



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE145561

SISTEM PENGATURAN LAMPU TAMAN BERTENAGA SURYA

Nimas Tiyasrufi Nizarwati

NRP 2213 038 009

Fahrudin Suhadak

NRP 2213 038 010

Dosen Pembimbing

Ir. Arif Musthofa, MT.

Suwito, ST., MT.

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTRO

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016



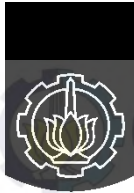
ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE145561
SISTEM PENGATURAN LAMPU TAMAN BERTENAGA SURYA

Nimas Tiyasrufi Nizarwati
NRP 2213 038 009
Fahrudin Suhadak
NRP 2213 038 010

Dosen Pembimbing
Ir. Arif Musthofa, MT.
Suwito, ST., MT.

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

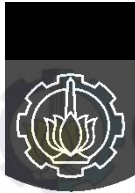
TUGAS AKHIR - TE 145561

SISTEM PENGATURAN LAMPU TAMAN BERTENAGA SURYA

Nimas Tiyasrufi Nizarwati
NRP 2213038009
Fahrudin Suhadak
NRP 2213038010

Dosen Pembimbing
Ir. Arif Musthofa, MT.
Suwito, ST., MT.

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 145561

SOLAR POWERED GARDEN LAMP CONTROL SYSTEM

Nimas Tiyasrufi Nizarwati
NRP 2213038009
Fahrudin Suhadak
NRP 2213038010

Advisor
Ir. Arif Musthofa, MT.
Suwito, ST., MT.

ELECTRICAL ENGINEERING D3 STUDY PROGRAM
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 3 Juni 2016



NIMAS TIYASRUFIN
2213 038 009



FAHRUDIN SUHADAK
2213 038 010

**SISTEM PENGATURAN LAMPU TAMAN
BERTENAGA SURYA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik**

Pada

**Bidang Studi Teknik Listrik
Program Studi D3 Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing



Ir. Arif Musthofa, MT.
NIP. 19660811 19920 3 1004

Suwito, ST., MT.
NIP. 19810105 20050 1 1004

**SURABAYA
JUNI, 2016**

SISTEM PENGATURAN LAMPU TAMAN BERTENAGA SURYA

Nama Mahasiswa : Nimas Tiyasrufi Nizarwati
NRP : 2213 038 009
Nama Mahasiswa : Fahrudin Suhadak
NRP : 2213 038 010
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Arif Musthofa, MT.
NIP : 19660811 19920 3 1004
Dosen Pembimbing 2 : Suwito, ST., MT.
NIP : 19810105 20050 1 1004

ABSTRAK

Lampu taman yang ada di Indonesia masih menggunakan tegangan AC yang berasal dari PLN serta belum ada sebuah sistem untuk mengatur penyalaaan dan intensitas lampu secara otomatis. Dilain pihak energi matahari sangat berlimpah dan kurang dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik.

Tugas Akhir yang berjudul “Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya” adalah sebuah solusi lampu taman otomatis yang hemat energi. Penghematan energi listrik dilakukan dengan cara memanfaatkan *solar cell* sebagai sumber penerangan menggunakan lampu LED bertegangan DC. *Prototype* ini terdiri dari panel surya, rangkaian *battery charger*, accu, mikrokontroler arduino, sensor arus dan tegangan, serta lampu LED bertegangan DC. Desain *battery charger* tersebut menggunakan *converter boost* yang berfungsi menaikkan tegangan masukan menjadi sebuah tegangan keluaran yang konstan untuk pengecasan baterai. Intensitas pencahayaan dari lampu taman dikontrol menggunakan sensor LDR agar daya yang digunakan lebih efisien.

Berdasarkan hasil pengujian pada alat menunjukkan hasil sesuai perencanaan. Lampu taman menyala selama 11 jam, sedangkan pengisian baterai selama 5-10 jam ketika baterai dalam keadaan kosong. Lampu taman juga sudah bekerja secara otomatis serta dapat menyesuaikan intensitas penerangan sesuai tingkat pencahayaan sekitar. Sistem kontrol lampu dapat menghemat konsumsi energi sebesar 10,4 Wh dalam sehari.

Kata kunci : *Solar Cell*, Lampu Taman, *Battery Charger*, Mikrokontroler Arduino.

SOLAR POWERED GARDEN LAMP CONTROL SYSTEM

Student Name : Nimas Tiyasrufi Nizarwati
ID Number : 2213038009
Studen Name : Fahrudin Suhadak
ID Number : 2213038010
Advisor 1 : Ir. Arif Musthofa, MT.
ID Number : 19660811 19920 3 1004
Advisor 2 : Suwito, ST., MT.
ID Number : 19810105 20050 1 1004

ABSTRACT

Garden lights that exist in Indonesia still uses AC voltage coming from PLN and yet a system to regulate the ignition and the intensity of the light automatically. On the other hand the sun's energy is very abundant and underutilized as a source of electrical energy.

Final project entitled "System Settings Solar Powered Light Garden" is an automatic garden lighting solutions that save energy. Electrical energy savings done by utilizing solar cell as a source of illumination using LED lamp voltage DC. The prototype consists of a solar panel, battery charger circuit, battery, arduino microcontroller, sensor current and voltage, DC voltage and LED lights. The battery charger design uses a boost converter which serves to raise the input voltage into a constant output voltage for charging batteries. The illumination of garden lights controlled using LDR sensor so that power is used more efficiently.

Based on the results of tests on the system shows the results according to plan. Garden lamp lit for 11 hours, while charging the battery for 5-10 hours when the battery is empty. Garden lights also work automatically and can adjust the light intensity according to the level of lighting around. Light control system can save energy consumption by 10.4 Wh per day

Keywords : Solar Cell , Garden Lights , Battery Charger , Arduino Microcontroller.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan umat muslim yang senantiasa meneladani beliau.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Diploma 3 pada Bidang Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul:

“Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya”

Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk menyelesaikan mata kuliah dan memperoleh nilai pada Tugas Akhir. Dengan selesainya Tugas Akhir ini penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang telah dan yang selalu memberi dukungan, mendoakan, dan memberi perhatian kepada penulis,
2. Bapak Ir. Joko Susila, MT. selaku Ketua Program D3 Teknik Elektro, FTI – ITS,
3. Bapak Ir. Arif Musthofa, MT. selaku dosen pembimbing pertama,
4. Bapak Suwito, ST., MT. selaku dosen pembimbing kedua,
5. Semua teman – teman dan keluarga D3 Teknik Elektro PLN yang telah membantu dan mendukung terlaksananya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam Tugas Akhir ini. Kritik dan saran untuk perbaikan Tugas Akhir ini sangat diperlukan. Akhir kata semoga tugas ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, 3 Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Laporan.....	3
1.6 Relevansi	4
BAB II TEORI PENUNJANG	
2.1 Taman Kota.....	5
2.2 Sel Surya.....	6
2.3 <i>Accumulator/Aki</i>	10
2.4 Mikrontroler ATmega 328.....	12
2.5 <i>Boost Converter</i>	14
2.5.1 <i>Continous Mode</i>	16
2.5.2 <i>Discontinuous Mode</i>	18
2.6 PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	19
2.7 Sensor Arus.....	21
2.8 Sensor Tegangan.....	23
2.9 MOSFET.....	24
2.10 Induktor.....	26
2.11 Sensor LDR.....	27
2.12 Lampu LED	29
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	
3.1 Blok Fungsional Sistem	31
3.2 Perancangan Mekanik.....	32

3.2.1	Perancangan Tiang Penyangga <i>Solar Cell</i>	33
3.2.2	Perancangan <i>Box Control</i>	34
3.2.3	Perancangan Miniatur Taman.....	35
3.3	Perancangan Elektrik	37
3.3.1	Perancangan Beban	37
3.3.2	Perancangan <i>Solar Cell</i>	37
3.3.3	Perancangan Mikrontroler	39
3.3.4	Perancangan <i>Boost Converter</i>	40
3.3.5	Perancangan Pembuatan Induktor	44
3.3.6	Perancangan <i>Driver</i> MOSFET	46
3.3.7	Perancangan Sensor Tegangan	48
3.3.8	Perancangan Sensor Arus	49
3.3.9	Perancangan <i>Driver</i> Relay.....	50
3.3.10	Perancangan Rangkaian Kontrol Lampu	52
	3.3.10.1 Sensor Lampu.....	52
	3.3.10.2 <i>Driver</i> Lampu	54
3.4	Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	54
3.4.1	Perancangan Program PWM pada <i>Boost Converter</i>	57
3.4.2	Program Sensor Tegangan.....	59
3.4.3	Program Sensor Arus.....	61
3.4.4	Proram Sensor Cahaya	63
 BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA		
4.1	Pengujian <i>Solar Cell</i>	67
4.2	Pengujian <i>Solar Charge Controller</i>	69
4.2.1	Pengujian <i>Driver</i> MOSFET dan Pembangkitan PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>) untuk <i>Boost Converter</i>	69
4.2.2	Pengujian Induktor	71
4.2.3	Pengujian <i>Boost Converter</i> Tanpa Kontrol.....	72
4.2.4	Pengujian <i>Boost Converter</i> dengan Kontrol	74
4.3	Pengujian Sensor Tegangan.....	75
4.4	Pengujian Sensor Arus.....	78
4.5	Pengujian Sensor Cahaya (LDR)	80
4.6	Pengujian Keseluruhan Sistem	82
4.6.1	Pengujian Keseluruhan Sistem Menggunakan Sumber <i>Power Supply</i>	82
4.6.2	Pengujian Keseluruhan Sistem Menggunakan Sumber <i>Solar Cell</i>	83

4.7 Pengujian Kontrol Lampu Taman	85
---	----

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	91
5.2 Saran	91

DAFTAR PUSTAKA	93
-----------------------------	-----------

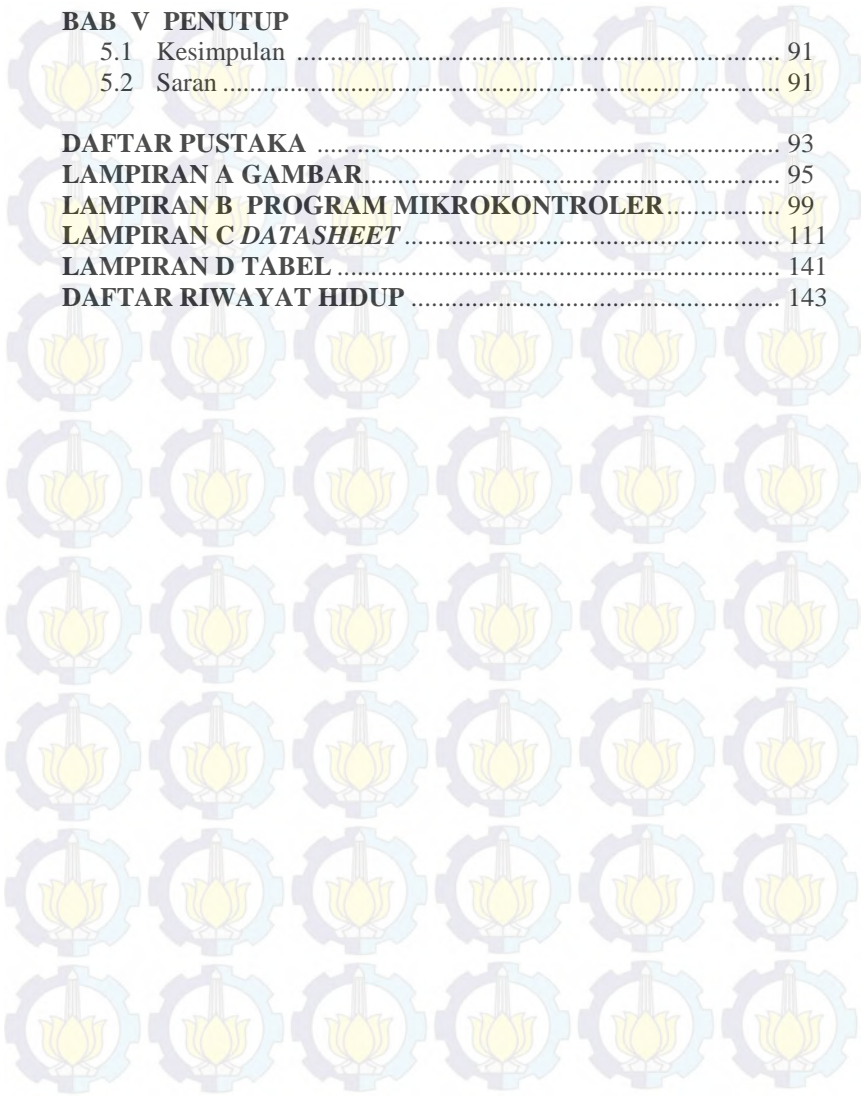
LAMPIRAN A GAMBAR.....	95
-------------------------------	-----------

LAMPIRAN B PROGRAM MIKROKONTROLER.....	99
---	-----------

LAMPIRAN C DATASHEET	111
-----------------------------------	------------

LAMPIRAN D TABEL	141
-------------------------------	------------

DAFTAR RIWAYAT HIDUP	143
-----------------------------------	------------



DAFTAR GAMBAR

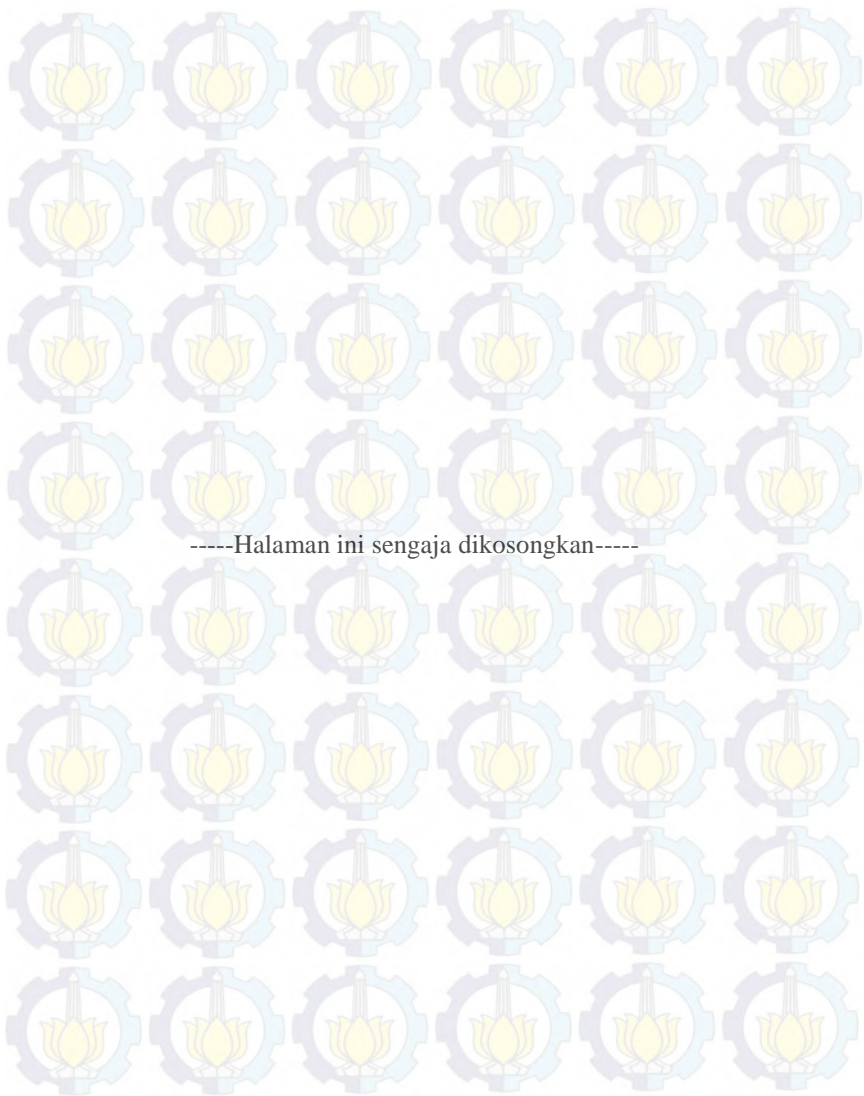
Gambar 2.1	Salah Satu Bentuk Fisik Sel Surya.....	7
Gambar 2.2	(a) Karakteristik Arus dan Tegangan terhadap Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari (b) Grafik Efisiensi Kerja dari Sel Surya terhadap Radiasi Matahari.....	8
Gambar 2.3	Grafik Pengaruh Sudut Datang Cahaya Matahari terhadap Arus Keluaran Sel Surya.....	9
Gambar 2.4	Grafik Daya <i>Output</i> terhadap Pengaruh Temperatur	10
Gambar 2.5	<i>Float Charge Characteristics</i>	12
Gambar 2.6	Arsitektur Pin ATmega 328	14
Gambar 2.7	<i>Step-Up DC-DC Converter</i>	14
Gambar 2.8	(a) Mode Saklar <i>ON</i> (b) Mode Saklar <i>OFF</i>	15
Gambar 2.9	Mode Operasi Kontinyu: (a) <i>Switch On</i> ; (b) <i>Switch Off</i>	16
Gambar 2.10	Pembangkitan Sinyal PWM dengan <i>Comparator</i>	20
Gambar 2.11	Kerja dari Komparator Analog	21
Gambar 2.12	Sensor ACS 712	22
Gambar 2.13	Diagram IC ACS 712	23
Gambar 2.14	Rangkaian <i>Voltage Divider</i>	23
Gambar 2.15	Kurva Karakteristik MOSFET	25
Gambar 2.16	Rangkaian Mosfet sebagai Saklar pada Kondisi <i>Switch Off</i>	25
Gambar 2.17	Rangkaian Mosfet sebagai Saklar pada Kondisi <i>Switch On</i>	26
Gambar 2.18	LDR (<i>Light Dependent Resistor</i>).....	28
Gambar 2.19	Lampu LED (<i>Light Emitting Diode</i>).....	29
Gambar 3.1	Blok Fungsional Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya	31
Gambar 3.2	Desain Penyangga Tiang Solar Cell Tampak Samping	33
Gambar 3.3	Desain Penyangga Tiang <i>Solar Cell</i> Tampak Depan.....	34
Gambar 3.4	Desain <i>Box Control</i>	35
Gambar 3.5	<i>Layout Plan</i> Taman Bungkul	36
Gambar 3.6	Panel Surya 80 WP	38
Gambar 3.7	Konfigurasi Pin ATmega 328.....	40

Gambar 3.8	Rangkaian <i>Boost Converter</i>	41
Gambar 3.9	Respon Simulasi Tegangan <i>Output</i> pada Rangkaian <i>Boost Converter</i>	41
Gambar 3.10	Nilai Tegangan dan Arus pada Time Awal Simulasi <i>Boost Converter</i>	42
Gambar 3.11	Nilai Tegangan dan Arus pada Keadaan Stabil Simulasi <i>Boost Converter</i>	42
Gambar 3.12	<i>Software Inductor Winding</i>	45
Gambar 3.13	Spesifikasi Inti Toroid T400-14D.....	46
Gambar 3.14	Konfigurasi Pin TLP 250.....	47
Gambar 3.15	Rangkaian <i>Driver</i> Mosfet	47
Gambar 3.16	Rangkaian Sensor Tegangan.....	48
Gambar 3.17	Skematik Rangkaian Sensor Arus.....	49
Gambar 3.18	Skematik <i>Driver Relay</i> sebagai <i>Charging Breaker Circuit</i>	51
Gambar 3.19	Skematik <i>Driver Relay</i> sebagai Indikator Lampu	51
Gambar 3.20	Skematik <i>Driver Relay</i> sebagai Saklar Sumber	52
Gambar 3.21	(a) Rangkaian Sensor Cahaya	53
	(b) Rangkaian Simulasi Sensor Cahaya	53
Gambar 3.22	<i>Driver Lampu</i>	53
Gambar 3.23	<i>Flowchart</i> Keseluruhan Sistem	56
Gambar 3.24	<i>Flowchart</i> PWM pada <i>Boost Converter</i>	57
Gambar 3.25	Program Pembangkit PWM pada <i>Boost Converter</i>	58
Gambar 3.26	<i>Flowchart</i> Sensor Tegangan	59
Gambar 3.27	Program Sensor Tegangan	60
Gambar 3.28	<i>Flowchart</i> Sensor Arus	61
Gambar 3.29	Program Sensor Arus	62
Gambar 3.30	<i>Flowchart</i> Sensor Cahaya.....	63
Gambar 3.31	Program Sensor Cahaya.....	64
Gambar 4.1	Pengujian <i>Solar Cell</i>	67
Gambar 4.2	Grafik <i>Vout</i> dan <i>Iout</i> yang Dihasilkan <i>Solar Cell</i>	68
Gambar 4.3	Rangkaian <i>Driver</i> MOSFET dengan ATmega 328	69
Gambar 4.4	PWM dengan <i>Duty Cycle</i> 30%	70
Gambar 4.5	PWM dengan <i>Duty Cycle</i> 50%	70
Gambar 4.6	PWM dengan <i>Duty Cycle</i> 70%	71
Gambar 4.7	Hasil Pengukuran Induktansi dengan LCR Meter	72
Gambar 4.8	Pengujian <i>Boost Converter</i> Tanpa Kontrol Beban Baterai	72

Gambar 4.9	Pengujian <i>Boost Converter</i> dengan Kontrol	74
Gambar 4.10	Pengujian Sensor Tegangan	76
Gambar 4.11	Rangkaian Pengujian Sensor Tegangan	77
Gambar 4.12	Grafik Perbandingan Tegangan <i>Input</i> dan Tegangan <i>Output</i> Yang Dihasilkan Sensor	77
Gambar 4.13	Pengujian Sensor Arus.....	78
Gambar 4.14	Rangkaian Pengujian Sensor Arus	78
Gambar 4.15	Grafik Pengukuran Sensor Arus	79
Gambar 4.16	Rangkaian Pengujian Sensor Cahaya	80
Gambar 4.17	Grafik Perbandingan Nilai <i>adcLDR</i> dengan <i>Luxmeter</i>	81
Gambar 4.18	Pengujian Keseluruhan Sistem Menggunakan Sumber <i>Power Supply</i>	82
Gambar 4.19	Grafik Karakteristik Arus Charging Sumber <i>Power Supply</i>	83
Gambar 4.20	Pengujian Keseluruhan Sistem Menggunakan <i>Solar Cell</i>	84
Gambar 4.21	Grafik Karakteristik Arus <i>Charging</i> Sumber <i>Solar Cell</i>	85
Gambar 4.22	Grafik Hubungan PWM Lampu dengan Daya Lampu Menjelang Pagi Hari.....	87
Gambar 4.23	Grafik Hubungan PWM Lampu dengan Daya Lampu Menjelang Malam Hari.....	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	<i>State of Charge Battery</i> ²	11
Tabel 3.1	Bahan Pembuatan Miniatur Taman	36
Tabel 3.2	Data Listrik <i>Solar Cell</i>	39
Tabel 3.3	Parameter Perhitungan <i>Boost Converter</i>	43
Tabel 3.4	Spesifikasi IC TLP 250.....	46
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran <i>Solar Cell</i>	141
Tabel 4.2	Hasil Pengujian <i>Boost Converter</i> Beban Resistor 15,7 Ω	73
Tabel 4.3	Hasil Pengujian <i>Boost Converter</i> Beban Baterai (<i>ACCU</i>)	73
Tabel 4.4	Hasil Pengujian <i>Boost Converter</i> dengan Kontrol.....	75
Tabel 4.5	Hasil Pengukuran Sensor Tegangan.....	77
Tabel 4.6	Hasil Pengukuran Sensor Arus.....	79
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Sensor Cahaya.....	81
Tabel 4.8	Pengujian Keseluruhan Sistem Menggunakan <i>Power Supply</i>	142
Tabel 4.9	Pengujian Keseluruhan Sistem Menggunakan <i>Solar Cell</i>	142
Tabel 4.10	Pengujian Sistem Kontrol Lampu Menjelang Pagi Hari	86
Tabel 4.11	Pengujian Sistem Kontrol Lampu Menjelang Malam Hari	88



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat mengakibatkan kebutuhan energi pun terus bertambah. Hal ini bertolak belakang dengan ketersediaan energi fosil yang selama ini menjadi bahan bakar utama yang semakin menipis. Energi fosil ini sendiri adalah energi yang tidak dapat diperbaharui karena membutuhkan waktu yang sangat lama dalam pembentukannya. Selain itu energi fosil juga mempunyai dampak buruk terhadap lingkungan. Ketergantungan kita terhadap energi fosil jelas bukan sebuah jawaban bagi kebutuhan energi di masa mendatang tetapi justru akan meracuni tanah, air, udara kita dan memperburuk dampak perubahan iklim.

Untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat, pemerintah terus mengembangkan berbagai energi alternatif salah satunya adalah energi matahari. Letak geografis Indonesia yang strategis dengan sinar matahari yang memadai seharusnya mulai lebih memanfaatkan energi Sel Surya (PV). Kondisi cuaca wilayah Indonesia juga sangat mendukung pengembangan pemanfaatan energi matahari sebagai energi alternatif diberbagai sektor kehidupan.

Taman kota baru-baru ini mulai dipandang sebagai ikon dari suatu daerah. Beberapa kota di Indonesia yang tidak mempunyai daya tarik wisata alam mulai menjadikan taman sebagai sarana untuk memperindah arsitektur kota. Surabaya merupakan salah satu daerah yang menjadikan taman kota sebagai ikon daerahnya. Keindahan taman kota di Surabaya tidak hanya bisa dinikmati pada pagi hari saja namun juga pada malam hari karena didukung dengan penerangan lampu yang menarik. Salah satu taman kota di Surabaya yakni Taman Bungkul juga pernah menjadi taman kota terbaik se-Asia Tenggara. Namun sumber energi penerangan lampu taman diberbagai taman sepenuhnya masih disuplai oleh PLN. Jika kita menilik pada UUD 1945 pasal 33 ayat 2, maka sudah saatnya pemerintah pusat maupun pemerintah daerah menganjurkan penggunaan panel surya sebagai solusi untuk menggantikan energi fosil yang selama ini digunakan sebagai energi utama dalam membangkitkan listrik.

Lampu penerangan taman, umumnya menggunakan lampu yang tergolong tidak hemat energi, maka diperlukan satu rancangan untuk lebih hemat energi listrik pada lampu, yaitu dengan pemanfaatan lampu

LED (*Light Emiting Dioda*) dan panel surya sebagai sumber energi. Pada Tugas Akhir ini, potensi energi surya tersebut akan dimanfaatkan sebagai sistem pengaturan lampu taman. Selama ini penyalaan lampu taman dilakukan secara manual dan sumber energi listriknya pun didapat dari PLN. Dalam rangka penghematan energi sistem pengaturan lampu taman didesain menyala secara otomatis dimana intensitas penyalaan lampu akan disesuaikan dengan cahaya disekitarnya, artinya dalam keadaan cahaya sekitar terang maka lampu akan menyala redup begitu pula sebaliknya. Dengan terciptanya prototipe ini, diharapkan dapat menjadi alternatif dalam menghasilkan sumber listrik selain suplai dari PLN untuk penerangan lampu taman.

1.2 Permasalahan

Adapun permasalahan yang akan kami angkat sebagai bahan Tugas Akhir ini :

Kebanyakan lampu taman masih menggunakan suplai dari PLN sehingga jika aliran listrik dari PLN terputus belum ada sumber alternatif yang menggantikan dan belum ada sebuah sistem terintegrasi untuk mengatur lampu tersebut secara otomatis. Dengan memanfaatkan energi surya, dapat dibuat sebuah kontroler yang akan mengatur lampu taman berdasarkan intensitas cahaya. Ketika siang hari, tegangan keluaran panel surya digunakan untuk men-*charging* aki dan kondisi lampu masih mati. Menjelang sore hari, sistem *charging* aki akan terputus yang kemudian akan menyalakan lampu tersebut. Semakin redup cahaya disekitar lampu, maka nyala lampu akan semakin terang. Dengan demikian diharapkan dapat menghemat konsumsi daya dan meningkatkan efisiensi kerja.

1.3 Batasan Masalah

Agar penulisan buku Tugas Akhir ini tidak menyimpang dan mengambang dari tujuan yang semula direncanakan sehingga mempermudah mendapatkan data dan informasi yang diperlukan, maka penulis menetapkan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Posisi panel surya dirancang tetap.
2. Kapasitas baterai dibuat 24 Volt 9 Ah.
3. Sistem *charging* menggunakan *boost converter*.
4. Lampu taman yang digunakan adalah lampu dc 3 Watt 12 Volt.

1.4 Tujuan

Pembuatan Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya yang bertujuan untuk :

1. Menjadikan energi matahari sebagai sumber energi alternatif untuk menyuplai lampu taman.
2. Membuat sebuah sistem pengaturan lampu taman secara otomatis yang mampu mengendalikan intensitas penyalaaan lampu, sehingga dapat menghemat energi yang dikonsumsi lampu taman.

1.5 Sistematika Laporan

Sistematika pembahasan Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu pendahuluan, teori penunjang, perencanaan dan pembuatan alat, pengujian dan analisa alat, serta penutup.

BAB I : PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, maksud dan tujuan, sistematika laporan, serta relevansi.

BAB II : TEORI PENUNJANG

Berisi teori penunjang yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

BAB III : PERANCANGAN ALAT

Membahas tentang perencanaan dan pembuatan perangkat keras yang meliputi rangkaian-rangkaian, desain bangun, dan perangkat lunak yang meliputi program yang akan digunakan untuk mengaktifkan alat tersebut.

BAB IV : PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

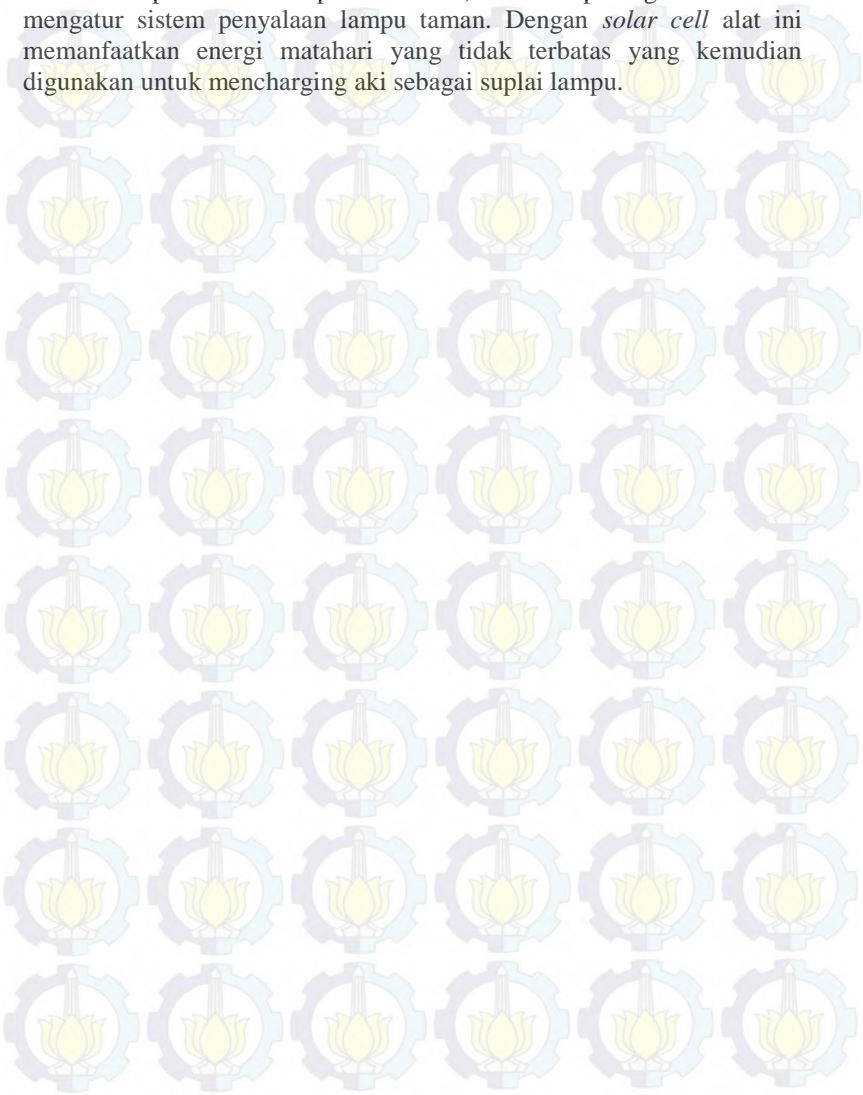
Membahas tentang pengukuran, pengujian, dan penganalisaan terhadap kepresisian sensor dan alat yang telah dibuat.

BAB V : PENUTUP

Menjelaskan tentang kesimpulan dari Tugas Akhir ini dan saran-saran untuk pengembangan alat ini lebih lanjut.

1.6 Relevansi

Diharapkan alat ini dapat terealisasi, alat ini dapat digunakan untuk mengatur sistem penyalan lampu taman. Dengan *solar cell* alat ini memanfaatkan energi matahari yang tidak terbatas yang kemudian digunakan untuk mencharging aki sebagai suplai lampu.



BAB II

TEORI PENUNJANG

Pada bab ini membahas tentang teori dasar dan teori penunjang dari peralatan-peralatan yang digunakan dalam pembuatan Tugas Akhir dengan judul Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya.

2.1 Taman Kota

Taman kota merupakan lahan terbuka yang berfungsi sosial dan estetik sebagai kegiatan rekreatif, edukasi atau kegiatan lain pada tingkat lingkungan untuk melakukan berbagai macam aktivitas rekreasi, olahraga maupun aktivitas yang bersifat pasif. Dengan semakin berkurangnya area lahan terbuka akibat beralih fungsi menjadi permukiman maupun pemanfaatan lain yang menjadikan kebutuhan ruang terbuka hijau sangat tinggi. Perkembangan tersebut sungguh menjadikan taman kota sebagai bagian penting penduduk perkotaan, namun menjadi tidak bermanfaat saat penggunaan taman kota dibatasi. (Faisal Herdian, 2014).

Sedangkan Ruang Terbuka Hijau (RTH) sendiri merupakan ruang yang direncanakan karena kebutuhan tempat-tempat pertemuan dan aktivitas bersama di udara terbuka. Klasifikasi RTH menurut Inmendagri No.14 tahun 1988, yaitu meliputi taman kota, lapangan olahraga, kawasan hutan kota, jalur hijau kota, perkuburan, pekarangan, dan RTH produktif. Bentuk RTH yang memiliki fungsi paling penting bagi perkotaan saat ini adalah kawasan hijau taman kota dan kawasan hijau lapangan olahraga. Taman kota dibutuhkan karena memiliki hampir semua fungsi RTH.

Manfaat RTH bagi lingkungan sekitar dikelompokkan menjadi dua yakni manfaat langsung dan manfaat tidak langsung. Manfaat langsung yaitu membentuk keindahan dan kenyamanan (teduh, segar, sejuk) dan mendapatkan bahan-bahan untuk dijual (kayu, daun, bunga, buah). Sedangkan manfaat tidak langsung yaitu pembersih udara yang efektif, pemeliharaan akan kelangsungan persediaan air tanah, pelestarian fungsi lingkungan beserta segala isi flora dan fauna yang ada.

Setiap taman harus dilengkapi konstruksi berupa sistem drainase, instalasi listrik dan cahaya serta sumur resapan serta aksesoris tambahan taman. Beberapa hal yang disebutkan sebelumnya akan sangat mendukung keindahan dan fungsi suatu taman dengan baik. Drainase merupakan salah satu pondasi yang penting dalam pembuatan taman.

Drainase yang berfungsi baik merupakan awal dari kesuburan tanaman-tanaman taman. Tanah yang selalu basah menyebabkan akar-akar tanaman cepat membusuk. Sedangkan tanah yang terlalu kering kurang memiliki unsur hara sehingga tanaman tidak dapat tumbuh dengan baik. (Don WS, dkk, 2004). Untuk fungsi listrik pada taman umumnya adalah sebagai sumber energi untuk pompa sirkulasi, sumber listrik untuk kegiatan *outdoor* di taman, dan untuk lampu. Sebagai sumber listrik, stop kontak harus berada ditempat yang terlindung dari hujan dan mudah dijangkau. Listrik untuk lampu taman dapat didesain berhubungan dengan instalasi bangunan dan terlindungi. Pencahayaan adalah elemen estetika agar keindahan taman juga bisa dinikmati pada malam hari. Lampu taman bisa ditempatkan di sepanjang kolam, disekitar gazebo, dan di sekitar tanaman. Dengan demikian, kita lebih mempunyai bayangan pencahayaan yang diinginkan, objek yang akan diterangi, serta sifat pencahayaan yang dapat diterapkan. (Benny Irawan, 2014). Sedangkan Sumur resapan adalah sumur atau lubang di dalam tanah yang dibuat untuk menampung dan meresapkan kembali air kedalam tanah. Masuknya air hujan melalui peresapan inilah yang menjaga cadangan air tanah agar tetap bisa dicapai dengan mudah. Ini karena permukaan air tanah agar tetap bisa berubah-ubah, tergantung dari suplay dan eksploitasinya. Dengan teralirkan ke dalam sumur resapan, air hujan yang jatuh di areal taman tidak terbuang percuma ke selokan lalu mengalir ke sungai.

2.2 Sel Surya

Sel surya adalah suatu konverter energi yang terbuat dari kepingan semikonduktor dengan ukuran beberapa sentimeter persegi. Sel surya mengonversi cahaya matahari menjadi energi listrik DC dengan kapasitas tertentu sesuai dengan jenis material semikonduktor dan luasan dari sel surya. Berbeda dengan penghasil energi listrik lain yang membutuhkan gerakan dalam menghasilkan energi listrik, sel surya tidak memerlukan gerakan dalam menghasilkan energi listrik. Secara fisik, bentuk sel surya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Salah Satu Bentuk Fisik Sel Surya

Sel surya merupakan salah satu penghasil energi listrik yang berharga mahal. Oleh karena itu sel surya lebih sering digunakan di daerah-daerah yang memang tidak terjangkau oleh sumber listrik utama (PLN) atau sebagai energi cadangan pada saat energi listrik utama tidak tersedia. Terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan yang dimiliki oleh sel surya. Kelebihan-kelebihan yang menyebabkan sel surya banyak dikembangkan diantaranya :

1. Membutuhkan waktu yang singkat dalam perencanaan, instalasi, dan pembuatan *plant* baru.
2. Bersifat modular (modul-modul), sehingga praktis.
3. Pemakaian daya mudah disesuaikan dengan kebutuhan.
4. Mempunyai *life time* yang lama dan perawatan yang mudah karena komponen bersifat statis.
5. *High mobile* dan *portable* karena tidak terlalu berat.

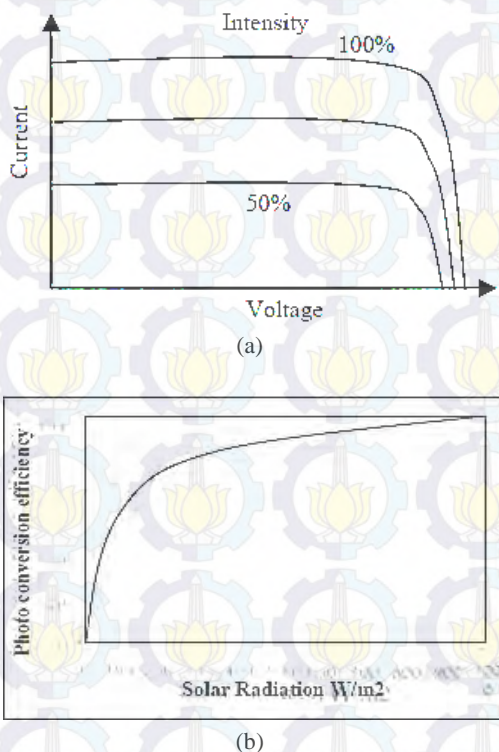
Selain memiliki kelebihan, sel surya juga memiliki beberapa kekurangan, diantaranya :

1. Karena energi didapat dari matahari, maka sel surya tidak dapat bekerja pada malam hari.
2. Pengaturan tegangan *output*-nya hanya dapat melalui sistem elektrik.
3. Harga sel surya yang masih tergolong mahal.

Selain pengaruh cahaya, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi besar tegangan *output* dari sel surya^[1], diantaranya :

1. Radiasi Matahari.

Tegangan *output* sel surya tidak terlalu terpengaruh terhadap cahaya matahari. Namun arus *output*nya sangat berpengaruh terhadap intensitas cahaya matahari yang jatuh di atas permukaan sel surya. Dengan terpengaruhnya arus *output* terhadap intensitas cahaya, ini berarti efisiensi kerja dari sel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari seperti yang telah digambarkan dalam sebuah grafik pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2

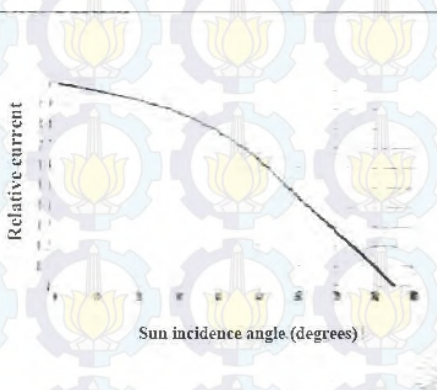
- (a) Karakteristik Arus dan Tegangan terhadap Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari
- (b) Grafik Efisiensi Kerja dari Sel Surya terhadap Radiasi Matahari

2. Sudut Datang Cahaya

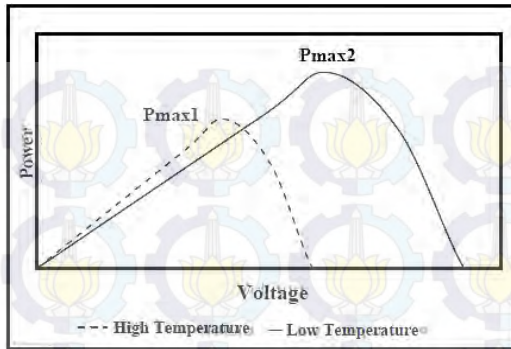
Sel surya akan menghasilkan *output* maksimum saat sudut datang cahaya tegak lurus atau 90° terhadap permukaan sel surya, perbandingan ini dapat dilihat pada Gambar 2.3. Nilai tegangan *output* sel surya akan turun dengan fungsi cosines sampai pada sudut 50° . Setelah melebihi sudut 50° , penurunan tegangan *output* akan signifikan.

3. Pengaruh Temperatur.

Sebuah sel surya dapat beroperasi secara maksimum jika teperatur sel tetap normal (pada 25°C), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel surya akan melemahkan tegangan *output* (V_{oc}). Setiap kenaikan temperatur sel surya 1°C (dari 25°C) akan berkurang sekitar 0,4% pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah 2x lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10°C . Pelemahan arus ini menyebabkan berkurangnya daya *output* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.3 Grafik Pengaruh Sudut Datang Cahaya Matahari terhadap Arus Keluaran Sel Surya



Gambar 2.4 Grafik Daya *Output* terhadap Pengaruh Temperatur

2.3 *Accumulator/Aki*

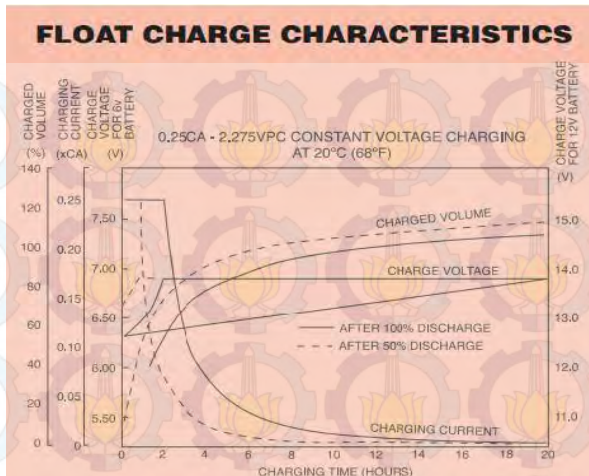
^[2]*Accumulator* atau sering disebut aki mampu mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Dalam sebuah aki berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (bolak-balik) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia *reversible* yaitu saat aki dipakai, berlangsung proses pengubahan energi kimia menjadi energi listrik (*discharging*). Sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (*charging*). Di dalam standar internasional setiap satu sel aki memiliki tegangan sebesar 2 Volt. Sehingga aki 12 Volt, memiliki 6 sel sedangkan aki 24 Volt memiliki 12 sel. Pada aki juga terdapat kapasitas aki saat digunakan perjamnya yang disebut AH (*Ampere-Hour*). Dalam pengisian aki terdapat standar *level* dimana aki dapat dikatakan penuh. Tegangan baterai saat terisi penuh memiliki nilai di atas 15%-25% dari *rating* tegangan baterai.

Tabel 2.1*State of Charge Battery*^[3]

STATE OF CHARGE				
	V Open Circuit	V Open Circuit	V Open Circuit	V Open Circuit
<i>Charge</i>	6-V <i>Battery</i>	12-V <i>Battery</i>	24-V <i>Battery</i>	48-V <i>Battery</i>
100 %	6,37	12,73	25,46	50,92
90%	6,31	12,62	25,24	50,48
80%	6,25	12,5	25	50
70%	6,19	12,37	24,74	49,48
60%	6,12	12,24	24,48	48,96
50%	6,05	12,1	24,2	48,4
40%	5,98	11,96	23,92	47,84
30%	5,91	11,81	23,62	47,24
20%	5,83	11,66	23,32	46,64
10%	5,75	11,51	23,02	46,04

Berdasarkan Tabel 2.1, pada umumnya dalam kondisi optimal, aki dikatakan penuh saat pengisian mencapai 80%. Jika pengisian lebih dari 80% akan mengalami *over charge* yang dapat merusak aki. Selain itu aki dapat dikatakan kosong atau tidak dapat digunakan ketika pengisian mencapai 20%. Pada level tersebut maka aki harus segera diisi.

Arus ideal saat pengisian aki adalah 10% sampai 30% dari arus aki. Lama pengisian aki berkisar 4,5 jam sampai 10 jam. *Charger* aki dengan arus yang besar menyebabkan aki cepat penuh, namun aki akan mendidih dan panas serta beresiko sel pada aki melengkung dan rusak. *Voltage charger* biasanya disetting 110% sampai 120% dari nominal tegangan aki. Bila aki 12 Volt maka tegangan pengisian harus sekitar 14,4 Volt.



Gambar 2.5 *Float Charge Characteristic*^[4]

Gambar 2.5 menjelaskan tentang *charge characteristics* aki 12 Volt 17 Ah dimana pada saat aki disuplai dengan tegangan kurang dari 13 Volt, arus belum mengalir. Kemudian lambat laun tegangan suplai meningkat hingga 14 Volt. Saat inilah arus mulai mengalir. Saat baterai *discharge* sampai 100%, yaitu pengosongan sampai habis, maka untuk mengisi baterai lagi butuh waktu yang lama. Sedangkan saat baterai *discharge* sampai 50%, yaitu pengosongan tidak sampai habis, maka tidak butuh waktu yang lama untuk proses pengisian kembali. Menurut Tabel 2.1, pada saat kapasitas aki 20%, tegangan aki bernilai 11,66 Volt.

2.4 Mikrokontroler ATmega 328^[5]

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil disuatu sirkuit terpadu yang berisi tentang inti prosesor, memori dan *input/output* yang telah diprogram. Program disimpan dalam bentuk *Ferroelectric RAM*, *Nor Flash*, OTP ROM, yang disertakan dalam *chip*. Mikrokontroler digunakan untuk aplikasi *embedded*, tidak seperti mikroprosesor yang digunakan dalam komputer pribadi.

Mikrokontroler digunakan untuk mengontrol produk atau perangkat secara otomatis seperti sistem kontrol mesin mobil, mesin industri, alat-alat listrik, dan sistem *embedded* lainnya. Mikrokontroler membuat kontrol digital dengan banyak perangkat dan proses lebih

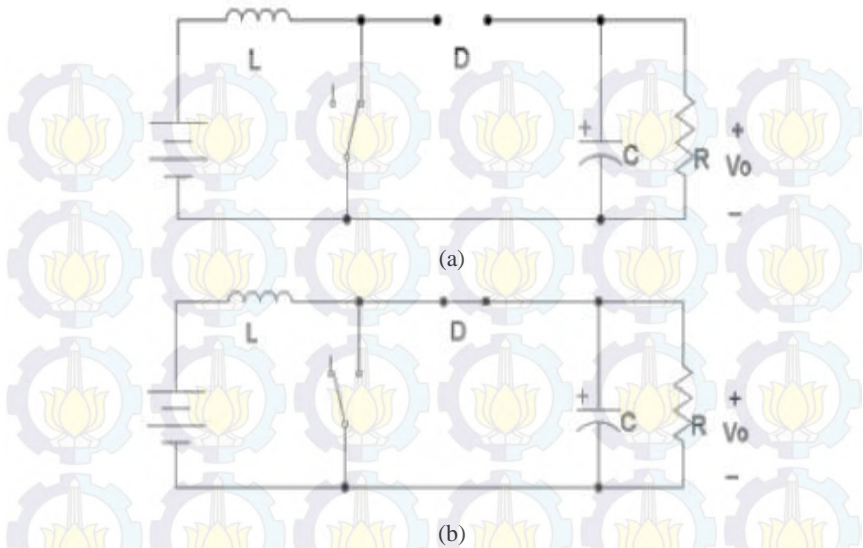
ekonomis. Beberapa mikrokontroler menggunakan 4 bit dan beroperasi pada *clock rate* frekuensi serendah 4kHz, ketika konsumsi daya yang terendah.

Mikrokontroler memiliki beberapa jenis misalnya ARM, Atmel AVR (8-bit), AVR32 (32-bit), and AT91SAM (32-bit), Freescale ColdFire (32-bit) dan S08 (8-bit), Freescale 68HC11 (8-bit), Intel 8051, Infineon : 8-bit XC800, 16-bit XE166, 32-bit XMC4000 (ARM based Cortex M4F), 32-bit TriCore dan, 32-bit Aurix Tricore Bit microcontrollers, dan lain-lain.

Salah satu jenis mikrokontroler dari tipe Atmel AVR (8-bit) adalah ATmega 328. ATmega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Complex Instruction Set Computer*). Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain :

- 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
- 32 x 8-bit register serba guna.
- Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan *clock* 16 MHz.
- 32 KB *Flash memory* dan pada arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari flash memori sebagai *bootloader*.
- Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanent karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
- Memiliki SRAM (*Static Random Access Memory*) sebesar 2KB.
- Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM (*Pulse Width Modulation*) output.
- *Master/Slave SPI Serial interface*.

Pada Gambar 2.6 dijelaskan bahwa pin digital *input/output* pada mikrokontroler ATmega328 terletak pada nomor D0 hingga D8, dan B1 hingga B5, dan pin analog digital terletak pada C0 hingga C5. Pada ATmega 328 juga terdapat Vcc dan *ground* serta *reset*. Vcc terdiri dari Vcc 5 Volt dan Vcc 3,3 Volt. D0 dan D1 merupakan pin RX dan TX yang digunakan untuk komunikasi serial antar mikrokontroler.



Gambar 2.8 (a) Mode Saklar *ON*
(b) Mode Saklar *OFF*

Prinsip utama dari konverter *boost* adalah kecenderungan induktor untuk melawan perubahan arus dengan menciptakan dan menghancurkan medan magnet. Dalam konverter *boost*, tegangan *output* selalu lebih tinggi dari tegangan *input* sebab konverter *boost* memiliki 2 mode operasi, yaitu mode *switch on* dan *mode switch off*. Pada mode *switch on*, arus masukan meningkat mengalir melalui induktor *L* dan switch 1. Pada mode *switch off* saat switch 1 dimatikan arus mengalir melalui resistor yang berasal dari induktor *L* dan difilter oleh kapasitor *C*. Skema tahap meningkatkan daya ditunjukkan pada Gambar 2.8.

Adapun penjelasan lebih lengkap prinsip kerja dari kedua mode saklar di atas adalah sebagai berikut :

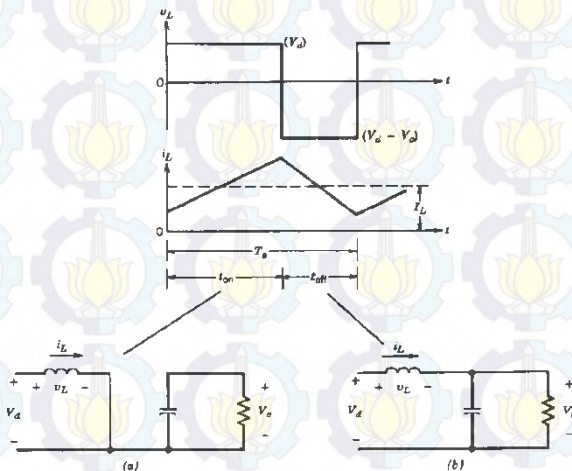
- Ketika saklar ditutup, arus mengalir melalui induktor searah jarum jam dan induktor menyimpan beberapa energi dengan menghasilkan medan magnet. Polaritas sisi kiri induktor positif.
- Ketika saklar dibuka, arus akan berkurang dan impedansi lebih tinggi. Medan magnet yang diciptakan sebelumnya akan

dihancurkan untuk mempertahankan aliran arus menuju beban. Dengan demikian polaritas akan terbalik (berarti sisi kiri induktor akan negatif). Akibatnya dua sumber akan di seri menyebabkan tegangan yang lebih tinggi untuk mengisi kapasitor melalui dioda D.

Jika siklus saklar cukup cepat, induktor tidak akan sepenuhnya discharge antara tahap pengisian, dan beban akan melihat tegangan yang lebih besar daripada tegangan *input* itu sendiri ketika *switch* terbuka. Dan ketika saklar terbuka, kapasitor yang disusun paralel dengan beban akan dibebankan pada tegangan gabungan ini. Kemudian ketika saklar tertutup dan sisi kanan *short* dengan sisi kiri, kapasitor memberikan tegangan dan energi ke beban. Dalam waktu ini, dioda *blocking* mencegah kapasitor *discharging* melalui saklar. Saklar harus dibuka dengan cepat untuk mencegah kapasitor *discharging*.

2.5.1 Continous Mode

Ketika *boost converter* beroperasi secara kontinyu, arus yang melalui induktor (IL) tidak pernah nol. Gambar 2.9 menunjukkan bentuk gelombang arus dan tegangan dalam konverter yang beroperasi di mode *continous*. Tegangan *output* dapat dihitung sebagai berikut, dalam kasus konverter ideal (yaitu menggunakan komponen dengan karakter ideal) yang beroperasi dalam kondisi stabil :



Gambar 2.9 Mode Operasi Kontinyu: (a) *Switch On*; (b) *Switch Off*.^[6]

Selama keadaan *ON*, saklar *S* tertutup, yang membuat tegangan *input* (V_i) terukur di induktor, yang menyebabkan perubahan arus (I_L) mengalir melalui induktor selama periode waktu (t) dengan rumus.

$$\frac{\Delta I_L}{\Delta t} = \frac{V_i}{L} \dots\dots\dots(2.1)$$

Pada saat keadaan *ON* berakhir, meningkatnya I_L dikarenakan:

$$\Delta I_{Lon} = \frac{1}{L} \int_0^{Dt} V_{idt} = \frac{Dt}{L} V_i \dots\dots\dots(2.2)$$

D adalah *Duty Cycle*. Ini mewakili sebagian kecil dari periode pergantian T selama saklar *On*. Oleh karena itu D berkisar antara 0 (S tidak pernah *ON*) dan 1 (S selalu *ON*).

Selama keadaan *OFF*, saklar S terbuka, sehingga arus induktor mengalir melalui beban. Jika mempertimbangkan jatuh tegangan di dioda, dan kapasitor cukup besar untuk tegangan konstan, maka rumus I_L menjadi

$$V_i - V_o = L \frac{dI_L}{dt} \dots\dots\dots(2.3)$$

Oleh karena itu, perbedaan dari I_L selama periode *OFF*:

$$\Delta I_{LOFF} = \int_{DT}^T \frac{(V_i - V_o)dt}{L} = \frac{V_i - V_o (1 - D)T}{L} \dots\dots\dots(2.4)$$

Seperti yang kita pertimbangkan bahwa konverter beroperasi dalam kondisi tetap, jumlah energi yang tersimpan di masing-masing komponennya harus sama ketika di awal dan di akhir siklus. Secara khusus, energi yang tersimpan dalam induktor diberikan oleh:

$$E = L I_L^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Jadi, arus induktor harus sama ketika di awal dan akhir siklus. Ini berarti perubahan-perubahan arus dalam keseluruhan (jumlah rata-rata) adalah nol.

$$\Delta I_{LON} + \Delta I_{LOFF} = 0 \dots\dots\dots(2.6)$$

Mengganti ΔI_{LON} dan ΔI_{LOFF} dengan rumus:

$$\Delta I_{LON} + \Delta I_{LOFF} = 0$$

$$\frac{V_i dt}{L} + \frac{(V_i - V_o)(1 - D)T}{L} = 0 \dots\dots\dots(2.7)$$

Ini dapat ditulis menjadi:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1 - D} \dots\dots\dots(2.8)$$

Persamaan di atas menunjukkan bahwa tegangan *output* selalu lebih tinggi dari tegangan *input* (sebagai *duty cycle* dari 0 ke 1), dan bahwa hal itu menambah nilai D, secara teoritis hingga tak terbatas sebagai pendekatan D 1. Inilah mengapa konverter ini terkadang disebut sebagai konverter *step-up*.

$$D = 1 - \frac{V_i}{V_o} \dots\dots\dots(2.9)$$

2.5.2 Discontinuous Mode

Jika *ripple* amplitudo pada arus terlalu tinggi, induktor dapat benar-benar discharge sebelum siklus berakhir. Hal ini biasanya terjadi ketika beban tidak berat. Dalam hal ini, arus yang melalui induktor menjadi nol ketika satu periode. Meskipun sedikit, perbedaan ini memiliki efek yang kuat pada tegangan *output*. Hal ini dapat dihitung sebagai berikut :

Arus induktor pada awal siklus adalah nol, dan nilai maksimumnya I_{Lmax} (saat = DT) adalah :

$$I_{Lmax} = \frac{V_i DT}{L} \dots\dots\dots(2.10)$$

Selama periode *OFF*, IL menjadi nol setelah δT ,

$$I_{Lmax} + \frac{V_i - V_o \delta T}{L} = 0$$

$$\delta = \frac{V_i D}{V_i - V_o} \dots\dots\dots(2.11)$$

Arus pada beban I_o sama dengan rata-rata arus pada diode I_D . Seperti dapat dilihat pada gambar 4, Arus pada diode sama dengan arus yang mengalir saat keadaan *OFF*. Oleh karena itu arus *output* dapat ditulis sebagai :

$$I_o = \bar{I}_D = \frac{I_{Lmax}}{2} \delta$$

$$I_o = \frac{V_i DT}{2L} \cdot \frac{V_i D}{V_o - V_i} = \frac{V_i^2 D^2 T}{2L (V_o - V_i)}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = 1 - \frac{V_i^2 D^2 T}{2L I_o} \dots\dots\dots(2.12)$$

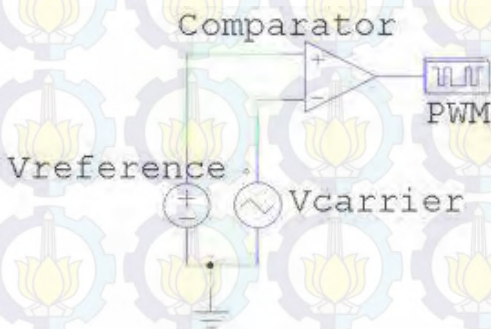
2.6 PWM (Pulse Width Modulation)^[8]

PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah salah satu teknik modulasi dengan mengubah lebar pulsa (*duty cycle*) dengan nilai amplitudo dan frekuensi yang tetap. Satu siklus pulsa merupakan kondisi *high* kemudian berada di zona transisi ke kondisi *low*. Lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. *Duty cycle* merupakan representasi dari kondisi logika *high* dalam suatu

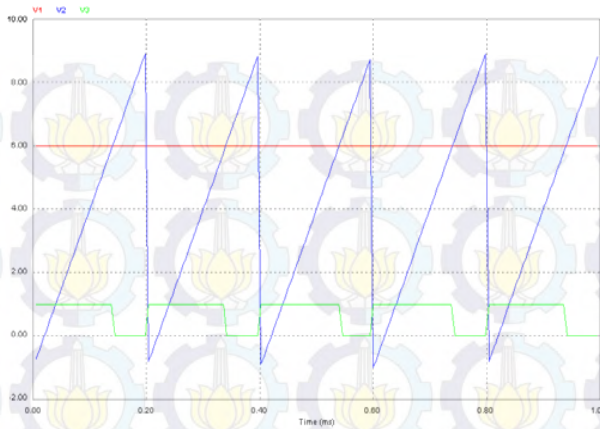
periode sinyal dan dinyatakan dalam bentuk (%) dengan *range* 0% sampai 100%. Total 1 periode (T) pulsa dalam PWM adalah tetap, dan data PWM pada umumnya menggunakan perbandingan pulsa positif terhadap total pulsa. PWM biasa digunakan untuk aplikasi-aplikasi analog yang menggunakan kontrol digital atau mikrokontroler, hal ini dikarenakan mikrokontroler tidak mampu menghasilkan tegangan analog secara langsung.

Terdapat beberapa teknik untuk membangkitkan sinyal PWM, namun secara garis besar terbagi dalam dua cara, yaitu pembangkitan sinyal dengan rangkaian analog dan dengan kontrol digital atau dengan mikrokontroler. Secara analog, pembangkitan sinyal PWM yang paling sederhana adalah dengan cara membandingkan sebuah sinyal segi tiga atau gigi gergaji dengan tegangan referensi seperti yang terlihat pada Gambar 2.10. Gelombang segitiga atau gigi gergaji sebagai frekuensi pembawa yang juga merupakan frekuensi sinyal *output* PWM. Sedangkan tegangan referensi adalah tegangan yang menentukan besarnya *duty cycle* dari *output* sinyal PWM.

Cara kerja dari komparator analog ini adalah membandingkan gelombang tegangan gigi gergaji dengan tegangan referensi seperti yang terlihat pada Gambar 2.11. Saat nilai tegangan referensi lebih besar dari tegangan ramp (gigi gergaji) maka *output* komparator akan bernilai *high* atau saturasi mendekati V_{cc} . Namun saat tegangan referensi bernilai lebih kecil dari tegangan ramp, maka *output* komparator akan bernilai *low* atau *cut off*. Dengan memanfaatkan prinsip kerja dari komparator inilah, untuk mengubah *duty cycle* dari sinyal *output* cukup dengan mengubah-ubah besar tegangan referensi.



Gambar 2.10 Pembangkitan Sinyal PWM dengan *Comparator*



Gambar 2.11 Kerja dari Komparator Analog

Teknik pembangkitan pulsa yang lain adalah dengan cara kontrol digital yang salah satu contohnya adalah menggunakan mikrokontroler. Seperti halnya pembangkitan PWM dengan rangkaian analog, pembangkitan pulsa dengan menggunakan kontrol mikrokontroler juga menggunakan cara perbandingan dua buah nilai. Jika pada rangkaian analog nilai yang dibandingkan adalah dua buah sinyal tegangan (tegangan referensi dengan tegangan *carrier*), maka pembangkitan PWM pada mikrokontroler adalah dengan membandingkan dua buah variabel yang tersimpan dalam memori mikrokontroler. Yaitu variabel TCNTx dengan OCRxx (salah satu contohnya). Apabila *timer* yang digunakan adalah timer 0, maka variabel yang dipakai adalah TCNT0 dan OCR0. TCNT0 adalah suatu variabel yang nilainya terus bertambah setiap satu satuan waktu (bergantung pada *setting timer*) yang jika dianalogikan ke rangkaian analog adalah sinyal ramp. Sedangkan OCR0 adalah suatu variabel yang berfungsi sebagai nilai referensi kapan *output* PWM berubah dari *high* ke *low* ataupun sebaliknya.

2.7 Sensor Arus^[9]

Sensor arus ACS-712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dan solusi untuk pembacaan arus di dalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi. Sensor

ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, *switched-mode power supplies* dan proteksi beban berlebih.

Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi karena didalamnya terdapat rangkaian *low-offset linear Hall* dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh *integrated Hall IC* dan diubah menjadi tegangan proporsional. Modul sensor arus ACS 712 ditunjukkan pada Gambar 2.12. Sensor arus pada Gambar 2.12 memiliki 3 buah *output* yaitu *Vcc*, *out* dan *ground*. Dan ada 2 buah konektor yang dipasang secara seri dengan beban seperti pemasangan amperemeter.

Beberapa fitur penting dari sensor arus ACS-712 adalah:

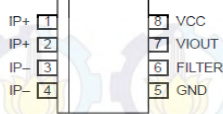
- a. Jalur sinyal analog yang rendah *noise*.
- b. *Bandwidth* perangkat diatur melalui pin *FILTER* yang baru.
- c. Waktu naik keluaran 5 mikrodetik dalam menanggapi langkah masukan aktif.
- d. *Bandwith* 50 kHz.
- e. Total *error* keluaran 1,5% pada $TA = 25^{\circ}$, dan 4% pada -40° C sampai 85° C.
- f. Resistansi *internal* 1,2 m Ω .
- g. 2,1 kVRMS tegangan isolasi minimum dari pin 1-4 ke pin.
- h. Operasi catu daya tunggal 5,0 V.
- i. Sensitivitas keluaran 66-185 mV/A.
- j. Tegangan keluaran sebanding dengan arus AC atau DC.

Gambar 2.13 menunjukkan diagram pin dari sensor arus ACS-712 dimana terdapat deskripsi dari pin *out* yang ditunjukkan pada daftar terminal dibawahnya.



Gambar 2.12 Sensor ACS 712

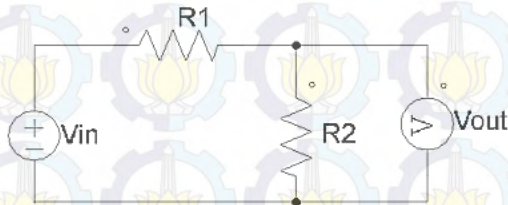
Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sensed; fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sensed; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VIOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

Gambar 2.13 Diagram IC ACS 712



Gambar 2.14 Rangkaian Pembagi Tegangan

2.8 Sensor Tegangan

Sensor tegangan digunakan untuk membaca tegangan *output* dari *boost converter* dan tegangan *input* dari panel surya. Rangkaian sensor tegangan yang digunakan pada Tugas Akhir ini menggunakan rangkaian pembagi tegangan yang ditunjukkan pada Gambar 2.14.

Gambar 2.14 merupakan rangkaian sensor tegangan yang digunakan untuk mengukur tegangan keluaran dari *boost converter*. Pengukuran tegangan yang digunakan menggunakan prinsip rangkaian pembagi tegangan. Dengan dua resistor, yaitu R1 dan R2 yang bekerja secara paralel dengan konverter yang bertindak sebagai pembagi tegangan. Tegangan pada R2 dalam pembagi tegangan dimasukkan ke ADC mikrokontroler.

Rangkaian pembagi tegangan pada Gambar 2.14 menggunakan prinsip hukum ohm yang ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$I = \frac{V_{in}}{(R_1 + R_2)} \dots\dots\dots(2.13)$$

Sehingga besar tegangan *output* yang didapatkan pada R₂ adalah sebesar :

$$V_{out} = I \cdot R_2 \dots\dots\dots(2.14)$$

Apabila kita substitusikan persamaan, maka didapatkan tegangan *output* sebesar :

$$V_{out} = \frac{R_2 \cdot V_{in}}{(R_1 + R_2)} \dots\dots\dots(2.15)$$

Sehingga, untuk menghitung nilai tegangan *output* dari pembagi tegangan dapat digunakan rumus seperti di atas.

2.9 MOSFET^[10]

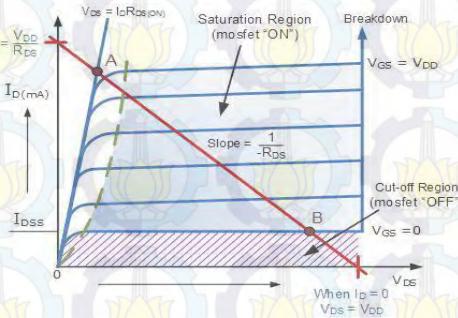
MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) merupakan salah satu jenis transistor yang memiliki impedansi masukan (*gate*) sangat tinggi (hampir tak berhingga) sehingga dengan menggunakan MOSFET sebagai saklar elektronik, memungkinkan untuk menghubungkannya dengan semua jenis gerbang logika. Dengan menjadikan MOSFET sebagai saklar, maka dapat digunakan untuk mengendalikan beban dengan arus yang tinggi dan biaya lebih murah daripada menggunakan transistor bipolar. Untuk membuat MOSFET sebagai saklar maka hanya menggunakan MOSFET pada kondisi saturasi (*ON*) dan kondisi *cut-off* (*OFF*).

Gambar 2.15 adalah kurva karakteristik MOSFET dimana pada daerah *Cut-Off* MOSFET tidak mendapatkan tegangan *input* ($V_{in} = 0V$) sehingga tidak ada arus *drain* I_d yang mengalir. Kondisi ini akan membuat tegangan $V_{ds} = V_{dd}$. Dengan beberapa kondisi di atas maka pada daerah *cut-off* ini MOSFET dikatakan *OFF* (*Full-Off*). Kondisi *cut-off* ini dapat diperoleh dengan menghubungkan jalur *input* (*gate*) ke

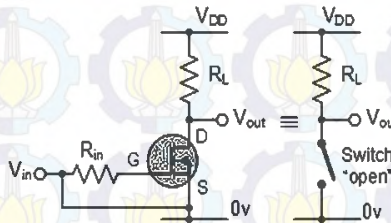
ground, sehingga tidak ada tegangan *input* yang masuk ke rangkaian saklar MOSFET. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.16.

Berdasarkan Gambar 2.15 bahwa karakteristik MOSFET pada daerah *Cut-Off* antara lain sebagai berikut. *Input gate* tidak mendapat tegangan bias karena terhubung ke *ground* (0V). Tegangan *gate* lebih rendah dari tegangan *threshold* ($V_{gs} < V_{th}$). MOSFET *OFF* (*Fully-Off*) pada daerah *Cut-Off* ini. Dengan beberapa karakteristik di atas maka dapat dikatakan bahwa MOSFET pada daerah *Cut-Off* merupakan saklar terbuka dengan arus *drain* $I_d = 0$ Ampere.

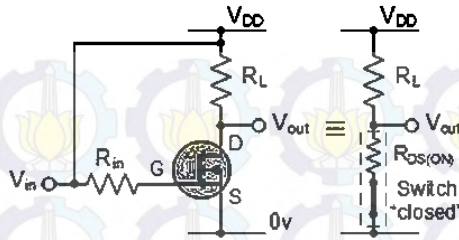
Untuk mendapatkan kondisi MOSFET dalam keadaan *open* maka tegangan *gate* V_{gs} harus lebih rendah dari tegangan *threshold* V_{th} dengan cara menghubungkan terminal *input* (*gate*) ke *ground*. Pada daerah saturasi, MOSFET mendapatkan bias *input* (V_{gs}) secara maksimum sehingga arus *drain* pada MOSFET juga akan maksimum dan membuat tegangan $V_{ds} = 0V$. Pada kondisi saturasi ini MOSFET dapat dikatakan dalam kondisi *ON* secara penuh (*Fully-ON*).



Gambar 2.15 Kurva Karakteristik MOSFET



Gambar 2.16 Rangkaian MOSFET sebagai Saklar pada Kondisi Switch Open



Gambar 2.17 Rangkaian MOSFET sebagai Saklar pada Kondisi *Switch Closed*

Berdasarkan Gambar 2.17 bahwa karakteristik MOSFET pada kondisi saturasi yaitu tegangan *input gate* (V_{gs}) lebih tinggi dari tegangan *threshold* ($V_{gs} > V_{th}$). MOSFET *ON (Fully-ON)* pada daerah saturasi. Tegangan drain dan *source* ideal (V_{ds}) pada daerah saturasi adalah $0V$ ($V_{ds} = 0V$). Resistansi *drain* dan *source* sangat rendah ($R_{ds} < 0,1 \text{ Ohm}$). Tegangan *output* $V_{out} = V_{ds} = 0,2V$ ($R_{ds} \cdot I_d$). MOSFET dianalogikan sebagai saklar kondisi tertutup kondisi saturasi MOSFET dengan memberikan tegangan *input gate* yang lebih tinggi dari tegangan *threshold*-nya dengan cara menghubungkan terminal *input* ke V_{dd} . Sehingga MOSFET mejadi saturasi dan dapat dianalogikan sebagai saklar pada kondisi tertutup.

2.10 Induktor

Dari begitu banyak komponen elektronika, induktor merupakan komponen pasif elektronika yang memungkinkan kita dapat membuatnya sendiri. Bentuk induktor yang relatif sederhana dan dapat dengan mudah kita membuatnya, namun untuk nilai induktansi, jumlah lilitan, dan ukuran indikator perlu perhitungan tertentu.

Induktansi dari induktor tergantung pada konfigurasi fisik konduktor. Jika sebuah konduktor dibentuk menjadi sebuah lilitan, maka induktansi konduktor akan meningkat. Sebuah induktor dengan banyak lilitan akan memiliki induktansi lebih besar dari induktor dengan sedikit lilitan, jika kedua induktor tersebut secara fisik serupa. Inti induktor juga berpengaruh. Sebuah induktor dengan inti besi akan memiliki induktansi lebih besar dari induktor dengan inti udara.

Polaritas GGL yang diinduksikan selalu berlawanan dengan arah perubahan arus dalam rangkaian. Ini berarti bahwa jika arus dalam

rangkaian meningkat, akan terjadi usaha untuk melawan GGL yang diinduksikan dengan menyimpan energi dalam medan magnet. Jika arus dalam rangkaian cenderung menurun, energi yang tersimpan dalam medan magnet akan kembali ke rangkaian, sehingga ditambahkan dengan energi yang dicatu oleh sumber GGL. Ini membuat arus tetap mengalir meskipun GGL yang diberikan diperkecil atau bahkan dihilangkan sama sekali. Energi yang tersimpan dalam medan magnet sebuah induktor diberikan menurut persamaan :

$$W = \frac{1}{2} I^2 L \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

W = energi (joule)

I = arus (Ampere)

L = Induktansi (Henry)

Besi lunak banyak digunakan sebagai inti (*core*) dari induktor yang disebut ferit. Ada bermacam-macam bahan ferit yang disebut ferromagnetik. Bahan dasarnya adalah bubuk besi oksida yang disebut juga *iron powder*. Ada juga *ferit* yang dicampur dengan bahan bubuk lain seperti nickel, manganese, *zinc* (seng) dan *magnesium*. Melalui proses yang dinamakan kalsinasi yaitu dengan pemanasan tinggi dan tekanan tinggi, bubuk campuran tersebut dibuat menjadi komposisi yang padat. Proses pembuatannya sama seperti membuat keramik. Oleh sebab itu *ferit* ini sebenarnya adalah keramik.

Dapat dipahami penggunaan *ferit* dimaksudkan untuk mendapatkan nilai induktansi yang lebih besar relatif terhadap jumlah lilitan yang lebih sedikit serta dimensi induktor yang lebih kecil. Penggunaan *ferit* juga disesuaikan dengan frekuensi kerjanya. Beberapa *ferit* akan optimum jika bekerja pada selang frekuensi tertentu.

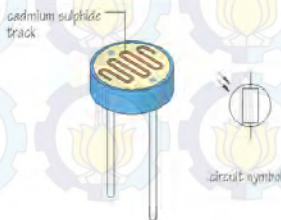
2.11 Sensor LDR

Light Dependent Resistor atau yang biasa disebut LDR yang ditunjukkan pada Gambar 2.18 adalah jenis resistor yang nilainya berubah seiring intensitas cahaya yang diterima oleh komponen tersebut. LDR Biasa digunakan sebagai detektor cahaya atau pengukur besaran konversi cahaya. *Light Dependent Resistor*, terdiri dari sebuah cakram

semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya. Pada saat gelap atau cahaya redup, bahan dari cakram tersebut menghasilkan elektron bebas dengan jumlah yang relatif kecil. Sehingga hanya ada sedikit elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya redup LDR menjadi konduktor yang buruk, atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi yang besar pada saat gelap atau cahaya redup. Pada saat cahaya terang, ada lebih banyak elektron yang lepas dari atom bahan semikonduktor tersebut. Sehingga akan ada lebih banyak elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya terang LDR menjadi konduktor yang baik, atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi yang kecil pada saat cahaya terang.

LDR (*Light Dependent Resistor*) yang merupakan komponen elektronika peka cahaya ini sering digunakan atau diaplikasikan dalam rangkaian elektronika sebagai sensor pada lampu penerang jalan, lampu kamar tidur, rangkaian anti maling, *shutter* kamera, alarm dan lain sebagainya.

Prinsip kerja dari sensor LDR adalah pada sisi bagian atas LDR terdapat suatu garis atau jalur melengkung yang menyerupai bentuk kurva. Jalur tersebut terbuat dari bahan *cadmium sulphida* yang sangat sensitif terhadap pengaruh dari cahaya. Jalur *cadmium sulphida* yang terdapat pada LDR. Jalur *cadmium sulphida* dibuat melengkung menyerupai kurva agar jalur tersebut dapat dibuat panjang dalam ruang (area) yang sempit. *Cadmium sulphida* (CdS) merupakan bahan semikonduktor yang memiliki *gap* energi antara elektron konduksi dan elektron valensi. Ketika cahaya mengenai *cadmium sulphida*, maka energi proton dari cahaya akan diserap sehingga terjadi perpindahan dari band valensi ke *band* konduksi. Akibat perpindahan elektron tersebut mengakibatkan hambatan dari *cadmium sulphida* berkurang dengan hubungan kebalikan dari intensitas cahaya yang mengenai LDR. Lihat Gambar 2.18 di bawah ini.



Gambar 2.18 LDR (*Light Dependent Resistor*)

2.12 Lampu LED

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. Umumnya LED digunakan untuk sumber tegangan DC seperti baterai atau aki. Namun menggunakan lampu LED dengan tegangan AC 220V tetap bisa dilakukan dengan hasil yang tetap bagus menggunakan bantuan *rectifier*. Bentuk LED mirip dengan sebuah bohlam (bola lampu) yang kecil dan dapat dipasangkan dengan mudah ke dalam berbagai perangkat elektronika. Berbeda dengan Lampu Pijar, LED tidak memerlukan pembakaran filamen sehingga tidak menimbulkan panas dalam menghasilkan cahaya. Oleh karena itu, saat ini LED (*Light Emitting Diode*) yang bentuknya kecil telah banyak digunakan sebagai lampu penerang dalam LCD TV yang mengganti lampu *tube*.

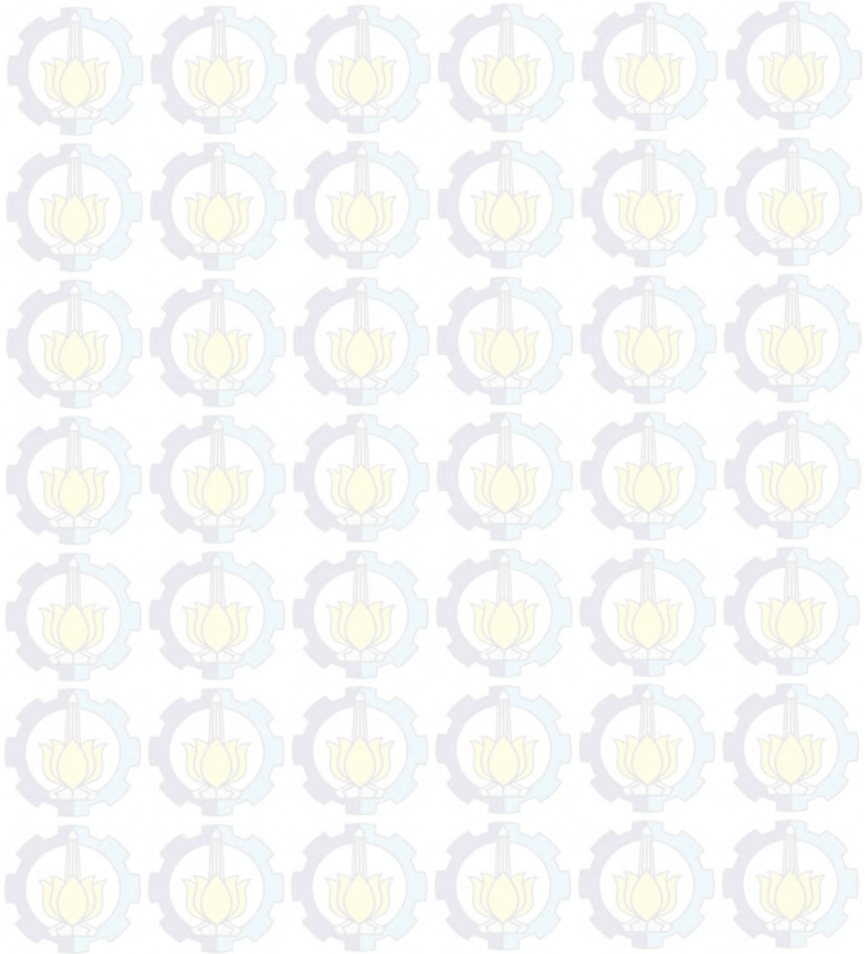
LED merupakan keluarga dari Dioda yang terbuat dari Semikonduktor. Cara kerjanya pun hampir sama dengan Dioda yang memiliki dua kutub yaitu kutub Positif (P) dan Kutub Negatif (N). LED hanya akan memancarkan cahaya apabila dialiri tegangan maju (*bias forward*) dari Anoda menuju ke Katoda.

LED terdiri dari sebuah chip semikonduktor yang di-*doping* sehingga menciptakan *junction* P dan N. Yang dimaksud dengan proses doping dalam semikonduktor adalah proses untuk menambahkan ketidakmurnian (*impurity*) pada semikonduktor yang murni sehingga menghasilkan karakteristik kelistrikan yang diinginkan.



Gambar 2.19 Lampu LED (*Light Emitting Diode*)

Ketika LED dialiri tegangan maju atau *bias forward* yaitu dari Anoda (P) menuju ke Katoda (K), Kelebihan Elektron pada *N-Type material* akan berpindah ke wilayah yang kelebihan *Hole* (lubang) yaitu wilayah yang bermuatan positif (*P-Type material*). Saat Elektron berjumpa dengan *Hole* akan melepaskan *photon* dan memancarkan cahaya monokromatik (satu warna).

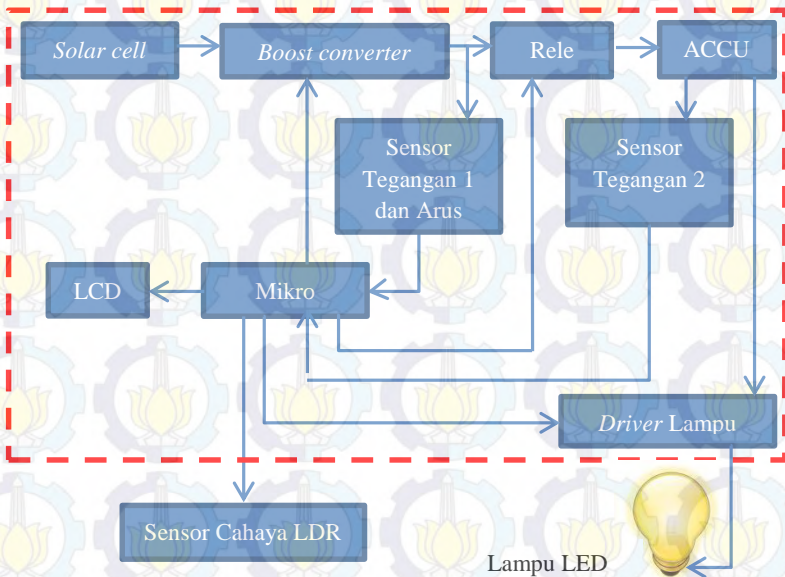


BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada Bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan dan pembuatan Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya meliputi, blok fungsional sistem yang akan menjelaskan proses kerja alat dalam bentuk alur diagram, perancangan mekanik yang membahas tentang desain dan pembuatan mekanik yang mendukung cara kerja alat, perancangan elektrik yang membahas perancangan rangkaian elektrik sebagai rangkaian kontrol dan rangkaian pendukung alat, dan perancangan perangkat lunak (*software*).

3.1 Blok Fungsional Sistem

Sebelum melakukan pembuatan sistem yang meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*), diperlukan sebuah perencanaan sistem berupa blok diagram yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok Fungsional Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya

Dari Gambar 3.1, dijelaskan bahwa pada Tugas Akhir ini sumber energi listrik yang digunakan untuk men-*charging* baterai 12 Volt sebanyak 2 buah yang diseri ini berasal dari energi matahari. Energi matahari merupakan salah satu energi terbarukan yang ketersediaannya tidak akan habis. Dalam Tugas Akhir ini, dibuat suatu alat untuk mentransformasi tegangan yang dihasilkan panel surya menjadi tegangan yang dapat digunakan untuk men-*charging* baterai. Kemudian energi listrik ini akan disimpan di baterai dengan kapasitas 12 Volt 9 AH (2 buah baterai masing-masing 12 V). Karena tegangan *output* dari panel surya yang digunakan berkisar 10-20 Volt maka diperlukan rangkaian yang dapat menaikkan tegangan. Sehingga diperlukan rangkaian *boost converter* agar tegangan yang dihasilkan dapat disimpan baterai 24 Volt. *Boost converter* akan dikontrol dengan sedemikian rupa agar tegangan *output* konstan sehingga dapat disimpan pada baterai 24 Volt. Pengisian baterai ini dapat dilihat di tampilan LCD. Dengan menampilkan kapasitas saat pengisian baterai, tegangan dan arus yang disimpan oleh baterai 24 Volt.

Pada sistem pengisian baterai 24 Volt ini menggunakan mikrokontroler sebagai pusat pengendali dari sistem *charging*. Sehingga ketika pengisian baterai telah penuh, sensor tegangan dan sensor arus akan membaca di sistem dan akan mengirimkan ke mikrokontroler. Lalu mikrokontroler mengirim perintah ke rele untuk memutus sistem *charging* agar baterai tidak *overcharge* dan tidak mudah rusak. Pengisian baterai akan aktif lagi ketika kapasitas baterai sekitar 40 % dengan *feedback* sensor tegangan. Dan sensor tegangan akan mengirimkan ke mikrokontroler untuk mengaktifkan kembali sistem *charging*.

Kemudian baterai 24 Volt akan menyuplai rangkaian *driver* lampu untuk menyalakan lampu DC. Intensitas cahaya lampu DC akan diatur oleh rangkaian sensor cahaya yang tersambung dengan mikrokontroler. LDR pada sensor cahaya berfungsi untuk menangkap besaran intensitas cahaya yang kemudian dikonversi menjadi satuan ADC. ADC tersebut yang nantinya akan mengatur intensitas cahaya lampu.

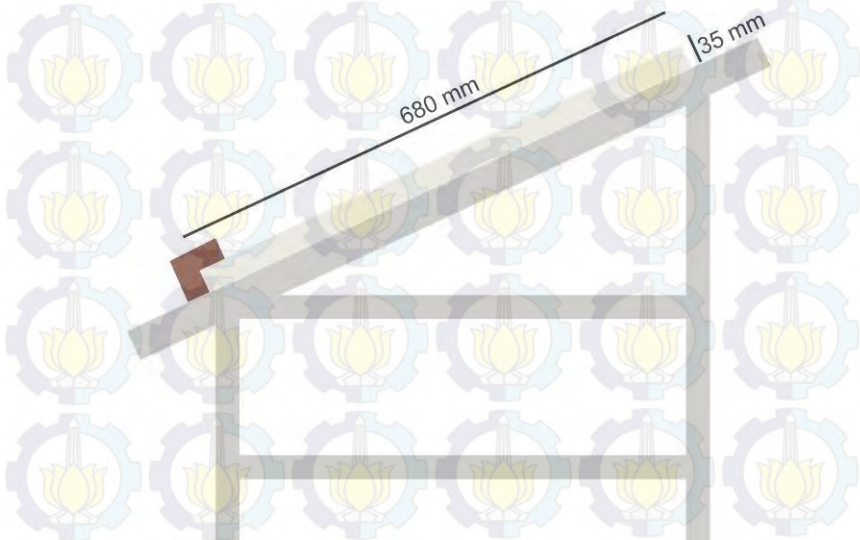
3.2 Perancangan Mekanik

Dalam sub bab perancangan mekanik, dibahas mengenai perancangan mekanik dari alat Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya. Perancangan mekanik berupa perancangan perangkat keras yang mendukung seluruh perancangan dan pembuatan alat.

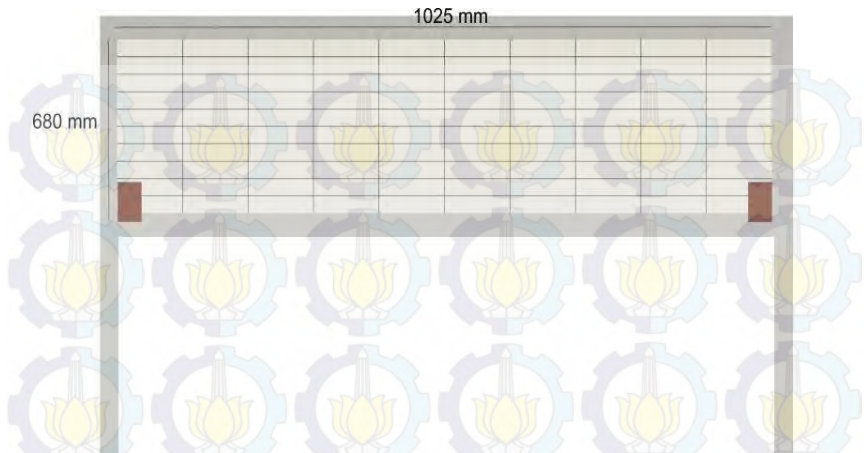
Perancangan mekanik yang dibahas meliputi tiang penyangga panel surya yang digunakan sebagai tempat penyangga, dan *box control* yang digunakan sebagai *box* tempat rangkaian kontroler baterai *charger* untuk panel surya, serta desain prototipe taman kota.

3.2.1 Perancangan Tiang Penyangga Panel Surya

Tiang penyangga panel surya yang terlihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 adalah salah satu komponen penting dalam alat ini. Panel surya sendiri adalah sebuah alat yang hanya dapat menghasilkan energi listrik bila terkena cahaya matahari. Oleh karena itu, intensitas cahaya matahari yang mengenai panel surya harus *continue*. Di wilayah Indonesia, khususnya kota-kota yang terletak di sekitar garis khatulistiwa, panel surya akan lebih efisien jika diposisikan pada sudut 20° - 30° dari tanah. Untuk itu, tiang penyangga panel surya ini dibuat miring sebesar 23° terhadap sumbu horizontal agar panel surya dapat menyerap cahaya matahari secara optimal. Hal ini dikarenakan sudut penyinaran matahari pada bulan Mei untuk daerah Surabaya sebesar 67° sehingga desain sudut kemiringan tiang penyangga panel surya dibuat sebesar $(180^{\circ} - (90^{\circ} + 67^{\circ}))$ sama dengan 23° .



Gambar 3.2 Desain Penyangga Tiang Panel Surya Tampak Samping

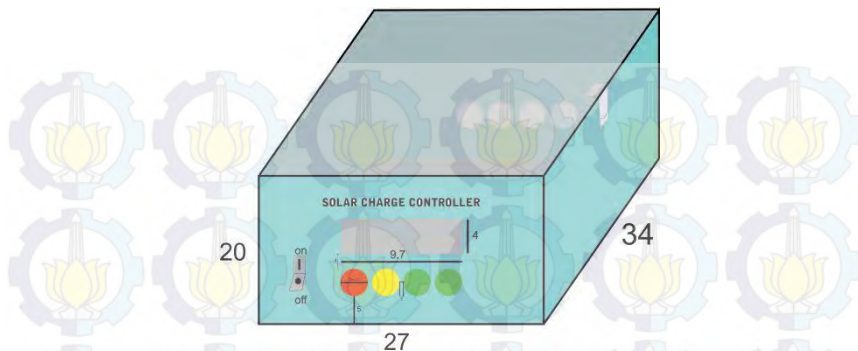


Gambar 3.3 Desain Penyangga Tiang Panel Surya Tampak Depan

Tiang penyangga panel surya terbuat dari besi siku yang didesain seperti Gambar 3.3 di atas. Ukuran besi siku pada dasar tiang berukuran 1,025m x 0,68m dengan panjang 1m didesain seperti pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4. Pada sisi atas tiang dilengkapi dengan penyangga kecil yang berfungsi untuk menahan panel surya agar tidak jatuh.

3.2.2 Perancangan *Box Control*

Box control berisi rangkaian elektrik meliputi rangkaian *boost converter*, rangkaian sensor tegangan, rangkaian sensor arus, rangkaian driver rele, rangkaian sensor cahaya, rangkaian *driver* lampu dan indikator lampu yang menunjukkan kondisi alat dapat dilihat pada Gambar 3.4. Pada perancangan *box control* bagian depan terdapat satu tombol *on/off*, 4 lampu indikator, dan LCD 20x4 yang akan menunjukkan kondisi alat. Kemudian pada bagian belakang *box* terdapat 4 lubang yang didesain sebagai tempat keluar kabel yang akan dihubungkan dengan miniatur taman dan panel surya, selain itu terdapat lubang yang didesain sebagai tempat kipas yang digunakan sebagai pendingin peralatan yang ada di dalam *box*.



Gambar 3.4 Desain *Box Control*

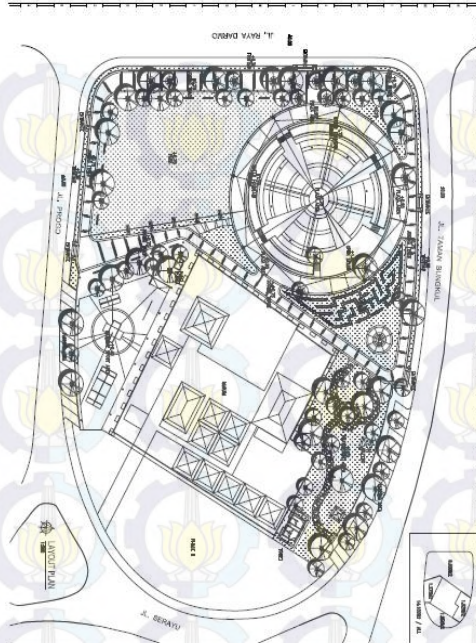
Box control terbuat dari *acrylic* dengan tebal 3mm dan disusun kubus dengan ukuran 20cm x 27cm x 34cm. Dibagian depan terdapat lampu indikator yang mengindikasikan beberapa keadaan seperti yang akan dijelaskan berikut ini :

1. Ketika lampu hijau pertama menyala, menandakan sistem sedang bekerja (*ON*).
2. Ketika lampu merah menyala, menandakan baterai (*ACCU*) dalam keadaan *charging*.
3. Ketika lampu kuning menyala, menandakan baterai (*ACCU*) telah terisi penuh.
4. Ketika lampu hijau kedua menyala, menandakan lampu taman sedang menyala.

3.2.2 Perancangan Miniatur Taman

Miniatur taman dibuat sebagai latar untuk penempatan lampu taman. Miniatur taman tersebut dibuat menyerupai salah satu taman kota di Surabaya yaitu Taman Bungkul. Taman Bungkul dipilih karena semua suplai lampu tamannya masih menggunakan listrik PLN dan pengoperasiannya (nyala-mati) masih secara manual. Luas dari Taman Bungkul mencapai 900m² dimana terdapat sekitar 25 lampu taman yang terpasang di dalamnya.

Untuk membuat miniatur Taman Bungkul diperlukan denah lokasi (*layout plan*) dari Taman Bungkul itu sendiri yang didapat dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Surabaya. Gambar 3.5 merupakan *layout plan* Taman Bungkul dengan skala 1 : 500.



Gambar 3.5 *Layout Plan Taman Bungkul*

Tabel 3.1 Bahan Pembuatan Miniatur Taman

No	Bahan	Jumlah
1	Isolasi kertas	1 buah
2	Kertas Art paper 400	3 lembar
3	Lem rajawali	1 buah
4	Pilox	4 buah
5	Lem fox	1buah
6	Lem G	3 buah
7	Rumput	3 bungkus
8	Perdu	1buah
9	Stiker	3 lembar
10	Pohon	4 bungkus
11	Multipleks	1 lembar
12	Karet maket	1 gulung

Miniatur taman berdasarkan *layout plan* pada Gambar 3.5, akan dibuat dengan skala 1 : 200. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan miniatur Taman Bungkul dapat dilihat pada Tabel 3.1.

3.3 Perancangan Elektrik

Pada bab perancangan elektrik dibahas tentang rangkaian elektrik beserta komponen-komponen pendukungnya. Sehingga Sistem Penerangan Lampu Taman Bertenaga Surya dapat berfungsi dengan benar. Pembahasan bab ini meliputi penentuan panel surya yang digunakan, mikrokontroler, *boost converter*, sensor tegangan, sensor arus, *driver* rele, dan rangkaian kontrol lampu taman .

3.3.1 Penentuan Kapasitas Baterai

Untuk menentukan kebutuhan baterai yang akan digunakan diperhitungkan seperti berikut. Beban yang akan disuplai oleh baterai yaitu, lampu DC 3 Watt 12 Volt yang disusun seri sebanyak 2 buah kemudian di paralel sebanyak 3 kali, sehingga total perhitungan daya lampu yaitu 18 Watt 24 Volt.

$$\begin{aligned}\text{Energi} &= P \text{ beban} \times \text{lama penggunaan} \\ &= 18 \text{ Watt} \times 11 \text{ jam} \\ &= 198 \text{ Watthour}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}198 \text{ Wh} / 11 \text{ jam} &= 18 \text{ Watt} \\ 18 \text{ Watt} / 24 \text{ V} &= 0,75 \text{ Ampere}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Baterai} : \\ 0,75 \text{ Ampere} \times 11 \text{ jam} &= 8,25 \text{ Ah}\end{aligned}$$

Sehingga dipilih 2 buah baterai dengan kapasitas 9 Ah 12 Volt yang disusun secara seri.

3.3.2 Perancangan Panel Surya

Panel surya berperan sangat penting yaitu sebagai sumber tegangan pada pengoperasian sistem. Oleh karena itu, pemilihan panel surya harus diperhatikan. Ada beberapa jenis panel surya dengan masing-masing keunggulannya. Dalam pembuatan Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya digunakan panel surya dengan jenis material *monocristaline* yang melapisi bagian permukaannya.

Dalam menentukan kebutuhan berapa WP panel surya yang akan digunakan, diperlukan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Total energi lampu} = 18 \text{ Watt} \times 11 \text{ jam} = 198 \text{ Watthour}$$

Berdasarkan total energi lampu di atas, maka dipilih panel surya 80 WP. Artinya panel surya tersebut mempunyai 80 *Wattpeak* (pada saat matahari terik) *peak* 1 hari diasumsikan 4 jam sehingga $80 \times 4 = 320 \text{ Watthour/day}$ adalah kapasitas maksimal untuk pemakaian 1 hari. Sehingga perhitungan sisa konsumsi daya adalah $320 \text{ Watthour} - 198 \text{ Watthour} = 122 \text{ Watthour}$. Jadi panel surya 80 WP pada Gambar 3.6 dapat digunakan.

Panel surya yang digunakan adalah tipe SPR 327NE-WHT-D, dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut :



Gambar 3.6 Panel Surya 80 WP

Tabel 3.2

Data Listrik Panel Surya

DATA LISTRIK <i>Silicon Solar Pv Module</i>	
P_M	80 Watt
V_{OC}	21,1 Volt
I_{SC}	5,66 Ampere
V_{MP}	17 Volt
I_{MP}	4,7 Ampere
<i>Max Sistem Voltage</i>	1000 Volt
<i>Dimension</i>	1025 x 680 x 35 mm
<i>TEST CONDITION</i>	AM 1,5 1000 W/m ² 25 ⁰ C

3.3.3 Perancangan Mikrokontroler

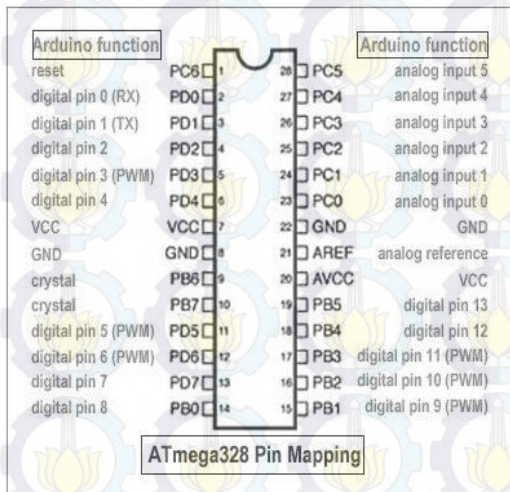
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai mikrokontroler yang digunakan pada Tugas Akhir dengan judul Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya. Mikrokontroler digunakan sebagai pusat kontrol dari proyek ini, semua perintah dan pekerjaan yang dilakukan dirancang pada perancangan perangkat lunak melalui mikrokontroler. Ada beberapa jenis mikrokontroler yang dapat digunakan, ada yang berupa sebuah modul, ada pula yang berupa sebuah IC atau *chip* yang dirangkai bersama beberapa rangkaian elektrik. Mikrokontroler yang digunakan adalah modul Arduino Uno. Arduino Uno adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega 328. Arduino Uno mempunyai 14 pin digital *input/output*, 6 *input* analog, sebuah osilator Kristal 16MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICPS *header* dan sebuah tombol *reset*. Gambar 3.7 menunjukkan konfigurasi pin pada ATmega 328. Arduino Uno memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Mikrokontroler	ATmega 328
Tegangan Pengoperasian	5 Volt
Tegangan <i>input</i> yang disarankan	7 – 12 Volt
Batas tegangan <i>Input</i>	6 – 20 Volt

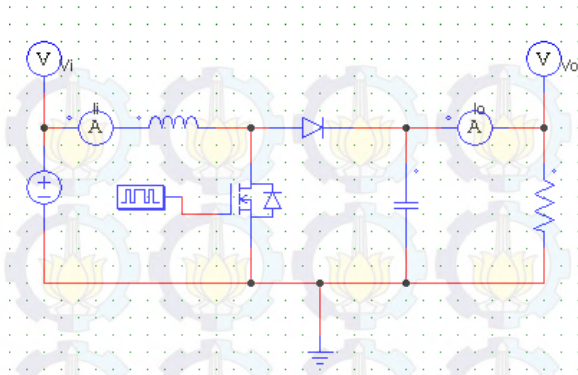
Jumlah pin I/O <i>digital</i>	14 (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah Pin <i>Input Analog</i>	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3 V	50 mA
Memori <i>Flash</i>	32 KB (ATmega328), sekitar 0,5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega 328)
EEPROM	1 KB (ATmega 328)
Clock Speed	16 MHz

3.3.4 Perancangan *Boost converter*

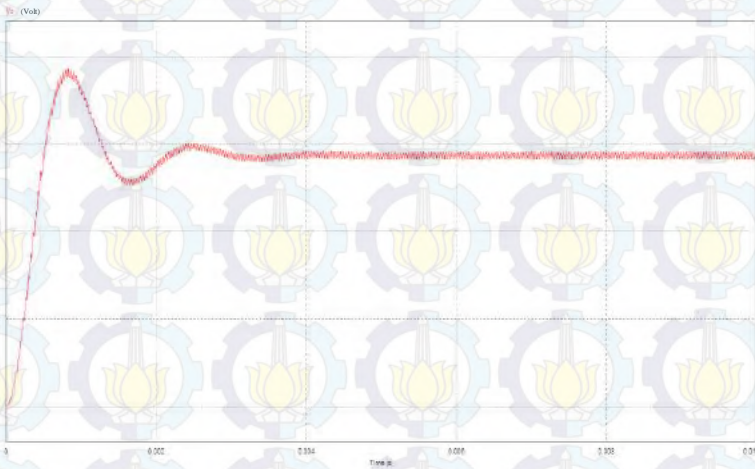
Rangkaian *boost converter* digunakan untuk menaikkan tegangan hingga tegangan sesuai dengan kebutuhan baterai. Dalam rangkaian *boost converter* ini terdapat beberapa komponen elektronika yaitu induktor, kapasitor, dioda, resistor dan MOSFET sebagai *switch*. Gambar 3.8 merupakan rangkaian *boost converter* dan Gambar 3.9 merupakan hasil tegangan dari *boost converter* yang telah disimulasikan.



Gambar 3.7 Konfigurasi Pin ATmega 328



Gambar 3.8 Rangkaian *Boost converter*



Gambar 3.9 Respon Simulasi Tegangan *Output* pada Rangkaian *Boost converter*

Seperti yang dilihat pada Gambar 3.9, tegangan awal pada respon *boost converter* sangat tinggi hingga kemudian stabil. Pada Gambar 3.10 nilai tegangan pada *time* awal mencapai 38,54 Volt sedangkan nilai arusnya mencapai 2,40 A. Dan pada Gambar 3.11 nilai tegangan stabil menjadi 28,8 Volt pada *time* 0,0078 s.

Time	Value
Time	8.3249313e-004
Vo	3.8542721e+001
Io	2.4089201e+000

Gambar 3.10 Nilai Tegangan dan Arus pada *Time* Awal Simulasi *Boost converter*

Time	Value
Time	7.8367347e-003
Vo	2.8864009e+001
Io	1.8040006e+000

Gambar 3.11 Nilai Tegangan dan Arus pada Keadaan Stabil Simulasi *Boost converter*

Dalam perancangannya juga terdapat perhitungan untuk menentukan nilai dari komponen-komponen yang digunakan. Sebagai acuan untuk membuat *boost converter* yang baik agar dapat menentukan nilai komponen yang tepat sehingga *output* tegangan yang dihasilkan baik digunakan parameter yang terlihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Parameter Perhitungan *Boost converter*

Vin (rata-rata tegangan yang dihasilkan <i>solar cell</i>)	19,15 V
Vout (tegangan yang dibutuhkan untuk mengcharge baterai)	28,8 V
Ripple Tegangan Output	3%
Ripple Arus Induktor	10%
Iout	1,8 A
Rbeban	16 Ω

Berikut perhitungan untuk menentukan nilai dari komponen-komponen yang digunakan :

1. Menentukan nilai *duty cycle*

$$\begin{aligned}
 D &= 1 - \frac{V_i}{V_o} \\
 &= 1 - \frac{19,15}{28,8} \\
 &= 0,3350694 \\
 &= 33,50694\%
 \end{aligned}$$

2. Menentukan periode *On* sinyal PWM

$$\begin{aligned}
 f &= 30 \text{ kHz} \\
 D &= \frac{T_{on}}{T_{sw}} \\
 T_{on} &= D \times T_{sw} \\
 &= 0,3350694 \times \frac{1}{30000} \\
 &= 11,169 \mu\text{s}
 \end{aligned}$$

3. Menentukan nilai induktor

$$I_L = I_o = 1,8 \text{ A}$$

$$\begin{aligned}\Delta I_{Lpp} &= 0,1 \times I_L \\ &= 0,1 \times 1,8 \\ &= 0,18 \text{ A}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L &= \frac{V_i \times T_{on}}{\Delta I_{Lpp}} \\ &= \frac{19,15 \times 11,169 \mu\text{s}}{0,18} \\ &= 1188,2575 \mu\text{H} \\ &= 1,188 \text{ mH}\end{aligned}$$

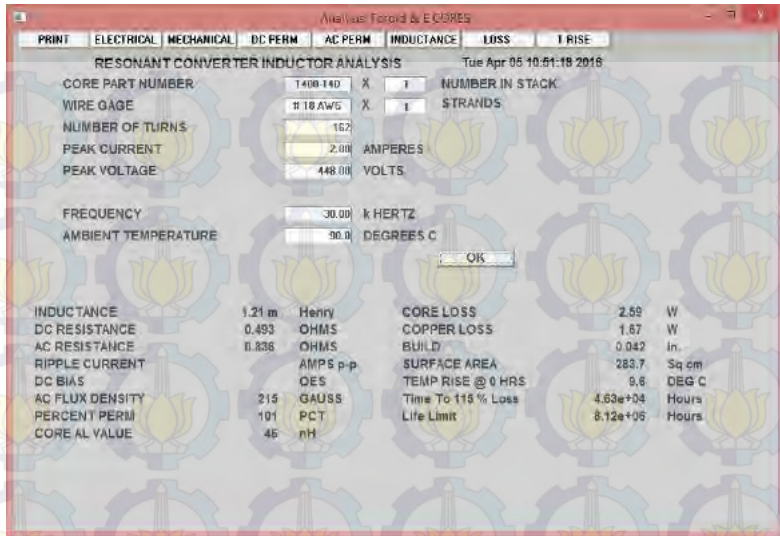
4. Menentukan nilai kapasitor

$$\begin{aligned}C &= \frac{V_o \times T_{on}}{\Delta V_{c\text{pp}} \times R} \\ &= \frac{28,8 \times 11,169 \mu\text{s}}{0,03 \times 28,8 \times 16} \\ &= 23,26875 \mu\text{F}\end{aligned}$$

Dari perhitungan *boost converter* didapatkan nilai-nilai komponen antara lain nilai *duty cycle* 0,34, nilai induktor 1,188 miliHenry dan kapasitor 23,26875 mikroFarad.

3.3.5 Perancangan Pembuatan Induktor

Pada perancangan *boost converter*, induktor berfungsi untuk menyimpan energi listrik. Energi listrik ini nantinya akan disalurkan ke beban. Tegangan pada beban adalah hasil dari tegangan masukan ditambah dengan energi yang tersimpan pada induktor, sehingga tegangan keluaran *boost converter* menjadi lebih besar dari pada tegangan masukannya. Agar nilai induktor sesuai dengan perhitungan, maka induktor dapat dibuat sendiri dengan cara melilitkan kawat pada inti toroid. Untuk menentukan jumlah lilitan, dapat menggunakan *software inductor winding*.



Gambar 3.12 *Software Inductor Winding*

Gambar 3.12 adalah gambar *software inductor winding* yang akan memudahkan untuk membuat induktor yang diinginkan. Yang perlu diketahui adalah spesifikasi inti toroid dan berapa henry yang dibutuhkan. Inti toroid yang digunakan adalah jenis toroid T400-14D seperti terlihat pada Gambar 3.13.

Dari hasil perhitungan *software inductor winding*, didapatkan hasil 162 lilitan yang dililitkan pada inti toroid dan didapatkan nilai induktansi sebesar 1,21 mH. Hasil tersebut hampir mendekati nilai yang diinginkan pada algoritma perhitungan nilai komponen pada *boost converter*.

MICROMETALS Part No.	A _c mH/N ²	MAGNETIC DIMENSIONS					
		OD in/mm	ID in/mm	Ht in/mm	ℓ cm	A cm ²	V cm ³
T400-2*	18.0	4.000/102	2.250/57.2	.650/16.5	25.0	3.46	86.4
T400-8/90	60.0						
T400-18	96.0						
T400-19	96.0						
T400-26	131.0						
T400-30	40.5						
T400-34	55.0						
T400-35	55.0						
T400-40	115.0						
T400-52	131.0						
T400-26B*	205.0	4.000/102	2.250/57.2	1.000/25.4	25.0	5.35	133
T400-2D*	36.0	4.000/102	2.250/57.2	1.300/33.0	25.0	6.85	171
T400-14D	45.5						
T400-26D	262.0						
T400-30D	81.0						
T400-34D	110.0						
T400-35D	110.0						
T400-40D	230.0						

Gambar 3.13 Spesifikasi Inti Toroid T400-14D

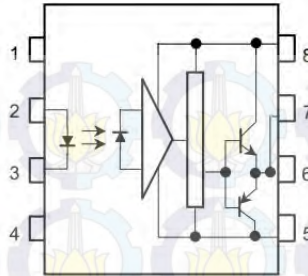
Tabel 3.4 Spesifikasi IC TLP 250

<i>Input threshold current (IF)</i>	5mA(max.)
<i>Supply current (ICC)</i>	11mA(max.)
<i>Supply Voltage (VCC)</i>	10–35V
<i>Output current (IO)</i>	±1,5A (max.)
<i>Switching time (tpLH/tpHL)</i>	1,5µs(max.)
<i>Isolation Voltage</i>	2500Vrms(min.)

3.3.6 Perancangan Driver MOSFET

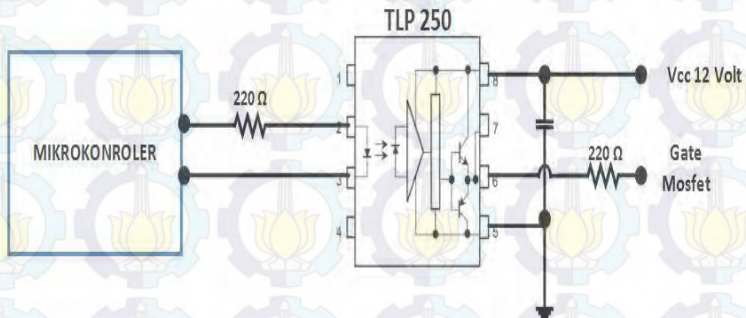
Driver MOSFET adalah rangkaian yang berfungsi untuk membatasi Arduino dan *gate* MOSFET pada *boost converter* dan Arduino secara langsung. Rangkaian ini dibuat untuk melindungi mikrokontroler. Apabila terjadi kesalahan pada *boost converter*, maka mikrokontroler tidak terpengaruh.

Driver MOSFET yang digunakan adalah komponen TLP 250. Dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 3.4 :



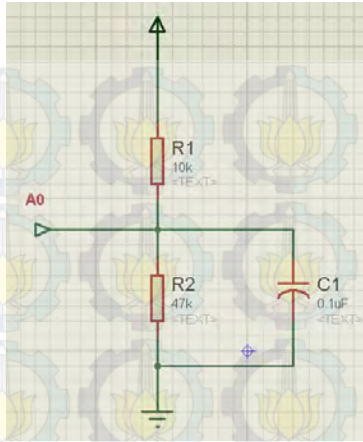
- 1 : N.C.
- 2 : Anode
- 3 : Cathode
- 4 : N.C.
- 5 : GND
- 6 : V_O (Output)
- 7 : V_O
- 8 : V_{CC}

Gambar 3.14 Konfigurasi Pin TLP 250



Gambar 3.15 Rangkaian *Driver* MOSFET

Gambar 3.14 adalah gambar konfigurasi pin pada komponen TLP250 dimana pin-pin tersebut dirangkaian menjadi rangkaian *driver* MOSFET seperti pada Gambar 3.15. Pin 2 disambungkan dengan mikrokontroler untuk dibangkitkan sinyal PWM, pin 3 disambungkan pada *ground* mikrokontroler, pin 6 disambungkan pada *gate* MOSFET *boost converter*, dan pin 8 disambungkan pada V_{cc} 12 Volt.



Gambar 3.16 Rangkaian Sensor Tegangan

3.3.7 Perancangan Sensor Tegangan

Pada perancangan sensor tegangan digunakan rangkaian pembagi tegangan yang ditunjukkan pada Gambar 3.16. Dimana pada rangkaian pembagi tegangan ini terdapat dua buah resistor yang berbeda nilainya dan sebuah kapasitor yang disusun secara paralel. Dua buah resistor yang dihubungkan seri ini digunakan untuk membagi tegangan yang masuk.

Rangkaian pembagi tegangan sendiri berfungsi sebagai konversi tegangan. Tegangan *output* dari sistem *boost converter* adalah 0 sampai 28,8 Volt, sedangkan tegangan yang di-*input*-kan pada mikrokontroler adalah hanya 0 sampai 5 Volt. Oleh karena itu dibutuhkan rangkaian pembagi tegangan agar tegangan yang masuk ke mikrokontroler sesuai dengan kriteria pada komponen mikrokontroler yakni antara tegangan 0 Volt sampai tegangan 5 Volt.

Untuk menentukan nilai resistansi dari kedua buah resistor dapat digunakan perhitungan sebagai berikut :

$$V_o = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_{in}$$

Misalkan $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$
 $V_{out} = 5 \text{ Volt}$

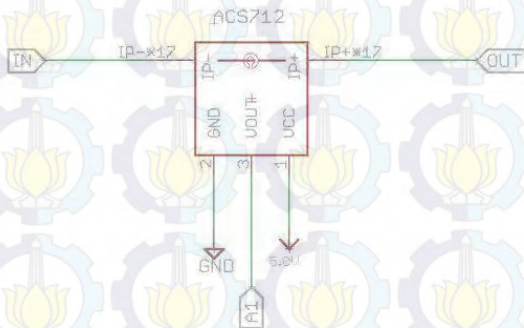
$$V_{in} = 28,8 \text{ Volt}$$

$$\begin{aligned} 5 &= \frac{10}{R_2 + 10} \times 28,8 \\ 5R_2 + 50 &= 288 \\ 5R_2 &= 288 - 50 \\ 5R_2 &= 238 \\ R_2 &= 47,6 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

Jadi dalam rangkaian pembagi tegangan sebagai sensor tegangan digunakan dua resistor yaitu resistor 1 bernilai 10 k Ω dan resistor 2 bernilai 47,6 k Ω .

3.3.8 Perancangan Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan pada Sistem Pengaturan Lampu Taman Berternaga Surya adalah sensor arus ACS712-5 A. Dimana ACS712-5 A dapat mengukur arus AC maupun DC dan mempunyai *rating* 5A, dengan respon tegangan. Sensitivitas dari sensor arus ACS adalah 185 mV untuk setiap kenaikan arus 1 A. Dalam keadaan tanpa ada arus yang mengalir, sensor arus ACS mengeluarkan tegangan 2,5 V. Sensor arus ini berfungsi untuk mendeteksi arus pengisian baterai, dimana saat kondisi arus pengisian telah mencapai $\pm 1\%$ dari arus *charging* terpenuhi maka proses pengisian pada baterai akan berhenti secara otomatis. Gambar 3.17 merupakan rangkaian desain skematik rangkaian sensor arus ACS712-5 A.



Gambar 3.17 Skematik Rangkaian Sensor Arus

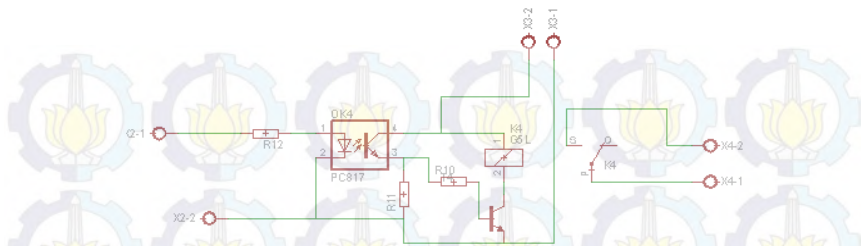
Adapun spesifikasi dari sensor arus ACS712-5 A dijelaskan sebagai berikut :

- Jalur sinyal analog yang rendah *noise*
- *Bandwidth* perangkat diatur melalui pin *FILTER* yang baru
- Waktu naik keluaran 5 mikrodetik dalam menanggapi langkah masukan aktif
- *Bandwidth* 50kHz
- Total *error* keluaran 1,5% pada $TA = 25^{\circ}C$, dan 4% pada $40^{\circ}C$ sampai $85^{\circ}C$
- Bentuk yang kecil, paket SOIC8 yang kompak
- Resistensi *internal* 1,2 m Ω
- 2,1 Kvrms tegangan isolasi minimum dari pin 1-4 ke pin 5-8
- Operasi catu daya tunggal 5,0 V
- Sensitivitas keluaran 66-185 mV/A
- Tegangan keluaran sebanding dengan arus AC atau DC
- Akurasi sudah diatur oleh pabrik
- Tegangan *offset* yang sangat stabil
- Histerisis *magnetic* hampir mendekati nol
- Keluaran *ratiometric* diambil dari sumber daya

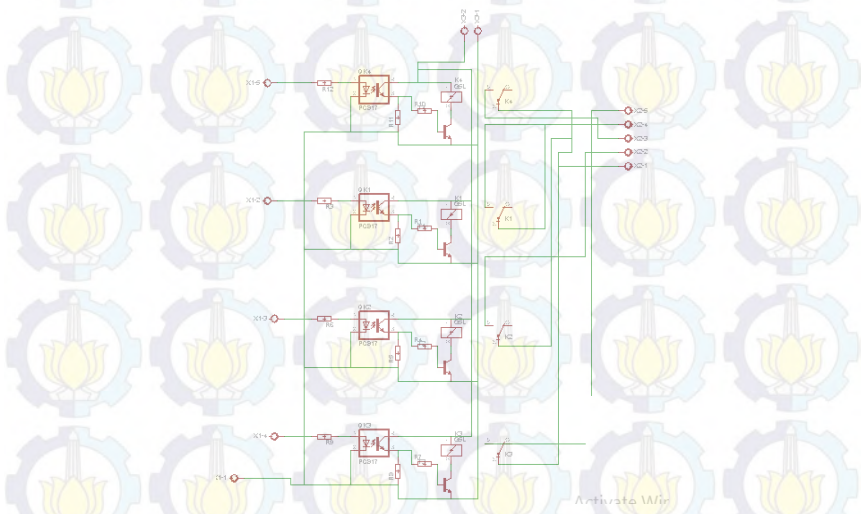
3.3.9 Perancangan Driver Rele

Rele merupakan komponen yang digunakan sebagai pemutus dalam suatu rangkaian. Pada Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya dirancang 3 buah *driver* rele yang difungsikan sebagai *charging breaker circuit*, saklar pada lampu indikator dan saklar pada sumber.

Charging breaker circuit yang ditunjukkan dalam bentuk skematik rangkaian pada Gambar 3.18 digunakan sebagai pemutus dari rangkaian pengisian baterai. Rangkaian pemutus ini bekerja secara otomatis dan mampu mengisi baterai hingga tegangan mencapai titik tertentu. Pada titik ini arus pengisian menjadi sangat kecil. Jika tegangan pada baterai berkurang, rangkaian ini akan mengisi kembali baterai hingga mencapai titik tegangan yang telah ditentukan.



Gambar 3.18 Skematik *Driver Rele* sebagai *Charging Breaker Circuit*



Gambar 3.19 Skematik *Driver Rele* sebagai Indikator Lampu

Selain *charging breaker circuit*, *driver rele* juga difungsikan sebagai saklar pada lampu indikator. *Driver rele* yang ditunjukkan dalam bentuk skematik rangkaian *driver rele* pada Gambar 3.19 dihubungkan pada mikrokontroler yang akan memberikan perintah untuk memutuskan atau menyambungkan rele. Terdapat tiga buah lampu indikator, yaitu :

- Ketika lampu hijau menyala, sistem sedang bekerja (*ON*)
- Ketika lampu merah menyala, berarti terjadi proses *charging* pada baterai

- Ketika lampu kuning menyala berarti baterai yang *discharge* sudah penuh

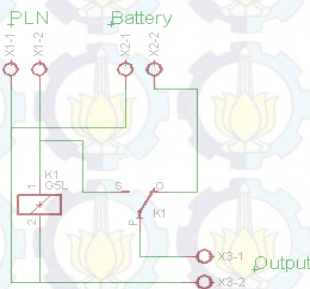
Driver rele yang ketiga yang ditunjukkan pada Gambar 3.20 merupakan rele yang difungsikan sebagai saklar sumber. *Normally Open* pada rele disambung ke sumber PLN sedangkan *Normally Close* pada rele disambung pada *baterai* kemudian *output com* disambung ke terminal yang nantinya digunakan untuk menyuplai alat.

3.3.10 Perancangan Rangkaian Kontrol Lampu

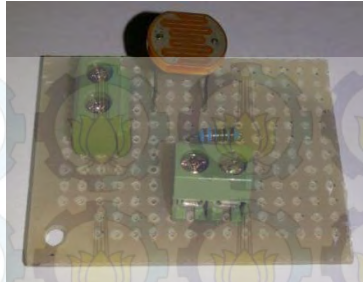
Pada tahap pembuatan rangkaian kontrol lampu ini terdiri dari sebuah mikrokontroler, sensor cahaya dan *driver* lampu. Untuk kontrol terang redup (*dimmer*) diperlukan *driver* untuk mengontrol lampunya. *Driver* yang digunakan yaitu sebuah MOSFET dan IC *optocoupler*. Lampu taman dilengkapi dengan sensor LDR sebagai sensor *feedback*-nya. Data yang dihasilkan oleh sensor LDR kemudian akan diolah oleh mikrokontroler.

3.3.10.1 Sensor Lampu

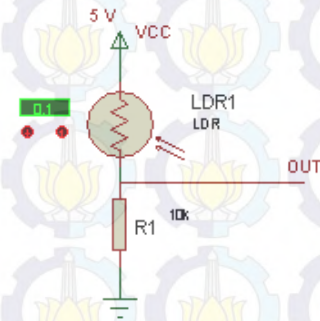
Rangkaian sensor cahaya yang digunakan pada Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya ditunjukkan pada Gambar 3.21. Sebagai sensor cahaya adalah LDR (*Light Dependent Resistor*) yang berfungsi untuk mendeteksi besarnya intensitas cahaya disekitar LDR tersebut. LDR juga berfungsi sebagai *transducer* yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik yang selanjutnya akan diolah oleh mikrokontroler. LDR diletakkan bersama dengan lampu, dimana LDR akan di arahkan pada suatu titik, misalnya pada sudut-sudut taman untuk mendeteksi besarnya intensitas cahaya di sekitar area taman.



Gambar 3.20 Skematik *Driver* Rele sebagai Saklar Sumber



(a)



(b)

Gambar 3.21 (a) Rangkaian Sensor Cahaya
(b) Rangkaian Simulasi Sensor Cahaya



Gambar 3.22 *Driver Lampu*

3.3.10.2 Driver Lampu

Rangkaian *driver* disini yaitu rangkaian *driver* dengan menggunakan sebuah MOSFET dan IC *optocoupler*. Keluaran PWM dari *port* pwm mikrokontroler akan masuk terlebih dahulu pada rangkaian *driver* ini. MOSFET disini digunakan sebagai *switching* untuk mengontrol terang redupnya lampu LED. Kemudian, IC *optocoupler* berfungsi sebagai isolasi rangkaian antara mikrokontroler dan *driver* lampu. Konfigurasi rangkaian *driver* ini seperti ditunjukkan pada Gambar 3.22.

3.4 Perencanaan Perangkat Lunak (*Software*)

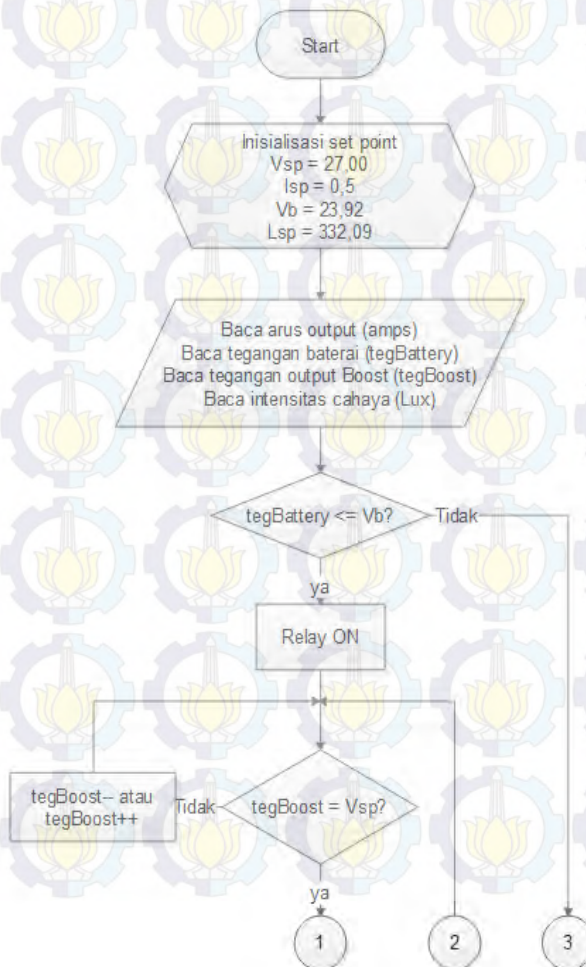
Setelah semua *hardware* terangkai dan terintegrasi serta telah diuji kinerjanya maka dilakukan pembuatan program keseluruhan. Alur program dapat dilihat dari *flowchart* pada Gambar 3.23. Hal pertama yang harus dilakukan yaitu menentukan parameter-parameter variabel yang dibutuhkan. Dengan menginisialisasi V_{sp} yaitu *set point* tegangan *charging*, V_b merupakan *set point* tegangan baterai ketika mulai pengisian, I_{sp} merupakan *set point* dari arus *charging* yang akan di-*cut off* serta L_{sp} yaitu *set point* intensitas cahaya. Untuk memulai pengisian perlu mengetahui tegangan pada baterai terlebih dahulu. Baterai akan *charging* pada saat tegangan pada baterai mencapai kondisi 40% yaitu dengan tegangan sekitar 23,92 Volt.

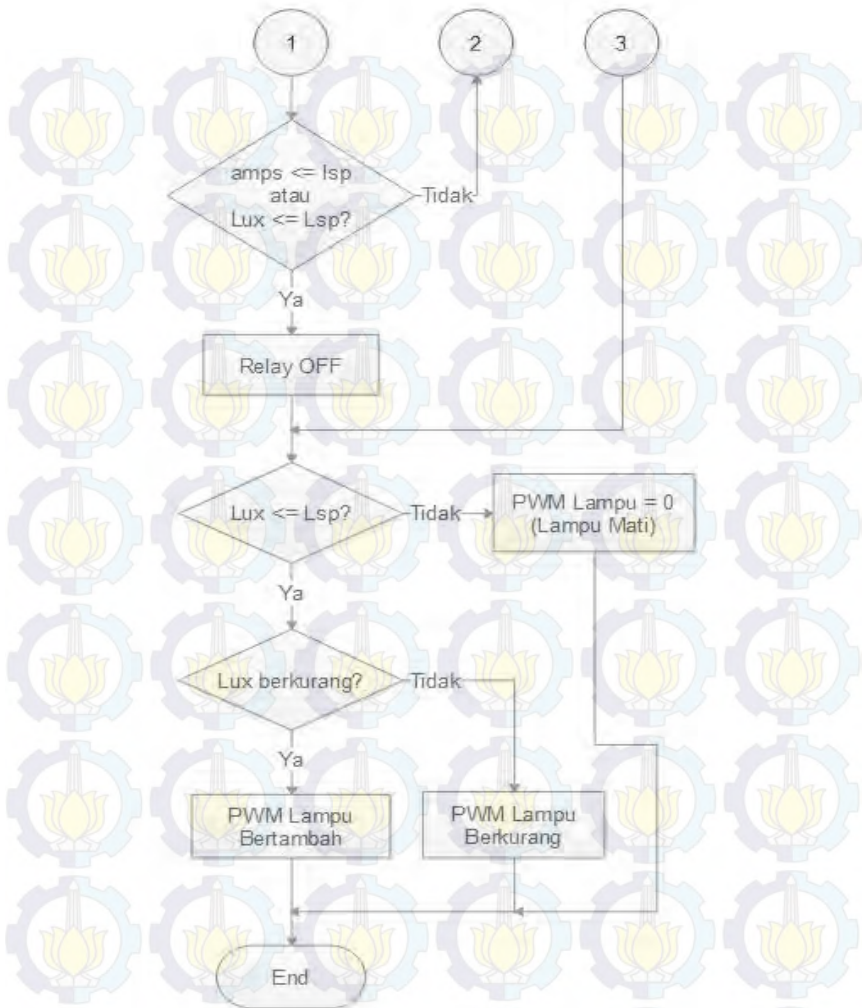
Saat tegangan baterai (V_b) 23,92 Volt rele akan *on* atau saklar bernilai 1 dan proses *charging* akan aktif. Dengan tegangan *charging* yaitu 28,8 Volt. Setelah itu tegangan keluaran *boost converter* di-*sensing* oleh sensor tegangan 1 dan sensor arus terbaca apakah tegangan (teg_{Boost}) = V_{sp} ?, jika tegangan belum mencapai *set point* tegangan *charging*, maka mikrokontroler akan men-*drive boost converter* dengan kontrol *increment* dan *decrement* untuk mencapai tegangan konstan.

Pada saat melakukan proses *charging* dimana baterai perlahan akan penuh maka otomatis arus *charging* akan turun secara linier, dengan demikian maka untuk melakukan pemutusan *charger* guna tidak terjadi *overcharge* perlu adanya *set point* arus. Apakah arus *charging* (amps) $\leq I_{sp}$ dan intensitas cahaya $\leq L_{sp}$?, jika iya, maka akan memutus aliran *charging* dengan mengaktifkan $S = 0$ dan jika tidak maka akan kembali melakukan proses *charging*. Proses *charging* dapat berlangsung kembali ketika tegangan pada baterai 23,92 Volt. Untuk mengetahui nilai tegangan pada baterai diperlukan sensor tegangan 2. Apabila

tegangan pada baterai lebih dari 23,92 Volt maka tidak ada proses *charging*.

Kemudian, apakah intensitas cahaya \leq Lsp?, jika iya, lampu akan menyala dengan PWM yang berubah-ubah. Jika intensitas cahaya berkurang maka PWM lampu akan bertambah, sedangkan jika intensitas cahaya bertambah maka PWM lampu akan berkurang. Dan jika intensitas cahaya $>$ Lsp, maka akan memberi perintah lampu untuk mati (PWM lampu = 0).



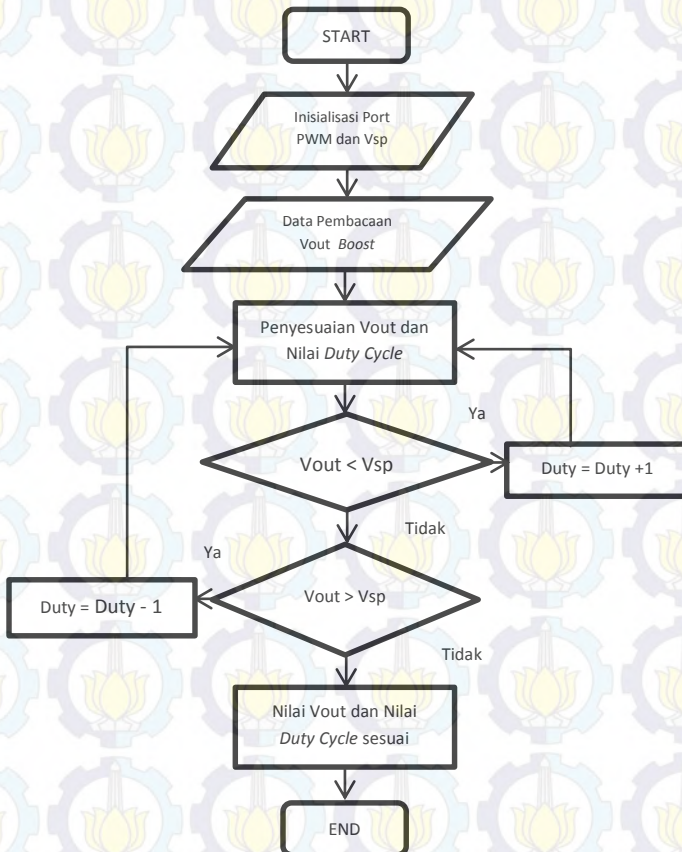


Gambar 3.23 Flowchart Keseluruhan Sistem

Pada tahap ini, perencanaan dan pembuatan dari perangkat lunak Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya adalah sebagai berikut :

3.4.1 Perancangan Program PWM pada *Boost Converter*

Pada Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya, digunakan pembangkitan PWM dengan metode digital atau dengan menggunakan mikrokontroler. PWM tersebut berfungsi untuk mengatur *duty cycle* agar nilai tegangan *output boost converter* sesuai dengan yang diinginkan. Inisialisasi PWM menggunakan *library PWM.h* dan dikeluarkan pada *port 9* mikrokontroler. *Flowchart* untuk program PWM pada *boost converter* ditunjukkan pada Gambar 3.24.

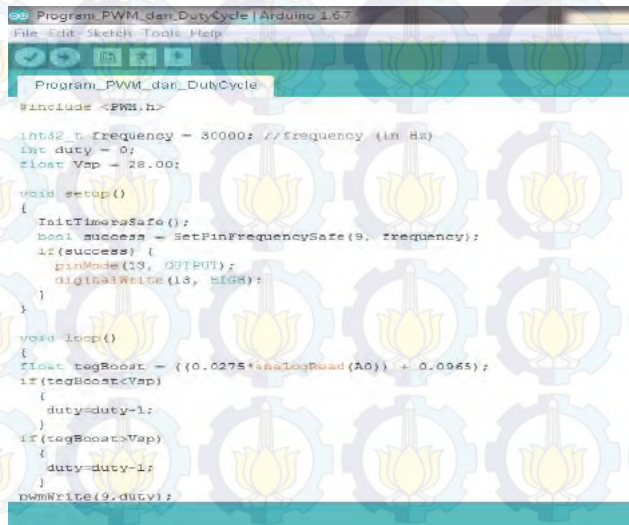


Gambar 3.24 *Flowchart* PWM pada *Boost converter*

Pada Gambar 3.24 dapat dilihat perancangan *flowchart* untuk proses pembangkitan PWM pada *boost converter*. Untuk urutan cara kerja *flowchart* adalah sebagai berikut :

1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Inisialisasi *library* PWM dengan frekuensi konstan dan *set point* tegangan *output boost converter*. Kemudian Arduino akan menyesuaikan pada *port* mana PWM akan dibangkitkan. Hal ini dikarenakan pada Arduino terdapat beberapa *port* yang berfungsi sebagai pembangkit PWM, tetapi frekuensinya berbeda-beda.
3. Tegangan *output boost converter* akan di *feedback* ke pin analog Arduino, kemudian akan disesuaikan dengan *duty cycle*, jika nilai tegangan *output boost converter* kurang dari tegangan *set point boost converter* maka *duty cycle* akan ditambah 1.
4. Jika nilai tegangan *output boost converter* lebih dari tegangan *set point boost converter* maka *duty cycle* akan dikurangi 1.

Gambar 3.25 merupakan gambar program pembangkitan PWM pada *boost converter*. Ada beberapa variabel yang digunakan dalam program tersebut misalnya `int32_t`, adalah *setting fixed frequency* dan



```
Program_PWM_dan_DutyCycle | Arduino 1.6.7
File Edit Sketch Tools Help

Program_PWM_dan_DutyCycle
#include <PWM.h>

int32_t frequency = 30000; //frequency (in Hz)
int duty = 0;
float Vsp = 28.00;

void setup()
{
  InitTimerSafe();
  bool success = SetPinFrequencySafe(9, frequency);
  if(success) {
    pinMode(13, OUTPUT);
    digitalWrite(13, HIGH);
  }
}

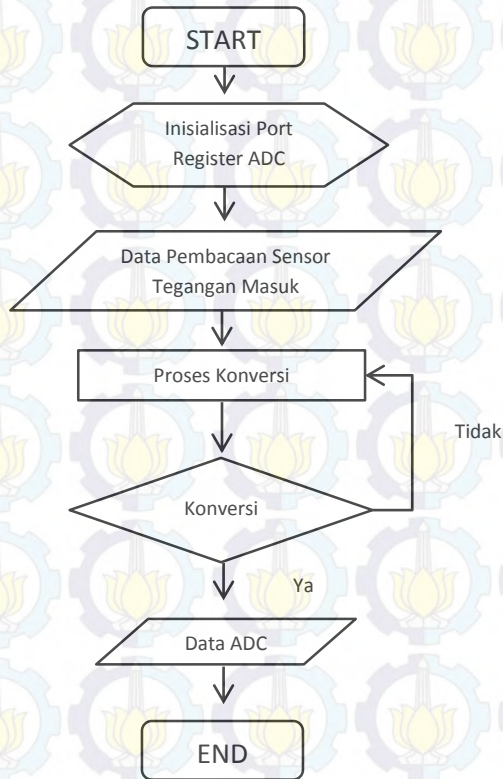
void loop()
{
  float tegBoost = ((0.0275*analogRead(A0)) + 0.0965);
  if(tegBoost<Vsp)
  {
    duty=duty+1;
  }
  if(tegBoost>Vsp)
  {
    duty=duty-1;
  }
  pwmWrite(9,duty);
}
```

Gambar 3.25 Program Pembangkitan PWM pada *Boost converter*

PWM tersebut akan dikeluarkan melalui *port* digital 9. Untuk program pembangkitan sinyal PWM digunakan fasilitas *Analog Write* berupa *pwmWrite* yang terdapat di dalam Arduino.

3.4.2 Program Sensor Tegangan

Sensor tegangan pada Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya digunakan rangkaian pembagi tegangan. Agar rangkaian pembagi tegangan ini dapat digunakan sebagai sensor tegangan, dibutuhkan program yang sesuai untuk menjalankan rangkaian ini. Berikut adalah *flowchart* untuk program pada sensor tegangan yang ditunjukkan pada Gambar 3.26.

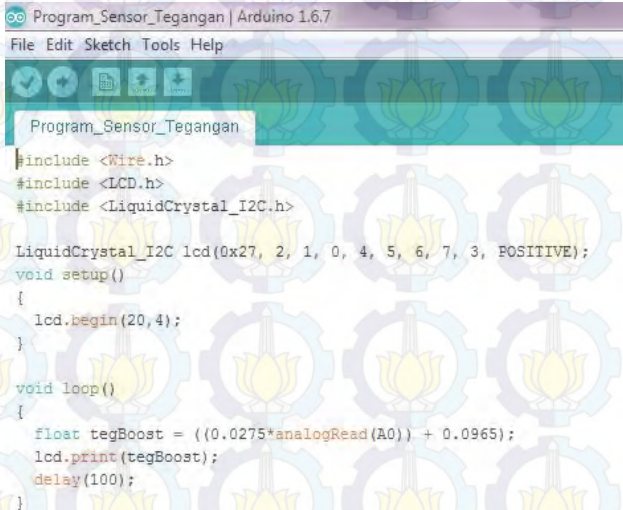


Gambar 3.26 *Flowchart* Sensor Tegangan

Pada Gambar 3.26 dapat dilihat perancangan *flowchart* untuk proses pembacaan tegangan melalui sensor tegangan pada Arduino. Untuk urutan cara kerja *flowchart* adalah sebagai berikut :

1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Pada Arduino uno terdapat 5 buah pin ADC, kelima pin ADC ini memiliki karakteristik yang sama, jadi dapat dipilih pin mana yang digunakan untuk *port* sensor tegangan.
3. Data yang masuk pada Arduino berupa tegangan akan dibaca dan dikonversi oleh Arduino, apabila tegangan yang dikonversi sudah sesuai dengan yang seharusnya, maka data akan ditampilkan dalam bentuk digital.
4. Apabila tegangan belum sesuai dengan yang seharusnya, maka data akan diolah kembali hingga data sesuai dengan yang diinginkan.

Gambar 3.27 merupakan gambar program sensor tegangan yang digunakan pada *boost converter* dimana tegangan *output* didapatkan dari rumus $V_{out} = V_{in} \times (R1 / (R1 + R2))$. Kemudian tegangan akan ditampilkan pada LCD 20x4. Nilai yang ditampilkan pada LCD berasal



```
Program_Sensor_Tegangan | Arduino 1.6.7
File Edit Sketch Tools Help
Program_Sensor_Tegangan
#include <Wire.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
void setup()
{
  lcd.begin(20, 4);
}

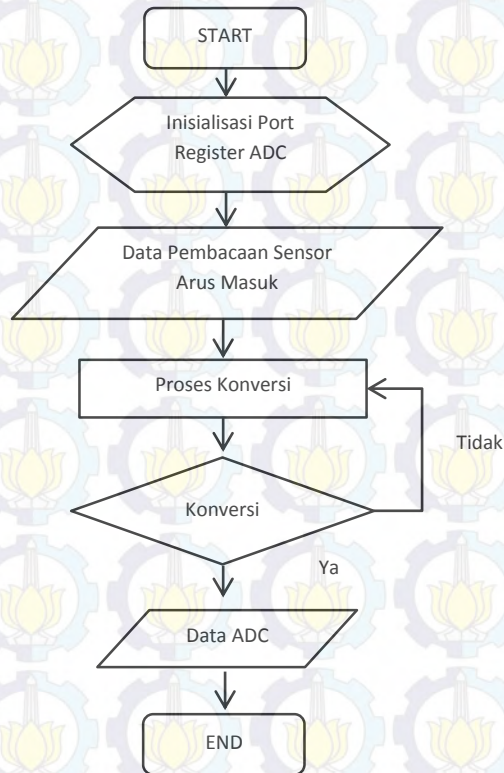
void loop()
{
  float tegBoost = ((0.0275*analogRead(A0)) + 0.0965);
  lcd.print(tegBoost);
  delay(100);
}
```

Gambar 3.27 Program Sensor Tegangan

dari nilai ADC yang terbaca pada Arduino dikalikan dengan tegangan yang dibatasi, untuk Arduino maksimal 5 Volt, lalu dibagi dengan nilai desimal dari bit Arduino, lalu dikalikan dengan tegangan referensi pada *power supply*.

3.4.3 Program Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan pada Tugas Akhir dengan judul Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya adalah ACS712-5A *Current Sensor*. ACS712-5A *Current Sensor* yang digunakan dikalibrasikan dengan menggunakan program. *Flowchart* untuk mengkalibrasi sensor arus ditunjukkan pada Gambar 3.28.



Gambar 3.28 *Flowchart* Sensor Arus

Pada Gambar 3.28 dapat dilihat perancangan *flowchart* untuk proses pembacaan arus melalui sensor arus ACS712-5A pada Arduino. Untuk urutan cara kerja *flowchart* adalah sebagai berikut :

1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Pada Arduino uno terdapat 5 buah pin ADC, kelima pin ADC ini memiliki karakteristik yang sama, jadi dapat dipilih pin mana yang digunakan untuk *port* sensor arus.
3. Data yang masuk pada Arduino berupa arus akan dibaca dan dikonversi oleh Arduino, apabila arus yang dikonversi sudah sesuai dengan yang seharusnya, maka data akan ditampilkan dalam bentuk digital.
4. Apabila arus belum sesuai dengan yang seharusnya, maka data akan diolah kembali hingga data sesuai dengan yang diinginkan.

Program kalibrasi sensor ACS712 pada Gambar 3.29 membaca nilai arus dan mengubahnya menjadi nilai tegangan yang sesuai. Nilai arus yang masuk akan dikalibrasi dengan rumus nilai = $(5/1024) \times$ nilai ADC.



```
Program_Sensor_Arus | Arduino 1.6.7
File Edit Sketch Tools Help

Program_Sensor_Arus
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
int temp=0;
float sum =0;
float AMPS_SCALE =0;
float amps=0;

void setup()
{
  lcd.begin(20,4);
}

void loop()
{
  for(int i = 0; i < 100; i++) // loop pembacaan nilai ADC sebanyak 100 x
  {
    temp=analogRead(A1); // membaca pin masukan
    sum += temp;
    delayMicroseconds(50);
  }
  sum=sum/100; // dibagi 100 agar mendapatkan nilai rata-rata

  // Kalibrasi Sensor Arus

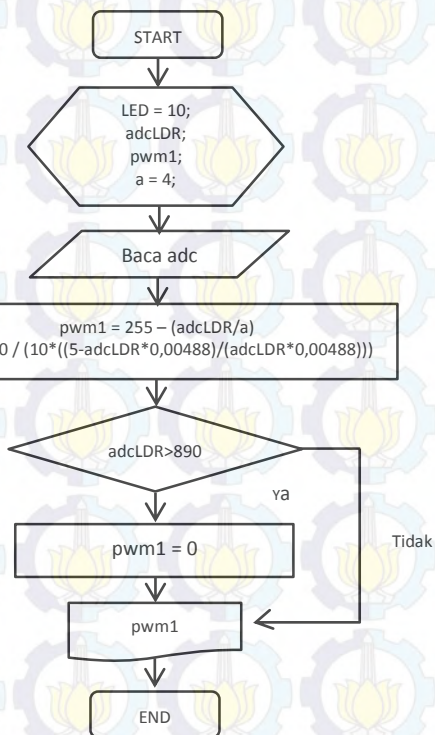
  AMPS_SCALE= 0.00488 / 0.185; //5/1024 = 0.00488 // Sensitivitas = 185mV
  amps = AMPS_SCALE*sum - 13.51; // 2.5/0.185 = 13.51
  lcd.print(amps);
  delay(100);
}
```

Gambar 3.29 Program Sensor Arus

ACS712 mempunyai tegangan *offset* sebesar 2,5 V yang artinya jika tidak ada arus yang mengalir maka ACS712 akan mengeluarkan tegangan sebesar 2,5V. Oleh karena itu untuk mendapatkan nilai arus sebenarnya, digunakan rumus arus (A) = (nilai - 2,5) / 0,185.

3.4.4 Program Sensor Cahaya

Sensor cahaya yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah sensor cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*). Pengendali penerangan lampu taman yang digunakan pada Tugas Akhir ini menggunakan LDR sebagai *transducer* yang mengubah energi cahaya ke energi listrik yang selanjutnya akan diolah oleh mikrokontroler. Adapun *flowchart* untuk rangkaian sensor cahaya ditunjukkan pada Gambar 3.30.



Gambar 3.30 Flowchart Sensor Cahaya

Pada Gambar 3.30 dapat dilihat perancangan *flowchart* untuk program sensor cahaya pada Arduino. Untuk urutan cara kerja *flowchart* adalah sebagai berikut :

1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Pada Arduino uno terdapat 5 buah pin ADC, kelima pin ADC ini memiliki karakteristik yang sama, jadi dapat dipilih pin mana yang digunakan untuk *port* sensor cahaya.
3. Data yang masuk pada Arduino berupa ADC dari LDR yang akan dibaca dan dikonversi oleh Arduino. Kemudian ADC akan diproses untuk menampilkan LUX dan PWM lampu.
4. Apabila nilai ADC LDR lebih dari 890 maka PWM lampu akan bernilai 0, dan jika ADC LDR kurang dari 890 maka PWM lampu akan memberikan nilai sesuai nilai ADC LDR.

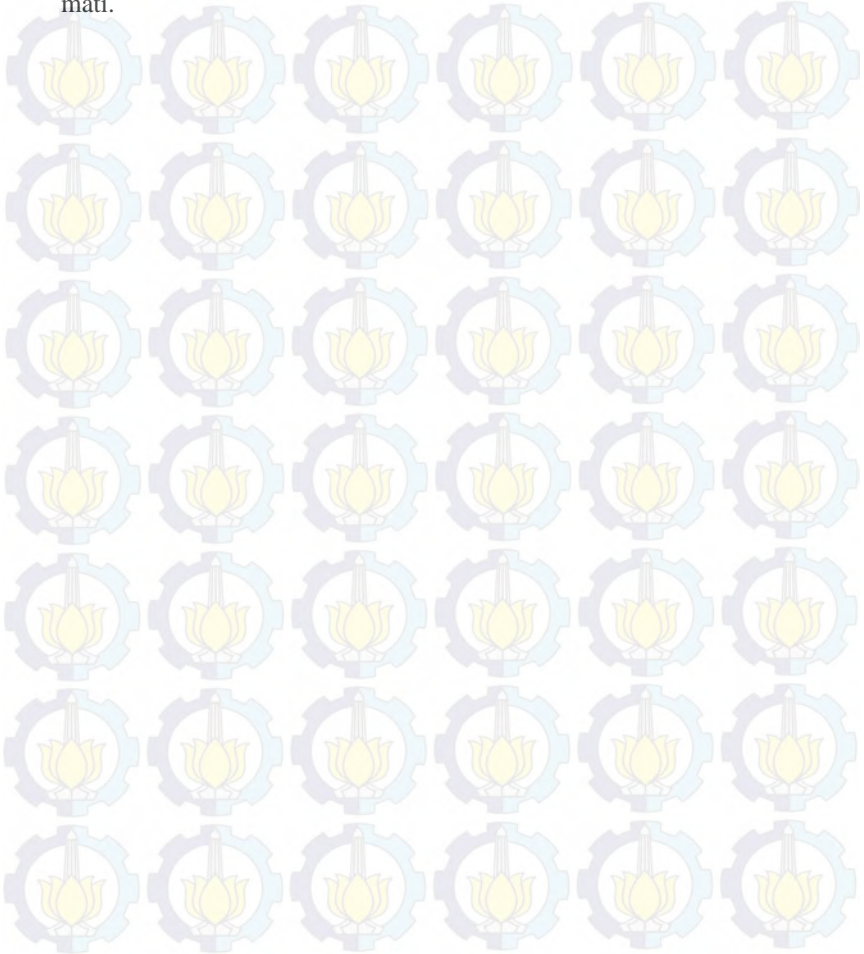
Gambar 3.31 merupakan gambar program sensor cahaya yang digunakan untuk membaca membaca nilai ADC yang masuk ke mikrokontroler melalui pin analog 3.



```
Program_Sensor_Cahaya_LDR_| Arduino 1.6.7
File Edit Sketch Tools Help
Program_Sensor_Cahaya_LDR_.$
int led = 10; // the PWM pin the LED is attached to
int pwml;
int a;
// how many points to fade the LED by
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  // declare pin 9 to be an output:
  pinMode(led, OUTPUT);
  a=4;
}
void loop() {
  long int adcLDR=analogRead(A3);
  //LDR
  double Vout=adcLDR*0.0048828125;
  int lux=500/(10*((5-Vout)/Vout));
  pwml=255.00-(adcLDR/a);
  if (adcLDR > 890)
  {
    pwml = 0;
  }
  analogWrite(led, pwml);
  delay(30);
  Serial.println(adcLDR);
  Serial.print(" ");
  Serial.print("PWM");
  Serial.print(" ");
  Serial.println(pwml);
  delay(100);
}
```

Gambar 3.31 Program Sensor Cahaya

Untuk mencari nilai tegangan yang masuk digunakan rumus $V_{out} = \text{adcLDR} * 0,00488282125$. Dari tegangan V_{out} yang masuk akan dikonversi menjadi satuan lux dengan rumus $\text{lux} = 500 / (10 * ((5 - V_{out}) / V_{out}))$. Untuk mendapatkan nilai PWM lampu digunakan rumus $\text{pwm1} = 255 - (\text{adcLDR} / 4)$. Lampu akan mulai menyala ketika nilai adcLDR 890 atau kurang, sedangkan ketika nilainya diatas 890 maka lampu akan mati.



BAB IV

ANALISA DAN PENGUJIAN

4.1 Pengujian Solar Cell

Solar cell adalah suatu alat yang mengonversi energi matahari menjadi energi listrik. Sinar matahari yang mengenai permukaan *solar cell* menghasilkan tegangan *output* yang berbeda-beda, oleh karena itu pengukuran tegangan dan arus *output* diperlukan untuk mengambil data dari *solar cell* yang nantinya akan diketahui rata-rata tegangan dan arus *output solar cell*. Pengujian *solar cell* dapat dilihat pada Gambar 4.1 Dan hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.1 akan terlihat tegangan rata-rata dan arus rata-rata yang dihasilkan *solar cell*.

Untuk mengukur nilai tegangan dan nilai arus yang dihasilkan *solar cell*, dilakukan pengujian sederhana dengan memberikan beban sesuai dengan nilai beban pada perhitungan pada *boost converter*. Beban yang diberikan berupa resistor yang disusun paralel, nilai dari beban resistor ini adalah $15,75\Omega$.

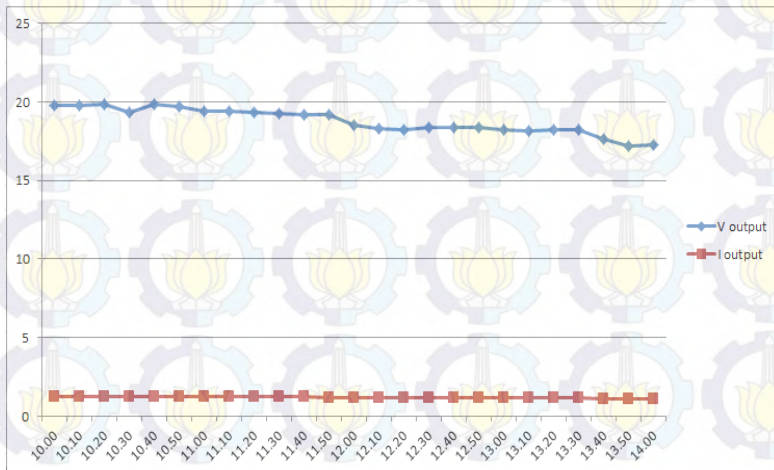


Gambar 4.1 Pengujian *Solar Cell*

Setelah *solar cell* diberikan beban, multimeter akan mengukur besarnya tegangan dan arus yang dihasilkan *solar cell*. Arus dan tegangan yang terukur dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang mengenai *solar cell*, semakin banyak cahaya matahari yang mengenai *solar cell*, maka tegangan yang dihasilkan akan semakin tinggi. Pada proses pengukuran terjadi perubahan pada nilai arus dan tegangan yang dihasilkan *solar cell*, perubahan inilah yang dijadikan acuan untuk menentukan besarnya nilai tegangan rata-rata dan arus rata-rata yang dihasilkan *solar cell*. Tabel 4.1 pada lampiran D adalah data hasil pengukuran *solar cell* yang diambil pada 26 April 2016 dan dicatat setiap 10 menit sekali.

Berdasarkan Tabel 4.1, dapat dibuat grafik perubahan tegangan *output solar cell* dan arus yang dihasilkan *solar cell* dari pukul 10.00 WIB hingga pukul 15.00 WIB yang terlihat pada Gambar 4.2.

Dari data hasil pengujian *solar cell* didapat nilai perbandingan tegangan dan arus terhadap waktu. Nilai tegangan rata-rata yang diperoleh adalah 19,15 Volt dengan arus rata-rata sebesar 1,186 Ampere. Tegangan keluaran *solar cell* tertinggi pada saat pengujian didapat pada pukul 10.00 WIB yakni 20,95 Volt dan berangsur turun hingga tegangan terendah didapat pada pukul 15.00 WIB yakni 17,25 Volt. Arus keluaran dari *solar cell* yang dibebanipun sebanding dengan tegangan keluarannya.



Gambar 4.2 Grafik V_{out} dan I_{out} yang Dihasilkan *Solar Cell*

4.2 Pengujian Solar Charge Controller

Pengujian *Solar Charge Controller* meliputi Pengujian *driver MOSFET* dan Pembangkitan PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk *boost converter*, pengujian induktor, dan pengujian *boost converter*.

4.2.1 Pengujian *Driver MOSFET* dan Pembangkitan PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk *Boost Converter*

Pada Tugas Akhir ini PWM (*Pulse Width Modulation*) yang digunakan untuk menyulut MOSFET pada rangkaian *boost converter* adalah menggunakan ATmega 328. Pada ATmega 328 ini dilengkapi dengan 6 *output* pin PWM yang berfungsi sebagai penghasil gelombang PWM. Salah satu keluaran dari PWM dimasukkan ke suatu rangkaian pemisah yaitu rangkaian *driver MOSFET*. Pada rangkaian ini menggunakan IC bertipe TLP250. Gambar 4.3 merupakan rangkaian PWM digital ATmega 328 dengan rangkaian *driver MOSFET*.

Pada Gambar 4.4 merupakan hasil gelombang tes penyulutan PWM dari mikrokontroler pada pin 9. Sesuai dengan pengaturan program yang dibuat dengan frekuensi 30KHz dan pada 3 nilai *duty cycle* yakni *duty cycle* 30%, *duty cycle* 50%, dan *duty cycle* 70%.



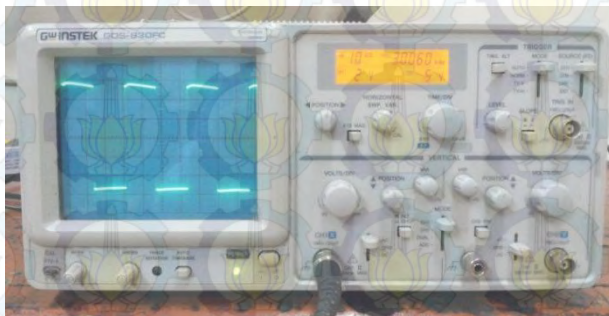
Gambar 4.3 Rangkaian *Driver MOSFET* dengan ATmega 328

Pada pengaturan program dengan *duty cycle* 30% bentuk gelombang PWM dapat ditunjukkan pada Gambar 4.4 dan didapat perhitungan sebagai berikut :

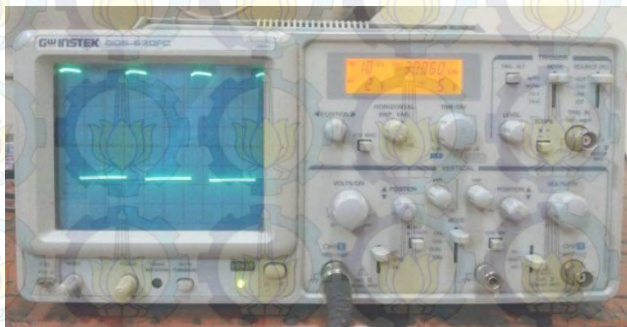
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\text{div} \times T/\text{div}} = \frac{1}{3,33 \times 10 \mu\text{s}} = \frac{1}{33,3 \mu\text{s}} = 30030 \text{ Hz}$$

Pada pengaturan program dengan *duty cycle* 50% bentuk gelombang PWM dapat ditunjukkan pada Gambar 4.5 dan didapat perhitungan sebagai berikut :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\text{div} \times T/\text{div}} = \frac{1}{3,33 \times 10 \mu\text{s}} = \frac{1}{33,3 \mu\text{s}} = 30030 \text{ Hz}$$



Gambar 4.4 PWM dengan *Duty Cycle* 30%



Gambar 4.5 PWM dengan *Duty Cycle* 50%



Gambar 4.6 PWM dengan *Duty Cycle* 70%

Dan pada pengaturan program dengan *duty cycle* 70% bentuk gelombang PWM dapat ditunjukkan pada Gambar 4.6 dan didapat perhitungan sebagai berikut :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\text{div} \times T/\text{div}} = \frac{1}{3,33 \times 10 \mu\text{s}} = \frac{1}{33,3 \mu\text{s}} = 30030 \text{ Hz}$$

4.2.2 Pengujian Induktor

Komponen induktor dirancang seperti dijelaskan pada bab 3 dan diukur dengan LCR meter. Nilai induktansi induktor yang terukur oleh LCR meter yang ditunjukkan pada Gambar 4.7 mencapai nilai yang diinginkan sesuai perhitungan. Namun, untuk tingkat kualitas belum mencapai angka pengukuran Q yang besar dikarenakan lilitan induktor yang kurang baik.

Nilai L yang ditunjukkan oleh LCR meter bernilai 1,39uH. Nilai tersebut memiliki nilai yang berbeda dari desain yaitu 1,118uH. Nilai hasil pengujian tersebut diperbolehkan karena nilai induktor masih dalam toleransi dari nilai induktor perencanaan dan masih dapat bekerja.



Gambar 4.7 Hasil Pengukuran Induktansi dengan LCR Meter



Gambar 4.8 Pengujian *Boost Converter* Tanpa Kontrol Beban Baterai

4.2.3 Pengujian *Boost Converter* Tanpa Kontrol

Pengujian rangkaian *boost converter* digunakan untuk mengetahui respon *converter* terhadap perubahan *duty cycle inputnya* dan bagaimana performa dari *boost converter* yang dilihat dari nilai *error* dan juga efisiensinya. Pengujian *boost converter* tanpa kontrol dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Pengujian dilakukan dengan dua macam beban yakni beban resistor $15,75\Omega$ dan beban baterai. Pada pengujian ini V_{output} dari *boost converter* dijaga tetap pada nilai 28,8 Volt. Hasil pengujian rangakain *boost converter* dengan beban resistor $15,75\Omega$ dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2Hasil Pengujian *Boost Converter* Beban Resistor 15,75 Ω

D	V _{in} (V)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	I _{out} (A)	P _{in}	P _{out}	$\eta\%$	% Error
10%	27,20	2	28,80	1,75	54,40	50,40	92,67	0
15%	25,96	2,1	28,75	1,74	54,52	50,02	91,76	0,17
20%	24,41	2,3	28,78	1,74	56,14	50,08	89,20	0,07
25%	23,17	2,5	28,72	1,74	56,77	49,98	88,03	0,28
30%	21,93	2,8	28,77	1,74	60,31	50,06	83,08	0,10
35%	20,00	2,9	28,03	1,70	58,00	47,65	82,16	2,67
40%	18,27	3,2	27,21	1,65	58,46	44,89	76,79	5,52
45%	17,40	3,8	27,35	1,66	66,47	45,40	68,30	5,03
50%	15,03	3,8	24,82	1,51	57,41	37,47	65,28	13,8
55%	11,03	3,3	20,12	1,28	35,96	25,75	71,63	30,1
60%	10,25	3,6	19,38	1,17	36,90	22,67	61,45	32,7

Tabel 4.3Hasil Pengujian *Boost Converter* Beban Baterai (ACCU)

D	V _{in} (V)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	I _{out} (A)	P _{in}	P _{out}	$\eta\%$	% Error
10%	26,27	1,5	28	1,30	39,41	37,44	92,37	2,7
15%	24,94	1,6	28	1,30	39,90	36,40	91,22	2,7
20%	23,46	1,7	28	1,24	39,88	34,72	87,06	2,7
25%	22,19	1,7	28	1,25	37,72	35,00	92,78	2,7
30%	20,73	1,7	28	1,19	35,24	33,32	94,55	2,7
35%	19,40	1,9	28	1,14	36,86	31,92	86,60	2,7
40%	18,34	2,1	28	1,17	38,51	32,76	85,06	2,7
45%	16,23	2,1	28	0,94	34,08	26,32	77,22	2,7
50%	15,25	2,1	28	0,90	32,03	25,20	78,69	2,7
55%	13,84	2,4	28	0,80	33,22	22,40	67,44	2,7
60%	12,61	2,4	28	0,80	30,26	22,40	74,01	2,7

Sedangkan hasil pengujian rangkaian *boost converter* dengan beban berupa baterai dapat dilihat pada Tabel 4.3.

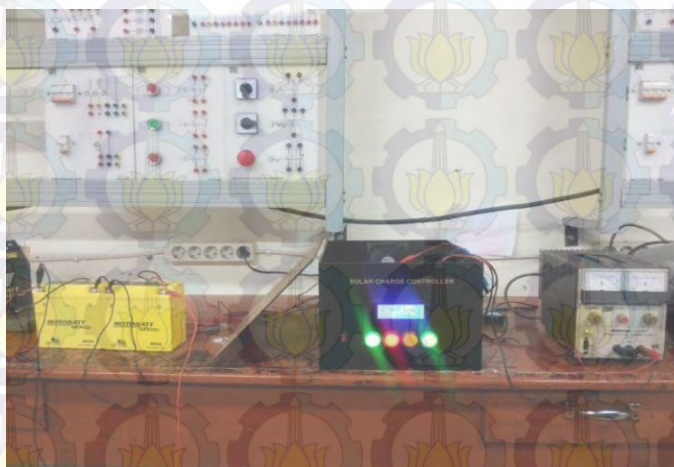
Berdasarkan Tabel 4.2 presentase efisiensi tertinggi mencapai 92,67% ketika dibebani resistor. *Error* tegangan *output* berkisar 0–32,7%. *Error* yang semakin besar disebabkan karena arus input yang mencapai 3 Ampere lebih sedangkan *power supply* hanya mampu

menahan arus maksimal 3 Ampere. Sehingga, tegangan *output* akan mengalami *drop*. Pada Tabel 4.3 hasil pengujian *boost converter* ketika dibebani baterai hampir sama dengan hasil pengujian ketika dibebani resistor 15,75 Ω . Efisiensi juga turun ketika *duty cycle*-nya dinaikkan. Hal tersebut sudah sesuai dengan teori efisiensi terhadap perubahan *duty cycle*. Dari analisa di atas, dapat disimpulkan bahwa *boost converter* sudah bekerja dengan baik.

4.2.4 Pengujian *Boost Converter* dengan Kontrol

Pengujian *boost converter* dengan kontrol dapat dilihat pada Gambar 4.9.

Setelah mengetahui respon *converter* terhadap *duty cycle input*nya dan bagaimana performa *boost converter*, dilakukan pengujian *boost converter* dengan kontrol (*closed loop*) yang dibebani dua buah baterai 9Ah 12 Volt yang disusun secara seri. Kontrol yang dimaksud adalah kontrol *increment* atau *decrement* terhadap nilai *duty cycle*. Arus *output* diatur bernilai 0,5 Ampere untuk batas bawah dan 1,5 Ampere untuk batas atas. Peralatan yang digunakan berupa *power supply* 32 Volt 3Ampere, dan *Multimeter* Sanwa CD800a. Hasil pengujian rangkaian *boost converter* dengan kontrol dapat dilihat pada Tabel 4.4.



Gambar 4.9 Pengujian *Boost Converter* dengan Kontrol

Tabel 4.4Hasil Pengujian *Boost Converter* dengan Kontrol

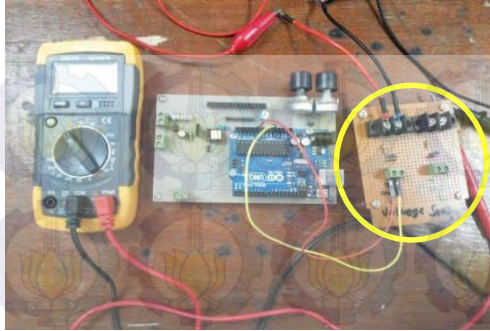
D	V_{in} (V)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	I_{out} (A)	P_{in}	P_{out}	$\eta\%$	% Error
10%	26,62	1,8	28	1,30	47,92	36,40	75,96	2,7
20%	23,81	2,2	28	1,35	52,38	37,80	72,16	2,7
30%	21,42	2,6	28	1,38	55,69	38,64	69,38	2,7
40%	19,02	3,2	28	1,40	60,86	39,20	64,41	2,7
50%	15,79	2,8	28	1,00	44,21	28,00	63,33	2,7
60%	13,50	3,1	28	0,91	41,85	25,48	60,88	2,7

Berdasarkan Tabel 4.4 terlihat bahwa hasil pengujian *boost converter* dengan kontrol tidak berbeda jauh dengan pengujian *boost converter* tanpa kontrol. Yang sedikit membedakan adalah efisiensi semakin turun mencapai 75,96%. Hal ini disebabkan karena arus *output boost converter* dibatasi dengan nilai minimal 0,5 Ampere dan nilai maksimal 1,5 Ampere. Arus *output* dibatasi bertujuan agar arus *charging* baterai tidak terlalu besar, karena arus *charging* yang besar dapat merusak baterai.

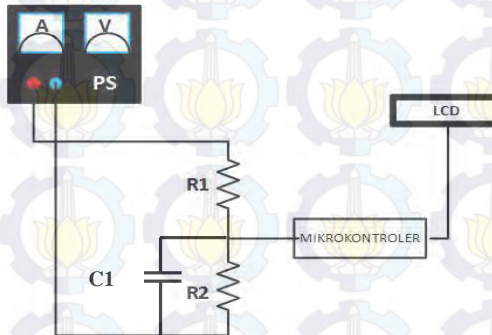
4.3 Pengujian Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian pembagi tegangan seperti pada Gambar 4.11 adalah rangkaian yang terdiri dari dua buah resistor yang disusun seri, resistor yang dipasang pada rangkaian pembagi tegangan memiliki nilai yang masing-masing berbeda. Resistor ini berfungsi untuk menentukan tegangan yang mengalir pada setiap resistor.

Pengujian sensor tegangan yang ditunjukkan pada Gambar 4.10 menggunakan rangkaian pembagi tegangan adalah dengan menyambungkan *input* pada rangkaian pembagi tegangan dengan *power supply* yang dilengkapi dengan potensiometer. Tegangan yang keluar dari *power supply* diatur dengan menggunakan potensiometer, dan tegangan *output* yang terukur akan terbaca dengan menggunakan mikrokontroler ATmega 328 dan dimunculkan pada LCD. Gambar 4.11 menunjukkan rangkaian pengujian sensor tegangan.



Gambar 4.10 Pengujian Sensor Tegangan



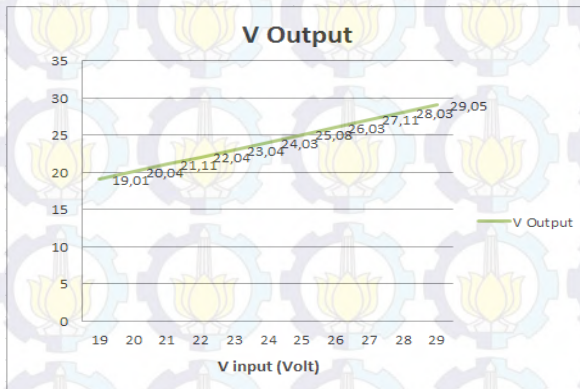
Gambar 4.11 Rangkaian Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian pada sensor tegangan menggunakan fasilitas ADC pada mikrokontroler, tegangan *output* pada rangkaian pembagi tegangan ditampilkan pada LCD. Hasil yang ditampilkan pada LCD pada Gambar 4.11, berupa tegangan *output* sensor dan resolusi ADC. Hasil dari tegangan *output* sensor dan resolusi ADC dibuat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5

Data Hasil Pengukuran Sensor Tegangan

V_{in} (V)	V_{out} Sensor (V)	$Error = (V_{in} - V_{out} \text{ sensor})$	Presentase (%)
19	19,01	0,01	0,05
20	20,04	0,04	0,20
21	21,11	0,11	0,52
22	22,04	0,04	0,19
23	23,04	0,04	0,17
24	24,03	0,03	0,13
25	25,08	0,08	0,32
26	26,03	0,03	0,12
27	27,11	0,11	0,41
28	28,03	0,03	0,11
29	29,05	0,05	0,17



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Tegangan *Input* dan Tegangan *Output* Yang Dihasilkan Sensor

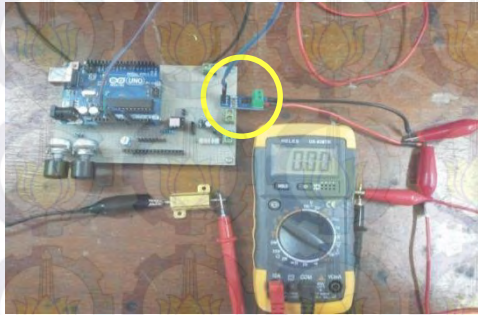
Berdasarkan Tabel 4.2 data hasil pengukuran sensor tegangan yang telah didapat dibuat grafik berupa perbandingan tegangan *output* dengan resolusi ADC. Serta grafik *error* serta persentasenya seperti Gambar 4.12. Pada Gambar 4.12 Grafik pengukuran sensor tegangan, didapatkan nilai tegangan *output* dengan tegangan *input* yang terukur hampir sama

atau mendekati. Jadi dapat dikatakan bahwa sensor tegangan telah berhasil.

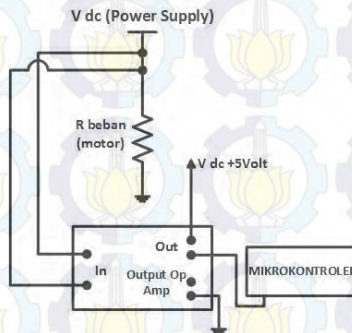
4.4 Pengujian Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah sensor arus tipe ACS 712. Pengujian sensor arus yang ditunjukkan pada Gambar 4.13 bertujuan untuk mengambil data arus yang dapat terbaca oleh sensor arus dengan tegangan dan beban yang berbeda-beda.

Pada pengujian sensor arus, sensor arus yang akan diuji diberikan beban dan dihubungkan pada mikrokontroler sebagai pengendali sensor. Gambar 4.14 adalah rangkaian untuk pengujian sensor arus.



Gambar 4.13 Pengujian Sensor Arus



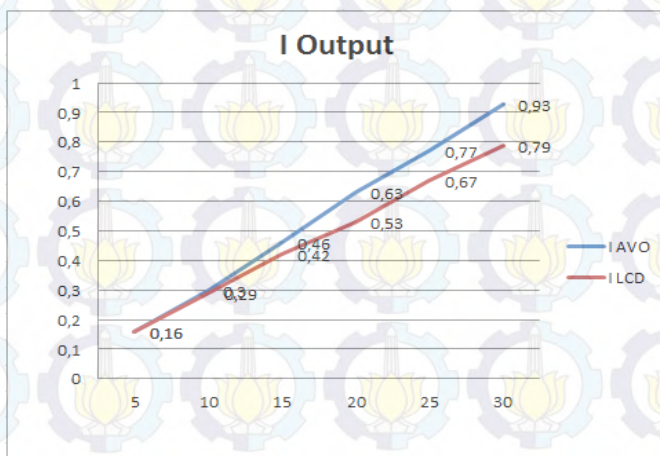
Gambar 4.14 Rangkaian Pengujian Sensor Arus

Pada pengujian sensor arus digunakan beban resistor 31,5 Ω 25 Watt. Sumber tegangan pada pengujian sensor arus yaitu *power supply* variabel. Untuk menguji besarnya arus yang dapat diukur oleh sensor arus, beban dialirkan tegangan *input* yang berbeda-beda. Dari pengujian yang dilakukan didapat data seperti Tabel 4.6.

Dari data yang didapat pada saat pengukuran sensor arus, dapat dibuat grafik garis perbandingan antara hasil arus yang terukur pada sensor arus dan arus yang sebenarnya, Gambar 4.13 merupakan grafik hasil pengukuran sensor arus.

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Sensor Arus

V (V)	R (Ω)	Arus AVO (A)	Arus LCD (A)	Error	Presentase (%)
5	31,5	0,16	0,16	0	0
10	31,5	0,30	0,29	0,01	1
15	31,5	0,46	0,42	0,04	4
20	31,5	0,63	0,53	0,10	10
25	31,5	0,77	0,67	0,10	10
30	31,5	0,93	0,79	0,14	14



Gambar 4.15 Grafik Pengukuran Sensor Arus

Pada Gambar 4.15 Grafik pengukuran sensor arus, didapatkan nilai arus yang terukur dan nilai arus yang sebenarnya hampir sama atau mendekati. Jadi dapat dikatakan bahwa sensor arus telah berhasil.

4.5 Pengujian Sensor Cahaya (LDR)

Pengujian rangkaian sensor cahaya terdiri dari beberapa rangkaian seperti sensor cahaya, *driver* lampu, dan mikrokontroler Arduino. Peralatan lain yang dibutuhkan adalah *Multimeter*, *power supply*, dan lampu DC. Pada pengujian sensor cahaya akan dibandingkan dengan pembacaan *Luxmeter*. Pengujian dilakukan pada ruang AA104 dengan jarak LDR dan *Luxmeter* diubah-ubah terhadap kondisi nyala lampu yang diinginkan namun nyala sumber cahaya dikondisikan tetap. Berikut adalah pengujian rangkaian sensor cahaya yang ditunjukkan pada Gambar 4.16.

Dari hasil pengujian sensor cahaya didapatkan data ADC yang masuk ke mikrokontroler yang ditunjukkan pada Tabel 4.7.

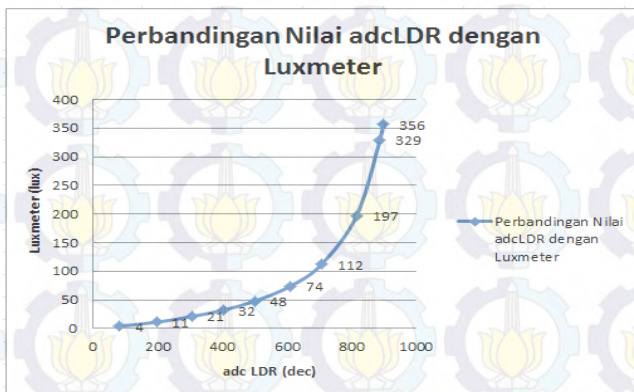


Gambar 4.16 Rangkaian Pengujian Sensor Cahaya

Tabel 4.7

Hasil Pengujian Sensor Cahaya

No	Kondisi Nyala Lampu	Nilai ADC Sensor LDR (Dec)	Nilai <i>Luxmeter</i> (Lux)
1	92%	80	4
2	80%	198	11
3	70%	306	21
4	60%	403	32
5	50%	502	48
6	40%	612	74
7	30%	708	112
8	20%	817	197
9	12%	889	329
10	0%	899	356

**Gambar 4.17** Grafik Perbandingan Nilai adcLDR dengan *Luxmeter*

Dari hasil yang diperoleh pada Tabel 4.6 didapatkan grafik perbandingan nilai adcLDR dengan *Luxmeter* yang ditunjukkan pada Gambar 4.17.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.17 menunjukkan hasil bahwa nilai Lux sebanding dengan nilai adc LDR. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat LDR menerima intensitas cahaya yang tinggi maka resistansi LDR menjadi rendah. Sehingga nilai resistansi yang turun menyebabkan tegangan V_{out} naik. Tegangan tersebut akan masuk ke mikrokontroler

dan dikonversi menjadi nilai adc LDR. Dengan demikian nilai tegangan V_{out} sama dengan nilai adc LDR. Pada saat intensitas cahaya yang diterima LDR rendah, LDR memiliki resistansi yang tinggi sehingga menyebabkan nilai tegangan keluarannya juga rendah.

4.6 Pengujian Keseluruhan Sistem

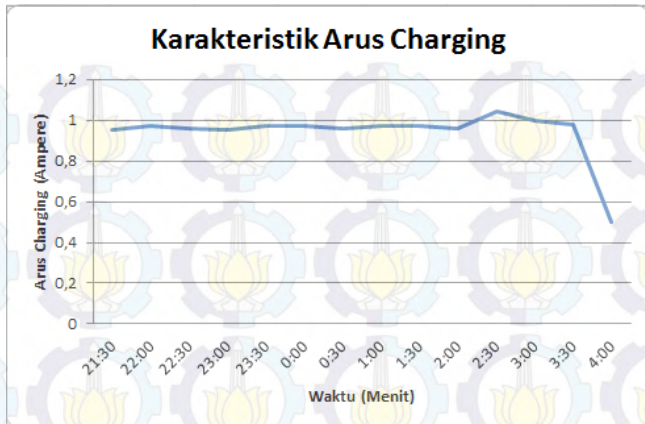
Pengujian keseluruhan adalah pengujian dari keseluruhan sistem. Pada pengujian keseluruhan terdapat tiga tahap, tahap pertama adalah pengujian keseluruhan sistem dengan menggunakan sumber *power supply*, tahap kedua pengujian keseluruhan sistem dengan menggunakan sumber *solar cell*, dan tahap ketiga adalah pengujian konsumsi daya lampu taman pada prototipe.

4.6.1 Pengujian Keseluruhan Sistem Menggunakan Sumber *Power Supply*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon arus, tegangan, *duty cycle* dan efisiensi dari sistem. Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan *input* ke *solar charge controller* melalui *power supply* 32 Volt 4 Ampere. *Solar charge controller* dihubungkan dengan dua buah baterai masing-masing 12 Volt 9Ah yang disusun seri, serta dirangkai dengan miniatur taman yang tersusun dari 6 buah lampu dan 3 buah LDR. Adapun beberapa peralatan yang digunakan pada pengujian ini antara lain, *power supply*, *multimeter*, dan laptop. Pengujian ini dilakukan pada 24 Mei 2016 pukul 21.30 WIB yang bertempat di Laboratorium Elektronika Terapan. Pada Gambar 4.18 merupakan gambar pengujian keseluruhan sistem menggunakan *power supply*.



Gambar 4.18 Pengujian Keseluruhan Sistem Menggunakan Sumber *Power Supply*



Gambar 4.19 Grafik Karakteristik Arus Charging Sumber *Power Supply*

Gambar 4.19 merupakan grafik arus *charging* dengan sumber *power supply*. Pada lampiran D, Tabel 4.8 merupakan data hasil pengujian seluruh sistem menggunakan *power supply*. Oc pada kolom I (indikator) menunjukkan kondisi *on charging* sedangkan Fc menunjukkan kondisi *fully charged*. Pengujian ini dilakukan dalam kondisi intensitas cahaya tetap dengan tegangan rata-rata *charging* sebesar 26,34 Volt. Namun dalam perencanaan awal, tegangan *charging* yang digunakan adalah 28,8 Volt. Hal ini dikarenakan tegangan *charging* menyesuaikan dengan arus *charging* baterai yang digunakan yaitu maksimal 1,8 Ampere. Efisiensi maksimal yang dihasilkan adalah 77,1% ketika *duty cycle* 17%, sedangkan pada saat *duty cycle* 45% menghasilkan efisiensi minimum sebesar 62,5%, sehingga rata-rata efisiensi yang didapat adalah sebesar 69,64%. Semakin besar *duty cycle* maka efisiensi yang dihasilkan semakin kecil. Lama waktu pengecasan baterai 6,5 jam dengan kondisi awal tegangan baterai sebesar 23,95 Volt dan kondisi akhir tegangan baterai sebesar 25,48 Volt.

Pada saat pengujian dilakukan kondisi intensitas cahaya sebesar 36 Lux sehingga lampu taman menyala dengan PWM 58%.

4.6.2 Pengujian Keseluruhan Sistem Menggunakan *Solar Cell*

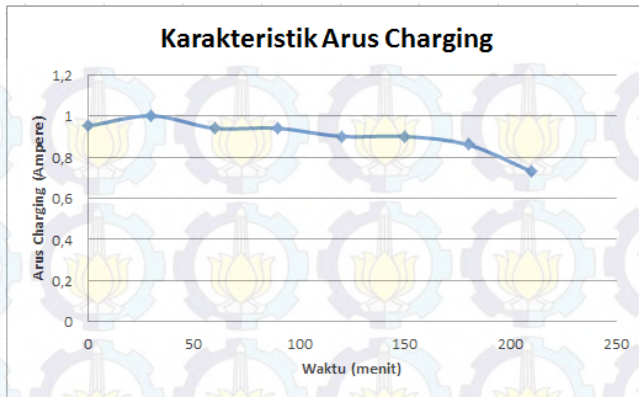
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan efisiensi antara *power supply* dengan *solar cell* serta karakteristik pengisian

baterai. Pengujian dilakukan dengan menyambungkan *solar charge controller* dengan *solar cell* 80 WP, dua buah baterai masing-masing 12 Volt 9Ah disusun seri dan miniatur lampu taman. Adapun peralatan yang digunakan antara lain, *multimeter*, *solar cell* beserta tiang penyangga dan laptop. Gambar 4.20 merupakan gambar pengujian keseluruhan sistem menggunakan *solar cell*. Pengambilan data dilakukan pada 26 Mei 2016.

Pada lampiran D, Tabel 4.9 merupakan data hasil pengujian keseluruhan sistem menggunakan *solar cell*. Oc pada kolom I (indikator) menunjukkan kondisi *on charging* sedangkan Fc menunjukkan kondisi *fully charged*. Pengujian dilakukan pada pukul 10.30 WIB dengan kondisi awal tegangan baterai 24,2 Volt. Efisiensi maksimum yang dihasilkan sebesar 70,1% pada *duty cycle* 36% sedangkan efisiensi minimum yang dihasilkan adalah sebesar 60,8% pada *duty cycle* 60%, sehingga rata-rata efisiensi yang dihasilkan adalah sebesar 64,99%. Efisiensi menggunakan sumber *solar cell* lebih kecil sekitar 4,65% dibandingkan dengan efisiensi ketika menggunakan sumber *power supply*. Hal ini disebabkan karena daya pada *solar cell* berubah-ubah sesuai dengan intensitas cahaya matahari yang diterima oleh *solar cell* pada saat itu. Tegangan *charging* yang dihasilkan rata-rata sebesar 26,24 Volt dengan arus *charging* rata-rata sebesar 0,9 Ampere. Arus *charging* kemudian akan turun seiring bertambahnya kapasitas baterai. Gambar 4.21 merupakan grafik karakteristik arus *charging* dengan menggunakan sumber *solar cell*.



Gambar 4.20 Pengujian Keseluruhan Sistem Menggunakan *Solar Cell*



Gambar 4.21 Grafik Karakteristik Arus Charging Sumber Solar Cell

Arus *charging* pada Gambar 4.20 masih dalam toleransi arus *charge* maksimal baterai karena masih dalam *range* 20% dari Ah baterai. Setelah diisi selama 3,5 jam, tegangan baterai meningkat mencapai 25,11 Volt. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa sistem *charging* dapat bekerja secara fungsional untuk pengisian baterai.

Pada saat pengujian dilakukan kondisi intensitas cahaya rata-rata sebesar 1650,125 Lux sehingga lampu taman menyala dengan PWM 0%. Hal tersebut menandakan bahwa sistem kontrol lampu sudah bekerja dengan baik.

4.7 Pengujian Kontrol Lampu Taman

Pengujian kontrol lampu bertujuan untuk mengetahui perbandingan konsumsi daya antara sistem lampu taman yang dikontrol dengan sistem lampu taman yang tidak dikontrol. Pengujian dilakukan pada 29 Mei 2016 pada pukul 05.00 WIB dan pukul 17.00 WIB dengan mengambil dua kondisi yakni pada saat kondisi menjelang pagi hari dan kondisi menjelang malam hari. Kondisi tersebut dipilih dengan alasan adanya perubahan intensitas cahaya sekitar yang cukup signifikan selama waktu tertentu yang berpengaruh pada nyala-matinya lampu taman yang dikontrol.

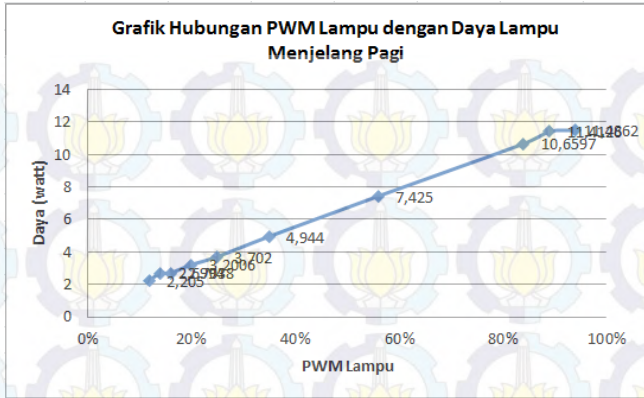
Kondisi pertama, pengujian dilakukan menjelang pagi hari. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui konsumsi daya rata-rata lampu serta kapan lampu mulai mati. Tabel 4.10 merupakan hasil

pengujian sistem lampu yang dikontrol pada pukul 5.00 WIB hingga pukul 06.30 WIB.

Data pada Tabel 4.10 diambil selama 1,5 jam. Pada pukul 05.00 WIB, didapatkan nilai intensitas cahaya sebesar 2 lux dan PWM lampu 94%. Tegangan yang dikonsumsi lampu sebesar 24,97 Volt dengan arus 0,46 Ampere. Setelah pukul 06.30, nilai intensitas cahaya dan PWM lampu yang terbaca di lcd adalah 343 lux dan 12%. Lampu mengonsumsi tegangan sebesar 24,50 Volt dengan arus 0,09 Ampere. Daya rata-rata yang dikonsumsi lampu selama 1,5 jam sebesar 6,04 Watt, sehingga energi yang terpakai adalah 9,06 Wh. Pada kondisi menjelang pagi hari dapat dilihat bahwa PWM lampu berangsur-angsur berkurang hingga bernilai 0% dikarenakan lux yang menandakan intensitas cahaya semakin meningkat. Gambar 4.22 merupakan grafik hubungan PWM lampu dengan daya lampu.

Tabel 4.10 Pengujian Sistem Kontrol Lampu Menjelang Pagi Hari

Pukul	Lux	PWM Lampu	Vbaterai (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
05:00	2	94%	24,97	0,46	11,49
05:10	5	89%	24,81	0,46	11,41
05:20	9	84%	24,79	0,43	10,66
05:30	38	56%	24,75	0,30	7,43
05:40	89	35%	24,72	0,20	4,94
05:50	149	25%	24,68	0,15	3,70
06:00	193	20%	24,62	0,13	3,20
06:10	245	16%	24,58	0,11	2,70
06:20	293	14%	24,54	0,11	2,70
06:30	343	12%	24,50	0,09	2,21



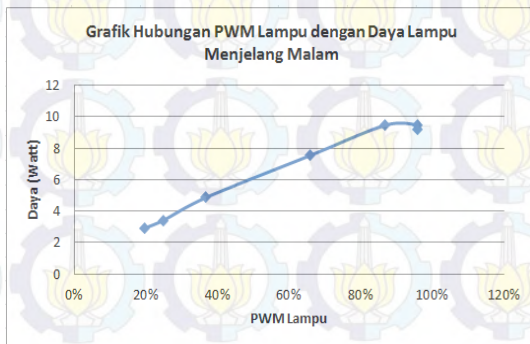
Gambar 4.22 Grafik Hubungan PWM Lampu dengan Daya Lampu Menjelang Pagi Hari

Dari grafik pada Gambar 4.22, dapat disimpulkan bahwa nilai (%)PWM lampu sebanding dengan daya konsumsi lampu. Semakin besar PWM lampu maka semakin besar pula daya yang dikonsumsi lampu. Konsumsi energi lampu dengan sistem kontrol sebesar 9,06 Wh kemudian dibandingkan dengan energi yang dikonsumsi lampu tanpa dilengkapi sistem kontrol. Lampu tanpa kontrol diasumsikan mengonsumsi tegangan rata-rata selama 1,5 jam sebesar 24,696 Volt dengan arus rata-rata 0,45 Ampere, sehingga energi yang dihasilkan sebesar 16,67 Wh. Dengan demikian terjadi penghematan energi sebesar $16,67 - 9,06 = 7,61$ Wh.

Kondisi kedua, pengujian dilakukan menjelang malam hari. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui konsumsi rata-rata daya lampu dan kapan lampu mulai menyala. Tabel 4.11 merupakan hasil pengujian sistem lampu yang dikontrol pada pukul 16.50 WIB hingga pukul 17.50 WIB.

Tabel 4.11 Pengujian Sistem Kontrol Lampu Menjelang Malam Hari

Pukul	Lux	PWM Lampu	Vbaterai (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
16:50	178	20%	24,46	0,12	2,93
17:00	141	25%	24,45	0,14	3,42
17:10	84	37%	24,40	0,20	4,88
17:20	25	66%	24,34	0,31	7,55
17:30	7	87%	24,28	0,39	9,47
17:40	2	96%	24,22	0,39	9,45
17:50	2	96%	24,18	0,38	9,19



Gambar 4.23 Grafik Hubungan PWM Lampu dengan Daya Lampu Menjelang Malam Hari

Data pada Tabel 4.11 diambil selama 1 jam. Pada pukul 16.50 WIB, didapatkan nilai intensitas cahaya sebesar 178 lux dan PWM lampu 20%. Tegangan yang dikonsumsi lampu sebesar 24,46 Volt dengan arus 0,12 Ampere. Setelah pukul 17.50, nilai intensitas cahaya dan PWM lampu yang terbaca di lcd adalah 2 lux dan 96%. Lampu mengonsumsi tegangan sebesar 24,18 Volt dengan arus 0,38 Ampere. Daya rata-rata yang dikonsumsi lampu selama 1 jam sebesar 6,69 Watt, sehingga energi yang terpakai adalah 6,69 Wh. Pada kondisi menjelang malam hari dapat dilihat bahwa PWM lampu berangsur-angsur bertambah hingga bernilai 96% dikarenakan lux yang menandakan

intensitas cahaya semakin berkurang Gambar 4.23 merupakan grafik hubungan PWM lampu dengan daya lampu.

Dari grafik pada Gambar 4.23, seperti halnya grafik pada Gambar 4.18 dapat disimpulkan bahwa nilai (%) PWM lampu sebanding dengan daya konsumsi lampu. Semakin besar PWM lampu maka semakin besar pula daya yang dikonsumsi lampu. Konsumsi energi lampu dengan sistem kontrol sebesar 6,69 Wh kemudian dibandingkan dengan energi yang dikonsumsi lampu tanpa dilengkapi sistem kontrol. Lampu tanpa kontrol diasumsikan mengonsumsi tegangan rata-rata selama 1 jam sebesar 24,33 Volt dengan arus rata-rata 0,39 Ampere, sehingga energi yang dihasilkan sebesar 9,48 Wh. Dengan demikian terjadi penghematan energi sebesar $9,48 - 6,69 = 2,79$ Wh.

Dari semua pengujian dan analisa pada bab 4, *solar charge controller* dapat *men-charging* baterai selama kurang lebih 3,5 – 4 jam dengan tegangan *charging* rata-rata sebesar 26,24 Volt dan arus *charging* rata-rata sebesar 0,9 Ampere. Pada kedua kondisi pengujian sistem kontrol lampu, didapatkan penghematan daya sebesar $7,61 + 2,79 = 10,4$ Wh selama sehari (24 jam). Jadi dapat disimpulkan bahwa kinerja sistem sudah bekerja sebagaimana mestinya.

BAB V

PENUTUP

Bab penutup ini berisi kesimpulan yang diperoleh selama proses pembuatan alat Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya, kesimpulan dari hasil pengujian dan analisa data, serta saran untuk pengembangan alat ini kedepannya.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari Tugas Akhir dengan judul Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya adalah :

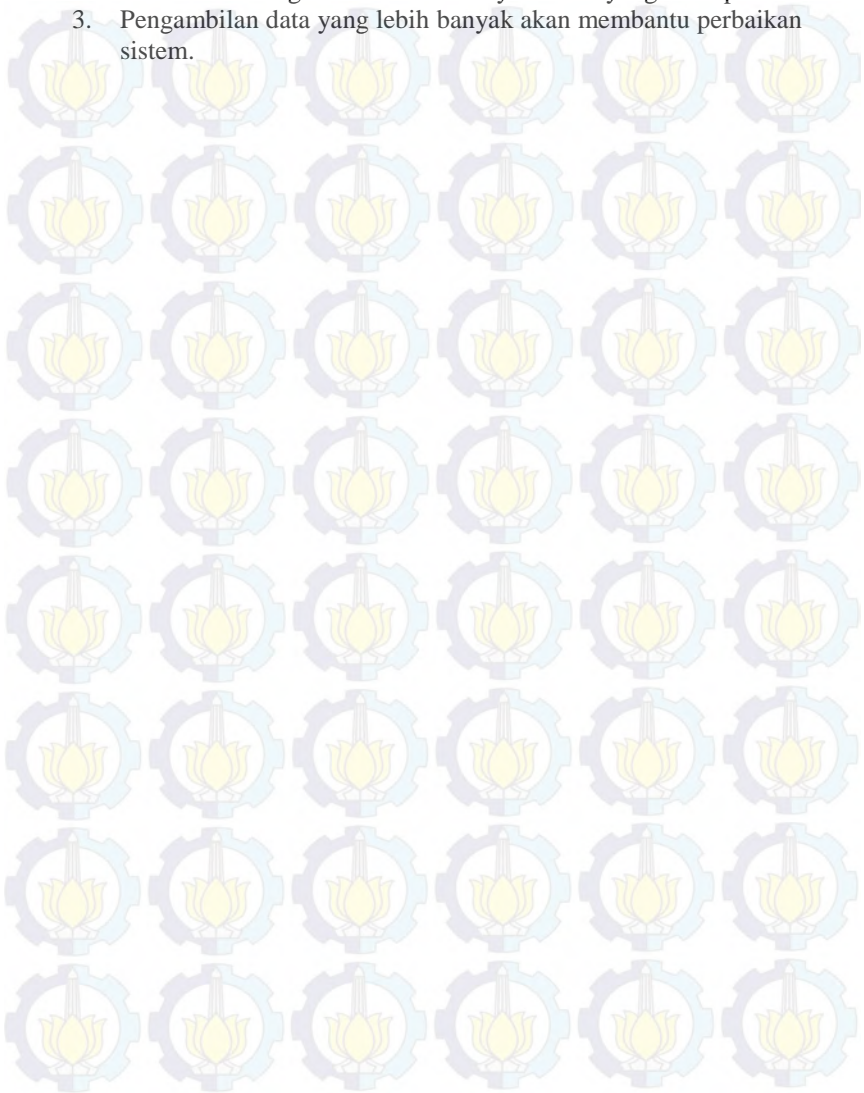
1. Panel Surya 80 WP menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 19,15 Volt dan arus rata-rata sebesar 1,186 Ampere ketika dibebani resistor 15,75 Ω .
2. *Boost converter* yang telah dibuat telah mampu menaikkan tegangan dari panel surya yang bernilai 10-20 Volt. Efisiensi *boost converter* mencapai 70,1 % ketika diberi sumber panel surya, sedangkan menggunakan sumber *power supply* efisiensi dapat mencapai 77,1%. Kerja *duty cycle* terbesar hanya mencapai 60%
3. *Solar Charge Controller* dapat digunakan untuk mengisi dua buah baterai berkapasitas 9Ah dengan tegangan *charging* maksimum sebesar 27 Volt dengan arus keluaran maksimum 1 Ampere. Arus pengisian baterai turun hingga 0,73 Ampere selama 3,5 jam pengisian dengan pengambilan data setiap 30 menit.
4. Sistem kontrol lampu dapat menghemat konsumsi energi sebesar 10,4 Wh ketika terjadi perubahan intensitas cahaya sekitar sehingga PWM lampu dapat menyesuaikan. Sedangkan lampu yang tidak dilengkapi dengan sistem kontrol akan menyalakan lampu dengan PWM 100%.

5.2 Saran

Saran untuk proses desain alat Sistem Pengaturan Lampu Taman Bertenaga Surya adalah :

1. Desain dan pembuatan induktor yang lebih baik. Karena desain yang kurang baik akan mengakibatkan *losses* pada *Battery Charger*.

2. Penambahan sensor cahaya LDR disetiap titik akan memberikan tingkat intensitas cahaya sekitar yang lebih presisi.
3. Pengambilan data yang lebih banyak akan membantu perbaikan sistem.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mukund R. Patel. 1999. "Wind and Solar Power System". New York: US Merchant Marine Academy Kings Point. hal. 132-144.
- [2] I. Tuck, Clive D. S. 1991. "Modern Battery Technology". Great Britain. Ellis Horwood Limited.
- [3] Bergveld Jan Henk, Danilov Dmitry, Notten H.L Paul, Regtien P.L Paul, Pop Veler. 2008. "Battery Management System Accurate State-of-Charge Indication for Battery-Powered Application". Netherland: Springer.
- [4] Datasheet REC 17-12 Yuasa, 2007 "NP SERIES - NP17-12", Yuasa Battery Corp, diakses pada 20 April 2016. Alamat www.aetes.com.
- [5] Syahwil, Muhammad. 2013. "Panduan Mudah Simulasi & Praktek Mikrokontroler Arduino". Yogyakarta: ANDI.
- [6] Zainal Salam. 2003. "Power Electronics and Drives" : UTM, TB.
- [7] Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins. 1989. "Power Electronics: Converters, Applications, and Design". Canada : John Wiley & Sons, Inc. hal 16-19 dan hal 75-81
- [8] Wu, Keng C. 1996. "Pulse Width Modulated DC-DC Converter". United States of America: Chapman & Hall. hal 7-8
- [9] Datasheet ACS712, 2009. "Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor", Allegro MicroSystem, diakses pada tanggal 28 Maret 2016. Alamat www.alldatasheet.com.
- [10] Ir. M. Zaenal Efendi, MT. 2014. "Power Electronics 2". EEPIS.
- [11] Pitvande Yanuar Hidayat, "Rancang Bangun Suatu Sistem Pemanfaatan Sumber Energi Tenaga Surya Sebagai Pendukung Sumber PLN untuk Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler (Hardware)". Proyek Akhir PENS-ITS 2011. Hal 7
- [12] Rochmawati, "Rancang Bangun Suatu Sistem Pemanfaatan Sumber Energi Tenaga Surya Sebagai Pendukung Sumber PLN untuk Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler (Software)". Proyek Akhir PENS-ITS 2011. Hal 9



LAMPIRAN A FOTO

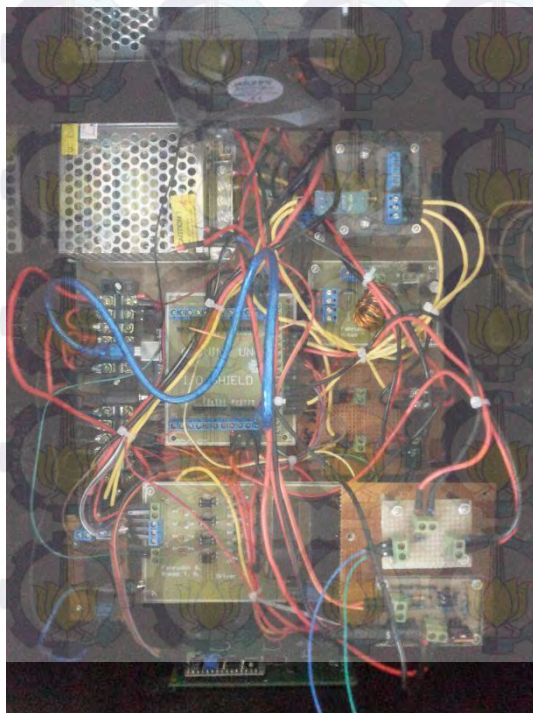
Solar Cell



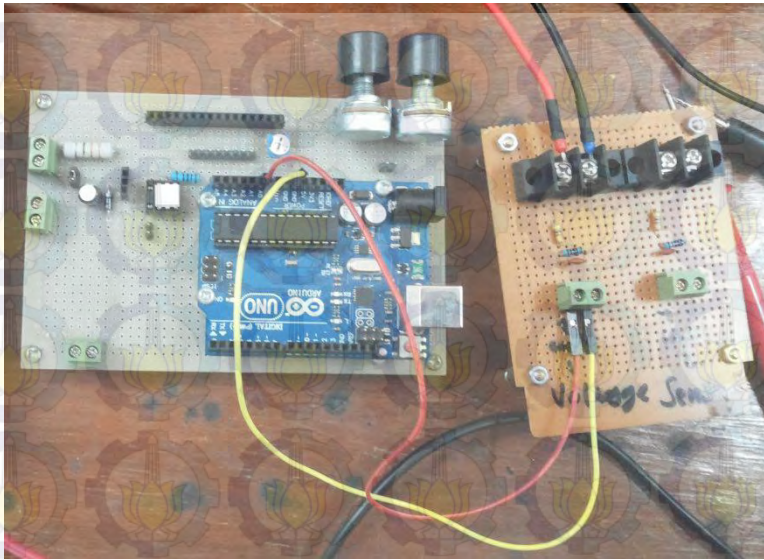
Battery Mottobat



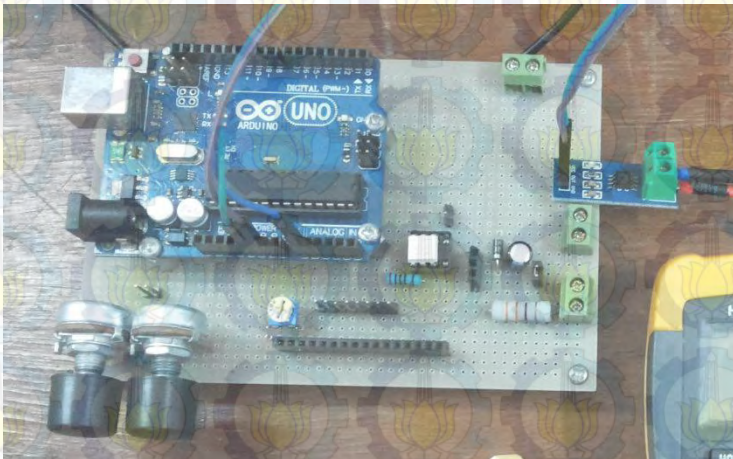
Boost Converter



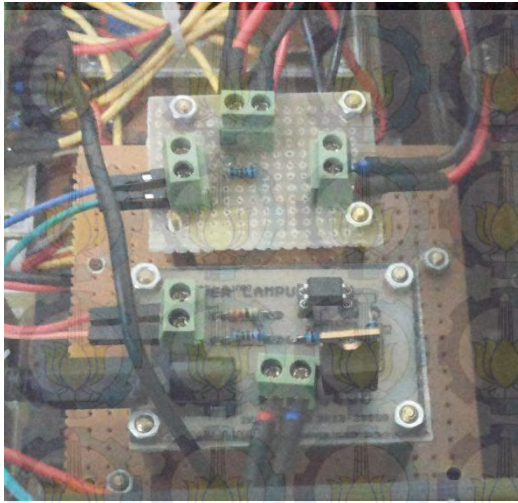
Sensor Tegangan



Sensor Arus



Driver Lampu



Miniatur Taman Kota



LAMPIRAN B

PROGRAM MIKROKONTROLER

Program PWM dan Duty Cycle

```
#include <PWM.h>

int32_t frequency = 30000; //frequency (in Hz)
int duty = 0;
float Vsp = 28.00;

void setup()
{
  InitTimersSafe();
  bool success = SetPinFrequencySafe(9, frequency);
  if(success) {
    pinMode(13, OUTPUT);
    digitalWrite(13, HIGH);
  }
}

void loop()
{
  float tegBoost = ((0.0275*analogRead(A0)) + 0.0965);
  if(tegBoost<Vsp)
  {
    duty=duty+1;
  }
  if(tegBoost>Vsp)
  {
    duty=duty-1;
  }
  pwmWrite(9,duty);
}
```

Program Sensor Tegangan 1

```
#include <Wire.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);  
void setup()  
{  
  lcd.begin(20,4);  
}
```

```
void loop()  
{  
  float tegBoost = ((0.0275*analogRead(A1)) + 0.0965);  
  lcd.print(tegBoost);  
  delay(100);  
}
```

Program Sensor Tegangan 2

```
#include <Wire.h>  
#include <LCD.h>  
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);  
void setup()  
{  
  lcd.begin(20,4);  
}
```

```
void loop()  
{  
  float tegBoost = ((0.0274*analogRead(A0)) + 0.0514);  
  lcd.print(tegBattery);  
  delay(100);  
}
```

Program Sensor Arus

```
#include <Wire.h>  
#include <LCD.h>  
#include <LiquidCrystal_I2C.h>  
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
```

```

int temp=0;
float sum =0;
float AMPS_SCALE =0;
float amps=0;

void setup()
{
  lcd.begin(20,4);
}

void loop()
{
  for(int i = 0; i < 100; i++) // loop pembacaan nilai ADC sebanyak 100
  x
  {
    temp=analogRead(A1); // membaca pin masukan
    sum += temp;
    delayMicroseconds(50);
  }
  sum=sum/100; // dibagi 100 agar mendapatkan nilai rata-rata

  // Kalibrasi Sensor Arus
  AMPS_SCALE= 0.00488 / 0.185; //5/1024 = 0.00488 // Sensitivitas
  = 185mV
  amps = AMPS_SCALE*sum - 13.51; // 2.5/0.185 = 13.51
  lcd.print(amps);
  delay(100);
}

```

Program Sensor Cahaya

```

int led = 10;
int pwm1;
int a;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  // declare pin 9 to be an output:

```

```

pinMode(led, OUTPUT);
a=4;
}
void loop() {
long int adcLDR=analogRead(A3);
//LDR
double Vout=adcLDR*0.0048828125;
int lux=500/(10*((5-Vout)/Vout));
pwm1=255.00-(adcLDR/a);
if (adcLDR > 890)
{
pwm1 = 0;
}
analogWrite(led, pwm1);
delay(30);
Serial.println(adcLDR);
Serial.print(" ");
Serial.print("PWM");
Serial.print(" ");
Serial.println(pwm1);
delay(100);
}

```

Program Keseluruhan

```

#include <PWM.h>
#include <Wire.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // F Malpartida's NewLiquidCrystal
library
byte battery[8]= // icon for battery
{
0b01110,
0b11011,
0b10001,
0b10001,
0b11111,
0b11111,

```

```
0b11111,  
0b11111,  
};
```

```
byte _PWM [8]= // icon for PWM
```

```
{  
0b11101,  
0b10101,  
0b10101,  
0b10101,  
0b10101,  
0b10101,  
0b10101,  
0b10111,  
};
```

```
byte charge[8] = // icon for battery charge
```

```
{  
0b01010,  
0b11111,  
0b10001,  
0b10001,  
0b10001,  
0b01110,  
0b00100,  
0b00100,  
};
```

```
byte not_charge[8]=
```

```
{  
0b00000,  
0b10001,  
0b01010,  
0b00100,  
0b01010,  
0b10001,  
0b00000,  
0b00000,  
};
```

```

byte ampere[8] = // icon for power
{
  0b00010,
  0b00100,
  0b01000,
  0b11111,
  0b00010,
  0b00100,
  0b01000,
  0b00000
};

byte temperatur[8] = //icon for termometer
{
  0b00100,
  0b01010,
  0b01010,
  0b01110,
  0b01110,
  0b11111,
  0b11111,
  0b01110
};

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
int32_t frequency = 30000; //frequency (in Hz)

int duty = 0;
float Vsp = 27.00;
float Isp = 0.50;
int temp=0;
float sum =0;
float AMPS_SCALE =0;
float amps=0;
float Vb= 24.60;
boolean mode=false;
int led = 6; // the PWM pin the LED is attached to
long int pwm1 =0;

```

int a;

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  InitTimersSafe();
  SetPinFrequencySafe(9, frequency);
  //SetPinFrequencySafe(10, frequency);
  //SetPinFrequencySafe(10, frequency1);

  a=4;
  //pwm lampu
  pinMode(led, OUTPUT);
  //relay indikator
  pinMode(2,OUTPUT);
  pinMode(3,OUTPUT);
  pinMode(4,OUTPUT);
  pinMode(5,OUTPUT);
  //relay battery
  pinMode(7,OUTPUT);
  digitalWrite(3,HIGH);
  lcd.begin(20,4);
  lcd.createChar(1,battery);
  lcd.createChar(2,_PWM);
  lcd.createChar(3,charge);
  lcd.createChar(4,not_charge);
  lcd.createChar(5,ampere);
  lcd.createChar(6,temperatur);

  lcd.setCursor(1,0);
  lcd.print("Sistem Pengaturan");
  lcd.setCursor(4,1);
  lcd.print("Lampu Taman");
  lcd.setCursor(2,2);
  lcd.print("Bertenaga Surya");
  lcd.setCursor(2,3);
  lcd.print("Fahrudin & Nimas");
  delay(3000);
```

```

    lcd.clear();
}

void loop()
{
    //float sensorValue = ((analogRead(A0)*5)/1024)/0.1782226563;
    long int adcLDR = analogRead(A3);
    float tegBoost = ((0.0275*analogRead(A1) +
0.0965)*1.034633932485752);
    float tegBattery = ((0.0274*analogRead(A0) +
0.0514)*1.0160337553);
    for(int i = 0; i < 100; i++) // loop through reading raw adc values 100
number of times
    {
        temp=analogRead(A2); // read the input pin
        sum += temp; // store sum for averaging
        delayMicroseconds(50);
    }
    sum=sum/100; // divide sum by 100 to get average

    // Calibration for current
    AMPS_SCALE = 0.00488 / 0.185; //5/1024 = 0.00488 // Sensitivity
= 185mV
    amps = AMPS_SCALE*sum - 13.51; // 2.5/0.185 = 13.51

    //LDR
    double Vout=adcLDR*0.0048828125;
    int lux=500/(10*((5-Vout)/Vout));
    pwm1=255.00-(adcLDR/a);
    if (adcLDR > 890)
    {
        pwm1 = 0;
        digitalWrite(4, LOW);
    }
    else
    {
        digitalWrite(4, HIGH);
    }
}

```

```

if(tegBattery <= Vb)
{
digitalWrite(7,HIGH);
digitalWrite(5,HIGH);
digitalWrite(2,LOW);
mode=true;
}
if(mode==true)
{
if(amps<=1.00)
{
if(duty<=153)
{
if(tegBoost<Vsp)
{
duty=duty+1;
}
if(tegBoost>Vsp)
{
duty=duty-1;
}
}
else
{
duty=153;
}
}
else if (amps>1.00)
{
duty=duty-1;
}
}
if(amps<=Isp && tegBattery>=25.46)
{
digitalWrite(7,LOW);
digitalWrite(5,LOW);
digitalWrite(2,HIGH);
mode=false;
duty=0;
}

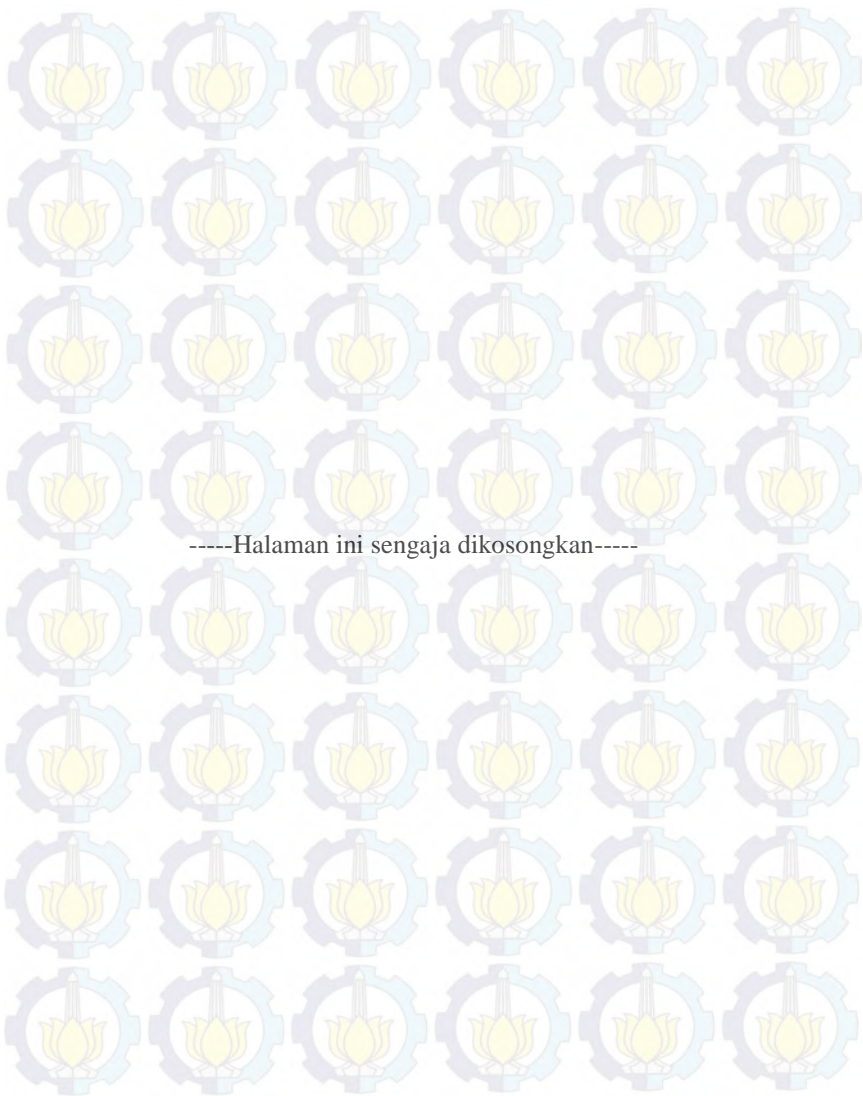
```

```
}
if(lux<=332.09)
{
digitalWrite(7,LOW);
digitalWrite(5,LOW);
mode=false;
duty=0;
}
analogWrite(led, pwm1);
pwmWrite(9,duty);

Serial.println(adcLDR);
Serial.print(" ");
Serial.print("PWM");
Serial.print(" ");
// Serial.println(pwm1);

delay(100);
lcd.setCursor(4, 0);
lcd.print("Solar_Charger");
lcd.setCursor(2, 1);
lcd.write(1);
lcd.setCursor(4, 1);
lcd.print(tegBattery);
lcd.print("V");
lcd.setCursor(2, 2);
lcd.write(2);
lcd.setCursor(4, 2);
lcd.print((duty*100)/255);
lcd.print("% ");
lcd.setCursor(11, 1);
lcd.write(5);
lcd.setCursor(13, 1);
lcd.print(amps);
lcd.print("A ");
lcd.setCursor(2, 3);
lcd.write(1);
lcd.setCursor(4, 3);
```

```
lcd.print(tegBoost);  
lcd.print("V");  
lcd.setCursor(11, 2);  
lcd.write(2);  
lcd.setCursor(13, 2);  
lcd.print((pwm1*100)/255);  
lcd.print("% ");  
lcd.setCursor(11, 3);  
lcd.write(6);  
lcd.setCursor(13, 3);  
lcd.print(lux);  
lcd.print("Lx ");  
delay(100);  
}
```



LAMPIRAN C

DATASHEET

1. Datasheet Arduino Uno

Technical Specification

EAGLE files: [arduino-summit-pro-uno-dk100.sch](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

the board

TX/RX Leds "Test" Led 13 digital pins

USB Interface Power Led ICSP Header ATmega328 Reset Button I2C

5V and GND pins analog pins

RS radiospares RADIONICS MAXIMINCO

How to use Arduino



Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the [Arduino programming language](#) (based on [Wiring](#)) and the Arduino development environment (based on [Processing](#)). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software on running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP).

Arduino is a cross-platform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the [Arduino site](#) for the latest instructions. <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

Linux Install

Windows Install

Mac Install

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can Plug the Arduino to your PC via USB cable.

Blink led

Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To select "blink led", the physical translation of the well known programming "hello world", select

**File>Sketchbook>
Arduino-0017>Examples>
Digital>Blink**

Once you have your sketch you'll see something very close to the screenshot on the right.

In **Tools>Board** select

Now you have to go to **Tools>SerialPort** and select the right serial port, the one arduino is attached to.



Done compiling

Press Compile button
(to check for errors)



Upload



TX/RX Flashing



Blinking Led

2. Datasheet IRFP 460

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR

IRFP460

Data Sheet

January 2002

20A, 500V, 0.270 Ohm, N-Channel Power MOSFET

This N-Channel enhancement mode silicon gate power field effect transistor is an advanced power MOSFET designed, tested, and guaranteed to withstand a specified level of energy in the breakdown avalanche mode of operation. All of these power MOSFETs are designed for applications such as switching regulators, switching converters, motor drivers, relay drivers, and drivers for high power bipolar switching transistors requiring high speed and low gate drive power. These types can be operated directly from integrated circuits.

Formerly developmental type TA17465.

Ordering Information

PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
IRFP460	TO-247	IRFP460

NOTE: When ordering, use the entire part number.

Features

- 20A, 500V
- $r_{DS(ON)} = 0.270\Omega$
- Single Pulse Avalanche Energy Rated
- SOA is Power Dissipation Limited
- Nanosecond Switching Speeds
- Linear Transfer Characteristics
- High Input Impedance
- Related Literature
 - TB334 "Guidelines for Soldering Surface Mount Components to PC Boards"

Symbol



Packaging

JEDEC STYLE TO-247



©2002 Fairchild Semiconductor Corporation

IRFP460 Rev. 0

IRFP460

Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

	IRFP460	UNITS	
Drain to Source Voltage (Note 1)	V_{DS}	500	V
Drain to Gate Voltage ($R_{DS(on)} = 20\Omega$) (Note 1)	V_{DGS}	500	V
Continuous Drain Current	I_D	20	A
$T_C = 100^\circ\text{C}$	I_D	12	A
Pulsed Drain Current (Note 3)	I_{DM}	80	A
Gate to Source Voltage	V_{GS}	± 10	V
Maximum Power Dissipation	P_D	250	W
Linear Derating Factor		2.0	W/°C
Single Pulse Avalanche Energy Rating (Note 4)	E_{AS}	960	mJ
Operating and Storage Temperature	T_J, T_{STG}	-55 to 150	°C
Maximum Temperature for Soldering			
Leads at 0.063in (1.6mm) from Case for 10s	T_L	300	°C
Package Body for 10s, See Technical 334	T_{pk}	250	°C

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

1. $T_J = 25^\circ\text{C}$ to $T_J = 125^\circ\text{C}$.

Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage	BV_{DSS}	$I_D = 250\mu\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$ (Figure 10)	500	-	-	V
Gate Threshold Voltage	$V_{GS(th)}$	$V_{DS} = V_{GS}$, $I_D = 250\mu\text{A}$	2	-	4	V
Zero Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	$V_{DS} = \text{Rated } BV_{DSS}$, $V_{GS} = 0\text{V}$	-	-	25	μA
		$V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}$, $V_{GS} = 0\text{V}$, $T_J = 125^\circ\text{C}$	-	-	250	μA
On-State Drain Current (Note 2)	$I_{D(on)}$	$V_{DS} > I_{D(on)} \times R_{DS(on)(MAX)}$, $V_{GS} = 10\text{V}$	20	-	-	A
Gate to Source Leakage Current	I_{GSS}	$V_{DS} = \pm 20\text{V}$	-	-	± 100	nA
Drain to Source On Resistance (Note 2)	$r_{DS(on)}$	$I_D = 11\text{A}$, $V_{GS} = 10\text{V}$ (Figures 8, 9)	-	0.24	0.27	Ω
Forward Transconductance (Note 2)	g_f	$V_{DS} = 25\text{V}$, $I_{DS} > 11\text{A}$ (Figure 12)	13	19	-	S
Turn-On Delay Time	$t_{d(on)}$	$V_{DS} = 250\text{V}$, $I_D = 21\text{A}$, $R_{\theta JC} = 4.30$, $R_{\theta JA} = 120$, $V_{GS} = 10\text{V}$ MOSFET Switching Times are Essentially Independent of Operating Temperature	-	23	35	ns
Rise Time	t_r		-	81	120	ns
Turn-Off Delay Time	$t_{d(off)}$		-	85	130	ns
Fall Time	t_f		-	65	98	ns
Total Gate Charge (Gate to Source + Gate-Drain)	Q_{g1TOT}	$V_{DS} = 10\text{V}$, $I_D = 21\text{A}$, $V_{GS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}$, $I_{G(DR)} = 1.5\text{mA}$ (Figure 14). Gate Charge is Essentially Independent of Operating Temperature	-	120	190	nC
Gate to Source Charge	Q_{gs}		-	18	-	nC
Gate to Drain "Miller" Charge	Q_{gd}		-	62	-	nC
Input Capacitance	C_{iss}	$V_{DS} = 25\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$, $f = 1\text{MHz}$ (Figure 10)	-	4100	-	pF
Output Capacitance	C_{oss}		-	480	-	pF
Reverse Transfer Capacitance	C_{rss}		-	84	-	pF
Internal Drain Inductance	L_D	Measured from the Drain Lead, 6mm (0.25in) from Package to Center of Die	-	5.0	-	nH
Internal Source Inductance	L_S	Measured from the Source Lead, 6mm (0.25in) from Header to Source Bonding Pad	-	1.3	-	nH
		Modified MOSFET Symbol Showing the Internal Device Inductances				
						
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$		-	-	0.50	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	Free Air Operation	-	-	30	$^\circ\text{C/W}$

IRFP160

Source to Drain Diode Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Continuous Source to Drain Current	I_{SD}	Modified MOSFET	-	-	20	A
Pulse Source to Drain Current (Note 3)	I_{SDM}	Symbol Showing the Integral Reverse P-N Junction Rectifier	-	-	80	A
Source to Drain Diode Voltage (Note 2)	V_{SD}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 21\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$ (Figure 13)	-	-	1.8	V
Reverse Recovery Time	t_r	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 21\text{A}$, $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	280	580	1050	ns
Reverse Recovery Charge	Q_{RR}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 21\text{A}$, $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	3.8	6.1	18	μC

NOTES:

- Pulse test: pulse width $\leq 300\mu\text{s}$, duty cycle $\leq 2\%$.
- Repetitive rating; pulse width limited by Max junction temperature. See Transient Thermal Impedance curve (Figure 3).
- $V_{DS} = 30\text{V}$, starting $T_J = 25^\circ\text{C}$, $L = 4.3\text{mH}$, $R_{DS} = 25\Omega$, Peak $I_{GS} = 20\text{A}$.

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified

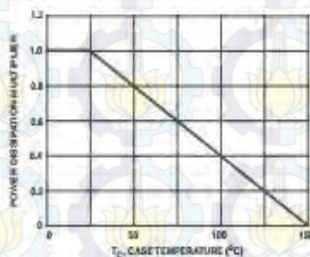


FIGURE 1. NORMALIZED POWER DISSIPATION vs CASE TEMPERATURE

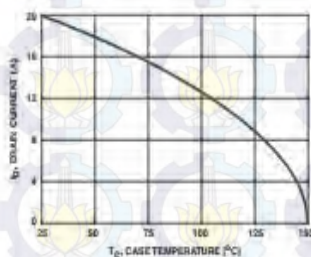


FIGURE 2. MAXIMUM CONTINUOUS DRAIN CURRENT vs CASE TEMPERATURE

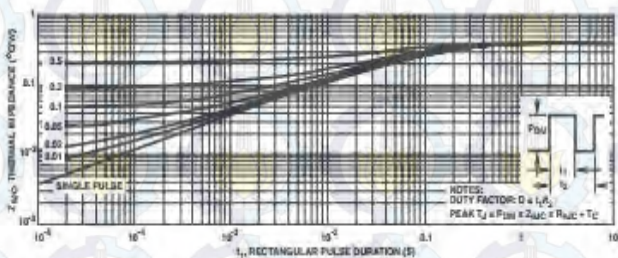


FIGURE 3. MAXIMUM TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

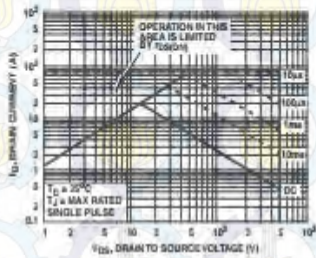


FIGURE 4. FORWARD BIAS SAFE OPERATING AREA

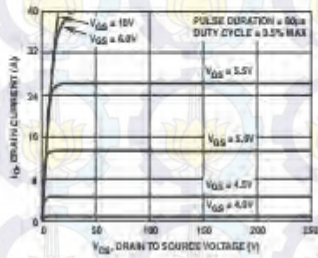


FIGURE 5. OUTPUT CHARACTERISTICS

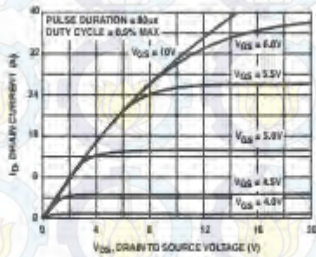


FIGURE 6. SATURATION CHARACTERISTICS

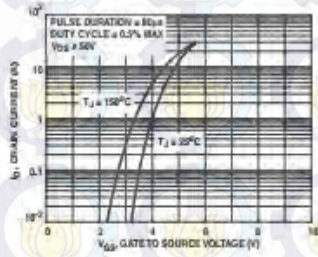


FIGURE 7. TRANSFER CHARACTERISTICS

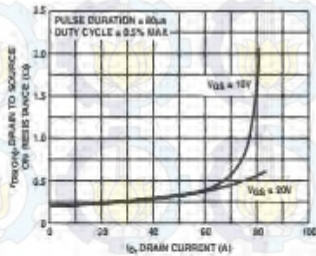


FIGURE 8. DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs GATE VOLTAGE AND DRAIN CURRENT

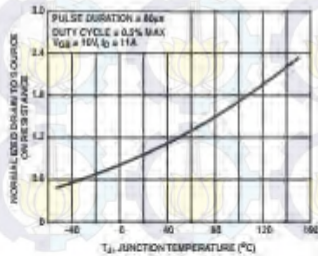


FIGURE 9. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs JUNCTION TEMPERATURE

Typical Performance Curves (Unless Otherwise Specified) (Continued)

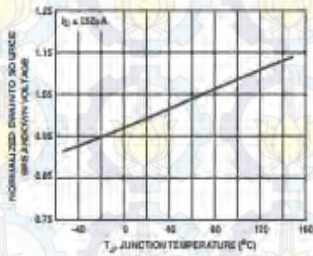


FIGURE 10. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE BREAKDOWN VOLTAGE vs. JUNCTION TEMPERATURE

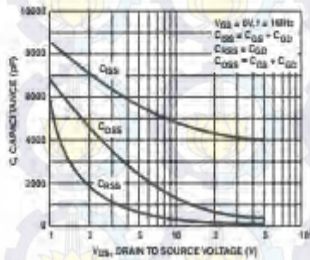


FIGURE 11. CAPACITANCE vs. DRAIN TO SOURCE VOLTAGE

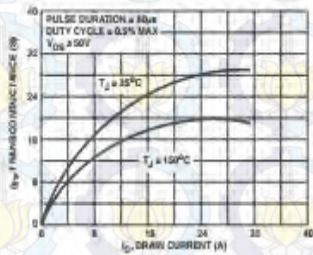


FIGURE 12. TRANSCONDUCTANCE vs. DRAIN CURRENT

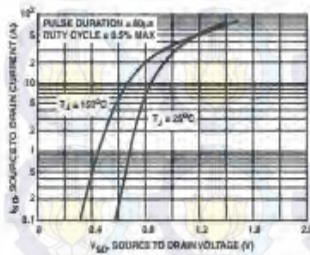


FIGURE 13. SOURCE TO DRAIN DIODE VOLTAGE

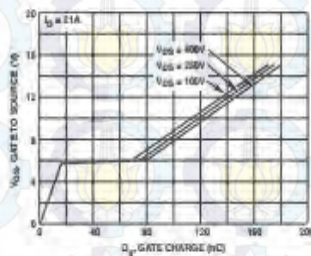


FIGURE 14. GATE TO SOURCE VOLTAGE vs. GATE CHARGE

Test Circuits and Waveforms

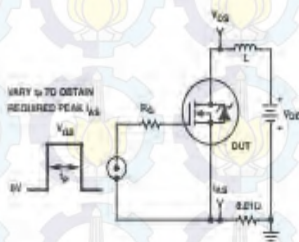


FIGURE 15. UNCLAMPED ENERGY TEST CIRCUIT

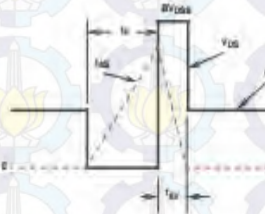


FIGURE 16. UNCLAMPED ENERGY WAVEFORMS

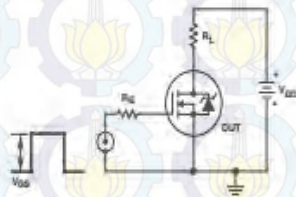


FIGURE 17. SWITCHING TIME TEST CIRCUIT

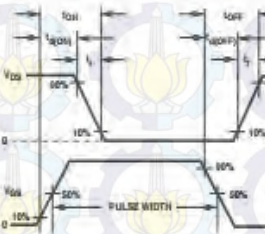


FIGURE 18. RESISTIVE SWITCHING WAVEFORMS

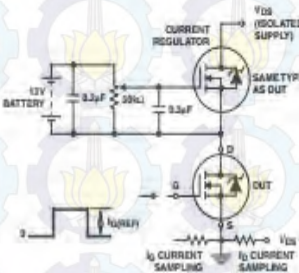


FIGURE 19. GATE CHARGE TEST CIRCUIT

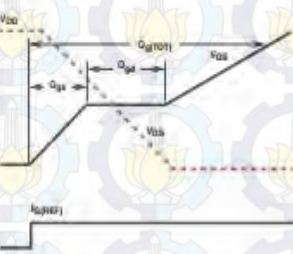


FIGURE 20. GATE CHARGE WAVEFORMS

Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Characteristic		Symbol	Rating	Unit	
LED	Forward current	I_F	20	mA	
	Forward current derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta I_F / \Delta T_a$	-0.38	mA / °C	
	Peak transient forward current (Note 1)	I_{FPT}	1	A	
	Reverse voltage	V_R	5	V	
	Junction temperature	T_J	125	°C	
Detector	I_{O1} peak output current ($P_{O1} \leq 2.5\mu\text{s}$, $f \leq 15\text{kHz}$) (Note 2)	I_{O1P}	-1.5	A	
	I_{O2} peak output current ($P_{O2} \leq 2.5\mu\text{s}$, $f \leq 15\text{kHz}$) (Note 2)	I_{O2P}	+1.5	A	
	Output voltage	(Ta ≤ 70°C)	V_O	35	V
		(Ta ≤ 85°C)		24	
	Supply voltage	(Ta ≤ 70°C)	V_{CC}	35	V
		(Ta ≤ 85°C)		24	
	Output voltage derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta V_O / \Delta T_a$	-0.73	V / °C	
	Supply voltage derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta V_{CC} / \Delta T_a$	-0.73	V / °C	
	Junction temperature	T_J	125	°C	
	Operating frequency	f (Note 3)	25	kHz	
Operating temperature range	T_{opr}	-20~85	°C		
Storage temperature range	T_{sto}	-55~125	°C		
Lead soldering temperature (10 s)	T_{sol}	260	°C		
Isolation voltage (AC, 1 min., R.H.s: 80%)	B/V_s (Note 4)	2500	Vrms		

(Note 1) Pulse width $P_{1/2} \leq 1\mu\text{s}$, 300pps

(Note 2) Exponential waveform

(Note 3) Exponential waveform, $I_{O1P} \leq -1.0\text{A}$ ($\leq 2.5\mu\text{s}$), $I_{O2P} \leq +1.0\text{A}$ ($\leq 2.5\mu\text{s}$)

(Note 4) Device considered a two terminal device: Pins 1, 2, 3 and 4 shorted together, and pins 5, 6, 7 and 8 shorted together.

(Note 5) A ceramic capacitor(0.1 μF) should be connected from pin 8 to pin 5 to stabilize the operation of the high gain linear amplifier. Failure to provide the bypassing may impair the switching property. The total lead length between capacitor and coupler should not exceed 1cm.

Recommended Operating Conditions

Characteristic	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	
Input current, on	$I_{F(on)}$	7	8	10	mA	
Input voltage, off	$V_{R(off)}$	0	—	0.8	V	
Supply voltage	V_{CC}	15	—	30	V	
Peak output current	I_{O1P}/I_{O2P}	—	—	±0.5	A	
Operating temperature	T_{opr}	-20	25	75	85	°C

Electrical Characteristics (Ta = -20~70°C, unless otherwise specified)

Characteristic	Symbol	Test Con- dition	Max.	Typ.*	Min.	Unit		
Input forward voltage	V _F	I _F = 10 mA, Ta = 25°C	—	1.8	1.8	V		
Temperature coefficient of forward voltage	ΔV _F / ΔTa	I _F = 10 mA	—	-2.0	—	mV / °C		
Input reverse current	I _R	V _R = 5V, Ta = 25°C	—	—	10	μA		
Input capacitance	C _T	V = 0, f = 1MHz, Ta = 25°C	—	45	250	pF		
Output current	"H" level	I _{OH}	3	V _{CC} = 30V (*)	I _F = 10 mA V _{GS} = 4V	—	A	
	"L" level	I _{OL}	2					I _F = 0 V _{GS} = 2.5V
Output voltage	"H" level	V _{OH}	4	V _{CC1} = +15V, V _{CC2} = -15V R _L = 200Ω, I _F = 5mA	11	12.8	V	
	"L" level	V _{OL}	5	V _{CC1} = +15V, V _{CC2} = -15V R _L = 200Ω, V _F = 0.8V	—	-14.2		
Supply current	"H" level	I _{CC1}	—	V _{CC} = 30V, I _F = 10mA Ta = 25°C	—	7	mA	
	"L" level	I _{CC2}	—	V _{CC} = 30V, I _F = 10mA	—	11		
Threshold input current	"Output L→H"	I _{FHL}	—	V _{CC1} = +15V, V _{CC2} = -15V R _L = 200Ω, V _O > 0V	—	1.2	5	mA
Threshold input voltage	"Output H→L"	V _{FHL}	—	V _{CC1} = +15V, V _{CC2} = -15V R _L = 200Ω, V _O < 0V	0.8	—	—	
Supply voltage	V _{CC}	—	—	10	—	35	V	
Capacitance (input-output)	C _S	—	—	V _S = 0, f = 1MHz Ta = 25°C	—	1.0	2.0	pF
Resistance (input-output)	R _S	—	—	V _S = 500V, Ta = 25°C R _L = 60%	1 × 10 ⁻¹²	10 ⁻¹⁴	—	Ω

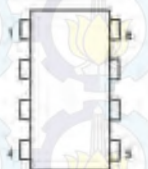
* All typical values are at Ta = 25°C. (*): Duration of I_O time ≤ 50μs

Switching Characteristics ($T_a = -20\text{--}70^\circ\text{C}$, unless otherwise specified)

Characteristic		Symbol	Test Circuit	Test Condition	Min.	Typ.*	Max.	Unit
Propagation delay time	L→H	t_{pLH}	8	$I_C = 8\text{mA}$ $V_{CC1} = +15\text{V}$, $V_{CC2} = -15\text{V}$ $R_L = 200\Omega$	—	0.15	0.5	μs
	H→L	t_{pHL}			—	0.15	0.5	
Output rise time		t_r			—	—	—	
Output fall time		t_f			—	—	—	
Common mode transient immunity at high level output		C_{MIH}	7	$V_{CM} = 600\text{V}$, $I_C = 8\text{mA}$ $V_{CC} = 30\text{V}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$	-5000	—	—	V / μs
Common mode transient immunity at low level output		C_{MIL}	7	$V_{CM} = 600\text{V}$, $I_C = 0\text{mA}$ $V_{CC} = 30\text{V}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$	5000	—	—	V / μs

* All typical values are at $T_a = 25^\circ\text{C}$

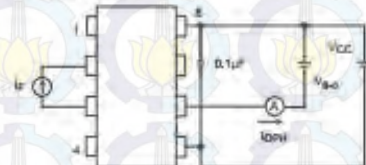
Test Circuit 1 :



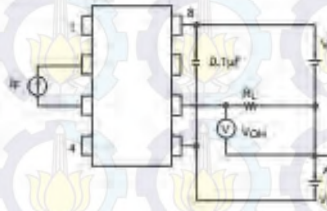
Test Circuit 2 : IOPt



Test Circuit 3 : IOPt

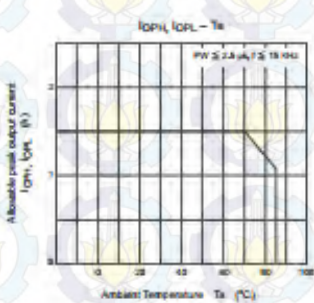
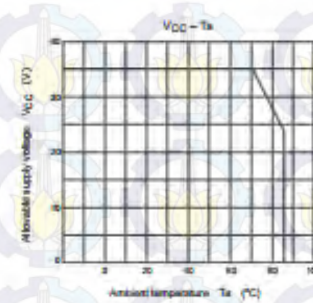
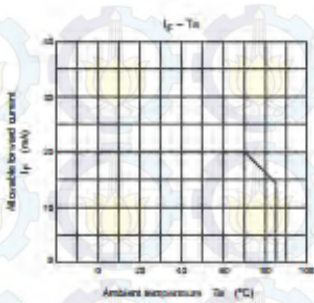
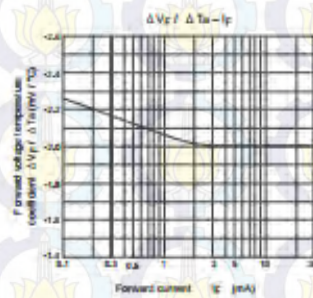
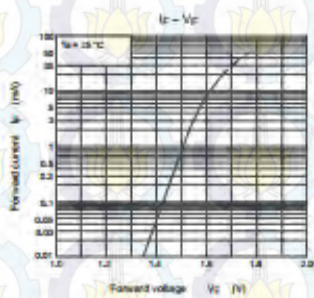


Test Circuit 4 : VCEt




Test Circuit 5 : VCEt





4. Datasheet IRFZ44N



TIGER ELECTRONIC CO.,LTD

Product specification

IRFZ44N

N-Channel Power MOSFET

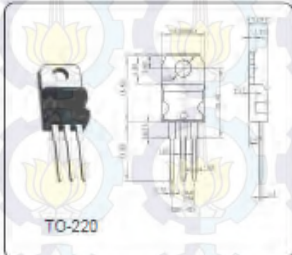
IRFZ44N

DESCRIPTION

Process has specifically been designed to minimize Input capacitance and gate charge. It is therefore suitable as primary switch in advanced high-efficiency, high-frequency Isolated DC-DC converters for Telecom and Computer applications. It is also intended for any applications with low gate drive requirements.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Ta = 25 °C)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Drain-Source Voltage	V_{DS}	55	V
Drain Current - Continuous	I_D	49	A
Drain Current - Pulsed	I_{DM}	160	A
Gate-Source Voltage	V_{GS}	±20	V
Power Dissipation	P_D	94	W
Max. Operating Junction Temperature	T_J	150	°C
Storage Temperature	T_{stg}	-55~150	°C



TO-220

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25 °C)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Drain-Source Breakdown Voltage	BV_{DSS}	$V_{GS} = 0V, I_D = 250 \mu A$	55	—	—	V
Zero Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	$V_{GS} = 55V, V_{DS} = 0V$	—	—	10	μA
Gate-Body Leakage Current, Forward	I_{GBF}	$V_{GS} = 20V, V_{DS} = 0V$	—	—	100	nA
Gate-Body Leakage Current, Reverse	I_{GBR}	$V_{GS} = -20V, V_{DS} = 0V$	—	—	-100	nA
Gate Threshold Voltage	$V_{GS(th)}$	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250 \mu A$	2.0	3.0	4.0	V
Static Drain-Source On-Resistance	$R_{DS(on)}$	$V_{GS} = 10V, I_D = 25A$	—	—	0.0175	Ω
Drain-Source Diode Forward Voltage	V_{SD}	$V_{GS} = 0V, I_S = 25A$	—	—	1.3	V

5. Datasheet PC817

SMD Type
Photocoupler

High Density Mounting Type Photocoupler PC817 Series

■ Features

- Current transfer ratio:
 - ┆ CTR: MIN. 50% at $I_F = 5mA, V_{CE} = 5V$
- High isolation voltage between input and output

Unit:mm

■ Absolute Maximum Ratings $T_a = 25^\circ C$

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Input Reverse Voltage	V_{IR}	8	V
Collector - Emitter Output Voltage	V_{CEO}	25	V
Emitter-Collector Output Voltage	V_{ECO}	8	V
Isolation Voltage	V_{ISO}	5000	Vrms
Input Forward Current	I_F	50	mA
Input Peak Forward Current (Note 1)	I_{FP}	1	A
Collector Current - Continuous	I_C	50	mA
Input Power Dissipation	P	70	mW
Collector Output Power dissipation	P_{CO}	150	mW
Total Power Dissipation	P_{TOT}	200	mW
Junction Temperature	T_J	125	$^\circ C$
Soldering Temperature	T_{SW}	260	$^\circ C$
Operating Temperature	T_{OP}	-35 to 100	$^\circ C$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-55 to 125	$^\circ C$

Note 1: Pulse width < 100ns, Duty ratio: 0.001

www.kexin.com.cn

High Density Mounting Type Photocoupler

PC817 Series

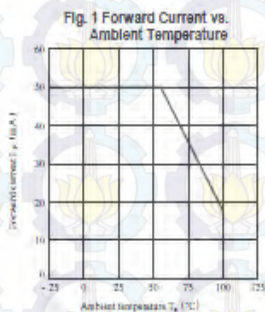
■ Electrical Characteristics $T_a = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Input Forward Voltage	V_F	$I_F = 20\text{ mA}$			1.4	V
Input Peak Forward Voltage	V_{FV}	$I_F = 500\text{ mA}$			3	V
Input Reverse Current	I_R	$V_F = 4\text{ V}$			10	μA
Collector-emitter cut-off current	I_{CEO}	$V_{CE} = 20\text{ V}$, $I_F = 0$			10	μA
Collector-emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_C = 20\text{ mA}$, $I_F = 1\text{ mA}$		0.1	0.2	V
Isolation resistance	R_{iso}	DC 500V, 40 to 80% RH	5×10^{10}	10^{12}		Ω
Current Transfer Ratio	CTR	$V_{CE} = 5\text{ V}$, $I_C = 5\text{ mA}$	50		800	%
Rise time	t_r	$V_{CE} = 2\text{ V}$, $I_C = 2\text{ mA}$, $R_L = 100\Omega$		4	18	μs
Fall time	t_f			5	18	μs
Input Terminal Capacitance	C_i			30	250	pF
Floating Capacitance	C_f	$V_F = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ kHz}$		0.6	7	pF
Cut-off frequency	f_c	$V_{CE} = 5\text{ V}$, $I_C = 2\text{ mA}$, $R_L = 100\Omega$		80		KHz

■ Classification of CTR(%)

Type	PC817A	PC817B	PC817C	PC817D	PC817
Range	50-160	130-280	200-400	300-600	50-600

■ Typical Characteristics



High Density Mounting Type Photocoupler PC817 Series

Typical Characteristics

Fig. 2 Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

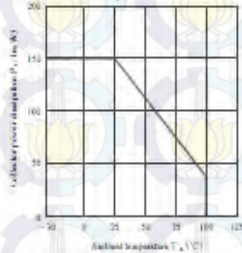


Fig. 3 Peak Forward Current vs. Duty Ratio

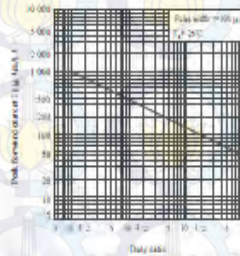


Fig. 4 Current Transfer Ratio vs. Forward Current

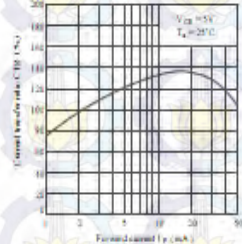


Fig. 5 Forward Current vs. Forward Voltage

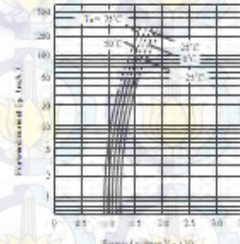


Fig. 6 Collector Current vs. Collector-emitter voltage

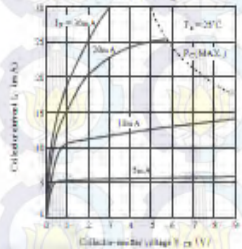
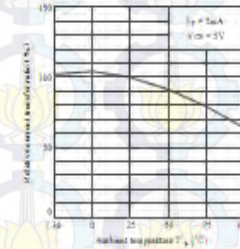


Fig. 7 Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature



High Density Mounting Type Photocoupler PC817 Series

Typical Characteristics

Fig. 8 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Ambient Temperature

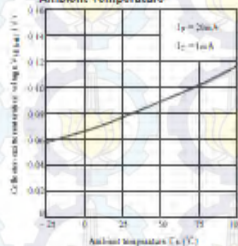


Fig. 9 Collector Dark Current vs. Ambient Temperature



Fig. 10 Response Time vs. Load Resistance

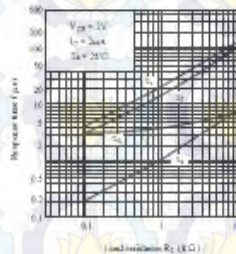
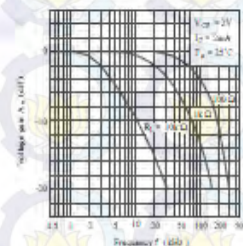
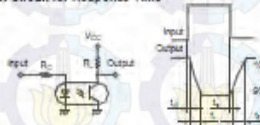


Fig. 11 Frequency Response



Test Circuit for Response Time



Test Circuit for Frequency Response

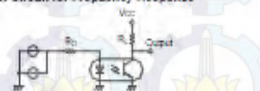
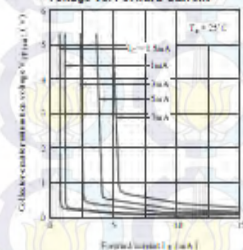



Fig. 12 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Forward Current



6. Datasheet ACS712-5A



ACS712

*Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC
with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*

Features and Benefits




- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is 800 kHz (to the new FILTER pin)
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 85 kHz bandwidth
- Total output error: 1.5% at $T_c = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 3.0 V, single supply operation
- 56 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-set zero for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Rail-to-rail output from supply voltage

Description


The Allegro™ ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power supplies, and overcurrent fault protection. The device is not intended for automotive applications.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which the Hall IC converts into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ($-dV_{OUT}/dI_{IN}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sampling. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m Ω typical, providing low power loss. The thickness of the copper conductor allows survival of






Package: 8 Lead SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1

Typical Application



Application 1: The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sampled current, I_{IN} , within the range specified. C_{IN} is recommended for inrush management, with values that depend on the application.

ACS712-08, Rev. 15

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kV RMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Description (continued)

the device at up to 5x overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the signal leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T _A (°C)	Optimized Range, I _S (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	65

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V _{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V _{REV}		-0.1	V
Output Voltage	V _{OUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V _{REOUT}		-0.1	V
Output Current Source	I _{OUT(SINK)}		3	mA
Output Current Sink	I _{OUT(SOURCE)}		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I _{OC}	1 pulse, 100 ns	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T _A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	T _{J(MAX)}		165	°C
Storage Temperature	T _{STG}		-65 to 170	°C

Isolation Characteristics

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	V _{ISO}	Agency type-tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	V _{RMS}
Working Voltage for Basic Isolation	V _{WBS}	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V _{PK}
Working Voltage for Reinforced Isolation	V _{WR}	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	184	VDC or V _{PK}

* Allegro does not conduct 60-second testing. It is done only during the UL certification process.

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001



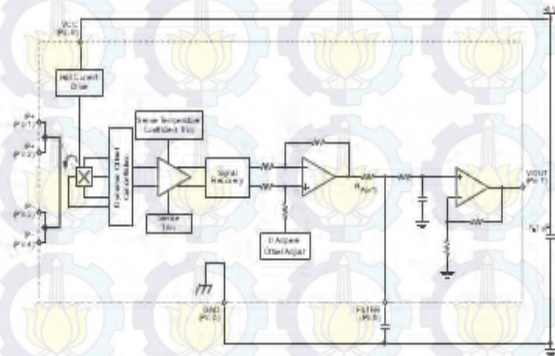
Allegro MicroSystems, LLC
215 Northeast Corner
Worcester, Massachusetts 01490-0338 U.S.A.
1.508.863.5022 www.allegromicro.com

2

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC
with 2.1 kV RMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sampled; fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sampled; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal



Allegro MicroSystems, LLC
115 Wolfden Court
Worcester, Massachusetts 01615-0228 U.S.A.
1-508-853-5000 www.allegromicro.com

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC
with 2.1 kV RMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS¹ over full range of T_A , $C_T = 1$ nF and $V_{CC} = 5$ V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}	$V_{CC} = 5.0$ V, output open	—	10	13	mA
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	V _{OUT} to GND	—	—	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	V _{OUT} to GND	4.7	—	—	kΩ
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	—	1.2	—	mΩ
Rise Time	t_r	$I_p = I_p(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	—	3.5	—	μs
Frequency Bandwidth	f	-3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $I_p = 10$ A peak-to-peak	—	80	—	kHz
Nonlinearity	E_{NL}	Over full range of I_p	—	1.5	—	%
Symmetry	E_{SYM}	Over full range of I_p	68	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{OUT(0)}$	Bidirectional, $I_p = 0$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	—	$V_{CC} \cdot \frac{0.5}{0.5}$	—	V
Power-On Time	t_{PO}	Output reaches 90% of steady-state level, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 20 A present on leadframe	—	35	—	μs
Magnetic Coupling			—	12	—	Gauss
Internal Filter Resistance ²	$R_{F(INTERNAL)}$		—	1.7	—	kΩ

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_p and ambient, T_A , and internal leadframe temperatures, T_L , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(\text{max})}$, is not exceeded.

² ± 0.1 mT

³ $R_{F(INTERNAL)}$ forms an RC circuit via the FILTER pin

COMMON THERMAL CHARACTERISTICS¹

			Min.	Typ.	Max.	Units
Operating, Internal Leadframe Temperature	T_A	Range	-40	—	85	$^\circ\text{C}$
Junction-to-Lead Thermal Resistance ²	$R_{\theta JL}$	Mounted on the Allegro ASEM 712 evaluation board			5	$^\circ\text{C/W}$
Junction-to-Ambient Thermal Resistance ³	$R_{\theta JA}$	Mounted on the Allegro 85-0322 evaluation board, includes the power consumed by the board			25	$^\circ\text{C/W}$

¹Additional thermal information is available on the Allegro website.

²The Allegro evaluation board has 1500 mm² of 2 oz. copper on each side, connected to pins 1 and 2, and to pins 3 and 4 with thermal vias connecting the layers. Performance values include the power consumed by the PCB. Further details on the board are available from the Frequently Asked Questions document on our website. Further information about board design and thermal performance also can be found in the Applications Information section of this datasheet.



Allegro Microsystems, LLC
115 Northwest Corner
Worcester, Massachusetts 01655-0135 U.S.A.
1-508-681-5002 www.allegromicro.com

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kV RMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

x05B PERFORMANCE CHARACTERISTICS¹ $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $C_F = 1\text{ nF}$ and $V_{DD} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_p		-5	-	5	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_p , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	183	185	150	mV/A
Noise	$V_{N(0.5\text{Hz})}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	21	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{OUT(0)}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	-0.26	-	mV/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.08	-	mV/°C
Sensitivity Slope	ΔSens	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	0.054	-	mV/A/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.028	-	mV/A/°C
Total Output Error	E_{TOT}	$I_p = 5\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_p , and ambient temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(max)}$, is not exceeded.

²Percentage of I_p with $I_p = 5\text{ A}$. Output filtered.

x20A PERFORMANCE CHARACTERISTICS¹ $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $C_F = 1\text{ nF}$ and $V_{DD} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_p		-20	-	20	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_p , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	96	100	104	mV/A
Noise	$V_{N(0.5\text{Hz})}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	11	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{OUT(0)}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	-0.34	-	mV/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.07	-	mV/°C
Sensitivity Slope	ΔSens	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	0.017	-	mV/A/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.034	-	mV/A/°C
Total Output Error ²	E_{TOT}	$I_p = 20\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_p , and ambient temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(max)}$, is not exceeded.

²Percentage of I_p with $I_p = 20\text{ A}$. Output filtered.

x30A PERFORMANCE CHARACTERISTICS¹ $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $C_F = 1\text{ nF}$ and $V_{DD} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_p		-30	-	30	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_p , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	63	66	69	mV/A
Noise	$V_{N(0.5\text{Hz})}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	7	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{OUT(0)}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	-0.36	-	mV/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.08	-	mV/°C
Sensitivity Slope	ΔSens	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	0.007	-	mV/A/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.022	-	mV/A/°C
Total Output Error ²	E_{TOT}	$I_p = 30\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_p , and ambient temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(max)}$, is not exceeded.

²Percentage of I_p with $I_p = 30\text{ A}$. Output filtered.



Allegro MicroSystems, LLC
1150 Holladay Ct, West
Worcester, MA 01475-0128 U.S.A.
1.508.853.0600 www.allegromicro.com

17

7. Datasheet LDR



SUNROM
TECHNOLOGIES
Your Source for Embedded Systems

Email: info@sunrom.com or sales@sunrom.com
Visit us at <http://www.sunrom.com>

Document: **Datasheet**
Date: **28-Jul-08**
Model #: **3190**
Product's Page: www.sunrom.com/e-510.html

Light Dependent Resistor - LDR

Two cadmium sulphide(cds) photoconductive cells with spectral responses similar to that of the human eye. The cell resistance falls with increasing light intensity. Applications include smoke detection, automatic lighting control, batch counting and burglar alarm systems.

Applications

Photoconductive cells are used in many different types of circuits and applications.

Analog Applications

- Camera Exposure Control
- Auto Slide Focus - dual cell
- Photocopy Machines - density of toner
- Colorimetric Test Equipment
- Densitometer
- Electronic Scales - dual cell
- Automatic Gain Control – modulated light source
- Automated Rear View Mirror

Digital Applications

- Automatic Headlight Dimmer
- Night Light Control
- Oil Burner Flame Out
- Street Light Control
- Absence / Presence (beam breaker)
- Position Sensor



Electrical Characteristics

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Cell resistance	1000 LUX	-	400	-	Ohm
	10 LUX	-	9	-	K Ohm
Dark Resistance	-	-	1	-	M Ohm
Dark Capacitance	-	-	3.5	-	pF
Rise Time	1000 LUX	-	2.8	-	ms
	10 LUX	-	18	-	ms
Fall Time	1000 LUX	-	48	-	ms
	10 LUX	-	120	-	ms
Voltage AC/DC Peak	-	-	-	320	V max
Current	-	-	-	75	mA max
Power Dissipation	-	-	-	100	mW max
Operating Temperature	-	-80	-	+75	Deg. C



Guide to source illuminations

Light source illumination	LUX
Moonlight	0.1
60W Bulb at 1m	50
1W MES Bulb at 0.1m	100
Fluorescent Lighting	500
Bright Sunlight	30,000

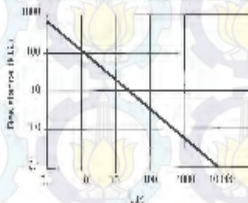
FIGURE 1 CIRCUIT SYMBOL



Sensitivity

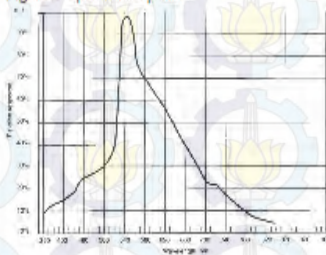
The sensitivity of a photodetector is the relationship between the light falling on the device and the resulting output signal. In the case of a photocell, one is dealing with the relationship between the incident light and the corresponding resistance of the cell.

FIGURE 2 RESISTANCE AS FUNCTION OF ILLUMINATION



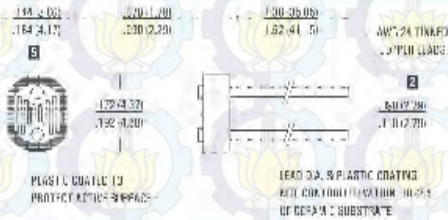
Spectral Response

Figure 3 Spectral response



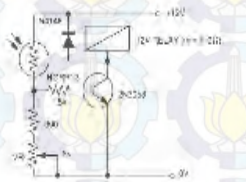
Like the human eye, the relative sensitivity of a photoconductive cell is dependent on the wavelength (color) of the incident light. Each photoconductor material type has its own unique spectral response curve or plot of the relative response of the photocell versus wavelength of light.

Dimensions



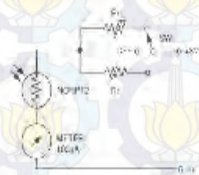
Typical Application Circuits

Figure 3 Sensitive light-operated relay



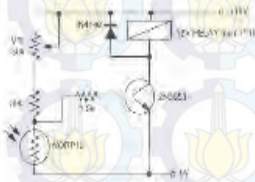
Relay energized when light level increases above the level set by V_1 .

Figure 4 Logarithmic law photographic light meter



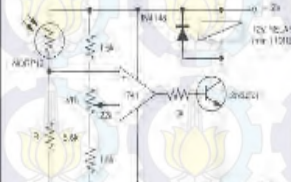
Photoconductor $R_p = 10000$
 $Z = 200k\Omega$ chosen to give two overlapping ranges.
 (The variation should be measured for R_p at wide range.)

Figure 7: Light interruption detector



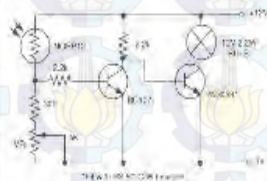
As Figure 7 is arranged when light level drops below the level set by VR,

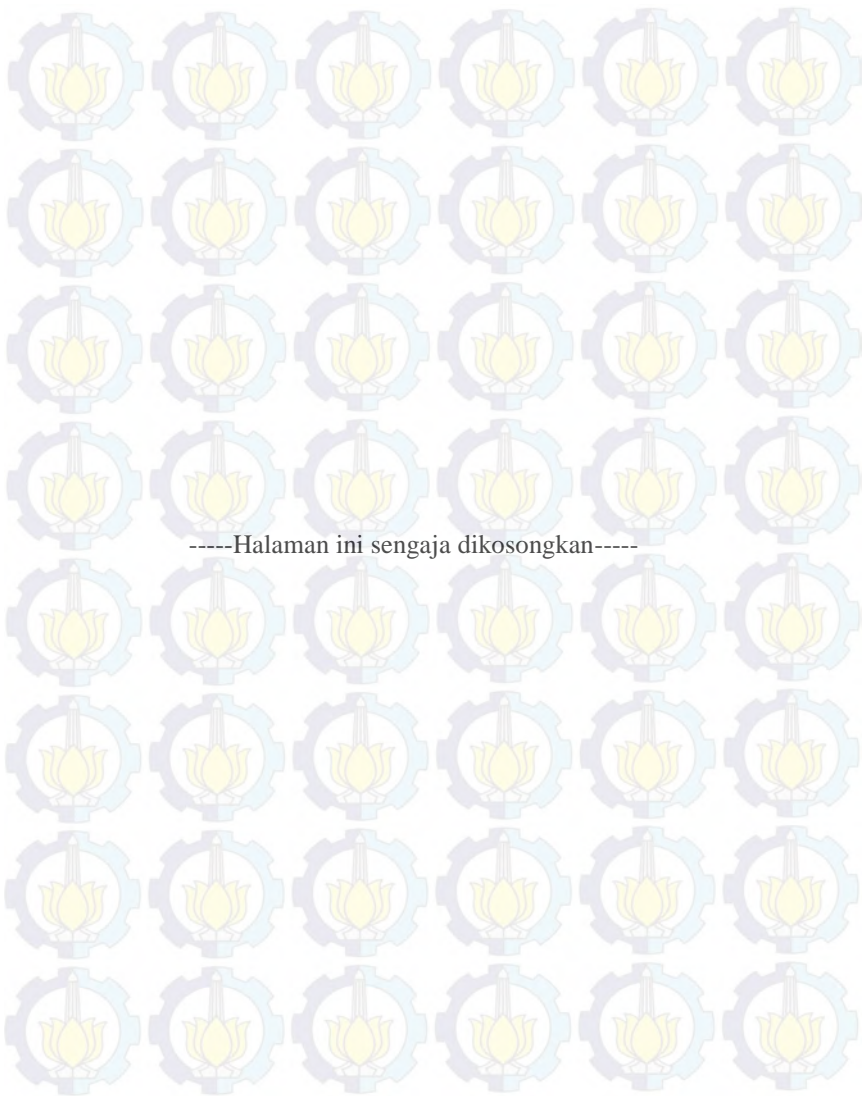
Figure 10: Extremely sensitive light operated relay



(base increased when light exceeds pre-determined level) by interchanging the 100k and 10k resistors.

Figure 8: Automatic light circuit





LAMPIRAN D TABEL

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Solar Cell

Jam	V_o (V) <i>Photovoltaic</i>	I_o (A) <i>Photovoltaic</i>
10:00	20,95	1,32
10:10	20,84	1,31
10:20	20,80	1,31
10:30	20,76	1,30
10:40	20,65	1,30
10:50	20,67	1,30
11:00	19,75	1,25
11:10	19,80	1,26
11:20	19,82	1,26
11:30	19,34	1,23
11:40	19,83	1,25
11:50	19,73	1,25
12:00	19,44	1,24
12:10	19,40	1,24
12:20	19,30	1,23
12:30	19,24	1,22
12:40	19,20	1,21
12:50	19,17	1,20
13:00	18,54	1,17
13:10	18,30	1,15
13:20	18,20	1,15
13:30	18,39	1,15
13:40	18,40	1,16
13:50	18,35	1,15
14:00	18,24	1,15
14:10	18,13	1,14
14:20	18,22	1,15
14:30	18,20	1,15
14:40	17,62	1,12
14:50	17,23	1,08
15:00	17,25	1,09

Tabel 4.8 Pengujian Keseluruhan Sistem Menggunakan *Power Supply*

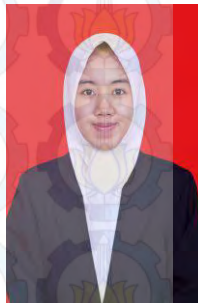
Waktu	D	Vin (V)	Iin (A)	Pin	Vout (V)	Iout (A)	Pout	PWM Lampu	Lux	$\eta\%$	I
21:30	17%	22,53	1,39	31,3	25,42	0,95	24,2	58%	36	77,1	Oc
22:00	26%	20,44	1,60	32,7	25,68	0,97	24,9	58%	36	76,2	Oc
22:30	35%	18,46	1,86	34,3	25,85	0,96	24,8	58%	36	72,3	Oc
23:00	41%	17,03	2,02	34,4	25,88	0,95	24,6	58%	36	71,5	Oc
23:30	42%	17,03	2,16	36,8	26,08	0,97	25,3	58%	36	68,8	Oc
00:00	45%	17,00	2,20	37,4	26,22	0,97	25,4	58%	36	68	Oc
00:30	38%	17,83	1,95	34,8	26,13	0,96	25,1	58%	36	72,2	Oc
01:00	39%	17,83	2,00	35,7	26,33	0,97	25,5	58%	36	71,6	Oc
01:30	43%	16,50	2,26	37,3	26,50	0,97	25,7	58%	36	68,9	Oc
02:00	44%	16,50	2,26	37,3	26,62	0,96	25,6	58%	36	68,5	Oc
02:30	44%	17,27	2,57	44,4	26,90	1,04	27,9	58%	36	63,03	Oc
03:00	45%	17,27	2,50	43,2	26,99	1,00	26,9	58%	36	62,5	Oc
03:30	45%	17,27	2,44	42,1	27,00	0,98	26,5	58%	36	62,8	Oc
04:00	44%	17,27	1,10	18,9	27,20	0,50	13,6	58%	36	71,6	Fc

Tabel 4.9 Pengujian Keseluruhan Sistem Menggunakan *Solar Cell*

Waktu	D	Vin (V)	Iin (A)	Pin	Vout (V)	Iout (I)	Pout	PWM Lampu	Lux	$\eta\%$	I
10:30	36%	17,92	1,94	34,8	25,65	0,95	24,4	0%	1656	70,1%	Oc
11:00	42%	17,06	2,46	43,2	26,02	1,00	26,0	0%	1715	62%	Oc
11:30	37%	17,87	1,97	35,2	26,00	0,94	24,4	0%	1715	69,4%	Oc
12:00	38%	17,63	2,06	36,3	26,05	0,94	24,5	0%	1656	68,5%	Oc
12:30	39%	17,66	2,05	36,2	26,22	0,90	23,6	0%	1656	65,2%	Oc
13:00	40%	17,40	2,22	38,6	26,42	0,90	23,8	0%	1601	61,6%	Oc
13:30	36%	18,71	2,02	36,7	26,59	0,86	22,9	0%	1601	62,3%	Oc
14:00	60%	13,50	2,40	32,4	27,00	0,73	19,7	0%	1601	60,8%	Fc

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : NIMAS TIYASRUFU N
Jenis Kelamin : Perempuan
Tempat, Tanggal Lahir : Lumajang, 24 Juni 1995
Agama : Islam
Kebangsaan : Indonesia
Tinggi/ Berat Badan : 157 cm/ 49 kg
Kesehatan : Baik
Alamat Asal : JL. Kapten Wiratno Gg II/10
Mobile Phone : 085745032155
E-mail : nimasmhseeits@gmail.com



Riwayat Pendidikan:

- 1999 – 2001 TK Jenderal Sudirman
- 2001 – 2007 SD Islam Tompokersan Lumajang
- 2007 – 2010 SMP Negeri 1 Lumajang
- 2010 – 2013 SMA Negeri 2 Lumajang
- 2013 – 2016 D3 Teknik Elektro PLN – ITS, Surabaya

Pengalaman Kerja :

- Kerja Praktek di PT. PLN (Persero) Unit Distribusi Rayon Rungkut Area Surabaya Selatan, Surabaya

Pengalaman Organisasi :

- Asisten Laboratorium Elektronika Terapan D3 Teknik Elektro
- Volunteer Sosmas BEM ITS

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : FAHRUDIN SUHADAK
Jenis Kelamin : Laki – laki
Tempat, Tanggal Lahir : Demak, 21 Januari 1995
Agama : Islam
Kebangsaan : Indonesia
Tinggi/ Berat Badan : 173 cm/ 61 kg
Kesehatan : Baik
Alamat Asal : JL. Setasiun I/15 Demak
Mobile Phone : 082242652299
E-mail : naracrew3@gmail.com



Riwayat Pendidikan:

- 2001 – 2006 TK Pamekar Budi
- 2001 – 2006 SD Negeri Bintoro 08 Demak
- 2006 – 2009 SMP Negeri 2 Demak
- 2009 – 2012 SMA Negeri 3 Semarang
- 2012 – 2015 D3 Teknik Elektro PLN – ITS, Surabaya

Pengalaman Kerja :

- Kerja Praktek di PT. PLN (Persero) Unit Distribusi Rayon Rungkut Area Surabaya Selatan, Surabaya

Pengalaman Organisasi :

- Ketua LDJ Salman AL-Farisi D3 Teknik Elektro
- Staf BPU JMMI ITS