



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 145561

IMPLEMENTASI *MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT)* MENGGUNAKAN METODE *MODIFIED PERTURB AND OBSERVE*

Ahmad Aslih Syani Abu Zahir
NRP. 103115000000105

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

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

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



FINAL PROJECT - TE 145561

**IMPLEMENTATION MAXIMUM POWER POINT
TRACKING (MPPT) USING MODIFIED PERTURB AND
OBSERVE METHOD**

Ahmad Aslih Syani Abu Zahir
NRP. 103115000000105

Supervisor
Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.
Ciptian Weriend Priandana S.ST., MT

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

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

PERNYATAAN KEASLIAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Implementasi *Maximum Power Point Tracking (MPPT) Menggunakan Metode *Modified Perturb and Observe**** " 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 Januari 2018



Ahmad Aslih Syani Abu Zahir
NRP 1031150000105

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

**IMPLEMENTASI MAXIMUM POWER POINT TRACKING
(MPPT) MENGGUNAKAN METODE MODIFIED PERTURB
AND ABSERVE**

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



Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.
NIP. 19621005199003 1003

Dosen Pembimbing II

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

**SURABAYA
JULI, 2018**

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

**IMPLEMENTASI *MAXIMUM POWER POINT TRACKING*
(MPPT) MENGGUNAKAN *METODE MODIFIED PERTURB
AND OBSERVE***

Nama : Ahmad Aslih Syani Abu Zahir
NRP : 1031150000105
Pembimbing I : Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.
NIP : 19621005 199003 1 003
Pembimbing II : Ciptian Weried Priandana S.ST., MT
NIP : 1990201711060

ABSTRAK

Photovoltaic adalah sumber daya yang tidak dapat habis dan tersedia secara luas sebagai energi masa depan. *Photovoltaic* modul dipengaruhi oleh intensitas radiasi dari matahari yang berubah-ubah. Maka dari itu dibutuhkan sebuah metode untuk mencari titik daya maksimal dari *photovoltaic*.

Salah satu metode yang digunakan adalah *Maximum power point tracking* (MPPT). Dari panel surya akan dihubungkan dengan sensor arus dan tegangan untuk di baca oleh mikrokontroler dan di hubungkan dengan rangkaian DC-DC konverter. Mikrokontroler akan ditanamkan metode *Modified Perturb & Observe (P&O)* untuk mengatur tegangan keluaran dari DC-DC konverter dengan cara mengatur lebar pulsa (*dutycycle*) pada pwm yang di hasilkan dari mikrokontroler. Lalu, hasil *converter* tersebut dianalisis dengan memakai beban berupa akumulator (aki). Pada keluaran *converter* akan di beri sensor arus dan sensor tegangan untuk mengetahui keluaran dari DC-DC *converter* dengan topologi *Cuk*.

Setelah melakukan pengujian dan analisis, dengan menggunakan metode yang di usulkan memberikan efisiensi sebesar 83% hal ini di buktikan pada nilai daya dan tegangannya. Menggunakan MPPT mampu mengoptimasi daya *output* panel sebesar 23,92W dengan beban akumulator sebesar 12 Volt.

Kata Kunci : *Power Tracking, Photovoltaic, Modified Perturb and Observe, Cuk Converter*

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

**IMPLEMENTATION MAXIMUM POWER POINT TRACKING
(MPPT) USING METHOD OF MODIFIED PERTURB AND
OBSERVE ON PUBLIC STREET LIGHTING**

Student's Name : Ahmad Aslih Syani Abu Zahir
Registration Number : 1031150000105
Supervisor I : Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.
ID Number : 19621005 199003 1 003
Supervisor II : Ciptian Weried Priandana S.ST., MT
ID Number : 1990201711060

ABSTRACT

Photovoltaic is a resource that cannot be depleted and is widely available as future energy. Photovoltaic modules are affected by the intensity of radiation from a changing sun. Therefore it takes a method to find the maximum power point of photovoltaic.

One of the methods used is Maximum power point tracking (MPPT). From the solar panel will be connected with the current and voltage sensors to be read by the microcontroller and in conjunction with the DC-DC converter circuit. Microcontroller will be embedded method of Modified Perturb & Observe (P & O) to set the output voltage of DC-DC converter by adjusting the pulse width (duty cycle) on pwm generated from microcontroller. Then, the results of the converter are analyzed using a load of accumulator (battery). At converter output will be given current sensor and voltage sensor to know the output of DC-DC converter with Cuk topology.

After testing and analysis, using the proposed method gives an efficiency of 83% this is proved in the value of power and voltage. Using MPPT is able to optimize the output power of panel 23,92W with accumulator load equal to 12 Volt.

Keywords : *Power Tracking, Photovoltaic, Modified Perturb and Observe, Cuk Converter*

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan umat muslim yang senantiasa meneladani beliau. tugas akhir ini disusun bertujuan untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Diploma 3 Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang berjudul **“Implementasi Maximum Power Point Tracking (MPPT) Menggunakan Metode Modified Perturb and Observe”**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu dan Bapak penulis yang memberikan berbagai bentuk doa serta dukungan tulus tiada henti, Bapak Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng. dan Bapak Ciptian Wieried Priananda S.ST., MT selaku Dosen Pembimbing atas segala bimbingan ilmu, moral, dan spiritual dari awal hingga terselesaikannya tugas akhir ini, Staff/Karyawan/Dosen Departemen Teknik Elektro Otomasi, Orang tua yang saya sayangi serta adik-adik dan juga sahabat dekat yang telah memberikan dukungan moral dan spiritual. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun untuk memperbaiki kekurangan dalam tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, 2 Juni 2017

Penulis

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

DAFTAR ISI

HALAMAN

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Sistematika Laporan	3
1.6 Relevansi	3
BAB II	5
TEORI PENUNJANG	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 <i>Photovoltaic</i>	6
2.2.1 Persamaan Karakteristik <i>Photovoltaic</i>	7
2.3 <i>Maximum Power Point Tracking</i> (MPPT)	10
2.3.1 <i>Modified Perturb and Observe</i>	10
2.4 <i>Hardware</i>	12
2.4.1 Sensor Tegangan	13
2.4.2 Sensor Arus	13
2.4.3 Driver MOSFET	15
2.4.4 <i>Cuk</i> Konverter	15
2.5 Arduino Uno	17
2.6 Baterai atau Akumulator	18
2.7 <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)	19
2.8 Induktor	20
BAB III	23
PERENCANAAN DAN IMPLEMENTASI	23
3.1 Diagram Fungsional Sistem	23
3.2 Perancangan Simulator	24
3.3 Perancangan Perangkat Elektrik	25

3.3.1	<i>Setting Port Arduino</i>	25
3.3.2	Rangkaian Penggunaan LCD 16x2	26
3.3.4	Rangkaian <i>Cuk Converter</i>	29
3.3.5	Rangkaian Sensor Tegangan	32
3.3.6	Rangkaian Sensor Arus	33
3.3.7	Integrasi Perangkat Elektrik	34
3.4	Perancangan <i>Software</i>	35
3.4.1	Algoritma <i>Modified Perturb and Observe</i>	35
3.4.2	Perancangan Program Pembangkitan PWM	36
3.4.3	Perancangan Program Pembacaan Sensor Tegangan	38
3.4.4	Perancangan Program Pembacaan Sensor Arus	39
BAB IV	.....	41
PENGUJIAN DAN ANALISIS	.....	41
4.1	Karakteristik <i>Photovoltaic</i>	41
4.2	Simulator	45
4.2.1	Pengujian Simulasi Rangkaian <i>Cuk Converter</i>	45
4.2.2	Pengujian Simulasi dengan Algoritma <i>Modified PnO</i>	47
4.3	<i>Hardware</i>	50
4.3.1	Pengujian LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	50
4.3.2	Pengujian <i>Pulse Width Modulation</i>	51
4.3.3	Pengujian Rangkaian <i>Driver MOSFET</i>	51
4.3.4	Pengujian DC-DC <i>Cuk</i> Konverter.....	53
4.3.5	Pengujian Sensor Arus	56
4.3.6	Pengujian Sensor Tegangan	58
4.3.7	Pengujian Arus Kontroler.....	61
4.4	Pengujian Keseluruhan Sistem MPPT	62
BAB V	.....	67
PENUTUP	.....	67
5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	.....	69
LAMPIRAN A	.....	A-1
PROGRAM	.....	A-1
A. 1	Program MPPT.....	A-1
A. 2	Program LCD 16x2.....	A-3
LAMPIRAN B	.....	B-1
DATASHEET	.....	B-1
B. 1	<i>Datasheet</i> Arduino Uno.....	B-1
B. 2	<i>Datasheet</i> ACS712	B-2
B. 3	<i>Datasheet</i> IRF540.....	B-6

B. 4	<i>Datasheet TLP250</i>	B-9
B. 5	<i>Datasheet FeriteCore</i>	B-12
B. 6	<i>Datasheet Dioda MUR1560</i>	B-13
LAMPIRAN C		C-1
HASIL PENGUKURAN		C-1
C. 1	Tabel Pengukuran Arus, Tegangan, dan Daya	C-1
RIWAYAT HIDUP PENULIS		D-1

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

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1	Penggunaan <i>Photovoltaic</i> di Indonesia 6
Gambar 2.2	Jenis-jenis <i>Photovoltaic</i> 6
Gambar 2.3	Ilustrasi <i>Photovoltaic</i> 7
Gambar 2.4	Rangkaian Ekivalen Sederhana PV 8
Gambar 2.5	Rangkaian Ekivalen PV 8
Gambar 2.6	Kurva Karakteristik I-V, dengan Pengaruh Radiasi 9
Gambar 2.7	Kurva Karakteristik P-V, dengan Pengaruh Radiasi..... 9
Gambar 2.8	Prinsip Kerja MPPT Berbasis P&O 10
Gambar 2.9	<i>Flowchart</i> Prinsip Kerja MPPT <i>Modified</i> P&O ... 12
Gambar 2.10	Rangkaian Dasar Pembagi Tegangan (<i>Voltage Divider</i>) 13
Gambar 2.11	Modul Sensor Arus ACS712 14
Gambar 2.12	Rangkaian Skematik Sensor Arus ACS712 14
Gambar 2.13	Rangkaian Skematik Driver MOSFET TLP250... 15
Gambar 2.14	Proses Pengubahan Tegangan Arus Searah ke Arus Searah..... 16
Gambar 2.15	Rangkaian <i>Cuk Converter</i> 16
Gambar 2.16	<i>Board</i> Arduino Uno..... 18
Gambar 2.17	LCD 16X2..... 20
Gambar 2.18	Induktor Bentuk <i>Trafo</i> 21
Gambar 2.19	Induktor Bentuk <i>Core</i> 21
Gambar 3.1	Diagram Fungsional Sistem 23
Gambar 3.2	Diagram Fungsional Sistem 24
Gambar 3.3	Parameter Karakteristik Modul 50 <i>WP</i> 25
Gambar 3.4	Skematik <i>Setting Port</i> Mikrokontroler 26
Gambar 3.5	Skema LCD 16X2 27
Gambar 3.6	TLP 250..... 28
Gambar 3.7	Rangkaian Driver MOSFET..... 28
Gambar 3.8	Rangkaian <i>Cuk Converter</i> 32
Gambar 3.9	Rangkaian Pembagi Tegangan 32
Gambar 3.10	Skema Sensor Tegangan 33
Gambar 3.11	Skema Sensor Arus 34
Gambar 3.12	Rangkaian Integrasi Sistem MPPT..... 35
Gambar 3.13	<i>Flowchart</i> Algoritma <i>Modified P&O</i> sebagai MPPT 36
Gambar 3.14	Skema PWM 37

Gambar 3.15	<i>Flowchart</i> Pembangkitan PWM	37
Gambar 3.16	<i>Flowchart</i> Sensor Tegangan	38
Gambar 3.17	<i>Flowchart</i> Sensor Arus	39
Gambar 4. 1	Cara Pengujian Karakteristik <i>Photovoltaic</i>	41
Gambar 4. 2	Pengujian Karakteristik PV	42
Gambar 4. 3	Kurva Karakteristik I-V	44
Gambar 4. 4	Kurva Karakteristik PV	44
Gambar 4. 5	Kurva Karakteristik I-V dan P-V Simulasi.....	45
Gambar 4. 6	Hasil Simulasi Tegangan <i>Output</i> dan Tegangan <i>Input</i> Rangkaian <i>Cuk</i> Konverter	46
Gambar 4. 7	Hasil Simulasi Arus Pada Induktor 1.....	47
Gambar 4. 8	Hasil Simulasi Arus Pada Induktor 2.....	47
Gambar 4. 9	Pengujian MPPT untuk <i>Single</i> Topologi	48
Gambar 4. 10	Pengujian MPPT dengan Algoritma <i>Modified</i> <i>PnO</i>	48
Gambar 4. 11	Hasil Simulasi <i>Duty</i> Terhadap <i>Photovoltaic</i>	49
Gambar 4. 12	Hasil Simulasi Tegangan dan Arus MPPT	49
Gambar 4. 13	Pengujian Tampilan LCD dengan Satu Baris	50
Gambar 4. 14	Pengujian Tampilan LCD dengan Dua Baris	50
Gambar 4. 15	Tampilan Gelombang PWM.....	51
Gambar 4. 16	Rangkaian <i>Driver</i> MOSFET.....	52
Gambar 4. 17	Cara Pengujian <i>Driver</i> MOSFET	52
Gambar 4. 18	Tampilan <i>Dutycycle</i> & Gelombang Pulsa Keluaran <i>Optocoupler</i>	53
Gambar 4. 19	Tampilan <i>Dutycycle</i> Pada LCD 16x2	53
Gambar 4. 20	Pengujian <i>Cuk Converter</i>	54
Gambar 4. 21	Hasi Kurva <i>Cuk Converter</i>	56
Gambar 4. 22	Cara Pengujian Sensor Arus	57
Gambar 4. 23	Hasil Pembacaan Sensor Arus	58
Gambar 4. 24	Pengujian Sensor Tegangan.....	59
Gambar 4. 25	Cara Pengujian Sensr Tegangan	59
Gambar 4. 26	Perbandingan Nilai Tegangan <i>Input</i> (V_i) dan Tegangan <i>Output</i> (V_o) Hasil Pembacaan Sensor Tegangan	60
Gambar 4. 27	Cara Pengujian Arus Kontroler	61
Gambar 4. 28	Pengujian Arus Pada Kontroler	62
Gambar 4. 29	Pengujian MPPT dengan Metode <i>Modified Perturb</i> <i>and Observe</i>	63
Gambar 4. 30	Cara Pengujian Sistem MPPT	64
Gambar 4. 31	Tampilan Hasil Pengujian Sistem MPPT Jam 08.00.....	65

Gambar 4. 32 Tampilan Hasil Pengujian Sistem MPPT Jam 10.00.....	65
---	----

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

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2. 1	Prinsip Kerja MPPT Berbasis <i>P&O</i>	11
Tabel 2. 2	<i>State of Charge Battery Charging/ Accumulator</i>	19
Tabel 3. 1	Konfigurasi <i>Port</i> Mikrokontroler	26
Tabel 3. 2	Wiring LCD 16X2.....	27
Tabel 3. 3	Koneksi Pin Arduino Uno dan <i>Gate Driver</i>	29
Tabel 3. 4	Parameter Konverter <i>Cuk</i>	30
Tabel 4. 1	Data Pengujian PV	42
Tabel 4. 2	Uji Efisiensi <i>Cuk Converter</i>	55
Tabel 4. 3	Data Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712.....	57
Tabel 4. 4	Pengujian Sensor Tegangan	60
Tabel 4. 5	Pengujian Prototipe MPPT	64

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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Solar cell merupakan pembangkit listrik yang mampu mengkonversi sinar matahari menjadi arus listrik. Energi matahari sesungguhnya merupakan sumber energi yang paling menjanjikan mengingat sifatnya yang berkelanjutan (*sustainable*) serta jumlahnya yang sangat besar. Matahari merupakan sumber energi yang diharapkan dapat mengatasi permasalahan kebutuhan energi masa depan setelah berbagai sumber energi konvensional berkurang jumlahnya serta tidak ramah terhadap lingkungan. Dalam penggunaannya *photovoltaic* dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari dan temperatur pada permukaan *photovoltaic*. Posisi matahari yang berubah-ubah setiap saat mempengaruhi intensitas yang diterima oleh *photovoltaic* sehingga membuat daya keluaran fluktuatif.

Photovoltaic mempunyai kurva karakteristik V-I, dimana di dalam kurva karakteristik tersebut terdapat titik istimewa yang biasa disebut titik MPP (*Maximum Power Point*). Pada titik tersebut *photovoltaic* berada pada keadaan optimal, baik dari tegangan dan arus yang dihasilkan. Ketika tegangan dan arus yang dihasilkan maksimal maka akan mendapatkan keluaran daya yang maksimal. Titik MPP ini letaknya tidak diketahui, namun dapat dicari dengan algoritma penjejak yang biasa disebut algoritma MPPT. Algoritma MPPT bekerja untuk mencari titik optimum dari *photovoltaic* dan berusaha mempertahankannya pada keadaan optimum.

Peningkatan nilai efisiensi merujuk pada kurva karakteristik arus-tegangan sel surya yang tergantung pada nilai radiasi dan temperatur yang diterimanya. Setiap modul memiliki titik operasi optimalnya masing-masing yang dikenal dengan *Maximum Power Point* (MPP). Karakteristik *Maximum Power Point* ini akan berubah sesuai dengan sinar matahari dan temperatur. Bergantung pada cuaca menjadikan *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) tidak mudah untuk menjaga nilai tetap pada kondisi maksimal dengan mengacu pada karakteristik tegangan dan arus yang bervariasi. Untuk menyelesaikan permasalahan ini, beberapa algoritma MPPT diajukan sebagaimana yang telah direview oleh Jaiswal dan Mahor. Salah satu algoritma yang sering digunakan adalah *Hill Climbing*. Dalam penelitiannya RaVindran dan Sutaria mengimplementasikan algoritma

ini pada *solar cell* 10Watt menggunakan ARM Cortex-M3 32 bit *microcontroller*. Algoritma ini juga digunakan oleh Priananda dan Sulistyowati untuk mensimulasikan dan menganalisa panel surya *static*. Sudah banyak algoritma yang digunakan sebagai MPPT seperti *firefly*, *fuzzy control*, *RCC* dll. Misalnya algoritma *P&O* yang memiliki keunggulan pada singkatnya waktu untuk mencapai konvergen, tapi terdapat riak yang besar pada daya PV yang dihasilkan. Selain itu algoritma ini juga tidak dapat mengatasi PV yang berada di bawah kondisi *partial shaded* [1].

Tidak hanya dari sisi MPPT, tapi sistem PV juga bisa dioptimalkan dengan pemilihan konverter DC-DC yang tepat. Selain digunakan untuk menunjang kerja MPPT, konverter DC-DC juga digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan dari nilai tegangan PV menjadi nilai yang kita inginkan. Konverter DC-DC memiliki banyak jenis, dari yang menaikkan tegangan saja atau menurunkan saja, hingga konverter DC-DC yang bisa menaikkan atau menurunkan tegangan. Sama halnya sebuah algoritma MPPT, setiap jenis konverter juga memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Misalkan sebuah *Cuk converter* yang memiliki efisiensi yang baik karena dapat meredam osilasi yang dihasilkan dari algoritma P&O dan memiliki riak arus yang lebih kecil dari pada *converter* pada umumnya.

1.2 Permasalahan

1. Naik turunnya tegangan dan arus pada *Photovoltaic* yang dapat merusak *battery*.
2. Besarnya nilai riak arus dari dc-dc *converter* yang menyebabkan arus tidak konstan.
3. Banyaknya error yang di timbulkan MPPT dengan metode *P&O* yang mempengaruhi hasil efisiensi.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pembuatan alat pada tugas akhir ini batasan masalah ada pada:

1. Tidak membahas mengenai PV yang berada di bawah kondisi *partial shaded*.
2. Menggunakan panel surya *static*
3. Beban menggunakan Lampu LED

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah,

1. Merancang design sistem MPPT menggunakan *converter Cuk*.

2. Rancang bangun *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) menggunakan metode *modified P&O* dengan rangkaian *Cuk Converter* pada PV.
3. Mengimplementasikan sistem MPPT menggunakan metode *modified P&O*.

1.5 Sistematika Laporan

Untuk pembahasan lebih lanjut, laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan, sistematika laporan, metodologi, serta relevansi tugas akhir yang dibuat.

Bab II TEORI DASAR

Menjelaskan teori yang berisi teori-teori dasar yang dijadikan landasan dan mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat yang dibuat.

Bab III PERANCANGAN ALAT

Membahas perencanaan dan pembuatan tentang perencanaan dan pembuatan *hardware* yang meliputi desain mekanik dan perancangan *software* yang meliputi program yang akan digunakan untuk menjalankan alat tersebut.

Bab IV PENGUKURAN DAN ANALISA

Membahas pengujian alat dan menganalisa data yang didapat dari pengujian tersebut serta membahas tentang pengukuran, pengujian, dan penganalisaan terhadap alat.

Bab V PENUTUP

Berisi penutup yang menjelaskan tentang kesimpulan yang didapat dari tugas akhir ini dan saran-saran untuk pengembangan alat ini lebih lanjut.

1.6 Relevansi

Dari pembuatan alat ini diharapkan akan tercipta beberapa manfaat yaitu:

1. Dengan dibuatnya alat ini dapat mengurangi kekurangan daya pada *battery* .

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

BAB II TEORI PENUNJANG

Beberapa teori penunjang yang dipaparkan dalam buku tugas akhir ini adalah teori dasar mengenai antara lain modul *Photovoltaic*, *dc-dc converter*, dan pengolahan algoritma mppt menggunakan metode *modified perturb and observe*.

2.1 Tinjauan Pustaka[1]

Photovoltaic (PV) adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk mengonversi energi dari energi radiasi matahari menjadi energi listrik. PV memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan pembangkit listrik konvensional. PV dengan energi primernya berupa energi radiasi matahari merupakan sebuah teknologi yang ramah lingkungan, dengan potensi yang sangat besar di daerah tropis seperti Indonesia. Pengembangan PV untuk daerah disekitar khatulistiwa merupakan salah satu solusi untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik. Banyak sekali metode kontrol yang di gunakan mulai menggunakan metode pwm hingga menggunakan metode algoritma.

Bishwajit Swarnakar dan Anupama Datta telah melakukan penelitian tentang *pulse with modulation* (PWM) *Charge Controller* untuk mendapatkan daya tertinggi dari sebuah modul *Photovoltaic* dengan meningkatkan nilai efisiensi dari PWM tersebut.[2]

Rusminto Tjatur Widodo, Rugianto, Asmuniv dan Purnomo Sejati telah melakukan penelitian *Maximum Power Point Tracking* menggunakan algoritma *Perturb and Observe* atau di sebut dengan algoritma *Hill Climbing*. Merancang sistem sel surya yang efisien tentunya tidak akan lepas dari penjejak (*tracker*) *maximum power point* (MPP) yang berada pada kurva karakteristik daya keluaran sel surya tersebut. Titik dimana daya yang dihasilkan oleh sel surya paling maksimum. Algoritma penjejak menggunakan *perturb and observe* (P&O). Sebuah algoritma yang mencari dP/dV yang bernilai nol sebagai pertanda puncak suatu kurva.[3]

Pada tugas akhir ini akan dibuat implementasi MPPT dengan menggunakan algoritma *Modified Perturb and Observe*. Pengembangan dari algoritma *Perturb and Observe* yang telah di uji coba oleh Rusminto Tjatur. Dimana nantinya akan menggunakan *dc-dc converter* dengan topologi *Cuk Converter* dan menggunakan kontroler Arduino Uno.

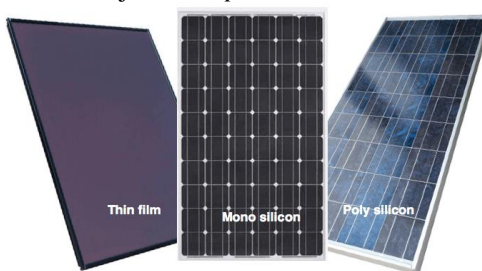
2.2 *Photovoltaic*[4]

Photovoltaic adalah salah satu bentuk sumber energi yang paling berpotensi untuk masa depan, hal ini dikarenakan karakteristiknya yang bebas polusi juga ketersediaan energi primernya yang tidak terbatas. Namun demikian, perkembangan teknologi *Photovoltaic* belum bisa mencapai tingkat efisiensi yang tinggi. *Photovoltaic* masih perlu untuk diteliti dan dikembangkan agar menghasilkan konversi energi yang memiliki efisiensi lebih besar. *Photovoltaic* dibuat dari begitu banyak bagian-bagian kecil yang disebut sel surya yang terkoneksi seri dan paralel untuk mendapatkan nilai tegangan dan arus yang dibutuhkan [5]. Kumpulan dari banyak sel surya disebut dengan modul atau panel surya. Gambar 2.3 adalah contoh penggunaan *Photovoltaic* di Indonesia.



Gambar 2. 1 Penggunaan *Photovoltaic* di Indonesia

Terdapat beberapa jenis *photovoltaic*, yaitu jenis *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Hal yang membedakan dari jenis *photovoltaic* adalah bahan yang di gunakan untuk penyerapan radiasi matahari. Berikut adalah contoh jenis dari *photovoltaic*.



Gambar 2. 2 Jenis-jenis *Photovoltaic*

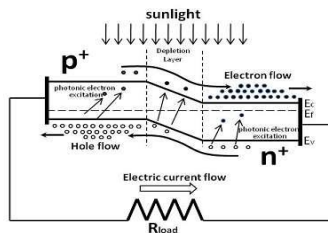
Solar Cell *monocrystalline* dibuat menggunakan *crystall silicon* murni yang sudah melalui proses *Czochralski* yang hasilnya

adalah Ingot. Ingot kemudian diiris tipis – tipis layaknya kripik kentang yang berasal dari potongan tipis kentang gelondongan.

Jenis Solar cell *polycrystalline* dihasilkan dari proses metalurgi *grade silicon* dengan pemurnian kimia. Silikon baku dicairkan dan dituangkan ke dalam cetakan persegi, yang didinginkan dan dipotong menjadi wafer – wafer persegi yang sempurna. Proses produksi *polycrystalline silicon* lebih murah bila dibandingkan proses produksi *monocrystalline silicon*.

2.3.1 Prinsip Kerja *Photovoltaic* [5]

Ketika cahaya matahari yang berupa paket-paket partikel membentur mengenai sebuah material semikonduktor yang bersifat positif dan negatif, partikel-partikel disebut *photon* ini mentransfer energi karena benturannya terhadap material menyebabkan atom-atom material kehilangan elektron-elektronnya. Elektron-elektron ini bergerak menuju permukaan dan menyebabkan permukaan yang berseberangan menjadi bermuatan positif. Apabila sebuah penghantar diletakkan diantara kedua perbedaan muatan diantara permukaan material seperti ini, dan benturan partikel *photon* terhadap material berlanjut secara konstan dan kontinyu, maka arus elektron akan terus bergerak dengan stabil. Begitulah energi listrik diproduksi oleh *Photovoltaic*. [5]



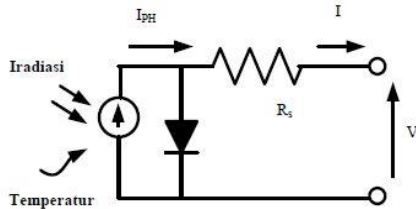
Gambar 2. 3 Ilustrasi *Photovoltaic*[5]

Prinsip kerja sebuah *Photovoltaic* dapat diilustrasikan seperti Gambar 2.4. Benturan *photon* dengan material semikonduktor pada sel *Photovoltaic*, membuat *elektron* tereksitasi dan mengalir memungkinkan adanya aliran gaya gerak listrik jika diberi konduktor

2.2.1 Persamaan Karakteristik *Photovoltaic* [6]

Photovoltaic (PV) dapat dimodelkan secara sederhana sebagai suatu rangkaian yang terdiri dari sebuah sumber arus yang terpasang paralel dengan sebuah dioda seperti pada Gambar 2.4. Besar arus luaran dari suatu PV berbanding lurus dengan besar radiasi sinar

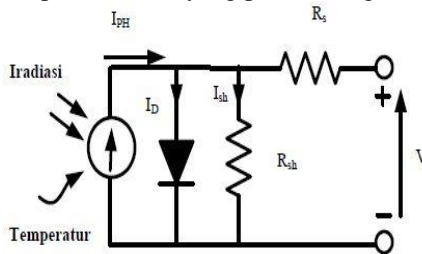
matahari yang diterima oleh sel tersebut, sedangkan kurva karakteristik I-V dari PV ditentukan oleh karakteristik dioda [6].



Gambar 2. 4 Rangkaian Ekuivalen Sederhana PV[6]

Namun dalam perkembangannya, model PV tidak sesederhana seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.4, akan tetapi dalam prakteknya ada beberapa parameter yang harus ditambahkan sehingga model PV menjadi semakin mendekati dengan kondisi sebenarnya, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.5[6]. Penambahan parameter tersebut antara lain :

- A. Arus saturasi dioda (I_D) yang tergantung pada temperatur.
- B. Arus *photocurrent* (I_{PH}) yang juga tergantung pada suhu.
- C. Hambatan seri (R_s) yang memberikan bentuk yang jelas antara *maximum power point* dengan tegangan *open circuit*.
- D. Hambatan paralel (R_{sh}) yang paralel dengan *diode*.



Gambar 2. 5 Rangkaian Ekuivalen PV[7]

Dari Gambar 2.5 terlihat bahwa terdapat sedikit perubahan pada rangkaian ekuivalen PV. Sehingga persamaan dasar dari suatu PV dapat dirumuskan sebagaimana Persamaan 2.1 adalah seperti berikut [8]:

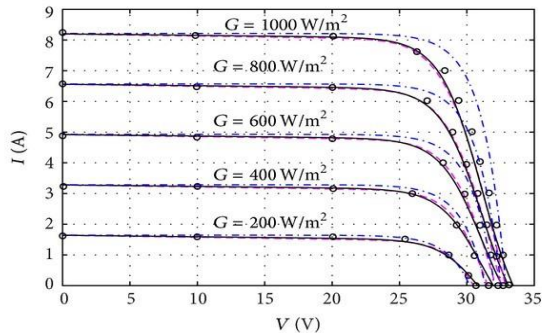
$$I = I_{PH} - I_D \left[\text{EXP}^q \left(\frac{V + IR_s}{nKT} \right) - 1 \right] - \left(\frac{V + IR_s}{R_{sh}} \right) \quad (2.1)$$

Di mana:

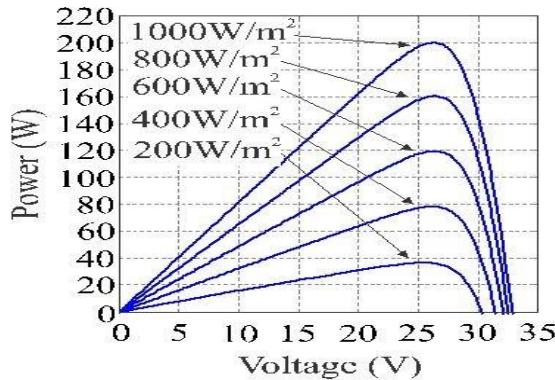
I : arus keluaran PV (*Ampere*).

- I_{PH} : efek *photocurrent* yang terbangkit pada PV (*Ampere*).
- I_D : arus saturasi dioda.
- q : muatan elektron= $1,6 \times 10^{-19}$ (*Coulomb*).
- K : konstanta Boltzman (*Joule/Kelvin*).
- T : temperatur sel (*Kelvin*).
- R_s : resistansi seri sel (*Ohm*).
- R_{sh} : resistansi paralel (*Ohm*).
- V : tegangan luaran PV (*Volt*).
- n : adalah faktor kualitas dioda yang bernilai antara 1 dan 2

Karakteristik besar daya yang dikeluarkan oleh PV bergantung pada besarnya intensitas cahaya yang mengenai permukaan PV dan temperatur pada permukaan PV. Gambar 2.6 dan Gambar 2.7 menunjukkan pengaruh besar intensitas cahaya matahari dan temperatur terhadap daya luaran PV[8].



Gambar 2. 6 Kurva Karakteristik I-V, dengan Pengaruh Radiasi



Gambar 2. 7 Kurva Karakteristik P-V, dengan Pengaruh Radiasi

2.3 Maximum Power Point Tracking (MPPT)[9]

Tegangan dan arus keluaran sel PV memiliki karakteristik *nonlinear* seperti si tunjukkan Persamaan 2.1. Hal tersebut juga dapat di lihat pada plot kurva P-V hasil simulasi karakteristik *Photovoltaic* (PV) pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7. parameter kualitas keluaran PV dapat di lihat melalui parameter *fill factor* yang diberikan oleh Persamaan 2.2.

$$FF = \frac{V_{MP}I_{MP}}{V_{OC}I_{SC}} \quad (2.2)$$

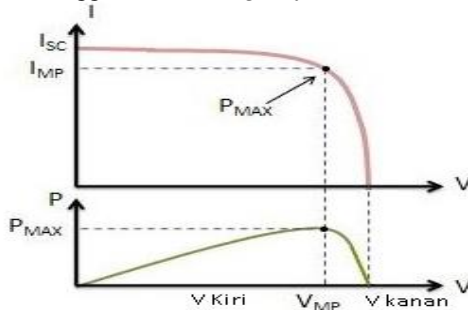
Dimana V_{MP} dan I_{MP} merupakan titik kerja *maximum/minimum power point*(MPP) dari tegangan dan arus PV. Titik kerja maksimum PV berubah seiring perubahan radiasi matahari dan suhu sel.

PV tidak akan secara otomatis bekerja pada titik maksimumnya, melainkan harus dikendalikan. *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) adalah metode yang digunakan untuk mencari titik kerja maksimum PV dan mempertahankan PV bekerja di titik tersebut[13].

Banyak jurnal yang membahas MPPT. Terdapat lebih dari 5 metode MPPT yang memiliki perbedaan mendasar, setiap metode memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Beberapa metode seperti *Perturbation & Observation* (P&O) memiliki kelemahan pada waktu penjangakan dan osilasi pada MPP.

2.3.1 Modified Perturb and Observe[9]

Perturb and Observe (P&O) adalah metode MPPT konvensional. Algoritma P&O bekerja dengan menaikkan dan menurunkan nilai *dutycycle* (D) untuk pencarian terhadap titik maximum daya PV. Terdapat 2 jenis P&O yakni *direct dutycycle* (*hill climbing*) dan menggunakan *Voltage reference*[10].



Gambar 2. 8 Prinsip Kerja MPPT Berbasis P&O

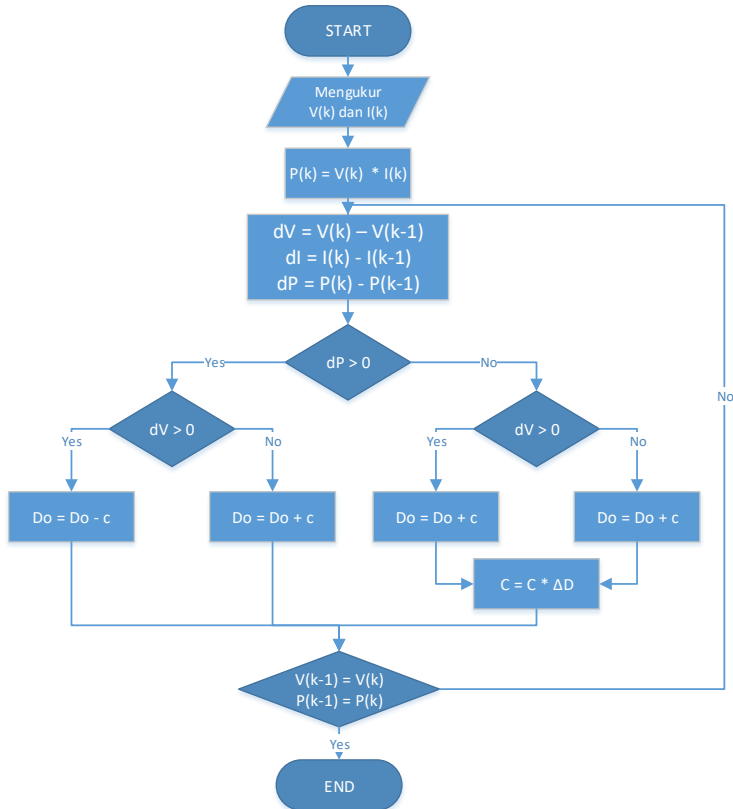
Dari Gambar 2.8 dapat dilihat bahwa titik daya maksimum P_{MPP} membagi wilayah tegangan V menjadi dua area yakni area V kiri dan V kanan. Metode $P\&O$ memperoleh nilai P_{MPP} dengan melakukan pergeseran nilai tegangan V ke arah kiri dan kanan. Apabila pada saat $P\&O$ menggeser tegangan V ke arah kanan dan terjadi peningkatan nilai daya maka perturbasi berikutnya harus tetap sama yakni menggeser V ke arah kanan untuk mencapai MPP[6]. Namun jika terjadi penurunan daya, perturbasi harus dibalik. Algoritma ini dirangkum dalam Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Prinsip Kerja MPPT Berbasis $P\&O$

Perturbasi	Perubahan Daya (ΔP_{MPP})	Perturbasi Berikutnya
V geser ke kanan	Positif	V geser ke kanan
V geser ke kanan	Negatif	V geser ke kiri
V geser ke kiri	Positif	V geser ke kiri
V geser ke kiri	Negative	V geser ke kanan

Pada Tabel 2.1 terlihat bahwa algoritma juga bekerja secara berulang-ulang sampai P_{MPP} tercapai. Sistem mengalami osilasi pada daerah disekitar P_{MPP} . penggunaan *Modified P&O*, bertujuan untuk mengurangi osilasi sampai mendekati nol. Adapun *flowchart* dari algoritma *Modified P&O* ditunjukkan pada Gambar 2.8[6].

Pada Gambar 2.9 merupakan sebuah *flowchart* prinsip dari algoritma *Modified P&O* untuk MPPT. Masukan dari algoritma *Modified P&O* adalah arus dan tegangan PV. Melalui nilai masukan tegangan $V(t)$ dan arus $I(t)$ diperoleh nilai daya $P(t)$. Pada saat daya PV dan tegangan naik, algoritma ini menaikkan nilai *dutycycle* (ΔD). Nilai *dutycycle* (D) dijumlah dengan selisih nilai ΔD , sehingga menghasilkan nilai titik operasi dan mencapai titik daya maximum, begitu juga dengan arah sebaliknya[6].



Gambar 2. 9 Flowchart Prinsip Kerja MPPT Modified P&O

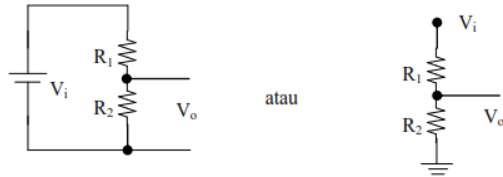
Pada *Modified P&O*, penambahan faktor C dikalikan dengan ΔD untuk mengurangi step langkah *dutycycle* ketika algoritma MPPT berada disekitar titik MPP. pengurangan step *dutycycle* ini berimbas pada pengurangan *ripple* daya pada saat kondisi *steady state*. Itulah yang menyebabkan nilai *ripple* daya bisa mendekati nol. Sehingga dapat dilihat pada grafik MPP pada simulasi nilai *ripple* sama dengan nol.

2.4 Hardware

Pembuatan perangkat keras dari sistem ini meliputi pembuatan rangkaian sensor tegangan , sensor arus, rangkaian konverter *Cuk*, serta rangkaian-rangkaian pendukung berupa, driver, mosfet dan interface untuk mikrokontroler.

2.4.1 Sensor Tegangan[15]

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



Gambar 2.10Rangkaian Dasar Pembagi Tegangan (*Voltage Divider*)

Dari rangkaian yang telah ditunjukkan pada Gambar 2.10 dapat diperoleh persamaan:

$$V_o = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} V_i \quad (2.3)$$

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

2.4.2 Sensor Arus[10]

Sensor arus yang digunakan pada tugas akhir ini adalah ACS712 seperti pada Gambar 2.11. ACS712 merupakan sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor ini telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang kecil. Sensor ini digunakan pada aplikasi-aplikasi di bidang industri, komersial maupun komunikasi. Contoh aplikasi dari ACS712 antara lain untuk sensor kontrol motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi terhadap arus lebih dan lain sebagainya.

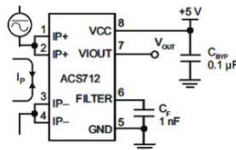


Gambar 2.11 Modul Sensor Arus ACS712

Spesifikasi Sensor Arus ACS712-20A-T [10] :

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

Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian *offset* rendah *linier* medan dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada di dalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan transduser medan secara berdekatan[12].



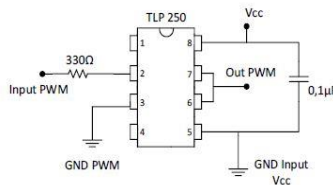
Gambar 2.12 Rangkaian Skematik Sensor Arus ACS712

Hambatan dalam penghantar sensor sebesar 1,2 mΩ dengan daya yang rendah. Jalur terminal konduktif secara kelistrikan diisolasi dari sensor timah mengarah (pin 5 sampai pin 8) seperti pada Gambar 2.12 yang merupakan diagram pin dari ACS712. Hal ini menjadikan

sensor arus ACS712 dapat digunakan pada aplikasi-aplikasi yang membutuhkan isolasi listrik tanpa menggunakan opto-isolator atau teknik isolasi lainnya yang mahal. IC ACS712 tipe 20A ini mempunyai sensitivitas sebesar 100mV/A . Saat arus yang mengalir 0A IC ini mempunyai *output* tegangan $2,5\text{V}$. Nilai tegangan akan bertambah berbanding lurus dengan nilai arus.

2.4.3 Driver MOSFET[14]

Rangkaian TLP250 digunakan untuk menguatkan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) yang dibangkitkan oleh rangkaian kontrol PWM menjadi level tegangan yang lebih tinggi. Tegangan sinyal PWM 5V akan dikuatkan menjadi 15V sehingga *Cukup* untuk memicu MOSFET pada rangkaian konverter DC yang dirancang. Pada *datasheet* TLP 250, nilai arus *forward* (I_f) yang direkomendasikan adalah sebesar 10mA . Tegangan *forward* tipikal berkisar antara $1,6\text{V}$ hingga $1,8\text{V}$ [11].



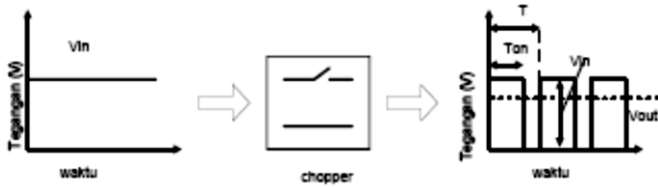
Gambar 2.13 Rangkaian Skematik Driver MOSFET TLP250

Gambar 2.13 menunjukkan rangkaian skematik *driver* MOSFET TLP250. Resistor 330Ω pada pin 2 digunakan untuk membatasi arus *forward* (I_f) pada masukan TLP250 sehingga sesuai dengan *datasheet*.

2.4.4 Cuk Konverter[12]

Konverter DC-DC merupakan salah satu jenis rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengkonversi tegangan masukan searah konstan menjadi tegangan keluaran searah yang dapat divariasikan berdasarkan perubahan *dutycycle* rangkaian kontrolnya[13].

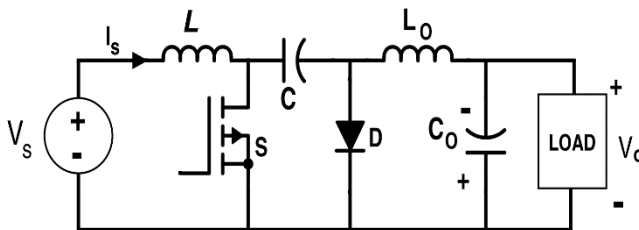
Secara garis besar, konverter DC-DC dibagi menjadi 2 masam yaitu tipe *linear* dan Tipe pensaklaran (*switching*). Dalam tugas akhir ini akan digunakan cara yang kedua dalam pengolahan daya yaitu menggunakan konverter DC ke DC tipe pensaklaran.[15]



Gambar 2.14 Proses Pengubahan Tegangan Arus Searah ke Arus Searah dengan konverter DC ke DC .

Pada Gambar 2.14 menerangkan tentang perubahan dan cara kerja *switching* untuk MOSFET. Konverter DC ke DC atau biasa disebut *chopper*, konverter DC ke DC dapat digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan DC. Rangkaian konverter DC ke DC memerlukan suatu sumber tegangan DC yang konstan dan tegangan keluaran yang bervariasi dengan mengatur waktu pensaklaran pada transistor yang dihubungkan ke beban. Cara kerjanya adalah suatu tegangan arus searah konstan di *switch* on dan off untuk mereduksi harga mula-mula tegangan yang digunakan pada beban[14].

Converter yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *Cuk Converter*. *Cuk Converter* mempunyai karakteristik tegangan keluaran lebih besar dan lebih kecil dari tegangan masukan. Seperti halnya tipe *buck-boost*, konverter DC-DC topologi *Cuk* juga dapat menghasilkan tegangan keluaran yang lebih kecil ataupun lebih besar daripada sumber tegangan. Dengan tambahan induktor dan kapasitor pada sisi masukan, membuat topologi ini menghasilkan riak arus yang lebih kecil daripada topologi *buck-boost*. secara skematis dapat dilihat pada Gambar 2.15 sebagai berikut:



Gambar 2.15 Rangkaian *Cuk Converter*

Nilai tegangan keluaran konverter *Cuk* dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{V_o}{V_s} = -\frac{D}{1-D} \quad (2.4)$$

Ketika dioperasikan sebagai *tracker* kurva P-V, besarnya nilai kapasitor yang digunakan harus memenuhi persamaan sebagai berikut :

$$C_{1min} > \frac{D^2 T_s}{2R} \quad (2.5)$$

Pada rangkaian konverter *Cuk* memiliki nilai tegangan *ripple* yang dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta V_{c2} = \frac{DV_s}{8C_2 L_2 f^2} \quad (2.6)$$

Dengan mengasumsikan nilai ΔV_{c2} pada rangkaian konverter *Cuk* maka kita dapat memperoleh nilai kapasitor C_2 . Agar konverter *Cuk* bekerja di modus CCM, maka nilai induktansi L_{1min} dan L_{2min} rangkaian konverter *Cuk* harus memenuhi persamaan sebagai berikut

$$L_{1min} = \frac{(1-D)^2 R}{2Df} \quad (2.7)$$

Sedangkan nilai L_{2min} dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$L_{2min} = \frac{(1-D)R}{2f} \quad (2.8)$$

Dengan D merupakan *dutycycle* minimum dari rangkaian konverter *Cuk*, R resistansi beban dan f adalah frekuensi *switching* transistor[13].

2.5 Arduino Uno[15]

Dalam buku “*Getting started with arduino*” Arduino adalah sebuah *platform* komputasi fisik yang *open source* pada *board input output* sederhana. Yang dimaksud dengan *platform* komputasi fisik di sini adalah sebuah sistem fisik yang interaktif dengan penggunaan *software* dan *hardware* yang dapat mendeteksi dan merespon situasi dan kondisi yang ada di dunia nyata.

Arduino Uno adalah papan sirkuit berbasis mikrokontroler ATmega328. IC (*integrated circuit*) ini memiliki 14 *input/output digital* (6 *output* untuk PWM), 6 *analog input*, resonator kristal keramik 16 MHz, Koneksi USB, soket adaptor, pin header ICSP, dan tombol reset. Hal inilah yang dibutuhkan untuk mensupport mikrokontrol secara mudah terhubung dengan kabel power USB atau kabel *power supply* adaptor AC ke DC atau juga *battery*. Dapat dilihat pada Gambar 2.16 bentuk fisik dari arduino uno.



Gambar 2.16 Board Arduino Uno

2.6 Baterai atau Akumulator [16]

Baterai atau Akumulator adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi (umumnya energi listrik) dalam bentuk energi kimia dengan efisiensi yang tinggi. Di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* yang dimaksud dengan proses elektrokimia *reversible* adalah didalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, yaitu pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel. Tiap sel baterai terdiri dari dua macam elektroda yang berlainan, yaitu elektroda positif dan negatif yang dicelupkan dalam suatu larutan kimia[17].

- **Proses Pengisian**

Secara sederhana, proses pengisian baterai isi ulang adalah dengan memasukkan arus secara terus-menerus pada baterai sehingga tegangan bertambah hingga batas tertentu. Proses pengisian baterai secara berlebihan dapat merusak baterai sehingga umur baterai tidak dapat bertahan lama.

- **Proses Pengosongan**

Secara sederhana, proses pengosongan baterai isi ulang adalah dengan cara menghabiskan arus pada baterai sehingga muatan pada baterai berkurang yang menyebabkan tegangan baterai semakin menurun pada batas tertentu. Untuk jenis baterai NiMH dan NiCd pengosongan baterai tidak boleh di bawah 0.9 Volt untuk setiap sel baterai.

$$C_{Rate} = \frac{C}{1\ Hour} \quad (2.9)$$

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

Sebagai contoh jika sebuah baterai 1000*mA-hour* akan mempunyai *C-Rate* sebesar 1000*mA*, arus penyesuaian untuk 1C

adalah 1000mA, arus penyesuaian untuk 0.1C adalah 100mA dan arus penyesuaian untuk 2C adalah 2000mA. Adapun Tabel pengisian baterai atau akumulator dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2. 2 State of Charge Batteray Charging/ Accumulator

Charger	6-VBattery	12-VBattery	24-VBattery	48-VBattery	Per cel
100%	6,37 V	12,73 V	25,46 V	50,92 V	1,277
90%	6,31 V	12,62 V	25,24 V	50,48 V	1,258
80%	6,25 V	12,60 V	25,00 V	50,00 V	1,238
70%	6,19 V	12,37 V	24,74 V	49,48 V	1,217
60%	6,12 V	12,24 V	24,48 V	48,96 V	1,195
50%	6,05 V	12,10 V	24,20 V	48,40 V	1,172
40%	5,98 V	11,96 V	23,92 V	47,84 V	1,148
30%	5,91 V	11,81 V	23,62 V	47,24 V	1,124
20%	5,83 V	11,66 V	23,32 V	46,64 V	1,098
10%	5,75 V	11,51 V	23,02 V	46,04 V	1,073

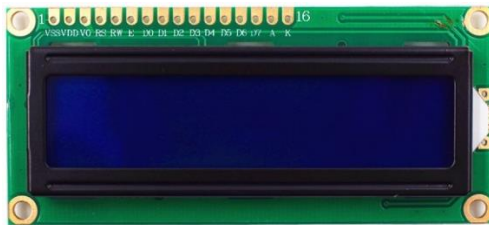
2.7 *Liquid Crystal Display (LCD) [17]*

LCD merupakan alat penampil karakter yang dapat berupa angka, huruf, dan gambar. Jenis-jenis LCD yang terdapat dipasaran ada dua jenis yaitu LCD teks dan LCD grafik. LCD yang digunakan adalah jenis LCD M1632. Modul M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 20x4 baris dengan konsumsi daya yang rendah. LCD membutuhkan *driver* supaya bisa dikoneksikan dengan sistem minimum dalam suatu mikrokontroler. *Driver* yang disebutkan berisi rangkaian pengaman, pengatur tingkat kecerahan maupun data, serta untuk mempermudah pemasangan di mikrokontroler. LCD Teks adalah jenis LCD yang digunakan untuk menampilkan teks atau angka dalam kode ASCII. Sedangkan *graphic* LCD dapat menampilkan gambar karena setiap sel dari grafik LCD memuat "dot" kristal cair. LCD banyak digunakan sebagai *display* dari alat – alat elektronika seperti kalkulator, multimeter digital, jam digital dan sebagainya. Pada Gambar 2.17 bentuk fisik dari LCD 20 x 4. Konfigurasi pin yang dimiliki oleh LCD 16 x 2 terdapat pada Tabel 2.3 Konfigurasi Pin LCD 16x2.

Tabel 2. 3 Konfigurasi Pin LCD 16x2

Fungsi	Pin	Deskripsi	Data Logika	Keterangan
Ground	1	Vss (Ground)		0 V
Tegangan	2	Vdd (Vcc)		+5 V

Fungsi	Pin	Deskripsi	Data Logika	Keterangan
Sumber				
Kontras	3	VEE		
Kendali LCD	4	RS	0	
			1	
	5	R/W	0	
			1	
	6	E	0	
			1	
<i>Floating</i>				
Data	7	D0	0/1	Bit
	8	D1	0/1	Bit
	9	D2	0/1	Bit
	10	D3	0/1	Bit
	11	D4	0/1	Bit
	12	D5	0/1	Bit
	13	D6	0/1	Bit
	14	D7	0/1	Bit
Anoda	15	<i>Backlight Lampu Background</i>		
Katoda	16	<i>Backlight Lampu Background</i>		



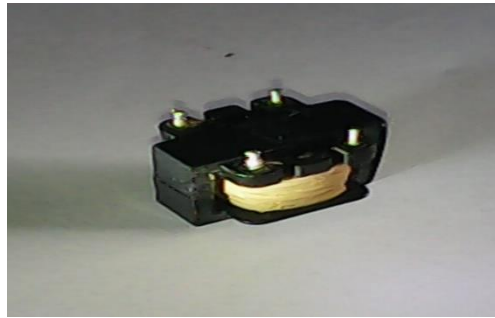
Gambar 2. 17 LCD 16X2

2.8 Induktor [18]

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*. Biasanya sebuah induktor adalah sebuah kawat penghantar yang dibentuk menjadi kumparan, lilitan membantu membuat 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 2.18 dan Gambar 2.19.

Untuk jenis induktor bentuk *trafo* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.18 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. 18 Induktor Bentuk *Trafo*.

Sedangkan untuk jenis induktor bentuk *core*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.19 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. 19 Induktor Bentuk *Core*

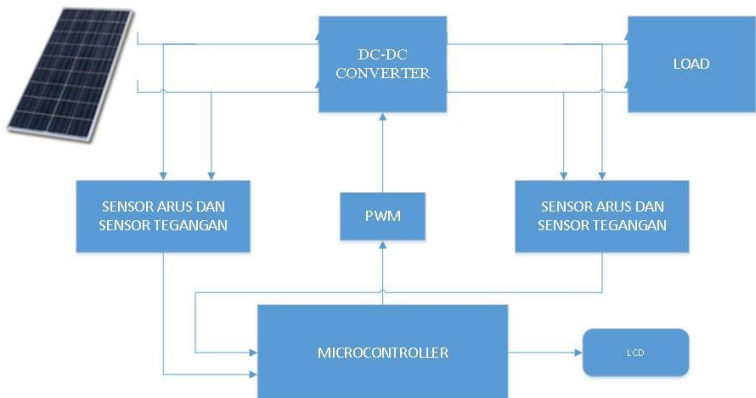
-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB III PERENCANAAN DAN IMPLEMENTASI

Pada Bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan dan pembuatan *Maximum Power point tracking* menggunakan metode *modified Perturb and observe* meliputi blok fungsional sistem yang akan menjelaskan proses kerja alat dalam bentuk alur diagram. Perancangan mekanik membahas tentang desain dan pembuatan mekanik yang mendukung cara kerja alat. Pada perancangan perangkat elektrik akan membahas perancangan rangkaian DC-DC Converter, driver MOSFET sebagai kontrol pwm, rangkaian pendukung alat, dan perancangan program.

3.1 Diagram Fungsional Sistem

Bagan kinerja sistem optimalisasi panel surya dengan MPPT secara detail ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Fungsional Sistem

Dari Gambar 3.1, menjelaskan bahwa dalam tugas akhir ini, dibuat alat pengendali daya panel surya dengan menggunakan metode *modified perturb and bserve*. Pada bagian yang pertama terdapat panel surya yang berfungsi menghasilkan energi listrik dari sinar matahari yang di serap. *Output* dari panel surya tersebut akan menghasilkan tegangan dan arus yang berubah-ubah tergantung dengan kondisi intensitas radiasi matahari (*irradiance*).

Nilai tegangan dan arus akan terbaca oleh sensor tegangan dan arus, fungsi sensor tegangan dan arus adalah untuk memberikan *input* pada mikrokontroler untuk mengatur nilai penguat yang akan di

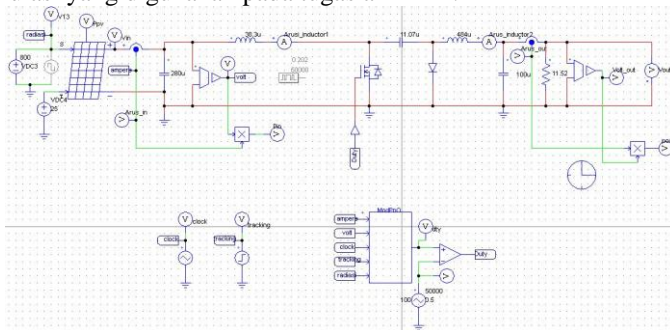
berikan. Sedangkan sensor arus dan tegangan pada keluaran dc-dc converter berfungsi memberikan *feedback* untuk mengetahui hasil dari penguat dc-dc converter.

Mikrokontroler berfungsi menerima *input analog* dari berbagai sensor, mengubahnya terlebih dahulu menjadi digital (*ADC Conversion*), kemudian diproses kedalam algoritma *modified perturb and observe*. Hasil dari algoritma *modified perturb and observe* tersebut berupa sinyal PWM yang digunakan untuk *switching* MOSFET pada rangkaian *Cuk converter*.

Rangkaian PWM disini menggunakan rangkaian *driver* MOSFET yang berfungsi untuk menguatkan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) yang dibangkitkan oleh rangkaian kontrol PWM menjadi level tegangan yang lebih tinggi. Tegangan sinyal PWM 5V akan dikuatkan menjadi 15V sehingga cukup untuk memicu MOSFET pada rangkaian konverter DC yang dirancang. *Load* disini berfungsi sebagai penyimpanan daya yang di hasilkan oleh dc-dc converter. *Load* yang digunakan adalah sebuah akumultor sebesar 17Ah 12Volt. Akumulator tersebut nantinya berfungsi untuk menghidupkan sebuah lampu LED.

3.2 Perancangan Simulator

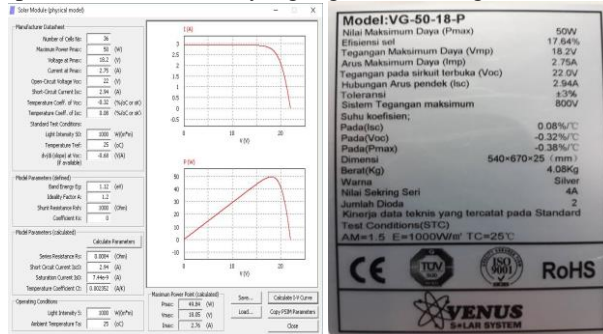
Perencanaan simulator sebagai salah satu metode verifikasi pengujian berdasarkan simulasi menggunakan *software* simulasi. Simulator ini dibuat dengan tujuan sebagai pembuktian awal bahwa metode yang diusulkan bisa bekerja dengan baik dalam variabel kondisi yang relatif terkendali dan ideal. Rangkaian simulasi sistem yang dibangun pada *software* simulasi, dibuat semirip mungkin dengan parameter semua komponen yang digunakan pada bab 3.2. Perencanaan *Hardware*. Gambar 3.2 adalah Gambar rangkaian simulasi yang digunakan pada tugas akhir ini.



Gambar 3.2 Diagram Fungsional Sistem

Dari gambar 3.2 menjelaskan bahwa, digunakan 1 buah *block Simplified C* algoritma MPPT dimana algoritma yang di gunakan adalah *modified perturb and observe*. *input* atau masukan dari *block* algoritma adalah sensor arus dan tegangan. *Block* ini memiliki sebuah *output* sebagai sinyal modulasi PWM setelah pengolahan menggunakan algoritma MPPT dilakukan.

konverter yang digunakan adalah 1 buah konverter dengan topologi *Cuk*. Semua parameter pada konverter *Cuk* akan dibahas lebih rinci pada Sub-bab 3.3. Dalam perencanaan sistem PV ini, menggunakan PV 50 WP. Modul PV 50WP ini memiliki karakteristik fisik yang bisa disesuaikan dengan modul sesungguhnya yang dipakai serta karakteristik *output* yang bisa dikomparasi dengan data yang dihipunkan dari pengujian *Photovoltaic* sebelumnya. Gambar 3.3. adalah parameter PV 50 WP yang digunakan sebagai modul PV.



(a) Simulasi *Software* (b) Perangkat Sebenarnya
Gambar 3.3 Parameter Karakteristik Modul 50 WP

3.3 Perancangan Perangkat Elektrik

Pada perancangan perangkat elektrik akan dibahas tentang perancangan rangkaian driver MOSFET, *Cuk converter*, sensor tegangan, sensor arus dan perhitungan komponen pendukungnya, beserta *wiring* dari *hardware* yang digunakan.

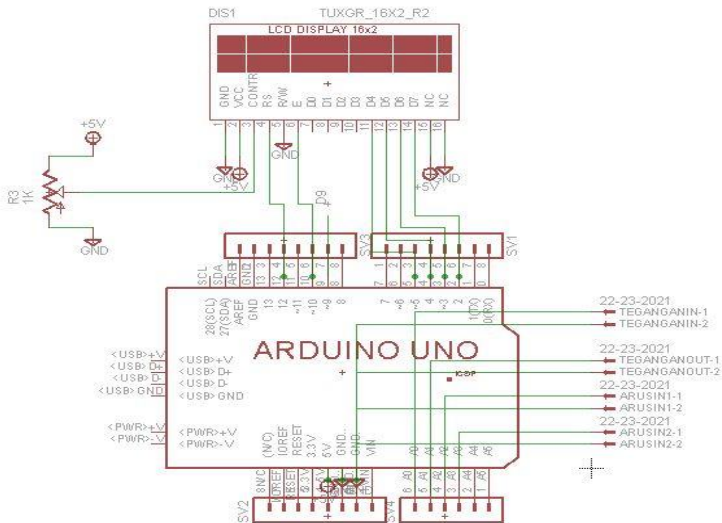
3.3.1 Setting Port Arduino

Mikrokontroler digunakan sebagai pusat kendali *system* Jaringan PJU-TS menggunakan MPPT. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino UNO. Arduino UNO adalah sebuah *board* mikrokontroler didasarkan pada ATmega328P. Memiliki 14 pin *input* dari *output* digital dimana 6 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* pwm dan 6 pin *input* *analog*, 16 MHz *osilator* kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP *header* dan tombol *reset*. Pada sistem

ini akan digunakan beberapa pin mikrokontroler dengan rancangan sesuai pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Konfigurasi *Port* Mikrokontroler

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



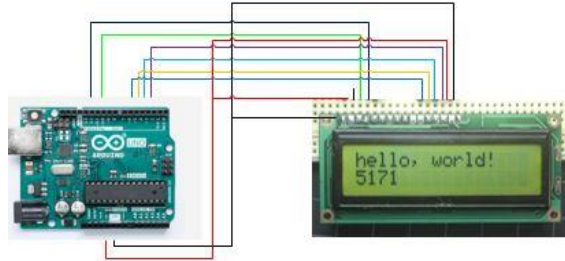
Gambar 3.4 Skematik *Setting Port* Mikrokontroler

3.3.2 Rangkaian Penggunaan LCD 16x2

LCD merupakan suatu perangkat elektronik yang berfungsi untuk menampilkan suatu data, huruf ataupun grafik. LCD yang digunakan pada perancangan di tugas akhir ini menggunakan LCD 16 x 2. Dimana LCD ini memiliki 16 kolom dan memiliki 2 baris, yang digunakan untuk menampilkan suatu huruf , angka, simbol, dll. LCD 16x2 ini digunakan untuk menampilkan data arus dan tegangan pada hasil keluaran sistem MPPT.

LCD ini membutuhkan tegangan kerja sebesar 5Volt. Secara umum, modul LCD dikendalikan secara parallel untuk jalur data

ataupun kontrolernya. Namun, jalur parallel akan memakan banyak Pin mikrokontroler ATmega 328. Dapat di lihat pada Tabel 3.2 menunjukkan pin yang digunakan oleh LCD16x2. Adapun *Wiring* antara Mikrokontroler ATmega 328, dengan modul LCD dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Skema LCD 16X2

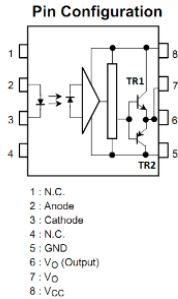
Berikut adalah Tabel pin yang digunakan oleh LCD 16X2 di tunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Wiring LCD 16X2

NO	Pin Mikrokontroler ATmega 328	Pin LCD
1.	Pin 2	Pin 14
2.	Pin 3	Pin 13
3.	Pin 4	Pin 12
4.	Pin 5	Pin 11
5.	Pin 10	Pin 6
6.	Pin 12	Pin 5
7.	Pin VCC	Pin 2, Pin 15
8.	Pin GND	Pin1, Pin 16

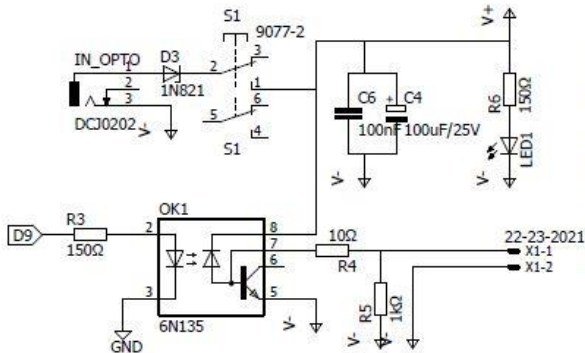
3.3.3 Rangkaian Driver MOSFET TLP 250

Rangkaian pembangkit sinyal PWM pada tugas akhir ini menggunakan Arduino Uno. Sinyal PWM yang dihasilkan oleh Arduino Uno. Sistem minimum arduino adalah sebuah rangkaian elektronika sederhana yang sebuah *board minimum system* mikrokontroler yang bersifat *open source*. Rangkaian sistem minimum menggunakan sumber *clock* yang terdapat pada *crystal oscillator* eksternal 16MHz. Rangkaian pembangkit sinyal PWM ini di dukung oleh rangkaian driver MOSFET yang menggunakan TLP 250, dapat dilihat Gambar 3.6 adalah *datasheet* dari TLP250.



Gambar 3.6 TLP 250

Dari Gambar 3.6 akan di rangkai menjadi rangkaian driver MOSFET yang terhubung oleh pin 9 arduino uno. Untuk Gambar rangkaian driver MOSFET dapat di lihat Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Rangkaian Driver MOSFET

Dari Gambar 3.7 dapat dilihat skema rangkaian kontrol PWM yang digunakan pada Konverter *Cuk*. Untuk memberikan sinyal PWM dibutuhkan pengendali arduino uno yang sudah diprogram dengan menggunakan timer atmega328 untuk mengaktifkan PWM. Hal yang dapat diatur pada sitem pengendali (arduino uno) meliputi frekuensi *switching* (F_s) dan nilai *dutycycle*. Nilai *dutycycle* yang diberikan pada perancangan Konverter *Cuk* yaitu 0 % - 75 % karena jika nilai *dutycycle* >75 maka terjadi drop tegangan yang diakibatkan dari faktor resitansi pada induktor . Pada perubahan nilai *dutycycle* tersebut dapat diamati saat konverter bekerja dalam mode *buck* (*step down converter*) atau mode *boost* (*step up converter*). Sedangkan untuk nilai frekuensi *switching* yang diberikan adalah 50KHz. Frekuensi

switching diberikan sesuai dengan spesifikasi awal konverter yang akan dirancang karena nilai frekuensi *switching* dapat menentukan nilai komponen yang digunakan pada konverter *Cuk*.

Sinyal PWM dari arduino tidak dapat disambungkan langsung ke rangkaian Konverter *Cuk* dikarenakan tegangan keluaran dari arduino tidak dapat memicu MOSFET aktif, sehingga dibutuhkan *gate driver* agar dapat memicu MOSFET tersebut. *Gate driver* menggunakan *optocoupler* TLP250 yang terdiri dari dua sisi yaitu *transmitter* dan *receiver*. Keluaran dari sistem kontrol (Arduino Uno) dihubungkan ke sisi *transmitter*, sedangkan sisi *receiver* dihubungkan pin *gate* dan pin *source* pada MOSFET. Koneksi antar pin arduino uno dan *gate driver* dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3. 3 Koneksi Pin Arduino Uno dan *Gate Driver*

Arduino uno	<i>Gate Driver</i>
GND	Potensiometer pin 1
A0	Potensiometer pin 2
VDC 5Volt	Potensiometer pin 3
9	IC TLP 250 pin 2
GND	IC TLP 250 pin 3

3.3.4 Rangkaian *Cuk Converter*

Cuk converter merupakan salah satu dari DC-DC *converter* yang mempunyai fungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan masukan dari PV. Sebenarnya dalam penelitian ini *Cuk converter* hanya digunakan sebagai *converter* untuk diintegrasikan dengan algoritma MPPT, sehingga respon transformasi dari *converter* ini tidak terlalu dibahas terlalu dalam. Meskipun demikian parameter tegangan *output* dari konverter ini diset pada 24 Volt, dengan harapan bisa menjadi baterai *charger* untuk elemen kering sebesar 24 Volt. Parameter yang digunakan untuk *Cuk converter* bisa dilihat pada Tabel 3.4. Untuk nilai dari P_{max} adalah sebesar nilai total maksimal peluang sebesar 50 Watt. Untuk frekuensi *switching* yang digunakan adalah sebesar 50000Hz, berdasarkan besarnya frekuensi *clock* mikrokontroler arduino uno. Rangkaian yang du gunakan seperti pada bab 2 mengenai rangkaian *cuk conerter*.

Dari bab 2 dapat dilihat beberapa komponen yang perlu untuk dicari nilainya dan ratingnya untuk desain lebih lanjut. Hasil dari perhitungan akan di masukkan pada *software* simulasi PSIM. Dan

hasil nya akan di paparkan pada bab 4. *Design Konverter Cuk* ini mengacu dengan parameter pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Parameter Konverter *Cuk*

No.	Parameter	Value
1.	P_{MAX}	50 Watt
2.	V_{in}	18 V
3.	V_{out}	24 V
4.	I_{in}	2.75 A
5.	<i>Dutycycle</i>	56%
6.	Frekuensi <i>Switching</i>	50 Khz

Untuk perhitungan manual nilai Parameter-parameter yang berkaitan, yaitu:

1. Menentukan *Dutycycle*

$$\frac{D}{1-D} = \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (3.1)$$

$$\frac{D}{1-D} = \frac{24}{18}$$

$$\frac{D}{1-D} = 1,3$$

$$D = 1,3 \times (1 - D)$$

$$2,3D = 1,3$$

$$D = 0,56$$

2. Menentukan nilai Aus pada induktor 1

$$I_{L2} = \frac{P_o}{-V_o} = \frac{50watt}{24volt} = 2,083 A \quad (3.2)$$

3. Menghitung nilai arus pada induktor 2

$$I_{L2} = \frac{P_s}{V_s} = \frac{50watt}{18volt} = 2,77 A \quad (3.3)$$

4. Menghitung nilai *ripple* arus induktor 1

$$\Delta I_{L2} = \frac{V_s \times D}{L_2 \times f} \quad (3.4)$$

$$\Delta I_{L2} = \frac{18 \times 0,56}{484.10^{-7} \times 50000}$$

$$\Delta I_{L2} = 4,16 A$$

5. Menghitung nilai *ripple* arus inductor 2

$$\Delta I_{L2} = \frac{V_s \times D}{L_1 \times f} \quad (3.5)$$

$$\Delta I_{L2} = \frac{18 \times 0,56}{38.10^{-6} \times 50000}$$

$$\Delta I_{L2} = 5,26 A$$

6. Menentukan nilai induktor 1 dan 2

$$L_2 \geq \frac{V_s \times D}{f \times \Delta I L_2} \quad (3.6)$$

$$L_2 \geq \frac{18 \times 0,56}{50000 \times 4,16}$$

$$L_2 \geq 484 \mu H$$

$$L_1 \geq \frac{V_s \times D}{f \times \Delta I L_2}$$

$$L_1 \geq \frac{18 \times 0,56}{50000 \times 5,26}$$

$$L_1 \geq 38,3 \mu H$$

7. Mencari nilai kapasitor 2

$$C_2 \geq \frac{1-D}{\frac{\Delta V_o}{V_o} \times 8 \times L_2 \times f^2} \quad (3.7)$$

$$C_2 \geq \frac{1-0,56}{0,01 \times 8 \times 484.10^{-6} \times 50000^2}$$

$$C_2 \geq 8,33 \mu F$$

Nilai $\frac{\Delta V_o}{V_o}$ di asumsikan 1%

8. Tegangan rata-rata C_1 adalah

$$C_1 = V_s - V_o \quad (3.8)$$

$$C_1 = 18 - (-24) = 42V$$

Jadi, perubahan maksimal pada $VC_1 = 42v \times 0,05 = 2,1V$

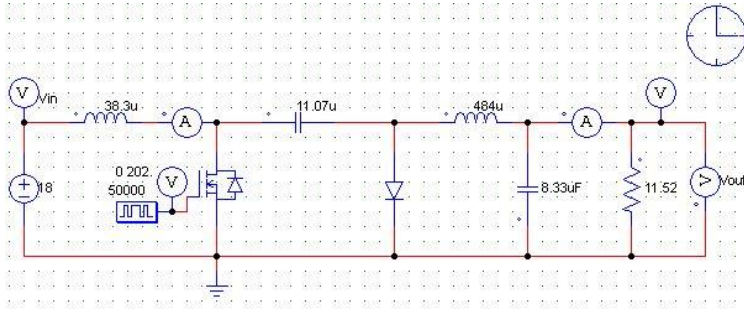
9. Mencari nilai capasitor 1

$$C_1 \geq \frac{V_o \times D}{R \times f \times \Delta V_{C1}}$$

$$C_1 \geq \frac{24 \times 0,56}{11,56 \times 50000 \times 2,1} \quad (3.9)$$

$$C_1 \geq 11,07 \mu F$$

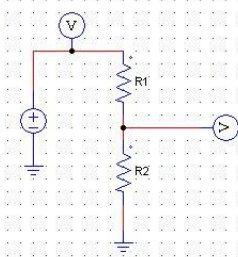
Setelah perhitungan manual dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan rangkaian Konverter *Cuk*. Rangkaian konverter *Cuk* ditunjukkan pada Gambar 3.8. Pengujian dan analisis untuk rangkaian Konverter *Cuk* ini dibahas lebih lanjut pada bab 4.



Gambar 3. 8 Rangkaian Cuk Converter

3.3.5 Rangkaian Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan adalah rangkaian pembagi tegangan (*Voltage divider*). Rangkaian pembagi tegangan berfungsi sebagai konversi tegangan dari generator dc magnet permanen. Tegangan *output* yang dihasilkan PV adalah 0 sampai 24 Volt, sedangkan tegangan yang dimasukkan pada mikrokontroler 0 sampai 5 Volt. Tegangan *input* sensor merupakan besarnya tegangan yang ingin diukur. Sedangkan tegangan *output* sensor tegangan merupakan hasil keluaran dari rangkaian pembagi tegangan yang masuk pada ADC mikrokontroler. Arduino dapat membaca nilai tegangan dengan memanfaatkan pin *analog*. Jika range tegangan yang dibaca diantara 0-5 Volt bisa langsung menggunakan pin *analog* dari arduino uno.



Gambar 3.9 Rangkaian Pembagi Tegangan

Perhitungan rangkaian pembagi tegangan seperti pada Gambar 3.19 adalah sebagai berikut :

$$V_o = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_i \quad (3.10)$$

Dimisalkan $R_2 = 25 \text{ k}\Omega$

$V_{out} = 5 \text{ Volt}$ (Volt mikrokontroler)

$V_{in} = 24 \text{ Volt}$ (V_{input} dari *Photovoltaic*)

$$5 = \frac{R_1}{R_1 + 25k\Omega} \times 24$$

$$5R_1 + 125k = 24R_1$$

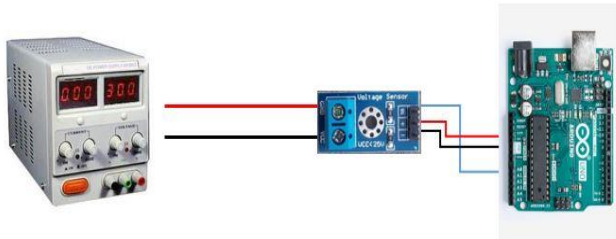
$$19 R_1 = 125k$$

$$R_1 = 6,5 k\Omega$$
(3.11)

Perhitungan pada Persamaan 3.10 dan 3.11 adalah perhitungan untuk rangkaian pembagi tegangan secara manual. Data yang diterima arduino berupa nilai ADC , untuk mengkonversi menjadi nilai tegangan menggunakan rumus:

$$\text{Tegangan} = \text{ADC} * (5/1023) * (25/6)$$
(3.12)

- ADC : Nilai ADC yang terbaca
- 1023 : Nilai ADC maksimal (10 bit)
- 5V : Tegangan referensi ADC arduino (*default*)
- 25 : Resistor 1
- 6 : Resistor 2



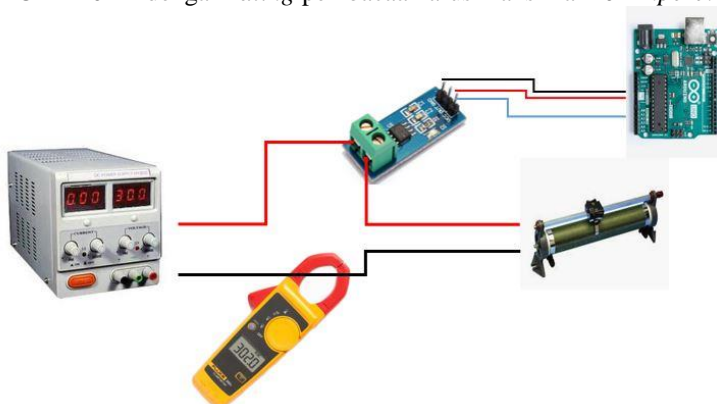
Gambar 3.10 Skema Sensor Tegangan

Gambar 3.10 menunjukkan cara untuk mengkalibrasi sensor tegangan. Di gunakan *power supply variable* untuk nantinya d berikan tegangan berubah-ubah dengan step yang tidak besar. Hasil dari kalibrasi sensor tegangan akan di tunjukkan pada BAB 4.

3.3.6 Rangkaian Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan adalah ACS712 seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.11. Pin IP+ dan IP- terhubung pada *input*. Sensor arus dicatu oleh tegangan 5V yang terhubung ke *Vcc*. Keluaran sensor arus *Vout* terhubung ke pin ADC mikrokontroler. Sensor arus ini digunakan untuk membaca besarnya arus baik pada sisi *input* maupun *output* pada rangkaian *buck-boost converter*. Pada *datasheet* ACS712 dapat dilihat bahwa hasil pembacaan sensor arus berupa

tegangan DC dengan kondisi awal (arus *input* = 0) sama dengan 2,5 Volt. Pada tugas akhir ini digunakan dua buah sensor arus ACS-712 ELCTR-20AT dengan *rating* pembacaan arus maksimal 20 Ampere.

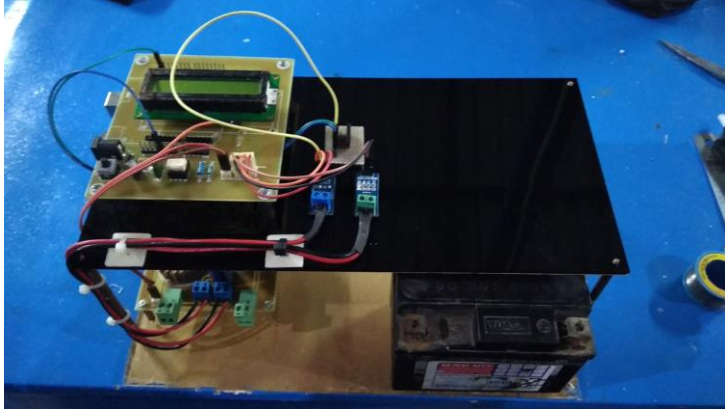


Gambar 3.11 Skema Sensor Arus

Dapat di lihat pada Gambar 3.11 adalah cara untuk menguji daripada sensor arus yang di gunakan. Untuk mengetahui apakah sensor arus yang digunakan sudah presisi maka digunakan sebuah alat berupa *clammeter* untuk membandingkan nilai keluaran sensor dengan nilai yang muncul pada *clammeter*.

3.3.7 Integrasi Perangkat Elektrik

Setelah perencanaan dan implementasi bagian-bagian *hardware*, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian perbagian untuk meminimalisasi kesalahan dalam integrasi. Untuk integrasi *hardware* mengacu pada blok diagram sistem yang diusulkan sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1 pada Sub-Bab 3.1 Konfigurasi Sistem. Dalam integrasi *hardware* terdapat blok pencatu daya yang diambil dari akumulator 12Volt sebagai sumber daya untuk rangkaian kontroler dan rangkaian *driver*. Dalam integrasi *hardware* juga terdapat blok sensor tegangan dan arus sebagai masukan algoritma MPPT yang akan digunakan untuk mengendalikan konverter agar bisa optimal. Pada masing-masing blok kontroler juga terdapat *interface* berupa LCD *text* untuk melihat respon kontroler terhadap sinyal masukan. Untuk kontroler yang ditanami algoritma MPPT, *interface* yang dipasang bertujuan mempermudah pembacaan daya ketika proses *tracking* berlangsung. Gambar 3.12 adalah hasil dari sistem integrasi *hardware* secara keseluruhan.



Gambar 3.12 Rangkaian Integrasi Sistem MPPT

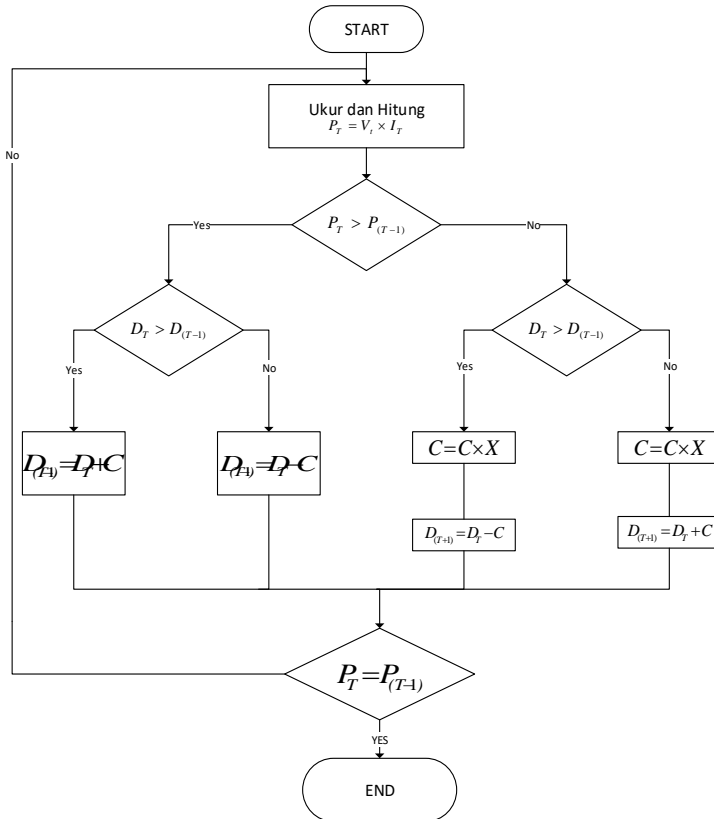
3.4 Perancangan Software

Pada perancangan *software* akan di bahas mengenai perhitungan algoritma *Modified Perturb and Observe*, kalibrasi sensor *Voltage*, dan kalibrasi sensor *Current*.

3.4.1 Algoritma *Modified Perturb and Observe*

Perturb and Observe (P&O) adalah sebuah algoritma awal yang digunakan untuk aplikasi *Maximum Power Point Tracker Photovoltaic*. Algoritma ini mempunyai respon yang cukup cepat dalam mencari titik puncak daya dari sebuah kurva karakteristik PV yang *uniform*, tapi *P&O* memiliki kelemahan *ripple dutycycle* ketika mencapai kondisi *steady state*. Kelemahan ini berimbas pada munculnya *ripple* pada daya keluaran konverter.

Algoritma *Modified P&O* merupakan algoritma pengembangan dari *P&O*. Penggunaan algoritma ini diperbaiki dengan menambahkan faktor *X* yang berfungsi menurunkan besaran konstanta langkah pencarian dari *P&O*. Faktor *X* ini ditambahkan setiap *dutycycle* beresilasi disekitar *dutycycle steady state*. Dengan penambahan faktor *X* ini maka besaran konstanta langkah *dutycycle* akan mengecil sehingga *ripplenya* semakin lama akan menjadi nol. Faktor *X* memiliki besaran diantara 0 sampai dengan 1. Gambar 3.13 adalah *flowchart* untuk algoritma *Modified P&O*.



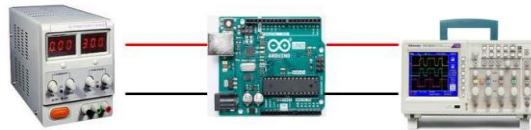
Gambar 3.13 Flowchart Algoritma Modified P&O sebagai MPPT

Flowchart Algoritma MPPT di atas adalah metode utama yang akan digunakan dalam tugas akhir ini.

3.4.2 Perancangan Program Pembangkitan PWM

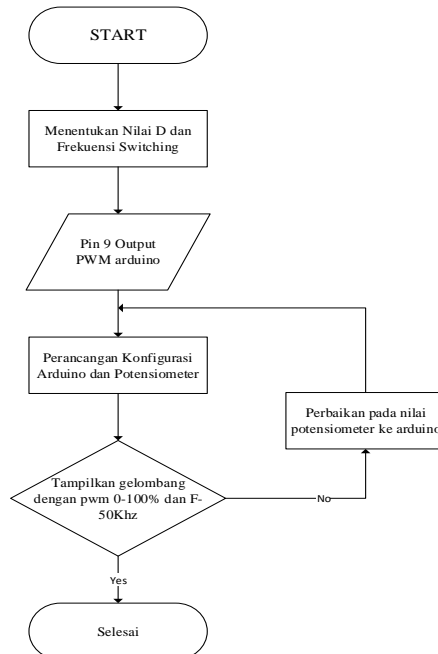
Pulse Width Modulation (PWM) merupakan parameter yang penting agar rangkaian *Cuk converter* dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. PWM merupakan suatu metode pengaturan tegangan dengan mengubah atau mengatur periode ON (TON) pada tegangan berfrekuensi dengan periode frekuensi yang tetap atau sama. Dengan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

Rangkaian *Cuk converter* pada sistem MPPT ini menggunakan pembangkitan pwm dengan resolusi 10 bit, maka variasi perubahan pwm sebanyak $2^8 = 256$ yaitu variasi mulai 0 – 1023 perubahan nilai. Untuk mengatur nilai *dutycycle*, dapat diatur nilai pembandingnya (*compare*) mulai 0 berarti 0% hingga 1023 berarti 100%.



Gambar 3. 14 Skema PWM

Dapat dilihat pada Gambar 3.14 skema untuk pengambilan gelombang PWM dengan menggunakan *oscilloscope*. *Oscilloscope* yang digunakan adalah *oscilloscope digital*. Hal ini dikarenakan untuk mempermudah melihat frekuensi yang keluar dan lebar gelombang yang keluar. Untuk hasil pengujian dari PWM dapat dilihat pada BAB 4.



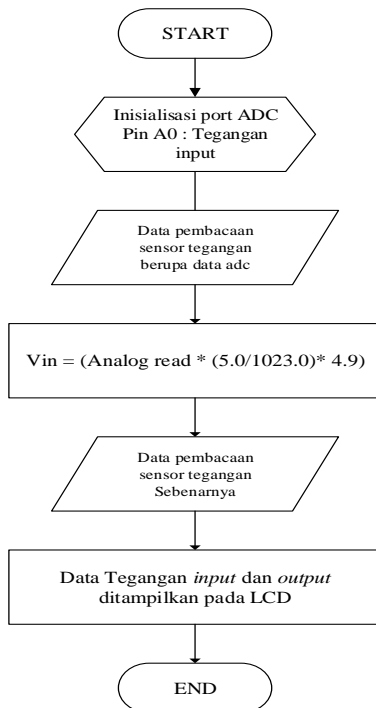
Gambar 3. 15 Flowchart Pembangkitan PWM

Penjelasan *flowchart* berdasarkan Gambar 3.15 adalah sebagai berikut:

1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Inisialisasi pin pwm, pin 9 digunakan untuk pwm.
3. Menampilkan frekuensi 50 Khz dengan *dutycycle* dan akan mengatur agar tegangan *output* stabil pada 12 Volt.

Apabila tegangan *output* belum sesuai dengan *dutycycle*, maka akan kembali ke sistem awal di mana Arduino akan menyesuaikan *dutycycle* sesuai dengan perubahan tegangan *input* yang akan menstabilkan tegangan *output* di 12 Volt.

3.4.3 Perancangan Program Pembacaan Sensor Tegangan



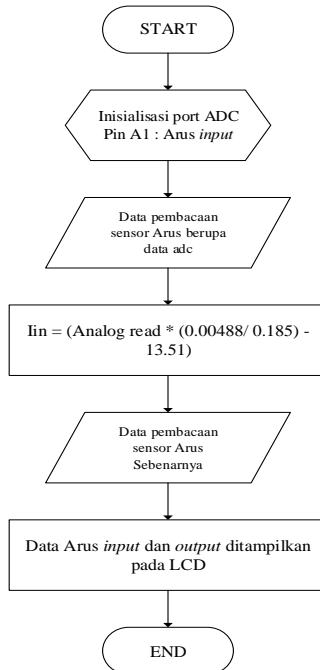
Gambar 3.16 *Flowchart* Sensor Tegangan

Penjelasan *flowchart* berdasarkan Gambar 3.16 adalah sebagai berikut:

1. *Start* adalah ketika program dimulai.

2. Inisialisasi pin ADC mikrokontroler, sensor tegangan *input* dibaca di pin A0, sensor tegangan *output* dibaca di pin A1.
3. Data yang masuk pada *port* ADC berupa tegangan dengan *range* 1-5 Volt kemudian dikonversi ke tegangan sebenarnya.
4. Data tegangan *input* dan *output* yang sudah di konversi akan ditampilkan pada LCD.

3.4.4 Perancangan Program Pembacaan Sensor Arus



Gambar 3.17 Flowchart Sensor Arus

Penjelasan *flowchart* berdasarkan Gambar 3.17 adalah sebagai berikut:

1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Inisialisasi pin ADC mikrokontroler, sensor arus *input* dibaca di pin A2 dan sensor arus *output* dibaca di pin A3
3. Data yang masuk pada port ADC berupa tegangan. Ketika mendapat arus *input* 0 maka terbaca 2,5 Volt. Sensor arus memiliki resolusi 100mV/Ampere.

Data arus *input* dan *output* ditampilkan pada LCD.

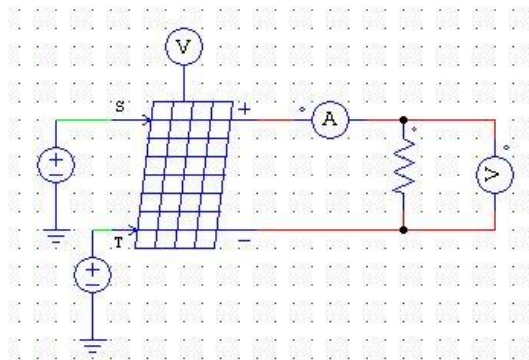
-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

Untuk mengetahui apakah tujuan-tujuan dari pembuatan alat ini telah sesuai dengan yang diharapkan atau tidak, maka dilakukan pengujian dan analisa terhadap alat yang telah dibuat. Pengujian sistem yang dilakukan merupakan pengujian terhadap perangkat keras dan perangkat lunak dari sistem secara keseluruhan yang telah selesai dibuat untuk memastikan agar komponen-komponen sistem yang akan digunakan dapat berfungsi dengan baik sehingga akan bekerja secara optimal.

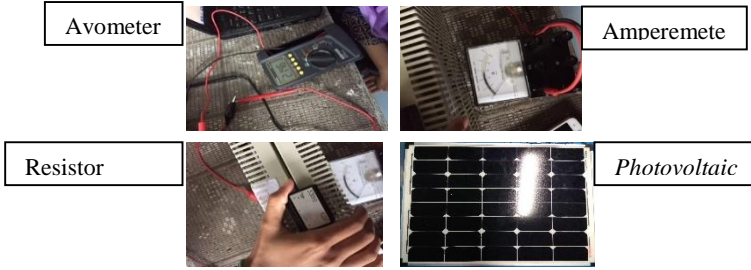
4.1 Karakteristik *Photovoltaic*

Pada Pengujian karakteristik miniatur *Photovoltaic* (PV) diperlukan sebagai acuan perancangan topologi konverter yang digunakan pada penelitian ini. Berikut penyajian data karakteristik miniatur PV yang diambil pada hari Sabtu dan Minggu, 17 dan 18 Februari 2018 dengan kondisi cuaca dominan cerah . Data yang disajikan adalah data karakteristik pukul 08.00 WIB sampai dengan 15.00 WIB dengan pengamatan intensitas radiasi relatif matahari seragam dan dalam posisi ortogonal terhadap bidang permukaan PV.



Gambar 4. 1 Cara Pengujian Karakteristik *Photovoltaic*

Dapat di lihat Gambar 4.1 adalah Gambar rangkaian pengujian dari miniatur PV. Rangkaian ini memiliki nilai resistor variabel berupa resistor geser sebagai beban. Dengan spesifikasi PV 50 Watt peak.



Gambar 4. 2 Pengujian Karakteristik PV

Pada Gambar 4.2 menunjukkan cara pengambilan data karakteristik *photovoltaic*. *Photovoltaic* (PV) akan di hubungkan seri dengan *Amperemeter* lalu di hubungkan pada beban berupa resistor variabel. Nilai resistansi dari variabel resistor diubah sesuai dengan kenaikan tegangan yang terukur dengan step sebesar 2 sampai 3 Volt, hal ini bertujuan menjaga linieritas step data yang akan diolah, sedangkan ketika mendekati nilai maksimum rating tegangan PV, rangkaian akan dijadikan *open circuit* sehingga didapati tegangan maksimum dengan arus yang minimum. Kemudian ketika nilai step tegangan sudah mendekati nilai 0 Volt, beban dan *Voltmeter* akan dilepas menjadi rangkaian *short circuit* sehingga akan didapatkan data tegangan minimum dimana arus yang terukur adalah arus maksimum. Nilai dari resistansi sengaja tidak di tampilkan si sebabkan keterbatasan alat pengukuran. Pengujian dilakukan di Plasa jurusan Teknik Elektro , Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada pukul 08.00 WIB sampai dengan 15.00 WIB pada tanggal 12 januari 2018, dengan kondisi cuaca cerah berawan secara merata.

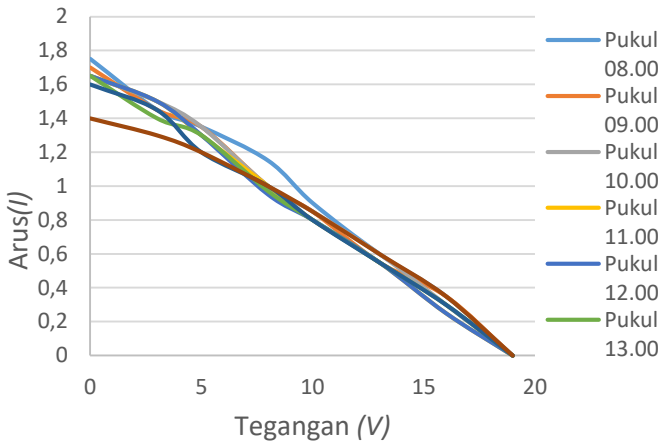
Tabel 4. 1 Data Pengujian PV

Waktu	Volt (V)	Current (I)	Power (W)	Waktu	Volt (V)	Current (I)	Power (W)
08.00 - 09.00	0	1,75	0	12.00 - 13.00	0	1,65	0
	3	1,45	4,35		3	1,5	4,5
	5	1,35	6,75		5	1,3	6,5
	8	1,15	9,2		8	0,95	7,6
	10	0,9	9		10	0,8	8
	13	0,6	7,8		13	0,55	7,15
	16	0,35	5,6		16	0,25	4
19	0	0	19	0	0		

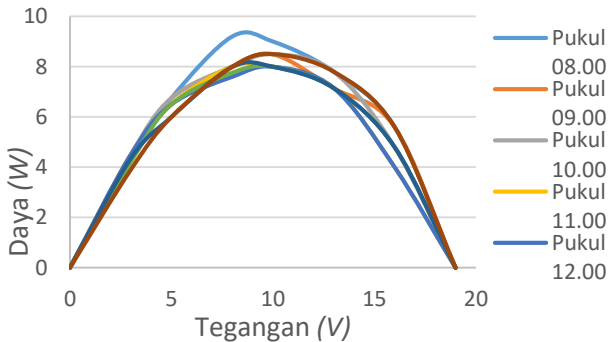
Waktu	Volt (V)	Current (I)	Power (W)	Waktu	Volt (V)	Current (I)	Power (W)
09.00 - 10.00	0	1,7	0	13.00 - 14.00	0	1,65	0
	3	1,45	4,35		3	1,4	4,2
	5	1,35	6,75		5	1,3	6,5
	8	1	8		8	0,97	7,76
	10	0,85	8,5		10	0,8	8
	13	0,55	7,15		13	0,55	7,15
	16	0,35	5,6		16	0,3	4,8
	19	0	0		19	0	0
10.00 - 11.00	0	1,65	0	14.00 - 15.00	0	1,6	0
	3	1,5	4,5		3	1,45	4,35
	5	1,35	6,75		5	1,2	6
	8	1	8		8	1	8
	10	0,85	8,5		10	0,8	8
	13	0,6	7,8		13	0,55	7,15
	16	0,3	4,8		16	0,3	4,8
	19	0	0		19	0	0
11.00 - 12.00	0	1,65	0	15.00 - 16.00	0	1,4	0
	3	1,5	4,5		3	1,3	3,9
	5	1,3	6,5		5	1,2	6
	8	1	8		8	1	8
	10	0,8	8		10	0,85	8,5
	13	0,55	7,15		13	0,6	7,8
	16	0,25	4		16	0,35	5,6
	19	0	0		19	0	0

Dari hasil Tabel 4.1 berfungsi untuk mencari titik maksimal dari sebuah PV. Pada Tabel 4.1 dapat di lihat bahwa titik maksimal berada di tengah setiap jam, dapat di ambil contoh pada jam 09.00 titik maksimal daya yang di dapat yaitu saat tegangan 10 Volt dan arus 0,85A. Dari pengujian ini didapatkan data yang disajikan dalam Tabel 4.1. Masing – masing data pada Tabel 4.1 akan diplot dalam bentuk kurva karakteristik arus terhadap tegangan dan daya terhadap

tegangan yang disajikan pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 sebagai berikut.



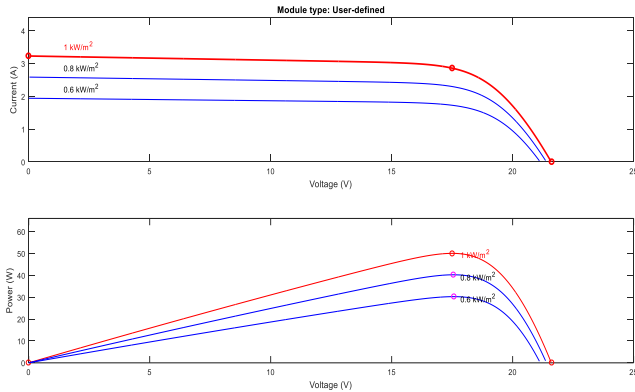
Gambar 4. 3 Kurva Karakteristik I-V



Gambar 4. 4 Kurva Karakteristik PV

Kurva yang terbentuk ini relatif sama dengan kurva karakteristik yang diplotkan menggunakan *software* simulasi pada Gambar 4.4 dengan sedikit perbedaan pada *magnitude* dan besar *power* yang tercapai. Kurva yang terbentuk dari data Tabel 4.1 juga memiliki sebuah puncak sebagai Global MPP-nya. Dari 50 *Watt*, ternyata hanya mampu mencapai nilai Global MPP sebesar 9,762 *Watt*. Hal ini kemungkinan disebabkan karena intensitas radiasi matahari belum sampai pada kondisi rating sebesar 1000 *Watt/m2*, temperatur permukaan pada modul PV lebih besar dari 250 C, dan bisa

juga karena kesalahan paralaks dikarenakan pembacaan yang tidak orthogonal pada alat ukur *Amperemeter analog* dan *Avometer digital*.



Gambar 4. 5 Kurva Karakteristik I-V dan P-V Simulasi

Dengan menggunakan data parameter yang diusahakan semirip mungkin antara simulasi dan implementasi, sebagaimana Gambar 3.3 pada BAB 3, didapatkan kurva karakteristik pada Gambar 4.5. Adapun *magnitude* Global MPP yang terbaca pada hasil simulasi adalah 62,9 *Watt* dari daya yang *available* sebesar 64,19 *Watt* dengan kondisi radiasi matahari sebesar 1000 *Watt/m²* dan temperatur permukaan modul adalah 25° C.

4.2 Simulator

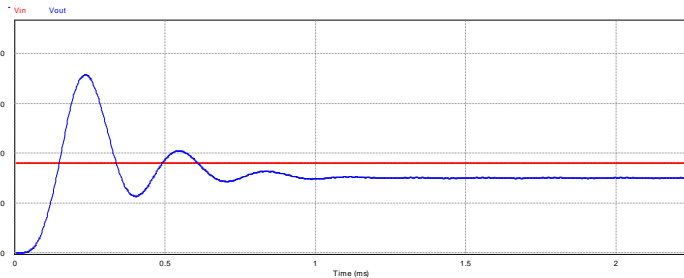
Pengujian simulator dilakukan sebagai bukti awal bahwa hipotesis secara simulasi dengan kondisi yang ideal bisa digunakan sebagai metode baru untuk MPPT. Simulasi dilakukan menggunakan program *software*, pengujian simulator meliputi satu buah metode algoritma dan rangkaian DC-DC *converter*.

4.2.1 Pengujian Simulasi Rangkaian *Cuk Converter*

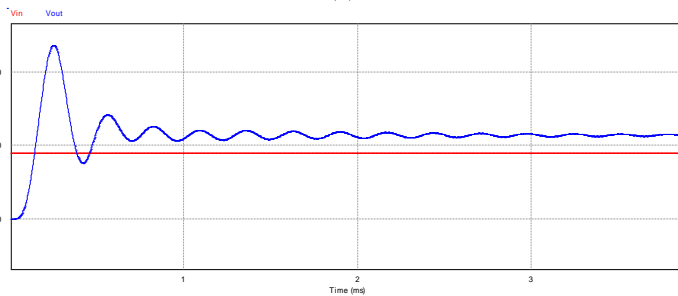
Pengujian rangkaian *Cuk converter* untuk sistem MPPT. Dari hasil perhitungan pada bab 3 akan di simulasikan pada *software* PSIM guna mengetahui hasil perhitungan dengan hasil simulasi. Efek *dutycycle* pada *ouput* konverter. Berikut adalah rangkaian *Cuk converter* pada *software*.

Dengan menggunakan input tegangan DC dan besar komponen yang telah dibahas pada BAB 3, kemudian dengan menggunakan variabel *dutycycle* yang dapat di atur pada *software* simulasi, maka

Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 adalah hasil dari pengujian Rangkaian *Cuk* konverter. Parameter yang diamati adalah hasil tegangan *output* dan tegangan *input*, arus pada induktor, dan arus *output*.



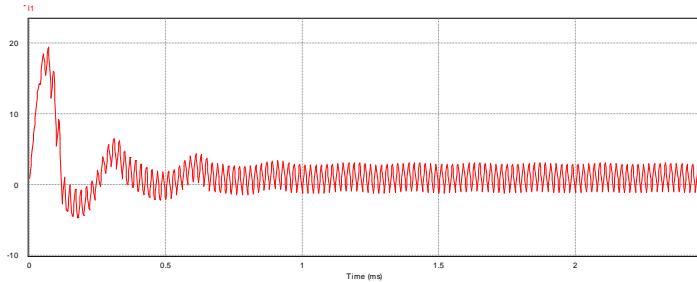
(a)



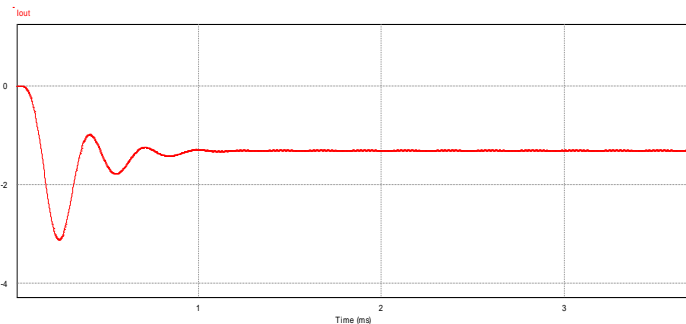
(b)

Gambar 4. 6 Hasil Simulasi Tegangan *Output* dan Tegangan *Input* Rangkaian *Cuk* Konverter

Dapat di lihat dari Gambar 4.6 *input* (warna merah) di beri nilai konstan dan *output* terjadi *overshoot* hingga time 0,5ms. Tegangan *output* lebih kecil di dibandingkan dengan tegangan *input*, hal ini dikarenakan *dutycycle* yang digunakan adalah 0,45. Sedangkan *output* kedua keluaranya lebih besar di dibandingkan dengan tegangan *input*, dikarenakan *dutycycle* yang di gunakan adalah 0,56. Dan berikut adalah hasil dari arus pada induktor 1.



Gambar 4. 7 Hasil Simulasi Arus Pada Induktor 1



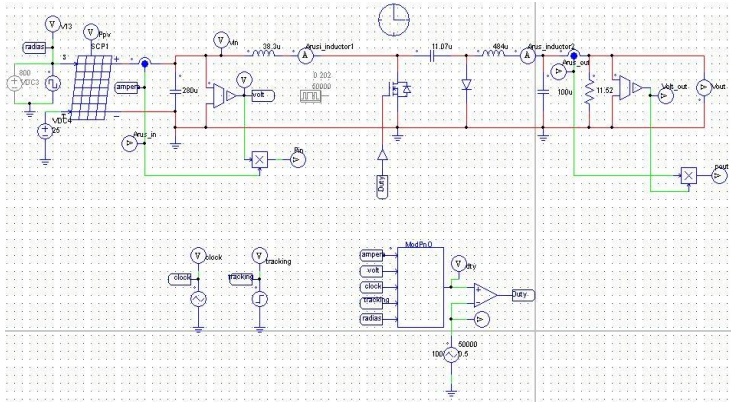
Gambar 4. 8 Hasil Simulasi Arus Pada Induktor 2

Dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 keluaran dari arus pada induktor 1 dan 2. Untuk mengetahui hasil dari arus induktor, pasanglah *probe* sensor arus samping induktor pada simulasi.

Dari hasil simulasi arus *output Cuk* konverter terlihat keluaran negatif, dikarenakan rangkaian *Cuk* konverter hasil keluarannya adalah terbalik.

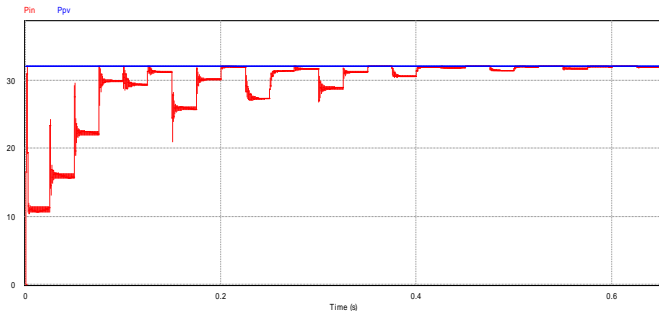
4.2.2 Pengujian Simulasi dengan Algoritma *Modified PnO*

Pengujian Sistem MPPT untuk pemanenan daya menggunakan algoritma *Modified PnO* pada subbab ini adalah pengujian dengan 1 buah PV menggunakan topologi tunggal. Rangkaian pengujian untuk simulasi dengan algoritma *Modified PnO* dapat dilihat pada Gambar 4.9.



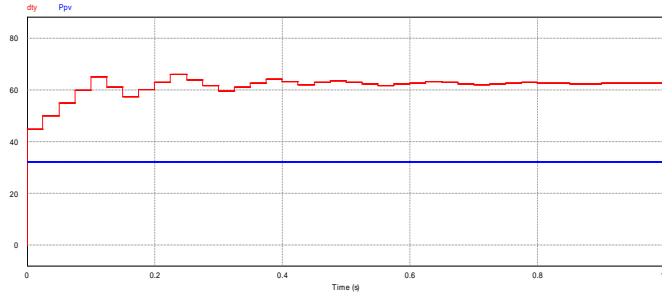
Gambar 4. 9 Pengujian MPPT untuk *Single Topologi*

Dengan menggunakan modul *Photovoltaic* yang telah dibahas pada BAB 3, kemudian dengan menggunakan variabel intensitas cahaya yang dapat di atur pada *software* simulasi menggunakan *Single Topologi*. Parameter yang diamati adalah daya MPPT terhadap daya yang tersedia dan respon *dutycycle* terhadap MPPT.

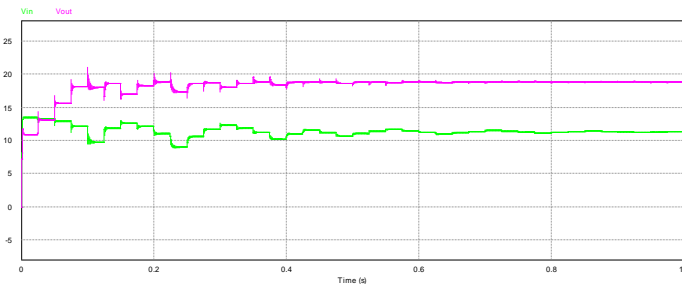


Gambar 4. 10 Pengujian MPPT dengan Algoritma *Modified PnO*

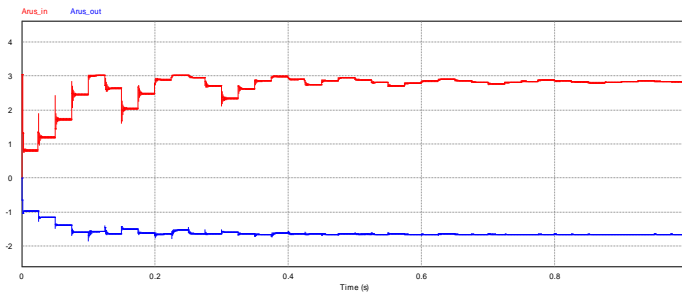
Dapat di lihat pada Gambar 4.10 daya yang menggunakan algoritma *Modified PnO* (warna merah) terlihat sudah mulai mencari nilai maksimal dari *photovoltaic* dan mempertahankan nilai daya pada titik MPP (warna biru). Nilai efektif *steady state* yang ditentukan adalah $32,2\text{Watt}$ untuk potensi daya yang tersedia, sedangkan daya MPPT adalah sebesar $32,1\text{Watt}$. Hasil dari pengamatan, algoritma *PnO* masih bisa bekerja dengan baik, sangat mendekati dengan potensi daya *Photovoltaic* dan terdapat reduksi *ripple* daya pada saat *steady state*.



Gambar 4. 11 Hasil Simulasi *Duty* Terhadap *Photovoltaic*



(a) hasil simulasi *Vin* terhadap *Vout* MPPT



(b) hasil simulasi *Iin* terhadap *Iout*

Gambar 4. 12 Hasil Simulasi Tegangan dan Arus MPPT

Terlihat pada Gambar 4.12 bahwa *Vin* (warna hijau) dan *Vout*(warna ungu) mengikuti metode algoritma *modified pno*. Samahalnya dengan arus, arus *output* terlihat turun(warna biru) dan arus *output* (warna merah) di karenakan karakteristik PV adalah tegangan berbanding terbalik dengan arus.*Dutycycle* yang digunakan adalah 30% yaitu mode *buck*.

4.3 Hardware

Pengujian *hardware* memungkinkan deteksi dini ketidaksesuaian integrasi dengan perencanaan sistem secara keseluruhan. Pengujian *hardware* meliputi pengujian performa dari konverter dan sensor yang di gunakan.

4.3.1 Pengujian LCD (*Liquid Crystal Display*)

Pengujian pada LCD 16x2 dengan tujuan untuk mengetahui kondisi dari LCD 16x2 dalam keadaan baik atau tidak. Karena LCD ini terhubung dengan *Arduino* maka pengujian dilakukan dengan memberikan program untuk menampilkan beberapa karakter pada LCD tersebut. LCD akan terhubung dengan pin *Arduino* yakni pin 10, 9, 8, 7, 6, 5. Dapat di lihat pada BAB 3 untuk skema pengujian LCD 16x2.

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan program pada *Arduino Uno* untuk menampilkan karakter pada LCD. Dapat di lihat pada Lampiran A.2 untuk program dari LCD 16x2. Setelah diberi program untuk menampilkan karakter pada LCD maka tampilan pada LCD akan tampil pada baris bawah “Tes LCD” ,pada baris kedua akan tampil angka 64. Dengan demikian maka LCD yang telah diuji dapat digunakan pada tugas akhir ini. Di dapatkan hasil pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14.



Gambar 4. 13 Pengujian Tampilan LCD dengan Satu Baris



Gambar 4. 14 Pengujian Tampilan LCD dengan Dua Baris

4.3.2 Pengujian *Pulse Width Modulation*

Pengujian ini bertujuan untuk melihat bentuk gelombang PWM dan frekuensi yang dihasilkan oleh mikrokontroler arduino uno. Gambar 4.15 menunjukkan rangkaian pengujian PWM.

Dapat di lihat pada BAB 3 mengenai skema pengujian PWM, *power supply* digunakan sebagai sumber guna menghidupkan arduino uno. Hubungkan pin 9 atau pin 10 arduino dengan *oscilloscope*. Program arduino berfungsi untuk mengaktifkan *timerone* yakni pin 9 dan pin 10. PWM dengan frekuensi 50kHz ditunjukkan dalam Gambar 4.15. Program yang digunakan adalah mengaktifkan fungsi dari *timer* Atmega328, yaitu Atmega yang digunakan oleh arduino uno.



Gambar 4. 15 Tampilan Gelombang PWM

Dapat di lihat pada Gambar 4.15, adalah hasil yang terbaca pada *oscilloscope digital* frekuensi dapat langsung dilihat, dan hasil sesuai dengan program yang digunakan yakni 50Khz.

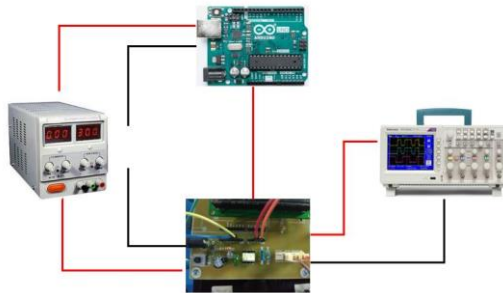
4.3.3 Pengujian Rangkaian *Driver* MOSFET

Pengujian rangkaian *Driver* MOSFET meliputi pengujian keluaran gelombang PWM dengan penguatan rangkaian *driver* TLP 250. Rangkaian *driver* MOSFET dapat di lihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Rangkaian *Driver* MOSFET

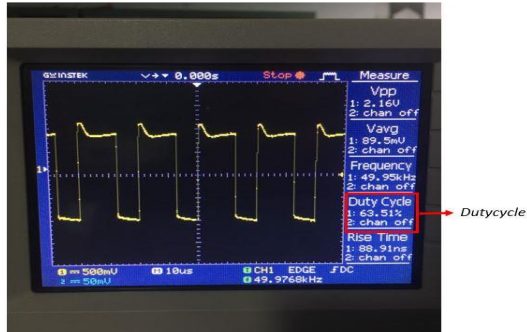
Input dari rangkaian TLP250 adalah pin9 arduino uno. Arduino uno terletak pada bagian belakang *driver* MOSFET. Pada saat *optocoupler* diberi masukan sinyal PWM yang dihasilkan dari program arduino, maka frekuensi keluaran juga sama dengan masukan yang membedakan adalah besar *amplitudo*. Pengukuran gelombang *output* dari *optocoupler*, dapat dilakukan seperti pada Gambar 4.17.



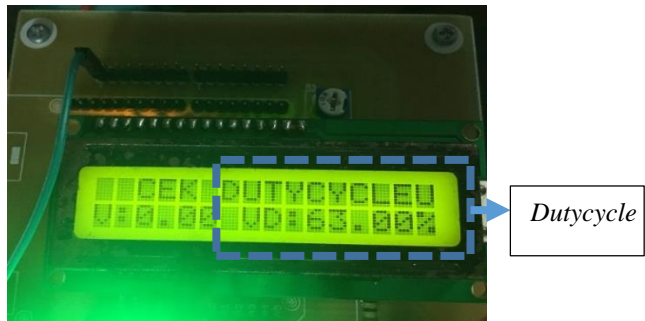
Gambar 4. 17 Cara Pengujian *Driver* MOSFET

Pengukuran *optocoupler* dapat dilakukan pada pin X1 dan X2 pada Gambar rangkaian 4.17. Sumber *power optocoupler* menggunakan sumber berbeda dengan sumber arduino. Kaki PWM pin 9 arduino lalu di hubungkan dengan kaki 2 *optocoupler*. Nilai keluaran dari driver MOSFET menggunakan IC TLP250 yang didapat dari alat ukur multimeter sebesar 12,4 Volt. Dari hasil pengukuran pada driver MOSFET IC TLP250 didapat kualitas tegangan peak to peak yg lebih baik dari dibanding hanya menggunakan PWM arduino

uno saja untuk mengontrol MOSFET pada rangkaian DC-DC konverter. Dari gambar terlihat bahwa pengukuran tegangan peak mengalami peningkatan dari tegangan peak pada Arduino Uno yang mulanya hanya 536 mV menjadi 2,16 V.



Gambar 4. 18 Tampilan *Dutycycle* & Gelombang Pulsa Keluaran *Optocoupler*

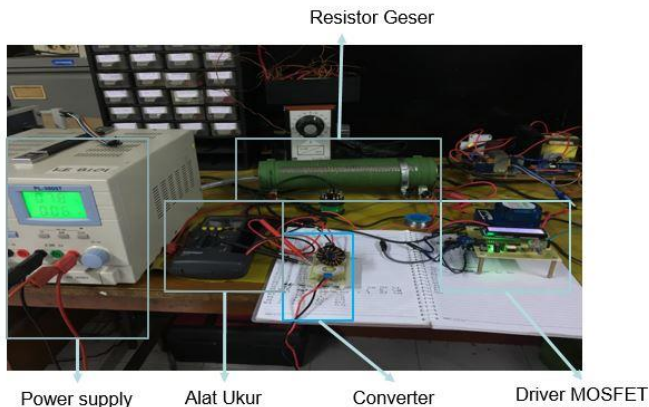


Gambar 4. 19 Tampilan *Dutycycle* Pada LCD 16x2

Gelombang di atas merupakan *output* dari *optocoupler* TLP250. Gambar 4.18 terlihat bahwa frekuensi keluaran dari *optocouper* adalah 50khz dan *dutycycle* 63,51%. Gambar 4.19 menunjukkan tampilan pada LCD sesuai dengan tampilan pada *oscilloscope*.

4.3.4 Pengujian DC-DC *Cuk* Konverter

Pengujian Konverter *Cuk* ini untuk mengetahui karakteristik dari Konverter sudahkah sesuai dengan parameter yang dijadikan acuan, pembahasan dan perhitungan parameter telah disajikan dalam bab sebelumnya.



Gambar 4. 20 Pengujian *Cuk Converter*

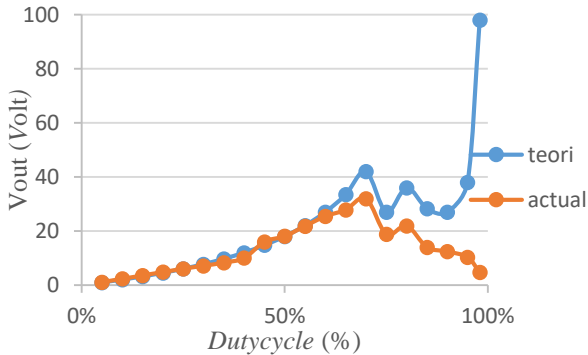
Dapat di lihat pada Gambar 4.20 adalah cara pengujian untuk mencari karakteristik dari konverter. *Power supply* yang digunakan adalah *power supply* variabel, agar nantinya dapat dirubah untuk input masukan sumber *converter*. *Output* dari *converter* di hubungkan resistor variabel. Lalu *output* kontroler di hubungkan input MOSFET IRF 540, kontroler berfungsi sebagai pengatur lebar *dutycycle* dari MOSFET . Pertama V_{in} di jaga tetap yakni 18Volt, beban juga tetap di kondisi 110hm. Keluaran tegangan konverter di atur dengan menggunakan *dutycycle* dari keluaran *optocoupler*. Pengambilan data di ambil dengan step perubahan *dutycycle* 5%. Hal ini dilakukan agar data yang di ambil semakin banyak dan presisi. Untuk pembacaan V_{out} menggunakan avometer digital yang di hubungkan langsung dengan beban berupa resistor variabel. Untuk pembacaan arus menggunakan clammeter yang di letakkan antara *power supply* dan *converter*. Hasil pengujian berupa uji performa Konverter *Cuk* dapat dilihat pada Tabel 4.2. V_{in} adalah tegangan dari *power supply* variabel, I_{in} di baca menggunakan *clammeter digital* yang diletakkan antara *power supply* dengan *input converter*. V_{out} di baca menggunakan *avometer digital* dapat di lihat pada gambar 4.20 dengan penamaan alat ukur. I_{out} adalah pembacaan menggunakan *clammeter digital* seperti pada arus *input* penggunaan secara bergantian antara I_{in} dengan I_{out} . *Clammeter* pada I_{out} di letakkan antara *output converter* dengan beban berupa resistor variabel. Besar dari *dutycyle* akan di ditampilkan pada LCD 16x2.

Tabel 4. 2 Uji Efisiensi *Cuk Converter*

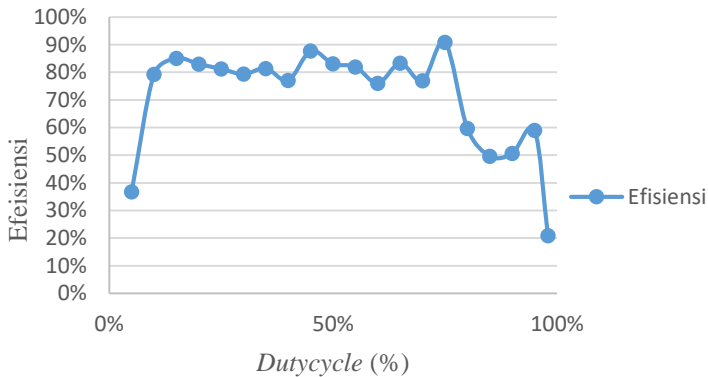
Duty Cycle	Vin (V)	Iin (I)	Pin (W)	Vout (teori) (V)	Vout (V)	Iout (I)	Pout (W)	Efisiensi (%)	eror transformasi (%)
5%	18	0,01	0,18	0,9	1,1	0,06	0,06	37%	0,16
10%	18	0,05	0,9	2,0	2,3	0,31	0,71	79%	0,15
15%	18	0,1	1,8	3,2	3,56	0,43	1,53	85%	0,12
20%	18	0,18	3,24	4,5	4,8	0,56	2,68	83%	0,07
25%	18	0,28	5,04	6,0	6,02	0,68	4,09	81%	0,00
30%	18	0,4	7,2	7,7	7,14	0,8	5,71	79%	0,07
35%	18	0,52	9,36	9,7	8,28	0,92	7,61	81%	0,15
40%	18	0,75	13,5	12,0	10	1,04	10,4	77%	0,17
45%	18	1,64	29,52	14,7	15,98	1,62	25,88	88%	0,09
50%	18	2,33	41,94	18,0	18,04	1,93	34,81	83%	0,00
55%	18	3,4	61,2	22,0	21,8	2,3	50,14	82%	0,01
60%	18	5,05	90,9	27,0	25,41	2,72	69,11	76%	0,06
65%	18	5,38	96,84	33,4	27,8	2,9	80,62	83%	0,17
70%	18	8	144	42,0	32	3,46	110,72	77%	0,24
75%	9	4	36	27,0	18,8	1,74	32,71	91%	0,30
80%	9	9,38	84,42	36,0	21,9	2,3	50,37	60%	0,39
85%	5	8,8	44	28,3	14	1,56	21,84	50%	0,51
90%	3	8,19	24,57	27,0	12,43	1	12,43	51%	0,54
95%	2	6,9	13,8	38	10,3	0,79	8,137	59%	0,73
98%	2	8,7	17,4	98	4,7	0,77	3,619	21%	0,95

Dari Tabel 4.2, kemudian diplot untuk disajikan dalam bentuk grafik performa dari Konverter *Cuk*. Gambar 4.21 (a) Kurva Transformasi, (b) Kurva Efisiensi terhadap *dutycycle*.

Dari Gambar 4.21 baik transformasi maupun efisiensi dari konverter masih terlihat *Cukup* baik sampai dengan *dutycycle* 70%, namun ketika berada pada *dutycycle* lebih besar dari 70% performa transformasi dan efisiensi menurun karena Konverter mulai saturasi, sudah tidak dapat menerima arus yang sangat berlebih. Karena setiap induktor memiliki *datasheet* yang berbeda. Tidak hanya itu saja, tembaga yang di gunakan juga sangat berpengaruh oleh efek saturasi.



(a) Kurva Transformasi



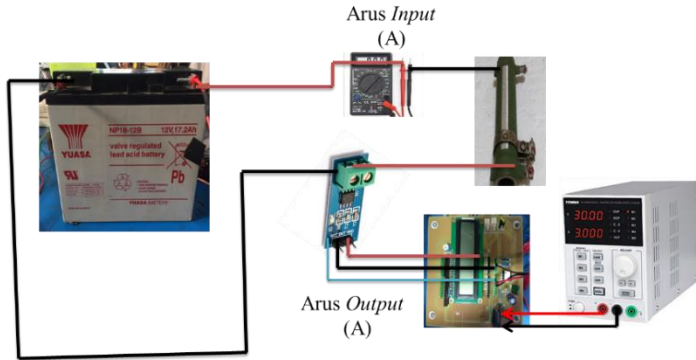
(b) Kurva Efisiensi Terhadap *Dutycycle*.

Gambar 4. 21 Hasi Kurva *Cuk Converter*

4.3.5 Pengujian Sensor Arus

Sensor arus yang terpasang pada proyek tugas akhir ini terdapat pada sisi keluaran *Photovoltaic*, dengan kapasistas *maximum* sensor 5 *Ampere*. Cara kerja dari sensor ini pada konduksi tembaga yang akan di sensing ketika arus yang mengalir pada permukaan konduktor makan akan menghasilkan medan magnet yang dirasakan oleh IC ACS 712 yang terintegrasi kemudian oleh piranti tersebut di ubah menjadi tegangan untuk di baca oleh arduino uno. Pengujian

sensor arus bertujuan untuk mengambil data arus yang terbaca oleh sensor arus.



Gambar 4. 22 Cara Pengujian Sensor Arus

Dapat dilihat pada Gambar 4.22 untuk rangkaian pengujian dari sensor arus. Pada pengujian diberikan beban berupa resistor variabel dan dihubungkan pada mikrokontroler sebagai pengendali. Sumber tegangan yang digunakan adalah *power supply variable*. Untuk menguji besarnya arus yang terukur oleh sensor arus, dialirkan tegangan sebesar 12 Volt dan beban yang berubah-ubah. Baca alat ukur dan baca sensor arus yang terbaca pada *microcontroller*.

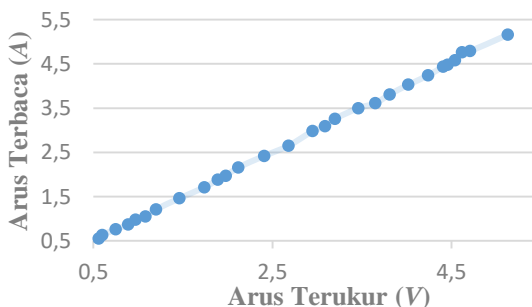
Sensor ini dilakukan untuk melihat arus keluaran dari *Photovoltaic* yang akan masuk rangkaian *Cuk converter*, kemudian di hubungkan ke rangkaian *Cuk converter*. Berikut hasil data yang telah di ambil di tunjukkan pada Tabel 4.3. Pembacaan Alat ukur adalah pembacaan yang di tampilkan pada arus *input* menggunakan *avometer digital* dan arus terbaca adalah pembacaan yang di tampilkan oleh arus *output* menggunakan sensor arus ACS712.

Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712

No.	Pembacaan		Error (%)
	Alat Ukur (A)	Terbaca (A)	
1	0,07	0,04	75,00%
2	0,10	0,09	11,11%
3	0,26	0,26	0,00%
4	0,56	0,55	1,82%
5	0,60	0,63	4,76%
6	0,75	0,76	1,32%
7	0,89	0,87	2,30%
8	0,97	0,98	1,02%

No.	Pembacaan		Error (%)
	Alat Ukur (A)	Terbaca (A)	
9	1,08	1,05	2,86%
10	1,20	1,21	0,83%
11	1,46	1,46	0,00%
12	1,74	1,71	1,75%
13	1,89	1,88	0,53%
14	1,98	1,97	0,51%
15	2,12	2,16	1,85%
16	2,41	2,42	0,41%
17	2,68	2,65	1,13%
18	2,95	2,98	1,01%
19	3,09	3,09	0,00%
20	3,20	3,26	1,84%
21	3,46	3,5	1,14%
22	3,65	3,61	1,11%
23	3,81	3,81	0,00%
24	4,02	4,03	0,25%
25	4,24	4,24	0,00%

Tabel 4.3 merupakan hasil dari pengujian sensor arus, dapat dilihat bahwa keluaran dari sensor arus linier. Keluaran sensor bisa dikatakan linier dikarenakan *error* yang terdapat pada pembacaan alat ukur dengan tampilan yang ada pada serial monitor tidak terlalu besar. Gambar 4.23 akan menunjukkan antara hasil alat ukur dengan hasil yang terbaca oleh sensor. Berikut grafik hasil pembacaan sensor arus.

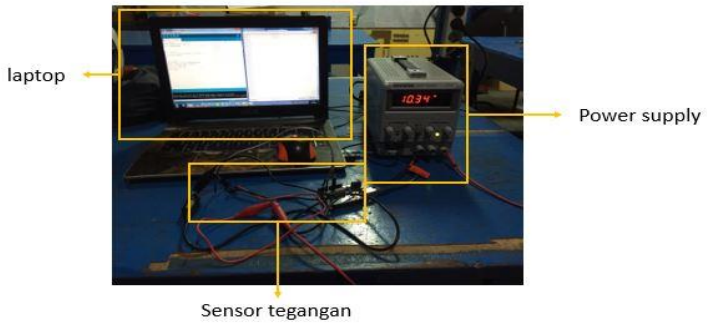


Gambar 4. 23 Hasil Pembacaan Sensor Arus

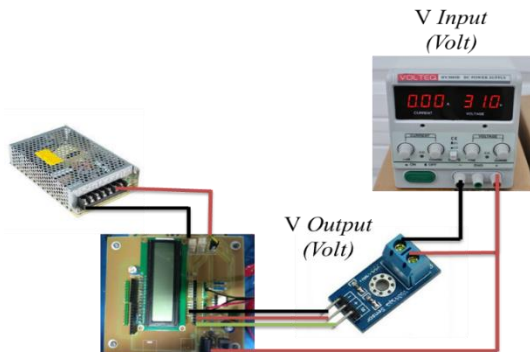
4.3.6 Pengujian Sensor Tegangan

Sensor tegangan menggunakan rangkaian modul sensor tegangan arduino. Pengujian modul sensor tegangan bertujuan untuk mengambil data tegangan yang terbaca oleh rangkaian sensor

tegangan. Pengujian sensor tegangan menggunakan metode pembacaan ADC pada mikrokontroler, tegangan *output* pada rangkaian pembagi tegangan ditampilkan pada LCD.



Gambar 4. 24 Pengujian Sensor Tegangan



Gambar 4. 25 Cara Pengujian Sensr Tegangan

Pada BAB 3 sudah menjelaskan bagaimana cara pengujian untuk sensor tegangan. Pada Gambar 4.24 menunjukkan pengujian sensor tegangan secara langsung dilakukan dengan menyambungkan *input* rangkaian pembagi tegangan dengan *power supply variable*. Tegangan yang keluar dari *power supply* diatur dengan menggunakan potensiometer. Tegangan *output* yang terukur dimunculkan pada LCD 16x2.

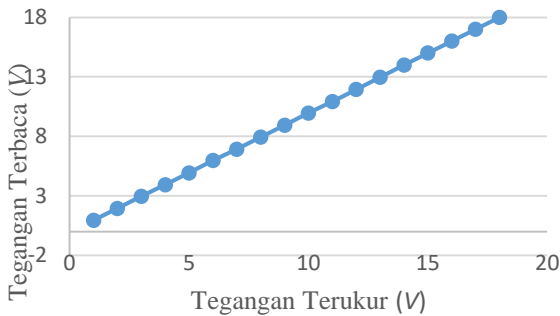
Dapat dilihat pada Gambar 4.25 cara pengambilan data sensor tegangan. *V* alat ukur adalah tegangan *input* yang di tampilkan oleh *power supply variable* dan Tampilan mikrokontroler adalah tampilan hasil dari pembacaan sensor tegangan yaitu *Voutput* Uji pembacaan

sensor tegangan dapat di lihat pada Tabel 4.4. dengan menggunakan rangkaian seperti yang sudah di jelaskan pada BAB 3.

Tabel 4. 4 Pengujian Sensor Tegangan

ADC	Pembacaan <i>Voltage</i>		Eror %
	Alat Ukur (V)	Tampilan Mikrokontroler (V)	
39	1	0,939	6,10%
81	2	1,94	3,00%
123	3	2,95	1,67%
164	4	3,93	1,75%
206	5	4,93	1,40%
249	6	5,96	0,67%
289	7	6,92	1,14%
332	8	7,93	0,88%
373	9	8,93	0,78%
416	10	9,96	0,40%
456	11	10,92	0,73%
499	12	11,93	0,58%
541	13	12,96	0,31%
584	14	13,99	0,07%
627	15	14,99	0,07%
670	16	16	0,00%
710	17	17	0,00%
752	18	18	0,00%

Dari Tabel 4.4, kemudian diplot untuk disajikan dalam bentuk grafik pembacaan sensor tegangan. Gambar 4.26 adalah grafik hasil pembacaan sensor tegangan.

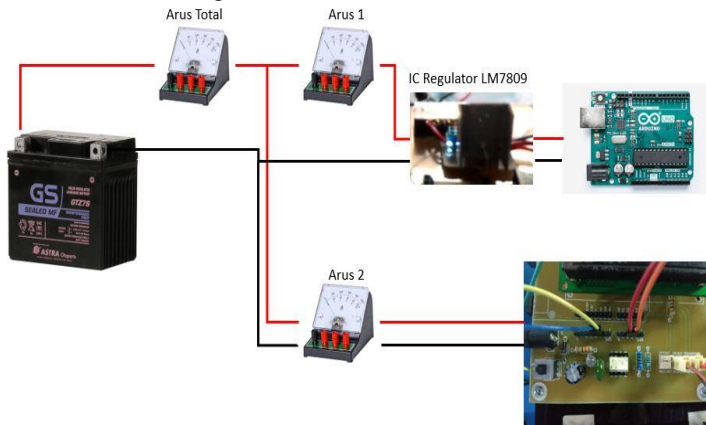


Gambar 4. 26 Perbandingan Nilai Tegangan *Input* (V_i) dan Tegangan *Output* (V_o) Hasil Pembacaan Sensor Tegangan

Berdasarkan Gambar 4.24 didapatkan nilai tegangan *input* dan nilai tegangan *output* sensor yang terukur hampir sama. Terdapat *error* atau kesalahan dalam sistem sebesar 1,6%.

4.3.7 Pengujian Arus Kontroler

Pengujian Arus kontroler adalah pengujian yang ditujukan pada kebutuhan arus yang di butuhkan kontroler dan komponen lain yang saya gunakan dari MPPT. Nilai arus yang keluar sangat dibutuhkan guna mengetahui sisa arus saat kondisi mengisi aki. Dapat dilihat pada Gambar 4.27 cara untuk mendapatkan nilai arus dari kontroler beserta rangkaian *driver* MOSFET.



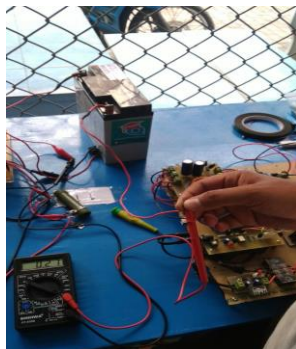
Gambar 4. 27 Cara Pengujian Arus Kontroler

Dapat di lihat pada Gambar 4.27, pengukuran arus di lakukan pada *power* Arduino dan *driver* MOSFET . terdapat rangkaian penurun tegangan berupa ic regulator 7809 yang berfungsi sebagai sumber untuk arduino uno. Sumber yang di gunakan berupa aki 12Volt. Terdapat 2 pengukuran yang akan dilakukan, pengukuran pertama dilakukan dengan menggunakan *Amperemeter analog*. Yang di hubungkan dengan ic regulator 7809. Pengukuran kedua dilakukan dengan menggunakan *Amperemeter analog* yang di hubungkan langsung dengan *driver* MOSFET. Dari pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.5, data yang disajikan adalah data tegangan dan arus ketika *system* aktif. Arus *output* adalah arus yang di keluarkan dari dc-dc *converter*. Hasil dari Arus *output* adala hasil pengujian langsung terhadap keseluruhan rangkaian. Pengujian arus *output* dapat di lihat pada Sub bab 4.3.

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Arus Kontroler

Jam	Arus yang di ukur	Tegangan (V)	Arus (A) Kontroler	Arus (A) Total
08.00	Arus 1	9 Volt	0,27 A	0,55 A
	Arus 2	12 Volt	0,28 A	
09.00	Arus 1	9 Volt	0,27 A	0,55 A
	Arus 2	12 Volt	0,28 A	
10.00	Arus 1	9 Volt	0,27 A	0,55 A
	Arus 2	12 Volt	0,28 A	
11.00	Arus 1	9 Volt	0,27 A	0,55 A
	Arus 2	12 Volt	0,28 A	

Dapat di lihat pada Tabel 4.5 hasil dari pengujian arus kontroler. Tegangan 9Volt adalah tegangan dari IC 7809 dan tegangan 12Volt adalah tegangan yang di butuhkan *driver* MOSFET. arus yang di butuhkan kontroler sangatlah kecil sekita 0,27A dan arus yang di butuhkan *Driver* MOSFET sebesar 0,28A. Dan didapatkan total kebutuhan arus sebesar 055A, dan arus ini akan selalu konstan. Dari Tabel 4.5 di atas dapat dilihat bahwa telah di uji selama 4 kali secara terus menerus. Dapat dilihat pada Gambar 4.28 adalah hasil dari pengujian arus pada kontroler saat semua komponen dalam keadaan aktif.

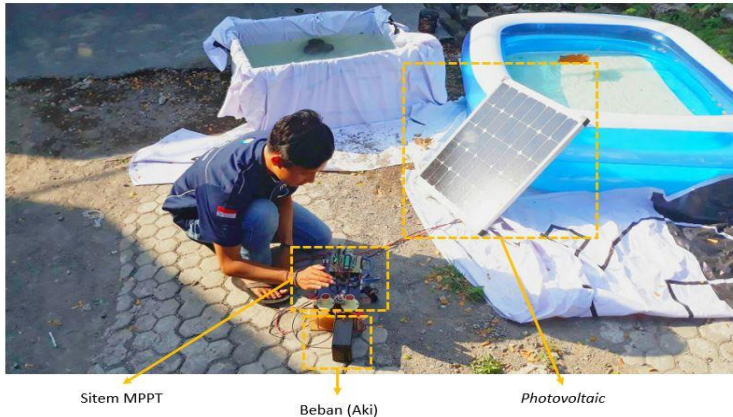


Gambar 4. 28 Pengujian Arus Pada Kontroler

4.4 Pengujian Keseluruhan Sistem MPPT

Pada pengujian sistem MPPT ini merupakan pengujian seluruh sistem dari *hardware* dan mikrokontroler yang telah ditanami

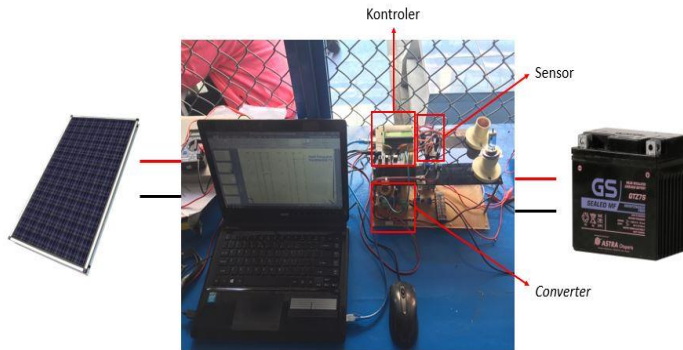
algoritma pencari nilai daya puncak, *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) untuk miniature *Photovoltaic* statis. Pengujian di ambil dengan menggunakan 2 metode dalam pengambilan data. Dengan kondisi beban dan radiasi matahari yang sama. Hal tersebut di lakukan agar dapat membandingkan daya keluaran *Photovoltaic* dengan MPPT dan masukan *photovlotaic*. Pengujian dilakukan di Ruang *workshop* jurusan Teknik Elektro Otomasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada pukul 08.00 WIB sampai dengan 12.30 WIB, dengan kondisi cuaca cerah secara merata.



Gambar 4. 29 Pengujian MPPT dengan Metode *Modified Perturb and Observe*

Dapat dilihat pada Gambar 4.29 saat melakukan pengujian langsung sistem MPPT dengan metode *modified perturb and observe*. Dimana pada pengujian ini digunakan akumulator (aki) sebagai beban dalam sistem MPPT. Dari Gambar 4.29 akan di jelaskan komponen dari keseluruhan sistem yang digunakan saat pengujian pada Gambar 4.30.

Dalam pengujian di gunakan komponen seperti pada Gambar 4.30. Sumber *input* berupa PV yang akan di hubungkan ke rangkaian *cuk converter*. Kontroler akan di hubungkan dengan rangkaian *cuk converter*, fungsi kontroler adalah untuk mengatur *dutycycle* untuk mencari titik optimal daya dari PV. Terdapat 3 buah sensor yakni 2 sensor arus dan 1 sensor tegangan. Sensor disini berfungsi untuk mengukur arus *input*, arus *output*, dan tegangan *input*. Tegangan dan arus terbaca nantinya akan di tampilkan dalam LCD 16x2.



Gambar 4. 30 Cara Pengujian Sistem MPPT

Sedangkan pengukuran tegangan *output* di ukur secara manual menggunakan *avometer digital*. pengukuran tegangan *output* di ambil pada *output* keluaran DC-DC konverter, lalu data di olah oleh arduino uno agar mendapat nilai daya yang masuk pada aki. Terdapat rangkaian tambahan dalam pengisian aki, yaitu dioda *block*. Kegunaan rangkaian tersebut adalah untuk mengamankan rangkaian DC-DC konverter agar *feedback* tegangan dari aki. Efisiensi didapatkan dari perhitungan antara P_{in} dan P_{out} . Dari pengujian yang dilakukan dengan menggunakan metode algoritma MPPT *modified P&O*, dengan *Cuk* Konverter dapat dilihat pada Tabel 4.6, data yang disajikan adalah data tegangan, arus, dan daya ketika *system* telah *steady state*. V_{in} dan I_{in} adalah pembacaan dari sensor tegangan dan arus yang membaca tegangan dari *photovoltaic*. V_{out} dan I_{out} adalah pembacaan menggunakan sensor tegangan dan arus yang membaca keluaran dari *converter cuk*.

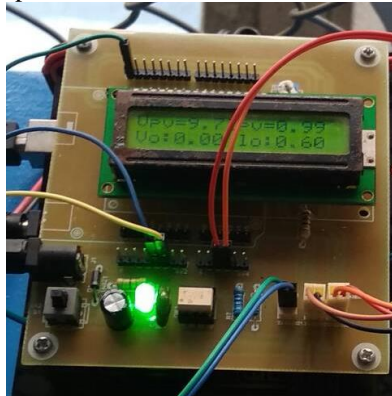
Tabel 4. 6 Pengujian Sistem MPPT

Pukul	V_{in} (V)	I_{in} (A)	P_{in} (W)	V_{out} (V)	I_{out} (A)	P_{out} (W)	Efisiensi
08.00	14,54	0,94	13,67	13,4	0,79	10,586	67%
08.30	12,81	1,91	24,47	12,2	1,96	23,912	93%
10.00	12,81	1,91	24,47	12,2	1,96	23,912	93%
10.30	15,3	1,13	14,38	13,4	1,72	9,648	93%
11.30	12,33	2,06	25,40	12,2	1,96	23,52	93%
12.00	12,5	2,01	25,13	12,2	1,96	23,912	95%

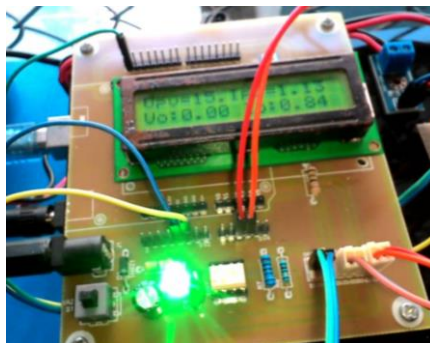
Pukul	V_{in} (V)	I_{in} (A)	P_{in} (W)	V_{out} (V)	I_{out} (A)	P_{out} (W)	Efisiensi
12.30	15,32	1,08	16,55	13,8	0,84	11,592	70%

Tabel 4.6 adalah Tabel pengujian Sistem MPPT dengan menggunakan algoritma *Modified P&O* pada *Single* Topologi. Pada pengujian ini nilai daya pada *input* lebih besar di bandingkan dengan nilai yang di hasilkan oleh *output* menuju ke beban.

Pada pengujian ini, efisiensi terbaik terjadi pada jam 12.00WIB sebesar 95% dengan nilai daya MPPT sebesar 23,91 *Watt*. Kemudian untuk efisiensi terendah terjadi pada jam 08.30WIB 67% dengan nilai daya MPPT sebesar 9,64 *Watt*. Dapat dilihat pada Gambar 4.31 dan Gambar 4.32 adalah hasil pengujian Sistem MPPT dengan tampilan pada LCD 16x2.



Gambar 4. 31 Tampilan Hasil Pengujian Sistem MPPT Jam 08.00



Gambar 4. 32 Tampilan Hasil Pengujian Sistem MPPT Jam 10.00

-----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

Dari seluruh tahapan yang sudah dilaksanakan pada penyusunan Tugas Akhir ini, mulai dari studi literatur, perancangan dan pembuatan sampai pada pengujiannya maka dapat disimpulkan bahwa :

1. menggunakan rangkaian *Cuk Converter* dapat menaikkan tegangan sebesar *24Volt* maupun menurunkan tegangan sebesar *14Volt* dengan mengatur lebar pulsa (*dutycycle*)
2. Jika menggunakan algoritma *modified perturb and observe, ripple* daya yang di hasilkan sangat kecil di bandingkan dengan *perturb and observe*.
3. Metode MPPT dengan metode algoritma *modified perturb and observe* terbukti dalam simulasi maupun implementasi bisa meningkatkan efisiensi pemanenan daya pada *Photovoltaic* dengan refrensi daya ketika sudah pada suhu dan radiasi maksimal, secara simulasi sebesar rata-rata 90% .
4. Dengan menggunakan metode MPPT terbukti dapat *mencharging* aki sebesar 2,01A.

5.2 Saran

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

1. Dalam membuat rangkaian *Cuk converter* gunakan *blokc core* tidak disarankan menggunakan *ferite core*.
2. Saat pengambilan data karakteristik PV lebih baik menggunakan sensor arus dan tegangan agar data yang di dapat lebih banyak dan lebih tepat.
3. Dalam menggunakan alat ukur, gunakanlah alat ukur yang sesuai dengan data yang akan di ambil.
4. Sebaiknya penelitian dan riset tentang energi matahari dilakukan pada musim kemarau, atau pada laboratorium

dengan dukungan instrumentasi *photovoltaic*, sehingga meminimalisasi *variabel* pengganggu berupa kondisi cuaca yang menyebabkan perubahan intensitas radiasi matahari pada permukaan panel *photovoltaic*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] CW. Priananda and R Sulistyowati, “Analisis dan Simulasi Metode *Hill Climbing* untuk *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) pada *Photovoltaic*”, **Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III**, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, 2015.
- [2] Bishwajit Swarnakar and Anupama Datta, “*Design and Implementation of PWM Charge Controller and Solar Tracking System*”. **TESIS**. Department of Electrical and Electronic Engineering, Leading University, VIP Road, Sylhet 3100, Bangladesh, 2012.
- [3] Rusminto Tjatur Widodo, Rugianto, Asmuniv dan Purnomo Sejati. “*Maximum Power Point Tracker* Sel Surya Menggunakan Algoritma *Perturb and Observe*” **Tugas Akhir**. PENS-ITS. 2012.
- [4] Nugroho, Tauhid Adi, “Desain dan Implementasi MPPT dengan Metode *Maximum Power Line* untuk *Photovoltaic* dengan Kompensasi Suhu”. **Tugas Akhir**. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2011.
- [5] Kosyachenko, Leonid A, “**Solar Cell – Silicon Wafer – Based Technologies**”, Intech: Rijeka Croatia. 2011.
- [6] Ciptian Weried P, “Desain Model MPPT Baru Pada Topologi PV *Farm* Berbasis *Culster* Yang Tertutup Bayangan Sebagian”, **TESIS**. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.
- [7] Ochieng, Reccab M., “*Solar Collectors and Panels, Theory and Application*”, Intech: Rijeka Croatia, 2010.
- [8] Nguyen, Xuan Hieu, & Minh Phuong Nguyen. “**Mathematical modeling of Photovoltaic cell/module/arrays with tags in Matlab/Simulink**”. *Environmental System Research a Springer Open Journal*, 2015.
- [9] *A Modified P&O Maximum Power Point Tracking Method With Reduced Steady-State Oscillation and Improved Tracking Efficiency*,” **IEEE Transactions on Sustainable Energy**” (Volume: 7, Issue: 4, Oct. 2016)

- [10], *Datasheet ACS712*, “**Fully Integrated, Half Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and Low-Resistance Current Conductor**”.
- [11] Kosyachenko, Leonid A, “**Solar Cell – Silicon Wafer – Based Technologies**”, Intech: Rijeka Croatia, 2011
- [12] W Hart, Daniel, “**Power Electronis**”, *McGraw-Hill Education*, 2010.
- [13] Benediktus Ryan Gumelar,” Analisis Step-Up *Chopper* Sebagai Transformasi Interface *Photovoltaic* dan Beban”, **Tugas Akhir**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Univ.Katolik Soegijanprananta, Semarang, 2011
- [14] Kartini Herawati, “Penaik Tegangan DC to DC degan Metode *Switching* Powerr Supply Berbasis Mikrokontroler ATmega328’, **Tugas Akhir**, Jurusan D3 Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pegetahuan Alam, Univ. Sumatra Utara, Medan, 2017.
- [15] Heri Andrianto, “**Arduino Belajar Cepat dan Pemrograman**”, Informatika, 2016.
- [16] Wiwien Widyastuti, Martanto, Leonardo Utomo Pribadi, “Alat Pengukur Tegangan Pengisian dan Pengosongan untuk Baterai Isi Ulang”, **Laporan Penelitian**, Yogyakarta, 2015
- [17] Adhitya Wisnu Wardhana dan Faisal Akhbar, “Perancangan Sistem *Monitoring Voltage Flicker* Berbasis *Arduino* Dengan Metode *Fast Fourier Transform* (FFT)”, **Tugas Akhir**, Program D3 Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2016
- [18] Adhitya I,”Analisa Karakteristik Induktor Toroid Pada Rangkaian *Boost Converter*”, **Tugas Akhir**, S-1 UI, Jakarta, 2012.

LAMPIRAN A PROGRAM

A. 1 Program MPPT

```
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;  
// deklarasi variabel dan input output
```

```
tegangan=x2;  
arus=x1;  
clock=x3;  
tracking=x4;  
faktor=0.75;  
radiasi=x5;  
y1=duty_new;  
//inisialisasi
```

```
if(tracking<1) //sampling pengambilan data per periode  
{  
    konstanta=5;  
    duty_old=40;  
    daya_lama=0;  
    duty_new=duty_old+konstanta;  
    radiasi_lama=0;  
}
```

```
    if(radiasi_lama != radiasi)  
    {  
        radiasi_lama=radiasi;  
        konstanta=5;  
        duty_old=40;  
        daya_lama=0;  
        duty_new=duty_old+konstanta;
```

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

```

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

if(clock>0.99 & daya_baru>daya_lama &
duty_new>duty_old)//maju
{
duty_old=duty_new;
duty_new=duty_new+konstanta;
y1=duty_new;
daya_lama=daya_baru;
}

if(clock>0.99 & daya_baru>daya_lama &
duty_new<duty_old)//mundur
{
duty_old=duty_new;
duty_new=duty_new-konstanta;
y1=duty_new;
daya_lama=daya_baru;
}

if(clock>0.99 & daya_baru<daya_lama &
duty_new>duty_old)//ofside
{
konstanta=konstanta*faktor;
duty_old=duty_new;
duty_new=duty_new-konstanta;
y1=duty_new;
daya_lama=daya_baru;
}

if(clock>0.99 & daya_baru<daya_lama &
duty_new<duty_old)//ofside
{
konstanta=konstanta*faktor;
duty_old=duty_new;

```



```

duty_new=duty_new+konstanta;
y1=duty_new;
daya_lama=daya_baru;
}

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

```

```

}

```

A.2 Program LCD 16x2

```

#include <LiquidCrystal.h>
const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.print("Test LCD"); }
void loop() {
  lcd.setCursor(0, 1);
  // print the number of seconds since reset:
  lcd.print(millis() / 1000);
}

```

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

LAMPIRAN B

DATASHEET

B.1 Datasheet Arduino Uno

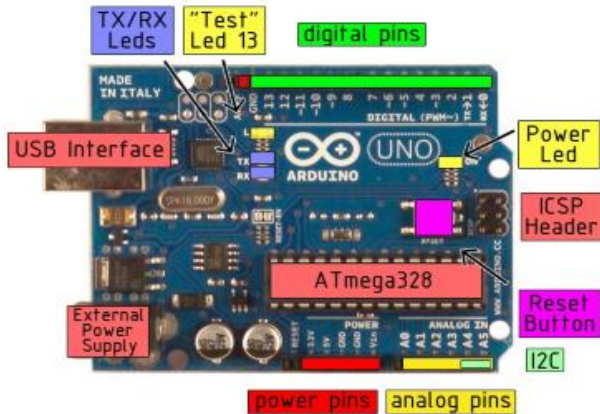
Technical Specification

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

Summary

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

the board



radiospares

RADIONICS



B. 2 Datasheet ACS712

ACS712

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

Description (continued)

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

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

Selection Guide

Part Number	Packing*	T _{OP} (°C)	Optimized Range, I _P (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V _{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V _{ACC}		-0.1	V
Output Voltage	V _{OUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V _{SOULT}		-0.1	V
Output Current Source	I _{OUT(SOURCE)}		3	mA
Output Current Sink	I _{OUT(SINK)}		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I _P	100 total pulses, 250 ms duration each, applied at a rate of 1 pulse every 100 seconds.	60	A
Maximum Transient Sensed Current	I _{2(max)}	Junction Temperature, T _J < T _{J(max)}	60	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T _A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction	T _{J(max)}		165	°C
Storage Temperature	T _{stg}		-85 to 170	°C



TUV America
Certificate Number:
UBV 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



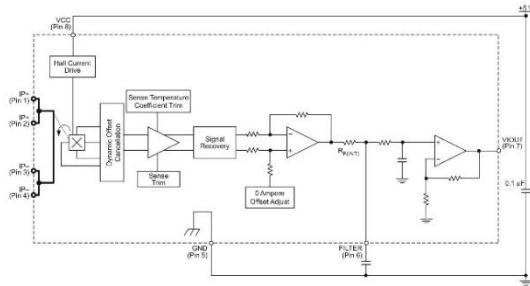
Allegro MicroSystems, Inc.
115 Worcester Court, Box 15039
Worcester, Massachusetts 01615-0039 (308) 953-5000
www.allegromicro.com

2

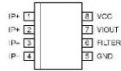
ACS712

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

Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

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



Allegro MicroSystems, Inc.
1110 North State Street, Box 15236
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
www.allegromicro.com

ACS712

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

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

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}	$V_{CC} = 5.0$ V, output open	6	8	11	mA
Output Zener Clamp Voltage	V_Z	$I_{CC} = 11$ mA, $T_A = 25^\circ\text{C}$	6	8.3	–	V
Output Resistance	R_{OUT}	$I_{OUT} = 1.2$ mA, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	1	2	Ω
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	VIOUT to GND	–	–	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	VIOUT to GND	4.7	–	–	k Ω
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–	1.2	–	m Ω
RMS Isolation Voltage	$V_{IS(RMS)}$	Pins 1–4 and 5–8; 60 Hz, 1 minute, $T_A = 25^\circ\text{C}$	2100	–	–	V
DC Isolation Voltage	$V_{IS(DC)}$	Pins 1–4 and 5–8; 1 minute, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	5000	–	V
Propagation Time	t_{PROP}	$I_p = I_p(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{LOAD} = \text{open}$	–	3	–	μs
Response Time	$t_{RESPONSE}$	$I_p = I_p(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{LOAD} = \text{open}$	–	7	–	μs
Rise Time	t_r	$I_p = I_p(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{LOAD} = \text{open}$	–	6	–	μs
Frequency Bandwidth	f	–3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$, I_p is 10 A peak-to-peak	50	–	–	kHz
Nonlinearity	E_{NL}	Over full range of I_p	–	± 1	± 1.5	%
Symmetry	E_{SYV}	Over full range of I_p	98	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{I(OUT)(0)}$	Bidirectional; $I_p = 0$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	$V_{CC} \times 0.5$	–	V
Magnetic Offset Error	$V_{ERR(OM)}$	$I_p = 0$ A, after excursion of 5 A	–	0	–	mV
Clamping Voltage	V_{CH}		Typ. –110	$V_{CC} \times 0.9375$	Typ. +110	mV
	V_{CL}		Typ. –110	$V_{CC} \times 0.0625$	Typ. +110	mV
Power-On Time	t_{PO}	Output reaches 90% of steady-state level. $T_A = 25^\circ\text{C}$, 20 A present on leadframe	–	35	–	μs
Magnetic Coupling ²			–	12	–	G/A
Internal Filter Resistance ³	$R_{INT(FILT)}$			1.7		k Ω

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

² $\Delta I \leq 0.1$ mT.

³ $R_{E(N7)}$ forms an RC circuit via the FILTER pin.

COMMON THERMAL CHARACTERISTICS¹

Operating Internal Leadframe Temperature	T_{CH}	E range	Min.	Typ.	Max.	Units
			–40	–	85	$^\circ\text{C}$
Junction-to-Lead Thermal Resistance ²	$R_{\theta JL}$	Mounted on the Allegro ASEQ 712 evaluation board			5	$^\circ\text{C/W}$
Junction-to-Ambient Thermal Resistance	$R_{\theta JA}$	Mounted on the Allegro 85-Q322 evaluation board, includes the power consumed by the board			23	$^\circ\text{C/W}$

¹Additional thermal information is available on the Allegro website.

²The Allegro evaluation board has 1600 mm² of 2 oz. copper on each side, connected to pins 1 and 2, and to pins 3 and 4, with thermal via connecting the layers. Performance values include the power consumed by the PCB. Further details on the board are available from the Frequently Asked Questions document on our website. Further information about board design and thermal performance also can be found in the Applications Information section of this datasheet.



Allegro MicroSystems, Inc.
1155 Northline Court, Ste. 1503B
Worcester, Massachusetts 01615-0038 (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°C ¹, $C_F = 1\text{ nF}$, and $V_{OC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_2		-5	-	5	A
Sensitivity ²	$Sens_{EX}$	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_{OE}	$I_P = 0\text{ A}$	-40	-	40	mV
Total Output Error ³	E_{TOT}	$I_P = \pm 5\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_1 , and ambient temperatures, T_{OP} , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(MAX)}$, is not exceeded.

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

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

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

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_2		-20	-	20	A
Sensitivity ²	$Sens_{EX}$	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_{OE}	$I_P = 0\text{ A}$	-30	-	30	mV
Total Output Error ³	E_{TOT}	$I_P = \pm 20\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_1 , and ambient temperatures, T_{OP} , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(MAX)}$, is not exceeded.

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

³Percentage of I_1 with $I_P = 20\text{ A}$. Output filtered.

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

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_2		-30	-	30	A
Sensitivity ²	$Sens_{EX}$	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_{OE}	$I_P = 0\text{ A}$	-30	-	30	mV
Total Output Error ³	E_{TOT}	$I_P = \pm 30\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_1 , and ambient temperatures, T_{OP} , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(MAX)}$, is not exceeded.

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

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



Allegro MicroSystems, Inc.
1155 Bedford Court, Rev. 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
www.allegromicro.com

B.3 Datasheet IRF540

Philips Semiconductors

Product specification

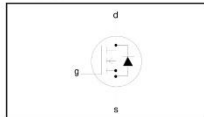
N-channel TrenchMOS™ transistor

IRF540, IRF540S

FEATURES

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

SYMBOL



QUICK REFERENCE DATA

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

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

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

GENERAL DESCRIPTION

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

Applications:-

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

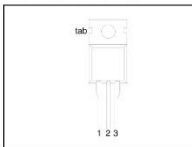
The IRF540 is supplied in the SOT78 (TO220AB) conventional leaded package.

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

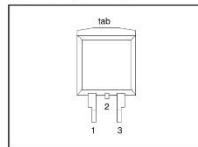
PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	gate
2	drain ¹
3	source
tab	drain

SOT78 (TO220AB)



SOT404 (D²PAK)



LIMITING VALUES

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{DSS}	Drain-source voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$ to 175°C	-	100	V
V_{DGR}	Drain-gate voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$ to 175°C ; $R_{DS} = 20 \text{ k}\Omega$	-	100	V
V_{GS}	Gate-source voltage		-	± 20	V
I_D	Continuous drain current	$T_{no} = 25^\circ\text{C}$; $V_{GS} = 10 \text{ V}$	-	23	A
I_{DM}	Pulsed drain current	$T_{no} = 100^\circ\text{C}$; $V_{GS} = 10 \text{ V}$	-	16	A
P_D	Total power dissipation	$T_{no} = 25^\circ\text{C}$	-	92	W
T_J, T_{stg}	Operating junction and storage temperature	$T_{no} = 25^\circ\text{C}$	-55	175	$^\circ\text{C}$

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

N-channel TrenchMOS™ transistor

IRF540, IRF540S

AVALANCHE ENERGY LIMITING VALUES

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

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

THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{\theta j-mb}$	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	-	K/W
			-	50	-	K/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$V_{(BR)DSS}$	Drain-source breakdown voltage	$V_{GS} = 0\text{ V}$; $I_D = 0.25\text{ mA}$; $T_j = -55^\circ\text{C}$	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
		$T_j = -55^\circ\text{C}$	1	-	-	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 Ω
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	μA
$Q_{gd(tot)}$	Total gate charge	$I_D = 17\text{ A}$; $V_{DD} = 80\text{ V}$; $V_{GS} = 10\text{ V}$	-	-	65	nC
Q_{gs}	Gate-source charge		-	-	10	nC
Q_{gd}	Gate-drain (Miller) charge		-	-	29	nC
t_{on}	Turn-on delay time	$V_{DD} = 50\text{ V}$; $R_D = 2.2\text{ }\Omega$; $V_{GS} = 10\text{ V}$; $R_G = 5.6\text{ }\Omega$	-	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_s	Internal source 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 $T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

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

B. 4 Datasheet TLP250

TOSHIBA

TLP250

TOSHIBA Photocoupler GaAlAs Ired & Photo-IC

TLP250

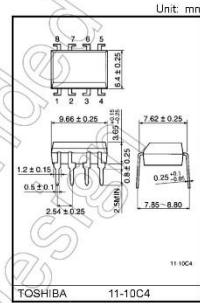
Industrial Inverter
Inverter For Air Conditioner
IGBT Gate Drive
Power MOS FET Gate Drive

The TOSHIBA TLP250 consists of a GaAlAs light emitting diode and 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 μ s(max)
- Isolation voltage: 2500V(rms)(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

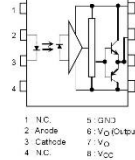
Note: When a EN60747-5-5 approved type is needed,
Please designate "Option(D4)"



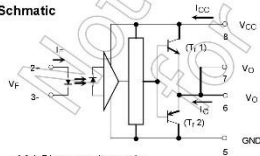
Truth Table

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

Pin Configuration (top view)



Schematic



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

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)	$\Delta I_F / \Delta T_a$	-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)	$\Delta P_D / ^\circ C$	-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	
	Output voltage derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta V_O / \Delta T_a$	-0.73	V / °C	
	Supply voltage derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta V_{CC} / \Delta T_a$	-0.73	V / °C	
	Power dissipation	PC	800	mW	
	Power dissipation derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta P_C / ^\circ C$	-14.5	mW / °C	
	Junction temperature	TJ	125	°C	
	Operating frequency (Note 3)	f	25	kHz	
Operating temperature range	T _{OPR}	-20 to 85	°C		
Storage temperature range	T _{STG}	-55 to 125	°C		
Lead soldering temperature (10 s)	T _{SEL}	260	°C		
Isolation voltage (AC, 60 s., R.H. ≤ 60%) (Note 4)	BVIS	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	T _{OPR}	-20	25	85	°C

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

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

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

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

Characteristic	Symbol	Test Circuit	Test Condition	Min	Typ.†	Max	Unit	
Input forward voltage	V _F	—	I _F = 10 mA, Ta = 25°C	—	1.6	1.8	V	
Temperature coefficient of forward voltage	ΔV _F / ΔTa	—	I _F = 10 mA	—	-2.0	—	mV / °C	
Input reverse current	I _R	—	V _R = 5V, Ta = 25°C	—	—	10	μA	
Input capacitance	C _T	—	V = 0 V, f = 1MHz, Ta = 25°C	—	45	250	pF	
Output current	'H' level	I _{OPH}	1	V _{CC} = 30V (Note 1)	I _F = 10 mA V _S = 4V	-0.5	-1.5	A
	'L' level	I _{OPL}	2		I _F = 0 mA V _S = 2.5V	0.5	2	
Output voltage	'H' level	V _{OH}	3	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, I _F = 5mA Ta = 25°C	—	—	—	V
	'L' level	V _{OL}	4		V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, V _F = 0.8V	—	-14.2		-12.5
Supply current	'H' level	I _{CCH}	—	V _{CC} = 30V, I _F = 10mA Ta = 25°C	—	—	—	mA
	'L' level	I _{CCL}	—	V _{CC} = 30V, I _F = 0mA Ta = 25°C	—	7.5	—	
Threshold input current	'Output L → H'	I _{F_{LH}}	—	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, V _O > 0V Ta = 25°C	—	1.2	5	mA
Threshold input voltage	'Output H → L'	V _{F_{HL}}	—	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, V _O < 0V	0.8	—	—	V
Supply voltage	V _{CC}	—	—	—	10	—	35	V
Capacitance (input-output)	C _S	—	V _S = 0 V, f = 1MHz Ta = 25°C	—	1.0	2.0	pF	
Resistance (input-output)	R _S	—	V _S = 500V, Ta = 25°C R _F /S 60%	1 × 10 ¹²	10 ¹⁴	—	Ω	

† All typical values are at Ta = 25°C

Note 1: Duration of IO time ≤ 50μs

B.5 Datasheet FeriteCore

OD270

OD 26.92mm / 1.060inches

ID 14.73mm
HT 11.18mm



Core Dimensions

		ODmax	ODmin	IDmax	IDmin	HTmax	HTmin
Mean Dia	(mm)	27.02	26.82	14.71	14.75	-	-
Inner Dia	(mm)	14.80	14.60	14.70	14.80	-	-
Outer Dia	(mm)	27.22	27.02	14.90	14.80	-	-
Height	(mm)	11.65	11.55	11.55	11.65	-	-

Magnetic Dimensions

Core Section	Path Length (mm)	Winding Area (cm ²)	Volume (cm ³)
C100%	2.288	0.019	1.124
C50%F50%	4.576	0.038	2.248

Available Cores

Part No.	Part No.	Part No.	Part No.	Part No.	Part No.
OD270-01	OD270-02	OD270-03	OD270-04	OD270-05	OD270-06
OD270-07	OD270-08	OD270-09	OD270-10	OD270-11	OD270-12
OD270-13	OD270-14	OD270-15	OD270-16	OD270-17	OD270-18
OD270-19	OD270-20	OD270-21	OD270-22	OD270-23	OD270-24
OD270-25	OD270-26	OD270-27	OD270-28	OD270-29	OD270-30

Winding Information

AWG Wire	Single Layer	AWG Wire	Single Layer
No. Turns	Turn Ratio	No. Turns	Turn Ratio
18 SWG	28	22 SWG	12
20 SWG	16	24 SWG	8
22 SWG	10	26 SWG	5
24 SWG	6	28 SWG	3
26 SWG	4	30 SWG	2
28 SWG	3	32 SWG	1
30 SWG	2	34 SWG	1
32 SWG	1	36 SWG	1

OD330

OD 33.02mm / 1.300inches

ID 19.94mm
HT 10.67mm



Core Dimensions

		ODmax	ODmin	IDmax	IDmin	HTmax	HTmin
Mean Dia	(mm)	33.02	32.82	19.93	19.97	-	-
Inner Dia	(mm)	20.00	19.80	19.90	20.00	-	-
Outer Dia	(mm)	33.22	33.02	20.10	20.00	-	-
Height	(mm)	11.15	11.05	11.05	11.15	-	-

Magnetic Dimensions

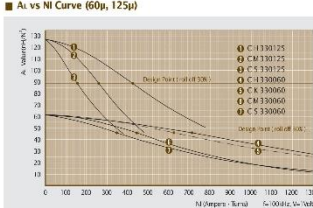
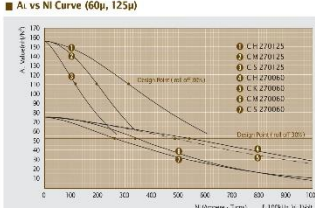
Core Section	Path Length (mm)	Winding Area (cm ²)	Volume (cm ³)
C100%	3.368	0.026	1.765
C50%F50%	6.736	0.052	3.530

Available Cores

Part No.	Part No.	Part No.	Part No.	Part No.	Part No.
OD330-01	OD330-02	OD330-03	OD330-04	OD330-05	OD330-06
OD330-07	OD330-08	OD330-09	OD330-10	OD330-11	OD330-12
OD330-13	OD330-14	OD330-15	OD330-16	OD330-17	OD330-18
OD330-19	OD330-20	OD330-21	OD330-22	OD330-23	OD330-24
OD330-25	OD330-26	OD330-27	OD330-28	OD330-29	OD330-30

Winding Information

AWG Wire	Single Layer	AWG Wire	Single Layer
No. Turns	Turn Ratio	No. Turns	Turn Ratio
18 SWG	28	22 SWG	12
20 SWG	16	24 SWG	8
22 SWG	10	26 SWG	5
24 SWG	6	28 SWG	3
26 SWG	4	30 SWG	2
28 SWG	3	32 SWG	1
30 SWG	2	34 SWG	1
32 SWG	1	36 SWG	1



43 © Choy Sang Cheung

© Peak Power Co., 44

OD400

OD 39.88mm / 1.570inches

ID 24.13mm
HT 14.48mm



Core Dimensions

		ODmax	ODmin	IDmax	IDmin	HTmax	HTmin
Mean Dia	(mm)	39.88	39.68	24.12	24.14	-	-
Inner Dia	(mm)	24.20	24.00	24.10	24.20	-	-
Outer Dia	(mm)	40.08	39.88	24.30	24.20	-	-
Height	(mm)	14.95	14.85	14.85	14.95	-	-

Magnetic Dimensions

Core Section	Path Length (mm)	Winding Area (cm ²)	Volume (cm ³)
C100%	4.008	0.034	2.014
C50%F50%	8.016	0.068	4.028

Available Cores

Part No.	Part No.	Part No.	Part No.	Part No.	Part No.
OD400-01	OD400-02	OD400-03	OD400-04	OD400-05	OD400-06
OD400-07	OD400-08	OD400-09	OD400-10	OD400-11	OD400-12
OD400-13	OD400-14	OD400-15	OD400-16	OD400-17	OD400-18
OD400-19	OD400-20	OD400-21	OD400-22	OD400-23	OD400-24
OD400-25	OD400-26	OD400-27	OD400-28	OD400-29	OD400-30

Winding Information

AWG Wire	Single Layer	AWG Wire	Single Layer
No. Turns	Turn Ratio	No. Turns	Turn Ratio
18 SWG	28	22 SWG	12
20 SWG	16	24 SWG	8
22 SWG	10	26 SWG	5
24 SWG	6	28 SWG	3
26 SWG	4	30 SWG	2
28 SWG	3	32 SWG	1
30 SWG	2	34 SWG	1
32 SWG	1	36 SWG	1

OD467

OD 46.74mm / 1.840inches

ID 24.13mm
HT 18.03mm



Core Dimensions

		ODmax	ODmin	IDmax	IDmin	HTmax	HTmin
Mean Dia	(mm)	46.74	46.54	24.12	24.14	-	-
Inner Dia	(mm)	24.20	24.00	24.10	24.20	-	-
Outer Dia	(mm)	46.94	46.74	24.30	24.20	-	-
Height	(mm)	18.50	18.40	18.40	18.50	-	-

Magnetic Dimensions

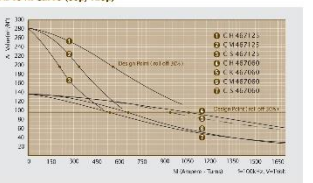
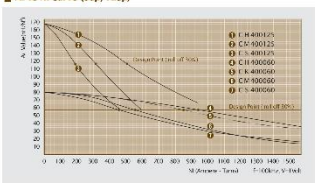
Core Section	Path Length (mm)	Winding Area (cm ²)	Volume (cm ³)
C100%	4.668	0.041	2.344
C50%F50%	9.336	0.082	4.688

Available Cores

Part No.	Part No.	Part No.	Part No.	Part No.	Part No.
OD467-01	OD467-02	OD467-03	OD467-04	OD467-05	OD467-06
OD467-07	OD467-08	OD467-09	OD467-10	OD467-11	OD467-12
OD467-13	OD467-14	OD467-15	OD467-16	OD467-17	OD467-18
OD467-19	OD467-20	OD467-21	OD467-22	OD467-23	OD467-24
OD467-25	OD467-26	OD467-27	OD467-28	OD467-29	OD467-30

Winding Information

AWG Wire	Single Layer	AWG Wire	Single Layer
No. Turns	Turn Ratio	No. Turns	Turn Ratio
18 SWG	28	22 SWG	12
20 SWG	16	24 SWG	8
22 SWG	10	26 SWG	5
24 SWG	6	28 SWG	3
26 SWG	4	30 SWG	2
28 SWG	3	32 SWG	1
30 SWG	2	34 SWG	1
32 SWG	1	36 SWG	1



47 © Choy Sang Cheung

© Peak Power Co., 48

B. 6 Datasheet Dioda MUR1560

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by MUR1520/D

SWITCHMODE™ Power Rectifiers

... designed for use in switching power supplies, inverters and as free wheeling diodes, these state-of-the-art devices have the following features:

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

Mechanical Characteristics:

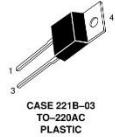
- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 1.9 grams (approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead Temperature for Soldering Purposes: 260°C Max. for 10 Seconds
- Shipped 50 units per plastic tube
- Marking: U1520, U1540, U1560



MUR1520
MUR1540
MUR1560

Motorola Preferred Devices

ULTRAFAST
RECTIFIERS
15 AMPERES
200-400-600 VOLTS



MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	MUR			Unit
		1520	1540	1560	
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V _{RRM} V _{RWM} V _R	200	400	600	Volts
Average Rectified Forward Current (Rated V _R)	I _{F(AV)}	15 @ T _C = 150°C		15 @ T _C = 145°C	Amps
Peak Rectified Forward Current (Rated V _R , Square Wave, 20 kHz)	I _{FRM}	30 @ T _C = 150°C		30 @ T _C = 145°C	Amps
Nonrepetitive Peak Surge Current (Surge applied at rated load conditions halfwave, single phase, 60 Hz)	I _{FSM}	200	150		Amps
Operating Junction Temperature and Storage Temperature	T _J , T _{stg}	-65 to +175			°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Maximum Thermal Resistance, Junction to Case	R _{θJC}	1.5	°C/W
--	------------------	-----	------

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Maximum Instantaneous Forward Voltage (1) (I _F = 15 Amps, T _C = 150°C) (I _F = 15 Amps, T _C = 25°C)	V _F	0.85 1.05	1.12 1.25	1.20 1.50	Volts
Maximum Instantaneous Reverse Current (1) (Rated dc Voltage, T _C = 150°C) (Rated dc Voltage, T _C = 25°C)	I _R	500 10	500 10	1000 10	µA
Maximum Reverse Recovery Time (I _F = 1.0 Amp, di/dt = 50 Amps/µs)	t _{rr}	35	60		ns

(1) Pulse Test: Pulse Width = 300 µs, Duty Cycle ≤ 2.0%.

SWITCHMODE is a trademark of Motorola, Inc.

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

Rev 1

© Motorola, Inc. 1996



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

LAMPIRAN C HASIL PENGUKURAN

C. 1 Tabel Pengukuran Arus, Tegangan, dan Daya

JAM 10.00 WIB	JAM 11.00 WIB	JAM 12.00 WIB
----- V _{pv} = 11.81 I _{pv} = 1.91 Power = 22.60 D = 473 I _{Load} = 1.96 -----	----- V _{pv} = 10.80 I _{pv} = 2.11 Power = 22.78 D = 493 I _{Load} = 1.96 -----	----- V _{pv} = 10.33 I _{pv} = 2.25 Power = 23.22 D = 517 I _{Load} = 1.57 -----
----- V _{pv} = 11.83 I _{pv} = 1.91 Power = 22.65 D = 472 I _{Load} = 1.96 -----	----- V _{pv} = 10.80 I _{pv} = 2.11 Power = 22.78 D = 493 I _{Load} = 2.01 -----	----- V _{pv} = 10.33 I _{pv} = 2.25 Power = 23.22 D = 517 I _{Load} = 1.57 -----
----- V _{pv} = 11.81 I _{pv} = 1.91 Power = 22.60 D = 472 I _{Load} = 1.96 -----	----- V _{pv} = 10.76 I _{pv} = 2.11 Power = 22.69 D = 493 I _{Load} = 1.96 -----	----- V _{pv} = 10.33 I _{pv} = 2.25 Power = 23.22 D = 517 I _{Load} = 1.57 -----
----- V _{pv} = 11.81 I _{pv} = 1.91 Power = 22.60 D = 472 I _{Load} = 1.96 -----	----- V _{pv} = 10.76 I _{pv} = 2.11 Power = 22.69 D = 493 I _{Load} = 1.96 -----	----- V _{pv} = 10.33 I _{pv} = 2.25 Power = 23.22 D = 517 I _{Load} = 1.57 -----
----- V _{pv} = 11.81 I _{pv} = 1.91 Power = 22.60 D = 472 I _{Load} = 1.96 -----	----- V _{pv} = 10.80 I _{pv} = 2.11 Power = 22.78 D = 492 I _{Load} = 1.96 -----	----- V _{pv} = 10.33 I _{pv} = 2.25 Power = 23.22 D = 517 I _{Load} = 1.57 -----
----- V _{pv} = 11.83 -----	----- V _{pv} = 11.06 -----	----- V _{pv} = 10.33 -----

<p>I_{pv} = 1.91 Power = 22.65 D = 471 I_{Load} = 1.96 ----- V_{pv} = 11.81 I_{pv} = 1.91 Power = 22.60 D = 471 I_{Load} = 1.96 ----- V_{pv} = 11.81 I_{pv} = 1.91 Power = 22.60 D = 471 I_{Load} = 1.96 ----- V_{pv} = 11.83 I_{pv} = 1.91 Power = 22.65 D = 470 I_{Load} = 1.96 ----- V_{pv} = 11.83 I_{pv} = 1.91 Power = 22.65 D = 470 I_{Load} = 1.96 ----- V_{pv} = 11.83 I_{pv} = 1.91 Power = 22.65 D = 470 I_{Load} = 1.96 ----- V_{pv} = 11.83 I_{pv} = 1.91 Power = 22.65 D = 470 I_{Load} = 1.96</p>	<p>I_{pv} = 2.06 Power = 22.78 D = 492 I_{Load} = 2.01 ----- V_{pv} = 11.03 I_{pv} = 2.06 Power = 22.73 D = 492 I_{Load} = 1.96 ----- V_{pv} = 11.03 I_{pv} = 2.06 Power = 22.73 D = 492 I_{Load} = 2.01 ----- V_{pv} = 11.06 I_{pv} = 2.06 Power = 22.78 D = 491 I_{Load} = 2.01 ----- V_{pv} = 11.08 I_{pv} = 2.06 Power = 22.82 D = 490 I_{Load} = 2.01 ----- V_{pv} = 11.03 I_{pv} = 2.06 Power = 22.73 D = 490 I_{Load} = 2.01 ----- V_{pv} = 11.03 I_{pv} = 2.06 Power = 22.73 D = 490 I_{Load} = 2.01</p>	<p>I_{pv} = 2.25 Power = 23.22 D = 517 I_{Load} = 1.57 ----- V_{pv} = 10.33 I_{pv} = 2.25 Power = 23.22 D = 517 I_{Load} = 1.57 ----- V_{pv} = 10.33 I_{pv} = 2.25 Power = 23.22 D = 517 I_{Load} = 1.57 ----- V_{pv} = 10.33 I_{pv} = 2.25 Power = 23.22 D = 517 I_{Load} = 1.57 ----- V_{pv} = 10.31 I_{pv} = 2.25 Power = 23.17 D = 517 I_{Load} = 1.57 ----- V_{pv} = 10.33 I_{pv} = 2.25 Power = 23.22 D = 516 I_{Load} = 1.57 ----- V_{pv} = 10.31 I_{pv} = 2.25 Power = 23.17 D = 516</p>
--	--	--

I_Load = 1.96 ----- V_pv = 11.81 I_pv = 1.91 Power = 22.60 D = 470 I_Load = 1.96 ----- V_pv = 11.81 I_pv = 1.91 Power = 22.60 D = 470 I_Load = 1.96 ----- V_pv = 11.81 I_pv = 1.91 Power = 22.60 D = 470 I_Load = 1.96 ----- V_pv = 11.83 I_pv = 1.91 Power = 22.65 D = 469 I_Load = 1.96 ----- V_pv = 11.81 I_pv = 1.91 Power = 22.60 D = 469 I_Load = 1.96 ----- V_pv = 11.83 I_pv = 1.91 Power = 22.65 D = 468 I_Load = 1.96 ----- V_pv =	I_Load = 2.01 ----- V_pv = 11.10 I_pv = 2.06 Power = 22.87 D = 489 I_Load = 2.01 ----- V_pv = 11.08 I_pv = 2.06 Power = 22.82 D = 489 I_Load = 2.01 ----- V_pv = 11.06 I_pv = 2.06 Power = 22.78 D = 489 I_Load = 2.01 ----- V_pv = 11.10 I_pv = 2.06 Power = 22.87 D = 488 I_Load = 2.01 ----- V_pv = 11.08 I_pv = 2.06 Power = 22.82 D = 488 I_Load = 2.01 ----- V_pv = 11.06 I_pv = 2.06 Power = 22.78 D = 488 I_Load = 2.01 ----- V_pv =	I_Load = 1.57 ----- V_pv = 10.33 I_pv = 2.25 Power = 23.22 D = 515 I_Load = 1.57 ----- V_pv = 10.31 I_pv = 2.25 Power = 23.17 D = 515 I_Load = 1.57 ----- V_pv = 10.31 I_pv = 2.25 Power = 23.17 D = 515 I_Load = 1.57 ----- V_pv = 10.31 I_pv = 2.25 Power = 23.17 D = 515 I_Load = 1.57 ----- V_pv = 10.31 I_pv = 2.25 Power = 23.17 D = 515 I_Load = 1.57 ----- V_pv =
--	--	--

11.83	11.06	10.31
I _{pv} = 1.91	I _{pv} = 2.06	I _{pv} = 2.25
Power = 22.65	Power = 22.78	Power = 23.17
D = 468	D = 488	D = 515
I _{Load} = 1.96	I _{Load} = 1.96	I _{Load} = 1.57
-----	-----	-----
V _{pv} =	V _{pv} =	V _{pv} =
11.81	11.01	10.31
I _{pv} = 1.91	I _{pv} = 2.06	I _{pv} = 2.25
Power = 22.60	Power = 22.68	Power = 23.17
D = 468	D = 488	D = 515
I _{Load} = 1.96	I _{Load} = 2.01	I _{Load} = 1.57

Keterangan :

V_{Pv} : Tegangan Pada PV

I_{Pv} : Arus Pada PV

Power : Daya hasil perkalian V_{Pv} dengan I_{Pv}

D : *Dutycycle*

I_{Load} : Arus Keluaran *Converter*

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Nama : Ahmad Aslih Syani
TTL : Malang, 25 Juli 1997
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Jl. Medayu utara 1 gang
Rumah : mawar kav 10, Rungkut,
Surabaya
Nomor HP : 08997392005
E-mail : ahmaadsani@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

- 2003-2009 : SDIT Al-Azhar Kelapa Gading Surabaya
- 2009-2012 : SMP MTsN 1 Surabaya
- 2012-2015 : SMA Negeri 16 Surabaya
- 2015 – sekarang : Bidang Studi Komputer Kontrol,
Program D3Teknik Elektro, ITS

PENGALAMAN KERJA

- Kerja Praktek di PT ANEKA GAS (2016)

PENGALAMAN ORGANISASI

- Staff Big Event Himpunan D3 Teknik Elektro Otomasi (2016-2017)
- Kabiro Big Event Himpunan D3 Teknik Elektro Otomasi (2017-2018)

PENGALAMAN KEPANITIAAN

- Staff Kestari GERIGI (2015)
- Mentor GERIGI (2017)