. Posisi Kalibrasi



2. Alat Ukur

Lux meter type Luxtron LX-1108



"Halaman ini Senagaja Dikosongkan"



1999

1999

1999

1999



LAMPIRAN VI DOKUMENTASI

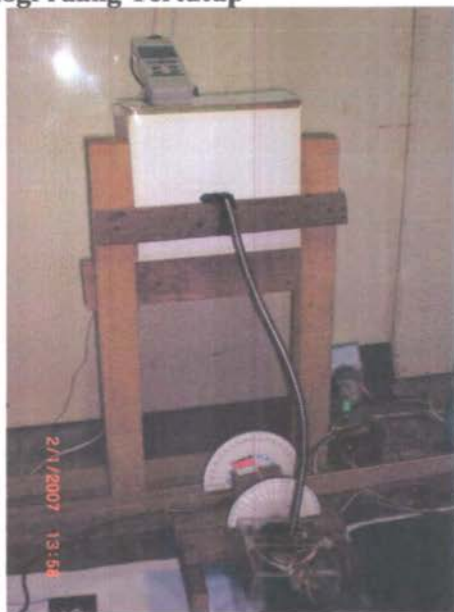
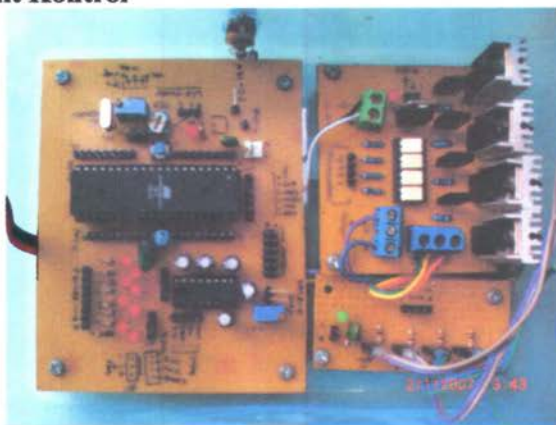
VI-1. Morfologi *Solar Tracker*



VI-2. Morfologi Sumber Cahaya



VI-3. Morfologi *Solar Concentrator* dan Sensor LDR**VI-4. Morfologi *Solar Concentrator*, Lampu, dan Fiber Optik**

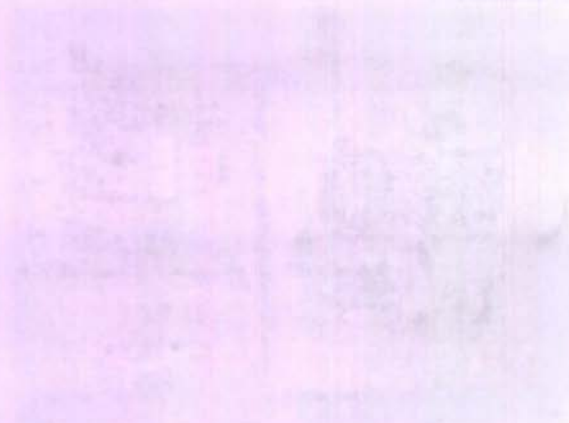
VI-5. Morfologi ruang Tertutup**VI-6. Unit Kontrol**

"Halaman ini Sengaja Dikosongkan"

VI-2. Morfologi tanah terdapat



VI-6. Tanah kontrol



BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Gresik pada tanggal 31 Juli 1988, sebagai anak keenam dari lima bersaudara. Penulis dilahirkan dari kedua orang tua yang bernama Akhyar dan Marfi'ah (alm). Penulis adalah alumnus dari TK Darmawanita Sembayat, SDN 1 Sembayat, SMPN 1 Bungah dan SMAN 1 Sidayu. Setelah lulus menempuh Pendidikan Menengah atas, penulis melanjutkan Pendidikan Tinggi di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya melalui Penelusuran Minat dan Bakat (PMDK) pada bulan Juli 2006. Selama menempuh pendidikan tinggi di ITS, penulis pernah aktif dan berpartisipasi dalam organisasi HIMASIKA-ITS, BEM-FMIPA, dan JMMI-ITS. Penulis juga aktif mengikuti beberapa pelatihan multimedia grafis (Autocad, CorelDraw, Photoshop), pemrograman (TurboC, Delphi, Flash Scrib), *Study Tour*, dan penulisan ilmiah. *Study Tour* pada Indofood Tbk. Penulis sempat mengikuti dalam ajang akademis diantaranya adalah PKM-T tahun 2006, PKM-P tahun 2007, PKM-GT tahun 2010, dan Penulis pernah menjadi salah satu anggota tim dalam TIM ROBOTIK FMIPA dalam KRI dan KRCI 2009. Selain aktif dalam kegiatan non akademik, penulis juga aktif di beberapa lab dan pernah menjadi asisten praktikum Fisika Dasar. Penulis menamatkan studi di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil Tugas Akhir pada bidang Fisika Bangunan dan Instrumentasi.

