



**TUGAS AKHIR - TE 145561**

**IMPLEMENTASI *MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) PHOTOVOLTAIC*  
MENGUNAKAN METODE *REGULA FALSI***

Rahmat Bagus Prasetya  
NRP 1031150000068

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

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

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



**FINAL PROJECT - TE 145561**

***IMPLEMENTATION OF MAXIMUM POWER POINT  
TRACKING (MPPT) PHOTOVOLTAIC USING  
REGULA FALSI METHOD***

Rahmat Bagus Prasetya  
NRP 1031150000068

*Supervisor*  
*Ir. Josaphat Pramudijanto M.Eng.*  
*Ciptian Weried Priananda S., ST., MT.*

*Automation Electrical Engineering Department*  
*Faculty of Vocation*  
*Sepuluh Nopember of Institute Technology*  
*Surabaya 2018*

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

## 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 Menggunakan Metode Regula falsi**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

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

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

Surabaya, 10 Mei 2018



Rahmat Bagus Prasetya  
NRP 1031150000068

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

**IMPLEMENTASI MAXIMUM POWER POINT TRACKING  
(MPPT) PHOTOVOLTAIC MENGGUNAKAN METODE  
REGULA FALSI**

**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



*9/6/2018*

Ciptian Weriad Priananda.. S.ST, MT  
NIP. 1990 20 17 11 060

**SURABAYA  
JUNI, 2018**

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



**Implementasi *Maximum Power Point Tracking* (MPPT)  
*Photovoltaic* Menggunakan Metode *Regula falsi***

**Nama Mahasiswa** : Rahmat Bagus Prasetya  
**NRP** : 10311500000068  
**Pembimbing I** : Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.  
**NIP** : 19621005 199003 1 003  
**Pembimbing II** : Ciptian Weried Priyananda S, ST, MT.  
**NIP** : 1990 20 17 11 060

**ABSTRAK**

*Maximum Power Point Tracking* (MPPT) merupakan sebuah sistem elektronik yang dioperasikan pada sebuah *photovoltaic* (PV) sehingga *photovoltaic* bisa menghasilkan *power maksimum*. Perlu diperhatikan, *Maximum Power Point Tracking* bukanlah sebuah sistem *tracking* mekanik yang digunakan untuk mengubah posisi modul terhadap posisi matahari sehingga mendapatkan energi maksimum matahari. MPPT benar-benar sebuah sistem elektronik yang bisa menelusuri titik daya optimum yang bisa dikeluarkan oleh sebuah panel PV. Sehingga nilai daya yang dikeluarkan oleh PV bisa lebih stabil dibandingkan dengan tanpa MPPT.

Dengan metode *Regula falsi* yang di aplikasikan pada MPPT nantinya dapat mengoptimalkan daya yang dihasilkan lebih maksimum. Metode *Regula falsi* juga merupakan metode *Bracketing*. Metode *Bracketing* adalah suatu metode yang didasarkan pada suatu interval yang dipengaruhi oleh dua titik. Metode biseksi dan *regula falsi* termasuk metode *bracketing*. Pada metode *regula falsi* nanti akan menentukan *lower value* ( $x_l$ ) dan *upper value* ( $x_u$ ).

Alat pada Tugas Akhir ini dapat mengisi beban berupa akumulator, dengan tegangan rata-rata 13,315 V dan arus keluaran sebesar 0,9 A. Dengan efisiensi daya *buck converter* rata-rata sebesar 90%.

**Kata Kunci** : *Regula falsi*, *Maximum Power Point Tracking*, *Photovoltaic*

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

***Implementation of Maximum Power Point Tracking  
(MPPT) Photovoltaic Using Regula falsi Method***

***Student's Name*** : Rahmat Bagus Prasetya  
***Registration Number*** : 10311500000068  
***Supervisor I*** : Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.  
***ID Number*** : 19621005 199003 1 003  
***Supervisor II*** : Ciptian Weriend Priyananda S, ST, MT.  
***ID Number*** : 1990 20 17 11 060

***ABSTRACT***

*Maximum Power Point Tracking (MPPT) is an electronic system that operates on a photovoltaic (PV) so that photovoltaic can produce maximum power. Noteworthy, Maximum Power Point Tracking is not a mechanical tracking system used to change the module's position against the sun's position so as to obtain maximum solar energy. MPPT is really an electronic system that can trace the optimum power point that can be released by a PV panel.*

*With Regula falsi method applied in MPPT will be able to optimize the maximum power produced. The Falsi Rule method is also a Bracketing method. Bracketing method is a method based on an interval that is influenced by two points. Method of bisection and regula falsi including bracketing method. In regula falsi method will determine the lower value ( $x_l$ ) and upper value ( $x_u$ ).*

*The tool in this Final Project can fill the load of the akumuator, with an average Voltage of 13.315 V and the output current of 0.9 A. With an average power efficiency buck converter of 90%.*

***Keywords*** : *Regula falsi, Maximum Power Point Tracking, Photovoltaic*

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

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang telah menciptakan manusia dengan sebaik-baik bentuk sehingga dapat berkarya tanpa batas sebagai warisan untuk generasi-generasi selanjutnya. Shalawat dan salam semoga selalu dilimpahkan kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW yang telah mengajarkan dengan sempurna kepada manusia tentang bagaimana seharusnya menjalani kehidupan yang bermartabat. Salam dan doa juga terlimpah kepada keluarga, sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Diploma-3 pada Program Studi Komputer Kontrol, Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul

### **“Implementasi Pelacakan Titik Daya Maksimum (MPPT) Photovoltaic Menggunakan Metode *Regula falsi*”**

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. dan Bapak Ciptian Wered Priananda S., ST., MT. selaku dosen pembimbing
4. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Surabaya, 10 Mei 2018



Rahmat Bagus Prasetya  
1031150000068

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

# DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	v
HALAMAN PENGESAHAN .....	vii
ABSTRAK .....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	xii
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>Photovoltaic</i> .....	5
2.2. Arduino Uno .....	6
2.3. Sensor Tegangan .....	7
2.4. Sensor Arus .....	7
2.5. <i>DC-DC Converter</i> .....	8
2.6. <i>Buck Converter</i> .....	9
2.6.1 Persamaan <i>Duty Cycle</i> .....	10
2.6.2 Induktor .....	12
2.7. Akumulator .....	13
2.8. Metode <i>Regula falsi</i> untuk MPPT .....	14
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT .....	17
3.1. Metode <i>Regula falsi</i> pada PSIM .....	18
3.2. Perancangan <i>Hardware</i> .....	19
3.2.1. <i>Photovoltaic</i> .....	19
3.2.2. Perancangan <i>Shield</i> Arduino Uno .....	20
3.2.3. Perancangan Sensor Tegangan .....	21
3.2.4. Perancangan Sensor Arus ACS712 .....	22
3.2.5. Perancangan Rangkaian <i>Driver Mosfet</i> .....	22
3.2.6. Perancangan Rangkaian <i>Buck Converter</i> .....	23
3.3. Perancangan <i>Software</i> .....	26
3.3.1. <i>Flowchart</i> Sensor Tegangan .....	26
3.3.2. <i>Flowchart</i> Sensor Arus .....	27

3.3.3. Rangkaian <i>Buck Converter</i> pada PSIM.....	28
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA.....	29
4.1. Pengujian <i>Photovoltaic</i> .....	30
4.2. Pengujian Sensor Tegangan .....	36
4.3. Pengujian Sensor Arus ACS712 .....	39
4.4. Pengujian <i>Diver Mosfet</i> .....	41
4.5. Pengujian <i>Buck Converter</i> .....	43
4.6. Pengujian Sistem MPPT Metode <i>Regula falsi</i> .....	46
4.7. Pengujian Sistem Keseluruhan .....	51
BAB V PENUTUP .....	57
5.1. Kesimpulan .....	57
5.2. Saran .....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN A PROGRAM.....	A-1
A.1 Program Sensor Tegangan .....	A-1
A.2 Program Sensor Arus ACS712.....	A-1
A.3 Program Cek <i>Duty Cycle</i> .....	A-2
A.4 Program <i>Regula falsi</i> .....	A-3
LAMPIRAN B <i>DATASHEET</i> .....	A-1
B.1 Arduino Uno.....	B-1
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	C-1



## DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 2.1.	<i>Photovoltaic 50 Watt</i> .....	5
Gambar 2.2.	Modul Sensor Tegangan .....	7
Gambar 2.3.	Modul Sensor Arus ACS712 .....	8
Gambar 2.4.	Rangkaian <i>Chopper Step-Down</i> .....	8
Gambar 2.5.	Bentuk Gelombang Dan Arus <i>Step-Down</i> .....	9
Gambar 2.6.	Prinsip Kerja <i>Buck Converter</i> .....	9
Gambar 2.7.	Rangkaian <i>Buck Converter</i> .....	10
Gambar 2.8.	Saat Kondisi <i>ON</i> .....	11
Gambar 2.9.	Saat Kondisi <i>OFF</i> .....	11
Gambar 2.10.	Induktor Bentuk Trafo .....	12
Gambar 2.11	Induktor Bentuk <i>Core</i> .....	13
Gambar 2.12.	Bentuk Akumulator .....	14
Gambar 2.13	$\Delta P/\Delta V$ Terhadap V Pada PV .....	15
Gambar 3.1	Konfigurasi Sistem .....	17
Gambar 3.2	Rangkaian PSIM .....	18
Gambar 3.3	Rangkaian PSIM (A) .....	18
Gambar 3.4	Rangkaian PSIM (B).....	19
Gambar 3.5	Spesifikasi <i>Photovoltaic</i> .....	20
Gambar 3.6	Skema Sensor Tegangan.....	21
Gambar 3.7	Skema Sensor ACS712.....	22
Gambar 3.8	Rangkaian <i>Driver Mosfet</i> .....	23
Gambar 3.9	Rangkaian <i>Buck Converter</i> .....	23
Gambar 3.10.	<i>Flowchart</i> Pembacaan Sensor Tegangan .....	26
Gambar 3.11	<i>Flowchart</i> Pembacaan Sensor Arus .....	27
Gambar 3.12	Rangkaian <i>Buck Converter</i> PSIM.....	28
Gambar 4.1.	<i>Hardware</i> Keseluruhan.....	29
Gambar 4.2.	Pengujian <i>Photovoltaic</i> .....	30
Gambar 4.3	Prosedur Pengujian Karakteristik <i>Photovoltaic</i> .....	30
Gambar 4.4	Karakteristik I-V .....	32
Gambar 4.5	Karakteristik P-V .....	33
Gambar 4.6	Karakteristik I-V .....	36
Gambar 4.7	Karakteristik P-V .....	36
Gambar 4.8	Pengujian Sensor Tegangan.....	37
Gambar 4.9	Prosedur Pengujian Sensor Tegangan.....	37
Gambar 4.10	Karakteristik Sensor Tegangan .....	39
Gambar 4.11	Pengujian Sensor Arus ACS712 .....	39
Gambar 4.12	Prosedur Pengujian Sensor Arus ACS712 .....	40
Gambar 4.13	Karakteristik Sensor Arus ACS712 .....	41
Gambar 4.14	Proses Pengujian <i>Driver Mosfet</i> .....	42

Gambar 4.15	Tampilan LCD Pada <i>Driver Mosfet</i> .....	42
Gambar 4.16	Tampilan Sinyal <i>Driver Mosfet</i> Dilihat Dari Osiloskop .....	42
Gambar 4.17	Metode Pengujian <i>Buck Converter</i> .....	43
Gambar 4.18	Pengujian Nilai Induktansi Diukur LCR Meter .....	45
Gambar 4.19	Alat-Alat Yang Digunakan Dalam Pengujian.....	46
Gambar 4.20	Prosedur Pengujian Sistem MPPT Dan <i>Regula falsi</i>	47
Gambar 4.21	<i>Charging</i> Aki Dengan PV.....	52
Gambar 4.22	Pengujian Keseluruhan Sistem .....	52

## DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 3.1. <i>Mapping</i> Pin Analog / Digital Yang Digunakan .....	20
Tabel 3.2. Parameter <i>Buck Converter</i> .....	24
Tabel 4.1. Hasil Data Pengujian <i>Photovoltaic</i> Pada Tanggal 9 Maret 2018 .....	31
Tabel 4.2. Hasil Data Pengujian <i>Photovoltaic</i> Pada Tanggal 11 April 2018 .....	33
Tabel 4.3. Hasil Dari Data Sensor Tegangan.....	38
Tabel 4.4. Hasil Dari Data Sensor Arus ACS712.....	40
Tabel 4.5. Data Pengujian <i>Buck Converter</i> .....	44
Tabel 4.6. Hasil Dari Data Pengambilan Daya <i>Photovoltaic</i> Dan Proses <i>Vpm Update Duty Cycle</i> .....	47
Tabel 4.7. Perhitungan <i>Update Duty Cycle</i> Untuk Vpm Saat Iterasi 1 .....	49
Tabel 4.8. Perhitungan <i>Update Duty Cycle</i> Untuk Vpm Saat Iterasi 2 .....	50
Tabel 4.9. Perhitungan <i>Update Duty Cycle</i> Untuk Vpm Saat Iterasi 3 .....	50
Tabel 4.10. Perhitungan <i>Update Duty Cycle</i> Untuk Vpm Saat Iterasi 4 .....	51
Tabel 4.11. Perhitungan <i>Update Duty Cycle</i> Untuk Vpm Saat Iterasi 5 .....	51
Tabel 4.12. Data Pengisian Aki Dengan Solar Panel .....	53

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

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangkit listrik tenaga surya atau *photovoltaic*, menjadi semakin penting dan populer, karena banyak kelebihan-kelebihannya di banding dengan sumber daya yang baru lainnya, seperti tidak membutuhkan bahan bakar minyak atau gas, dan biaya pemeliharannya yang relatif rendah. Akan tetapi permasalahan utama pada penggunaan *photovoltaic* adalah pembangkitan tenaga listrik yang rendah, terutama pada kondisi radiasi yang rendah. Dan jumlah daya listrik yang dibangkitkan berubah secara berkala seiring dengan perubahan cuaca. Dengan menggunakan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT), merupakan salah satu cara agar daya dari keluaran *photovoltaic* bisa berada pada titik optimal.

*Maximum Power Point Tracking* (MPPT) adalah metode mencari titik maksimum dari kurva karakteristik daya dan tegangan *input* (P-V) serta kurva arus *input* dan tegangan *input* (V-I) pada modul surya. Dengan metode *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) umumnya memiliki keistimewaan yaitu tegangan *input* yang tinggi untuk mengisi daya baterai 12V/d 48V, bahkan sebagian *controller* bisa mengisi daya sampai 60VDC. MPPT sendiri juga bisa memanfaatkan kelebihan tegangan tadi dan dikonversi menjadi arus yang tinggi ke baterai.

Untuk mengatasi masalah ini, maka dikembangkan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dengan *buck converter* pada modul *photovoltaic* menggunakan algoritma *regula falsi*. Teknologi *Maximum Power Point Tracking* dengan menggunakan *buck converter* agar dapat menurunkan tegangan keluaran modul *photovoltaic* dengan pengaturan *dutycycle* menggunakan algoritma *regula falsi*. Sehingga dapat meningkatkan rasio daya keluaran modul *photovoltaic*. Untuk memudahkan analisa maka simulasi dibuat dengan menggunakan *software Power Electronics Simulation* (PSIM). Dengan menggunakan MPPT dapat mencari daya maksimum dan dapat melakukan *charge* ke aki.

### 1.2 Permasalahan

Permasalahan yang ada pada Tugas Akhir ini adalah daya yang dikeluarkan *photovoltaic* tidak optimal pada setiap perubahan waktunya.

### 1.3 Batasan Masalah

Dari perumusan masalah di atas, maka batasan masalah dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Mencari titik daya maksimum dengan metode *Regula Falsi*.
2. Mengontrol daya yang keluar dari *converter* menuju baterai.

Dengan adanya batasan masalah ini diharapkan hasil akhir atau tujuan dari Tugas Akhir ini dapat dicapai dengan baik.

### 1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Merancang *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) pada PV menggunakan metode *Regula falsi*.
2. Membuat *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) pada PV menggunakan metode *Regula falsi*.
3. Mengimplementasikan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) pada PV menggunakan metode *Regula falsi*.

### 1.5 Sistematika Laporan

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

#### **Bab I       PENDAHULUAN**

Bab ini meliputi latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika laporan dan relevansi.

#### **Bab II       TEORI DASAR**

Bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka dari MPPT dengan metode *regula falsi*, *photovoltaic*, *buck converter*, sensor tegangan, dan sensor arus yang digunakan

#### **Bab III      PERANCANGAN SISTEM**

Bab ini membahas perencanaan dan pembuatan perangkat keras (*Hardware*) yang meliputi desain alat serta pengimplementasian sensor dan aktuator yang digunakan dan pembuatan perangkat lunak (*Software*) yang meliputi program pada Arduino UNO untuk menjalankan alat tersebut, serta pembuatan program untuk sensor arus dan sensor tegangan

**Bab IV      PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Bab ini memuat tentang pemaparan dan analisis hasil pengujian alat pada keadaan sebenarnya. Seperti pengujian sensor tegangan, arus, pengujian *buck converter*, dan pengujian MPPT *regula falsi*.

**Bab V      PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah diperoleh.

**1.6      Relevansi**

Hasil yang diperoleh dari Tugas Akhir ini diharapkan memberikan pengetahuan tentang MPPT, dan lebih memanfaatkan tenaga baru, berupa cahaya matahari. Dan bisa di gunakan dan di aplikasikan pada *charging* aki.

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

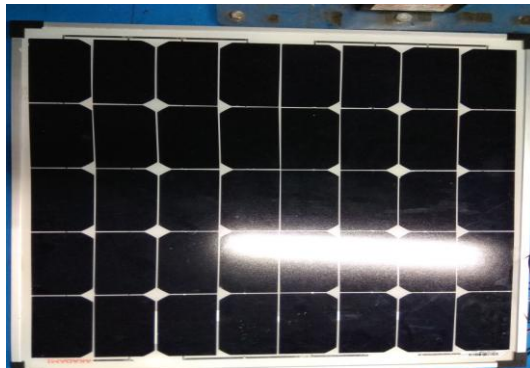


## BAB II TEORI PENUNJANG

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. *Photovoltaic* [1]

Panel *Photovoltaic* (PV panel) adalah sumber listrik pada sistem pembangkit listrik tenaga surya, material semikonduktor yang mengubah secara langsung energi sinar matahari menjadi energi listrik. Daya listrik yang dihasilkan PV berupa daya DC. Istilah *photovoltaic* ini telah digunakan dalam bahasa Inggris sejak tahun 1849. Selama bertahun-tahun, teknologi PV telah berkembang secara signifikan dan telah menjadi jenis utama dari teknologi energi terbarukan yang ramah lingkungan. Unit bangunan dasar dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah modul PV (Panel Surya), yang terdiri dari susunan beberapa sel surya yang dibentuk dalam sebuah panel dan mengubah energi cahaya dalam sinar matahari menjadi listrik dengan cara fenomena fotolistrik. Gambar 2.1 menunjukkan *photovoltaic* yang digunakan dalam pengambilan karakteristik dan pengujian sistem.



**Gambar 2.1** *Photovoltaic 50 Watt*

Pada saat ini telah ditemukan ada beberapa jenis bahan seperti silikon dan selenium, dan ketika sinar matahari memancar pada sel surya, elektron berubah untuk menjadi "elektron bebas"

yang dapat mengalir melalui sirkuit eksternal sehingga menghasilkan arus listrik. Seperti yang kita ketahui atom Silikon memiliki 14 elektron yang terdistribusi pada orbit-orbit elektron kulit terluarnya. Dua kulit terdalamnya masing-masing terisi penuh dengan dua elektron dan berikutnya delapan elektron. Sementara, kulit yang lebih di luar hanya memiliki empat elektron, yang terisi hanya sebagian dari kondisi penuhnya. Akibat dari sifat atom yang cenderung untuk melengkapi elektron pada kulit terluar mereka, yang akan terjadi selanjutnya adalah pertukaran elektron atom silikon dengan atom silikon tetangga mereka yang mengakibatkan terbentuknya ikatan dengan elektron dari satu atom tetangga. Bentuk ini merupakan murni struktur *crystallyn*.

## 2.2. Arduino Uno [2]

Arduino merupakan papan rangkaian elektronik atau kit elektronik yang bersifat *open-source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah mikrokontroler dengan jenis *Atmel AVR* dan menggunakan *software* sendiri untuk pemrograman.

Mikrokontroler sendiri adalah sebuah komputer kecil disuatu sikuut terpadu yang berisi tentang inti prosesor, memori dan *input/output* yang telah diprogram. Program disimpan dalam bentuk *Ferroelectric RAM*, *Nor Flash*, *OTP ROM* yang disertakan dalam chip. Mikrokontroler digunakan untuk aplikasi *embedded*, tidak seperti mikroprosesor yang digunakan dalam komputer pribadi. Fungsi dari mikrokontroler adalah untuk mengontrol produk atau perangkat secara otomatis seperti sistem kontrol mesin mobil, mesin kantor, alat-alat listrik, dan sistem *embedded* lainnya.

Salah satu jenis Arduino yang menggunakan mikrokontroler tipe *Atmel AVR* (8-bit) adalah Arduino Uno . Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega 328. Spesifikasinya adalah seperti berikut:

- Memiliki kecepatan *clock* mencapai 16MHz.
- Memiliki *Flash Memory* 32KB dan 0,5KB diantaranya sebagai *bootloader*.
- Rentang *input* sumber tegangan 7-20 *Volt*, dan beroperasi pada tegangan 5 *Volt*.
- Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1KB.
- Memiliki SRAM (*Static Random Access Memory*) sebesar 2KB.

- Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin dan 6 pin diantaranya digunakan sebagai *output* PWM (*Pulse Width Modulation*).
- Memiliki pin I/O analog sebanyak 6 pin.
- Arus DC per pin I/O 40 mA dan pada pin 3,3V 50mA.

### 2.3 Sensor Tegangan [3]

Sensor tegangan berfungsi membaca nilai tegangan suatu rangkaian. Arduino dapat membaca nilai tegangan dengan memanfaatkan pin analog. Jika *range* tegangan yang dibaca diantara 0-5 V bisa langsung menggunakan pin analog, sedangkan jika *range* tegangan yang dibaca > 5V harus menggunakan rangkaian tambahan yakni pembagi tegangan karena pin arduino bekerja pada *max* 5 V. Prinsip kerjanya adalah membuat perbandingan antara tegangan asli dengan tegangan yang terbaca oleh arduino. Gambar 2.2 merupakan bentuk dari sensor tegangan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini dan sensor tegangan ini hanya bisa membaca sensor tegangan DC saja.

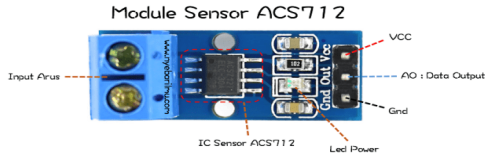


**Gambar 2.2** Modul Sensor Tegangan

### 2.4 Sensor Arus [4]

Sensor Arus adalah perangkat yang mendeteksi arus listrik (AC atau DC) di kawat, dan menghasilkan sinyal sebanding dengan itu. Sinyal yang dihasilkan bisa tegangan analog atau arus atau bahkan digital. Hal ini dapat kemudian digunakan untuk menampilkan arus yang akan diukur dalam amperemeter atau dapat disimpan untuk analisis lebih lanjut dalam sistem akuisisi data atau dapat dimanfaatkan untuk tujuan kontrol. Dan modul yang digunakan dalam kesempatan kali ini menggunakan sensor arus ACS712. Pada sensor ini setiap arus yang di lalu oleh sensor ini

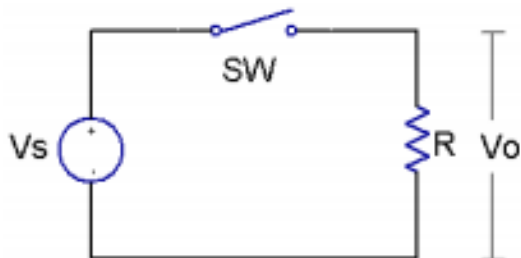
maka ada perubahan tegangan pada *ouput* sensor. jika dilihat dari *datasheet* nya, dari tegangan 0 -2,5 V ini *range* arus nya sebesar - 30A-0A, sementara 2,5 V-5,0 V ini *range* nya 0A – 30 A. Gambar 2.3 merupakan sensor arus ACS712 yang digunakan dalam percobaan ini, untuk sensor, dan yang dipakai ada 2 macam yaitu 30 A dan 20 A.



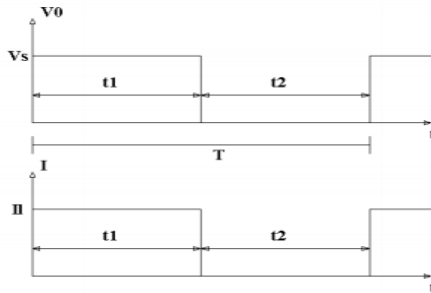
**Gambar 2.3** Modul Sensor Arus ACS712

## 2.5 DC-DC Converter [5][6]

*DC-DC Converter* adalah sebuah sirkuit elektronik atau perangkat elektromekanis yang mengkonversi sumber arus searah (DC) dari satu tingkat tegangan yang lain. Ini adalah jenis konverter daya listrik. tingkat daya berkisar dari sangat rendah (baterai kecil) ke sangat tinggi (tegangan tinggi daya transmisi). Secara umum, *DC-DC Converter* berfungsi untuk mengkonversikan daya listrik searah (DC) ke bentuk daya listrik DC lainnya yang terkontrol arus, atau tegangan, atau dua-duanya. Ada lima rangkaian dasar dari *DC-DC Converter* non-isolasi, yaitu *buck*, *boost*, *buck-boost*, *cuk*, dan *sepic*. Prinsip dari kerja *DC-DC Converter* untuk *step – down* yang akan dijelaskan melalui Gambar 2.4 dan Gambar 2.5, sebagai berikut :



**Gambar 2.4** Rangkaian *Chopper Step –Down*

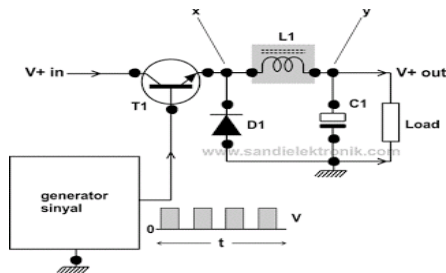


**Gambar 2.5** Bentuk Gelombang dan Arus *Step – Down*

Berdasarkan Gambar 2.4, ketika saklar SW ditutup selama waktu  $t_1$  seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5, tegangan masukan  $V_s$  muncul melalui beban. Bila saklar *off* selama waktu  $t_2$ , tegangan yang melalui beban adalah nol. Bentuk sinyal untuk tegangan keluaran dan arus beban ditunjukkan pada Gambar 2.5. Saklar *Chopper* dapat diimplementasikan dengan menggunakan sebuah BJT daya dan lain-lain.

## 2.6 *Buck Converter* [5][6]

*Buck Converter* adalah konverter penurun tegangan khusus yang menerapkan sistem SMPS (*Switching Mode Power Supply*). Ia adalah konverter dengan efisiensi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan *power supply* penurun tegangan biasa (sistem linier). Efisiensinya dapat mencapai lebih dari 90%. Prinsip kerja dari rangkaian *buck converter*, akan yang dijelaskan pada Gambar 2.6.



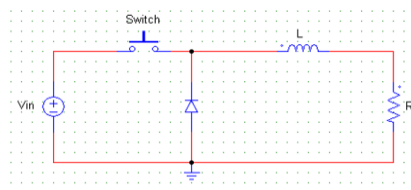
**Gambar 2.6** Prinsip Kerja *Buck Converter*

Prinsip kerja berdasarkan Gambar 2.6, adalah sebagai berikut adalah apabila T1 sedang mendapatkan denyut tegangan

positif, T1 akan menghantar sesaat meluluskan tegangan  $V_{+in}$  ke emitornya yang terangkai dengan induktor L1 dan katoda D1. Dengan demikian tegangan pada titik x (emitor T1) sesaat nyaris sama dengan tegangan pada kolektor T1. Pada saat ini mengalir arus melalui L1 mengisi muatan C1 dan mengalir beban (load) . Karena adanya arus yang mengalir itu maka pada titik y (hanya sesaat) terdapat tegangan yang lebih kecil daripada titik x. Pada waktu yang hanya sesaat ini tersimpanlah energi listrik di dalam induktor. Pada saat denyut tegangan pada basis T1 telah hilang (berganti menjadi nol Volt) T1 tidak lagi menghantar, dengan demikian tegangan pada titik x menjadi 0 Volt. Namun karena adanya energi listrik yang tersimpan di induktor maka energi ini lalu dilepaskan oleh induktor sehingga tegangan pada titik y kini menjadi lebih tinggi daripada titik x yang telah menjadi 0 Volt itu. Mengalirlah arus sehingga C1 tetap terisi dan beban tetap teraliri arus meskipun T1 tidak lagi menghantar. Arus ini terus mengalir ke *ground* dan menembus dioda D1, hingga kemudian berakhir di titik x. Keadaan ini berlangsung sesaat, yaitu selama tidak adanya denyut tegangan pada basis T1. Karena itu untai L1, C1 dan D1 disebut juga sebagai untai “*fly-wheel*”. Ketika basis T1 kembali mendapatkan denyut tegangan positif, maka proses seperti yang telah diterangkan di atas akan kembali berulang dari awal, begitulah seterusnya selama generator sinyal tetap memberikan denyut-denyut tegangan kepada basis T1. Umumnya *buck converter* bekerja dalam “*continuous-mode*” di mana arus dari induktor (ketika pelepasan energi) senantiasa diupayakan agar tidak mencapai nol sebelum terjadinya proses penyimpanannya.

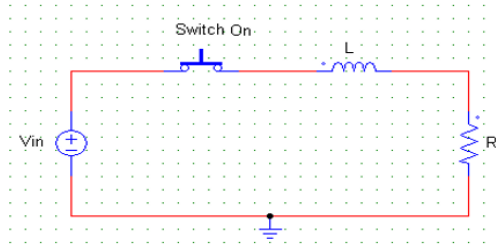
### 2.6.1 Persamaan *Dutycycle* [5][6]

Persamaan *Dutycycle* dapat dihitung dengan menggunakan rumus KVL saat *Switch ON* dan *Switch OFF*, yang dioperasikan pada rangkaian *buck converter* yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.

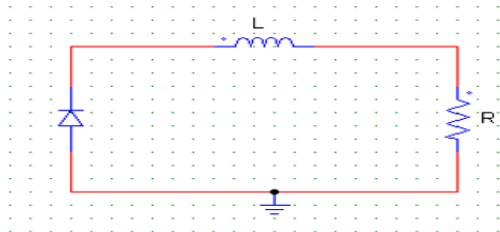


**Gambar 2.7** Rangkaian *Buck Converter*

Pada Gambar 2.7 merupakan bentuk dari rangkaian *buck converter*. Kemudian pencarian rumus *dutycycle* akan dijelaskan pada Gambar 2.8 dan Gambar 2.9



**Gambar 2.8** Saat Kondisi *ON*



**Gambar 2.9** Saat Kondisi *OFF*

Berikut merupakan pencarian *dutycycle* dalam rangkaian *buck converter*:

Persamaan saat kondisi *ON*, pada Gambar 2.8

$$V_{in} = V_L + V_0$$

$$V_{in} = L \frac{di}{dt_{on}} + V_0$$

$$V_{in} - V_0 = L \frac{di}{dt_{on}}$$

$$L di = (V_{in} - V_0) t_{ON} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$-V_L - V_0 = 0$$

$$-L + V_0 \frac{di}{dt_{on}} = 0$$

Persamaan saat kondisi *OFF*, pada Gambar 2.9

$$V_0 = L + \frac{di}{dt_{off}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Substitusi Persamaan 2.1 ke Persamaan 2.2

$$V_0 = \frac{(V_{in} - V_0)t_{on}}{t_{off}}, \quad \text{Dimana } t_{off} = (1 - D) T, \text{ Maka :}$$

$$V_0 = \frac{(V_{in} - V_0)t_{on}}{(1-D)T}$$

$$V_0 = \frac{(V_{in} - V_0)}{(1-D)} \times \frac{t_{on}}{T}$$

$$\text{Dimana } \frac{t_{on}}{T} = D$$

$$V_0 = \frac{(V_{in} - V_0) D}{(1-D)}$$

$$V_0 (1 - D) = (V_{in} - V_0) D$$

$$V_0 - V_0 D = V_{in} D - V_0 D$$

$$V_0 = V_{in} D \ggggg D = \frac{V_0}{V_{in}}, \text{ sehingga rumus dari } \textit{duty cycle} \text{ untuk}$$

rangkaian *buck converter* adalah  $\frac{V_0}{V_{in}}$ .

### 2.6.2 Induktor [5][6]

Induktor adalah sebuah komponen elektronika pasif (kebanyakan berbentuk torus) yang dapat menyimpan energi pada medan magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melintasinya. Kemampuan induktor untuk menyimpan energi magnet ditentukan oleh induktansinya, dalam satuan *Henry*. Lilitan pada induktor membantu medan magnet yang kuat di dalam kumparan dikarenakan hukum induksi Faraday. Ada beberapa metode dalam membuat induktor yang digunakan di *DC-DC Converter* ada yang menggunakan *ferrite core* dan bisa dibentuk seperti *trafo*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 dan Gambar 2.11.

Untuk jenis induktor bentuk *trafo* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 cukup sering digunakan, ada beberapa alasan kenapa jenis induktor seperti ini sering digunakan, salah satunya adalah karena adanya caput (berwarna hitam) sebagai pengunci agar nilai induktansi tidak berubah-ubah.



**Gambar 2.10** Induktor Bentuk *Trafo*.



Sedangkan untuk jenis induktor bentuk *core*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11 adalah induktor yang digunakan dalam Tugas Akhir. Untuk membuat induktor jenis ini adalah dengan memberikan lilitan berupa kabel tembaga kepada *ferrite core*. Berikan lilitan sesuai dengan nilai induktansi yang diperlukan. Agar nilai induktansi tidak berubah-ubah seperti halnya jenis *trafo*, berikan selotip *ferrite core* agar lilitan tidak bergeser sehingga nilai induktansi pun juga tidak akan berubah..



**Gambar 2.11** Induktor Bentuk *Core*

## 2.7 Akumulator [7]

Akumulator adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi umumnya energi listrik dalam bentuk energi kimia. Contoh-contoh akumulator adalah baterai dan kapasitor. Pada umumnya di Indonesia, kata akumulator sebagai aki atau *accu* hanya dimengerti sebagai baterai mobil. Sedangkan di bahasa Inggris, kata akumulator dapat mengacu kepada baterai, kapasitor, kompulsator, dll. di dalam standar internasional setiap satu sel akumulator memiliki tegangan sebesar 2 *Volt*. sehingga aki 12 *Volt*, memiliki 6 sel sedangkan aki 24 *Volt* memiliki 12 sel. Aki merupakan sel yang banyak kita jumpai karena banyak digunakan pada sepeda motor maupun mobil. Aki termasuk sel sekunder, karena selain menghasilkan arus listrik, aki juga dapat diisi arus listrik kembali. secara sederhana aki merupakan sel yang terdiri dari elektrode Pb sebagai anoda dan PbO<sub>2</sub> sebagai katoda dengan elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Baterai atau aki pada mobil berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai (menyediakan) listrik ke sistem *starter*, sistem pengapian, lampu-lampu dan komponen komponen kelistrikan lainnya. Didalam baterai mobil terdapat elektrolit asam sulfat, elektroda positif dan negatif dalam bentuk plat. Plat plat tersebut dibuat dari timah atau berasal dari timah. Karena itu baterai tipe ini sering disebut baterai timah. Ruangan

didalamnya dibagi menjadi beberapa sel (biasanya 6 sel, untuk baterai mobil) dan didalam masing masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam didalam elektrolit. Pada Gambar 2.12 menunjukkan bentuk dari akumulator yang digunakan selama pengujian sistem dengan tegangan 12 V dan arus 7,2 AH.



**Gambar 2.12** Bentuk Akumulator

**2.8 Metode *Regula falsi* untuk MPPT [8]**

*Maximum Power Point Tracker* (MPPT) adalah suatu metode untuk mencari *Maximum Power Point* (MPP) dari kurva karakteristik daya tegangan *photovoltaic* agar dapat mengambil nilai *dutycycle* nominal, sehingga *converter* dapat menyalurkan daya maksimal dari *photovoltaic* ke beban. Perancangan MPPT ini membutuhkan dua parameter untuk menentukan *slope*  $\Delta P$  dan  $\Delta V$  yaitu tegangan keluaran dari *photovoltaic* dan arus keluaran dari *photovoltaic*.

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dari Persamaan 2.3 terdapat dua parameter ini didapatkan daya ( $P_{in}$ ), dan tegangan ( $V_{in}$ ), maka dibandingkan dengan parameter pembacaan data yang sebelumnya yaitu  $P_{in}(n-1)$  dan  $V_{in}(n-1)$ . Hasil perbandingan itu didapatkan  $\Delta P$  dan  $\Delta V$ .

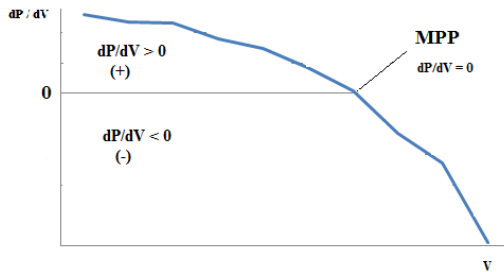
$$\Delta P = P_{in}(n) - P_{in}(n-1) \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\Delta V = V_{in}(n) - V_{in}(n-1) \dots \dots \dots (2.5)$$

Dan hasil pembagian antara Persamaan 2.4 dan 2.5 maka akan  $\Delta P$  dan  $\Delta V$  nantinya dinamakan *slope*.

$$\text{Slope} = dP/dV \dots \dots \dots (2.6)$$

Hasil dari Persamaan 2.6 (*slope*) ini yang akan menentukan dimana letak MPP. Letak MPP sendiri berapa saat kondisi *slope* atau  $dP/dV = 0$ . Hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.13 . MPP sendiri nantinya menunjukkan daerah dengan nilai sinyal nol, yang menunjukkan nilai maksimum yang baru dan begitupun sebaliknya, jika nantinya nilai dari *slope* ( $dP/dV$ ) negatif maka tegangan dari *photovoltaic* akan turun.



**Gambar 2.13**  $\Delta P/\Delta V$  terhadap V pada PV

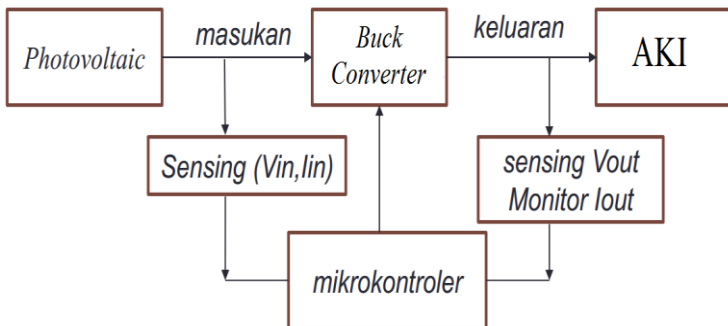
Untuk menentukan arah *slope* adalah dengan mengatur *dutycycle*. Bila hasil perbandingan nilai  $\Delta P/\Delta V$  menghasilkan nilai positif maka nilai *dutycycle* ditambah dan bila menghasilkan nilai negatif maka nilai *dutycycle* dikurangi. Oleh karena itu, nantinya bisa mendapatkan referensi *dutycycle* yang baru. Ada beberapa cara untuk mencari letak dimana MPP, seperti *Incremental Conductance*, *Perturb and Observe*, *Bisection*, dll. Sedangkan kali ini akan menggunakan algoritma *Regula falsi* dikarenakan komputasi yang mudah dan cepat, yang tentunya mengacu pada nilai dari  $\Delta P$  dan  $\Delta I$  pada *photovoltaic*.

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

### BAB III

## PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini yang akan dibahas adalah tentang perencanaan dalam perancangan *hardware* dan *software*. Dalam perancangan *hardware* yang dilakukan adalah pembuatan *buck converter*, pembuatan *driver mosfet*. Sedangkan dalam perancangan *software* yang dilakukan adalah melakukan pemrograman tentang pencarian titik daya maksimum atau MPP dengan metode *Regula falsi*, program dari *driver mosfet*, yaitu PWM.



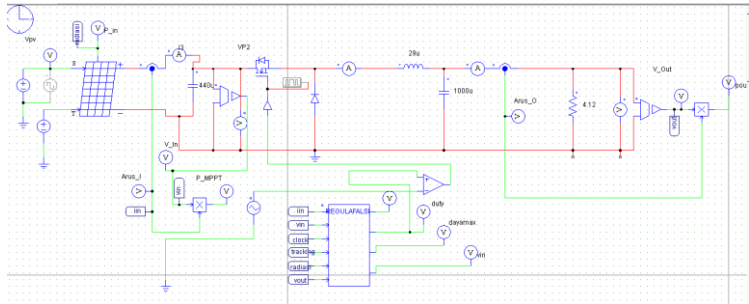
**Gambar 3.1** Konfigurasi Sistem

Berikut penjelasan mengenai konfigurasi sistem pada Gambar 3.1 yaitu pada *photovoltaic* yang terkena pancaran sinar matahari yang membuatnya menjadi sumber arus, dan terdapat nilai dari tegangan PV yang tergantung pada intensitas cahaya yang diterima oleh *photovoltaic*. Kemudian arus dan tegangan dari *photovoltaic* (PV) menjadi sumber *input* bagi *converter*. *Converter* yang digunakan yaitu *buck converter* yang nantinya akan menurunkan nilai tegangan dari *input* atau tegangan yang berasal dari PV. Kemudian dipasang sensor arus dan tegangan yang nantinya digunakan sebagai *monitoring* sekaligus menjadi penentu besar dari suatu nilai *dutycycle*. Kontroler yang digunakan adalah Arduino yang didalamnya diintegrasikan dengan program sensor arus sekaligus dengan sensor tegangan. Pada program *regula falsi* menggunakan iterasi-iterasi yang telah ditentukan untuk algoritma *regula falsi*. Kemudian dari kontroler di *monitoring* oleh sensor tegangan untuk melihat berapa nilai *output* tegangan yang berasal

dari *converter*. Kemudian tegangan keluar dari *buck converter* akan melakukan pengisian akumulator.

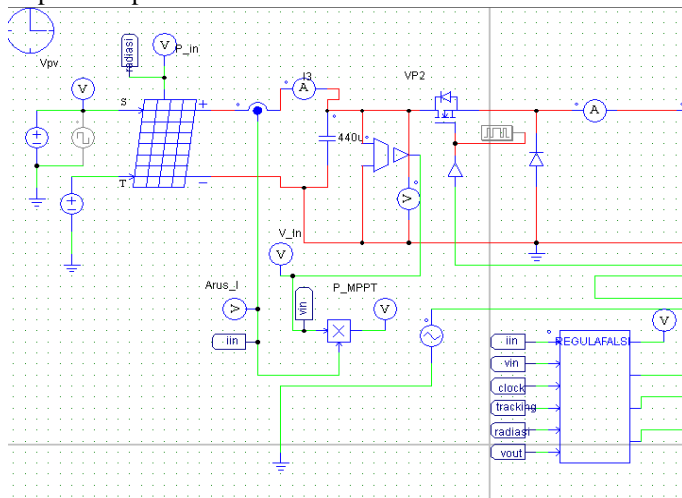
### 3.1 Metode *Regula falsi* pada PSIM

Berikut adalah rangkaian yang dibuat pada *software* PSIM. Rangkaian terdiri dari adanya *photovoltaic* yang menuju ke *buck converter*. Kemudian dari *buck converter* menuju ke beban. Rangkaian dapat dilihat seperti pada Gambar 3.2.

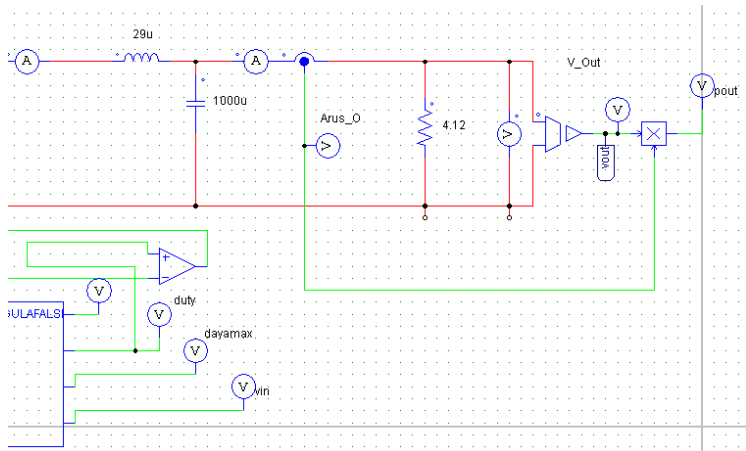


**Gambar 3.2** Rangkaian PSIM

Untuk gambar lebih detailnya bisa dilihat pada rincian komponen seperti Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



**Gambar 3.3** Rangkaian PSIM (A)



**Gambar 3.4** Rangkaian PSIM (B)

### 3.2 Perancangan *Hardware*

Pada perancangan *hardware* dibagi menjadi beberapa sub bab yang akan dijelaskan per sub bab nya, antara lain :

1. *Photovoltaic*
2. Rangkaian *Shield* Arduino Uno
3. Rangkaian Sensor Tegangan
4. Rangkaian Sensor ACS712
5. Rangkaian *Driver Mosfet*
6. Rangkaian *Buck Converter*

#### 3.2.1 *Photovoltaic*

*Photovoltaic* digunakan sebagai sumber dari MPPT. PV ini nantinya akan menjadi *input* baik arus dan juga tegangan bagi *converter*, yang nantinya akan menjadi bahan bagi *buck converter* untuk menurunkan tegangan. *Photovoltaic* sendiri ada dua macam atau dua macam jenis, yaitu mono dan poli. Berikut adalah spesifikasi dari *photovoltaic* yang digunakan :



**Gambar 3.5** Spesifikasi *Photovoltaic*

### 3.2.2 Perancangan Rangkaian *Shield* Arduino Uno

Pada perancangan rangkaian kontroler ini menggunakan Arduino Uno untuk menerima masukan dari sensor tegangan dan sensor arus ACS712, mengatur PWM dan dalam pencarian titik daya maksimum dalam menggunakan metode *regula falsi*. Pada *shield* ini terdapat *port* analog dan *port* digital yang dihubungkan dengan *port* pada arduino. Arduino sebagai mikrokontroler diprogram agar dapat mengontrol PWM serta *monitoring* nilai tegangan dan *monitoring* nilai arus. Pada pin pada PWM *Module* menggunakan kaki pin nomer 9 dikarenakan keluaran dari Arduino yang bisa mengeluarkan sinyal PWM hanya ada pada pin 3, 5, 6, 9, 10, 11. Berikut ini pada Tabel 3.1 merupakan tabel untuk penggunaan pin pada *shield* Arduino yang akan dibuat :

**Tabel 3.1** Mapping Pin Analog/Digital yang digunakan.

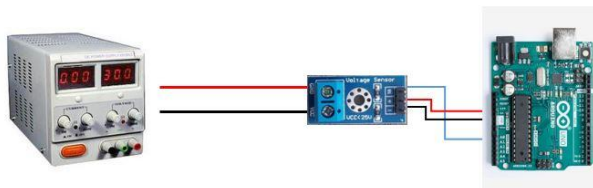
No.	Modul	Pin Analog/Digital
1.	Sensor Tegangan ( <i>Input</i> )	+ : 5V - : GND S : A0
2.	Sensor Arus (ACS712) ( <i>Input</i> )	VCC : VCC 5V GND : GND OUT : A1
3.	PWM <i>Module</i>	PIN 9



No.	Modul	Pin Analog/Digital
4.	<i>LIQUID CRYSTAL DISPLAY 16X2</i>	VSS : GND VDD : VCC 5V VO : Tersambung dengan <i>variable resistor</i> RS : 12 RW : GND E : 10 D4 : 5 D5 : 4 D6 : 3 D7 : 2 A (Anoda) : VCC K (Katoda) : GND
5	Sensor Tegangan ( <i>Output</i> )	+ : 5V - : GND S : A2
6	Sensor Arus (ACS712) ( <i>Output</i> )	VCC : VCC 5V GND : GND OUT : A3

### 3.2.3 Perakitan Sensor Tegangan

Sensor tegangan ini berfungsi sebagai *monitoring* dari tegangan *input* yang ada pada PV, kemudian nantinya nilai tegangan dari PV ini nanti yang akan menjadi kontrol dari nilai PWM dalam menentukan program dari *regula falsi*. Kemudian titik puncak maksimum atau MPP . Sensor tegangan yang digunakan adalah jenis sensor tegangan DC yang merupakan modul dari arduino. Sensor tegangan berfungsi membaca nilai tegangan suatu rangkaian. Arduino dapat membaca nilai tegangan dengan memanfaatkan pin analog. Jika *range* tegangan yang dibaca diantara 0-5 V bisa langsung menggunakan pin analog, sedangkan jika *range* tegangan yang dibaca > 5V harus menggunakan rangkaian tambahan yakni pembagi tegangan karena pin arduino bekerja pada maksimum 5 V, yang ditunjukkan pada Gambar 3.6.

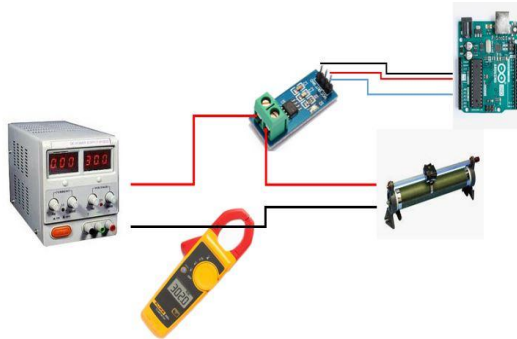


**Gambar 3.6** Skema Sensor Tegangan

### 3.2.4 Perakitan Sensor Arus ACS712

Sensor arus ACS712 kali ini digunakan untuk *monitoring* nilai arus yang mengalir dari PV, yang menuju ke *buck converter*. Sensor arus listrik ACS712 30A sangat banyak di gunakan di sistem kendali automasi, contoh nya adalah sistem keamanan arus beban pada listrik, *monitoring* beban arus jarak jauh, kwh meter dan lain lain. Sensor ini memiliki ukuran yang sangat kecil, tapi mampu mengukur arus dari -30A sampai dengan 30A.

Untuk sensor arus memakai 2 buah sensor dengan tipe jenis 20 A dan 30 A. Berikut ditunjukkan pada Gambar 3.7 adalah contoh dari sensor arus ACS 712 yang digunakan.



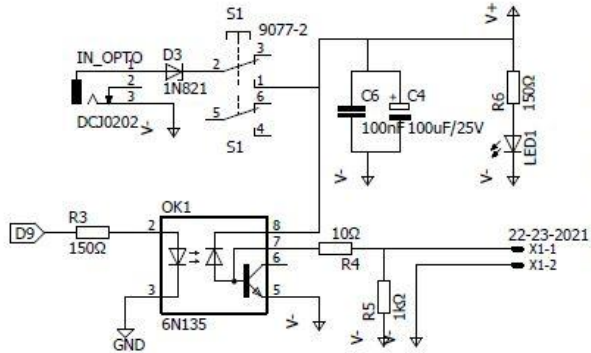
**Gambar 3.7** Skema Sensor Arus ACS712

Untuk kasus sensor ACS712 ini, fungsi *transfer* adalah korelasi antara nilai besaran fisis yang terukur oleh sensor terhadap nilai ADC (*Analog to Digital Converter*) yang membacanya.

### 3.2.5 Perancangan Rangkaian *Driver Mosfet*

*Driver Mosfet* digunakan untuk melakukan *input* nilai dari PWM yang nantinya digunakan untuk mengatur besar kecilnya gelombang PWM yang masuk ke *converter*. Fungsi dari *converter* adalah untuk menurunkan tegangan. Nilai dari PWM nantinya diatur dari besar dan kecilnya *dutycycle*.

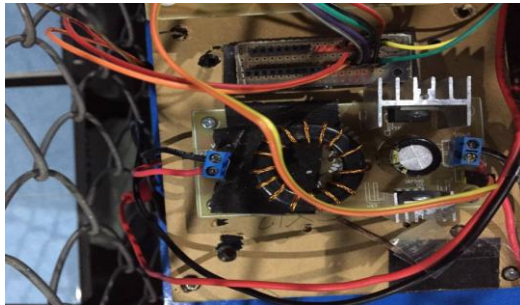
Berikut merupakan rangkaian dari *driver mosfet* yang dibuat di skematik pada *software Eagle*, yang ditunjukkan pada Gambar 3.8.



**Gambar 3.8** Rangkaian *Driver Mosfet*

### 3.2.6 Perakitan Rangkaian *Buck Converter*

Rangkaian ini terdiri dari induktor, resistor, dioda MUR, Capacitor, Transistor Mosfet IRF1540N. Berikut adalah Gambar 3.9 yang merupakan *buck converter* yang merupakan bagian dari Tugas Akhir yang dibuat.



**Gambar 3.9** Rangkaian *Buck Converter*

Untuk tegangan kerja yang rendah, saklar pasif (dioda) sering diganti dengan saklar aktif (MOSFET) sehingga susut daya pada saklar bisa dikurangi. Apabila menggunakan 2 saklar aktif, kedua saklar ini akan bekerja secara bergantian, dan hanya ada satu saklar yang menutup setiap saat. Nilai rata-rata tegangan keluaran konverter sebanding dengan rasio antara waktu penutupan saklar (saklar konduksi/ON) terhadap periode penyaklarnya. Biasanya nilai faktor daya ini tidak lebih kecil dari 0,2 karena jika

dioperasikan pada rasio tegangan yang lebih tinggi, saklar akan bekerja dibawah keandalannya dan menyebabkan efisiensi konverter turun. Untuk rasio ( $V_d/E_d$ ) yang sangat tinggi, biasanya digunakan konverter DC-DC yang terisolasi atau topologi yang dilengkapi dengan trafo. Tegangan *output* atau yang keluar dari sensor tegangan diharapkan dapat mengurangi dari tegangan *input*. Tentunya pengurangan atau penurunan tegangan diperhatikan pula setiap nilai dari parameter tiap komponen yang digunakan dalam *buck converter* ini. Nilai atau parameter setiap komponen pada *buck converter* dilakukan perhitungan sesuai kebutuhan. Berikut adalah tabel parameter dari *buck converter* :

**Tabel 3.2** Parameter *Buck Converter* yang digunakan

NO	PARAMETER	NILAI
1.	Nominal Power	50 Watt
2.	Tegangan Input	21,85 Volt
3.	Tegangan Output	14 Volt
4.	Ripple Vout	1%
5.	Ripple Arus	10 %
6.	Frekuensi Switching	50 kHz

Dengan parameter tersebut maka nilai dari setiap komponen adalah sebagai berikut, dengan rincian nilai komponen :

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Di mana :

$D = Dutycycle$

$V_o = Tegangan Output (Volt)$

$V_{in} = Tegangan Input (Volt)$

Dari Persamaan (3.1) di atas maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{14}{21,85} = 0,647$$

$$I_o = \frac{P_o}{V_o} \dots\dots\dots(3.2)$$

Di mana :

$I_o = Arus Output(Ampere)$

$P_o = Daya Output/Nominal Power (Watt)$

$V_o = Tegangan Output (Volt)$

Dari Persamaan (3.2) di atas maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$I_o = \frac{P_o}{V_o} = \frac{50}{14} = 3,57 \text{ A.}$$

$$R = \frac{V_o^2}{P} \dots \dots \dots (3.3)$$

Di mana :

R = Beban (*Ohm*)

P = Daya (*Watt*)

V<sub>o</sub> = Tegangan *Output* (*Volt*)

Dari Persamaan (3.3) di atas maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$R = \frac{V_o^2}{P} = \frac{196}{50} = 3,92 \ \Omega$$

$$L = \frac{(1-D)V_{in} D}{F_s \cdot \Delta I_L(pp)} \dots \dots \dots (3.4)$$

Di mana :

L = Induktansi Induktor (*Henry*)

V<sub>in</sub> = Tegangan *Input* (*Volt*)

ΔI<sub>L</sub>(pp) = *Ripple Arus* (*Ampere*)

F<sub>s</sub> = Frekuensi *Switching* (*kHz*)

D = *Dutycycle*

Berdasarkan Persamaan (3.4) maka didapatkan nilai seperti berikut :

$$I_L = I_o = 0,357 \text{ A}$$

$$\Delta I_L(pp) = 10\% \times I_L = 10\% \times 0,357 = 0,0357 \text{ A}$$

$$L = \frac{(1-D)V_{in} D}{F_s \cdot \Delta I_L(pp)} = \frac{(1-0,647)21,85 \cdot 0,647}{50 \text{ k} \cdot 0,0357} = 29,4 \ \mu\text{H}$$

$$C = \frac{\Delta I_L(pp)}{8 \cdot F_s \cdot \Delta V_o(pp)} \dots \dots \dots (3.5)$$

Di mana :

C = Kapasitansi Kapasitor (*Farad*)

ΔV<sub>o</sub>(pp) = *Ripple Tegangan* (*Volt*)

ΔI<sub>L</sub>(pp) = *Ripple Arus* (*Ampere*)

F<sub>s</sub> = Frekuensi *Switching* (*kHz*)

Dari Persamaan (3.5) didapatkan hasil seperti berikut :

$$\Delta V_o(pp) = 1\% \times V_o = 1\% \times 12 = 0,12 \text{ V}$$

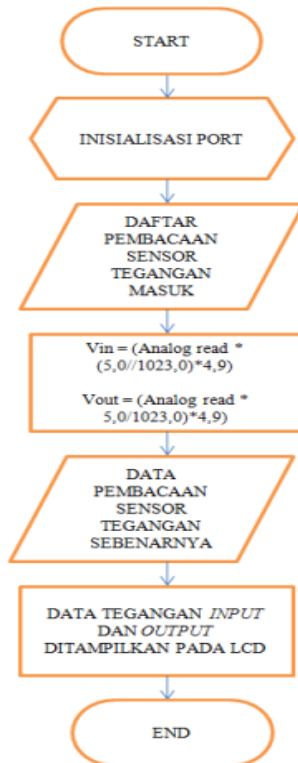
$$C = \frac{\Delta I_L(pp)}{8 \cdot F_s \cdot \Delta V_o(pp)} = \frac{0,0357}{8 \cdot 46,87 \text{ k} \cdot 0,12} = 990 \ \mu\text{F}$$

### 3.3 Perancangan *Software*

Pada perancangan perangkat *software* pada Tugas Akhir ini yang dibahas terdiri dari *flowchart* sensor tegangan, arus dan simulasi.

### 3.3.1 *Flowchart* Sensor Tegangan

Pada Gambar 3.10 dapat dilihat alur kerja dari pembacaan sensor tegangan. Pada sensor tegangan dilewatkan melalui arduino dan nantinya sensor tegangan akan digunakan untuk membaca tegangan yang masuk ke *buck converter*. Kemudian nantinya sensor tegangan ini akan digunakan sebagai *monitoring*.



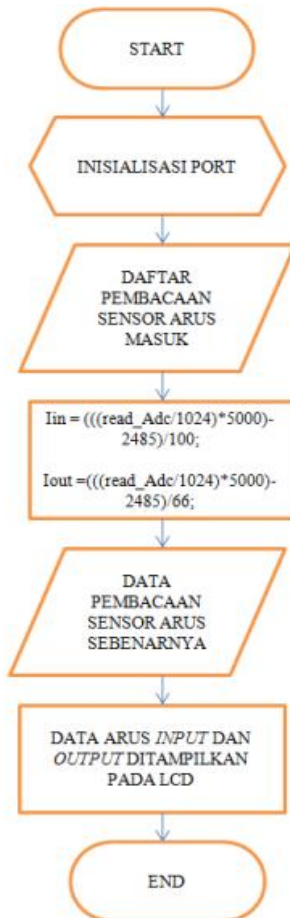
**Gambar 3.10** *Flowchart* Pembacaan Sensor Tegangan.

Penjelasan pada Gambar 3.10 merupakan *flowchart* dari sensor tegangan. Dari alur tersebut proses yang terpenting adalah

pembacaan tentang sensor tegangan untuk melakukan kalibrasi agar nantinya bisa sama dengan nilai sensor tegangan yang sebenarnya.

### 3.3.2 Flowchart Sensor Arus

Pada perancangan sensor arus, dan program dari sensor arus ini nantinya akan digunakan untuk *monitoring* dari arus *input* atau arus yang dikeluarkan oleh *photovoltaic* (PV). Berikut adalah *flowchart* dari sensor arus:

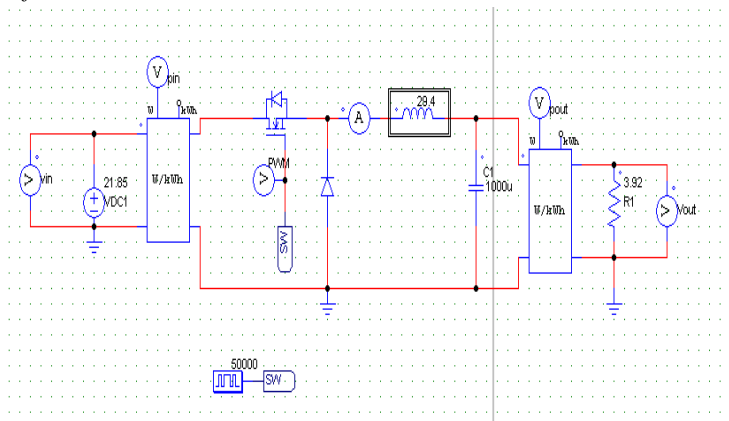


**Gambar 3.11** Flowchart Pembacaan Sensor Arus.

Berdasarkan pada Gambar 3.11 merupakan *flowchart* dari sensor arus ACS712 yang digunakan. Kemudian dari alur tersebut yang pertama dilakukan adalah untuk melakukan kalibrasi sensor arus ACS712 agar nantinya nilai dari sensor arus bisa sama dengan nilai arus yang sebenarnya. Sensor arus yang digunakan pada Tugas Akhir ini ada 2 tipe yaitu tipe 30 A dan tipe 20 A. Kemudian karena ada dua tipe yang berbeda maka untuk melakukan kalibrasi pun juga berbeda. Hal itu sudah tertera pada *datasheet* yang sudah ditentukan berapa jika menggunakan info untuk yang tipe 20 A dan juga tipe 30 A.

### 3.3.3 Rangkaian *Buck Converter* pada PSIM

Berikut adalah rangkaian *buck converter* yang dibuat pada *software* PSIM :



**Gambar 3.12** Rangkaian *Buck Converter* PSIM

Berdasarkan Gambar 3.12 merupakan rangkaian dari *buck converter* yang dibuat pada *software* PSIM. Dengan komponen yaitu, mosfet, dioda MUR, kapasitor, induktor, dan resistor. Rangkaian dari *buck converter* ini merupakan rangkaian untuk menurunkan tegangan. Pada aplikasi pengujian sistem nantinya  $V_{in}$  yang ada pada Gambar 3.12 adalah nantinya digantikan dengan *photovoltaic*. Pada kenyataannya pada rangkaian *buck converter* yang dibuat pada *software* PSIM memerlukan kapasitor *input*. Karena mempunyai *ripple* yang cukup besar.



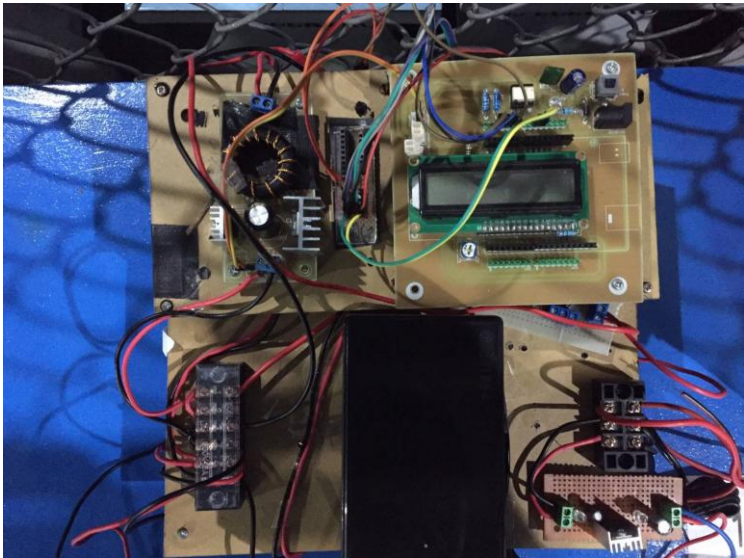
## **BAB IV**

### **PENGUJIAN DAN ANALISA**

Dalam membuat suatu sistem, pengujian dan analisa sangat diperlukan. Pengujian dan analisa bertujuan untuk mengetahui sistem bekerja sesuai rencana atau belum. Dari hasil pengujian dan analisa dapat diketahui kelemahan-kelemahan dari sistem, sehingga dapat dilakukan perbaikan, pengembangan, dan penyempurnaan sistem..

Pengujian yang dilakukan pertama kali adalah pengujian untuk melihat karakteristik, kemudian kalibrasi sensor tegangan, kalibrasi sensor arus, pengujian *buck converter*, pengujian *driver mosfet* untuk melihat sinyal PWM yang muncul, pengujian *photovoltaic* dengan *buck converter* untuk melihat berapa iterasi yang diperlukan, dan yang terakhir adalah pengujian keseluruhan sistem.

Pada Gambar 4.1 akan ditunjukkan bentuk keseluruhan dari alat Tugas Akhir yang telah dibuat yang terdiri dari 4 jumlah sensor, *buck conveter*, *driver mosfet*, dan adanya akumulator.



**Gambar 4.1** Hardware Keseluruhan

Pengujian dilakukan secara parsial terlebih dahulu, tujuannya adalah untuk mengetahui kinerja *hardware* setiap unit. Setelah mengetahui respon kinerja *hardware* setiap unit, kemudian akan dilakukan pengujian integrasi sistem secara keseluruhan. Kemudian pada bab ini ditampilkan juga *hardware* alat yang sudah dibuat menjadi satu kesatuan alat yang telah direncanakan. Adapun beberapa pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

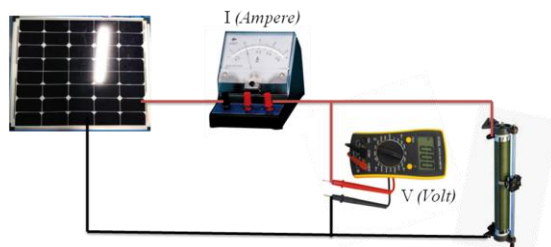
#### 4.1. Pengujian *Photovoltaic*



**Gambar 4.2** Pengujian *Photovoltaic*

Pengujian ini dilakukan untuk melihat karakteristik dari *photovoltaic*. Pengujian dilakukan mulai dari pagi sampai dengan sore. *Photovoltaic* akan mengeluarkan nilai tegangan dan arus yang berasal dari cahaya matahari. Pengambilan dilakukan di jurusan S1 Teknik Elektro ITS pada tanggal 9 Maret 2018, untuk pengambilan data dilakukan mulai dari jam 10.00 sampai dengan 14.00 WIB.

Alat dan komponen yang digunakan adalah resistor geser, ampere meter, avometer, *photovoltaic*. Cara pengambilan data untuk pengujian data karakteristik PV adalah sebagai berikut :



**Gambar 4.3** Prosedur Pengujian Karakteristik *Photovoltaic*

Hasil data dari pengujian karakteristik *photovoltaic* ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

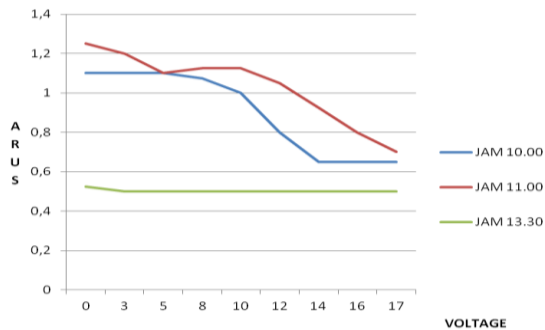
**Tabel 4.1.** Hasil Data Pengujian *Photovoltaic* Pada Tanggal 9 Maret 2018

<b>JAM</b>	<b>V (Volt)</b>	<b>I (Ampere)</b>	<b>P (Watt)</b>
10.00 - 11.00	0	1,1	0
	3	1,1	3,3
	5	1,1	5,5
	8	1,075	8,6
	10	1	10
	12	0,8	9,6
	14	0,65	9,1
	16	0,65	10,4
	17	0,65	11,05
11.00 – 12.00	0	1,25	0
	3	1,2	3,6
	5	1,1	5,5
	8	1,125	9
	10	1,125	11,25
	12	1,05	12,6
	14	0,925	12,95
	16	0,8	12,8
	17	0,7	11,9
13.30 - 14.00	0	0,525	0
	3	0,5	1,5
	5	0,5	2,5
	8	0,5	4
	10	0,5	5
	12	0,5	6

JAM	V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)
13.30 - 14.00	14	0,5	7
	16	0,5	8
	17	0,5	8,5

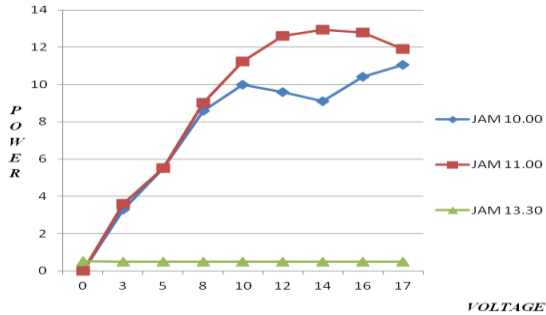
Pengambilan data yang dilakukan yaitu dengan menggeser *variable resistor* yang berupa resistor geser. Kemudian resistor geser itu nanti akan digunakan untuk menentukan dari tegangan yang diinginkan, mulai dari 0 sampai dengan 17 Volt . Akan tetapi ada kalanya resistor geser tersebut tidak bisa mendapatkan tegangan sampai dengan yang di inginkan, hal ini dikarenakan cuaca pada saat itu juga mempengaruhi.

Pada Gambar 4.4 adalah hasil yang merupakan data dari Tabel 4.1 dijadikan kurva I terhadap V :



**Gambar 4.4** Karakteristik I-V

Dari kurva I-V bisa dilihat pergerakan arus dan juga tegangan dari *photovoltaic* setiap jamnya. Pengambilan data dimulai dari jam 10.00 pagi sampai dengan 14.00. Dikarenakan hujan maka pengambilan data berhenti sampai jam tersebut. Kemudian pada Gambar 4.5 dapat dilihat pergerakan data daya dan terhadap tegangan .



**Gambar 4.5** Karakteristik P-V

Dapat dilihat pada grafik bahwa pada saat jam 13.30 pergerakan dari grafik sangat kecil dikarenakan cuaca pada saat jam tersebut juga sedang mendung sehingga *photovoltaic* pun juga mempunyai nilai yang sangat kecil. Pengambilan data hanya dilakukan 3 kali saja yaitu, pada jam 10.00, 11.00, dan 13.30 WIB.

Kemudian pada tanggal 11 April 2018 pengambilan data *photovoltaic* dilakukan lagi di jurusan S1 Teknik Elektro ITS, sedangkan untuk pengambilan data dilakukan mulai dari jam 09.00 sampai dengan 15.00. Kemudian cara yang dilakukan dalam pengambilan data masih sama seperti sebelumnya, dengan menggeser *variable resistor*. Pada Tabel 4.2 merupakan hasil data pengujian *photovoltaic*. Prosedur yang dilakukan dalam pengambilan data seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3

**Tabel 4.2** Hasil Data Pengujian *Photovoltaic* Pada Tanggal 11 April 2018

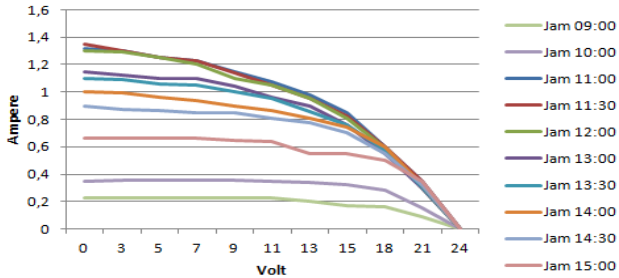
JAM	V (Volt)	I (Amper e)	P (Watt)	JAM	V (Volt)	I (Ampere )	P (Watt)
09.00 - 10.00	24	0,225	5,4	13.00 - 13.30	24	1,15	27,6
	0	0,225	0		0	1	0
	3	0,23	0,69		3	1,125	3,375
	5	0,23	1,15		5	1,1	5,5
	7	0,23	1,61		7	1,1	7,7
	9	0,23	2,07		9	1,04	9,36
	11	0,23	2,53		11	0,96	10,56

JAM	V (Volt)	I (Amper e)	P (Watt)	JAM	V (Volt)	I (Ampere )	P (Watt)
09.00 - 10.00	13	0,2	2,6	13.00 - 13.30	13	0,9	11,7
	15	0,17	2,55		15	0,76	11,4
	18	0,16	2,88		18	0,55	9,9
	21	0,09	1,89		21	0,3	6,3
	24	0	0		24	0	0
10.00 - 11.00	25	0,345	8,625	13.30 - 14.00	24	1,1	26,4
	0	0,35	0		0	1	0
	3	0,356	1,068		3	1,09	3,27
	5	0,359	1,795		5	1,055	5,275
	7	0,359	2,513		7	1,05	7,35
	9	0,359	3,231		9	1,005	9,045
	11	0,35	3,85		11	0,95	10,45
	13	0,341	4,433		13	0,86	11,18
	15	0,322	4,83		15	0,76	11,4
	18	0,28	5,04		18	0,575	10,35
	21	0,158	3,318		21	0,31	6,51
	24	0	0		24	0	0
11.00 - 11.30	24	1,315	31,56	14.00 - 14.30	24	1	24
	0	1	0		0	1	0
	3	1,3	3,9		3	0,99	2,97
	5	1,25	6,25		5	0,96	4,8
	7	1,225	8,575		7	0,94	6,58
	9	1,15	10,35		9	0,9	8,1
	11	1,075	11,825		11	0,865	9,515
	13	0,975	12,675		13	0,81	10,53
	15	0,85	12,75		15	0,74	11,1
	18	0,6	10,8		18	0,6	10,8
	21	0,35	7,35		21	0,325	6,825

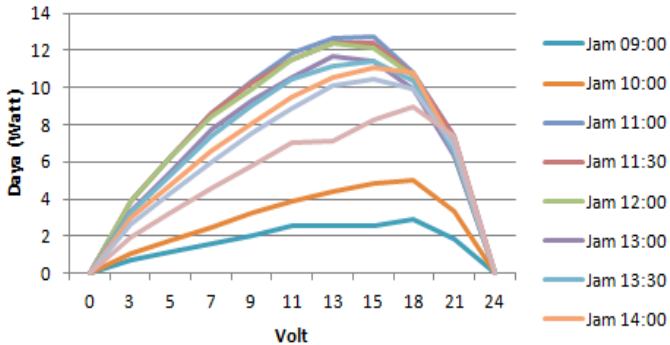
JAM	V (Volt)	I (Amper e)	P (Watt)	JAM	V (Volt)	I (Ampere )	P (Watt)
11.00 - 11.30	24	0	0	14.00 - 14.30	24	0	0
11.30 - 12.00	24	1,35	32,4	14.30 - 15.00	24	0,895	21,48
	0	1	0		0	1	0
	3	1,3	3,9		3	0,875	2,625
	5	1,255	6,275		5	0,865	4,325
	7	1,225	8,575		7	0,85	5,95
	9	1,14	10,26		9	0,845	7,605
	11	1,05	11,55		11	0,805	8,855
	13	0,95	12,35		13	0,775	10,07
	15	0,825	12,375		15	0,7	10,5
	18	0,595	10,71		18	0,55	9,9
	21	0,35	7,35		21	0,325	6,825
24	0	0	24	0	0		
12.00 - 13.00	24	1,3	31,2	15.00 - selesai	24	0,66	15,84
	0	1	0		0	1	0
	3	1,29	3,87		3	0,66	1,98
	5	1,25	6,25		5	0,66	3,3
	7	1,2	8,4		7	0,66	4,62
	9	1,1	9,9		9	0,65	5,85
	7	1,2	8,4		7	0,66	4,62
	9	1,1	9,9		9	0,65	5,85
	11	1,05	11,55		11	0,64	7,04
	13	0,95	12,35		13	0,55	7,15
	15	0,81	12,15		15	0,55	8,25
	18	0,59	10,62		18	0,5	9
	21	0,3	6,3		21	0,35	7,35
24	0	0	24	0	0		

Dari hasil Tabel 4.2 mengambil data *photovoltaic* dari jam 09.00 sampai dengan jam 14.00 dan mulai pada saat jam 12.00 dari yang awalnya panas cuacanya mulai mengalami mendung. Kemudian data pada Tabel 4.2 dianalisa dengan grafik pada Gambar 4.6 dan 4.7.

Berikut adalah data kurva grafik pada Tabel 4.2.



**Gambar 4.6** Karakteristik I-V



**Gambar 4.7** Karakteristik P-V

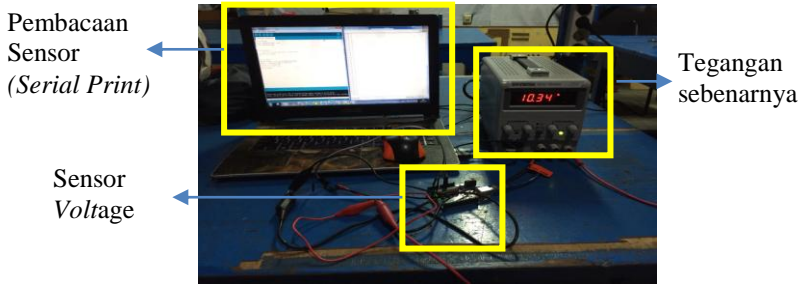
Dari pergerakan kurva tersebut dapat dilihat bagaimana perbandingan antara nilai P (daya) dan nilai V (tegangan). Berdasarkan Gambar 4.7 dapat dilihat titik daya puncak terdapat pada saat jam 11.00 WIB.

#### 4.2 Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan melakukan kalibrasi sensor, untuk membandingkan apakah nilai tegangan



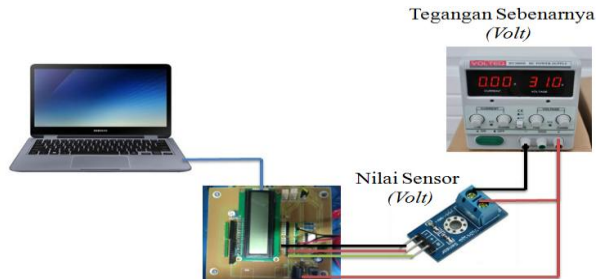
sebenarnya yang berasal dari *power supply* sudah sama apa belum dengan nilai tegangan yang terbaca oleh sensor tegangan. Pengambilan dilakukan di *workshop* jurusan D3 Teknik Elektro, pada tanggal 23 Juni 2018, pada jam 21.30 WIB.



**Gambar 4.8** Pengujian Sensor Tegangan

Data dari pengujian pada Gambar 4.8 dapat dilihat pada Tabel 4.3, data dapat dilihat nilai dari ADC nya. Berikutnya adalah nilai dari sensor tegangan yang menggunakan modul sensor tegangan dari Arduino. Kemudian nilai dari yang muncul dari *power supply* diamati dan dibandingkan dengan nilai yang muncul dari sensor tegangan yang diamati pada *serial print* pada arduino, yang muncul pada laptop.

Pengujian dilakukan dengan prosedur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.9. Pada gambar tersebut tegangan sebenarnya dilihat dari nilai yang berasal dari *power supply*, yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai yang terbaca oleh sensor yang dilihat dari laptop oleh *serial monitor*. Program *arduino* pengujian sensor tegangan ada pada lampiran buku.

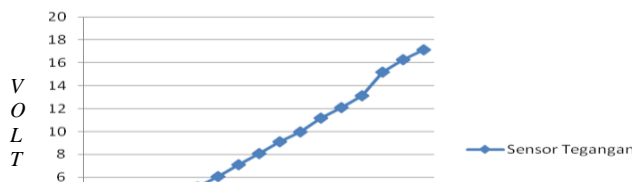


**Gambar 4.9** Prosedur Kalibrasi Sensor Tegangan

**Tabel 4.3** Hasil Dari Data Sensor Tegangan

Nilai ADC	Tegangan Sebenarnya (Volt)	Nilai Sensor (Volt)	Presentasi Error
0	0	0	0%
38	1	0,93	7%
79	2	1,93	7%
121	3,01	2,96	5%
163	4,02	3,99	3%
210	5,18	5,13	5%
247	6,08	6,04	4%
290	7,15	7,09	6%
330	8,12	8,07	5%
372	9,14	9,1	4%
408	10,02	9,98	4%
457	11,18	11,17	1%
494	12,1	12,08	2%
537	13,17	13,13	4%
622	15,23	15,21	2%
666	16,28	16,28	0%
702	17,16	17,16	0%

Dari Tabel 4.3 tersebut didapatkan dari pengambilan data dari tegangan *input* berupa *power supply*, kemudian dicek dengan avometer untuk pengukuran dari *power supply* kemudian untuk nilai sensor dilihat dari serial *monitor* pada arduino. Kemudian pada Gambar 4.10 merupakan grafik dari sensor tegangan :



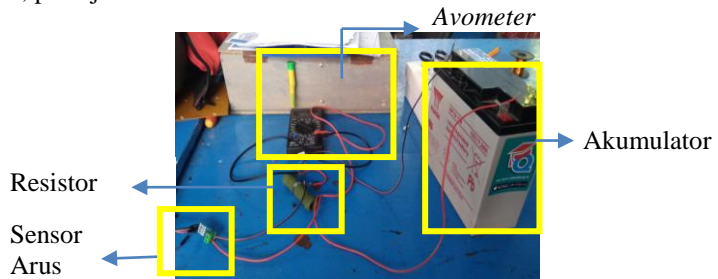
### Gambar 4.10 Karakteristik Sensor Tegangan

Pada Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa tegangan sebenarnya yang terbaca pada *power supply* dengan tegangan yang terbaca oleh sensor tegangan hampir sama nilainya. Hal ini ditunjukkan oleh kurva yang linier.

### 4.3 Pengujian Sensor Arus ACS712

Pengujian sensor Arus dilakukan dalam *input* untuk masukan dari *converter*. Akan tetapi dalam pengujian data ini data yang diambil dari *power supply* dan menggunakan beban untuk melihat dan mengambil nilai data dari sensor arus ACS712, untuk melihat apakah sensor arus sudah benar atau belum.

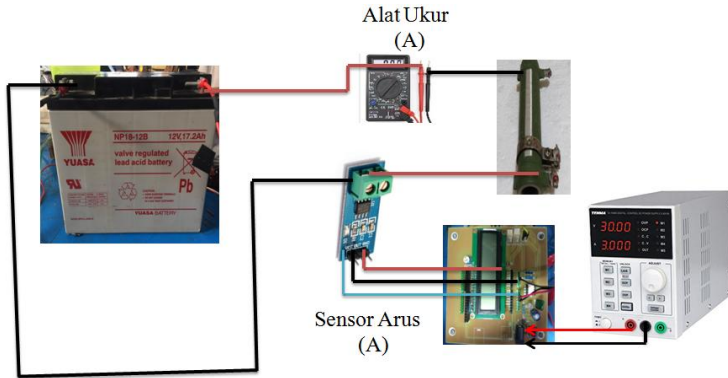
Pada Gambar 4.11 ditunjukkan metode pengambilan data untuk kalibrasi sensor arus ACS712, yang digunakan dalam percobaan kali ini, dengan menggunakan resistor keramik, *power supply*, dan avometer. Lokasi diambilnya data dari sensor arus adalah di *workshop* jurusan D3 Teknik Elektro, pada tanggal 26 Juni 2018, pada jam 16.00 WIB.



### Gambar 4.11 Pengujian Sensor Arus ACS712

Prosedur pengujian untuk kalibrasi sensor arus ACS712 ditunjukkan pada Gambar 4.12. Pada saat pengujian dilakukan dua

kali yaitu untuk tipe yang 20 A dan juga tipe 30 A. Akumulator sebagai sumber tegangan akan mengalir ke beban (resistor geser), sehingga arus akan terbaca oleh avometer seperti yang ditunjukkan pada gambar. Kemudian nilai arus yang terbaca pada avometer akan dibandingkan dengan nilai yang terbaca oleh sensor arus ACS712 yang nantinya bisa dilihat pada LCD 16 x 2. Program pengujian sensor arus ada pada lampiran buku.



**Gambar 4.12** Prosedur Pengujian Sensor Arus ACS 712.

**Tabel 4.4** Hasil Data Pengujian Sensor Arus ACS712

Alat Ukur (A)	Sensor Arus (A)	%error
0,1	0,08	2%
0,34	0,31	3%
0,57	0,53	4%
0,6	0,6	0%
1,1	0,9	20%
1,4	1,2	20%
1,5	1,3	20%
1,8	1,7	10%
2,2	2,1	10%

Dari Tabel 4.4 bisa dijadikan grafik untuk melihat pergerakan sensor arusnya, sebagai perbandingan :



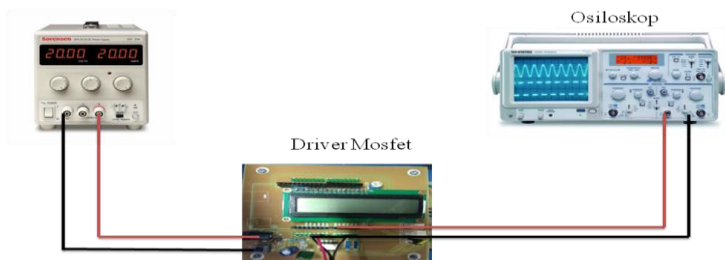
### Gambar 4.13 Karakteristik Sensor Arus ACS712

Pada Gambar 4.13 terlihat bahwa arus yang yang sebenarnya yang berasal dari avometer dengan arus yang terbaca dari sensor arus ACS712 pergerakan kurva secara linier, akan tetapi belum terbaca sama dengan nilai arus yang sebenarnya.

#### 4.4 Pengujian *Driver Mosfet*

Kemudian pengujian di *driver mosfet* bisa dilihat pada osiloskop dengan melihat sinyal PWM apakah sudah benar atau tidak kemudian apakah frekuensi yang dihasilkan juga sudah benar atau tidak. Kemudian jika PWM atau *Pulse Width Modulation* dan juga frekuensi sudah benar maka yang selanjutnya perlu dilihat adalah hasil dari *dutycycle* apakah sudah benar atau belum. Karena pada dasarnya *dutycycle* yang nantinya akan menentukan besar kecilnya ataupun lebar ataupun kecilnya sinyal PWM yang dikeluarkan oleh *driver mosfet*.

Pengujian *driver mosfet* digunakan untuk melihat apakah *mosfet* bekerja dengan baik atau tidak. Karena kinerja dari *buck converter* juga berpengaruh terhadap kualitas dari *driver mosfet*nya itu sendiri. Proses pertama yang dilakukan adalah mulai dari *power supply* untuk mengaktifkan *driver mosfet*, kemudian dari *driver mosfet*, pada pin arduino pada pin 9 (PWM) ditampilkan pada osiloskop. Proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.14.

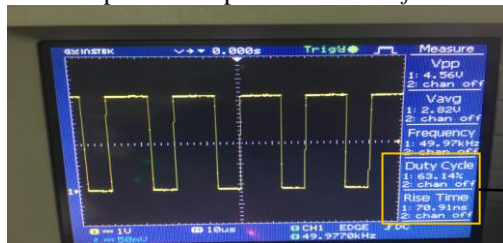


**Gambar 4.14** Proses Pengujian *Driver Mosfet*

Selanjutnya adalah percobaan yang dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar. Kemudian diambil dalam melakukan percobaan menggunakan osiloskop digital untuk melihat frekuensi serta bentuk dari sinyal PWM yang dikeluarkan, apakah sudah sesuai belum dengan tampilan apa belum. Pada Gambar 4.15 dan 4.16 merupakan pengujian dari *driver mosfet*.



**Gambar 4.15** Tampilan LCD pada *Driver Mosfet*



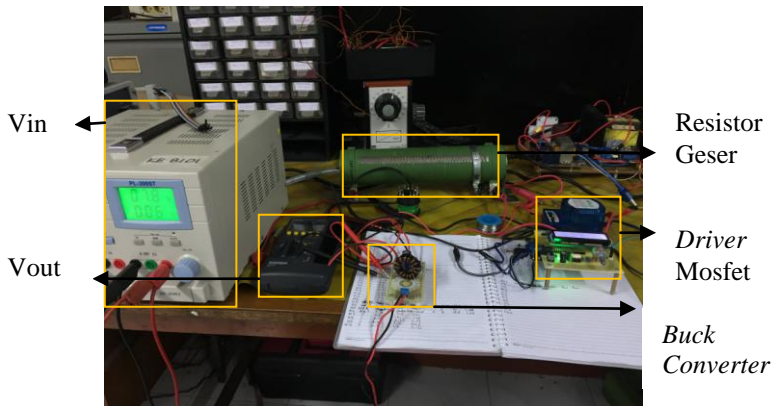
**Gambar 4.16** Tampilan Sinyal Driver Mosfet dilihat Pada Osiloskop

Berdasarkan Gambar 4.15 dan 4.16 dapat dilihat bahwa frekuensi yang muncul pada LCD dan osiloskop menunjukkan nilai yang sama yaitu 63%.

#### 4.5 Pengujian *Buck Converter*

Pengujian *buck converter* ini dilakukan guna mengetahui kemampuan kerja dari *buck converter* kemudian pada *buck converter* dicari nilai dari efisiensinya. Pengambilan data dilakukan di

Laboratorium Konversi dan Energi di B101 di S1 Teknik Elektro, pada tanggal 25 Mei 2018. .Seperti pada Gambar 4.17 berikut :



**Gambar 4.17** Metode Pengujian *Buck Converter*

Proses pengujian pada Gambar 4.17 adalah dari *power supply* menuju ke *buck converter*, kemudian dari *buck converter* dan juga dari kinerja dari *driver mosfet*. Kemudian dari *buck converter* langsung disambungkan dengan resistor geser. Untuk pengukuran nilai dari  $V_{in}$ ,  $I_{in}$ ,  $V_{out}$ , dan  $I_{out}$  berasal dari avometer dan clampmeter. Clampmeter untuk  $I_{in}$  diambil antara *power supply* dengan *buck converter*. Sedangkan untuk  $I_{out}$  adalah antara *buck converter* menuju ke beban resistor geser. Kemudian selanjutnya avometer dilakukan untuk mengukur nilai dari  $V_{in}$  dan  $V_{out}$ .  $V_{in}$  diukur menggunakan *power supply*, sedangkan untuk  $V_{out}$  menggunakan avometer.

Selanjutnya, untuk mengetahui apakah *buck converter* tersebut berfungsi atau tidak dapat dilihat pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Data Pengujian *Buck Converter*

<i>Duty Cycle</i>	$V_{in}$ (v)	$I_{in}$ (A)	$P_{in}$ (W)	$V_{out}$ (V)	$I_{out}$ (A)	$P_{out}$ (W)	efisiensi
0%	18,6	0,02	0,372	0	0,07	0	0%
10%	18,6	0,23	4,278	2,446	0,14	0,3424	8%
20%	18,6	0,35	6,51	4,79	0,67	3,2093	49%
30%	18,6	0,43	7,998	7,05	1,06	7,473	93%

40%	18,6	0,68	12,648	8,32	1,25	10,4	82%
50%	18,6	0,78	14,508	9,71	1,42	13,788	95%
60%	18,6	0,94	17,484	10,78	1,56	16,816	96%
70%	18,6	1,15	21,39	12,02	1,66	19,953	93%
80%	18,6	1,5	27,9	13,87	1,92	26,630	95%
90%	18,6	1,98	36,828	15,74	2,21	34,785	94%

Sedangkan untuk nilai  $I_{in}$  dan  $I_{out}$ , bisa dilihat menggunakan alat ukur clampmeter. Alat tersebut pada Gambar 4.17 tidak ikut ditampilkan. Selanjutnya untuk melihat nilai perhitungan efisiensi dari *buck converter* pada Tabel 4.5, dapat dilihat dibawah ini :

$$1. \eta = \left( \frac{0}{0,372} \right) \times 100\% = 0\%$$

$$2. \eta = \left( \frac{0,34244}{4,278} \right) \times 100\% = 8\%$$

$$3. \eta = \left( \frac{3,2093}{6,51} \right) \times 100\% = 49\%$$

$$4. \eta = \left( \frac{7,473}{7,998} \right) \times 100\% = 93\%$$

$$5. \eta = \left( \frac{10,4}{12,648} \right) \times 100\% = 82\%$$

$$6. \eta = \left( \frac{13,788}{14,508} \right) \times 100\% = 95\%$$

$$7. \eta = \left( \frac{16,816}{17,484} \right) \times 100\% = 96\%$$

$$8. \eta = \left( \frac{19,953}{21,39} \right) \times 100\% = 93\%$$

$$9. \eta = \left( \frac{26,630}{27,9} \right) \times 100\% = 95\%$$

$$10. \eta = \left( \frac{34,785}{36,828} \right) \times 100\% = 94\%$$



Dari hasil penunjukkan hasil Tabel 4.5 terlihat bahwa efisiensi yang didapatkan pada percobaan yang sesuai perhitungan yang direncanakan pada Gambar 4.17 terdapat efisiensi *buck converter* sekitar 0% sampai 96%. *Buck converter* ini nantinya dapat mempengaruhi baik atau buruknya daya keluaran atau daya *output* yang dihasilkan untuk menuju ke beban. Pada realitanya bahwa *hardware* pendukung yang dikontrol harus baik agar mudah dikontrol dan menghasilkan daya *output* yang maksimal.

Pada *buck converter* ini di uji coba juga nilai induktansi. Kemudian nilai induktansi di uji untuk dilihat nilai induktansi apakah sesuai dengan perencanaan nilai yang sudah di rencanakan apa belum. Nilai induktor yang sudah direncanakan bernilai  $29,4 \mu\text{H}$ . Sedangkan nilai tersebut di uji dengan LCR meter. Nilai induktansi dapat dilihat pada Gambar 4.18.



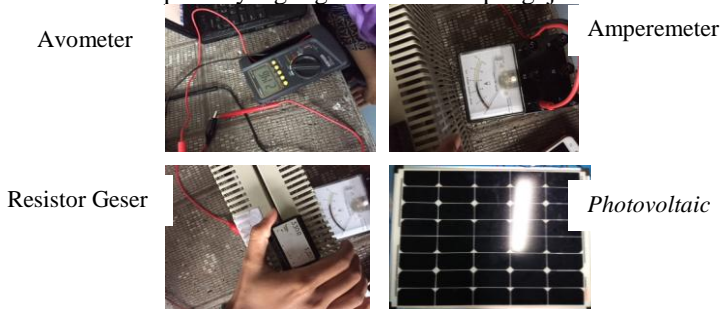
**Gambar 4.18** Pengujian Nilai Induktansi Diukur Dengan LCR Meter

Pada pengujian seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.18, nilai induktor terbaca  $28,9 \mu\text{H}$  dan ternyata berbeda dengan perancangan awal, yaitu  $29,4 \mu\text{H}$ . Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya, adalah lilitan untuk *core* yang kurang rapi.

#### **4.6 Pengujian Sistem MPPT dengan Metode *Regula falsi***

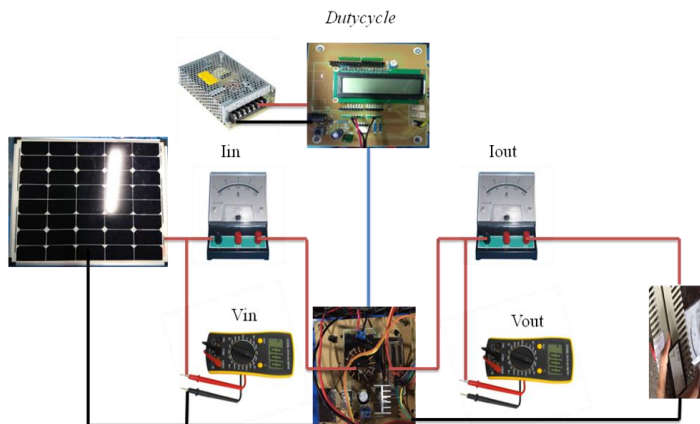
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa nilai daya *input* dan daya *output* kemudian juga digunakan untuk mengetahui nilai tegangan dan arus *input* maupun *output*. Data yang telah terukur

nilainya tersebut nantinya akan digunakan untuk menentukan berapa iterasi yang perlu digunakan untuk mencari titik maksimum daya pada sistem ini. Berikut pada Gambar 4.19 ditampilkan beberapa alat ukur dan komponen yang digunakan dalam pengujian.



**Gambar 4.19** Alat-Alat Yang Digunakan Dalam Pengujian

Proses pengujian bisa dilihat pada Gambar 4.20, proses pertama adalah *photovoltaic* yang digunakan sebagai sumber arus yang sebagai masukan dari  $V_{in}$  dari *buck converter*. Kemudian dari *buck converter* menurunkan tegangan yang menuju ke resistor geser. Sedangkan  $I_{in}$  juga berasal dari *photovoltaic* yang diukur menggunakan amperemeter. Proses yang dilakukan adalah menggeser atau mengatur *dutycycle* yang ada pada *driver mosfet*, mulai dari 0% sampai dengan 95%. Dari proses selama pengaturan *driver mosfet* atau *dutycycle*, dilihat pada saat *dutycycle* ke berapa titik daya maksimum baik itu pada saat  $V_{in}$  ataupun pada  $V_{out}$ . Kemudian proses dilakukan pada siang hari dengan harapan agar *photovoltaic* mendapatkan nilai yang paling maksimum.



**Gambar 4.20** Prosedur Pengujian Sistem MPPT Dan *Regula falsi*

Kemudian pada Tabel 4.6 merupakan hasil dari pengambilan data yang dilakukan di jurusan S1 Teknik Elektro pada tanggal 1 Juni 2018, pada jam 11.00 sampai dengan selesai.

**Tabel 4.6** Hasil Data Pengambilan Daya PhotoVoltaic Dan Proses *Vpm Update Dutycycle*.

Duty Cycle	Vin (V)	In (A)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)	Pin (W)	Ket	iterasi
0%	25	0,15	0	0,12	0	3,75	va	
2%	25	0,14	0,8	0,15	0,12	3,5	va	
4%	24,6	0,16	1,3	0,26	0,338	3,936	va	
5%	24,5	0,2	1,5	0,28	0,42	4,9	va	
8%	24,4	0,24	2,3	0,36	0,828	5,856	va	
10%	24,2	0,35	2,8	0,39	1,092	8,47	va	
13%	23,8	0,39	3,64	0,47	1,7108	9,282	va	
15%	23,6	0,38	4,23	0,52	2,1996	8,968	va	
17%	23,5	0,44	4,8	0,39	1,872	10,34	va	
18%	23,4	0,45	4,85	0,6	2,91	10,53	va	
20%	23,24	0,52	5,4	0,65	3,51	12,0848	va	
23%	23,09	0,67	6,05	0,71	4,2955	15,4703	va	
Duty Cycle	Vin (V)	In (A)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)	Pin (W)	Ket	iterasi
25%	23,09	0,75	6,3	0,76	4,788	17,3175	va	
28%	22,78	0,63	7,04	0,82	5,7728	14,3514	va	
30%	22,53	0,68	7,46	0,85	6,341	15,3204	va	
33%	22,48	0,74	7,81	0,89	6,9509	16,6352	va	

35%	22,2	0,76	8,05	0,93	7,4865	16,872	va	
38%	21,9	0,77	8,74	0,98	8,5652	16,863	va	
40%	21,89	0,8	9,04	0,9	8,136	17,512	va	
42%	21,45	0,93	9,41	1,06	9,9746	19,9485	va	1
45%	21,19	1,03	9,65	1,09	10,518	21,8257	va	2
48%	20,79	1,05	9,9	1,14	11,286	21,8295	va	
50%	20,81	1,09	10,1	1,16	11,739	22,6829	va	
53%	20,23	1,08	10,4	1,17	12,168	21,8484	va	
55%	19,87	1,11	10,5	1,21	12,717	22,0557	va	
58%	19,54	1,24	10,8	1,13	12,204	24,2296	va	
60%	19,15	1,26	10,9	1,16	12,702	24,129	va	
63%	18,25	1,31	11,1	1,27	14,160	23,9075	va	
65%	18,22	1,34	11,2	1,28	14,336	24,4148	va	
68%	17,48	1,42	13,87	1,29	14,602	24,8216	MPP	12
70%	16,77	1,39	12,57	1,28	14,451	23,3103	vb	10 11
73%	16,75	1,29	12,48	1,29	14,5512	21,6075	vb	8 9
75%	16,08	1,27	12,28	1,23	13,8744	20,4216	vb	6 7
78%	15,35	1,24	12,16	1,23	13,7268	19,034	vb	4 5
80%	14,65	1,32	11,51	1,26	13,8726	19,338	vb	3
83%	13,98	1,27	10,92	1,24	13,5408	17,7546	vb	
85%	13,7	1,24	10,46	1,23	12,8658	16,988	vb	
88%	12,94	1,23	10,8	1,2	12,96	15,9162	vb	
90%	12,7	1,23	10,87	1,23	13,3701	15,621	vb	
93%	12,06	1,22	10,83	1,23	13,3209	14,7132	vb	
95%	11,7	1,21	10,75	1,24	13,33	14,157	vb	

Pada Tabel 4.6 data didapatkan dari hasil pengambilan data *photovoltaic* pada jam 13.15 diletakkan tegak lurus dengan matahari pada tanggal 31 Mei 2018. Kemudian untuk mengimplementasikan algoritma pencarian tegangan pada daya maksimum dilakukan dengan cara pendekatan. Pada penggunaan proyek akhir ini fungsi tersebut adalah daya dari *photovoltaic* . Secara perhitungan matematis nilai pencarian daya maksimum di indikasikan ketika

menemukan dimana  $\frac{\Delta P}{\Delta V} = 0$ . Kemudian dalam proses pencarian titik daya maksimum atau MPP menggunakan metode *regula falsi*. *Regula falsi* dapat dicari akar-akarnya dengan menggunakan beberapa iterasi. Dan penentuan iterasi ditentukan melalui fungsi akar dan akan berhenti jika nilai  $\frac{\Delta P}{\Delta V} = 0$ .

Pencarian iterasi saat daya maksimum dilakukan dengan melakukan perhitungan pencarian *dutyvpm*. Berikut adalah perhitungan dalam pencarian daya maksimum menggunakan perhitungan iterasi yang ada :

**Tabel 4.7** Perhitungan *Update Dutycycle* Untuk *Vpm* Saat Iterasi 1

		analisa dp/dv				Iterasi ke 1			
		area Va				Update Vpm untuk Daya Makmimum			
	dp	dv	dp/dv	v[2]	Fungsi (Vpm) atau dp/dv			toleransi	
2 - 1	1,8772	-0,26	-7,22	21,19	dp	dv	dp/dv	0,01	
		area Vb				-1,3876 -0,73 1,900822			
	dp	dv	dp/dv	v[4]	update Vpm				
4 - 3	0,304	-0,7	-0,43429	15,35	f(Vpm)<tol?		HASIL		
	Vpm	Pendekatan Duty			FALSE	-13,7239			
	14,9762	78,0307							
	Keterangan				TINDAKAN		Vb=Vpm		
	duty Vb2	78							
	Vout	12,16							

Pada Tabel 4.7 pada Iterasi 1 belum menemukan titik puncaknya atau MPPnya. Sehingga pada saat *duty cycle* 78% tindakan yang dilakukan adalah Vb sama dengan Vpm. Oleh karena itu proses selanjutnya yang harus dilakukan adalah mencari titik baru dengan iterasi 2 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Perhitungan *Update Dutycycle* Untuk *Vpm* Saat Iterasi 2

		analisa dp/dv				Iterasi ke 2			
		area Va				Update Vpm untuk Daya Makmimum			
	dp	dv	dp/dv	v[2]	Fungsi (Vpm) atau dp/dv			toleransi	
2 - 1	1,8772	-0,26	-7,22	21,19	dp	dv	dp/dv	0,01	
		area Vb				-1,1859 -0,67 1,77			
	dp	dv	dp/dv	v[6]	update Vpm				
6 - 5	-1,3876	-0,73	1,900822	16,08	f(Vpm)<tol?		HASIL		
	Vpm	Pendekatan Duty			FALSE	-12,7794			
	17,1449	74,9133							
	Keterangan				TINDAKAN		Vb=Vpm		
	duty Vb2	75							
	Vout	12,28							

Pada Tabel 4.8 pada Iterasi 2 belum menemukan titik puncaknya atau MPPnya. Sehingga pada saat *dutycycle* 75% tindakan yang dilakukan adalah Vb sama dengan Vpm. Oleh karena itu proses selanjutnya yang harus dilakukan adalah mencari titik baru dengan iterasi 3 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9** Perhitungan *Update Dutycycle* Untuk Vpm Saat Iterasi 3

analisa dp/dv					Iterasi ke 3			
		area Va			Update Vpm untuk Daya Maksimum			
	dp	dv	dp/dv	v[2]	Fungsi (Vpm) atau dp/dv		toleransi	
2 - 1	1,8772	-0,26	-7,22	21,19	dp	dv	dp/dv	
		area Vb			-1,7028	-0,02	85,14	0,01
	dp	dv	dp/dv	v[8]	update Vpm			
8 - 7	-1,1859	-0,67	1,77	16,75	f(Vpm)<tol?	HASIL		
	Vpm	Pendekatan Duty		FALSE				
	17,6242	72,9300						
	Keterangan			TINDAKAN	vb=Vpm			
	duty Vb2	73						
	Vout	12,48						

Pada Tabel 4.9 pada Iterasi 3 belum menemukan titik puncaknya atau MPPnya. Sehingga pada saat *dutycycle* 73% tindakan yang dilakukan adalah Vb sama dengan Vpm. Oleh karena itu proses selanjutnya yang harus dilakukan adalah mencari titik baru dengan iterasi 4 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.10.

analisa dp/dv					Iterasi ke 4			
		area Va			Update Vpm untuk Daya Maksimum			
	dp	dv	dp/dv	v[2]	Fungsi (Vpm) atau dp/dv		toleransi	
2 - 1	1,8772	-0,26	-7,22	21,19	dp	dv	dp/dv	
		area Vb			-1,5113	-0,71	2,128592	0,01
	dp	dv	dp/dv	v[8]	update Vpm			
10 - 9	-1,7028	-0,02	85,14	16,77	f(Vpm)<tol?	HASIL		
	Vpm	Pendekatan Duty		FALSE				
	20,8445	69,6759						
	Keterangan			TINDAKAN	vb=vpm			
	duty Vb2	70						
	Vout	12,57						

**Tabel 4.10** Perhitungan *Update Dutycycle* Untuk Vpm Saat Iterasi 4

Pada Tabel 4.10 pada Iterasi 4 belum menemukan titik puncaknya atau MPPnya. Sehingga pada saat *dutycycle* 70% tindakan yang dilakukan adalah  $V_b$  sama dengan  $V_{pm}$ . Oleh karena itu proses selanjutnya yang harus dilakukan adalah mencari titik baru dengan iterasi 4 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.11.

**Tabel 4.11** Perhitungan *Update Dutycycle* Untuk  $V_{pm}$  Saat Iterasi 5

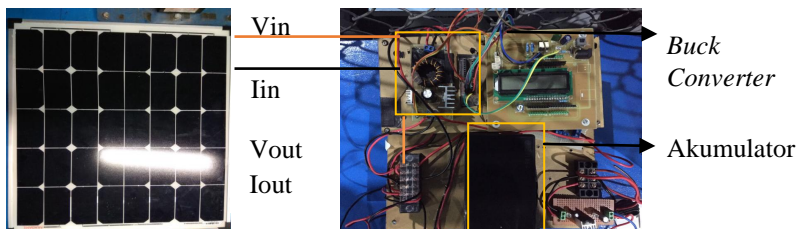
		analisa dp/dv			Iterasi ke 5		
		area $V_a$			Update $V_{pm}$ untuk Daya Maksimum		
	dp	dv	dp/dv	v[2]	Fungsi ( $V_{pm}$ ) atau dp/dv	toleransi	
2 - 1	1,8772	-0,26	-7,22	21,19	dp	dv	dp/dv
		area $V_b$			0,4068	-0,74	-0,54973
							0,01
	dp	dv	dp/dv	v[8]	update $V_{pm}$		
12 - 11	-1,5113	-0,71	2,128592	17,48	f( $V_{pm}$ )<tol?	HASIL	
	$V_{pm}$		Pendekatan Duty		TRUE	3,969049	
	18,3247		67,9391				
		Keterangan			TINDAKAN	MPP	
	duty $V_b2$		68				
	$V_{out}$		13,87				

Terlihat bahwa pada iterasi 5 merupakan pemenuhan proses iterasi pada saat daya puncak maksimum, sehingga iterasi terhenti dan proses pengambilan tegangan pada saat daya maksimum berakhir pada *dutycycle* 67,93%.

#### 4.7 Pengujian Sistem Keseluruhan

Kemudian dilakukan pengujian menggunakan algoritma MPPT untuk melihat apakah metode *regula falsi* bisa berjalan ataukah tidak. Maka dilakukan pengujian sebagai berikut :

Metode yang dilakukan adalah dengan cara mengukur nilai arus dan tegangan *input* yang diukur dari *photovoltaic* yang menuju pada  $V_{in}$  pada *buck converter*. Kemudian nilai dari arus dan tegangan *output* diukur dari  $V_{out}$  yang menuju pada beban berupa akumulator. Sedangkan untuk mengaktifkan *driver mosfet* menggunakan akumulator yang sebelumnya berasal dari beban menuju ke *driver mosfet* untuk menjadi sumber pada TLP250.





**Gambar 4.21** Charging Aki dengan PV

Proses pengujian tersebut adalah dari *photovoltaic* yang masuk menuju *buck converter*, dari *buck converter* menuju ke akumulator guna mengisi akumulator untuk melakukan *charging*. Proses yang dilakukan adalah selama 1 jam. Dari nilai pengisian bisa di *monitoring* pada laptop dan juga pada LCD sendiri untuk dilihat nilai dari *charging* akumulator atau bisa juga *monitoring* nilai dari sensor arus dan juga sensor tegangan. Proses pengambilan data yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.22.



**Gambar 4.22** Pengujian Keseluruhan Sistem

Berikut adalah data terlampir saat pengujian yang dilakukan di lokasi D3 Teknik Elektro pada tanggal 8 Juli 2018 dari jam 12.30 sampai dengan pukul 13.30. dengan menggunakan akumulator sebesar 7,2 AH.

**Tabel 4.12** Data Pengisian Aki Dengan Solar Panel

No	Vin (V)	Iin (A)	Pin (W)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)	Efisiensi daya (%)
1	23,9	0,39	9,44	13,2	0,6	7,9	84%
2	23,9	0,39	9,44	13,2	0,7	9,247	98%
3	23,9	0,44	10,6	13,2	0,67	8,88	84%
4	20,4	0,78	16	13,3	1,12	14,86	93%



5	20,4	0,78	16	13,5	1,04	14,08	88%
6	20,5	0,74	15,1	13,6	1,06	14,48	96%
7	20,3	0,74	14,9	13,1	1,07	14,08	94%
8	20	0,74	14,7	13,1	0,97	12,73	86%
9	20,2	0,74	14,8	13,1	0,97	12,75	86%
10	19,5	0,74	14,4	13,2	0,97	12,77	89%
11	19,8	0,74	14,6	13,18	0,97	12,75	87%
12	19,9	0,74	14,6	13,28	0,97	12,84	87%
13	20	0,69	13,7	13,3	0,97	12,86	93%
14	19,4	0,74	14,3	13,23	0,97	12,8	89%
15	20,3	0,74	14,9	13,16	0,97	12,73	85%
16	19,6	0,69	13,5	13,28	0,89	11,86	88%
17	19,4	0,69	13,3	13,23	0,89	11,82	88%
18	20,5	0,69	14,1	13,3	0,97	12,86	91%
19	19,6	0,74	14,4	13,28	0,97	12,84	89%
20	20,2	0,69	13,8	13,16	0,97	12,73	92%
21	20,0	0,74	14,7	13,23	0,97	12,8	87%
22	19,7	0,69	13,5	13,3	0,97	12,86	95%
No	V <sub>in</sub> (V)	I <sub>in</sub> (A)	P <sub>in</sub> (W)	V <sub>out</sub> (V)	I <sub>out</sub> (A)	P <sub>out</sub> (W)	Efisiensi daya (%)
23	20	0,74	14,7	13,18	0,97	12,75	87%
24	19,4	0,74	14,3	13,28	0,89	11,86	83%
25	19,3	0,69	13,2	13,23	0,97	12,8	96%
26	20,4	0,64	13,0	13,28	0,89	11,86	91%
27	20,5	0,69	14,1	13,95	0,99	13,81	98%
28	20,5	0,69	14,1	13,86	0,99	13,72	97%
29	19,3	0,69	13,2	13,96	0,89	12,42	94%
30	19,2	0,69	13,2	13,33	0,89	11,9	90%
31	19,4	0,69	13,3	13,23	0,97	12,8	96%

32	19,7	0,69	13,5	13,21	0,89	11,8	87%
33	19,7	0,74	14,5	13,21	0,89	11,8	81%
34	19,1	0,64	12,2	13,3	0,89	11,88	97%
35	20,3	0,69	13,9	13,3	0,89	11,88	85%
36	20,1	0,64	12,8	13,26	0,89	11,84	92%
37	19,1	0,64	12,2	13,21	0,89	11,76	96%
38	19,4	0,74	14,3	13,26	0,89	11,84	83%
39	19,4	0,69	13,3	13,3	0,89	11,88	89%
40	20,0	0,69	13,7	13,23	0,97	12,8	93%
41	19,2	0,64	12,2	13,33	0,89	11,9	97%
42	19,4	0,69	13,3	13,33	0,89	11,9	89%
43	19,7	0,64	12,5	13,35	0,89	11,92	95%
44	19,8	0,64	12,6	13,28	0,89	11,86	94%
45	19,8	0,69	13,6	13,35	0,89	11,92	87%
46	19,9	0,64	12,7	13,26	0,89	11,84	93%
47	19,7	0,64	12,5	13,4	0,82	10,97	87%
48	20,0	0,69	13,7	13,35	0,89	11,92	87%
49	20	0,69	13,7	13,35	0,89	11,92	87%
50	19,9	0,59	11,7	13,35	0,82	10,93	93%
No	Vin (V)	Iin (A)	Pin (W)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)	Efisiensi daya (%)
51	19,1	0,59	11,3	13,26	0,82	10,86	96%
52	20,3	0,59	12,0	13,35	0,82	10,93	91%
53	19,2	0,59	11,3	13,26	0,82	10,86	96%
54	19,2	0,64	12,2	13,35	0,82	10,93	89%
55	20	0,64	12,7	13,35	0,82	10,93	86%
56	19,0	0,59	11,2	13,3	0,82	10,9	97%
57	19,0	0,69	13,1	13,3	0,82	10,9	83%
58	20,2	0,59	11,9	13,28	0,75	9,89	83%
59	20,2	0,59	11,9	13,35	0,82	10,93	92%

60	19,5	0,64	12,4	13,35	0,75	9,95	80%
----	------	------	------	-------	------	------	-----

Dari data Tabel 4.12 diperlihatkan bahwa rata-rata tegangan yang keluar menuju akumulator sebesar 13,32 V. Kemudian arus rata-rata *charging* menuju ke akumulator sebesar 0,9A. Jumlah data ada 60 data dilakukan selama 1 jam dengan pengambilan data setiap 1 menit, sehingga data yang bisa didapatkan sebanyak 60 data.

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

## **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**

Pada penelitian kali ini, dapat diambil kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Daya maksimum yang atau kerja maksimal dari *regula falsi* dengan spesifikasi dari *buck converter* adalah 14,86 W dengan *dutycycle* sebesar 67,74%
2. Tegangan keluaran dari *charging* akumulator sebesar 13,32V dan arus *charging* rata-rata sebesar 0,9A

3. Rata-rata efisiensi daya yang dihasilkan oleh keseluruhan sistem adalah sebesar 90%

## 5.2. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu diharapkan dapat memperbaiki dan menyempurnakan kinerja dari alat ini, maka perlu disarankan :

1. Dalam membuat rangkaian *buck converter*, lebih baik gunakan induktor trafo agar lebih baik hasilnya dan nilai induktansi tidak berubah-ubah.
2. Ambil data karakteristik PV sebanyak-banyaknya agar nilai lebih baik, dan hasil data dan pergerakan lebih *smooth*
3. Agar nilai lebih mendekati lebih baik gunakan *modified regula falsi* agar dalam pencapaian daya maksimal lebih cepat.
4. Untuk melihat apakah MPPT bekerja atau tidak bisa menggunakan lampu untuk melihat lebih terang atau tidak nyala lampu. Akan tetapi dengan pengisian *charging* akumulator juga sudah bisa dilihat apakah sudah melakukan tracking apa belum.

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



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] Hughes, J M. *Arduino: A Technical Reference: A Handbook for Technicians, Engineers, and Makers*. O'Reilly Media Inc. 2016.
- [3] Gerald Recktenwald. *Voltage Dividers and Potentiometers*. The University of Wisconsin. Madison. 2012.
- [4] ....., *Datasheet ACS712, Fully Integrated, Half Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and Low-Resistance Current Conductor*. 2004
- [5] Wong, Marnie. *A DC-DC Buck Converter with a Fully Integrated Second Order Continuous Time Sigma Delta Modulated Feedback*. Arizona State University. Arizona. 2006.
- [6] Srdan Lale, Milomir Soja, Slobodan Lubura, Dragon D. Mancić 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.
- [7] Wiwien Widyastuti, Martanto, Leonard Utomo Pribadi. Alat Pengukur Tegangan Pengisian dan Pengosongan untuk Baterai Isi Ulang , *Laporan Penelitian*, Yogyakarta.
- [8] Chun, Seunghyun P., Alexis Kwasinski, ; *Analysis of Classical Root-Finding Methods Applied to Digital Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Energy Generation*. *IEEE transactions on power electronics*, vol. 26, no. 12, Desember 2011.

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



## LAMPIRAN A PROGRAM

### A.1 Program Sensor Tegangan

```
float Nilai;
float sensorVoltage = A0;
float ValueVoltage;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  ValueVoltage = analogRead(sensorVoltage);
  Nilai = ((ValueVoltage*0.00489)*5);
  Serial.print(Nilai);
  Serial.print(" V ");
  Serial.print(ValueVoltage);
  delay(1000);
}
```

### A.2 Program Sensor Arus

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  unsigned int x=00;
  float baca_sensor = 0.0, sampling = 0.0, rata2 = 0.0, hasilnilai = 0.0;
  for(int x = 00; x<150; x++) {
    baca_sensor = analogRead(A0);
    sampling = sampling + baca_sensor;
    delay(3);
  }
  rata2 = sampling/150.0;
  hasilnilai = ((rata2 * (5.0/1024.0)) - 2.5)/0.185;
  Serial.println(hasilnilai);
  delay(50);
}
```

### A.3 Program Cek Duty Cycle

```
double arus_temporary=0.0;
float adc_Volt, cal_value, temp;
```

```

unsigned long waktu_kalibrasi=0, kalibrasi=600;
boolean calibration=false;
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Sistem dimulai");
  Serial.print("waktu kalibrasi");
  Serial.println(kalibrasi);
}
void data_olah(){
  temp = analogRead(A0)*(5.0/1023.0);
  adc_Volt =abs(temp - 2.50);
  adc_Volt /=0.185;
  adc_Volt *= 1000;
  if(waktu_kalibrasi < kalibrasi){
    waktu_kalibrasi++;
    Serial.print("Waktu Kalibrasi: ");
    Serial.print(waktu_kalibrasi);
    arus_temporary+= adc_Volt;
    calibration = true;
  } else if(calibration ==true){
    cal_value = arus_temporary/kalibrasi;
    calibration = false;
  }
  if(calibration == false ) {
    adc_Volt = cal_value;
    adc_Volt = abs(adc_Volt);
    Serial.println("Satuan");
    Serial.print(" mA : ");
    Serial.println(adc_Volt);
    adc_Volt/= 1000;
    Serial.print(" A ");
    Serial.println(adc_Volt);
    Serial.print(" ");
  }
}
void loop(){
  data_olah();
  delay(500);
}

```

### A.3 Program *Regula Falsi*

```
static double clock, tracking, konstanta, radiasi, faktor;
static double tegangan, arus, duty_old, duty_new, daya_old,
daya_new, daya_lama, daya_baru, radiasi_lama, radiasi_baru;
static int step, i, n, data, sampling, langkah, iterasi, max_iterasi, lagi,
tunda_tracking;
static double T, pwm, DC, frekuensi, duty, delt;
static double vin, vo, iin, dayaMax;
static char waktu;
static double va1, pva1, dutya1, pwma=40, pwmb=100;
static double va2, pva2, dutya2, duty2;
static double vb1, pvb1, dutyb1;
static double vb2, pvb2, dutyb2;
static double vpm1, pm1, dutyvpm;
static double vpm2, pm2, cek, fvpm;
static double deltaVa, deltaVb, fva, fvb, vpm;
frekuensi = 50000;
T=1/frekuensi;
step=T/delt;
// deklarasi variabel dan input output
vin=x2;
iin=x1;
waktu=x3;
tracking=x4;
faktor=0.5;
radiasi=x5;
vo=x6;
waktu++;
if(waktu>6)waktu=0;
switch(waktu)
{
case 0 : dutya1=pwma;
           duty=dutya1;
           va1=vin;
           pva1=vin*iin; break;
case 1 : dutya2=pwma+1;
           duty=dutya2;
           va2=vin;
           pva2=vin*iin; break;
case 2 : dutyb1=pwmb;
           duty=dutyb1;
```

```

        vb1=vin;
        pvb1=vin*iin; break;
case 3 : dutyb2=pwmb-3;
        duty=dutyb2;
        vb2=vin;
        pvb2=vin*iin; break;
case 4 : deltaVa=va2-va1;
        deltaVb=vb2-vb1;
        fva=(pva2-pva1)/deltaVa;
        fvb=(pvb2-pvb1)/deltaVb;
        vpm = ((deltaVa*fvb)-
(deltaVb*fva))/(fvb*fva);
        dutyvpm=dutyb2+((vb2-vpm)/vo);
        break;
case 5 : duty=dutyvpm;
        vpm1=vin;
        pm1=vin*iin;
        break;
case 6 : duty=dutyvpm-4;
        vpm2=vin;
        pm2=vin*iin;
        fvpm=((pm2-pm1)/(vpm2-vpm1));
        cek=fvpm*fva;
        if(cek<=0)pwmb=dutyvpm;
        else pwma=dutyvpm;
        break;

}

dayaMax=vin*iin;

//PWM
DC=duty2*step/100;
if(n<=DC)
{pwm=1;}

else

{pwm=0;}

if(n==step)

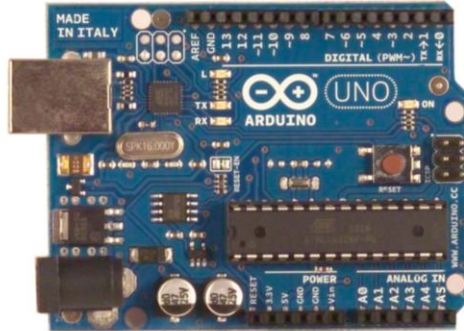
```

```
{  
    n=0;  
}  
n++;  
y1=pwm;  
y2=duty;  
y3=dayaMax;  
y4=vin;
```

# LAMPIRAN B DATASHEET

## B.1 Arduino Uno

### Arduino UNO



### Product Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

### Index

Technical Specifications	Page 2
How to use Arduino Programming Environment, Basic Tutorials	Page 6
Terms & Conditions	Page 7
Environmental Policies half sqm of green via Impatto Zero®	Page 7



*radiospares*

*RADIONICS*



# Technical Specification

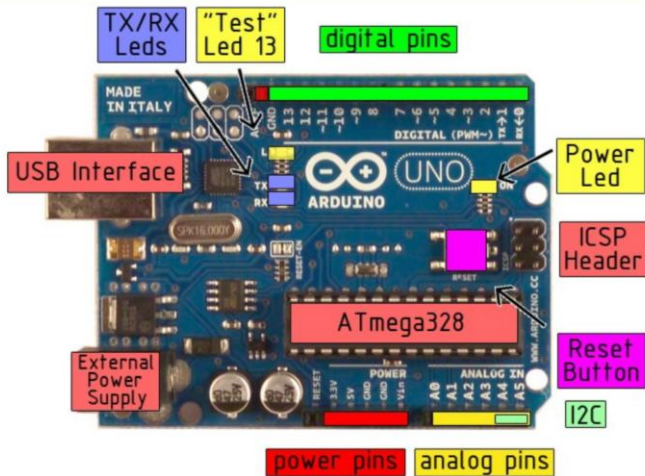


EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

## 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



## Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

## Memory

The Atmega328 has 32 KB of flash memory for storing code (of which 0,5 KB is used for the bootloader); It has also 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

## Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip .
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.



radiospares

RADIONICS





The Uno has 6 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **I<sup>2</sup>C: 4 (SDA) and 5 (SCL).** Support I<sup>2</sup>C (TWI) communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and Atmega328 ports](#).

## Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega8U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '8U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, on Windows, an \*.inf file is required..

The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also support I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega328 datasheet.

## Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno w/ ATmega328" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega8U2 firmware source code is available . The ATmega8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2. You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader).



*radiospares*

**RADIONICS**



## Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

## USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

## Physical Characteristics

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.



*radiospares* **RADIONICS**



# How to use Arduino



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

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

## Linux Install

## Windows Install

## Mac Install

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

### Blink led

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

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

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

In **Tools>Board** select

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

```
int ledPin = 13; // LED connected to digital pin 13

// The setup() method runs once, when the sketch starts

void setup() {
  // initialize the digital pin as an output:
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}

// the loop() method runs over and over again,
// as long as the Arduino has power

void loop()
{
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // set the LED on
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(ledPin, LOW); // set the LED off
  delay(1000); // wait for a second
}
```

Done compiling.  
Press Compile button  
(to check for errors)

Upload

TX RX Flashing

Blinking Led!

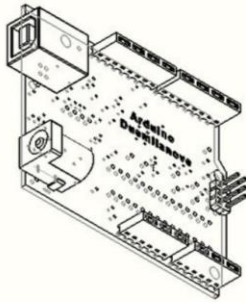
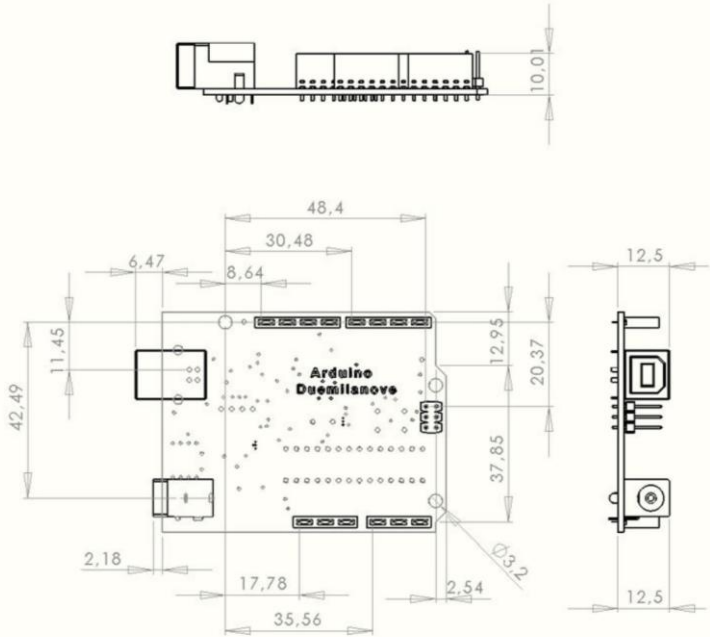


radiospares

RADIONICS



Dimensioned Drawing



*radiospares*

**RADIONICS**



# Terms & Conditions



## 1. Warranties

1.1 The producer warrants that its products will conform to the Specifications. This warranty lasts for one (1) years from the date of the sale. The producer shall not be liable for any defects that are caused by neglect, misuse or mistreatment by the Customer, including improper installation or testing, or for any products that have been altered or modified in any way by a Customer. Moreover, The producer shall not be liable for any defects that result from Customer's design, specifications or instructions for such products. Testing and other quality control techniques are used to the extent the producer deems necessary.

1.2 If any products fail to conform to the warranty set forth above, the producer's sole liability shall be to replace such products. The producer's liability shall be limited to products that are determined by the producer not to conform to such warranty. If the producer elects to replace such products, the producer shall have a reasonable time to replacements. Replaced products shall be warranted for a new full warranty period.

1.3 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, PRODUCTS ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." THE PRODUCER DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE

1.4 Customer agrees that prior to using any systems that include the producer products, Customer will test such systems and the functionality of the products as used in such systems. The producer may provide technical, applications or design advice, quality characterization, reliability data or other services. Customer acknowledges and agrees that providing these services shall not expand or otherwise alter the producer's warranties, as set forth above, and no additional obligations or liabilities shall arise from the producer providing such services.

1.5 The Arduino™ products are not authorized for use in safety-critical applications where a failure of the product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death. Safety-Critical Applications include, without limitation, life support devices and systems, equipment or systems for the operation of nuclear facilities and weapons systems. Arduino™ products are neither designed nor intended for use in military or aerospace applications or environments and for automotive applications or environment. Customer acknowledges and agrees that any such use of Arduino™ products which is solely at the Customer's risk, and that Customer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

1.6 Customer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products and any use of Arduino™ products in Customer's applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by the producer.

## 2. Indemnification

The Customer acknowledges and agrees to defend, indemnify and hold harmless the producer from and against any and all third-party losses, damages, liabilities and expenses it incurs to the extent directly caused by: (i) an actual breach by a Customer of the representation and warranties made under this terms and conditions or (ii) the gross negligence or willful misconduct by the Customer.

## 3. Consequential Damages Waiver

In no event the producer shall be liable to the Customer or any third parties for any special, collateral, indirect, punitive, incidental, consequential or exemplary damages in connection with or arising out of the products provided hereunder, regardless of whether the producer has been advised of the possibility of such damages. This section will survive the termination of the warranty period.

## 4. Changes to specifications

The producer may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." The producer reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.



## Environmental Policies



The producer of Arduino™ has joined the Impatto Zero® policy of LifeGate.it. For each Arduino board produced is created / looked after half squared Km of Costa Rica's forest's.



radiospares

RADIONICS



## B.2 Datasheet Sensor Arus 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 F1H IFR pin
- 5 ns 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  $-40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m $\Omega$  internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS 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

#### Description

The Allegro<sup>®</sup> 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 ( $>V_{\text{OFFSET(Q)}}$ ) 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 $\Omega$  typical, providing low power

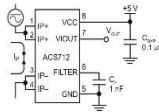
Package: 8 pin SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1

*Continued on the next page...*

#### Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal,  $V_{\text{OUT}}$ , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sensed current,  $I_p$ , within the range specified.  $C_1$  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 $\times$  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 <sub>OP</sub> (°C)	Optimized Range, I <sub>P</sub> (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 <sub>CC</sub>		8	V
Reverse Supply Voltage	V <sub>RCC</sub>		-0.1	V
Output Voltage	V <sub>OUT</sub>		8	V
Reverse Output Voltage	V <sub>R,OUT</sub>		-0.1	V
Output Current Source	I <sub>OUT(SOURCE)</sub>		3	mA
Output Current Sink	I <sub>OUT(SINK)</sub>		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I <sub>P</sub>	100 total pulses, 250 ms duration each, applied at a rate of 1 pulse every 100 seconds.	60	A
Maximum Transient Sensed Current	I <sub>2</sub> (max)	Junction Temperature, T <sub>J</sub> < T <sub>J</sub> (max)	60	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T <sub>A</sub>	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction	T <sub>J</sub> (max)		165	°C
Storage Temperature	T <sub>stg</sub>		-65 to 170	°C



TUV 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

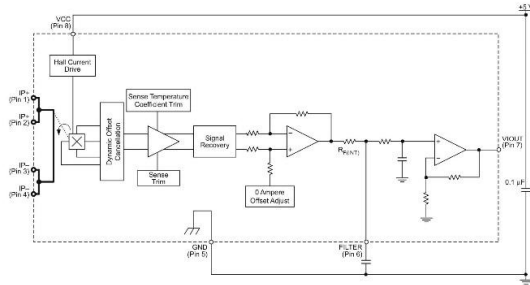


Allegro Microsystems, Inc.  
115 North Main Street, Box 15036  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000  
www.allegromicro.com

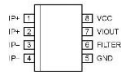
# ACS712

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

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	VOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal



Allegro MicroSystems, Inc.  
110 North Street, Suite 1503B  
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

### x05A PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_{OP} = -40^{\circ}\text{C}$ to $85^{\circ}\text{C}$ <sup>1</sup>, $C_F = 1\text{ nF}$ , and $V_{CC} = 5\text{ V}$ , unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	$I_2$	Over full range of $I_2$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-5	-	5	A
Sensitivity <sup>2</sup>	$Sens_{EX}$	Over full range of $I_2$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	185	-	mV/A
	$Sens_{TOP}$	Over full range of $I_2$	178	-	193	mV/A
Noise	$V_{N(SRPP)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 4.7\text{ nF}$ , $C_{OUT} = \text{open}$ , 20 kHz bandwidth	-	45	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$ , $C_{OUT} = \text{open}$ , 2 kHz bandwidth	-	20	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 1\text{ nF}$ , $C_{OUT} = \text{open}$ , 50 kHz bandwidth	-	75	-	mV
Electrical Offset Voltage	$V_{OFF}$	$I_P = 0\text{ A}$	-40	-	40	mV
Total Output Error <sup>3</sup>	$E_{TOT}$	$I_P = \pm 5\text{ A}$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	$\pm 1.5$	-	%

<sup>1</sup>Device may be operated at higher primary current levels,  $I_2$ , and ambient temperatures,  $T_{OP}$ , provided that the Maximum Junction Temperature,  $T_{J(MAX)}$ , is not exceeded.

<sup>2</sup>At  $-40^{\circ}\text{C}$  Sensitivity may shift as much 9% outside of the datasheet limits.

<sup>3</sup>Percentage of  $I_2$  with  $I_P = 5\text{ A}$ . Output filtered.

### x20A PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_{OP} = -40^{\circ}\text{C}$ to $85^{\circ}\text{C}$ <sup>1</sup>, $C_F = 1\text{ nF}$ , and $V_{CC} = 5\text{ V}$ , unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	$I_2$	Over full range of $I_2$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-20	-	20	A
Sensitivity <sup>2</sup>	$Sens_{EX}$	Over full range of $I_2$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	100	-	mV/A
	$Sens_{TOP}$	Over full range of $I_2$	97	-	103	mV/A
Noise	$V_{N(SRPP)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 4.7\text{ nF}$ , $C_{OUT} = \text{open}$ , 20 kHz bandwidth	-	24	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$ , $C_{OUT} = \text{open}$ , 2 kHz bandwidth	-	10	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 1\text{ nF}$ , $C_{OUT} = \text{open}$ , 50 kHz bandwidth	-	40	-	mV
Electrical Offset Voltage	$V_{OFF}$	$I_P = 0\text{ A}$	-30	-	30	mV
Total Output Error <sup>3</sup>	$E_{TOT}$	$I_P = \pm 20\text{ A}$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	$\pm 1.5$	-	%

<sup>1</sup>Device may be operated at higher primary current levels,  $I_2$ , and ambient temperatures,  $T_{OP}$ , provided that the Maximum Junction Temperature,  $T_{J(MAX)}$ , is not exceeded.

<sup>2</sup>At  $-40^{\circ}\text{C}$  Sensitivity may shift as much 9% outside of the datasheet limits.

<sup>3</sup>Percentage of  $I_2$  with  $I_P = 20\text{ A}$ . Output filtered.

### x30A PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_{OP} = -40^{\circ}\text{C}$ to $85^{\circ}\text{C}$ <sup>1</sup>, $C_F = 1\text{ nF}$ , and $V_{CC} = 5\text{ V}$ , unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	$I_2$	Over full range of $I_2$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-30	-	30	A
Sensitivity <sup>2</sup>	$Sens_{EX}$	Over full range of $I_2$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	66	-	mV/A
	$Sens_{TOP}$	Over full range of $I_2$	64	-	68	mV/A
Noise	$V_{N(SRPP)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 4.7\text{ nF}$ , $C_{OUT} = \text{open}$ , 20 kHz bandwidth	-	20	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$ , $C_{OUT} = \text{open}$ , 2 kHz bandwidth	-	7	-	mV
		Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 1\text{ nF}$ , $C_{OUT} = \text{open}$ , 50 kHz bandwidth	-	35	-	mV
Electrical Offset Voltage	$V_{OFF}$	$I_P = 0\text{ A}$	-30	-	30	mV
Total Output Error <sup>3</sup>	$E_{TOT}$	$I_P = \pm 30\text{ A}$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	$\pm 1.5$	-	%

<sup>1</sup>Device may be operated at higher primary current levels,  $I_2$ , and ambient temperatures,  $T_{OP}$ , provided that the Maximum Junction Temperature,  $T_{J(MAX)}$ , is not exceeded.

<sup>2</sup>At  $-40^{\circ}\text{C}$  Sensitivity may shift as much 9% outside of the datasheet limits.

<sup>3</sup>Percentage of  $I_2$  with  $I_P = 30\text{ A}$ . Output filtered.

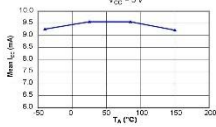


Allegro MicroSystems, Inc.  
1155 Bond Street, Suite 1503B  
Worcester, Massachusetts 01615-0038 (508) 853-5000  
www.allegromicro.com

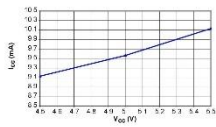
Characteristic Performance

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

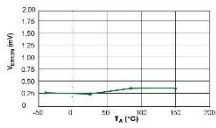
Mean Supply Current versus Ambient Temperature



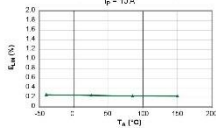
Supply Current versus Supply Voltage



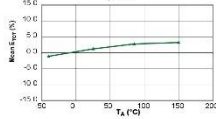
Magnetic Offset versus Ambient Temperature



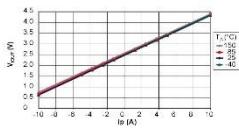
Nonlinearity versus Ambient Temperature



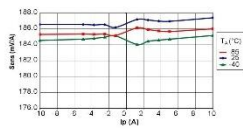
Mean Total Output Error versus Ambient Temperature



Output Voltage versus Sensed Current

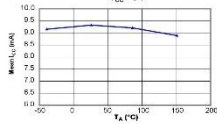


Sensitivity versus Sensed Current

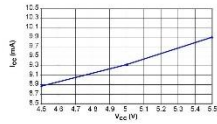


Characteristic Performance  
 $I_2 = 30\text{ A}$ , Sens = 66 mV/A unless otherwise specified

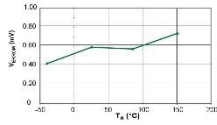
Mean Supply Current versus Ambient Temperature  
 $V_{CC} = 5\text{ V}$



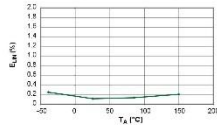
Supply Current versus Supply Voltage



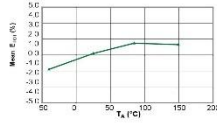
Magneto Offset Current versus Ambient Temperature



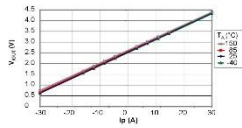
Nonlinearity versus Ambient Temperature



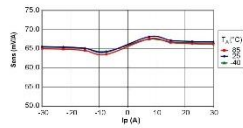
Mean Total Output Error versus Ambient Temperature



Output Voltage versus Sensed Current



Sensitivity versus Sensed Current



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<sub>NOISE</sub>).** 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<sub>LINE</sub>).** 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:

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

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

**Symmetry (E<sub>SYMM</sub>).** 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:

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

**Quiescent output voltage (V<sub>OUT(Q)</sub>).** The output of the sensor when the primary current is zero. For a unipolar supply voltage, it nominally remains at  $V_{CC}/2$ . Thus,  $V_{CC} = 5 \text{ V}$  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<sub>OFF</sub>).** The deviation of the device output from its ideal quiescent value of  $V_{CC}/2$  due to nonmagnetic causes. To convert this voltage to amperes, divide by the device sensitivity, Sens.

**Accuracy (E<sub>TOT</sub>).** 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.

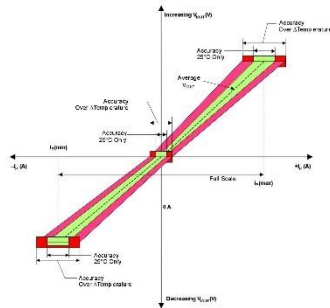
**Ratiometry.** The ratiometric feature means that its 0 A output,  $V_{\text{OUT}(0)}$  (nominally equal to  $V_{CC}/2$ ) and sensitivity, Sens, are proportional to its supply voltage,  $V_{CC}$ . The following formula is used to derive the ratiometric change in 0 A output voltage,  $\Delta V_{\text{OUT}(0)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

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

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

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

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

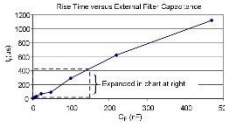
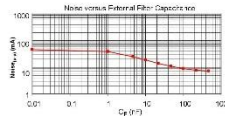
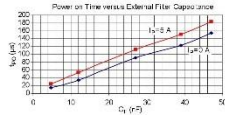
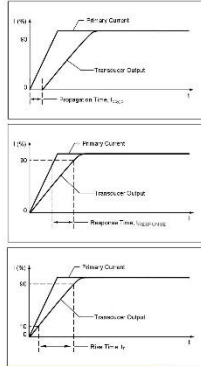


Definitions of Dynamic Response Characteristics

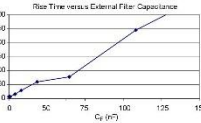
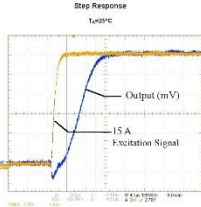
**Propagation delay ( $t_{PROP}$ ).** The time required for the sensor output to reflect a change in the primary current signal. Propagation delay is attributed to inductive loading within the linear IC package, as well as in the inductive loop formed by the primary conductor geometry. Propagation delay can be considered as a fixed time offset and may be compensated.

**Response time ( $t_{RESPONSE}$ ).** The time interval between a) when the primary current signal reaches 90% of its final value, and b) when the sensor reaches 90% of its output corresponding to the applied current.

**Rise time ( $t_r$ ).** The time interval between a) when the sensor reaches 10% of its full scale value, and b) when it reaches 90% of its full scale value. The rise time to a step response is used to derive the bandwidth of the current sensor, in which  $f(-3\text{ dB}) = 0.35/t_r$ . Both  $t_r$  and  $t_{RESPONSE}$  are detrimentally affected by eddy current losses observed in the conductive IC ground plane.



$C_F$ (pF)	$t_r$ (ns)
0	0.047
1	7.74
4.7	17.36
10	30.0087
22	68.16
47	88.16
100	591.58
220	623.02
470	1120



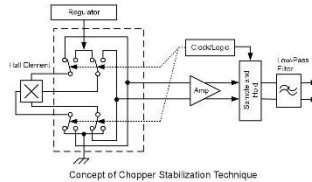
# ACS712

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

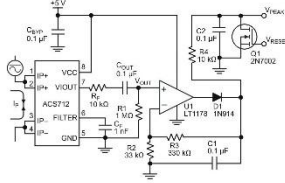
## Chopper Stabilization Technique

Chopper Stabilization is an innovative circuit technique that is used to minimize the offset voltage of a Hall element and an associated on-chip amplifier. Allegro patented a Chopper Stabilization technique that nearly eliminates Hall IC output drift induced by temperature or package stress effects. This offset reduction technique is based on a signal modulation-demodulation process. Modulation is used to separate the undesired dc offset signal from the magnetically induced signal in the frequency domain. Then, using a low-pass filter, the modulated dc offset is suppressed while the magnetically induced signal passes through the filter. As a result of this chopper stabilization approach, the output voltage from the Hall IC is desensitized (to the effects of temperature and mechanical stress. This technique produces devices that have an extremely stable Electrical Offset Voltage, are immune to thermal stress, and have precise recoverability after temperature cycling.

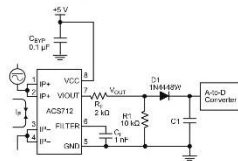
This technique is made possible through the use of a BiCMOS process that allows the use of low-offset and low-noise amplifiers in combination with high-density logic integration and sample and hold circuits.



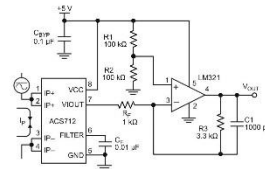
## Typical Applications



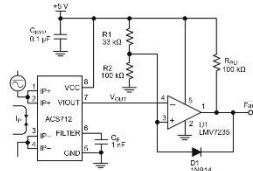
Application 2. Peak Detecting Circuit



Application 4. Rectified Output. 3.3 V scaling and rectification application for A-to-D converters. Replaces current transformer solutions with simpler ACS circuit. C1 is a function of the load resistance and filtering desired. R1 can be omitted if the full range is desired.



Application 3. This configuration increases gain to 610 mV/A (tested using the ACS712ELC-05A).



Application 5. 10 A Overcurrent Fault Latch. Fault threshold set by R1 and R2. This circuit latches an overcurrent fault and holds it until the 5 V rail is powered down.



Allegro MicroSystems, Inc.  
115 Northwood Court, Box 15036  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 883-5000  
www.allegromicro.com

Improving Sensing System Accuracy Using the FILTER Pin

In low-frequency sensing applications, it is often advantageous to add a simple RC filter to the output of the sensor. Such a low-pass filter improves the signal-to-noise ratio, and therefore the resolution, of the sensor output signal. However, the addition of an RC filter to the output of a sensor IC can result in undesirable sensor output attenuation—even for dc signals.

Signal attenuation,  $\Delta V_{ATT}$ , is a result of the resistive divider effect between the resistance of the external filter,  $R_F$  (see Application 6), and the input impedance and resistance of the customer interface circuit,  $R_{INTFC}$ . The transfer function of this resistive divider is given by:

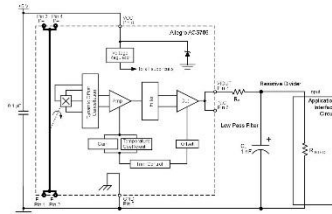
$$\Delta V_{ATT} = V_{OUT} \left( \frac{R_{INTFC}}{R_F + R_{INTFC}} \right)$$

Even if  $R_F$  and  $R_{INTFC}$  are designed to match, the two individual resistance values will most likely drift by different amounts over

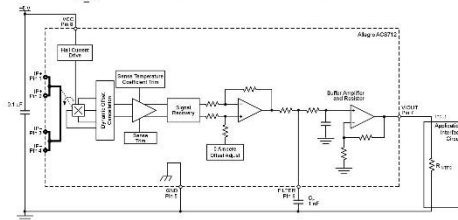
temperature. Therefore, signal attenuation will vary as a function of temperature. Note that, in many cases, the input impedance,  $R_{INTFC}$ , of a typical analog-to-digital converter (ADC) can be as low as 10 k $\Omega$ .

The ACS712 contains an internal resistor, a FILTER pin connection to the printed circuit board, and an internal buffer amplifier. With this circuit architecture, users can implement a simple RC filter via the addition of a capacitor,  $C_F$  (see Application 7) from the FILTER pin to ground. The buffer amplifier inside of the ACS712 (located after the internal resistor and FILTER pin connection) eliminates the attenuation caused by the resistive divider effect described in the equation for  $\Delta V_{ATT}$ . Therefore, the ACS712 device is ideal for use in high-accuracy applications that cannot afford the signal attenuation associated with the use of an external RC low-pass filter.

Application 6. When a low pass filter is constructed externally to a standard Hall effect device, a resistive divider may exist between the filter resistor,  $R_F$ , and the resistance of the customer interface circuit,  $R_{INTFC}$ . This resistive divider will cause excessive attenuation, as given by the transfer function for  $\Delta V_{ATT}$ .



Application 7. Using the FILTER pin provided on the ACS712 eliminates the attenuation effects of the resistor divider between  $R_F$  and  $R_{INTFC}$ , shown in Application 6.

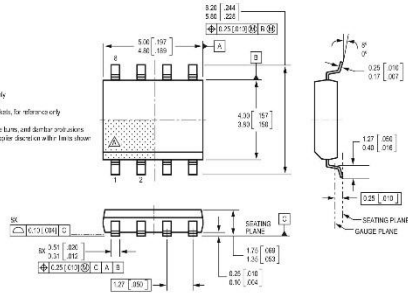


# ACS712

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

## Package LC, 8-pin SOIC

Primary dimensions for reference only  
Dimensions in millimeters  
U.S. Customary Dimensions (in parentheses), for reference only  
Indicative ASME Y14.5M 2018  
Dimensions exclusive of mold flash, gate burrs, and similar production  
Each case and lead configuration at supplier discretion unless otherwise shown  
Terminals #1 mark area



## Package Branding

Two alternative patterns are used



	ACS	Allegro Current Sensor
	712	Device family number
	T	Indicator of 100% matte tin leadframe plating
ACS712T	R	Operating ambient temperature range code
RLCPPP	LC	Package type designator
YYWWA	PPP	Primary sensed current
	YY	Date code: Calendar year (last two digits)
	WW	Date code: Calendar week
	A	Date code: Shift code

	ACS	Allegro Current Sensor
	712	Device family number
	T	Indicator of 100% matte tin leadframe plating
ACS712T	R	Operating ambient temperature range code
RLCPPP	LC	Package type designator
L.L	PPP	Primary sensed current
YYWW	L.L	Lot code
	YY	Date code: Calendar year (last two digits)
	WW	Date code: Calendar week

The products described herein are manufactured under one or more of the following U.S. patents: 5,045,920; 5,264,783; 5,442,283; 5,389,889; 5,581,179; 5,517,112; 5,619,137; 5,621,319; 5,650,719; 5,686,894; 5,694,038; 5,729,130; 5,917,320; and other patents pending.

Allegro MicroSystems, Inc. reserves the right to make, from time to time, such departures from the detail specifications as may be required to permit improvements in the performance, reliability,

or manufacturability of its products. Before placing an order, the user is cautioned to verify that the information being relied upon is current. The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, Allegro MicroSystems, Inc. assumes no responsibility for its use, nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use.

Copyright © 2006, Allegro MicroSystems, Inc.

For the latest version of this document, go to our website at:  
[www.allegromicro.com](http://www.allegromicro.com)



Allegro MicroSystems, Inc.  
115 North East Street, Box 15036  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000  
[www.allegromicro.com](http://www.allegromicro.com)



## B.3 Datasheet IRF540

Philips Semiconductors

Product specification

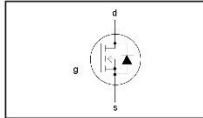
N-channel TrenchMOS | transistor

IRF540, IRF540S

### FEATURES

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

### SYMBOL



### QUICK REFERENCE DATA

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

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

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

### 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

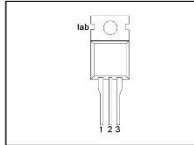
The IRF540 is supplied in the SOT78 (TO220AB) conventional leaded package.

The IRF540S is supplied in the SOT404 (D<sup>2</sup>PAK) surface mounting package.

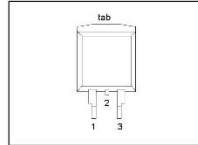
### PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	gate
2	drain <sup>1</sup>
3	source
tab	drain

### SOT78 (TO220AB)



### SOT404 (D<sup>2</sup>PAK)



### 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
$V_{DSR}$	Drain-gate voltage	$T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ to $175 \text{ }^\circ\text{C}$ ; $R_{GS} = 20 \text{ k}\Omega$	-	100	V
$V_{GS}$	Gate-source voltage		-	$\pm 20$	V
$I_D$	Continuous drain current	$T_{mb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ; $V_{GS} = 10 \text{ V}$	-	23	A
$I_{DM}$	Pulsed drain current	$T_{mb} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ; $V_{GS} = 10 \text{ V}$	-	16	A
$P_D$	Total power dissipation	$T_{mb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	92	W
$T_J, T_{mb}$	Operating junction and storage temperature	$T_{mb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	- 55	175	$^\circ\text{C}$

<sup>1</sup> 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; $I_{AS} = 10\text{ A}$ , $t_r = 350\text{ }\mu\text{s}$ ; $T_j$ prior to avalanche = $25^\circ\text{C}$ ; $V_{DS} \leq 25\text{ V}$ ; $R_{\theta SC} = 50\text{ }\Omega$ ; $V_{GS} = 10\text{ V}$ ; refer to fig.14	-	230	mJ
$I_{AS}$	Peak non-repetitive avalanche current		-	23	A

## THERMAL RESISTANCES

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

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$V_{DS(BO)}$	Drain-source breakdown voltage	$V_{GS} = 0\text{ V}$ ; $I_D = 0.25\text{ mA}$ ; $T_j = -55^\circ\text{C}$	100	-	-	V
$V_{GS(TH)}$	Gate threshold voltage	$V_{DS} = V_{GS}$ ; $I_D = 1\text{ mA}$ ; $T_j = 175^\circ\text{C}$	2	3	4	V
$R_{DS(ON)}$	Drain-source on-state resistance	$V_{GS} = 10\text{ V}$ ; $I_D = 17\text{ A}$ ; $T_j = 175^\circ\text{C}$	-	49	77	m $\Omega$
$g_{fs}$	Forward transconductance	$V_{DS} = 25\text{ V}$ ; $I_D = 17\text{ A}$	8.7	15.5	-	S
$I_{GSS}$	Gate source leakage current	$V_{GS} = \pm 20\text{ V}$ ; $V_{DS} = 0\text{ V}$	-	10	100	nA
$I_{DSS}$	Zero gate voltage drain current	$V_{DS} = 100\text{ V}$ ; $V_{GS} = 0\text{ V}$ ; $V_{DS} = 80\text{ V}$ ; $V_{GS} = 0\text{ V}$ ; $T_j = 175^\circ\text{C}$	-	0.05	10	$\mu\text{A}$
$Q_{g(tot)}$	Total gate charge	$I_D = 17\text{ A}$ ; $V_{DS} = 80\text{ V}$ ; $V_{GS} = 10\text{ V}$	-	-	65	nC
$Q_{gs}$	Gate-source charge		-	-	10	nC
$Q_{gd}$	Gate-drain (Miller) charge		-	-	29	nC
$t_{on}$	Turn-on delay time	$V_{GS} = 50\text{ V}$ ; $R_G = 2.2\text{ }\Omega$ ; $V_{DS} = 10\text{ V}$ ; $R_G = 5.6\text{ }\Omega$	-	8	-	ns
$t_r$	Turn-on rise time	Resistive load	-	39	-	ns
$t_{off}$	Turn-off delay time		-	26	-	ns
$t_f$	Turn-off fall time		-	24	-	ns
$L_d$	Internal drain inductance	Measured tab to centre of die	-	3.5	-	nH
$L_j$	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	$V_{DS} = 0\text{ V}$ ; $V_{GS} = 25\text{ V}$ ; $f = 1\text{ MHz}$	-	890	1187	pF
$C_{oss}$	Output capacitance		-	139	167	pF
$C_{fss}$	Feedback capacitance		-	83	109	pF

N-channel TrenchMOS | transistor

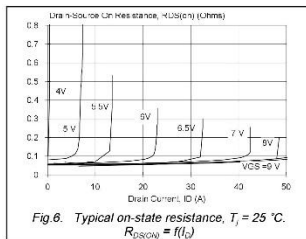
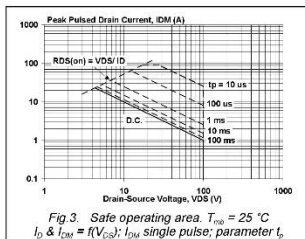
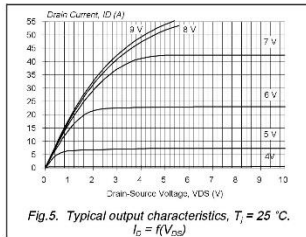
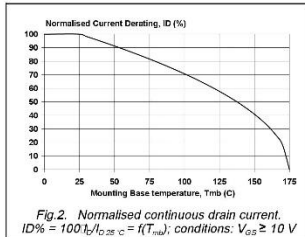
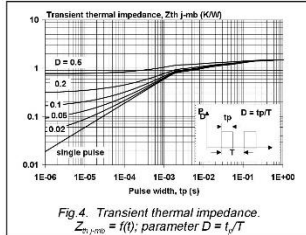
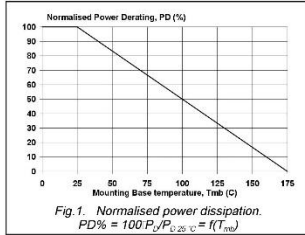
IRF540, IRF540S

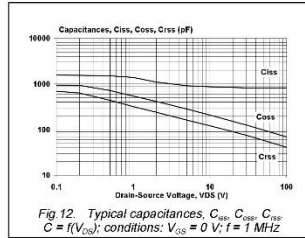
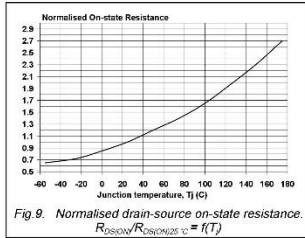
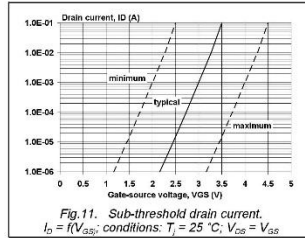
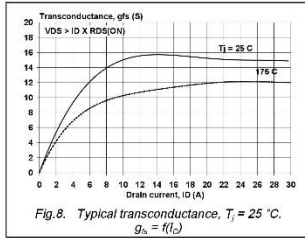
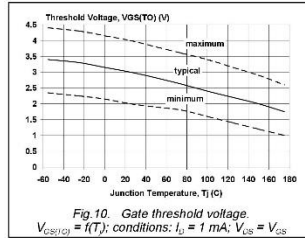
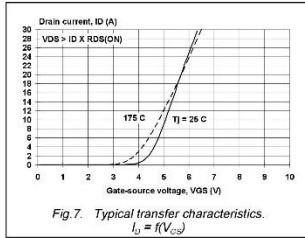
**REVERSE DIODE LIMITING VALUES AND CHARACTERISTICS**T<sub>j</sub> = 25°C unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I <sub>S</sub>	Continuous source current (body diode)		-	-	23	A
I <sub>SM</sub>	Pulsed source current (body diode)		-	-	92	A
V <sub>SD</sub>	Diode forward voltage	I <sub>F</sub> = 28 A; V <sub>GS</sub> = 0 V	-	0.94	1.5	V
t <sub>r</sub>	Reverse recovery time	I <sub>F</sub> = 17 A; -dI <sub>F</sub> /dt = 100 A/μs;	-	61	-	ns
Q <sub>r</sub>	Reverse recovery charge	V <sub>GS</sub> = 0 V; V <sub>RI</sub> = 25 V	-	200	-	nC

N-channel TrenchMOS | transistor

IRF540, IRF540S





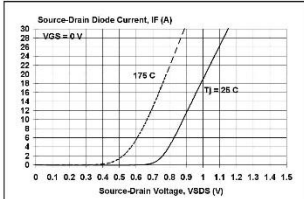


Fig. 13. Typical reverse diode current.  
 $I_F = f(V_{DS})$ ; conditions:  $V_{GS} = 0\text{ V}$ ; parameter  $T_J$

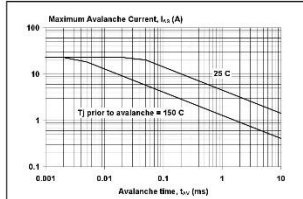


Fig. 14. Maximum permissible non-repetitive avalanche current ( $I_{AS}$ ) versus avalanche time ( $t_{AV}$ ); unclamped inductive load

**MECHANICAL DATA**

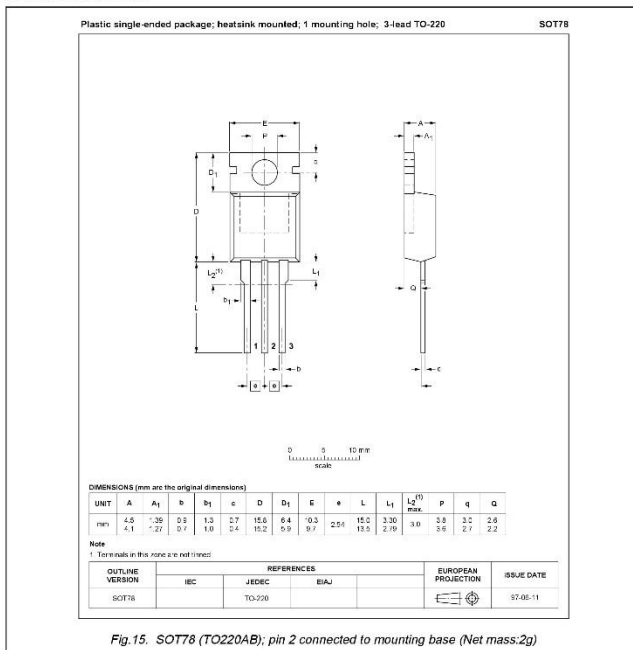


Fig. 15. SOT78 (TO220AB); pin 2 connected to mounting base (Net mass:2g)

**Notes**

1. This product is supplied in anti-static packaging. The gate-source input must be protected against static discharge during transport or handling.
2. Refer to mounting instructions for SOT78 (TO220AB) package.
3. Epoxy meets UL94 V0 at 1/8".

**MECHANICAL DATA**

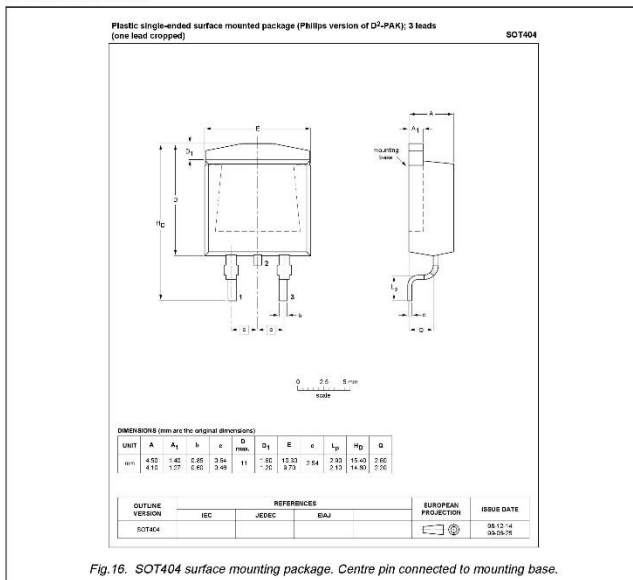
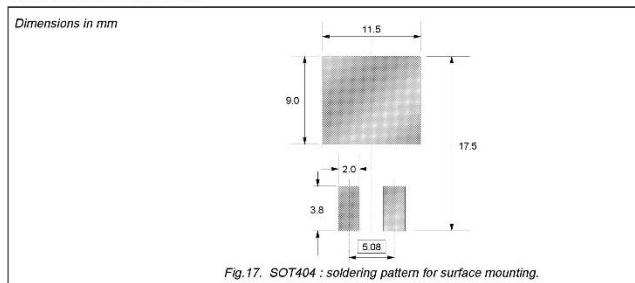


Fig. 16. SOT404 surface mounting package. Centre pin connected to mounting base.

**Notes**

1. This product is supplied in anti-static packaging. The gate-source input must be protected against static discharge during transport or handling.
2. Refer to SMD Footprint Design and Soldering Guidelines, Data Handbook SC18.
3. Epoxy meets UL94 V0 at 1/8".



**MOUNTING INSTRUCTIONS****DEFINITIONS**

<b>Data sheet status</b>	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data, supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
<b>Limiting values</b>	
Limiting values are given in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of this specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
<b>Application information</b>	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	
<input type="checkbox"/> Philips Electronics N.V. 1999 All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.	
The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, it is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent or other industrial or intellectual property rights.	

**LIFE SUPPORT APPLICATIONS**

These products are not designed for use in life support appliances, devices or systems where malfunction of these products can be reasonably expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

## B.4 Datasheet TLP250

**TOSHIBA**

TLP250

TOSHIBA Photocoupler GaAIs Ired & Photo-IC

# TLP250

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

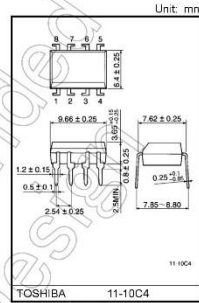
The TOSHIBA TLP250 consists of a GaAIs light emitting diode and a integrated photodetector.  
This unit is 8-lead DIP package.  
TLP250 is suitable for gate driving circuit of IGBT or power MOS FET.

- Input threshold current: 5mA(max)
- Supply current: 11mA(max)
- Supply voltage: 10-35V
- Output current:  $\pm 1.5A$  (max)
- Switching time  $t_{pLH}/t_{pHL}$ : 0.5 $\mu$ 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,

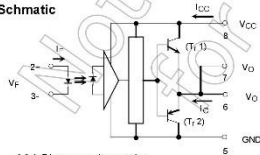
Please designate "Option(D4)"



### Truth Table

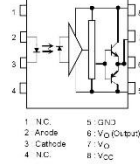
	Tr1	Tr2
Input LED On	On	Off
Input LED Off	Off	On

### Schematic



A 0.1 $\mu$ F bypass capacitor must be connected between pin 8 and 5

### Pin Configuration (top view)



- 1: N.C.
- 2: Anode
- 3: Cathode
- 4: N.C.
- 5: GN3
- 6:  $V_0$  (Ck:tr)
- 7:  $V_0$
- 8:  $V_{CC}$

Start of commercial production  
1990-11

**Absolute 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	V
	Supply voltage	(Ta ≤ 70°C)	VCC	35	V
		(Ta ≤ 85°C)		24	V
	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)		BVS	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(ON)	7	8	10	mA
Input voltage_off	VE(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 <sub>F</sub>	—	I <sub>F</sub> = 10 mA, Ta = 25°C	—	1.6	1.8	V	
Temperature coefficient of forward voltage	ΔV <sub>F</sub> / ΔTa	—	I <sub>F</sub> = 10 mA	—	-2.0	—	mV / °C	
Input reverse current	I <sub>R</sub>	—	V <sub>R</sub> = 5V, Ta = 25°C	—	—	10	μA	
Input capacitance	C <sub>T</sub>	—	V = 0 V, f = 1MHz, Ta = 25°C	—	45	250	pF	
Output current	'H' level	I <sub>OPH</sub>	1	V <sub>CC</sub> = 30V (Note 1)	I <sub>F</sub> = 10 mA V <sub>S</sub> = 4V	-0.5	-1.5	A
	'L' level	I <sub>OPL</sub>	2		I <sub>F</sub> = 0 mA V <sub>S</sub> = 2.5V	0.5	2	
Output voltage	'H' level	V <sub>OH</sub>	3	V <sub>CC1</sub> = +15V, V <sub>EE1</sub> = -15V R <sub>L</sub> = 200Ω, I <sub>F</sub> = 5mA	—	—	—	V
	'L' level	V <sub>OL</sub>	4					
Supply current	'H' level	I <sub>CCH</sub>	—	V <sub>CC</sub> = 30V, I <sub>F</sub> = 10mA Ta = 25°C	—	—	—	mA
	'L' level	I <sub>CCL</sub>	—	V <sub>CC</sub> = 30V, I <sub>F</sub> = 0mA Ta = 25°C	—	7.5	—	
Threshold input current	'Output L → H'	I <sub>F<sub>LH</sub></sub>	—	V <sub>CC1</sub> = +15V, V <sub>EE1</sub> = -15V R <sub>L</sub> = 200Ω, V <sub>O</sub> > 0V	—	1.2	5	mA
Threshold input voltage	'Output H → L'	V <sub>F<sub>HL</sub></sub>	—	V <sub>CC1</sub> = +15V, V <sub>EE1</sub> = -15V R <sub>L</sub> = 200Ω, V <sub>O</sub> < 0V	0.8	—	—	V
Supply voltage	V <sub>CC</sub>	—	—	—	10	—	35	V
Capacitance (input-output)	C <sub>S</sub>	—	V <sub>S</sub> = 0 V, f = 1MHz Ta = 25°C	—	1.0	2.0	pF	
Resistance (input-output)	R <sub>S</sub>	—	V <sub>S</sub> = 500V, Ta = 25°C R <sub>F</sub> /S 60%	1 × 10 <sup>12</sup>	10 <sup>14</sup>	—	Ω	

† All typical values are at Ta = 25°C

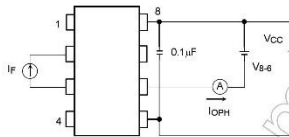
Note 1: Duration of IO time ≤ 50μs

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

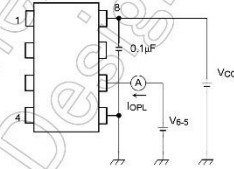
Characteristic	Symbol	Test Circuit	Test Condition	Min	Typ.	Max	Unit
Propagation delay time	L→H	$t_{pLH}$	$I_F = 8mA$ $V_{CC1} = +15V, V_{EE1} = -15V$ $R_L = 200\Omega$	—	0.15	0.5	$\mu s$
	H→L	$t_{pHL}$		—	0.15	0.5	
Common mode transient immunity at high level output	$CMH$	6	$V_{CM} = 600V, I_F = 8mA$ $V_{CC} = 30V, T_a = 25^\circ C$	-5000	—	—	V / $\mu s$
Common mode transient immunity at low level output	$CM_L$		$V_{CM} = 600V, I_F = 0mA$ $V_{CC} = 30V, T_a = 25^\circ C$	5000	—	—	V / $\mu s$

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

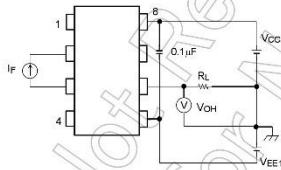
Test Circuit 1 :  $I_{OPH}$



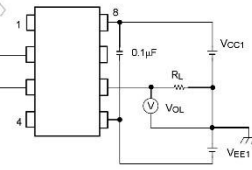
Test Circuit 2 :  $I_{OPL}$



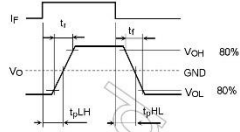
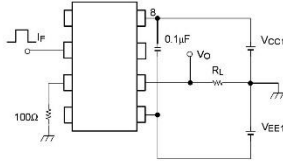
Test Circuit 3 :  $V_{QH}$



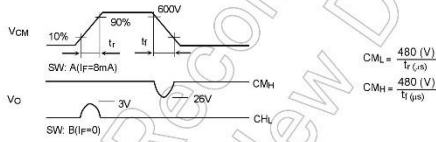
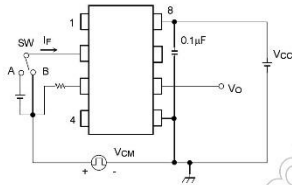
Test Circuit 4 :  $V_{OL}$



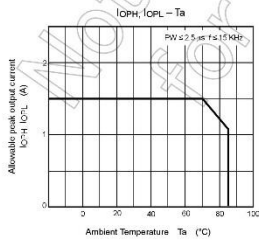
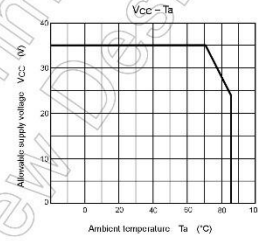
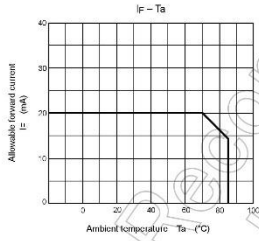
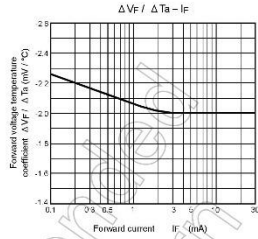
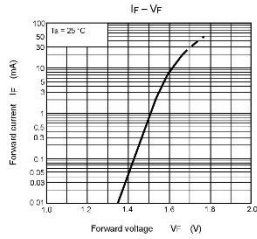
Test Circuit 5:  $t_{pLH}$ ,  $t_{pHL}$ ,  $t_r$ ,  $t_f$



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.



## B.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:

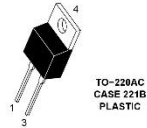
- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 1.9 Grams (Approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead Temperature for Soldering Purposes: 260°C Max, for 10 Seconds



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

#### ULTRAFAST RECTIFIERS 15 AMPERES, 100–600 VOLTS



##### 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 8 of this data sheet.

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

\*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM.D.



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	$V_{RRM}$ $V_{WRM}$ $V_A$	100	150	200	400	600	V
Average Rectified Forward Current (Rated $I_{F(AV)}$ )	$I_{F(AV)}$	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)	$I_{FSM}$	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	$T_C, T_{stg}$	-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	$^\circ\text{C/W}$

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	$\mu\text{A}$
Maximum Reverse Recovery Time ( $I_F = 1.0\text{ A}$ , $dI/dt = 50\text{ A}/\mu\text{s}$ )	$t_{rr}$	35	60		ns

1. Pulse Test: Pulse Width = 300  $\mu\text{s}$ , Duty Cycle < 2.0%.

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

MUR1510, MUR1515, MUR1520

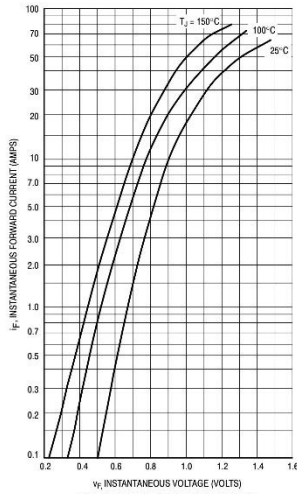


Figure 1. Typical Forward Voltage

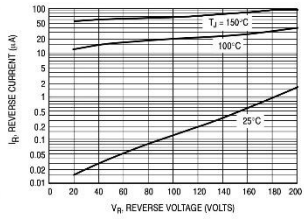


Figure 2. Typical Reverse Current

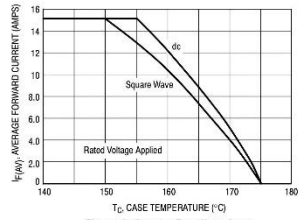


Figure 3. Current Derating, Case

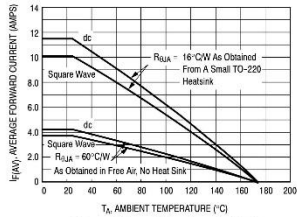


Figure 4. Current Derating, Ambient

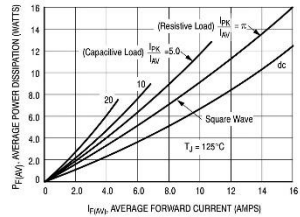
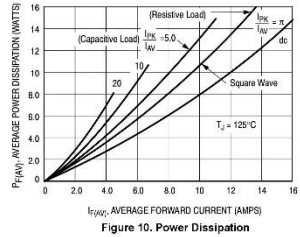
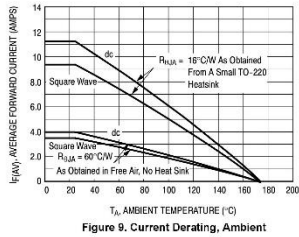
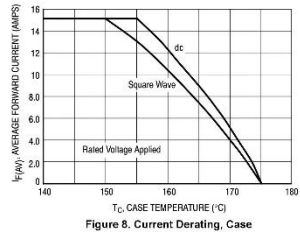
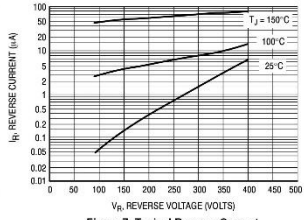
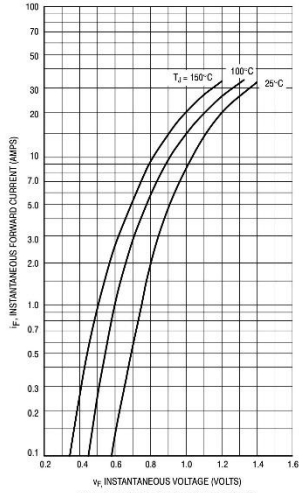


Figure 5. Power Dissipation

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

MUR1540



MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

MUR1560

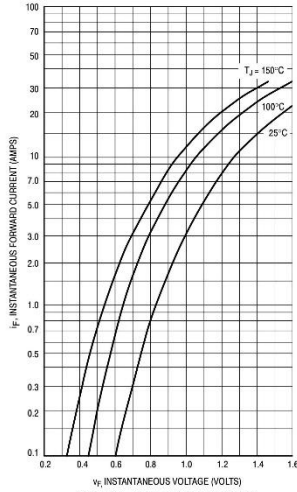


Figure 11. Typical Forward Voltage

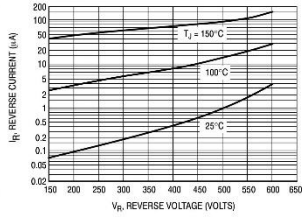


Figure 12. Typical Reverse Current

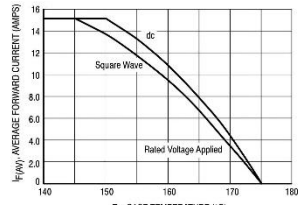


Figure 13. Current Derating, Case

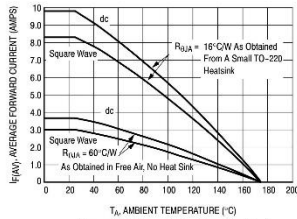


Figure 14. Current Derating, Ambient

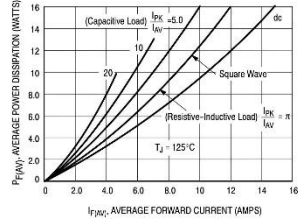


Figure 15. Power Dissipation

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

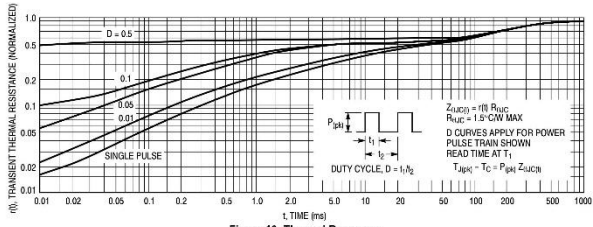


Figure 16. Thermal Response

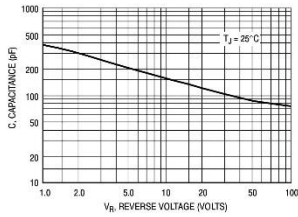


Figure 17. Typical Capacitance

ORDERING INFORMATION

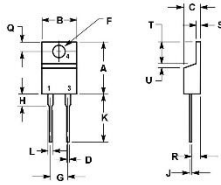
Device	Package	Shipping <sup>†</sup>
MUR1510	TO-220	50 Units / Rail
MUR1510G	TO-220 (Pb-Free)	
MUR1515	TO-220	
MUR1515G	TO-220 (Pb-Free)	
MUR1520	TO-220	
MUR1520G	TO-220 (Pb-Free)	
MUR1540	TO-220	
MUR1540G	TO-220 (Pb-Free)	
MUR1560	TO-220	
MUR1560G	TO-220 (Pb-Free)	

<sup>†</sup>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	0.080	0.020	1.61	15.75
B	0.080	0.040	3.81	10.29
C	0.180	0.150	4.56	4.80
D	0.020	0.020	0.68	0.68
E	0.142	0.142	3.60	3.72
F	0.170	0.170	4.80	5.50
G	0.110	0.120	2.79	3.30
H	0.110	0.120	2.79	3.30
I	0.118	0.075	3.00	1.90
J	0.060	0.060	1.52	1.52
K	0.045	0.040	1.14	1.02
L	0.170	0.170	4.25	4.32
M	0.080	0.110	2.04	2.79
N	0.045	0.045	1.14	1.14
O	0.235	0.035	5.92	0.88
P	0.000	0.000	0.00	0.127

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 product hereon. 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 of its, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or punitive 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 values, 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 implantation in the body or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of SCILC products could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILC, its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of liability or indemnity, any claim of liability, injury or death associated with such unintended 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  
10, 300 (0132), River St., Arizona 85021-1212 USA  
Phone: (602) 974-7171 or (602) 344-3000 To: Fax: (602) 974-6363  
Fax: (602) 974-7171 or (602) 344-3087 To: Free USA/Canada  
Email: order@onsemi.com

N. America Technical Support: 800-282-9850 Toll Free  
USA/Canada  
Japan: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center  
2-1-1, Kamibagho, Nagato-Ku, Tokyo, Japan: 104-0061  
Phone: (81) 3-47-72-3650

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

MUR1520D



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





## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Rahmat Bagus  
P  
TTL :T.Agung , 19  
Agustus 1996  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Agama : Islam  
Alamat : Purimas Blok  
H-14, Botoran, Tulungagung  
Telp/Hp : 081217332841  
E-mail :  
rahmatbagusprasetya@gmail.com

### RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2003 – 2009 : SD Kampungdalem X
2. 2009 – 2012 : SMP Negeri 1 Tulungagung
3. 2012 – 2015 : SMA Taruna Nusantara
4. 2015 – 2018 : D3 Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektro Industri - FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

### PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktek di PT. Rekayasa Engineering

### PENGALAMAN ORGANISASI

1. Staff Departemen Hubungan Dalam Negeri Periode 2016/2017 Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

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