



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 145561

**IMPLEMENTASI *MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) PHOTOVOLTAIC (PV)*
MENGUNAKAN METODE BISEKSI**

Wahyudi Bimantara Parlaungan
NRP 1031150000098

Dosen Pembimbing
Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng
Ciptian Wieried P., S.ST, MT

Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TE 145561

IMPLEMENTATION OF MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) PHOTOVOLTAIC (PV) USING BISECTION METHOD

Wahyudi Bimantara Parlaungan
NRP 1031150000098

Supervisor
Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng
Ciptian Wered P., S.ST, MT

Automation Electrical Engineering Department
Faculty of Vocation
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

PERNYATAAN KEASLIAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Implementasi *Maximum Power Point Tracking (MPPT) Photovoltaic (PV) Menggunakan Metode Biseksi***" 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 saya 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, 1 Agustus 2018



Wahyudi Bimantara Parlaungan
NRP 1031150000098

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

IMPLEMENTASI MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) PHOTOVOLTAIC (PV) MENGGUNAKAN METODE BISEKSI


TUGAS AKHIR


Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik
Pada
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,


Ir. Josaphat Pramudijanto M.Eng
NIP. 19621005 199003 1-003


Ciptian Weried P., S.ST, MT
NIP. 1990201711060

**SURABAYA
JULI, 2018**

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**IMPLEMENTASI *MAXIMUM POWER POINT TRACKING*
(MPPT) *PHOTOVOLTAIC* (PV) MENGGUNAKAN METODE
BISEKSI**

Nama Mahasiswa : Wahyudi Bimantara Parlaungan
NRP : 1031150000098
Pembimbing I : Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.
NIP : 19621005 199003 1 003
Pembimbing II : Ciptian Weried P., S.ST, MT
NIP : 1990201711060

ABSTRAK

Photovoltaic (PV) sebagai jenis pembangkit listrik dengan sumber dari matahari yang energinya tidak bisa habis di masa datang akan semakin memiliki peranan penting sebagai pengganti energi fosil. Namun dalam aplikasinya PV mempunyai kekurangan yakni memiliki efisiensi yang rendah, hal ini dikarenakan karakteristik V-I sel surya yang tidak linier terhadap pembebanan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan oleh PV ini, seperti besarnya tingkat intensitas cahaya dan suhu kerja dari PV.

Dalam Tugas Akhir ini telah dibuat suatu alat berbasis Mikrokontroler untuk mengoptimalkan kerja dari PV dengan cara mencari titik MPP (*Maximum Power Point*) dengan metode algoritma Biseksi, kemudian mengimplementasikannya menjadi tegangan *output* dari PV dan menjadi *Input* untuk *Boost Converter*, sehingga dapat menghasilkan tegangan yang optimal untuk selanjutnya menjadi *Input* untuk *Boost Converter*.

Hasil pengujian yang telah dilakukan yaitu dapat mengisi akumulator dengan kontrol dari *Arduino* dengan daya rata-rata yang di hasilkan adalah 11 *Watt* dari pagi sampai sore hari.

Kata Kunci : *DC to DC Converter, Boost Converter, Maximum Power Point Tracker (MPPT), Photovoltaic (PV)*.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**IMPLEMENTATION OF MAXIMUM POWER POINT
TRACKING (MPPT) PHOTOVOLTAIC (PV) USING
BISECTION METHOD**

Student's Name : Wahyudi Bimantara Parlaungan
Registration Number : 1031150000098
Supervisor I : Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.
ID Number : 19621005 199003 1 003
Supervisor II : Ciptian Weried P., S.ST, MT
ID Number : 1990201711060

ABSTRACT

Photovoltaic (PV) as a type of power plant with a source of the sun whose energy can not run out in the future will increasingly have an important role as a substitute for fossil energy. However, in the application of PV has a deficiency that has a low efficiency, this is because the characteristics of V-I solar cells are not linear to the loading. There are several factors that affect the electrical power generated by this PV, such as the amount of light intensity and the working temperature of the PV.

In this Final Project, a Microcontroller based tool has been developed to optimize the work of PV by finding MPP (Maximum Power Point) point with Biseksi algorithm method, then implement it into output Voltage from PV and become Input for Boost Converter, so it can produce optimal Voltage for the next to Input for Boost Converter.

Test results that have been done that can fill the accumulator with the control of the Arduino with average power generated is 11 Watt from morning until afternoon.

Keywords : **DC to DC Converter, Boost Converter, Maximum Power Point Tracker (MPPT), Photovoltaic (PV).**

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat 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 Program Studi Elektronika Industri, Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. 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 orangtua yang selalu memberi dukungan, doa, dan memberi perhatian kepada penulis.
2. Bapak Joko Susila, ST., MT selaku Ketua Departemen Teknik Elektro Otomasi, FV-ITS.
3. Bapak Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng. selaku dosen pembimbing 1
4. Bapak Ciptian Weried P., S.ST, MT selaku dosen pembimbing 2
5. Talitha Nabilla Apsari selaku seseorang yang selalu menyemangati penulis.
6. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, 9 Agustus 2018

Wahyudi Bimantara Parlaungan

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
LEMBAR PRNGESAHAN.....	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Sistematika Laporan.....	2
1.6 Relevansi	3
BAB II TEORI PENUNJANG	5
2.1 <i>Arduino</i>	5
2.2 <i>Boost Converter</i>	7
2.3 Sensor Arus	8
2.4 Sensor Tegangan	10
2.5 Baterai atau Akumulator	11
2.5.1 Proses Pengisian.....	11
2.5.2 Proses Pengosongan	11
2.5.3 Metode Pengisian	12
2.6 <i>Photovoltaic (PV)</i>	12
2.7 POWERSIM.....	14
2.8 Metode Biseksi.....	15
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	17
3.1 Diagram Fungsional Sistem	17
3.2 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	18
3.3 Perancangan Perangkat Elektronik.....	19
3.3.1 Setting <i>Port</i> Mikrokontroler.....	19
3.3.2 Perancangan <i>Boost Converter</i>	19
3.3.3 Perancangan <i>Driver</i> Mosfet.....	22
3.3.4 Modul Sensor Tegangan.....	24
3.3.5 Modul Sensor Arus.....	25
3.4 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	26
3.4.1 Perancangan Program pembangkitan PWM.....	26

3.4.2	Perancangan Program Metode Bisesksi	27
3.4.3	Perancangan Simulasi pada PSIM	28
BAB IV	PENGUJIAN DAN ANALISA	31
4.1	Pengujian Tegangan <i>Output</i> Mikrokontroler	31
4.2	Pengujian <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)	33
4.3	Pengujian <i>Photovoltaic</i> (PV)	34
4.4	Pengujian Efisiensi <i>Boost Converter</i>	36
4.5	Pengujian Sensor Tegangan (<i>Voltage Divider</i>)	38
4.6	Pengujian Sensor Arus (ACS712)	40
4.7	Pengujian Secara Keseluruhan	42
BAB V	PENUTUP	45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	45
DAFTAR	PUSTAKA	46
LAMPIRAN A	A-1
A.1	Tabel Karakteristik PV	A-1
A.2	Spesifikasi PV	A-3
A.3	Hasil Pengujian Sensor Tegangan	A-3
A.4	Hasil Pengujian Sensor Arus	A-4
A.5	Pengambilan Data	A-4
LAMPIRAN B	B-1
B.1	Program MPPT	B-1
B.2	Program Pengujian Mikrokontroler	B-3
B.3	Program Pengujian LCD	B-7
B.4	Program Sensor Tegangan	B-7
B.5	Program Sensor Arus	B-8
LAMPIRAN C	C-1
C.1	<i>Datasheet</i> Arduino UNO	C-1
C.2	<i>Datasheet</i> ACS712	C-2
C.3	<i>Datasheet</i> IRF540	C-10
C.4	<i>Datasheet</i> TLP250	C-16
C.5	<i>Datasheet</i> MUR1560	C-21
DAFTAR	RIWAYAT PENULIS	E-1

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1 Konfigurasi Pin <i>Arduino</i>	6
Gambar 2.2 Rangkaian <i>Boost Converter</i>	7
Gambar 2.3 Pengaruh <i>Duty Cycle</i> pada <i>Boost Converter</i>	8
Gambar 2.4 Modul Sensor Arus.....	9
Gambar 2.5 Diagram Pin ACS712.....	9
Gambar 2.6 Rangkaian Dasar Pembagi Tegangan(<i>Voltage Divider</i>)	10
Gambar 2.7 Spesifikasi Akumulator.....	11
Gambar 2.8 Cara Kerja PV.....	13
Gambar 2.9 Tampilan pada PSIM.....	15
Gambar 3.1 Diagram Fungsional Alat Keseluruhan.....	17
Gambar 3.2 Tampilan LCD 16x2.....	18
Gambar 3.3 Desain <i>Boost Converter</i>	21
Gambar 3.4 <i>Boost Converter</i>	21
Gambar 3.5 Rangkaian <i>Driver</i> Mosfet.....	22
Gambar 3.6 Rangkaian Skematik <i>Eagle Driver</i> Mosfet.....	23
Gambar 3.7 Rangkaian Skematik <i>Eagle Arduino</i> dan LCD.....	23
Gambar 3.8 <i>Driver</i> Mosfet.....	24
Gambar 3.9 Modul Sensor Tegangan dengan <i>Arduino</i>	24
Gambar 3.10 Modul Sensor Arus dengan <i>Arduino</i>	25
Gambar 3.11 <i>Flowchart</i> Program Metode Biseksi.....	27
Gambar 3.12 Rangkaian Simulasi pada PSIM.....	28
Gambar 3.13 Perancangan Keseluruhan.....	29
Gambar 4.1 Pengujian Tegangan <i>Output</i> Mikrokontroler.....	32
Gambar 4.2 Rangkaian Pengujian LCD 16x2.....	33
Gambar 4.3 Pengujian LCD.....	34
Gambar 4.4 Rangkaian Pengujian Karakteristik <i>Photovoltaic</i> (PV).....	34
Gambar 4.5 Perbandingan Tegangan dengan Arus pada PV.....	35
Gambar 4.6 Perbandingan Tegangan dan Daya pada PV.....	35
Gambar 4.7 Pengujian <i>Boost Converter</i>	36
Gambar 4.8 Perbandingan <i>V Output</i> dan <i>V Input</i>	37
Gambar 4.9 Perbandingan Efisiensi <i>Boost Converter</i> dengan <i>Duty Cycle</i>	38
Gambar 4.10 Cara Pengujian Sensor Tegangan.....	39
Gambar 4.11 Pengujian Sensor Tegangan.....	39
Gambar 4.12 Perbandingan Nilai Tegangan <i>Input</i> (V_i) dan Tegangan <i>Output</i> (V_o) Hasil Pembacaan Sensor Tegangan (<i>Voltage Divider</i>).....	40
Gambar 4.13 Cara Pengujian Sensor Arus.....	41

Gambar 4.14 Pengujian Sensor Arus	41
Gambar 4.15 Perbandingan Nilai Arus <i>Input</i> (Ii) dan Arus <i>Output</i> (Io) Hasil Pembacaan Sensor Arus (ACS712)	42
Gambar 4.16 Rangkaian Pengujian Keseluruhan	42
Gambar 4.17 Pengujian Keseluruhan.....	43

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 2.1 Spesifikasi <i>Arduino</i>	6
Tabel 3.1 Konfigurasi <i>Port</i> Mikrokontroler	19
Tabel 3.2 Parameter Perhitungan <i>Boost Converter</i>	20
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan pada Setiap Pin Mikrokontroler.	32
Tabel 4.2 Pengujian <i>Boost Converter</i>	37
Tabel 4.3 Pengujian Arus Charging dengan Algoritma MPPT	43

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah jenis pembangkit listrik dengan sumber dari matahari yang energinya tidak bisa habis di masa datang akan semakin memiliki peranan penting sebagai pengganti energi fosil. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh sistem pembangkit listrik tenaga surya tergantung pada radiasi sinar matahari dan temperatur permukaan sel surya. Kendala utama pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) saat ini yaitu efisiensi konversi modul fotovoltaik yang masih cukup rendah. Implementasi *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) yang dikontrol menggunakan metode Biseksi pada kontrol konverter *Boost* berdasarkan nilai arus dan tegangan yang dihasilkan pada keluaran. *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) itu sendiri adalah sebuah sistem elektronik yang dioperasikan pada sebuah panel *Photovoltaic* (PV) sehingga bisa menghasilkan power maksimum.

MPPT umumnya mempunyai keistimewaan yaitu tegangan *Input* yang tinggi untuk mengisi daya baterai baik 12V s/d 48V, bahkan sebagian *controller* bisa mengisi daya sampai 60VDC. MPPT bisa memanfaatkan kelebihan tegangan tadi dan dikonversi menjadi arus yang tinggi ke baterai. Jika memakai PWM (*Pulse Modulation Wight*) Tegangan *Input* hampir sama dengan Tegangan ke Baterai / Akumulator, misalnya pada *controller auto Volt* untuk baterai 12/24, *Input* 12~23VDC untuk baterai 12V dan *Input* 24~30V untuk baterai 24VDC, intinya tegangan *Input* tidak jauh berbeda dengan tegangan *output* (ke baterai) seta ketika hari mendung, walaupun tegangan tetap ada (bahkan hampir sama atau tidak ada penurunan) tapi Arus jauh lebih kecil maka dari perbandingan di atas Tugas Akhir ini menggunakan MPPT untuk menghasilkan *power* maksimum.

MPPT dikontrol menggunakan metode Biseksi untuk membandingkan dengan metode yang digunakan pada MPPT yang lain agar dapat diketahui mana yang lebih efisien. *Boost Converter* yang digunakan juga bisa untuk mengisi akumulator.

1.2 Permasalahan

Permasalahan pada Tugas Akhir ini adalah daya yang dikeluarkan oleh PV tidak optimal pada setiap perubahan waktunya.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dibahas dalam Tugas Akhir ini meliputi:

1. Pada rangkaian *Boost Converter* menggunakan mode *switching* dengan IRFP540.
2. Mikrokontroler menggunakan *Arduino UNO*.
3. Indikator lampu pada akumulator.

1.4 Tujuan

Tujuan kami menuliskan Tugas Akhir ini adalah:

- a. Merancang *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) pada PV menggunakan metode Biseksi.
- b. Membuat rangkaian *Boost Converter* pada MPPT.
- c. Mengimplementasikan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) menggunakan metode Biseksi dengan rangkaian *Boost Converter* pada PV.

1.5 Sistematika Laporan

Pembahasan Tugas Akhir ini akan dibagi menjadi lima Bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, sistematika laporan serta relevansi.

Bab II Teori Penunjang

Padabab ini membahas tentang teori penunjang yang mendukung dalam perencanaan pembuatan rangkaian *Boost Converter* meliputi teori *Boost Converter*, aplikasi dan perancangan mikrokontroler serta sensor yang digunakan.

Bab III Perancangan dan Pembuatan Alat

Membahas tentang perencanaan dan pembuatan perangkat keras (*Hardware*) yang meliputi pembuatan wadah sebagai tempat dari rangkaian *Boost Converter*, perancangan mikrokontroler dan perancangan penggunaan sensor. Serta perangkat lunak (*Software*) berupa program untuk membangkitkan PWM (*Pulse Width Modulation*) pada mikrokontroler.

Bab IV Pengujian dan Analisa

Membahas tentang pengukuran, pengujian dan penganalisaan terhadap komponen-komponen fisik seperti pengukuran tegangan keluaran pada *Boost Converter* dengan tegangan masukan 8 Volt DC namun nilai PWM (*Duty Cycle*) berubah-ubah, pengujian *Duty Cycle*, pengujian keseluruhan dari rangkaian *Boost Converter* yang meliputi pengujian tegangan masukan maupun keluaran serta arus masukan maupun keluaran.

Bab V Penutup

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari Tugas Akhir dan saran – saran untuk pengembangan alat ini lebih lanjut.

1.6 Relevansi

Terciptanya pengoptimalan daya pada *Photovoltaic* (PV) dengan memanfaatkan sumber energi listrik dari matahari dengan menggunakan algoritma metode Biseksi untuk pengisian akumulator.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB II TEORI PENUNJANG

Pada Bab II ini akan dijelaskan mengenai teori-teori dasar yang menunjang dan berhubungan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Teori dasar ini diharapkan mampu membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir dan dapat dijadikan referensi nantinya.

2.1 *Arduino* [1]

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *Wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware*nya memiliki prosesor Atmel AVR dan *Software*nya memiliki bahasa pemrograman sendiri.

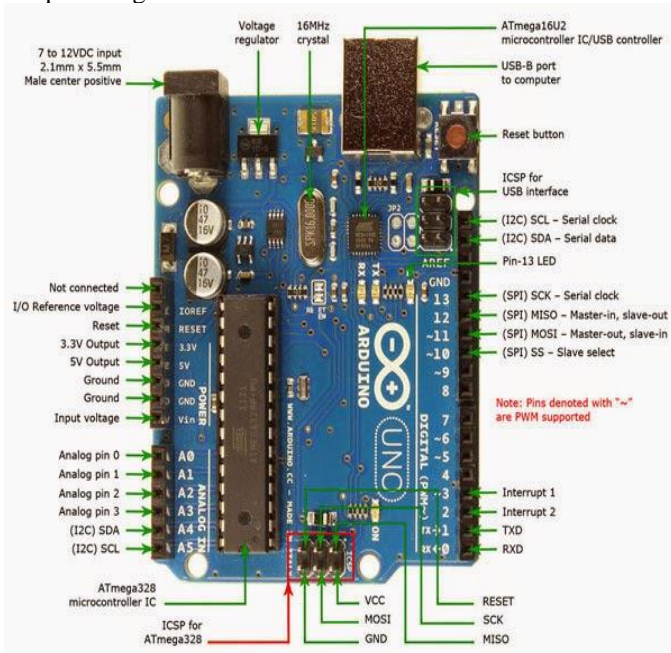
Arduino juga merupakan *Hardware* terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat peralatan elektronik interaktif berdasarkan *Hardware* dan *Software* yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman *Arduino* yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema *Hardware Arduino* dan membangunnya.

Arduino menggunakan keluarga mikrokontroler ATMega yang dirilis oleh Atmel sebagai basis, namun ada individu/perusahaan yang membuat *clone Arduino* dengan menggunakan mikrokontroler lain dan tetap kompatibel dengan *Arduino* pada level *Hardware*. Untuk fleksibilitas, program dimasukkan melalui *bootloader* meskipun ada opsi untuk mem-*bypass bootloader* dan menggunakan *downloader* untuk memprogram mikrokontroler secara langsung melalui *Port ISP*.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino

Chip mikrokontroler	ATmega328P
Tegangan Pengoperasian	5V
Tegangan <i>Input</i> yang Disarankan	7 - 12V
Batas Tegangan <i>Input</i>	6 – 20V
Jumlah Pin I/O <i>Digital</i>	14 (6 PWM)
Jumlah Pin <i>Input</i> Analog	6
Arus DC tiap Pin I/O	40 mA
Arus DC untuk Pin 3,3V	50 mA
Memori <i>Flash</i>	32 KB, 0,5 KB <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

Pada Tabel 2.1 menunjukkan spesifikasi dari *Arduino* yang digunakan pada Tugas Akhir ini.



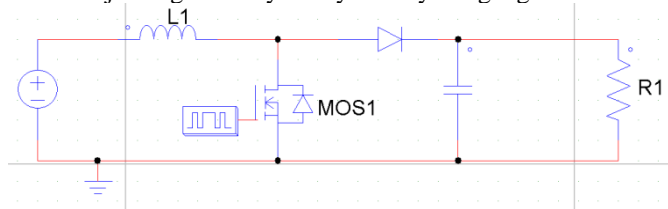
Gambar 2.1 Konfigurasi Pin *Arduino*

Pada Gambar 2.1 adalah konfigurasi Pin dari *Arduino* yang akan digunakan pada sistem yang dibuat.

2.2 *Boost Converter* [2]

Boost Converter adalah konverter untuk menaikkan tegangan DC ke level yang lebih tinggi. *Boost Converter* merupakan bentuk *Power-Supply* yang diperlukan ketika tegangan yang dibutuhkan oleh suatu perangkat atau rangkaian elektronik lebih tinggi dari tegangan suplai yang tersedia. Sebagaimana *Buck-Converter*, *Boost-Converter* juga menerapkan sistem SMPS, maka *Boost-Converter* adalah bagian dari jenis *Power-Supply* SMPS yang mempunyai efisiensinya tinggi.

Menaikkan tegangan DC ke level yang lebih tinggi tidak dapat dilakukan oleh *Power-Supply* sistem linier, itulah sebabnya istilah “DC-DC *up-Converter*” (penaik tegangan DC) hanya identik dengan *Boost Converter* yang menerapkan sistem SMPS ini. *Boost Converter* memanfaatkan sifat induktor terhadap guncangan listrik berfrekwensi tinggi dan bekerja dengan adanya denyut-denyut tegangan.

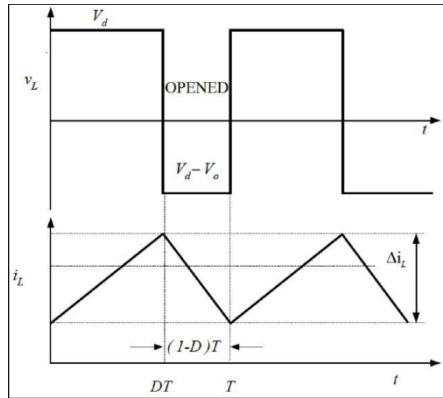


Gambar 2.2 Rangkaian *Boost Converter*

Pada Gambar 2.2 merupakan rangkaian *Boosr Converter* yang digunakan. Jika saklar dalam kondisi tertutup arus akan mengalir ke induktor sehingga menyebabkan energi yang tersimpan di induktor naik. Saat saklar terbuka, arus induktor akan mengalir menuju beban melewati dioda sehingga energi yang tersimpan di induktor akan turun. Rasio antara tegangan keluaran dan tegangan masukan sebanding dengan rasio antara periode pensaklaran dan waktu pembukaan saklar, yang disebut dengan *Duty Cycle*. Jika $D = \textit{Duty Cycle}$, maka hubungan antara tegangan masukan V_d dan tegangan keluaran V_o dinyatakan dengan Persamaan (2.1) berikut

$$\frac{V_o}{V_d} = \frac{1}{1-D} \dots\dots\dots(2.1)$$

Nilai *Duty Cycle* akan mempengaruhi nilai tegangan *output*. Tegangan yang dihasilkan merupakan nilai rata-rata dari keadaan saklar yang terbuka dan tertutup.



Gambar 2.3 Pengaruh *Duty Cycle* pada *Boost Converter*

Pada Gambar 2.3 Perbandingan *Duty Cycle* antara keadaan saklar terbuka dan saklar tertutup. Teknik pemberian pulsa pada DC-DC *Converter* menggunakan metode *pulse width modulation* (PWM) yang berfungsi sebagai *switching power supply* untuk mengontrol *on* dan *off* saklar. Pada PWM *switching* terdapat suatu *switching* frekuensi yang konstan. *Switch control* signal dengan *control ON* atau *OFF* dihasilkan dengan membandingkan suatu level tegangan *control signal* dengan suatu bentuk gelombang berulang. Frekuensi tetap konstan dalam suatu kontrol *Pulse Width Modulator* (PWM) dengan batasan rentang frekuensi yang ditentukan. Pada alat yang dibuat tidak menggunakan PWM tetapi menggunakan program MPPT pada *Arduino* untuk mengontrol sinyalnya.

2.3 Sensor Arus [3]

Sensor arus yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah ACS712 seperti pada Gambar 2.4. ACS712 merupakan sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor ini telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang kecil. Sensor ini digunakan pada aplikasi-aplikasi di bidang industri, komersial maupun komunikasi. Contoh aplikasi dari ACS712 antara lain untuk sensor kontrol motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi terhadap arus lebih dan lain sebagainya.

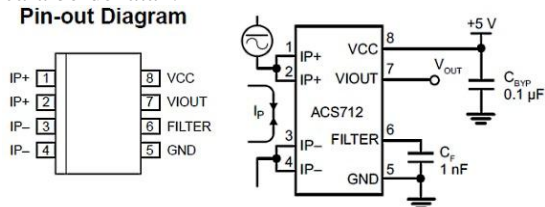


Gambar 2.4 Modul Sensor Arus

Pada Gambar 2.4 merupakan modul sensor ACS712 yang akan digunakan. Spesifikasi Sensor Arus ACS712-20A-T :

1. Masukan (*Input*) menggunakan dua pasang terminal power hijau yang mampu menahan arus listrik yang besar, sehingga mudah dalam instalasi.
2. Keluaran (*output*) menggunakan tiga terminal *power* hitam.
3. Maksimal pengukuran: 20 A.
4. Sensitivitas keluaran: 100 mV/A (analog).
5. Tegangan keluaran proporsional terhadap arus masukan (*Input*) AC ataupun DC.
6. Tegangan *offset* keluaran yang sangat stabil.
7. *Hysteresis* akibat medan magnet mendekati nol.
8. Rasio keluaran sesuai tegangan sumber.
9. Tegangan sumber: 4,5VDC – 5,5VDC.

Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian *offset* rendah linier medan 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 IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada di dalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan transduser medan secara berdekatan.

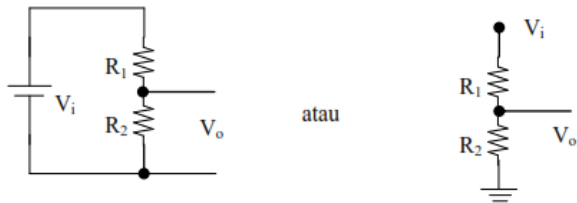


Gambar 2.5 Diagram Pin ACS712

Pada Gambar 2.5 adalah gambar dari rangkaian IC yang digunakan dalam modul ACS712. Hambatan dalam penghantar sensor sebesar 1,2 mΩ dengan daya yang rendah. Jalur terminal konduktif secara kelistrikan diisolasi dari sensor timah mengarah (Pin 5 sampai Pin 8) seperti pada Gambar 2.5 yang merupakan diagram Pin dari ACS712. Hal ini menjadikan sensor arus ACS712 dapat digunakan pada aplikasi-aplikasi yang membutuhkan isolasi listrik tanpa menggunakan *opto-isolator* atau teknik isolasi lainnya yang mahal. IC ACS712 tipe 20A ini mempunyai sensitivitas sebesar 100mV/A. Saat arus yang mengalir 0A IC ini mempunyai *output* tegangan 2,5V. Nilai tegangan akan bertambah berbanding lurus dengan nilai arus.

2.4 Sensor Tegangan [4]

Sensor tegangan yang digunakan pada Tugas Akhir ini menggunakan rangkaian pembagi tegangan (*Voltage divider*). Rangkaian pembagi tegangan merupakan rangkaian elektronika sederhana yang dapat mengubah tegangan yang tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah. Pembagi tegangan memerlukan sumber tegangan yang disambungkan secara seri dengan dua resistor. Pembagi tegangan sering dijumpai pada masukan alat-alat ukur untuk mencegah terjadinya kelebihan arus yang mengalir pada μ -Ampere.



Gambar 2.6 Rangkaian Dasar Pembagi Tegangan(*Voltage Divider*)

Dari rangkaian yang telah ditunjukkan pada Gambar 2.6 dapat diperoleh persamaan:

$$V_o = \frac{R_2}{(R_1+R_2)} V_i \dots\dots\dots(2.2)$$

Persamaan ini adalah persamaan untuk menghitung tegangan *output* yang dihasilkan oleh sebuah rangkaian pembagi tegangan. Dengan memilih dua buah resistor dengan nilai tahanan yang sesuai, kita dapat memperoleh nilai tegangan *output* berapapun didalam kisaran 0 V hingga V_{in} .

2.5 Baterai atau Akumulator [5]

Baterai atau Akumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berkebalikan) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversible adalah didalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, yaitu pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel. Tiap sel baterai terdiri dari dua macam elektroda yang berlainan, yaitu elektroda positif dan negatif yang dicelupkan dalam suatu larutan kimia.

2.5.1 Proses Pengisian

Secara sederhana, proses pengisian baterai isi ulang adalah dengan memasukkan arus secara terus-menerus pada baterai sehingga tegangan bertambah hingga batas tertentu. Proses pengisian baterai secara berlebihan dapat merusak baterai sehingga umur baterai tidak dapat bertahan lama. Pengisian diatur 110% sampai 115% dari nominal tegangan akumulator. Bila akumulatornya 12 Volt maka tegangan pengisian harus berkisar antara 13,2 sampai 13,8 Volt. Jika lebih maka akan terjadi *over Voltage* sekaligus *over charge*. Salah satu spesifikasi akumulator bisa di lihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Spesifikasi Akumulator

2.5.2 Proses Pengosongan

Secara sederhana, proses pengosongan baterai isi ulang adalah dengan cara menghabiskan arus pada baterai sehingga muatan pada baterai berkurang yang menyebabkan tegangan baterai semakin menurun pada batas tertentu. Untuk jenis baterai NiMH dan NiCd

pengosongan baterai tidak boleh di bawah 0,9 Volt untuk setiap sel baterai.

2.5.3 Metode Pengisian

Kapasitas energi yang disimpan (C) dari sebuah baterai diukur dalam *Ampere hours* atau *mA hours*. Pada kebanyakan kasus, mode *trickle charging (slow rate)* dengan laju arus sebesar C/100 hingga C/10 akan menyebabkan baterai selalu dalam kondisi yang baik untuk waktu yang lama sedangkan pada mode *fast charging* dapat menimbulkan panas sehingga gas kimia yang ada pada baterai dapat bereaksi akan menyebabkan baterai akan cepat rusak. *C-Rate* merupakan definisi untuk arus pengisian dan pengosongan baterai isi ulang. *C-Rate* dapat dirumuskan menjadi:

$$C_{Rate} = \frac{C}{1 \text{ Hour}}$$

C = kapasitas baterai dalam A-hour atau mA-hour.

Sebagai contoh jika sebuah baterai 1000mA-hour akan mempunyai *C-Rate* sebesar 1000mA, arus penyesuaian untuk 1C adalah 1000mA, arus penyesuaian untuk 0,1C adalah 100mA dan arus penyesuaian untuk 2C adalah 2000mA. Adapun tabel pengisian baterai atau akumulator dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 *State of Charge Battery Charging/ Accumulator*

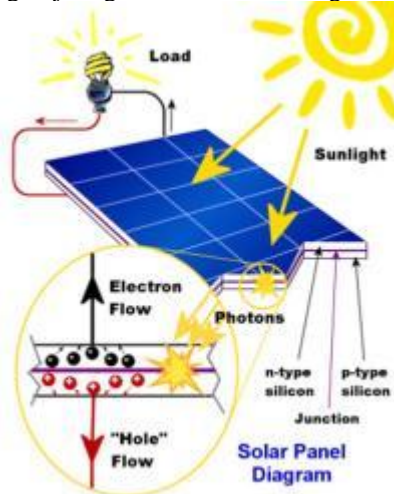
Charge	V Open Circuit			Cell
	6 Volt	12 Volt	24 Volt	
100%	6,37	12,73	25,46	1,277
90%	6,31	12,62	25,24	1,258
80%	6,25	12,50	25,00	1,238
70%	6,19	12,37	24,74	1,217
60%	6,12	12,24	24,48	1,195
50%	6,05	12,10	24,20	1,172
40%	5,98	11,96	23,92	1,148
30%	5,91	11,81	23,62	1,124
20%	5,83	11,66	23,32	1,098
10%	5,75	11,51	23,02	1,073

2.6 Photovoltaic (PV) [6]

Photovoltaic adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sedangkan yang

dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek fotovoltaik. Solar PV atau sering disebut Solar Panel atau Panel Surya terdiri dari sejumlah sel surya / *solar cell* yang mengandung bahan/material fotovoltaik (*Photovoltaics*) yang tersusun bersamaan dengan *silicon monocrystalline*, *silicon polycrystalline*, *silikon amorf*, *telluride kadmium*, dan tembaga *indium gallium selenide / sulfida*. Solar PV termasuk jenis *photo dioda*.

PV menghasilkan listrik arus DC dari sinar matahari, yang dapat langsung digunakan untuk peralatan listrik DC atau untuk mengisi ulang baterai. Aplikasi praktis pertama *Photovoltaics* adalah satelit yang mengorbit listrik dan pesawat ruang angkasa lainnya, tetapi sekarang sebagian besar modul PV digunakan untuk pembangkit jaringan listrik tersambung setara PLN.



Gambar 2.8 Cara Kerja PV

Pada Gambar 2.8 merupakan cara kerja sistem pembangkit listrik tenaga surya, menggunakan *grid-connected* panel sel surya *Photovoltaic*. Modul sel surya *Photovoltaic* mengubah energi surya menjadi arus listrik DC. Arus listrik DC yang dihasilkan ini akan dialirkan ke dalam akumulator untuk mengisi daya agar bisa menyalakan lampu jalan pada malam hari. Penggunaan *Photovoltaic* memiliki beberapa kelebihan jika dibanding dengan pembangkit tenaga listrik lain, yakni:

1. Bersih dan bebas polusi.

2. Beroperasi tanpa ada bagian yang perlu dibongkar pasang
3. Menghasilkan listrik tanpa suara
4. Minim perawatan
5. Listrik yang dihasilkan dapat dipergunakan untuk keperluan apapun dan dimanapun, tidak perlu investasi besar ataupun pengecekan keamanan seperti industri nuklir
6. Tidak memerlukan biaya transportasi seperti minyak, batubara, uranium dan plutonium
7. Awet dan tahan lama (bisa mencapai 25 tahun).

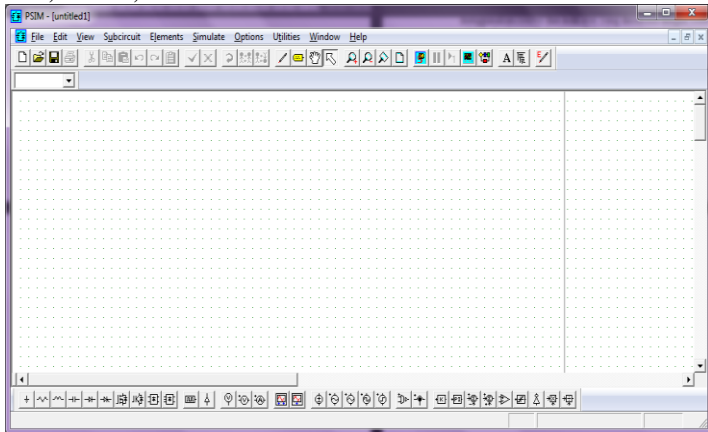
Adapun jenis-jenis PV yaitu:

1. Polikristal (*Poly-crystalline*)
Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel surya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan jenis monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih murah.
2. Monokristal (*Mono-crystalline*)
Merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak dapat bekerja optimal ditempat dengan cahaya matahari yang kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.
3. *Amorphous*
Silikon Amorf (a-Si) telah digunakan sebagai bahan sel *Photovoltaic* untuk kalkulator selama beberapa waktu. Meskipun mempunyai kinerja yang lebih rendah dibandingkan sel surya tradisional c-Si, hal ini tidak penting dalam kalkulator, yang menggunakan daya sangat rendah. Teknologi terbaru saat ini dengan perbaikan dalam teknik konstruksi telah membuat a-Si lebih menarik sebagian besar wilayah pemanfaatan sel surya. Disini efisiensi yang lebih tinggi dapat dicapai dengan menyusun beberapa sel tipis-film di atas satu sama lain, masing-masing sesuai untuk bekerja dengan baik pada frekuensi cahaya tertentu.

2.7 POWERSIM [7]

Powersim adalah salah satu *Software* untuk simulasi model *system dynamics*. Jadi Powersim hanyalah merupakan alat (*tool*)

untuk mempermudah simulasi model *system dynamics*. Perlu ditegaskan di sini bahwa menggunakan *Software Powersim* tidak berarti dengan sendirinya menggunakan metodologi *system dynamics*. *System dynamics* dapat disimulasikan dengan berbagai jenis *Software*, termasuk dengan *Software spreadsheet*, misalnya *Excel*. *Software-Software* yang didisain untuk membuat simulasi model *system dynamics*, sampai saat ini tersedia di pasar adalah : *Dynamo*, *Vensim*, *Stella*, *I-think*, *Powersim*.



Gambar 2.9 Tampilan pada PSIM

Pada Gambar 2.9 adalah gambar tampilan layer utama pada Powersim yang digunakan untuk membuat simulasi rangkaian elektronik.

2.8 Metode Biseksi [8]

Metode Biseksi merupakan salah satu metode tertutup untuk menemukan solusi akar dari persamaan non linear. Ide awal dari metode Biseksi adalah metode tabel dimana areanya dibagi menjadi N bagian. Sementara dalam metode Biseksi membagi range menjadi 2 (dua) bagian saja. Akar-akar persamaan nonlinear dicari melalui proses iterasi, dengan prinsip utama sebagai berikut: memilih bagian yang mengandung akar dan membuang yang tidak mengandung akar hingga diperoleh akar persamaan.

Hal yang terlebih dahulu harus ditentukan dalam metode Biseksi adalah menentukan batas bawah (a) dan batas atas (b). Kemudian dicari nilai tengah : $x=(a+b)/2$. Secara matematis, akan

terdapat akar persamaan bila $f(a)$ dan $f(b)$ dalam suatu range berlawanan tanda atau $f(a) \times f(b) < 0$.

1. Definisikan fungsi $f(x)$ yang akan dicari akarnya
2. Tentukan nilai a dan b
3. Tentukan toleransi ϵ dan iterasi maksimum N
4. Hitung $f(a)$ dan $f(b)$
5. Jika $f(a) \cdot f(b) > 0$ maka proses dihentikan karena tidak ada akar, bila tidak dilanjutkan
6. Hitung $x = (a+b)/2$
7. Hitung $f(x)$
8. Bila $f(x) \cdot f(a) < 0$ maka $b = x$ dan $f(b) = f(x)$, bila tidak $a = x$ dan $f(a) = f(x)$
9. Jika $|b-a| < \epsilon$ atau iterasi $>$ iterasi maksimum maka proses dihentikan dan didapatkan akar $= x$, dan bila tidak, ulangi langkah 6.

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini dibahas mengenai perancangan perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*Software*). Hal tersebut guna mewujudkan Tugas Akhir ini.

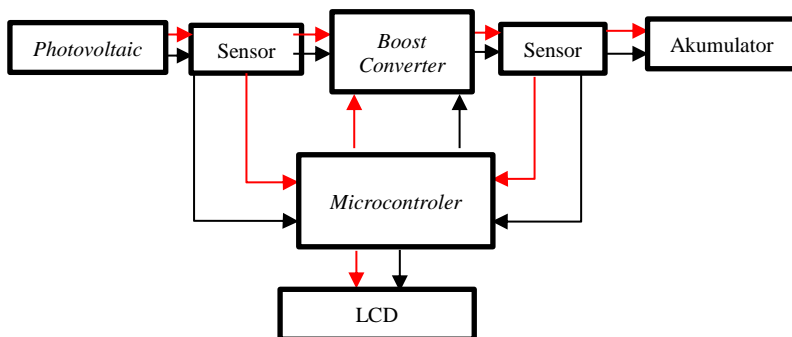
Untuk perangkat keras meliputi:

1. Perancangan alat-alat yang didalamnya terdiri dari rangkaian *Boost Converter*, dan baterai atau akumulator.
2. Setting *Port* Mikrokontroler (*Arduino UNO*).
3. Perancangan *Boost Converter*.
4. Perancangan *Driver* Mosfet.
5. Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan (*Voltage Divider*).
6. Perancangan Rangkaian Sensor Arus (*ACS712*).

Sedangkan untuk perancangan perangkat lunak (*Software*) yang digunakan yaitu dengan menggunakan *Arduino IDE* kemudian akan dihubungkan ke mikrokontroler *Arduino UNO* yang digunakan untuk menerima data dari sensor tegangan dan sensor arus (*ACS712*), dimana dari data tersebut akan diproses oleh mikrokontroler dan hasilnya dikeluarkan berupa *pwm* yang akan di proses untuk *Boost Converter*.

3.1 Diagram Fungsional Sistem

Perancangan sistem secara keseluruhan dalam pembuatan alat yang digunakan dapat diperlihatkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Fungsional Alat Keseluruhan

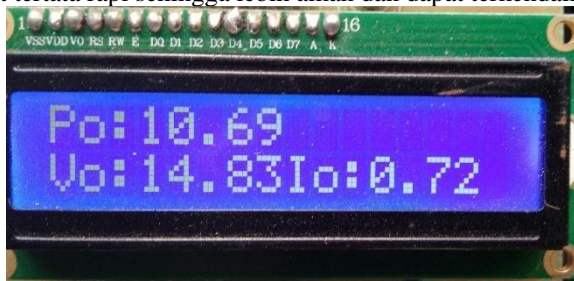
Pada Gambar 3.1 menunjukkan blok fungsional sistem dengan penjelasan sebagai berikut, *Photovoltaic* (PV) menggunakan cahaya sebagai sumber energi listrik. Daya yang keluar PV tidak stabil maka diperlukan rangkaian dc to dc *Converter* berupa *Boost Converter* dan *Maximum Power Point Traker* (MPPT) untuk menstabilkan daya. Tegangan yang keluar dari PV dikontrol agar stabil di 13Volt DC kemudian dialirkan ke akumulator untuk mengisi daya dalam akumulator tersebut.

Pusat pengendali sistem *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) untuk menstabilkan daya pada PV menggunakan mikrokontroler. Sumber tegangan mikrokontroler berasal dari baterai akumulator. Mikrokontroler menghasilkan pwm untuk mengatur *switch* Mosfet pada *Boost Converter*.

Sensor arus dan sensor tegangan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler untuk mengubah *Duty Cycle* pwm secara otomatis dengan menggunakan sistem *Maximum Power Point Traker* (MPPT) dengan metode Biseksi. Tampilan (*display*) LCD16x2 digunakan untuk menampilkan tegangan keluaran, arus keluaran serta daya.

3.2 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan Penunjang *Hardware* terdiri dari perancangan alat dengan ukuran papan 30cm(P) x 30cm(L) seperti pada Gambar 3.2 yang berisi rangkaian elektronik meliputi rangkaian *Boost Converter*, rangkaian *Driver* Mosfet, rangkaian sensor arus, rangkaian sensor tegangan, dan baterai atau akumulator. Perancangan alat dimaksudkan sebagai tempat untuk meletakkan semua rangkaian kelistrikan yang diperlukan agar mempermudah memberikan sumber tenaga listrik serta agar lebih praktis karena berada pada satu tempat yang sama, sehingga apabila terjadi *trouble* akan lebih mudah dalam hal pengecekannya. Selain itu, perancangan alat bertujuan agar *wiring* kabel dapat tertata rapi sehingga lebih aman dan dapat terkendali.



Gambar 3.2 Tampilan LCD 16x2

Pada Gambar 3.2 adalah bagian depan alat dipasang LCD berukuran 16x2 yang berfungsi untuk menampilkan informasi pembacaan tegangan *output*, arus *output*, dan daya *output*.

3.3 Perancangan Perangkat Elektronik

Perancangan elektronik membahas *setting Port* mikrokontroler, rangkaian *Boost Converter*, sensor tegangan, serta sensor arus (ACS712).

3.3.1 Setting Port Mikrokontroler

Mikrokontroler digunakan sebagai *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). Mikrokontroler yang digunakan adalah *Arduino UNO*. *Arduino UNO* adalah sebuah *board* mikrokontroler didasarkan pada ATmega328P. Memiliki 14 Pin *Input* dari *output digital* dimana 6 Pin *Input* tersebut dapat digunakan sebagai *output pwm* dan 6 Pin *Input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP *header* dan tombol *reset*.

Tabel 3.1 Konfigurasi *Port* Mikrokontroler

No	Pin <i>Arduino</i>	Keterangan
1	Pin A0	Sensor Tegangan (<i>Input</i>)
2	Pin A1	Sensor Arus (<i>input</i>)
3	Pin A2	Sensor Tegangan (<i>output</i>)
4	Pin A3	Sensor Arus (<i>output</i>)
5	Pin 9	PWM
6	Pin GND, VCC, Pin 12, Pin 10, Pin 5, Pin 4, Pin 3, Pin 2	LCD

Pada Tabel 3.1 merupakan Pin yang digunakan *Arduino* untuk menyuplai *Boost Converter*, *Driver Mosfet*, dan LCD 16x2.

3.3.2 Perancangan *Boost Converter*

Desain rangkaian *Boost Converter* menggunakan Mosfet sebagai *switch* dalam menaikkan tegangan (*Boost*) melalui pengaturan *Duty Cycle* *pwm* yang di hasilkan dari mikrokontroler secara otomatis.

Rangkaian *Boost Converter* digunakan untuk menstabilkan tegangan dan untuk menaikkan tegangan yang keluar *Photovoltaic*. Tegangan yang keluar di harapkan mencapai 25 Volt.

Pada perancangan *Boost Converter* dijelaskan mengenai perhitungan komponen *Boost Converter* dan rangkaian *Boost Converter* secara keseluruhan sesuai dengan Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Parameter Perhitungan *Boost Converter*

<i>Pmax</i>	50 Watt
<i>Vin_min</i>	8 Volt
<i>Vin_max</i>	18,5 Volt
<i>Vout</i>	13 Volt
<i>Iinput</i>	2,7 Ampere
<i>Switching</i>	50k Hertz
<i>Ripple Arus</i>	13 %

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

a. Menentukan nilai *Duty Cycle*

$$D = 1 - \frac{V_{in_min}}{V_{out}} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$D = 1 - \frac{8}{13}$$

$$D = 1 - 0,61$$

$$D = 0,38$$

b. Arus *Output*

$$I_{out} = I_{in} \cdot \left[\frac{V_{out} + V_F}{V_{in}} \right] \dots\dots\dots(3.2)$$

$$I_{out} = 2,7 \cdot \left[\frac{13 + 0,7}{8} \right]$$

$$I_{out} = 2,7 \cdot 1,7125$$

$$I_{out} = 1,57 A$$

c. *Ripple Arus*

$$\Delta I_L = 0,13 \times I_{out} \times \left[\frac{V_{out} + V_F}{V_{in_min}} \right] \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\Delta I_L = 0,13 \times 1,57 \times \left[\frac{13 + 0,7}{8} \right]$$

$$\Delta I_L = 0,13 \times 1,57 \times 1,7125$$

$$\Delta I_L = 0,35$$

d. Menentukan nilai induktor

$$L = \left(\frac{1}{f} \right) \times [V_{out} + V_F - V_{in_min}] \times \left(\frac{V_{in_min}}{V_{out} + V_F} \right) \times \left(\frac{1}{\Delta I_L} \right) \dots\dots(3.4)$$

$$L = \left(\frac{1}{50000} \right) \times [13 + 0,7 - 8] \times \left(\frac{8}{13 + 0,7} \right) \times \left(\frac{1}{0,35} \right)$$

$$L = 2 \times 10^{-5} \times 5,7 \times 0,584 \times 2,857$$

$$L = 19,02 \times 10^{-5} H = 190,2 \mu H$$

e. Menentukan nilai kapasitor

$$I_{Crms} = \sqrt{I_{Drms}^2 - I_{out}^2} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$I_{Crms} = \sqrt{1,235^2 - 1,57^2}$$

$$I_{Crms} = \sqrt{0,939}$$

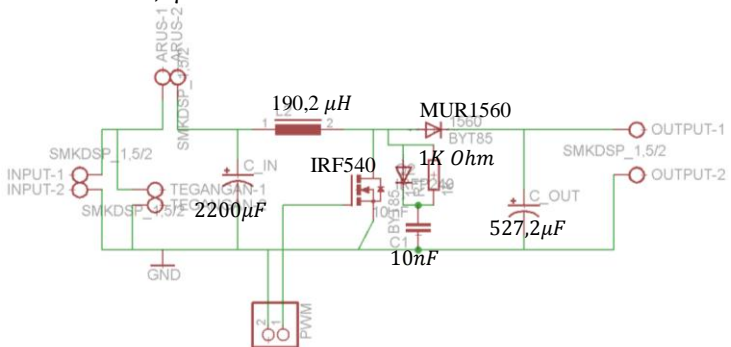
$$I_{Crms} = 0,969$$

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta V_0} = \frac{I_{Crms} \cdot D \cdot T}{\Delta V_0} \dots\dots\dots (3.6)$$

$$C = \frac{0,969 \cdot 0,68}{0,025 \cdot 50000}$$

$$C = 0,0005272 F$$

$$C = 527,2 \mu F$$



Gambar 3.3 Desain *Boost Converter*

Pada Gambar 3.3 merupakan desain *Boost Converter* yang telah dibuat pada *software Eagle*.



Gambar 3.4 *Boost Converter*

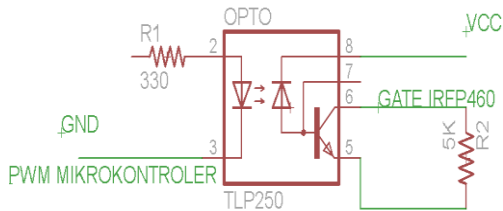
Pada Gambar 3.4 merupakan hasil dari perancangan dan pembuatan alat *Boost Converter*.

3.3.3 Perancangan *Driver Mosfet*

Rangkaian *Driver Mosfet* merupakan rangkaian yang digunakan untuk menghubungkan rangkaian kontrol dengan Mosfet, sehingga rangkaian kontrol dapat berfungsi dengan baik. Fungsi utama dari *Driver Mosfet* adalah untuk dapat mengoperasikan Mosfet dari keadaan *OFF* ke *ON* atau bahkan sebaliknya. Pada Tugas Akhir ini, rangkaian *Driver Mosfet* yang digunakan adalah TLP250.

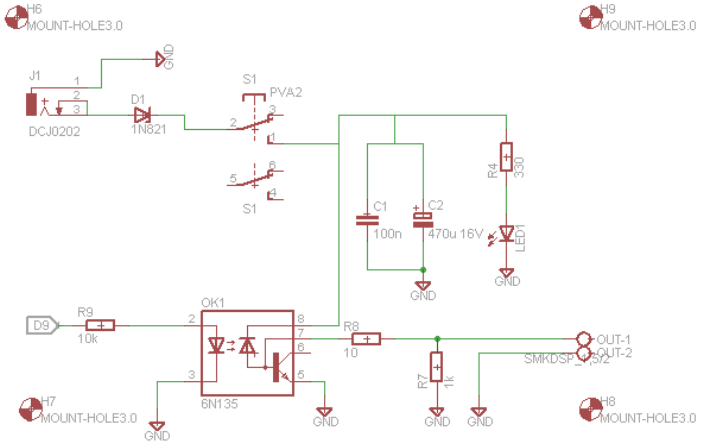
Driver Mosfet yang digunakan sebagai *Boost Converter* adalah IC *Optocoupler* TLP250 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5. IC *Optocoupler* TLP250 sudah dilengkapi dengan rangkaian penguat. Spesifikasi TLP250 sebagai berikut :

1. *Input threshold current* (I_F) : 5mA (max.)
2. *Supply current* (I_{CC}) : 11mA (max.)
3. *Supply Voltage* (V_{CC}) : 10–35V
4. *Output current* (I_O) : $\pm 1.5A$ (max.)
5. *Switching time* (t_{pLH}/t_{pHL}) : 1.5 μs (max.)
6. *Isolation Voltage* : 2500Vrms (min.)

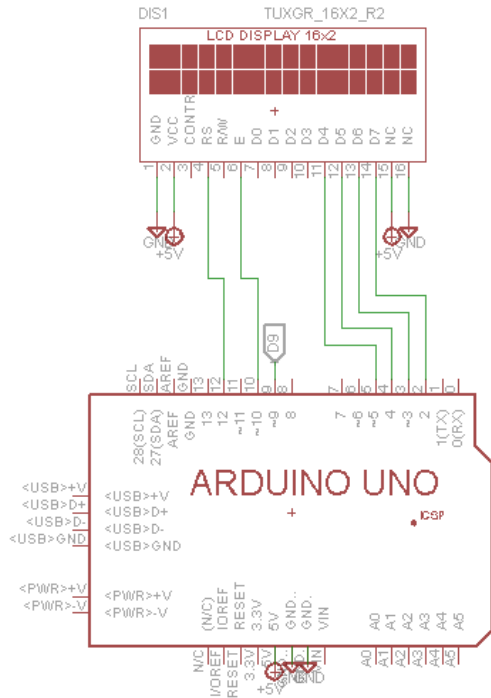


Gambar 3.5 Rangkaian *Driver Mosfet*

Pin 2 disambungkan dengan mikrokontroler untuk dibangkitkan sinyal pwm, Pin 3 disambungkan pada *ground* mikrokontroler, Pin 6 disambungkan pada *gate* Mosfet IRFP460 dan Pin 8 disambungkan pada *Vcc* 12 Volt.



Gambar 3.6 Rangkaian Skematik *Eagle Driver Mosfet*



Gambar 3.7 Rangkaian Skematik *Eagle Arduino dan LCD*

Pada Gambar 3.6 dan Gambar 3.7 merupakan *Driver* Mosfet yang akan dibuat dengan mengintegrasikan dengan *Arduino* UNO.

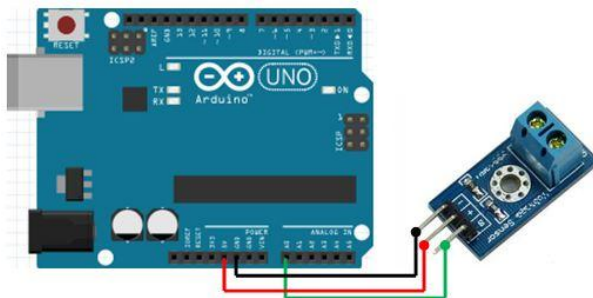


Gambar 3.8 *Driver* Mosfet

Pada Gambar 3.8 merupakan hasil dari pembuatan alat *Driver* Mosfet yang dibuat untuk mengatur pulsa yang masuk pad Mosfet.

3.3.4 Modul Sensor Tegangan

Sensor Tegangan yang digunakan adalah modul sensor tegangan. Modul sensor tegangan berfungsi sebagai konversi tegangan dari *Photovoltaic* (PV) agar bisa dibaca oleh pengguna. Tegangan *output* yang dihasilkan *Photovoltaic* (PV) adalah 8 sampai 18,5Volt, sedangkan tegangan yang dimasukkan pada mikrokontroler 0 sampai 5 Volt.

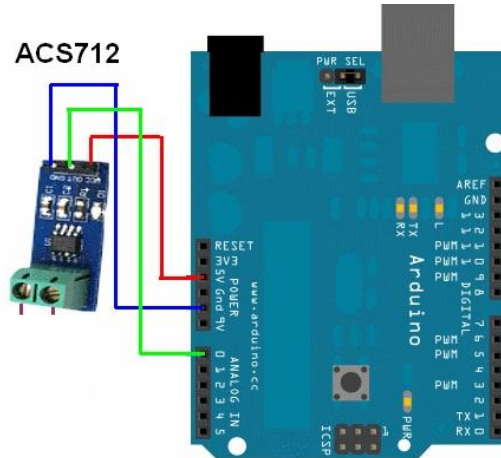


Gambar 3.9 Modul Sensor Tegangan dengan *Arduino*

Pada Gambar 3.9 merupakan modul sensor tegangan yang digunakan untuk mengukur tegangan masukan dan tegangan keluaran. Spesifikasi modul sensor tegangan adalah sebagai berikut:

- Variasi Tegangan masukan: DC 0 - 25 V
- Deteksi tegangan dengan jangkauan: DC 0,02445 V – 25 V
- Tegangan resolusi analog: 0,00489 V

3.3.5 Modul Sensor Arus



Gambar 3.10 Modul Sensor Arus dengan *Arduino*

Sensor arus yang digunakan adalah ACS712 seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.10. Keluaran sensor arus V_{out} terhubung ke Pin ADC mikrokontroler. Sensor arus ini digunakan untuk membaca besarnya arus baik pada sisi *Input* maupun *output* pada rangkaian *Boost Converter*. Pada *Datasheet* ACS712 dapat dilihat bahwa hasil pembacaan sensor arus berupa tegangan DC dengan kondisi awal (arus *Input* = 0) sama dengan 2,5Volt. Pada Tugas Akhir ini digunakan sensor arus ACS-712 ELCTR-20AT dengan *rating* pembacaan arus maksimal 20 *Ampere*.

3.4 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

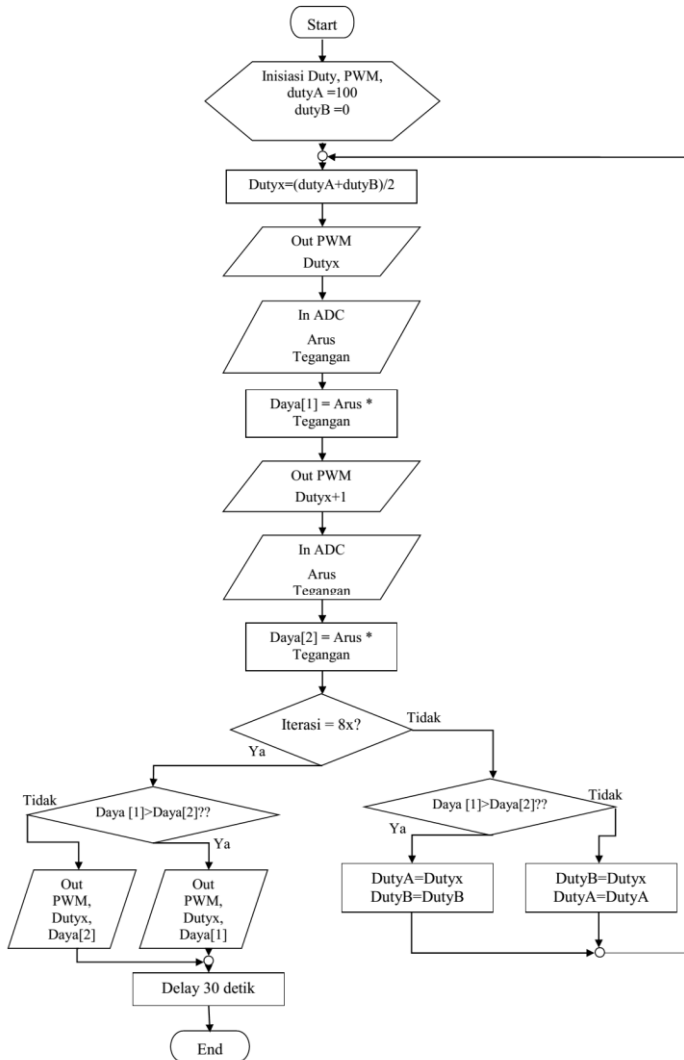
Pada bab ini dibahas perancangan program untuk pembangkitan sinyal pwm, perancangan program pembacaan sensor tegangan, perancangan program pembacaan sensor arus dan perancangan program *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) pada *Boost Converter*.

3.4.1 Perancangan Program pembangkitan PWM

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan parameter yang penting agar rangkaian *Boost Converter* dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. PWM merupakan suatu metode pengaturan tegangan dengan mengubah atau mengatur periode *ON* (*toN*) pada tegangan berfrekuensi dengan periode frekuensi yang tetap atau sama. Dengan mikrokontroler, nilai frekuensi dan *Duty Cycle* untuk pwm dapat diatur sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Mikrokontroler yang digunakan adalah Atmega328P (*Arduino UNO R3*).

Rangkaian *Boost Converter* pada MPPT menggunakan pembangkitan pwm dengan resolusi 8 bit, maka variasi perubahan pwm sebanyak $2^8 = 256$ yaitu variasi mulai 0 – 255 perubahan nilai. Untuk mengatur nilai *Duty Cycle*, dapat diatur nilai pembandingnya (*compare*) mulai 0 berarti 0% hingga 255 berarti 100%.

3.4.2 Perancangan Program Metode Biseksi



Gambar 3.11 Flowchart Program Metode Biseksi

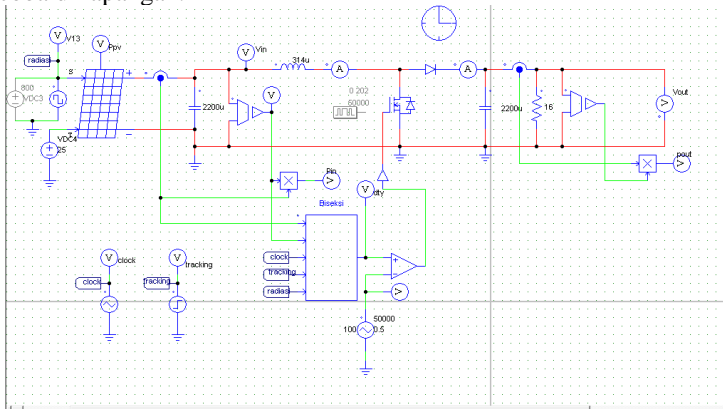
Penjelasan *flowchart* berdasarkan Gambar 3.11 adalah sebagai berikut:

1. *Start* adalah ketika program dimulai.

2. Inisialisasi untuk *duty* dan *pwm*.
3. Kemudian inisialisasi $Dutyx=(dutyA+dutyB)/2$ dengan *dutyA* adalah *Duty Cycle* pertama dan *dutyB* adalah *Duty Cycle* setelah *dutyA*.
4. Memproses data keluaran *pwm* dan *Dutyx*.
5. Proses untuk pembacaan sensor arus dan sensor tegangan.
6. Inisialisasi daya yang pertama *Daya[1]*
7. Akan diproses kembali dengan keluaran *pwm* dengan *Dutyx+1*.
8. Kemudian akan membaca sensor kembali untk mendapatkan *Daya[2]*
9. Lalu apakah sudah melakukan iterasi 8 kali?
10. Jika sudah maka bila *Daya[1]>Daya[2]* akan menghasilkan *Dutyx* dan *Daya[1]* bila tidak akan menghasilkan *Dutyx* dan *Daya[2]* kemudian jika sudah akan kembali ke awal.
11. Jika belum melakukan iterasi 8 kali bila *Daya[1]>Daya[2]* maka akan diberikan $DutyA=Dutyx$ dan $DutyB=DutyB$ bila tidak maka akan diberikan $DutyB=Dutyx$ dan $DutyA=DutyA$ kemudian akan kembali setelah inisialisasi

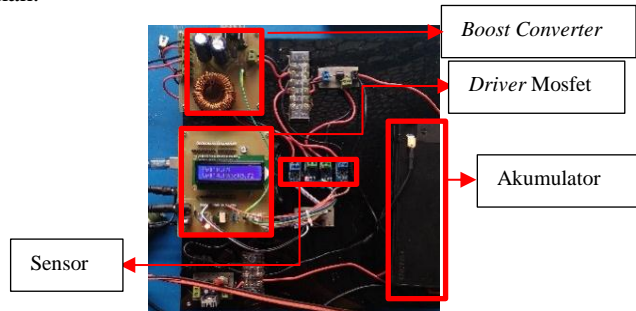
3.4.3 Perancangan Simulasi pada PSIM

Perancangan simulasi pada PSIM ini dilakukan untuk membuat program MPPT dengan algoritma Biseksi sebelum langsung diuji coba di lapangan.



Gambar 3.12 Rangkaian Simulasi pada PSIM

Gambar 3.12 merupakan rangkaian simulasi dari *Boost Converter* dengan PV serta dengan algoritma Biseksi yang telah di integrasikan.



Gambar 3.13 Perancangan Keseluruhan

Pada Gambar 3.13 merupakan hasil dari perancangan alat yang telah dibuat meliputi *Driver Mosfet*, *Boost Converter*, sensor-sensor, dan akumulator.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

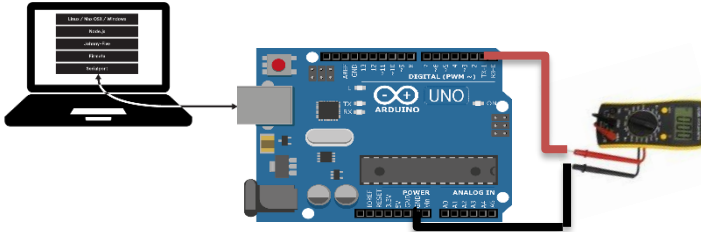
Pada bab ini membahas tentang pengukuran dan analisa sistem yang telah dibuat. Pengujian sistem yang dilakukan merupakan pengujian terhadap perangkat keras dan perangkat lunak dari sistem secara keseluruhan yang telah selesai dibuat untuk memastikan agar komponen-komponen sistem yang akan digunakan dapat berfungsi dengan baik sehingga akan bekerja secara optimal. Pengukuran dan analisa *Boost Converter* pada *Photovoltaic* (PV) meliputi:

1. Pengujian Tegangan *Output* Mikrokontroler
2. Pengujian *Liquid Crystal Display* (LCD)
3. Pengujian *Photovoltaic* (PV)
4. Pengujian *Boost Converter*
5. Pengujian Sensor Tegangan
6. Pengujian Sensor Arus
7. Pengujian Keseluruhan

4.1 Pengujian Tegangan *Output* Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan dalam Tugas Akhir ini yaitu menggunakan ATMega328P (*Arduino UNO*). Untuk mengetahui Pin yang terdapat pada mikrokontroler dapat digunakan dan tegangan yang dikeluarkan sesuai dengan *Datasheet*, perlu dilakukan pengukuran pada tegangan *output* mikrokontroler. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur tegangan pada setiap Pin mikrokontroler ATMega328P yang telah dipasang pada *board Arduino UNO*. Prosedur pengujian sebagai berikut:

1. Program di *upload* dari laptop ke mikrokontroler ATMega328P. Program dapat dilihat pada Lampiran B.2.
2. Kemudian Mengukur setiap Pin pada *board Arduino* dengan program uji coba mikrokontroler dalam keadaan *high Voltage* dan *low Voltage*.
3. Setelah program di *upload* maka pengukuran dilakukan pada saat tegangan dalam posisi *high Voltage* dan *low Voltage*.
4. Seperti pada Gambar 4.1 dengan mengukur tegangan Pin *Arduino* pada Pin digital adalah positif dari *Avometer* kemudian Gnd pada *Arduino* adalah sebagai *Ground* pada *Avometer*.



Gambar 4.1 Pengujian Tegangan *Output* Mikrokontroler

Setelah dilakukannya pengujian seperti pada Gambar 4.1 didapatkan hasil pengukura pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan pada Setiap Pin Mikrokontroler.

Pin	High(Volt)	Low(Volt)
A0	4,96	0
A1	4,96	0
A2	4,96	0
A3	4,96	0
A4	4,96	0
A5	4,96	0
Rata-Rata	4,96	0

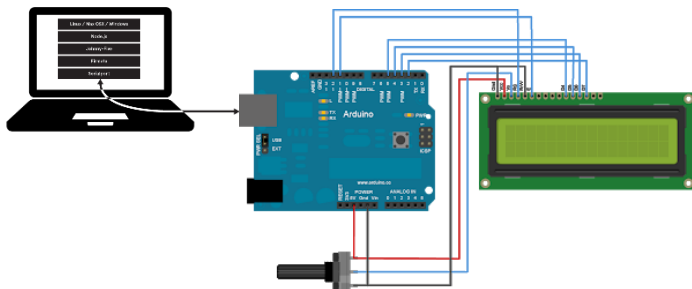
Pin	High (Volt)	Low (Volt)
0	4,96	0
1	4,96	0
2	4,96	0
3	4,96	0
4	4,96	0
5	4,96	0
6	4,96	0
7	4,96	0
8	4,96	0
9	4,96	0
10	4,96	0
11	4,96	0
12	4,96	0
13	4,96	0
Rata - Rata	4,96	0

Dilihat dari data hasil pengukuran pada Tabel 4.1, mikrokontroler (ATMega328P) apabila mendapat logika 1 maka tegangan *output* sebesar 4,96 Volt dan saat mendapat logika 0 maka tegangan *output* sebesar 0 Volt. Hal ini berarti Mikrokontroler ATMega328P yang akan dipakai dalam kondisi bagus dan dapat digunakan sesuai kebutuhan. Tegangan *Input* yang digunakan bersumber dari akumulator dan untuk kebutuhan arus pada mikrokontroler adalah 0,14 Ampere.

4.2 Pengujian *Liquid Crystal Display (LCD)*

Pengujian LCD ini bertujuan agar dapat diketahui *Liquid Crystal Display (LCD)* yang digunakan bisa berfungsi dengan baik. Pada Tugas Akhir ini menggunakan *Arduino* yang berada dibawah dan LCD berada diatas *board*. Prosedur pengujian sebagai berikut :

1. Siapkan *Arduino*, LCD 16x2, dan Potensiometer 10k *Ohm*
2. Sambungkan LCD dengan *board Arduino*
3. Program *Arduino* untuk LCD 16x2. Program *Arduino* bisa dilihat pada Lampiran B.3
4. Pin RS (kaki 4) di sambungkan dengan pin *Arduino digital* Pin 12
5. Pin E (kaki 6) di sambungkan dengan pin *Arduino digital* Pin 11
6. Pin D4 (kaki 11) di sambungkan dengan pin *Arduino digital* Pin 5
7. Pin D5 (kaki 12) di sambungkan dengan pin *Arduino digital* Pin 4
8. Pin D6 (kaki 13) di sambungkan dengan pin *Arduino digital* Pin 3
9. Pin D7 (kaki 14) di sambungkan dengan pin *Arduino digital* Pin 2
10. Sambungkan potensio 10 KOhm ke +5v dan GND , dan Pin LCD 3 ke potensio
11. Pin 5 (R/W) ke *Ground*
12. Rangkaian pengujian LCD terdapat pada Gambar 4.2 dan hasil pengujian terdapat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Rangkaian Pengujian LCD 16x2

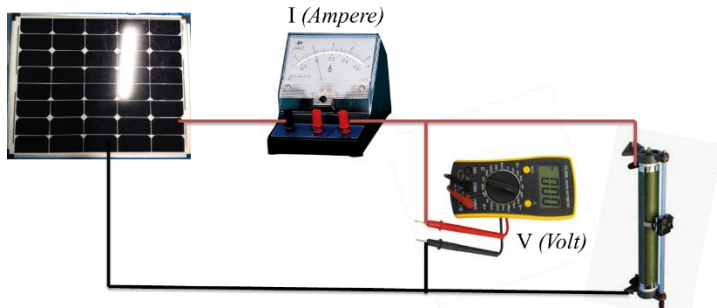


Gambar 4.3 Pengujian LCD

Maka hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.3. Dengan pengujian, dapat dipastikan bahwa rangkaian LCD dapat digunakan dengan baik pada Tugas Akhir ini.

4.3 Pengujian *Photovoltaic* (PV)

Pengujian *Photovoltaic* (PV) ini bertujuan untuk mengetahui jam berapa arus dan tegangan maksimal yang didapat PV. Pengujian ini hanya menggunakan beban resistor geser dan mengukur arus dan tegangan pada 11 Maret 2018 jam 9:00 – 15:00 WIB di Jurusan Teknik Elektro, ITS.

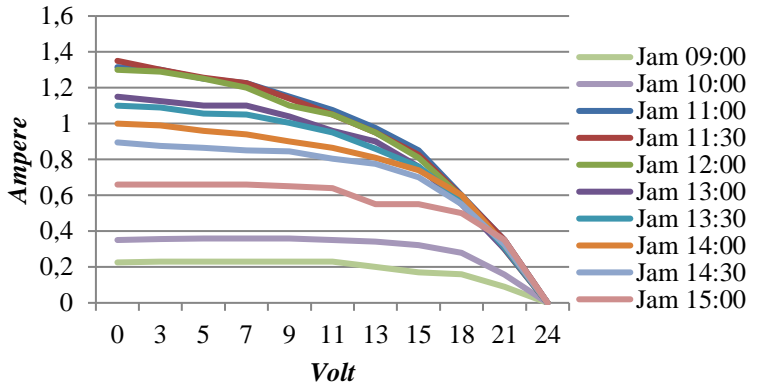


Gambar 4.4 Rangkaian Pengujian Karakteristik *Photovoltaic* (PV)

Pada Gambar 4.4 merupakan pengujian karakteristik PV dengan prosedur sebagai berikut :

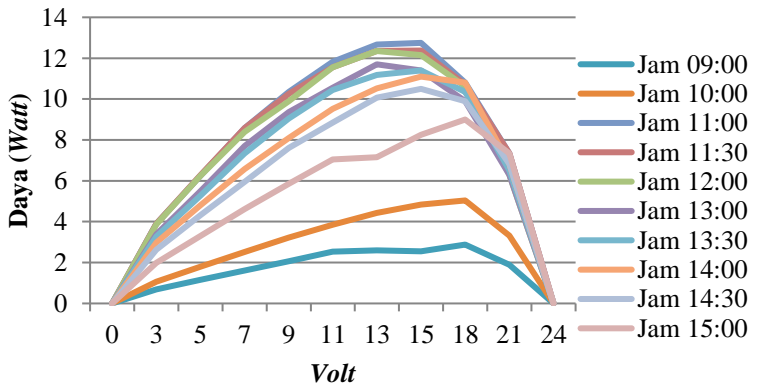
1. Hubungkan alat ukur *ampere* meter dan PV serta resistor geser dengan rangkaian seri untuk mengukur arus yang akan di ukur.
2. Kemudian rangkailah parallel *Volt* meter dan resistor geser untuk mengukur tegangan yang akan diukur. Data yang telah didapatkan pada pengukuran ini dilampirkan pada Lampiran A.1. Perbandingan arus dengan tegangan

terdapat pada Gambar 4.5 dan perbandingan daya dan tegangan terdapat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.5 Perbandingan Tegangan dengan Arus pada PV

Gambar 4.5 merupakan grafik perbandingan tegangan dan arus pada PV. Arus PV pada tegangan maksimum adalah 0 dan arus maksimum yang didapat pada PV terdapat pada jam 11:30 WIB.



Gambar 4.6 Perbandingan Tegangan dan Daya pada PV

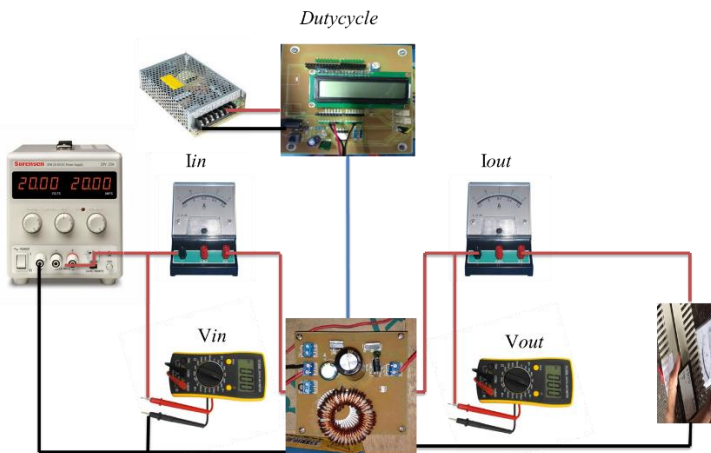
Pada Gambar 4.6 merupakan perbandingan antara tegangan dan daya, daya didapatkan dari arus dikalikan tegangan yang didapatkan pada Gambar 4.5. Daya ketika tegangan 0 dan tegangan

24 maka daya akan 0 dan daya maksimum yang didapat pada PV tersebut terdapat pada jam 13:00 WIB.

4.4 Pengujian Efisiensi *Boost Converter*

Pengujian Efisiensi *Boost Converter* ini dilakukan dengan *Input* 8 Volt dari *Power Supply Variable* untuk prosedur pengujian sebagai berikut :

1. Menyiapkan *Power Supply Variable*, *Boost Converter*, dan *Avometer*.
2. Mengatur *Power Supply Variable* menjadi 8 Volt.
3. Menyambungkan *Power Supply Variable* dengan *Boost Converter*
4. Kemudian setelah tersambung bisa mengukur *output Boost Converter* dengan *Avometer*.
5. Rangkaian pengujian *Boost Converter* terdapat pada Gambar 4.7



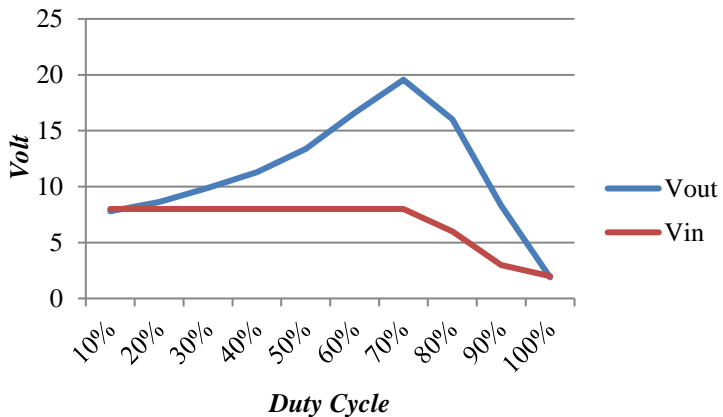
Gambar 4.7 Pengujian *Boost Converter*

Pada Gambar 4.7 merupakan pengujian pada *Boost Converter* yang dilakukan di Lab Elektronika Dasar pada 14 Mei 2018. Hasil yang telah di dapat dari pengujian efisiensi *Boost Converter* terdapat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengujian *Boost Converter*

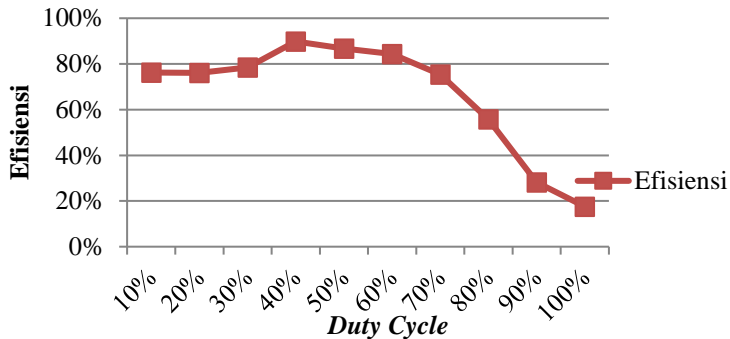
<i>DutyCycle</i>	<i>Vin</i> (Volt)	<i>Iin</i> (A)	<i>Pin</i> (Watt)	<i>Vout</i> (Volt)	<i>Iout</i> (A)	<i>Pout</i> (Watt)	Efisiensi
10%	8	0,96	7,68	7,8	0,75	5,85	76%
20%	8	1,12	8,96	8,63	0,79	6,8177	76%
30%	8	1,45	11,6	9,89	0,92	9,0988	78%
40%	8	1,95	15,6	11,3	1,24	14,012	90%
50%	8	2,74	21,92	13,39	1,42	19,0138	87%
60%	8	4,23	33,84	16,59	1,72	28,5348	84%
70%	8	6,62	52,96	19,56	2,04	39,9024	75%
80%	6	7,85	47,1	16	1,64	26,24	56%
90%	3	8,56	25,68	8,3	0,87	7,221	28%
100%	2	0,7	1,4	1,89	0,13	0,2457	18%

Terlihat pada Tabel 4.2 pengujian *Boost Converter* tegangan mengalami kenaikan yang lebih dari 2 kali lipatnya dengan tegangan paling besar 19,56 Volt dan perbandingan antara tegangan keluaran dan tegangan masukan terdapat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Perbandingan V Output dan V Input

Pada Gambar 4.8 tersebut terlihat bahwa *Boost Converter* menaikkan tegangannya dari 8 Volt hingga mencapai hampir 20 Volt dengan *Duty Cycle* 70% tetapi ketika lebih dari 70% tegangan *input* maupun *output*. Kemudian perbandingan efisiensi dengan *Duty Cycle* terdapat pada Gambar 4.9.



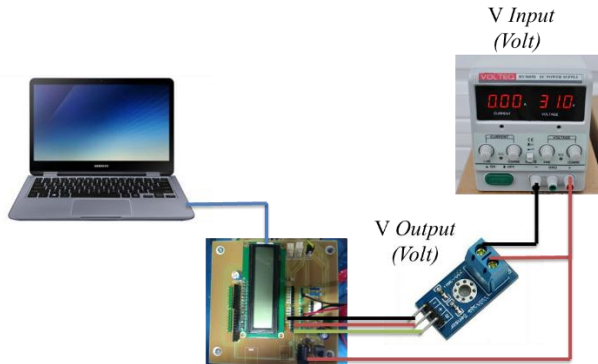
Gambar 4.9 Perbandingan Efisiensi *Boost Converter* dengan *Duty Cycle*

Pada Gambar 4.9 merupakan grafik perbandingan antara *boost conveter* dengan efisiensi maka pada *Duty Cycle* 40% *Converter* ini mendapatkan efisiensi paling tinggi karena pada *Duty Cycle* 70% arus dan tegangan sudah *drop*.

4.5 Pengujian Sensor Tegangan (*Voltage Divider*)

Sensor tegangan menggunakan rangkaian *Voltage divider*. Pengujian *Voltage divider* bertujuan untuk mengambil data tegangan yang terbaca oleh rangkaian *Voltage divider*. Pengujian *Voltage divider* menggunakan fasilitas ADC pada mikrokontroler, tegangan *output* pada rangkaian pembagi tegangan ditampilkan pada LCD. Prosedur pengujian sebagai berikut :

1. Menghubungkan *power supply variable* dengan sensor tegangan.
2. Menghubungkan Modul Sensor Tegangan dengan Pin (-) ke *Gnd*, Pin (+) ke 5V, dan Pin (S) ke A0
3. Kemudian memasukkan program ke dalam *Arduino*. Program pada *Arduino* bisa dilihat pada Lampiran B.4
4. Setelah terhubung semuanya hasil yang didapatkan bisa di lihat pada LCD 16x2.
5. Untuk menguji besarnya tegangan yang terukur oleh Modul Sensor Tegangan dengan merubah tegangan pada *power supply variable*.
6. Rangkaian pengujian Sensor Tegangan terdapat pada Gambar 4.10



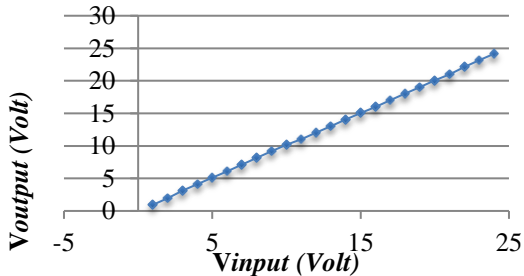
Gambar 4.10 Cara Pengujian Sensor Tegangan

Pada Gambar 4.10 adalah cara pengujian sensor tegangan dan untuk pengujian sensor tegangan tersapat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Pengujian Sensor Tegangan

Pada Gambar 4.11 adalah pengujian sensor tegangan yang dilakukan di Workshop Departemen Teknik Elektro Otomasi ITS. Hasil pengujian sensor tegangan terdapat pada Lampiran A.3 dan perbandingan tegangan masukan dan tegangan yang terukur terdapat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Perbandingan Nilai Tegangan *Input* (V_i) dan Tegangan *Output* (V_o) Hasil Pembacaan Sensor Tegangan (*Voltage Divider*)

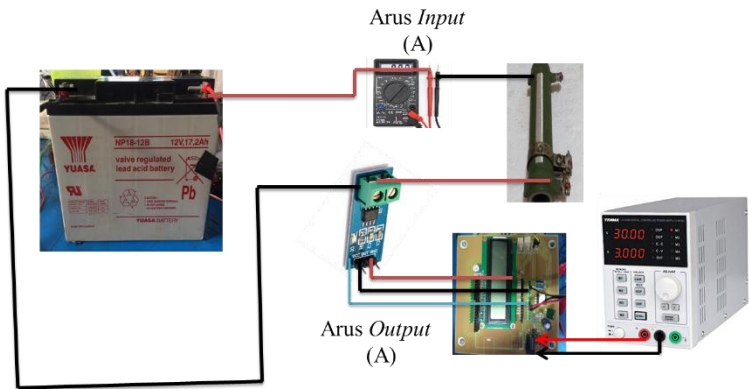
Berdasarkan Gambar 4.12 didapatkan nilai tegangan *Input* dan nilai tegangan *output* sensor yang terukur hampir sama. Terdapat *error* atau kesalahan dalam sistem sebesar 0,006%.

4.6 Pengujian Sensor Arus (ACS712)

Sensor arus yang digunakan adalah ACS 712. Pengujian sensor arus bertujuan untuk mengambil data arus yang terbaca oleh sensor arus. Pengujian diberikan beban berupa resistor geser dan dihubungkan pada mikrokontroler sebagai pengendali. Sumber tegangan yang digunakan adalah akumulator. Untuk menguji besarnya arus yang terukur oleh sensor arus, menggeser resistor geser untuk prosedur pengujian sebagai berikut :

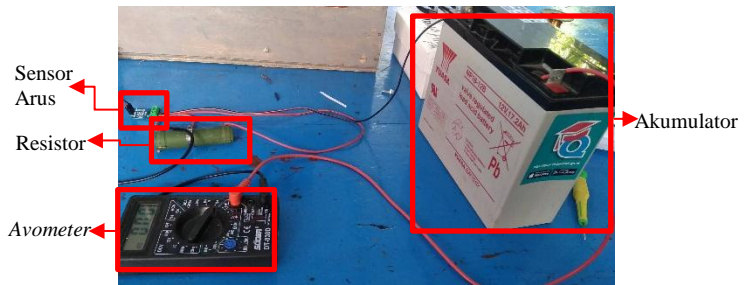
1. Menghubungkan akumulator dengan resistor geser untuk beban.
2. Kemudian merangkai seri resistor geser dengan Modul Sensor Arus untuk mengukur arus yang masuk pada resistor geser.
3. Merangkai seri *Amperemeter* dengan resistor geser untuk mengetahui arus sebenarnya.
4. Menghubungkan Modul Sensor Arus dengan Pin *Gnd* ke *Gnd*, Pin *Vcc* ke 5V, dan Pin *Out* ke A0
5. Kemudian memasukkan program ke dalam *Arduino*. Program pada *Arduino* bisa dilihat pada Lampiran B.5
6. Setelah terhubung semuanya hasil yang didapatkan bisa di lihat pada LCD 16x2.
7. Untuk menguji besarnya arus yang terukur oleh Modul Sensor Arus dengan menggeser resistor geser.

8. Rangkaian pengujian Sensor Arus terdapat pada Gambar 4.13.



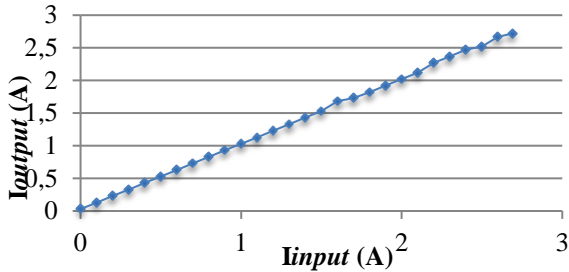
Gambar 4.13 Cara Pengujian Sensor Arus

Pada Gambar 4.13 merupakan rangkaian untuk pengujian sensor arus. Pengujian diberikan beban berupa resistor geser dan dihubungkan pada mikrokontroler sebagai pengendali. Sumber tegangan yang digunakan adalah akumulator. Contoh pengujian sensor arus terdapat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Pengujian Sensor Arus

Pada Gambar 4.13 Merupakan salah satu contoh pengujian sensor arus yang digunakan. Perbandingan antara arus terbaca oleh sensor (*I_{output}*) dan arus sebenarnya (*I_{input}*) terdapat pada Gambar 4.15. Hasil pengukuran pengujian sensor terdapat pada Lampiran A.4.

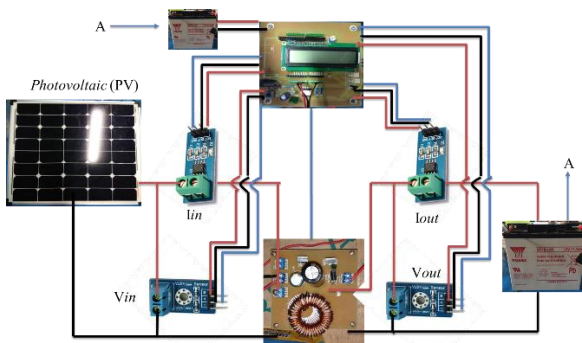


Gambar 4.15 Perbandingan Nilai Arus *Input* (I_i) dan Arus *Output* (I_o) Hasil Pembacaan Sensor Arus (ACS712)

Berdasarkan Gambar 4.14 didapatkan nilai arus *Input* dan nilai arus *output* sensor yang terukur hampir sama. Terdapat *error* atau kesalahan dalam sistem sebesar 0,026%

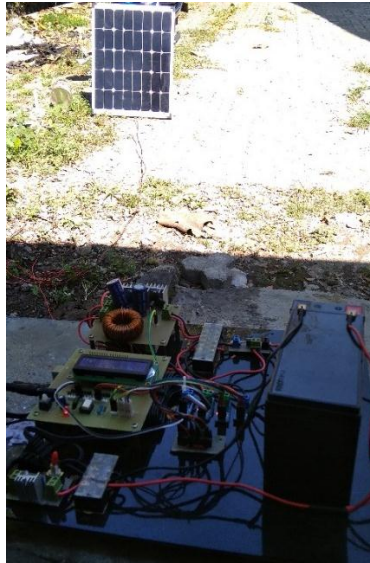
4.7 Pengujian Secara Keseluruhan

Pengujian keseluruhan adalah pengujian dari keseluruhan sistem. Dimulai dari keluaran PV diproses melalui *Voltage divider*, lalu masuk ke mikrokontroler. Data ADC yang diperoleh dari *Voltage divider* diproses kembali oleh mikrokontroler dimana keluaran dari proses tersebut kemudian digunakan untuk MPPT dan *Driver Boost Converter*. *Boost Converter* tersebut digunakan untuk menstabilkan tegangan keluaran PV agar dapat stabil pada tegangan 12 Volt DC sehingga dapat untuk mengisi akumulator. Program pengujian keseluruhan terdapat pada Lampiran B.1. Rangkaian pengujian secara keseluruhan terdapat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Rangkaian Pengujian Keseluruhan

Pada gambar 4.16 merupakan Rangkaian yang dipakai untuk pengujian keseluruhan. Pengujian sebenarnya yang dilakukan terdapat pada Gambar 4.17



Gambar 4.17 Pengujian Keseluruhan

Pada Gambar 4.17 merupakan pengujian keseluruhan yang telah dilakukan. Pengujian dilakukan pada hari Senin 9 Juli 2018 di Workshop, Jurusan Teknik Elektro Otomasi, ITS

Tabel 4.3 Pengujian Arus *Charging* dengan Algoritma MPPT

Pukul (WIB)	V_{in} (Volt)	I_{in} (Ampere)	P_{in} (Watt)	V_{out} (Volt)	I_{out} (Ampere)	P_{out} (Watt)
10.00	8,14	0,81	6,5934	13,8	0,76	10,488
10.20	8,14	0,82	6,6748	13,8	0,76	10,488
10.40	8,14	0,84	6,8376	13,8	0,78	10,764
11.00	8,14	0,88	7,1632	13,9	0,80	11,12
11.20	8,15	0,95	7,7425	13,8	0,82	11,316
11.40	8,15	0,93	7,5795	13,9	0,85	11,815

Pukul (WIB)	V_{in} (Volt)	I_{in} (Ampere)	P_{in} (Watt)	V_{out} (Volt)	I_{out} (Ampere)	P_{out} (Watt)
12.00	8,15	0,98	7,987	13,9	0,87	12,093
12.20	8,15	1,02	8,313	13,8	0,89	12,282
12.40	8,16	1,02	8,3232	13,7	0,91	12,467
13.00	8,16	1,05	8,568	13,9	0,95	13,205
13.20	8,16	1,03	8,4048	14,0	0,99	13,86
13.40	8,16	1,00	8,16	13,8	1,00	13,8
14.00	8,17	0,98	8,0066	13,6	1,03	14,008
14.20	8,17	0,88	7,1896	13,4	0,98	13,132
14.40	8,17	0,85	6,9445	13,6	0,99	13,464
15.00	8,17	0,83	6,7811	13,4	0,90	12,06

Pada Tabel 4.3 menunjukkan hasil dari pengujian Arus *Charging* dengan menggunakan algoritma Biseksi dengan tegangan masukan tetap stabil rata-rata 8 Volt. Data yang di ambil dari jam 10.00 sampai dengan jam 15.00, daya yang paling besar berada pada pukul 14.00 WIB.

BAB V

PENUTUP

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan alat serta pengujian dan analisa, maka dapat ditarik kesimpulan dan saran dari kegiatan yang telah dilakukan untuk pengembangan Tugas Akhir ini.

5.1 Kesimpulan

Dari tahapan secara keseluruhan yang sudah dilaksanakan pada penyusunan Tugas Akhir ini mulai dari studi literatur, perancangan dan pembuatan sampai dengan pengujian sistem, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Rangkaian *Boost Converter* dapat digunakan untuk mengisi baterai 12 *Volt*.
2. Tegangan yang dikeluarkan oleh *converter* tetap stabil antara 13 sampai 14 *Volt*.
3. Akumulator yang dipakai bisa terisi dan bisa menyuplai *Arduino* dan *Optocoupler TLP250*.

5.2 Saran

Untuk lebih memperbaiki dan menyempurnakan kinerja dari alat ini, maka perlu disarankan antara lain:

1. Pemilihan akumulator untuk pengisian kurang besar karena untuk kedepannya akan digunakan untuk menyalakan LED pada saat malam hari.
2. *Photovoltaic* (PV) yang digunakan bisa yang lebih baik lagi karena daya maksimal yang di keluarkan PV yang digunakan hanya 14 *Watt*.
3. Pemilihan komponen untuk rangkaian *boost converter* yang baik seharusnya sesuai dengan perhitungan. Mulai dengan pemilihan Mosfet, *driver* Mosfet, induktor dan kapasitor.
4. Indikator lampu untuk mengetahui bahwa akumulator telah penuh atau sedang terisi

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR PUSTAKA

- [1], *Datasheet* , Atmel 8-Bit Microcontroller With 4/8/16/32Kbytes In-System Programmable Flash, Atmel, 2005.
- [2] Srdan Lale, Milomir Soja, Slobodan Lubura, Dragon D. Mantic dan Milan D. Radmanovic, “A *Non-Inverting Buck-Boost Converter With An Adaptive Dual Current Mode Control*”, *Journal of Electronics and Energetics, University of East Sarajevo and University of Nis*, Vol.30 No 1, March 2017.
- [3] *Allegro, Datasheet ACS712*, Fully Integrated, Half Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and Low-Resistance Current Conductor.
- [4] Gerald Recktenwald, “*Voltage Dividers and Potentiometers*”, 2012.
- [5] Wiwien Widyastuti, Martanto, Leonardo Utomo Pribadi, “Alat Pengukur Tegangan Pengisian dan Pengosongan untuk Baterai Isi Ulang”, *Laporan Penelitian*, Yogyakarta.
- [6] Harmini, Implementasi Mppt (Maximum Power Point Tracker) Dc-Dc Converter Pada Sistem *Photovoltaic* dengan menggunakan algoritma Tegangan Konstan, Perturb and Observe (P&O) dan Incremental Conductance, *Tesis, Magister Sistem Teknik*, Program Minat Studi Mikrohidro, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, 2010.
- [7] Avianto, Teten W. *Tutorial Powersim Constructor*. Program Magister Studi Pembangunan ITB, 2006.
- [8] Basuki, Achmad dan Ramadjanti, Nana. Metode *Numerik dan Algoritma Komputasi*. Yogyakarta: Andi, 2004.
- [9] Farrah Fadhilah, “Telemetry Kebocoran Pipa pada Distriusi Air dengan Komunikasi Ethernet”, *Tugas Akhir*, Program D3 Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2017.
- [10] Rashid, Muhammad H., *Power Electronics Circuits, Devices and Applications*, Prentice Hall , New Jersey, 2004.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

LAMPIRAN A

TABEL HASIL PENGUJIAN

A.1 Tabel Karakteristik PV

JAM	V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)
9:00	24	0,225	5,4
	0	0,225	0
	3	0,23	0,69
	5	0,23	1,15
	7	0,23	1,61
	9	0,23	2,07
	11	0,23	2,53
	13	0,2	2,6
	15	0,17	2,55
	18	0,16	2,88
	21	0,09	1,89
	24	0	0

JAM	V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)
10:00	25	0,345	8,625
	0	0,35	0
	3	0,356	1,068
	5	0,359	1,795
	7	0,359	2,513
	9	0,359	3,231
	11	0,35	3,85
	13	0,341	4,433
	15	0,322	4,83
	18	0,28	5,04
	21	0,158	3,318
	24	0	0

JAM	V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)
11:00	24	1,315	31,56
	0	1	0
	3	1,3	3,9
	5	1,25	6,25
	7	1,225	8,575
	9	1,15	10,35
	11	1,075	11,825
	13	0,975	12,675
	15	0,85	12,75
	18	0,6	10,8
	21	0,35	7,35
	24	0	0

JAM	V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)
12:00	24	1,3	31,2
	0	1	0
	3	1,29	3,87
	5	1,25	6,25
	7	1,2	8,4
	9	1,1	9,9
	11	1,05	11,55
	13	0,95	12,35
	15	0,81	12,15
	18	0,59	10,62
	21	0,3	6,3
	24	0	0

JAM	V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)
13:00	24	1,15	27,6
	0	1	0
	3	1,125	3,375
	5	1,1	5,5
	7	1,1	7,7
	9	1,04	9,36
	11	0,96	10,56
	13	0,9	11,7
	15	0,76	11,4
	18	0,55	9,9
	21	0,3	6,3
24	0	0	

JAM	V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)
14:00	24	1	24
	0	1	0
	3	0,99	2,97
	5	0,96	4,8
	7	0,94	6,58
	9	0,9	8,1
	11	0,865	9,515
	13	0,81	10,53
	15	0,74	11,1
	18	0,6	10,8
	21	0,325	6,825
24	0	0	

JAM	V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)
15:00	24	0,66	15,84
	0	1	0
	3	0,66	1,98
	5	0,66	3,3
	7	0,66	4,62
	9	0,65	5,85
	11	0,64	7,04
	13	0,55	7,15
	15	0,55	8,25
	18	0,5	9
	21	0,35	7,35
24	0	0	

A.2 Spesifikasi PV

Pmax	50 W
Power tolerance	-3 %
Vmp	18,5 V
Imp	2,7 A
Voc	21,85 V
Isc	2,85 A
Operating cell temp	48 +- 2 C
Max System Voltage	715 DC
Max Series Fuse Rating	10 A
Operating temp	40TO + 85 C

A.3 Hasil Pengujian Sensor Tegangan

No.	<i>V_{input}</i> (Volt)	<i>V_{output}</i> (Volt)
1	1	0,95
2	2	1,98
3	3	3,12
4	4	4,13
5	5	5,1
6	6	6,11
7	7	7,14
8	8	8,17
9	9	9,18
10	10	10,18
11	11	11,03
12	12	12,06
13	13	13,01
14	14	14,04
15	15	15,02
16	16	16
17	17	17,03
18	18	18,04
19	19	19,04
20	20	20,05
21	21	21,02
22	22	22,14
23	23	23,14
24	24	24,15

A.4 Hasil Pengujian Sensor Arus

No.	<i>Input</i> (Ampere)	<i>Ioutput</i> (Ampere)
1	0	0,03
2	0,1	0,13
3	0,2	0,23
4	0,3	0,33
5	0,4	0,43
6	0,5	0,53
7	0,6	0,63
8	0,7	0,73
9	0,8	0,83
10	0,9	0,93
11	1	1,03
12	1,1	1,13
13	1,2	1,23
14	1,3	1,33
15	1,4	1,43
16	1,5	1,53
17	1,6	1,68
18	1,7	1,73
19	1,8	1,82
20	1,9	1,92
21	2	2,02
22	2,1	2,12
23	2,2	2,27
24	2,3	2,37
25	2,4	2,47
26	2,5	2,52
27	2,6	2,67
28	2,69	2,72

A.5 Pengambilan Data

No.	Pukul (WIB)	<i>V in</i> (Volt)	<i>I in</i> (A)	<i>P in</i> (Watt)	<i>V out</i> (Volt)	<i>I out</i> (A)	<i>P out</i> (Watt)
1	Pukul 11.00	8,6	1,15	9,89	14,48	0,57	8,2536
2	Pukul 11.01	8,17	1,19	9,7223	14,38	0,57	8,1966
3	Pukul 11.02	8,17	1,19	9,7223	14,38	0,57	8,1966
4	Pukul 11.03	8,17	1,19	9,7223	14,38	0,57	8,1966

No.	Pukul (WIB)	V in (Volt)	I in (A)	P in (Watt)	V out (Volt)	I out (A)	P out (Watt)
5	Pukul 11.04	8,19	1,19	9,7461	14,38	0,57	8,1966
6	Pukul 11.05	8,19	1,19	9,7461	14,38	0,62	8,9156
7	Pukul 11.06	8,19	1,19	9,7461	14,38	0,57	8,1966
8	Pukul 11.07	8,21	1,47	12,0687	14,4	0,57	8,208
9	Pukul 11.08	8,23	1,61	13,2503	14,43	0,57	8,2251
10	Pukul 11.09	8,33	1,11	9,2463	14,59	0,62	9,0458
11	Pukul 11.10	8,35	1,11	9,2685	14,59	0,62	9,0458
12	Pukul 11.11	8,35	1,11	9,2685	14,62	0,67	9,7954
13	Pukul 11.12	8,33	1,11	9,2463	14,59	0,57	8,3163
14	Pukul 11.13	8,3	1,11	9,213	14,59	0,62	9,0458
15	Pukul 11.14	8,33	1,14	9,4962	14,62	0,62	9,0644
16	Pukul 11.15	8,33	1,11	9,2463	14,62	0,57	8,3334
17	Pukul 11.16	8,33	1,11	9,2463	14,62	0,57	8,3334
18	Pukul 11.17	8,35	1,11	9,2685	14,64	0,57	8,3448
19	Pukul 11.18	8,44	1,11	9,3684	14,64	0,62	9,0768
20	Pukul 11.19	8,46	1,11	9,3906	14,66	0,57	8,3562
21	Pukul 11.20	8,46	1,18	9,9828	14,66	0,62	9,0892
22	Pukul 11.21	8,46	1,18	9,9828	14,66	0,67	9,8222
23	Pukul 11.22	8,58	1,18	10,1244	14,85	0,67	9,9495
24	Pukul 11.23	8,58	1,18	10,1244	14,83	0,62	9,1946
25	Pukul 11.24	8,6	1,11	9,546	14,87	0,62	9,2194
26	Pukul 11.25	8,62	1,13	9,7406	14,92	0,62	9,2504
27	Pukul 11.26	8,53	1,1	9,383	14,76	0,67	9,8892
28	Pukul 11.27	8,53	1,1	9,383	14,76	0,62	9,1512
29	Pukul 11.28	8,51	1,43	12,1693	14,73	0,62	9,1326
30	Pukul 11.29	8,53	1,18	10,0654	14,76	0,67	9,8892

No.	Pukul (WIB)	V in (Volt)	I in (A)	P in (Watt)	V out (Volt)	I out (A)	P out (Watt)
31	Pukul 11.30	8,62	1,8	15,516	14,76	0,62	9,1512
32	Pukul 11.31	8,58	1,65	14,157	14,66	0,62	9,0892
33	Pukul 11.32	8,58	1,58	13,5564	14,69	0,67	9,8423
34	Pukul 11.33	8,6	1,65	14,19	14,71	0,67	9,8557
35	Pukul 11.34	8,6	1,73	14,878	14,71	0,67	9,8557
36	Pukul 11.35	8,6	1,73	14,878	14,71	0,72	10,5912
37	Pukul 11.36	8,6	1,73	14,878	14,71	0,72	10,5912
38	Pukul 11.37	8,6	1,73	14,878	14,71	0,67	9,8557
39	Pukul 11.38	8,58	1,73	14,8434	14,71	0,67	9,8557
40	Pukul 11.39	8,53	1,5	12,795	14,66	0,67	9,8222
41	Pukul 11.40	8,6	1,73	14,878	14,71	0,62	9,1202
42	Pukul 11.41	8,65	1,87	16,1755	14,76	0,67	9,8892
43	Pukul 11.42	8,67	1,95	16,9065	14,8	0,67	9,916
44	Pukul 11.43	8,67	3,01	26,0967	14,83	0,67	9,9361
45	Pukul 11.44	8,65	1,87	16,1755	14,76	0,67	9,8892
46	Pukul 11.45	8,65	1,95	16,8675	14,78	0,67	9,9026
47	Pukul 11.46	8,65	1,95	16,8675	14,78	0,72	10,6416
48	Pukul 11.47	8,67	1,95	16,9065	14,8	0,67	9,916
49	Pukul 11.48	8,67	3,01	26,0967	14,8	0,67	9,916
50	Pukul 11.49	8,65	1,87	16,1755	14,76	0,67	9,8892
51	Pukul 11.50	8,62	1,8	15,516	14,73	0,72	10,6056
52	Pukul 11.51	8,67	1,95	16,9065	14,8	0,72	10,656
53	Pukul 11.52	8,76	1,11	9,7236	14,8	0,72	10,656
54	Pukul 11.53	8,76	1,11	9,7236	14,78	0,67	9,9026
55	Pukul 11.54	8,76	1,11	9,7236	14,83	0,72	10,6776
56	Pukul 11.55	8,74	1,17	10,2258	14,78	0,72	10,6416

No.	Pukul (WIB)	V in (Volt)	I in (A)	P in (Watt)	V out (Volt)	I out (A)	P out (Watt)
57	Pukul 11.56	8,65	1,35	11,6775	14,59	0,67	9,7753
58	Pukul 11.57	8,65	1,35	11,6775	14,62	0,72	10,5264
59	Pukul 11.58	8,67	1,01	8,7567	14,64	0,67	9,8088
60	Pukul 11.59	8,65	1,35	11,6775	14,62	0,77	11,2574
61	Pukul 12.00	8,65	1,47	12,7155	14,59	0,72	10,5048
62	Pukul 12.01	8,62	1,4	12,068	14,57	0,67	9,7619
63	Pukul 12.02	8,6	1,47	12,642	14,55	0,67	9,7485
64	Pukul 12.03	8,62	1,47	12,6714	14,57	0,77	11,2189
65	Pukul 12.04	8,62	1,47	12,6714	14,57	0,72	10,4904
66	Pukul 12.05	8,62	1,47	12,6714	14,57	0,77	11,2189
67	Pukul 12.06	8,6	1,4	12,04	14,55	0,67	9,7485
68	Pukul 12.07	8,62	1,4	12,068	14,57	0,67	9,7619
69	Pukul 12.08	8,62	1,4	12,068	14,57	0,67	9,7619
70	Pukul 12.09	8,62	1,47	12,6714	14,57	0,67	9,7619
71	Pukul 12.10	8,65	1,47	12,7155	14,59	0,72	10,5048
72	Pukul 12.11	8,65	1,47	12,7155	14,59	0,77	11,2343
73	Pukul 12.12	8,62	1,47	12,6714	14,59	0,72	10,5048
74	Pukul 12.13	8,62	1,47	12,6714	14,59	0,77	11,2343
75	Pukul 12.14	8,69	1,01	8,7769	14,66	0,77	11,2882
76	Pukul 12.15	8,92	1,4	12,488	14,92	0,72	10,7424
77	Pukul 12.16	8,65	1,45	12,5425	14,45	0,72	10,404
78	Pukul 12.17	8,62	1,4	12,068	14,43	0,72	10,3896
79	Pukul 12.18	8,65	1,45	12,5425	14,45	0,72	10,404
80	Pukul 12.19	8,6	1,4	12,04	14,4	0,72	10,368
81	Pukul 12.20	8,6	1,4	12,04	14,4	0,77	11,088
82	Pukul 12.21	8,6	1,4	12,04	14,4	0,67	9,648

No.	Pukul (WIB)	V in (Volt)	I in (A)	P in (Watt)	V out (Volt)	I out (A)	P out (Watt)
83	Pukul 12.22	8,76	1,11	9,7236	14,66	0,72	10,5552
84	Pukul 12.23	8,76	1,11	9,7236	14,69	0,72	10,5768
85	Pukul 12.24	8,78	1,19	10,4482	14,71	0,77	11,3267
86	Pukul 12.25	8,9	1,39	12,371	14,87	0,77	11,4499
87	Pukul 12.26	8,92	1,41	12,5772	14,92	0,72	10,7424
88	Pukul 12.27	8,92	1,41	12,5772	14,92	0,72	10,7424
89	Pukul 12.28	8,88	1,39	12,3432	14,83	0,77	11,4191
90	Pukul 12.29	8,92	1,21	10,7932	14,9	0,72	10,728
91	Pukul 12.30	9,06	1,15	10,419	14,99	0,77	11,5423
92	Pukul 12.31	9,15	1,58	14,457	15,13	0,82	12,4066
93	Pukul 12.32	8,99	1,06	9,5294	14,85	0,72	10,692
94	Pukul 12.33	8,67	1,01	8,7567	14,31	0,77	11,0187
95	Pukul 12.34	8,74	1,17	10,2258	14,4	0,28	4,032
96	Pukul 12.35	8,74	1,91	16,6934	14,48	0,57	8,2536
97	Pukul 12.36	8,37	1,11	9,2907	14,59	0,87	12,6933
98	Pukul 12.37	8,28	1,81	14,9868	14,43	0,92	13,2756
99	Pukul 12.38	8,3	1,91	15,853	14,45	0,82	11,849
100	Pukul 12.39	8,3	1,81	15,023	14,45	0,72	10,404
101	Pukul 12.40	8,3	1,81	15,023	14,45	0,67	9,6815
102	Pukul 12.41	8,3	1,98	16,434	14,45	0,67	9,6815
103	Pukul 12.42	8,35	1,06	8,851	14,55	0,72	10,476
104	Pukul 12.43	8,37	1,11	9,2907	14,57	0,72	10,4904
105	Pukul 12.44	8,33	1,98	16,4934	14,48	0,72	10,4256
106	Pukul 12.45	8,35	1,11	9,2685	14,5	0,72	10,44
107	Pukul 12.46	8,33	1,91	15,9103	14,48	0,77	11,1496
108	Pukul 12.47	8,3	1,91	15,853	14,48	0,72	10,4256

No.	Pukul (WIB)	V in (Volt)	I in (A)	P in (Watt)	V out (Volt)	I out (A)	P out (Watt)
109	Pukul 12.48	8,33	1,98	16,4934	14,48	0,77	11,1496
110	Pukul 12.49	8,35	1,06	8,851	14,52	0,77	11,1804
111	Pukul 12.50	8,42	1,18	9,9356	14,52	0,82	11,9064
112	Pukul 12.51	8,42	1,18	9,9356	14,5	0,87	12,615
113	Pukul 12.52	8,42	1,11	9,3462	14,5	1,01	14,645
114	Pukul 12.53	8,42	1,18	9,9356	14,5	0,87	12,615
115	Pukul 12.54	8,44	1,11	9,3684	14,5	0,77	11,165
116	Pukul 12.55	8,44	1,18	9,9592	14,52	0,82	11,9064
117	Pukul 12.56	8,44	1,15	9,706	14,52	0,82	11,9064
118	Pukul 12.57	8,46	1,15	9,729	14,55	0,87	12,6585
119	Pukul 12.58	8,46	1,15	9,729	14,55	0,82	11,931
120	Pukul 12.59	8,46	1,15	9,729	14,55	0,82	11,931
121	Pukul 13.00	8,46	1,11	9,3906	14,55	0,87	12,6585
122	Pukul 13.01	8,44	1,18	9,9592	14,55	0,82	11,931
123	Pukul 13.02	8,44	1,11	9,3684	14,52	0,87	12,6324
124	Pukul 13.03	8,44	1,18	9,9592	14,55	0,87	12,6585
125	Pukul 13.04	8,46	1,18	9,9828	14,55	0,82	11,931
126	Pukul 13.05	8,46	1,15	9,729	14,57	0,77	11,2189
127	Pukul 13.06	8,46	1,15	9,729	14,59	0,82	11,9638
128	Pukul 13.07	8,49	1,11	9,4239	14,59	0,87	12,6933
129	Pukul 13.08	8,46	1,11	9,3906	14,59	0,82	11,9638
130	Pukul 13.09	8,44	1,18	9,9592	14,57	0,82	11,9474
131	Pukul 13.10	8,46	1,11	9,3906	14,59	0,82	11,9638
132	Pukul 13.11	8,46	1,15	9,729	14,59	0,82	11,9638
133	Pukul 13.12	8,46	1,11	9,3906	14,59	0,87	12,6933
134	Pukul 13.13	8,49	1,11	9,4239	14,62	0,82	11,9884

No.	Pukul (WIB)	V in (Volt)	I in (A)	P in (Watt)	V out (Volt)	I out (A)	P out (Watt)
135	Pukul 13.14	8,62	1,45	12,499	14,69	0,82	12,0458
136	Pukul 13.15	8,58	1,3	11,154	14,64	0,87	12,7368
137	Pukul 13.16	8,56	1,65	14,124	14,62	0,82	11,9884
138	Pukul 13.17	8,56	1,71	14,6376	14,62	0,82	11,9884
139	Pukul 13.18	8,58	1,71	14,6718	14,64	0,82	12,0048
140	Pukul 13.19	8,6	1,37	11,782	14,66	0,82	12,0212
141	Pukul 13.20	8,6	1,3	11,18	14,66	0,87	12,7542
142	Pukul 13.21	8,6	1,3	11,18	14,66	0,82	12,0212
143	Pukul 13.22	8,62	1,3	11,206	14,69	0,87	12,7803
144	Pukul 13.23	8,62	1,45	12,499	14,71	0,92	13,5332
145	Pukul 13.24	8,6	1,37	11,782	14,69	0,87	12,7803
146	Pukul 13.25	8,6	1,37	11,782	14,69	0,92	13,5148
147	Pukul 13.26	8,62	1,37	11,8094	14,69	0,92	13,5148
148	Pukul 13.27	8,65	1,45	12,5425	14,71	0,92	13,5332
149	Pukul 13.28	8,65	1,45	12,5425	14,71	0,92	13,5332
150	Pukul 13.29	8,65	1,45	12,5425	14,71	0,92	13,5332
151	Pukul 13.30	8,65	1,45	12,5425	14,73	0,87	12,8151
152	Pukul 13.31	8,56	1,65	14,124	14,66	0,87	12,7542
153	Pukul 13.32	8,51	1,11	9,4461	14,59	0,77	11,2343
154	Pukul 13.33	8,44	1,15	9,706	14,5	0,82	11,89
155	Pukul 13.34	8,58	1,71	14,6718	14,62	0,92	13,4504
156	Pukul 13.35	8,67	1,01	8,7567	14,66	0,96	14,0736
157	Pukul 13.36	8,67	1,01	8,7567	14,66	0,87	12,7542
158	Pukul 13.37	8,69	1,1	9,559	14,69	0,92	13,5148
159	Pukul 13.38	8,69	1,1	9,559	14,69	0,92	13,5148
160	Pukul 13.39	8,72	1,1	9,592	14,71	0,92	13,5332

No.	Pukul (WIB)	V in (Volt)	I in (A)	P in (Watt)	V out (Volt)	I out (A)	P out (Watt)
161	Pukul 13.40	8,72	1,17	10,2024	14,71	0,92	13,5332
162	Pukul 13.41	8,72	1,1	9,592	14,73	0,92	13,5516
163	Pukul 13.42	8,14	1,11	9,0354	14,17	0,53	7,5101
164	Pukul 13.43	8,72	1,17	10,2024	14,73	0,92	13,5516
165	Pukul 13.44	8,72	1,1	9,592	14,73	0,96	14,1408
166	Pukul 13.45	8,69	1,1	9,559	14,71	0,96	14,1216
167	Pukul 13.46	8,72	1,1	9,592	14,73	0,96	14,1408
168	Pukul 13.47	8,74	1,11	9,7014	14,76	0,96	14,1696
169	Pukul 13.48	8,88	1,76	15,6288	14,9	0,96	14,304
170	Pukul 13.49	8,9	1,64	14,596	14,92	0,96	14,3232
171	Pukul 13.50	8,9	1,64	14,596	14,92	0,92	13,7264
172	Pukul 13.51	8,9	1,76	15,664	14,94	0,96	14,3424
173	Pukul 13.52	8,92	1,76	15,6992	14,94	0,92	13,7448
174	Pukul 13.53	9,04	1,11	10,0344	15,01	1,01	15,1601
175	Pukul 13.54	9,04	1,18	10,6672	15,01	1,01	15,1601
176	Pukul 13.55	9,06	1,18	10,6908	15,01	1,01	15,1601
177	Pukul 13.55	9,04	1,18	10,6672	14,99	1,01	15,1399

----Halaman ini sengaja dikosongkan----

LAMPIRAN B PROGRAM

B.1 Program MPPT

```
static double clock, tracking, konstanta, radiasi, faktor;
static double tegangan, arus, duty_oldA, duty_oldB,
duty_new, daya_old, daya_new, daya_lama,
daya_baru, radiasi_lama, radiasi_baru;

// deklarasi variabel dan input output
tegangan=x2;
arus=x1;
clock=x3;
tracking=x4;
faktor=0.5;
radiasi=x5;
y1=duty_new;

//inisialisasi
if(tracking<1) //sampling pengambilan data per periode
{
konstanta=7.8;
duty_oldA=40;
duty_oldB=0;
daya_old=0;
daya_lama=0;
duty_new=((duty_oldA+duty_oldB)/2)+konstanta;
radiasi_lama=0;
}

if(radiasi_lama != radiasi)
{
radiasi_lama=radiasi;
konstanta=7.8;
duty_oldA=40;
duty_oldB=0;
daya_old=0;
daya_lama=0;
duty_new=((duty_oldA+duty_oldB)/2)+konstanta;
}
```

```

if (tracking>=1)
{ //konversi sample

    if(clock<=(0.99))
    {
        y1=duty_new;
        daya_new=tegangan*arus;
        daya_baru=daya_new;
    }
    //peturbasi dan observasi

    if(clock>0.99 & daya_baru>daya_lama &
duty_new>((duty_oldA+duty_oldB)/2))
    {
        duty_oldB=duty_new;
        duty_new=duty_new+konstanta;
        y1=duty_new;
        daya_lama=daya_baru;
    }

    if(clock>0.99 & daya_baru>daya_lama &
duty_new<((duty_oldA+duty_oldB)/2))
    {
        konstanta=konstanta*faktor;
        duty_oldB=duty_new;
        duty_new=duty_new-konstanta;
        y1=duty_new;
        daya_lama=daya_baru;
    }

    if(clock>0.99 & daya_baru<daya_lama &
duty_new>((duty_oldA+duty_oldB)/2))
    {
        duty_oldA=duty_new;
        duty_new=duty_new-konstanta;
        y1=duty_new;
        daya_lama=daya_baru;
    }
}

```

```

        if(clock>0.99 & daya_baru<daya_lama &
duty_new<((duty_oldA+duty_oldB)/2))
        {
            konstanta=konstanta*faktor;
            duty_oldA=duty_new;
            duty_new=duty_new+konstanta;
            y1=duty_new;
            daya_lama=daya_baru;
        }

        if(clock>0.99)
        {
            if (duty_new<=0)
            {
                duty_new=0;
            }
            if (duty_new>=100)
            {
                duty_new=100;
            }
            y1=duty_new;
        }

    }

```

B.2 Program Pengujian Mikrokontroler

```

void setup() {
    // initialize digital pin 1-13 as an output and pin A0-A5
    pinMode(1, OUTPUT);
    pinMode(2, OUTPUT);
    pinMode(3, OUTPUT);
    pinMode(4, OUTPUT);
    pinMode(5, OUTPUT);
    pinMode(6, OUTPUT);
    pinMode(7, OUTPUT);
    pinMode(8, OUTPUT);
    pinMode(9, OUTPUT);
    pinMode(10, OUTPUT);
    pinMode(11, OUTPUT);
    pinMode(12, OUTPUT);
}

```

```
pinMode(13, OUTPUT);
pinMode(A0, INPUT);
pinMode(A1, INPUT);
pinMode(A2, INPUT);
pinMode(A3, INPUT);
pinMode(A4, INPUT);
pinMode(A5, INPUT);
}
```

```
// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(1, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the
  voltage level)
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(1, LOW); // turn the LED off by making the
  voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(2, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the
  voltage level)
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(2, LOW); // turn the LED off by making the
  voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(3, HIGH); // turn the LED off by making the
  voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(3, LOW); // turn the LED off by making the
  voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(4, HIGH); // turn the LED off by making the
  voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(4, LOW); // turn the LED off by making the
  voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(5, HIGH); // turn the LED off by making the
  voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(5, LOW); // turn the LED off by making the
  voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
}
```

```

digitalWrite(6, HIGH); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);          // wait for a second
digitalWrite(6, LOW); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);          // wait for a second
digitalWrite(7, HIGH); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);          // wait for a second
digitalWrite(7, LOW); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);          // wait for a second
digitalWrite(8, HIGH); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);          // wait for a second
digitalWrite(8, LOW); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);          // wait for a second
digitalWrite(9, HIGH); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);          // wait for a second
digitalWrite(9, LOW); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);          // wait for a second
digitalWrite(10, HIGH); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);          // wait for a second
digitalWrite(10, LOW); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);          // wait for a second
digitalWrite(11, HIGH); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);          // wait for a second
digitalWrite(11, LOW); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);          // wait for a second
digitalWrite(12, HIGH); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);          // wait for a second
digitalWrite(12, LOW); // turn the LED off by making the
voltage LOW

```

```

delay(1000);           // wait for a second
digitalWrite(13, HIGH); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);           // wait for a second
digitalWrite(13, LOW); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);           // wait for a second
analogWrite(A0, HIGH); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);           // wait for a second
analogWrite(A0, LOW);  // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);           // wait for a second
analogWrite(A1, HIGH); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);           // wait for a second
analogWrite(A1, LOW);  // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);           // wait for a second
analogWrite(A2, HIGH); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);           // wait for a second
analogWrite(A2, LOW);  // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);           // wait for a second
analogWrite(A3, HIGH); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);           // wait for a second
analogWrite(A3, LOW);  // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);           // wait for a second
analogWrite(A4, HIGH); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);           // wait for a second
analogWrite(A4, LOW);  // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);           // wait for a second
analogWrite(A5, HIGH); // turn the LED off by making the
voltage LOW
delay(1000);           // wait for a second

```

```

    analogWrite(A5, LOW); // turn the LED off by making the
    voltage LOW
    delay(1000);
}

```

B.3 Program Pengujian LCD

```

#include <LiquidCrystal.h>

// initialize the library by associating any needed LCD interface
pin
// with the arduino pin number it is connected to
const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

void setup() {
    // set up the LCD's number of columns and rows:
    lcd.begin(16, 2);
    // Print a message to the LCD.
    lcd.print("hello, world!");
}

void loop() {
    // set the cursor to column 0, line 1
    // (note: line 1 is the second row, since counting begins with 0):
    lcd.setCursor(0, 1);
    // print the number of seconds since reset:
    lcd.print(millis() / 1000);
}

```

B.4 Program Sensor Tegangan

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 10, 5, 4, 3, 2);// inisialisasi pin lcd
// (RS,EN,D4,D5,D6,D7)
float Volt1;
float Volt;

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    Serial.println("Voltage: ");
}

```

```

    lcd.begin(16, 2);
  }
  void loop()
  {
    Volt1=analogRead(0);
    Volt=((Volt1*0.00489)*5);
    Serial.print(Volt);
    Serial.println("V");
    lcd.print("Po:");
    lcd.print(Pout);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Vo:");
    lcd.print(Volt);
    lcd.setCursor(8, 1);
    lcd.print("Io:");
    lcd.print(Iload);

    delay(500);
  }

```

B.5 Program Sensor Arus

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 10, 5, 4, 3, 2);// inisialisasi pin lcd
// (RS,EN,D4,D5,D6,D7)
int temp=0;
float sum =0;
float AMPS_SCALE =0;
float amps=0;
void setup()
{

  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
}

void loop()
{
  for(int i = 0; i < 100; i++) // loop through reading raw adc
  values 100 number of times
  {

```



```

temp=analogRead(A1); // 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

Serial.print(amps);
Serial.println("A");
lcd.print("Po:");
lcd.print(Pout);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Vo:");
lcd.print(Volt);
lcd.setCursor(8, 1);
lcd.print("Io:");
lcd.print(amps);
delay(500);
}

```

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

LAMPIRAN C

DATASHEET

C.1 Datasheet Arduino UNO

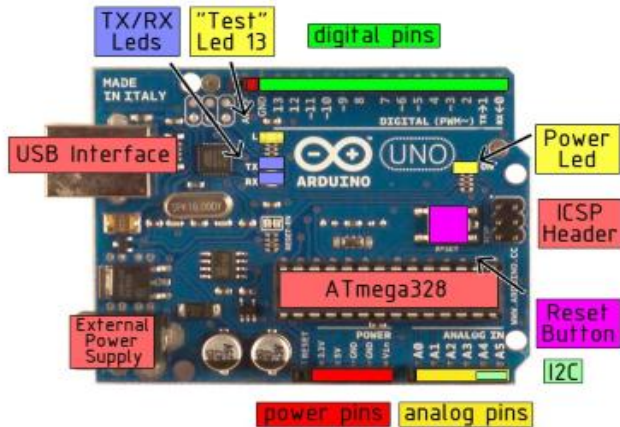
Technical Specification

EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) 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



radiospares

RADIONICS



C.2 Datasheet ACS712



ACS712

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

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 50 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$, and 4% at -40°C to 85°C
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kV_{RMS} minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage

Package: 8 pin SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1



Description

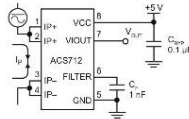
The Allegro® ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, automotive, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switched-mode power supplies, and overcurrent fault protection.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall sensor 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 is sensed by the integrated Hall IC and converted 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 ($>V_{IOUT(Q)}$) 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 sensing. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m Ω typical, providing low power

Continued on the next page...

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 sensed current, I_p , within the range specified. C_c is recommended for noise management, with values that depend on the application.

ACS712

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

Description (continued)

loss. The thickness of the copper conductor allows survival of the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the sensor leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 current sensor 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 _{OP} (°C)	Optimized Range, I _P (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	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V _{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V _{RECC}		-0.1	V
Output Voltage	V _{OUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V _{REOUT}		-0.1	V
Output Current Source	I _{OUT(SOURCE)}		3	mA
Output Current Sink	I _{OUT(SINK)}		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I _P	100 total pulses, 250 ms duration each, applied at a rate of 1 pulse every 100 seconds.	60	A
Maximum Transient Sensed Current	I _{S(MAX)}	Junction Temperature, T _J < T _{J(MAX)}	60	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T _A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction	T _{J(MAX)}		165	°C
Storage Temperature	T _{STG}		-85 to 170	°C



TÜV America
Certificate Number:
USV 06 05 54214 010

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



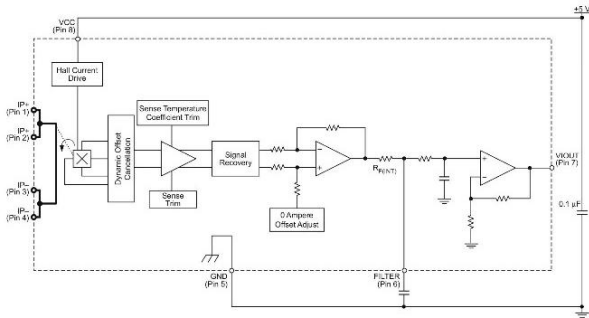
Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Street, Box 15080
Worcester, Massachusetts 01115-0036 (508) 853-5000
www.allegromicro.com

2

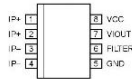
ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with
2.1 kVRMS Voltage 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 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



Allegro Microsystems, Inc.
115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
www.allegromicro.com

ACS712

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

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS¹ over full range of T_{QJ} , $C_p = 1$ 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	6	8	11	mA
Output Zener Clamp Voltage	V_Z	$I_{CC} = 11$ mA, $T_A = 25^\circ\text{C}$	6	8.3	–	V
Output Resistance	R_{OUT}	$I_{OUT} = 1.2$ mA, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	1	2	Ω
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	V _{OUT} to GND	–	–	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	V _{OUT} to GND	4.7	–	–	k Ω
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–	1.2	–	m Ω
RMS Isolation Voltage	V_{ISORMS}	Pins 1-4 and 5-8; 60 Hz, 1 minute, $T_A = 25^\circ\text{C}$	2100	–	–	V
DC Isolation Voltage	V_{ISODC}	Pins 1-4 and 5-8; 1 minute, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	5000	–	V
Propagation Time	t_{PROP}	$I_p = I_s(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	–	3	–	μs
Response Time	$t_{RESPONSE}$	$I_p = I_s(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	–	7	–	μs
Rise Time	t_r	$I_p = I_s(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	–	5	–	μs
Frequency Bandwidth	f	-3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$, I_p is 10 A peak-to-peak	50	–	–	kHz
Nonlinearity	E_{LN}	Over full range of I_s	–	± 1	± 1.5	%
Symmetry	E_{SYV}	Over full range of I_s	98	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{OUT(0)}$	Bidirectional; $I_p = 0$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	$V_{CC} \times 0.5$	–	V
Magnetic Offset Error	$V_{ERR,OM}$	$I_p = 0$ A, after excursion of 5 A	–	0	–	mV
Clamping Voltage	V_{CH}		Typ. -110	$V_{CC} \times 0.9375$	Typ. +110	mV
	V_{CL}		Typ. -110	$V_{CC} \times 0.9625$	Typ. +110	mV
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 ²			–	12	–	G/A
Internal Filter Resistance ³	R_{FILT}		–	1.7	–	Ω

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

² $1\text{G} = 0.1$ mT.

³ R_{FILT} forms an RC circuit via the FILTER pin.

COMMON THERMAL CHARACTERISTICS¹

Operating Internal Leadframe Temperature	T_{OH}	E range	Min.	Typ.	Max.	Units
			-40	–	85	$^\circ\text{C}$
Junction-to-Lead Thermal Resistance ²	$R_{\theta_{JL}}$	Mounted on the Allegro ASEK 712 evaluation board			5	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Junction-to-Ambient Thermal Resistance	$R_{\theta_{JA}}$	Mounted on the Allegro 85-0322 evaluation board, includes the power consumed by the board			23	$^\circ\text{C}/\text{W}$

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, Inc.
115 Northread Cluff, Box 15036
Westborough, Massachusetts 01581-0036 (508) 853-5000
www.allegromicro.com

4

ACS712

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

x05A PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_{OP} = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C ¹, $C_T = 1\text{ nF}$, and $V_{CC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_S		-5	-	5	A
Sensitivity ²	$Sens_{TA}$	Over full range of I_S , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	185	-	mV/A
	$Sens_{ZDP}$	Over full range of I_S	178	-	193	mV/A
Noise	$V_{NOISE(PP)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 4.7\text{ nF}$, $C_{CLT} = \text{open}$, 20 kHz bandwidth	-	45	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{CLT} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	20	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 1\text{ nF}$, $C_{CLT} = \text{open}$, 50 kHz bandwidth	-	75	-	mV
Electrical Offset Voltage	V_{OFF}	$I_P = 0\text{ A}$	-40	-	40	mV
Total Output Error ³	E_{TOT}	$I_P = \pm 5\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

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

²At -40°C Sensitivity may shift as much 9% outside of the datasheet limits.

³Percentage of I_S with $I_P = 5\text{ A}$. Output filtered.

x20A PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_{OP} = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C ¹, $C_T = 1\text{ nF}$, and $V_{CC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_S		-20	-	20	A
Sensitivity ²	$Sens_{TA}$	Over full range of I_S , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	100	-	mV/A
	$Sens_{ZDP}$	Over full range of I_S	97	-	103	mV/A
Noise	$V_{NOISE(PP)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 4.7\text{ nF}$, $C_{CLT} = \text{open}$, 20 kHz bandwidth	-	24	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{CLT} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	10	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 1\text{ nF}$, $C_{CLT} = \text{open}$, 50 kHz bandwidth	-	40	-	mV
Electrical Offset Voltage	V_{OFF}	$I_P = 0\text{ A}$	-30	-	30	mV
Total Output Error ³	E_{TOT}	$I_P = \pm 20\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

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

²At -40°C Sensitivity may shift as much 9% outside of the datasheet limits.

³Percentage of I_S with $I_P = 20\text{ A}$. Output filtered.

x30A PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_{OP} = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C ¹, $C_T = 1\text{ nF}$, and $V_{CC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_S		-30	-	30	A
Sensitivity ²	$Sens_{TA}$	Over full range of I_S , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	66	-	mV/A
	$Sens_{ZDP}$	Over full range of I_S	64	-	68	mV/A
Noise	$V_{NOISE(PP)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 4.7\text{ nF}$, $C_{CLT} = \text{open}$, 20 kHz bandwidth	-	20	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{CLT} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	7	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 1\text{ nF}$, $C_{CLT} = \text{open}$, 50 kHz bandwidth	-	35	-	mV
Electrical Offset Voltage	V_{OFF}	$I_P = 0\text{ A}$	-30	-	30	mV
Total Output Error ³	E_{TOT}	$I_P = \pm 30\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

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

²At -40°C Sensitivity may shift as much 9% outside of the datasheet limits.

³Percentage of I_S with $I_P = 30\text{ A}$. Output filtered.



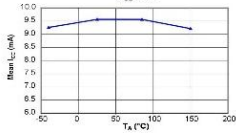
Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Crossf. Dr.
Worcester, Massachusetts 01615-0038 (508) 853-5000
www.allegromicro.com

5

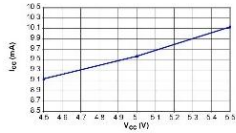
Characteristic Performance

$I_p = 5\text{ A}$, Sens = 185 mV/A unless otherwise specified

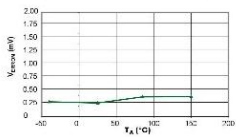
Mean Supply Current versus Ambient Temperature
 $V_{DD} = 5\text{ V}$



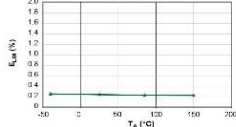
Supply Current versus Supply Voltage



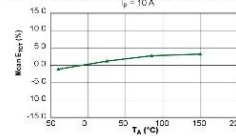
Magnetic Offset versus Ambient Temperature



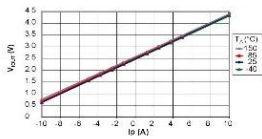
Nonlinearity versus Ambient Temperature
 $I_p = 12\text{ A}$



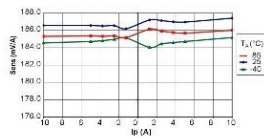
Mean Total Output Error versus Ambient Temperature
 $I_p = 10\text{ A}$



Output Voltage versus Sensed Current



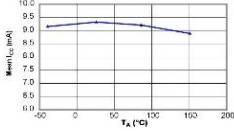
Sensitivity versus Sensed Current



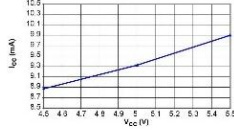
Characteristic Performance

$I_s = 30\text{ A}$, $Sens = 66\text{ mV/A}$ unless otherwise specified

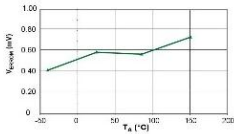
Mean Supply Current versus Ambient Temperature
 $V_{CC} = 5\text{ V}$



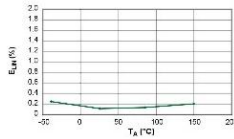
Supply Current versus Supply Voltage



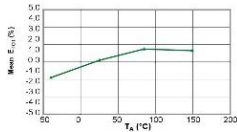
Magnetic Offset Current versus Ambient Temperature



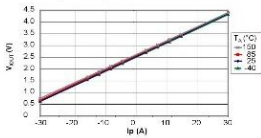
Nonlinearity versus Ambient Temperature



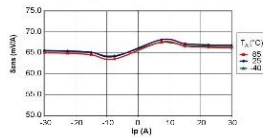
Mean Total Output Error versus Ambient Temperature



Output Voltage versus Sensed Current



Sensitivity versus Sensed Current



Allegro Microsystems, Inc.
115 North East Coulter, Daw 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-4500
www.allegromicro.com

Definitions of Accuracy Characteristics

Sensitivity (Sens). The change in sensor output in response to a 1A change through the primary conductor. The sensitivity is the product of the magnetic circuit sensitivity (G/A) and the linear IC amplifier gain (mV/G). The linear IC amplifier gain is programmed at the factory to optimize the sensitivity (mV/A) for the full-scale current of the device.

Noise (V_{NOISE}). The product of the linear IC amplifier gain (mV/G) and the noise floor for the Allegro Hall effect linear IC (=1 G). The noise floor is derived from the thermal and shot noise observed in Hall elements. Dividing the noise (mV) by the sensitivity (mV/A) provides the smallest current that the device is able to resolve.

Linearity (E_{LINE}). The degree to which the voltage output from the sensor varies in direct proportion to the primary current through its full-scale amplitude. Nonlinearity in the output can be attributed to the saturation of the flux concentrator approaching the full-scale current. The following equation is used to derive the linearity:

$$100 \left\{ 1 - \left[\frac{\Delta \text{gain} \times \% \text{ sat} (V_{\text{OUT_full-scale amperes}} - V_{\text{OUT}(0)})}{2 (V_{\text{OUT_half-scale amperes}} - V_{\text{OUT}(0)})} \right] \right\}$$

where $V_{\text{OUT_full-scale amperes}}$ = the output voltage (V) when the sensed current approximates full-scale I_{FS} .

Symmetry (E_{SYM}). The degree to which the absolute voltage output from the sensor varies in proportion to either a positive or negative full-scale primary current. The following formula is used to derive symmetry:

$$100 \left(\frac{V_{\text{OUT+ full-scale amperes}} - V_{\text{OUT}(0)}}{V_{\text{OUT}(0)} - V_{\text{OUT- full-scale amperes}}} \right)$$

Quiescent output voltage (V_{OUT(Q)}). The output of the sensor when the primary current is zero. For a unipolar supply voltage, it nominally remains at $V_{\text{CC}}/2$. Thus, $V_{\text{CC}} = 5 \text{ V}$ translates into $V_{\text{OUT}(0)} = 2.5 \text{ V}$. Variation in $V_{\text{OUT}(0)}$ can be attributed to the resolution of the Allegro linear IC quiescent voltage trim and thermal drift.

Electrical offset voltage (V_{OFF}). The deviation of the device output from its ideal quiescent value of $V_{\text{CC}}/2$ due to nonmagnetic causes. To convert this voltage to amperes, divide by the device sensitivity, Sens.

Accuracy (E_{TOT}). The accuracy represents the maximum deviation of the actual output from its ideal value. This is also known as the total output error. The accuracy is illustrated graphically in the output voltage versus current chart at right.

Accuracy is divided into four areas:

- **0 A at 25°C.** Accuracy of sensing zero current flow at 25°C, without the effects of temperature.
- **0 A over Δ temperature.** Accuracy of sensing zero current flow including temperature effects.
- **Full-scale current at 25°C.** Accuracy of sensing the full-scale current at 25°C, without the effects of temperature.
- **Full-scale current over Δ temperature.** Accuracy of sensing full-scale current flow including temperature effects.

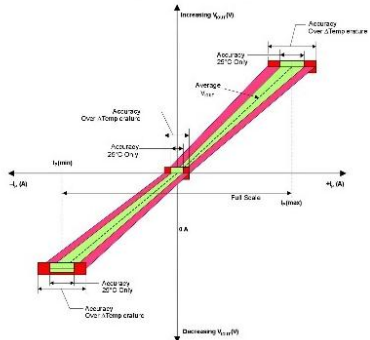
Ratiometry. The ratiometric feature means that its 0 A output, $V_{\text{OUT}(0)}$, (nominally equal to $V_{\text{CC}}/2$) and sensitivity, Sens, are proportional to its supply voltage, V_{CC} . The following formula is used to derive the ratiometric change in 0 A output voltage, $\Delta V_{\text{OUT}(0)\text{RAT}}$ (%).

$$100 \left(\frac{V_{\text{OUT}(0)\text{RAT}} / V_{\text{CC}} / 5 \text{ V}}{V_{\text{CC}} / 5 \text{ V}} \right)$$

The ratiometric change in sensitivity, $\Delta \text{Sens}_{\text{RAT}}$ (%), is defined as:

$$100 \left(\frac{\text{Sens}_{\text{RAT}} / \text{Sens}_{\text{SV}}}{V_{\text{CC}} / 5 \text{ V}} \right)$$

Output Voltage versus Sensed Current
Accuracy at 0 A and at Full-Scale Current



C.3 Datasheet IRF540

Philips Semiconductors

Product specification

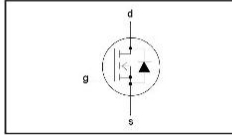
N-channel TrenchMOS | transistor

IRF540, IRF540S

FEATURES

- 'Trench' technology
- Low on-state resistance
- Fast switching
- Low thermal resistance

SYMBOL



QUICK REFERENCE DATA

$$V_{DSS} = 100 \text{ V}$$

$$I_D = 23 \text{ A}$$

$$R_{DS(ON)} \leq 77 \text{ m}\Omega$$

GENERAL DESCRIPTION

N-channel enhancement mode field-effect power transistor in a plastic envelope using 'trench' technology.

Applications:-

- d.c. to d.c. converters
- switched mode power supplies
- T.V. and computer monitor power supplies

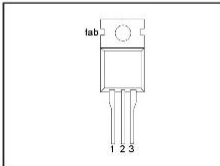
The IRF540 is supplied in the SOT78 (TO220AB) conventional leaded package.

The IRF540S is supplied in the SOT404 (D²PAK) surface mounting package.

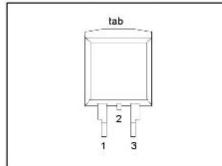
PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	gate
2	drain ¹
3	source
tab	drain

SOT78 (TO220AB)



SOT404 (D²PAK)



LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{DS}	Drain-source voltage	$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ to $175 \text{ }^\circ\text{C}$	-	100	V
V_{DG}	Drain-gate voltage	$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ to $175 \text{ }^\circ\text{C}$; $R_{\theta GS} = 20 \text{ k}\Omega$	-	100	V
V_{GS}	Gate-source voltage		-	± 20	V
I_D	Continuous drain current	$T_{mb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; $V_{GS} = 10 \text{ V}$	-	23	A
		$T_{mb} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$; $V_{GS} = 10 \text{ V}$	-	16	A
I_{DM}	Pulsed drain current	$T_{mb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	92	A
P_D	Total power dissipation	$T_{mb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	100	W
T_j, T_{stg}	Operating junction and storage temperature		- 55	175	$^\circ\text{C}$

¹ It is not possible to make connection to pin:2 of the SOT404 package

N-channel TrenchMOS | transistor

IRF540, IRF540S

AVALANCHE ENERGY LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
E_{AS}	Non-repetitive avalanche energy	Unclamped inductive load, $I_{AS} = 10$ A; $t_s = 350$ μ s; T_j prior to avalanche = 25°C; $V_{DD} = 25$ V; $R_{GS} = 50$ Ω ; $V_{DS} = 10$ V; refer to fig.14	-	230	mJ
I_{AS}	Peak non-repetitive avalanche current		-	23	A

THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{th,jc}$	Thermal resistance junction to mounting base		-	-	1.5	K/W
$R_{th,ja}$	Thermal resistance junction to ambient	SOT78 package, in free air SOT404 package, pcb mounted, minimum footprint	-	60	-	K/W
			-	50	-	K/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

 $T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$V_{(BR)DSS}$	Drain-source breakdown voltage	$V_{GS} = 0$ V; $I_D = 0.25$ mA;	100	-	-	V
$V_{GS(TH)}$	Gate threshold voltage	$V_{DS} = V_{GS}$; $I_D = 1$ mA	89	-	-	V
			2	3	4	V
			1	-	-	V
			-	-	6	V
$R_{DS(ON)}$	Drain-source on-state resistance	$V_{GS} = 10$ V; $I_D = 17$ A	-	49	77	m Ω
			-	132	193	m Ω
g_{fs}	Forward transconductance	$V_{DS} = 25$ V; $I_D = 17$ A	8.7	15.5	-	S
I_{GSS}	Gate source leakage current	$V_{GS} = \pm 20$ V; $V_{DS} = 0$ V	-	10	100	nA
I_{DSS}	Zero gate voltage drain current	$V_{DS} = 100$ V; $V_{GS} = 0$ V	-	0.05	10	μ A
		$V_{DS} = 80$ V; $V_{GS} = 0$ V; $T_j = 175^\circ\text{C}$	-	-	250	μ A
$Q_{g(boot)}$	Total gate charge	$I_D = 17$ A; $V_{DD} = 80$ V; $V_{GS} = 10$ V	-	-	65	nC
Q_{gs}	Gate-source charge		-	-	10	nC
Q_{gd}	Gate-drain (Miller) charge		-	-	29	nC
$t_{d(on)}$	Turn-on delay time	$V_{DD} = 50$ V; $R_G = 2.2$ Ω ;	-	8	-	ns
t_r	Turn-on rise time	$V_{GS} = 10$ V; $R_G = 5.6$ Ω	-	39	-	ns
$t_{d(off)}$	Turn-off delay time	Resistive load	-	26	-	ns
t_f	Turn-off fall time		-	24	-	ns
L_d	Internal drain inductance	Measured tab to centre of die	-	3.5	-	nH
L_{d1}	Internal drain inductance	Measured from drain lead to centre of die (SOT78 package only)	-	4.5	-	nH
L_s	Internal source inductance	Measured from source lead to source bond pad	-	7.5	-	nH
C_{iss}	Input capacitance	$V_{GS} = 0$ V; $V_{DS} = 25$ V; $f = 1$ MHz	-	890	1187	pF
C_{oss}	Output capacitance		-	139	167	pF
C_{fss}	Feedback capacitance		-	83	109	pF

N-channel TrenchMOS | transistor

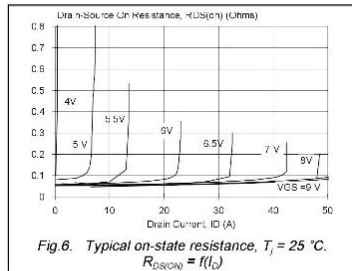
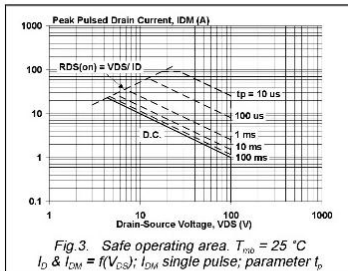
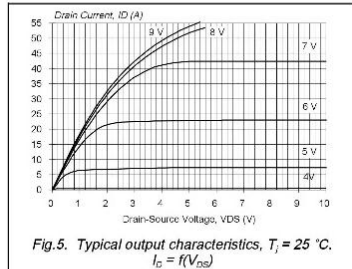
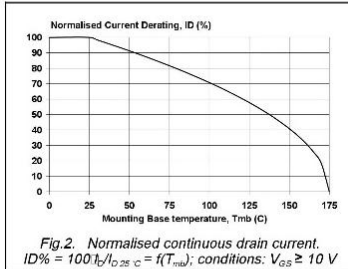
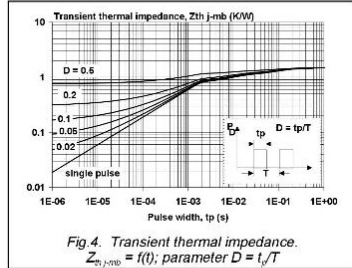
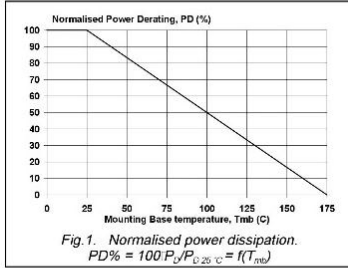
IRF540, IRF540S

REVERSE DIODE LIMITING VALUES AND CHARACTERISTICS $T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_S	Continuous source current (body diode)		-	-	23	A
I_{SM}	Pulsed source current (body diode)		-	-	92	A
V_{SD}	Diode forward voltage	$I_S = 28\text{ A}; V_{GS} = 0\text{ V}$	-	0.94	1.5	V
t_r	Reverse recovery time	$I_S = 17\text{ A}; -dI_S/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}; V_{GS} = 0\text{ V}; V_R = 25\text{ V}$	-	61	-	ns
Q_{rr}	Reverse recovery charge	$V_{GS} = 0\text{ V}; V_R = 25\text{ V}$	-	200	-	nC

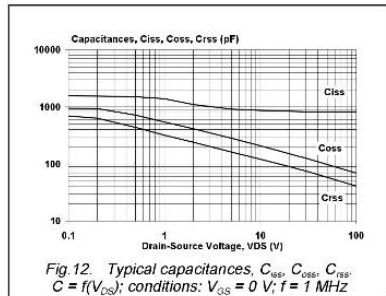
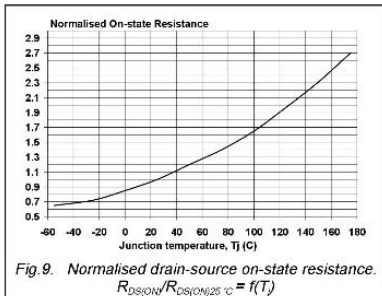
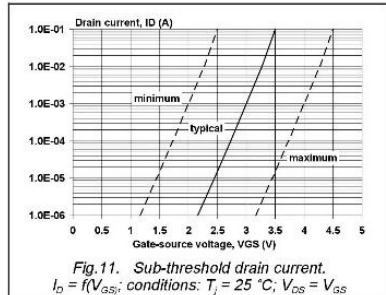
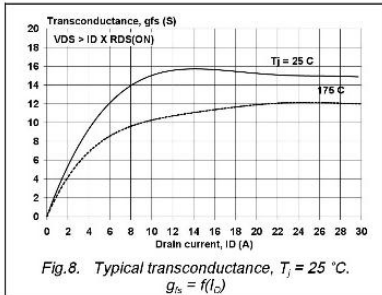
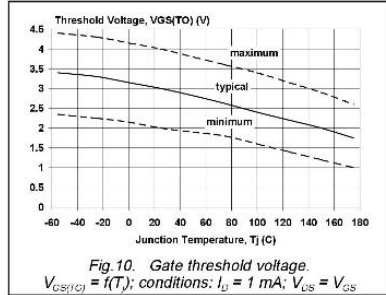
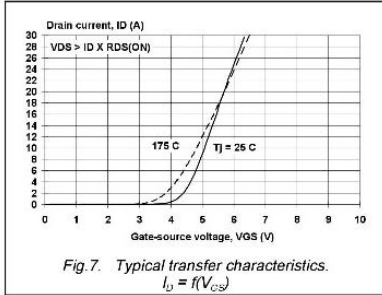
N-channel TrenchMOS transistor

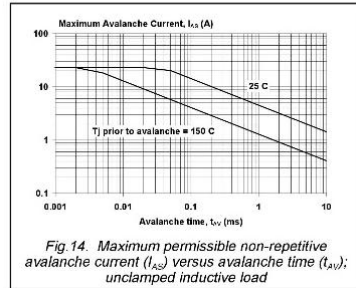
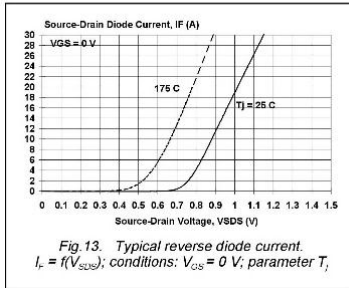
IRF540, IRF540S



N-channel TrenchMOS | transistor

IRF540, IRF540S





C.4 Datasheet TLP250

TOSHIBA

TLP250

TOSHIBA Photocoupler GaAlAs Ired & Photo-IC

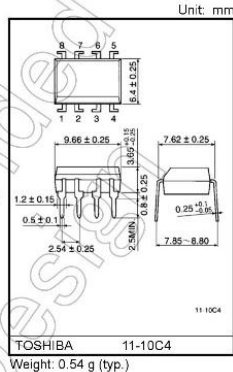
TLP250

Industrial Inverter
 Inverter For Air Conditioner
 IGBT Gate Drive
 Power MOS FET Gate Drive

The TOSHIBA TLP250 consists of a GaAlAs light emitting diode and an integrated photodetector.
 This unit is 8-lead DIP package.
 TLP250 is suitable for gate driving circuit of IGBT or power MOS FET.

- Input threshold current: 5mA(max)
- Supply current : 11mA(max)
- Supply voltage : 10-35V
- Output current : $\pm 1.5A$ (max)
- Switching time tPLH/tPHL: 0.5 μ s(max)
- Isolation voltage: 2500Vrms(min)
- UL recognized: UL1577, file No E67349
- c-UL approved : CSA Component Acceptance Service No. 5A, File No E67349
- Option(D4)
 VDE Approved : EN60747-5- 5

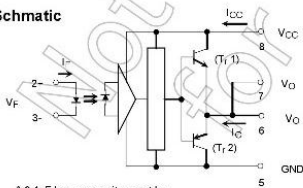
**Note: When a EN60747-5-5 approved type is needed,
 Please designate "Option(D4)"**



Truth Table

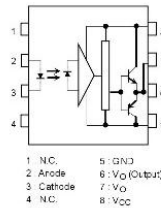
Input LED	Tr1		Tr2	
	On	Off	On	Off
On	On	Off	Off	On
Off	Off	On	On	Off

Schematic



A 0.1 μ F bypass capacitor must be connected between pin 8 and 5

Pin Configuration (top view)



Start of commercial production
 1990-11

bsolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Characteristic		Symbol	Rating	Unit	
LED	Forward current	IF	20	mA	
	Forward current derating (Ta ≥ 70°C)	ΔIF / ΔTa	-0.36	mA / °C	
	Peak transient forward current (Note 1)	IFPT	1	A	
	Reverse voltage	VR	5	V	
	Diode power dissipation	PD	40	mW	
	Diode power dissipation derating (Ta≥70°C)	ΔPD / °C	-0.72	mW / °C	
Junction temperature		TJ	125	°C	
Detector	"H"peak output current (PW ≤ 2.5μs, f ≤ 15kHz) (Note 2)	IOPH	-1.5	A	
	"L"peak output current (PW ≤ 2.5μs, f ≤ 15kHz) (Note 2)	IOPL	+1.5	A	
	Output voltage	(Ta ≤ 70°C)	VO	35	V
		(Ta ≤ 85°C)		24	
	Supply voltage	(Ta ≤ 70°C)	VCC	35	V
		(Ta ≤ 85°C)		24	
	Output voltage derating (Ta ≥ 70°C)	ΔVO / ΔTa	-0.73	V / °C	
	Supply voltage derating (Ta ≥ 70°C)	ΔVCC / ΔTa	-0.73	V / °C	
	Power dissipation	PC	800	mW	
	Power dissipation derating (Ta ≥ 70°C)	ΔPC / °C	-14.5	mW / °C	
Junction temperature	TJ	125	°C		
Operating frequency (Note 3)	f	25	kHz		
Operating temperature range	Topt	-20 to 85	°C		
Storage temperature range	Tstg	-55 to 125	°C		
Lead soldering temperature (10 s)	Tsol	260	°C		
Isolation voltage (AC, 60 s., R.H.≤ 60%) (Note 4)	BVG	2500	Vrms		

Note: Using continuously under heavy loads (e.g. the application of high temperature/current/voltage and the significant change in temperature, etc.) may cause this product to decrease in the reliability significantly even if the operating conditions (i.e. operating temperature/current/voltage, etc.) are within the absolute maximum ratings.

Please design the appropriate reliability upon reviewing the Toshiba Semiconductor Reliability Handbook ("Handling Precautions"/Derating Concept and Methods") and individual reliability data (i.e. reliability test report and estimated failure rate, etc).

Note 1: Pulse width PW ≤ 1μs, 300pps

Note 2: Exponential waveform

Note 3: Exponential waveform: IOPH ≤ -1.0A (≤ 2.5μs), IOPL ≤ +1.0A (≤ 2.5μs)

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.

Recommended Operating Conditions

Characteristic	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Input current, on	IF(OH)	7	8	10	mA
Input voltage, off	VF(OFF)	0	—	0.8	V
Supply voltage	VCC	15	—	30	V
Peak output current	IOPH/IOPL	—	—	±0.5	A
Operating temperature	Topt	-20	25	85	°C

Note: Recommended operating conditions are given as a design guideline to obtain expected performance of the device. Additionally, each item is an independent guideline respectively. In developing designs using this product, please confirm specified characteristics shown in this document.

Note : A ceramic capacitor(0.1μF) 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.

Note : Input signal rise time(fall time)<0.5μs.

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

Characteristic		Symbol	Test Circuit	Test Condition	Min	Typ.*	Max	Unit	
Input forward voltage		V _F	—	I _F = 10 mA, Ta = 25°C	—	1.6	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 V, f = 1MHz, Ta = 25°C	—	45	250	pF	
Output current	'H' level	I _{OPH}	1	V _{CC} = 30V (Note 1)	I _F = 10 mA V _{S-6} = 4V	-0.5	-1.5	—	A
	'L' level	I _{OPL}	2		I _F = 0 mA V _{S-5} = 2.5V	0.5	2		
Output voltage	'H' level	V _{OH}	3	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, I _F = 5mA	11	12.8	—	V	
	'L' level	V _{OL}	4	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, V _F = 0.8V	—	-14.2	-12.5		
Supply current	'H' level	I _{CCH}	—	V _{CC} = 30V, I _F = 10mA Ta = 25°C	—	7	—	mA	
	'L' level	I _{ACL}	—	V _{CC} = 30V, I _F = 10mA	—	—	11		
			—	V _{CC} = 30V, I _F = 0mA Ta = 25°C	—	7.5	—		
			—	V _{CC} = 30V, I _F = 0mA	—	—	11		
Threshold input current	"Output L→H"	I _{FLH}	—	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, V _O > 0V	—	1.2	5	mA	
Threshold input voltage	"Output H→L"	V _{FHL}	—	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, V _O < 0V	0.8	—	—	V	
Supply voltage		V _{CC}	—	—	10	—	35	V	
Capacitance (input-output)		C _S	—	V _S = 0 V, f = 1MHz Ta = 25°C	—	1.0	2.0	pF	
Resistance(input-output)		R _S	—	V _S = 800V, Ta = 25°C R _{H,S} 60%	1×10 ¹²	10 ¹⁴	—	Ω	

* All typical values are at Ta = 25°C

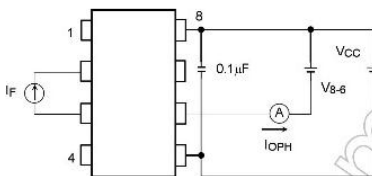
Note 1: Duration of IO time ≤ 50μs

Switching Characteristics (Ta = -20 to 70°C, unless otherwise specified)

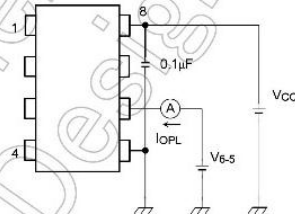
Characteristic	Symbol	Test Circuit	Test Condition	Min	Typ.	Max	Unit
Propagation delay time	L→H	5	If = 8mA VCC1 = +15V, VEE1 = -15V RL = 200Ω	—	0.15	0.5	μs
	H→L			—	0.15	0.5	
Common mode transient immunity at high level output	CMH	6	VCM = 600V, If = 8mA VCC = 30V, Ta = 25°C	-5000	—	—	V / μs
Common mode transient immunity at low level output	CML		VCM = 600V, If = 0mA VCC = 30V, Ta = 25°C	5000	—	—	V / μs

Note: All typical values are at Ta = 25°C

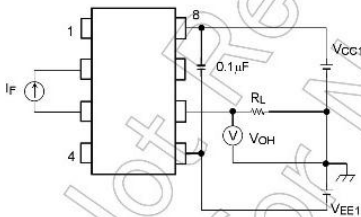
Test Circuit 1 : IOPH



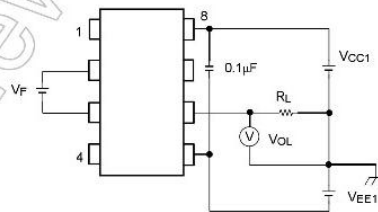
Test Circuit 2 : IOPL



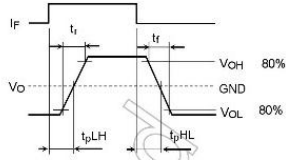
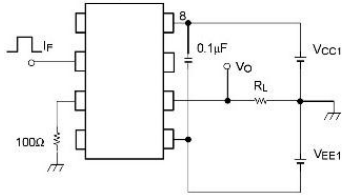
Test Circuit 3 : VOH



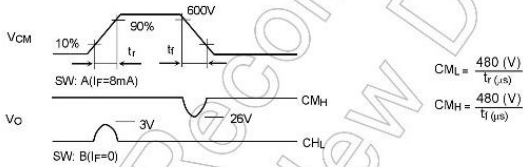
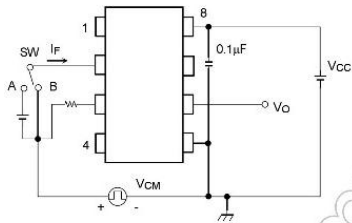
Test Circuit 4 : VOL



Test Circuit 5: t_{pLH} , t_{pHL} , t_r , t_f



Test Circuit 6: CM_H , CM_L



CM_L (CM_H) is the maximum rate of rise (fall) of the common mode voltage that can be sustained with the output voltage in the low (high) state.

C.5 Datasheet MUR1560

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

Preferred Devices

SWITCHMODE™ Power Rectifiers

These state-of-the-art devices are a series designed for use in switching power supplies, inverters and as free wheeling diodes.

Features

- Ultrafast 35 and 60 Nanosecond Recovery Time
- 175°C Operating Junction Temperature
- Popular TO-220 Package
- High Voltage Capability to 600 V
- Low Forward Drop
- Low Leakage Specified @ 150°C Case Temperature
- Current Derating Specified @ Both Case and Ambient Temperatures
- Pb-Free Packages are Available*

Mechanical Characteristics:

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 1.9 Grams (Approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead Temperature for Soldering Purposes: 260°C Max. for 10 Seconds



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

ULTRAFAST RECTIFIERS 15 AMPERES, 100-600 VOLTS



TO-220AC
CASE 221B
PLASTIC

MARKING DIAGRAM



A	= Assembly Location
Y	= Year
WW	= Work Week
G	= Pb-Free Package
U15xx	= Device Code xx = 10, 15, 20, 40 or 60
KA	= Diode Polarity

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 6 of this data sheet.

Preferred devices are recommended choices for future use and best overall value.

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	MUR					Unit
		1510	1515	1520	1540	1560	
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{CRM} V_R	100	150	200	400	600	V
Average Rectified Forward Current (Rated V_{FI})	I_F (AV)	15 @ $T_C = 150^\circ\text{C}$			15 @ $T_C = 145^\circ\text{C}$		A
Peak Rectified Forward Current (Rated V_F , Square Wave, 20 kHz)	I_{FRM}	30 @ $T_C = 150^\circ\text{C}$			30 @ $T_C = 145^\circ\text{C}$		A
Nonrepetitive Peak Surge Current (Surge applied at rated load conditions halfwave, single phase, 60 Hz)	I_{FSM}	200			150		A
Operating Junction Temperature and Storage Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +175					$^\circ\text{C}$

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.

THERMAL CHARACTERISTICS

Parameter	Symbol	Value	Unit
Maximum Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	1.5	$^\circ\text{C}/\text{W}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	1520	1540	1560	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage (Note 1) ($I_F = 15\text{ A}$, $T_C = 150^\circ\text{C}$) ($I_F = 15\text{ A}$, $T_C = 25^\circ\text{C}$)	V_F	0.85 1.05	1.12 1.25	1.20 1.50	V
Maximum Instantaneous Reverse Current (Note 1) (Rated DC Voltage, $T_C = 150^\circ\text{C}$) (Rated DC Voltage, $T_C = 25^\circ\text{C}$)	I_R	500 10	500 10	1000 10	μA
Maximum Reverse Recovery Time ($I_R = 1.0\text{ A}$, $dI/dt = 50\text{ A}/\mu\text{s}$)	t_{rr}	35	60		ns

1. Pulse Test: Pulse Width = 300 μs , Duty Cycle < 2.0%.

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

MUR1510, MUR1515, MUR1520

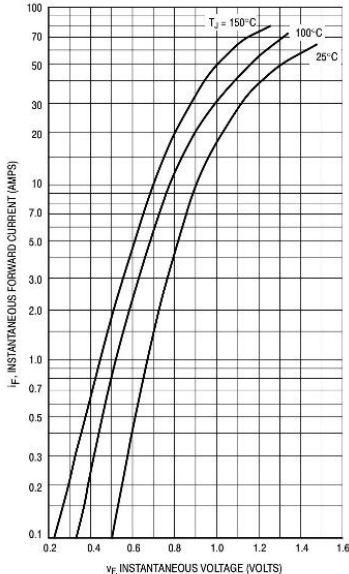


Figure 1. Typical Forward Voltage

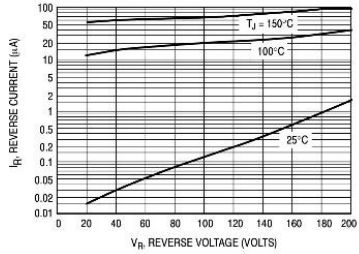


Figure 2. Typical Reverse Current

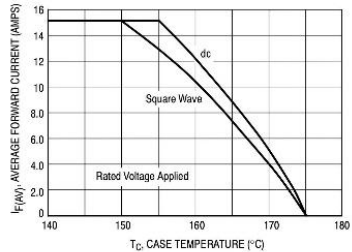


Figure 3. Current Derating, Case

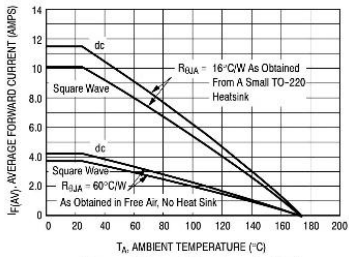


Figure 4. Current Derating, Ambient

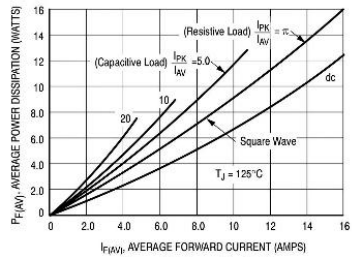
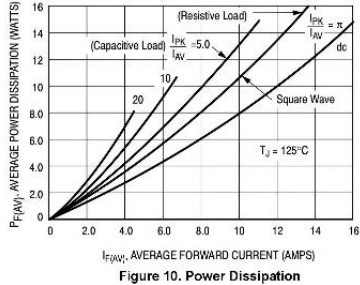
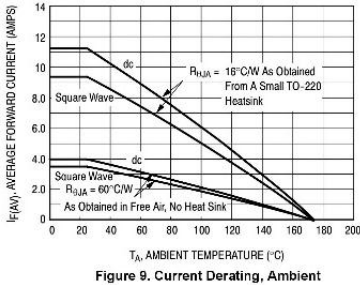
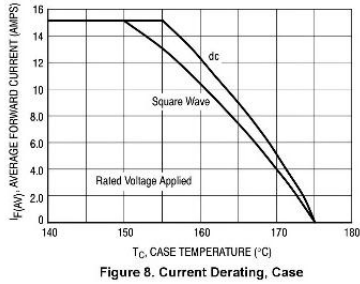
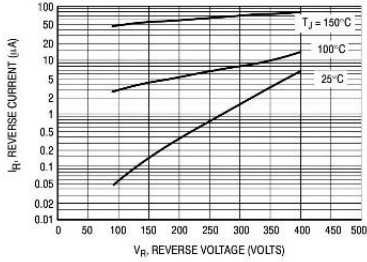
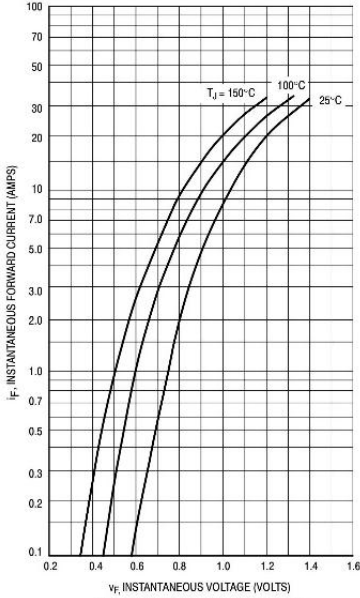


Figure 5. Power Dissipation

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

MUR1540



MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

MUR1560

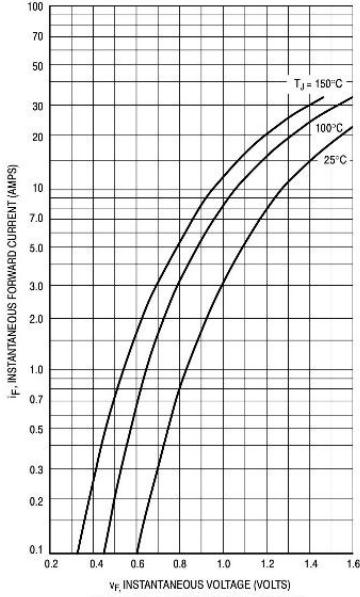


Figure 11. Typical Forward Voltage

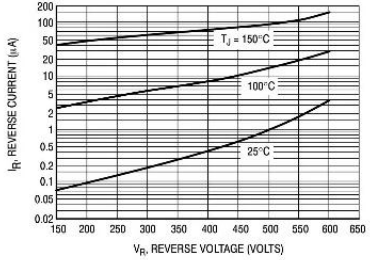


Figure 12. Typical Reverse Current

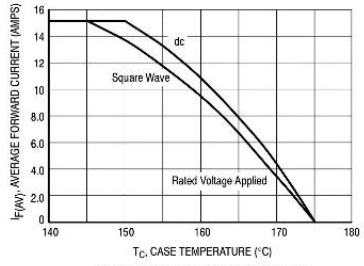


Figure 13. Current Derating, Case

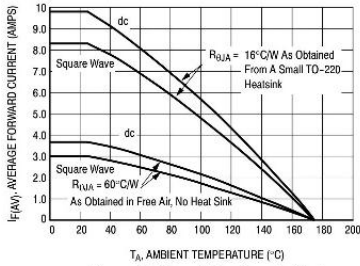


Figure 14. Current Derating, Ambient

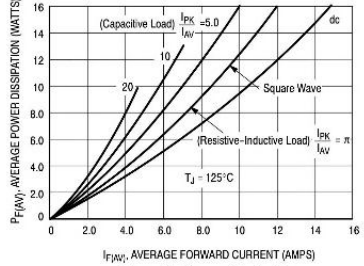


Figure 15. Power Dissipation

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

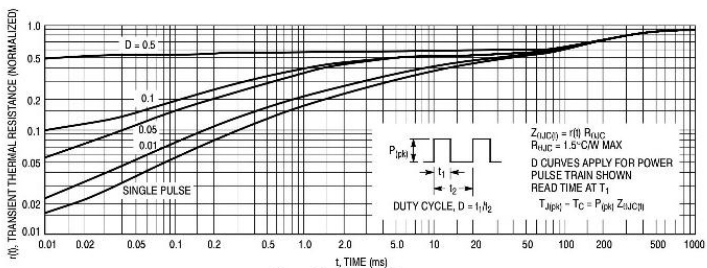


Figure 16. Thermal Response

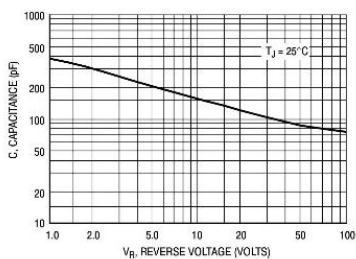


Figure 17. Typical Capacitance

ORDERING INFORMATION

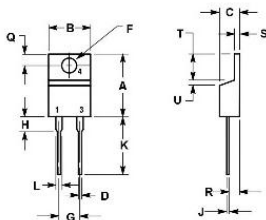
Device	Package	Shipping [†]
MUR1510	TO-220	50 Units / Rail
MUR1510G	TO-220 (Pb-Free)	
MUR1515	TO-220	
MUR1515G	TO-220 (Pb-Free)	
MUR1520	TO-220	
MUR1520G	TO-220 (Pb-Free)	
MUR1540	TO-220	
MUR1540G	TO-220 (Pb-Free)	
MUR1560	TO-220	
MUR1560G	TO-220 (Pb-Free)	

[†]For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specifications Brochure, BRD8011/D.

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

PACKAGE DIMENSIONS

TO-220 TWO-LEAD CASE 221B-04 ISSUE D



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1987.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.050	0.020	1.27	0.51
B	0.260	0.460	6.60	11.68
C	0.160	0.190	4.06	4.83
D	0.020	0.030	0.51	0.76
E	0.140	0.147	3.55	3.73
G	0.190	0.010	4.83	0.25
H	0.110	0.120	2.79	3.05
J	0.010	0.020	0.25	0.51
K	0.500	0.562	12.70	14.27
L	0.045	0.060	1.14	1.52
D	0.100	0.120	2.54	3.05
R	0.050	0.110	1.27	2.79
S	0.045	0.055	1.14	1.39
T	0.225	0.255	5.71	6.48
U	0.000	0.050	0.00	1.27

SWITCHMODE is a trademark of Semiconductor Components Industries, LLC.

ON Semiconductor and are registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILC). SCILC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Typical parameters which may be provided in SCILC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "typical" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or for applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILC products or any such unauthorized or unauthorized duplication, Buyer will indemnify and hold SCILC and its officers, employees, representatives, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unauthorized or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not to be retransmitted in any manner.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT
Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 6112, Tucson, Arizona 85624-6112 USA
Phone: 480-899-7710 or 800-344-3868 Toll Free USA/Canada
Fax: 480-615-7700 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: order@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9857 Toll Free
USA/Canada
Japan: ON Semiconductor Japan Customer Focus Center
2-9-1 Kamimeguro, Magato-ku, Tokyo, Japan 150-8501
Phone: 81-3-5713-3850

ON Semiconductor Website: <http://www.onsemi.com>
Order Literature: <http://www.onsemi.com/lit/>
For additional information, please contact your
local Sales Representative.

MUR1520/D

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR RIWAYAT PENULIS



Nama : Wahyudi Bimantara P
TTL : Kediri, 5 Juli 1997
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Jalan Pancawarna
7.2/10 Kota Baru
Driyorejo, Gresik.
Telp/HP : 0812 3013 5380
E-mail : bima.parlaungan@yahoo.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2003 – 2008 : SDN MANUKAN KULON II Surabaya
2. 2008 – 2009 : SDN TENARU
3. 2009 – 2012 : SMP Negeri 1 Driyorejo
4. 2012 – 2015 : SMA Negeri 11 Surabaya
5. 2015 – 2018 : Departemen Teknik Elektro Otomasi - Fakultas Vokasi - Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktek di PT.REKAYASA ENGINEERING, Jakarta

PENGALAMAN ORGANISASI

1. Anggota Departemen KWU Himad3tektro
2. Staff Kaderisasi Jamaah Masjid Manarul Ilmi

