



TUGAS AKHIR - TF 181801

PERANCANGAN *SOLAR CHARGE CONTROLLER (SCC) DENGAN ALGORITMA MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) PERTURBATION AND OBSERVATION (P&O) PADA BUOYWEATHER STATION TYPE II*

MUHAMMAD ADIB ABIYU
NRP. 0231 15 4000 0 028

Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



FINAL PROJECT - TF 181801

**DESIGN SOLAR CHARGE CONTROLLER WITH
MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT)
PERTURBATION AND OBSERVATION (P&O)
ALGORITHM ON BUOYWEATHER STATION
TYPE II**

**MUHAMMAD ADIB ABIYU
NRP. 0231 15 4000 0 028**

**Supervisor :
Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.**

**ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2019**

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Muhammad Adib Abiyyu
NRP : 02311540000028
Jurusan/ Prodi : Teknik Fisika/ S1 Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "**Perancangan Solar Charge Controller (SCC) Dengan Algoritma Maximum Power Point Tracking (MPPT) Perturbation And Observation (P&O) Pada Buoyweather Station Type IP**" adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 10 Juli 2019

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Adib Abiyyu

NRP. 02311540000028

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

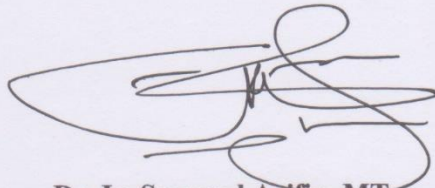
**PERANCANGAN *SOLAR CHARGE CONTROLLER (SCC)*
DENGAN ALGORITMA *MAXIMUM POWER POINT*
TRACKING (MPPT) PERTURBATION AND
OBSERVATION (P&O) PADA *BUOYWEATHER STATION*
*TYPE II***

Oleh:

Muhammad Adib Abiyu
NRP. 0231 15 4000 0 028

Surabaya, 10 Juli 2019

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Syamsul Arifin, MT
NIPN. 19630907 198903 1 004

Mengetahui,
Kepala Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS



Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si, Ph.D
NIPN. 19780902 200312 1 002

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

**PERANCANGAN SOLAR CHARGE CONTROLLER (SCC)
DENGAN ALGORITMA MAXIMUM POWER POINT
TRACKING (MPPT) PERTURBATION AND
OBSERVATION (P&O) PADA BUOYWEATHER STATION
TYPE II**

TUGAS AKHIR





Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MUHAMMAD ADIB ABIYU

NRP. 0231 15 4000 0 028

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T  (Pembimbing)
2. Dr. Suyanto, ST, MT  (Penguji I)
3. Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisyah, MT  (Penguji II)
4. Erna Septyaningrum, ST, MT  (Penguji III)

**SURABAYA
JULI, 2019**

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

**PERANCANGAN *SOLAR CHARGE CONTROLLER (SCC)*
DENGAN ALGORITMA *MAXIMUM POWER POINT
TRACKING (MPPT) PERTURBATION AND
OBSERVATION (P&O)* PADA *BUOYWEATHER STATION
TYPE II***

Nama : Muhammad Adib Abiyu
NRP : 0231 15 4000 0 028
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Syamsul Arifin, MT.

Abstrak

Aktifitas maritim seperti pelayaran di Indonesia banyak dipengaruhi oleh cuaca yang dapat diketahui kondisinya melalui stasiun cuaca salah satunya adalah *Buoywaether Station Type II*. Instrumen pengukuran dalam *Buoywaether Station Type II* membutuhkan energi listrik sehingga digunakan panel PV sebagai sumber daya untuk baterai dan instrumen pengukuran pada *Buoyweather*. Masalah yang sering terjadi pada baterai adalah adanya *overcharging* dan *overdischarging* yang menyebabkan waktu pakai baterai menjadi lebih singkat. Sedangkan masalah pada instrumen adalah tegangan yang dihasilkan oleh panel PV tidak stabil sehingga dapat menyebabkan kerusakan instrumen itu sendiri. Dalam penelitian ini dilakuka perancangan sistem *Solar Charge Control (SCC)* yang mampu mengendalikan daya listrik menuju instrumen pengukuran dan baterai, meningkatkan efisiensi daya yang dihasilkan dan meningkatkan kapasitas penyimpanan baterai pada *Buoyweather Station Type II*. Perancangan sistem SCC ini dilakukan dengan menggunakan algoritma *Maximum Power Point Tracking (MPPT) Perturbation and Observation (P&O)* dan *DC-DC Boost Converter*. Dari perancangan tersebut dilakukan simulasi dengan SIMULINK Matlab dan selanjutnya diimplementasikan dengan pembuatan hardware sistem SCC.

Secara simulasi, sistem SCC yang dirancang dapat mengendalikan daya listrik menuju baterai dan instrumen pengukuran. Tetapi ketika dalam pengimplementasiannya, sistem SCC masih harus disempurnakan agar dapat melakukan pengendalian daya listrik menuju baterai.

Kata Kunci— *Boost Converter, Buoyweather, Maximum Power Point Tracking (MPPT), Perturbation and Observation (P&O), Solar Charger Controller (SCC)* .

**DESIGN SOLAR CHARGE CONTROLLER WITH
MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT)
PERTURBATION AND OBSERVATION (P&O)
ALGORITHM ON BUOYWEATHER STATION TYPE II**

Name : Muhammad Adib Abiyyu
NRP : 0231 15 4000 0 028
Department : Engineering Physics FTI-ITS
Supervisors : Dr. Ir. Syamsul Arifin, MT.

Abstract

Maritime activities such as shipping in Indonesia are largely influenced by weather conditions that can be identified through weather stations, one of which is Buoyweather Station Type II. The measurement instrument in Buoyweather Station Type II requires electrical energy so PV panels are used as a power source for batteries and measurement instruments for Buoyweather. The problem that often occurs in batteries is overcharging and overdischarging which causes shorter battery life. While the problem with the instrument is that the voltage generated by the PV panel is unstable so that it can cause damage to the instrument itself. In this study, the design of the Solar Charge Control (SCC) system was able to control electrical power towards measurement instruments and batteries, improve the efficiency of the power produced and increase battery storage capacity at Buoyweather Station Type II. The design of the SCC system is carried out using the Perturbation and Observation (P & O) Maximum Power Point Tracking (MPPT) algorithm and DC-DC Boost Converter. From the design simulation was carried out with SIMULINK Matlab and then implemented with the manufacture of SCC system hardware. Simulated, the SCC system designed can control electrical power towards the battery and measurement instruments. But when in its implementation, the SCC system must still be improved in order to be able to control the electrical power to the battery.

Keywords— Boost Converter, Buoyweather, Maximum Power Point Tracking (MPPT), Perturbation and Observation (P & O), Solar Charger Controller (SCC).

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhrit yang berjudul “***DESIGN SOLAR CHARGE CONTROLLER WITH MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) PERTURBATION AND OBSERVATION (P&O) ALGORITHM ON BUOYWEATHER STATION TYPE II***” sebagai salah satu persyaratan akademis dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.

Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik berkat kerja sama , bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Agus Muhammad Hatta, ST, MSi, Ph.D selaku kepala Departemen Teknik Fisika ITS, Ibuk Dr.Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes selaku dosen wali penulis atas segala bimbingan yang diberikan selama ini.
2. Bapak Dr. Ir. Syamsul Arifin, MT selaku dosen pembimbing atas segala arahan, bimbingan dan motivasi yang telah diberikan selama pengerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Suyanto, ST, MT selaku kepala Laboratorium Komputasi dan Sistem Fisik Cyber
4. Bapak dan ibu dosen Departemen Teknik Fisika ITS atas segala bimbingan, arahan dan motivasi yang telah diberikan selama ini.
5. Lilis Maisaroh, Suharto, Fahad Al-Harits dan Hammam Hawari, motivasi terbesar penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Sima Nur Abidah yang senantiasa menemani, membantu dan menyemangati penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
7. Wahyu ardi santosa sebagai teman belajar mengenai MPPT dan SCC.
8. Mas dan mbak alumni serta teman-teman *Buoyweather* yang telah membantu, memberikan saran, arahan dan motivasi untuk penulis selama pengerjaan tugas akhir ini.

9. Teman-teman Teknik Fisika ITS angkatan 2015 yang telah kebersamai penulis selama kuliah.
10. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu , terima kasih atas segala masukan, saran, dukungan, motivasi dan bantuan yang diberikan sampai detik ini, semoga Allah membalas kebaikan anda semua.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, oleh sebab itu penulis mengharap kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak

Surabaya, 10 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	vii
Abstrak	xi
<i>Abstract</i>	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR NOTASI	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Laporan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 <i>Photovoltaic</i>	5
2.3 <i>Maximum Power Point Tracking (MPPT)</i>	7
2.4 <i>Algoritma Perturbation and Observation (P&O)</i>	8
2.5 <i>Boost Converter</i>	11
2.6 <i>Solar Charge Controller (SCC)</i>	14
2.7 <i>Charging Baterai VRLA</i>	15
2.8 <i>Buoyweather Station Type II</i>	16
2.9 <i>Arduino Nano</i>	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 <i>Desain Sistem Solar Charge Controller</i>	20
3.2 Simulasi komponen sistem SCC pada <i>SIMULINK</i> Matlab.	22
3.3 Perancangan Hardware Sistem SCC menggunakan algoritma <i>Perturbation and Observation</i>	29
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Simulasi sistem <i>Solar Charge Controller</i> menggunakan algoritma <i>MPPT Perturbation and Observation</i>	37

4.2 Rancang bangun sistem Solar Charge Controller menggunakan algoritma MPPT Perturbation and Observation.	46
BAB V PENUTUP	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN A <i>Source Code</i>	61
LAMPIRAN B Karakteristik pada Irradiansi 928 W/m ²	70
LAMPIRAN C Karakteristik pada Irradiansi 808 W/m ²	78
LAMPIRAN D Karakteristik pada Irradiansi 718 W/m ²	84
LAMPIRAN E Pengujian <i>Charging</i> baterai menggunakan <i>Power Supply</i>	90
LAMPIRAN F Pengujian <i>charging</i> baterai menggunakan panel PV	94
LAMPIRAN G Pengujian Pencehagan <i>Overdischarge</i>	96
LAMPIRAN H <i>Datasheet</i>	109
BIODATA PENULIS.....	115

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rangkaian Ekuivalen PV (Morales, 2010)	6
Gambar 2. 2 Kurva karakteristik modul PV (Morales, 2010).	6
Gambar 2. 3 Titik operasi modul PV dengan berbagai beban resistif (Kolsi, samet, & Amar, 2014).....	7
Gambar 2. 4 Kurva karakteristik panel PV (Salas, Olias, Barrado, & Lazaro, 2006)	9
Gambar 2.5 Skema Algoritma <i>Perturbation and Observation</i> (Pradhan & Panda, 2018)	10
Gambar 2. 6 Rangkaian <i>Boost Converter</i>	11
Gambar 2. 7 MOSFET dalam keadaan ON	12
Gambar 2. 8 MOSFET dalam keadaan OFF	13
Gambar 2. 9 <i>Buoyweather Station Type II</i>	16
Gambar 2. 10 Arduino Nano (Arduino, 2019).	17
Gambar 2. 11 <i>Arduino Nano Pin Layout</i> (Arduino, 2019).....	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	19
Gambar 3. 2 Diagram blok perancangan sistem SCC	21
Gambar 3. 3 Desain Boost Converter.....	24
Gambar 3. 4 Diagram blok Sistem Pengendalian MPPT <i>Perturbation and Observation</i>	25
Gambar 3. 5 Diagram Blok Sistem Pengendalian MPPT <i>Perturbation and Observation</i>	26
Gambar 3. 6 Desain Sistem SCC.....	27
Gambar 3. 7 <i>flowchart</i> sistem SCC	28
Gambar 3. 8 Sensor Arus ACS712-5A.....	30
Gambar 3. 9 Multiturn.....	31
Gambar 3. 10 Hasil perancangan boost convereter	32
Gambar 3. 11 Konfigurasi (a) Tahap daya sistem <i>isolated converter</i> (b) Kontrol tegangan sistem <i>isolated converter</i> (Fan, 2014)	33
Gambar 3. 12 <i>Relay 5V</i>	34
Gambar 3. 13 Rangkaian Sistem SCC.....	35
Gambar 4.1 Kurva Karakteristik I-V dan P-V pada Temperatur 250C dengan Variasi Irradiansi.....	38
Gambar 4. 2 Kurva Karakteristik I-V dan P-V pada Irradiansi	

1000 W/m ² dengan Variasi Temperature	38
Gambar 4. 3 Hasil Penjajakan MPPT Perturbation and Observation	41
Gambar 4. 4 Hasil Keluaran <i>Boost converter</i>	42
Gambar 4. 5 Daya panel PV dan <i>Boost Converter</i>	43
Gambar 4. 6 Hasil Sistem SCC dengan PandO	45
Gambar 4. 7 Kurva karakteristik panel PV irradiansi 928 W/m ²	50
Gambar 4. 8 kurva karakteristik panel PV irradiansi 808 W/m ²	50
Gambar 4. 9 Kurva karakteristik panel PV irradiansi 718 W/m ²	51
Gambar 4. 10 Perbandingan Daya Pada Irradiansi 928 W/m ²	52
Gambar 4. 11 Perbandingan Daya Pada Irradiansi 808 W/m ²	53
Gambar 4. 12 Perbandingan Daya Pada Irradiansi 718 W/m ²	53

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Modul PV 50Wp.....	22
Tabel 3. 2 Spesifikasi Desain Boost Converter.....	23
Tabel 3. 3 Spesifikasi DKW5 12S12.....	34
Tabel 4. 1 Hasil Simulasi Desain <i>Boost Converter</i>	39
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sensor Arus.....	47
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sensor Tegangan.....	48
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian <i>Boost Converter</i>	49

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR NOTASI

MPPT	= <i>Maximum Power Point Tracking</i>
P&O	= <i>Perturbation and Observation</i>
SCC	= <i>Solar Charge Controller</i>
PV	= <i>Photovoltaic</i>
PWM	= <i>Pulse Width Modulation</i>
VRLA	= <i>Valve Regulated Lead Acid</i>
SOC	= <i>State of Charge (%)</i>
STC	= <i>Standard Test Condition</i>
DC	= <i>Direct Current</i>
V_{in}	= <i>Tegangan Input (Volt)</i>
V_{out}	= <i>Tegangan Output (Volt)</i>
V_{oc}	= <i>Tegangan Open Circuit (Volt)</i>
I_{sc}	= <i>Arus Short Circuit (Ampere)</i>
V_{pv}	= <i>Tegangan Photovoltaic (Volt)</i>
I_{pv}	= <i>Arus Photovoltaic (Ampere)</i>
P_{pv}	= <i>Daya Photovoltaic (Watt)</i>
$V_{baterai}$	= <i>Tegangan Baterai (Volt)</i>
$I_{baterai}$	= <i>Arus Baterai (Ampere)</i>
f_s	= <i>Frekuensi Switching (Hz)</i>
D	= <i>Duty Cycle (%)</i>
C	= <i>Kapasitas baterai (Ah)</i>
$dP/\Delta P$	= <i>Perubahan Daya (Watt)</i>
$dV/\Delta V$	= <i>Perubahan Tegangan (Volt)</i>
$dI/\Delta I$	= <i>Perubahan Arus (Ampere)</i>
t	= <i>Waktu (sekon)</i>
Δt	= <i>Perubahan Waktu (sekon)</i>
L	= <i>Induktor (H)</i>
C	= <i>Kapasitor (F)</i>
R	= <i>Induktor (Ohm)</i>
$V(t)$	= <i>Tegangan saat ini (Volt)</i>
$V(t-\Delta t)$	= <i>Tegangan sebelumnya (Volt)</i>
$P(t)$	= <i>Daya saat ini (Watt)</i>
$P(t-\Delta t)$	= <i>Daya sebelumnya (Watt)</i>

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cuaca merupakan salah satu faktor penting bagi manusia dalam menjalankan berbagai aktifitas. Salah satu aktifitas yang dipengaruhi oleh cuaca adalah aktifitas maritim seperti pelayaran. Sebuah stasiun cuaca perlu dibangun untuk mengetahui kondisi cuaca yang ada di laut. Stasiun cuaca diperlukan untuk menjadi acuan keselamatan pelayaran bagi transportasi laut dan juga sebagai pendeteksi adanya bencana alam seperti badai dan tsunami. Salah satu jenis dari stasiun cuaca adalah *Buoy Laut*. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Indonesia memiliki total 22 *buoy* laut, yaitu sembilan unit dimiliki Indonesia, sepuluh unit dimiliki Jerman, satu unit dimiliki Malaysia, dan dua unit dimiliki Amerika Serikat. Menurut BNPB, Indonesia kini tidak lagi mempunyai *buoy* laut dikarenakan beberapa faktor yaitu tidak dirawat sejak 2012, *vandalism* dan juga terbatasnya anggaran (Nurjanah, 2017). Oleh karena hal tersebut, Departemen Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember membuat *BuoyWeyather Station Type II* dengan biaya pembuatan dan perawatan yang lebih ekonomis, sehingga bisa dijadikan pertimbangan untuk menambah jumlah Stasiun Cuaca yang ada di Indonesia.

Sistem *Buoywaether Station Type II* tersusun dari dua sistem, yaitu stasiun cuaca yang berada di laut dan stasiun penerima data yang berada di darat. Sistem cuaca yang berada di laut memiliki fungsi untuk mengukur 8 variable yang nantinya akan digunakan untuk melakukan prediksi dan juga mentransfer informasi menuju stasiun yang berada di darat. Instrumen pada sistem yang berada di laut tentunya memerlukan energi listrik untuk bekerja selama 24 jam. Kebutuhan energi listrik pada *Buoyweather Station Type II*

dapat di atasi dengan memasang sebuah *photovoltaic* sebagai catu daya.

Photovoltaic berfungsi untuk merubah radiasi sinar matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* hanya akan bekerja ketika ada radiasi matahari, sehingga diperlukan baterai sebagai sumber energi alternatif jika sedang tidak ada radiasi matahari. Masalah yang sering terjadi pada baterai adalah ketidakmampuan baterai untuk memenuhi ekspektasi pengguna karena kelemahan baterai pada proses pengisian daya, sebagai contoh adalah pengisian daya yang berlebihan dan pengoperasian yang berkelanjutan pada saat kondisi baterai dengan pengisian daya yang rendah akan menyebabkan baterai memiliki waktu pakai yang lebih singkat, sehingga akan terjadi peningkatan biaya operasi karena harus mengganti baterai (Ishengoma & Norum, 2002).

Solar Charge Controller (SCC) sebagai suatu sistem yang berfungsi untuk mengatur arus dan tegangan yang masuk dan keluar baterai. SCC digunakan pada sistem ini untuk menjaga kondisi arus dan tegangan supaya tidak terjadi kondisi *Over Charging* dan *Over Discharging* pada baterai. Tugas akhir ini mengusulkan sebuah Teknik *Maximum Power Point Tracking (MPPT)* dengan menggunakan algoritma *Perturbation and Observation* diterapkan pada *Solar Charge Controller (SCC)* untuk menjaga kondisi baterai dan meningkatkan efisiensi sumber daya yang disalurkan menuju baterai pada *Buoyweather Station Type II*.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diselesaikan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Apakah desain rangkaian sistem *Solar Charge Controller* dapat mengendalikan daya listrik ke komponen dan baterai pada *Buoyweather Station Type II* ?

2. Seberapa besar efisiensi daya yang dihasilkan oleh sistem SCC dengan menggunakan MPPT *Perturbation and Observation* pada sistem *Solar Charge Controller*?
3. Seberapa besar penambahan kapasitas baterai dengan menambahkan MPPT pada sistem *Solar Charge Controller*?

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem *Solar Charge Controller* yang mampu mengendalikan daya listrik ke komponen dan baterai, meningkatkan efisiensi daya yang dihasilkan dan meningkatkan kapasitas penyimpanan baterai pada *Buoyweather station type II*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Algoritma MPPT yang digunakan adalah *Perturbation and Observatioan*.
2. Baterai yang digunakan adalah *Valve Regulated Lead Acid (VRLA) 24V 3.5 Ah*.
3. Pada sistem *Solar Charge Controller* digunakan DC-DC Konverter tipe *Boost*.
4. Hanya faktor Radiasi matahari dan temperature yang diasumsikan dapat mempengaruhi karakteristik modul PV.
5. Simulasi dilakukan dengan menggunakan software MATLAB R2016b

1.5 Sistematika Laporan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab I ini terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika laporan.

BAB II Teori Penunjang

Bab II ini dibahas mengenai teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan, seperti modul *Photovoltaic*, Konverter *Buck*, Konverter *Boost*, *Maximum Power Point Tracking* MPPT, algoritma *Perturbation & Observation* (P&O), *Solar Charge Controller* (SCC), dan *Buoyweather Station Type II*.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi mengenai rancangan dari penelitian yang dilakukan, metode, dan langkah-langkah dalam penelitian.

BAB IV Analisis Data dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang data hasil penelitian dari simulasi dan pengambilan data hardware dari sistem SCC, berupa tegangan, arus, dan daya listrik.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari Tugas Akhir yang sudah dilakukan berdasarkan data yang sudah diperoleh, dan Saran untuk penelitian kedepannya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

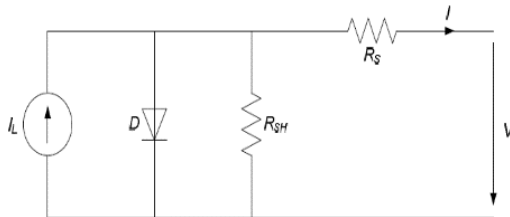
2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai sistem *solar charge controller* pada *Buoyweather* pernah dilakukan dengan judul “**Desain Solar Charge Controller (SCC) Dengan Algoritma Incremental Conductance pada Buoyweather**” oleh Kadek Sunantara Wipayana. Penelitian tersebut menggunakan *buck converter* sebagai aktuator untuk peninjakan daya maksimum menggunakan algoritma MPPT *incremental conductance* dan menggunakan baterai 12 V 7 Ah sebagai penyimpan daya listrik (Wipayana, 2018). MPPT *Incremental Conductance* pada penelitian tersebut berhasil dalam menjajak daya maksimumnya, sehingga efisiensi sistem dapat meningkat. Sistem SCC yang diterapkan mampu mengendalikan daya pada proses *charging* dan *discharging*. Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan sistem SCC dengan menggunakan MPPT *perturbation and observation* dengan menggunakan *boost converter* sebagai aktuator peninjakan daya maksimum, dan juga 2 baterai VRLA 12V 3.5 A yang disusun secara seri.

2.2 Photovoltaic

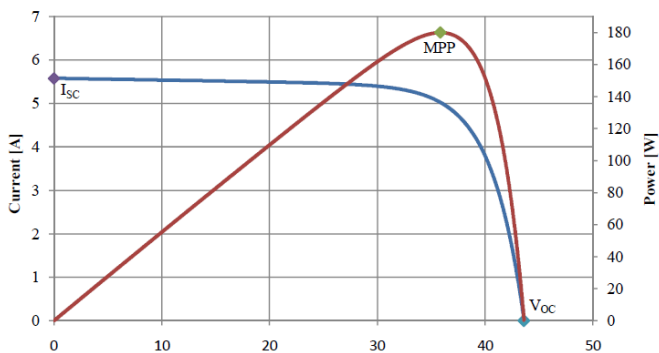
Photovoltaic (PV) atau sel surya merupakan sebuah piranti semikonduktor yang dapat merubah cahaya matahari menjadi arus listrik searah (DC) dengan menggunakan lapisan semikonduktor yang tipis. Lapisan semikonduktor tipis memiliki permukaan yang berbeda, yaitu tipe P dan tipe N, ketika 2 permukaan lapisan semikonduktor ini digabungkan akan membentuk P-N *Junction*. Terdapat *Depletion Layer* pada P-N *Junction* yang terjadi karena elektron bebas pada semikonduktor tipe N mengisi ruang kosong ‘*Hole*’ yang berada di semikonduktor tipe P, sehingga menimbulkan energi listrik pada P-N *Junction*. Ketika PV terpapar oleh cahaya matahari yang memiliki energi foton yang lebih besar dibandingkan dengan energi *Bandgap* dari semikonduktor, maka

akan terjadi sebuah peristiwa pemisahan antara elektron dengan *hole*, yang menyebabkan timbulnya arus listrik (Walker, 2001). Rangkaian ekuivalen dari PV ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Rangkaian Ekuivalen PV (Morales, 2010)

Ilustrasi sistem elektrik hasil pendekatan secara elektrik ditunjukkan pada Gambar 2.1, dimana satu diode (D) yang ada pada rangkaian merupakan representasi dari modul *Photovoltaic* (PV). Rangkaian ekuivalen di atas juga merupakan pemodelan umum dari panel surya yang terdiri dari sumber arus (I_L), diode (D), resistor *shunt* (R_{sh}) yang disusun paralel untuk mendeskripsikan keluaran arus, dan resistor seri (R_s) yang mendeskripsikan resistansi internal. Resistor Shunt yang disusun paralel merupakan hambatan yang bernilai sangat besar, sehingga arus cenderung menuju ke resistor seri (Morales, 2010).

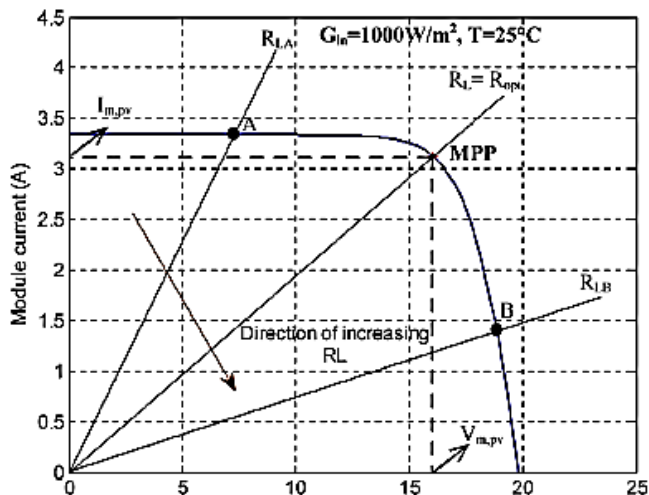


Gambar 2.2 Kurva karakteristik modul PV (Morales, 2010).

Terdapat dua point penting pada kurva karakteristik V-I yaitu tegangan *Open Circuit* V_{oc} dan arus *Short Circuit* I_{sc} . Dimana pada kedua titik ini nilai daya adalah nol. Daya maksimum yang dihasilkan oleh Modul PV pada kurva karakteristik modul PV disebut sebagai Maximum Power Point (MPP).

2.3 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Maximum Power Point Tracking atau yang biasa disebut MPPT merupakan sebuah sistem yang mengoperasikan modul *Photovoltaic* atau sel surya agar dapat menghasilkan daya maksimalnya. MPPT bukan merupakan sistem *tracking* yang secara fisik menggerakkan modul sel surya untuk menghadap ke arah datangnya sinar matahari. MPPT merupakan sistem yang dapat mengubah ubah titik operasi dari sel surya sehingga dapat menghasilkan daya yang selalu pada titik maksimal (Faizal & Setyaji, 2016).



Gambar 2.3 Titik operasi modul PV dengan berbagai beban resistif (Kolsi, samet, & Amar, 2014)

MPPT menggunakan DC-DC Converter bertujuan untuk mengatur tegangan input pada MPP modul *Photovoltaic* dan mencocokkan beban untuk mentransfer daya maksimum. Ketika DC-DC Converter ditempatkan diantara modul PV dan beban, maka titik operasi optimal tergantung dari impedansi yang terjadi oleh modul PV (R_{in}), yang bergantung pada dua parameter yaitu RL dan Duty Cycle, berdasarkan parameter tersebut, pada beban yang berbeda siklus kerja dapat disesuaikan dengan R_{in} agar dapat mengubah nilai Resistansi optimal R_{opt} pada kondisi iklim apapun. Terdapat beberapa metode dari MPPT diantaranya Hill Climbing, Incremental Conductance, Fractional Open Circuit Voltage, dan Perturbation and observation (P&O) (Kolsi, samet, & Amar, 2014).

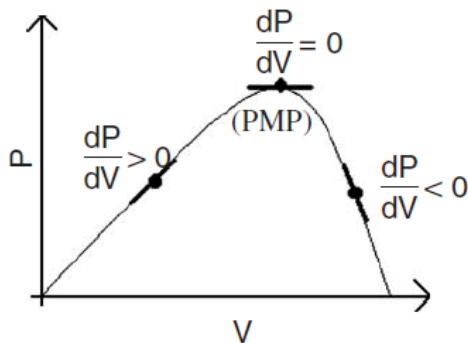
Grafik kurva karakteristik V-I pada Gambar 2.3 menjelaskan bahwasanya ketika modul PV digabungkan langsung dengan R_{LA} maka titik operasi akan berada pada titik A, dan ketika modul PV langsung digabungkan dengan R_{LB} maka titik operasi akan berpindah pada titik B, untuk semua rentang variasi beban hanya terdapat satu titik dimana modul PV memberikan kinerja optimal atau disebut *Maximum Power Point* (MPP). Hal ini dapat terjadi karena nilai resistansi dari beban sama dengan nilai resistansi optimal modul PV ($R_L=R_{OPT}$). akan tetapi untuk mendapatkan nilai resistansi yang cocok sangat sulit dikarenakan titik maksimum ini berubah-ubah dalam kondisi iklim yang berubah (Kolsi, samet, & Amar, 2014).

2.4 Algoritma *Perturbation and Observation* (P&O)

Metode algoritma *Perturbation and Observation* terdiri dari dua tahapan yaitu *Perturb* untuk mengetahui perubahan tegangan dan arus *Photovoltaic*, dan *Observe* untuk melakukan perhitungan daya yang disebabkan pada saat *Perturb*. Perbandingan antara daya sebelum *perturb* dan sesudah *perturb* dilakukan untuk acuan

menambah atau mengurangi tegangan pada saat mencari nilai MPP (Utami, 2017).

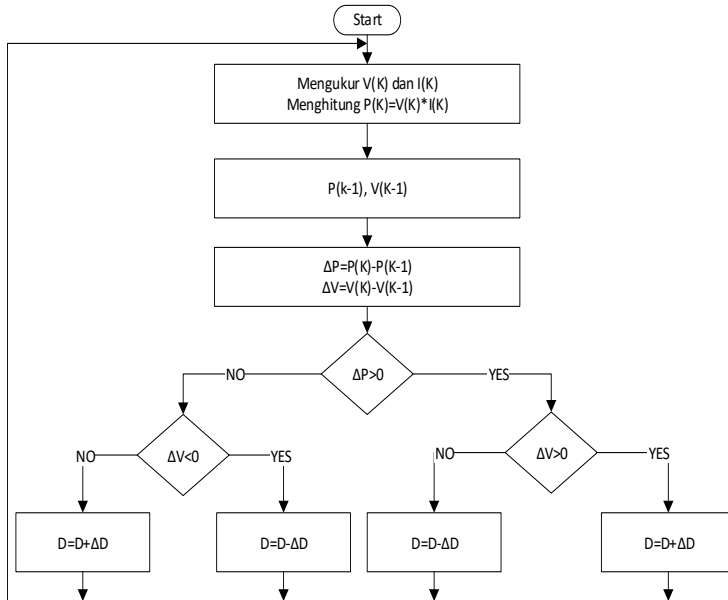
Algoritma P&O beroperasi dengan *Perturbing* secara berkala (yaitu menambah atau mengurangi) Array terminal tegangan atau arus dan membandingkan daya output PV dengan yang dari siklus perturbasi sebelumnya. Jika tegangan operasi array PV berubah dan daya meningkat ($dP / dV > 0$), sistem kontrol memindahkan titik operasi array PV ke arah itu, jika tidak titik operasi dipindahkan ke arah yang berlawanan. Pada siklus perturbasi berikutnya, algoritma melanjutkan dengan cara yang sama (Faranda & Leva, 2008).



Gambar 2. 4 Kurva karakteristik panel PV (Salas, Olias, Barrado, & Lazaro, 2006)

Kurva pada Gambar 2.4 menjelaskan bahwasanya jika daya $\frac{dP}{dV} > 0$, maka *Perturbation* akan menjajak daya ke arah MPP $\frac{dP}{dV} = 0$ dengan menaikkan *duty cycle* jika dV bernilai positif dan menurunkan *duty cycle* jika dV bernilai negatif. Sedangkan jika terjadi penurunan daya $\frac{dP}{dV} < 0$, *Perturbation* akan menjajak daya

kearah MPP $\frac{dP}{dV} = 0$ dengan arah yang berlawanan, yaitu menurunkan *duty cycle* jika dV bernilai positif dan menaikkan *duty cycle* jika dV bernilai negative. Penjelasan tersebut menjadi alasan mengapa algoritma ini digunakan. Berikut ini merupakan skema dari algoritma *perturbation and observation*.



Gambar 2.5 Skema Algoritma *Perturbation and Observation* (Pradhan & Panda, 2018)

Kerja dari algoritma *Perturbation and Observatioan* ditunjukkan pada Gambar 2.5 yang dimulai dari mendapatkan nilai input berupa $V(t), I(t), V(t - \Delta t), I(t - \Delta t)$ yang didapatkan dari modul PV, kemudian dicari nilai $P(t), P(t - \Delta t)$ dari nilai input algoritma. Setelah itu dicari nilai ΔV & ΔP menggunakan persamaan berikut:

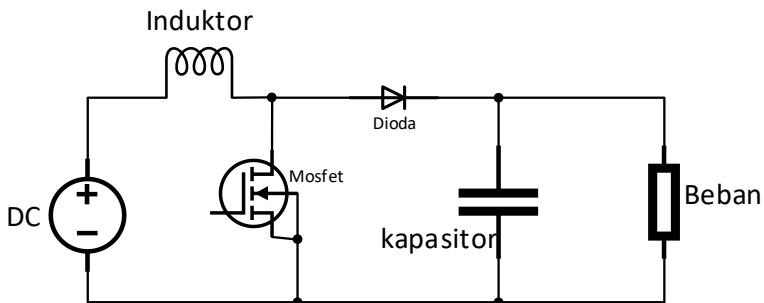
$$\Delta V = V(t) - V(t - \Delta t) \quad (2.1)$$

$$\Delta P = P(t) - P(t - \Delta t) \quad (2.2)$$

Langkah selanjutnya adalah penentuan keputusan berdasarkan hitungan diatas, jika nilai $\Delta P > 0$, jika terpenuhi maka akan dilanjutkan dengan pengambilan keputusan untuk nilai $\Delta V > 0$, jika terpenuhi maka akan menaikkan nilai V sehingga dan jika tidak terpenuhi akan menurunkan nilai V_{reff} . Berkebalikan dengan pengambilan keputusan jika nilai $\Delta P > 0$ terpenuhi, jika nilai tidak terpenuhi maka dilanjutkan dengan pengambilan keputusan untuk nilai $\Delta V > 0$, jika terpenuhi maka akan menurunkan nilai V_{reff} dan jika tidak terpenuhi akan menaikkan nilai V_{reff} . Kemudian selanjutnya kembali ke proses awal dengan nilai input yang berbeda.

2.5 Boost Converter

DC-DC *Boost Converter* memiliki fungsi untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih besar dari pada tegangan yang masuk, untuk mendapatkan tegangan yang lebih tinggi *Boost Converter* menggunakan komponen *switch* untuk mengatur nilai *duty cycle*-nya, komponen *switching* tersebut berupa MOSFET, IGBT, dan lain sebagainya. Untuk mengetahui hubungan antara tegangan keluaran dan tegangan masukan dari *Boost Converter* dapat menggunakan Persamaan 2.3.



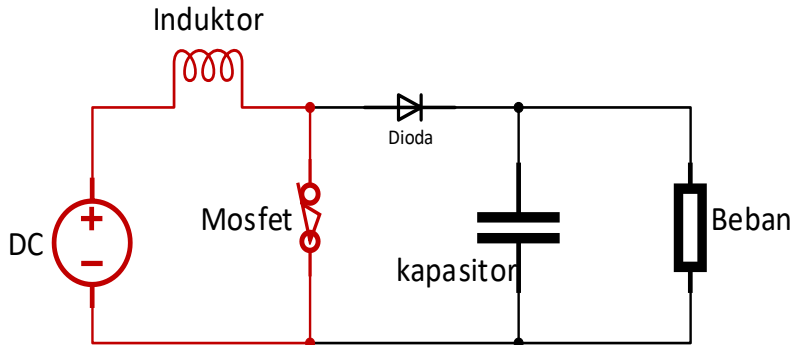
Gambar 2. 6 Rangkaian *Boost Converter*

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{1-D} \quad (2.3)$$

Boost Converter terdapat komponen-komponen yaitu sumber masukan DC, Dioda, Induktor, Kapasitor, Beban, dan MOSFET. MOSFET digunakan untuk mencacah arus sesuai dengan *Duty Cycle*, sehingga nilai keluaran *Boost Converter* dapat kita atur sesuai dengan keinginan. Induktor digunakan untuk menyimpan energi dalam bentuk arus, energi tersebut disimpan ketika MOSFET on dan dilepaskan ketika kondisi MOSFET off, gambar 2.6 merupakan rangkaian dari DC-DC Boost Converter

Kinerja dari DC-DC *Boost Converter* dapat dibagi menjadi dua cara kerja utama, yaitu:

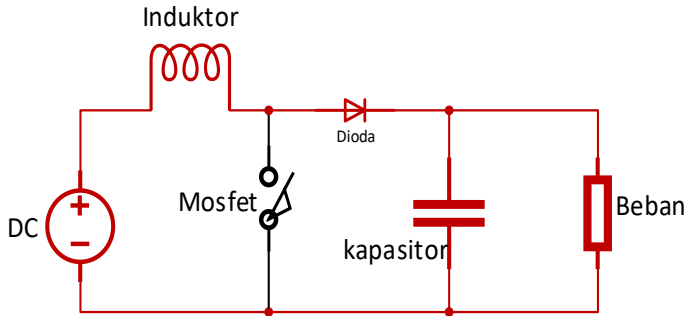
1. Ketika MOSFET dalam keadaan ON atau sedang dalam posisi tertutup dan Dioda OFF, arus akan mengalir searah jarum jam dari sumber yang ada menuju ke induktor, pada keadaan ini terjadi pengisian arus pada Induktor. Berikut merupakan rangkaian ketika MOSFET dalam keadaan ON



Gambar 2. 7 MOSFET dalam keadaan ON

2. Ketika MOSFET dalam Keadaan OFF atau sedang dalam posisi terbuka dan Dioda ON, arus yang berada pada induktor akan berkurang karena impedansi yang lebih tinggi, sehingga arus yang mengalir pada dioda dan beban adalah penjumlahan dari arus yang berasal dari sumber dan arus yang ada di

induktor, pada saat yang bersamaan kapasitor akan menyimpan energi dalam bentuk tegangan, hal ini lah yang menyebabkan keluaran *Boost Converter* lebih besar dari masuknya.



Gambar 2. 8 MOSFET dalam keadaan OFF

Terdapat lima parameter penting yang harus diketahui nilainya untuk mendapatkan keluaran *boost converter* yang diinginkan yaitu, *duty cycle*, arus *ripple*, induktor, kapasitor dan resistansi. Kelima parameter tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2.6 sampai Persamaan 2.10 berikut (Pradhan & Panda, 2018) .

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

$$\Delta I_o = 20\% \times I_o \quad (2.5)$$

$$L = \frac{V_{in} \times D}{F_s \times \Delta I_o} \quad (2.6)$$

$$R_o = \frac{V_o^2}{P_o} \quad (2.7)$$

$$C = \frac{I_o \times D}{F_s \times \Delta V_o} \quad (2.8)$$

2.6 Solar Charge Controller (SCC)

Charge controller merupakan sebuah mekanisme kerja untuk membatasi laju dari arus listrik yang ditambahkan atau diambil dari sebuah penyimpan daya. *Charge controller* berguna untuk mencegah terjadinya pengisian baterai yang berlebih dan juga dapat mencegah penggunaan daya baterai yang berlebih karena dapat mengurangi kinerja dan masa pakai dari baterai listrik.

Solar Charge Controller atau SCC merupakan sebuah mekanisme pengendalian yang difungsikan untuk mengatur keluaran daya atau tegangan DC yang diproduksi oleh modul PV menuju ke baterai. SCC mengambil tegangan DC output modul PV menjadi tegangan DC input yang dikonversikan menjadi tegangan DC yang diperlukan untuk pengisian baterai. Kebanyakan sistem SCC menggunakan metode *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) yang dapat memaksimalkan keluaran dari modul PV. SCC yang standar adalah dengan menggunakan nilai tegangan input berupa tegangan keluaran modul PV yang lebih besar dibandingkan dengan tegangan output supaya menjaga arus tetap konstan, tegangan akan dikurangi oleh SCC yang menyebabkan kehilangan daya, akan tetapi dengan menggunakan MPPT yang berbasis *mikrokontroler* untuk menghitung daya setinggi mungkin pada rentan waktu tertentu, sehingga tegangan akan dipantau dan akan diatur supaya tidak terjadi kehilangan daya. Ketika SCC mengurangi tegangan, dengan bersamaan juga akan meningkatkan arus sehingga meningkatkan efisiensi transfer daya. SCC merupakan faktor penting dalam sebuah sistem PV terutama pada komponen baterai, karena baterai memerlukan metode pengisian pada berbagai nilai tegangan dan arus untuk kondisi tertentu, sehingga tidak mengurangi kinerja dan masa pakai baterai (Sai, Kumar, & Paneerselvam, 2015).

2.7 Charging Baterai VRLA

Sistem *Charge Controller* harus mengikuti cara pengisian baterai yang benar untuk menjaga kondisi kesehatan baterai, biasanya para pengembang *Charge Controller* menggunakan empat tahapan dalam mengecaskan baterai agar voltase baterai dapat terisi penuh dengan waktu yang singkat. Dua tahap awal dalam proses ini merupakan *Constant Current Charging* dan dua tahapannya selanjutnya merupakan *Constant Voltage Charging*. Dibawah ini merupakan penjabaran dari ke-empat tahapan tersebut (Jana, Samanta, Bahttacharya, & Saha, 2016).

2.7.1 Tahap *Soft Charging*

Tahapan ini akan berjalan ketika *State Of Charge* baterai adalah 20% atau voltase baterai lebih rendah dari itu, Pada tahap ini baterai di isi dengan arus yang besar dan dengan demikian jika kondisi SOC baterai kurang dari 20 %, maka baterai tidak bisa menerima jumlah arus yang besar. Tahapan ini hanya membuat kesehatan baterai mampu menerima pengisian dengan arus yang tinggi, ketika baterai terhubung dengan pengisi daya, maka pertama kali yang dilakukan adalah mengukur voltase baterai atau mengukur SOC baterai, dan jika SOC berada dibawah 20% maka akan masuk ke tahap *Soft Charging*. Jika voltase PV lebih besar dari tegangan masukan minimal pengisian, maka baterai di isi dengan arus sebesar $C/100$ (C = kapasitas baterai dalam Ah)

2.7.2 Tahap *Bulk Charging*

Tahapan ini terjadi pengisian baterai dari 20% SOC sampai dengan 80% SOC. Dimana arus dijaga tetap konstan dan voltase dinaikkan. Pada tahap ini baterai diisi dengan arus tertinggi dimana pada dasarnya adalah arus pengecasan baterai yaitu $C/10$. Pada tahap inilah MPPT diaplikasikan

2.7.3 Absorption Charging Stage

Tahap ini agar *Charge Controller* menjaga voltase tetap, sedangkan arus diturunkan, penurunan arus ini dimaksudkan untuk menjaga kondisi baterai agar aman sampai terisi penuh.

2.8 Buoyweather Station Type II

BuoyWeather Station Type II merupakan wahana apung untuk penelitian mengenai *Buoy* laut yang dilakukan oleh Departemen Teknik Fisika Institut Sepuluh Nopember Surabaya. *BuoyWeather Station Type II* dipergunakan untuk menopang peralatan peramal cuaca maritim. Terdapat 7 aspek variabel yang akan diambil datanya melalui sensor, yaitu temperature udara, kecepatan angin, kelembaban udara, tinggi gelombang, arah angin dan arah gelombang. Selain itu terdapat pula sensor salinitas dan temperature permukaan laut untuk memprediksi persebaran ikan. Sistem *Standalone Photovoltaic* digunakan untuk memberikan catu daya kepada instrument yang terdiri dari modul *Photovoltaic*, *Solar Charge Controller*, dan Baterai (Wipayana, 2018).



Gambar 2. 9 *Buoyweather Station Type II*

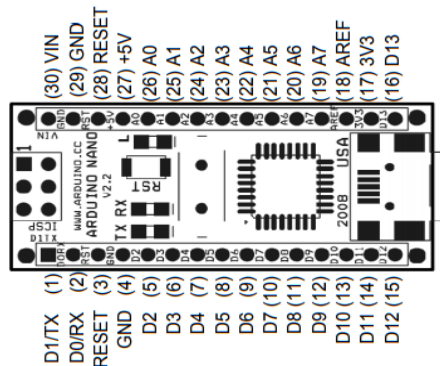
2.9 Arduino Nano

Arduino merupakan perangkat lunak *Open Source* untuk mempermudah penggunaan *software* dan *hardware*, Arduino memiliki beragam produk salah satunya adalah Arduino Nano seperti Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Arduino Nano (Arduino, 2019).

Arduino nano memiliki ukuran yang kecil tetapi memiliki fungsi yang hampir sama dengan Arduino UNO. Rangkaian Arduino Nano menggunakan ATmega328P yang dirancang agar mudah untuk digunakan, selain itu untuk untuk melakukan pemrograman pada Arduino Nano digunakan *Software* Arduino (Integrated Development Environment) IDE yang bisa digunakan secara online maupun offline.

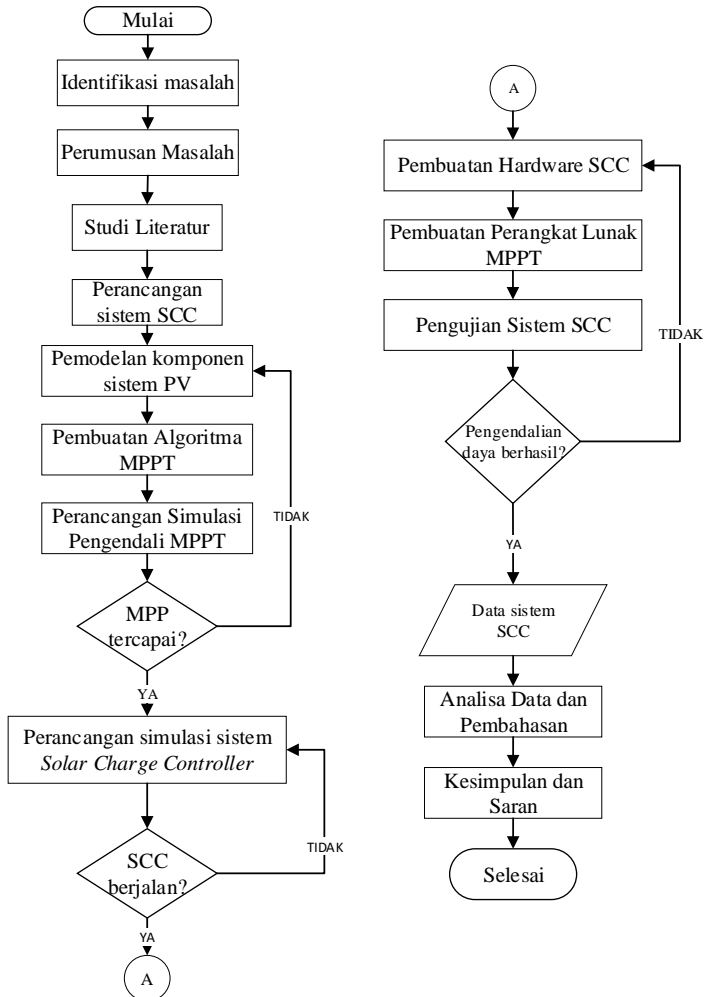


Gambar 2. 11 Arduino Nano Pin Layout (Arduino, 2019)

Arduino Nano memiliki jumlah PIN sebanyak 30 buah seperti yang ada pada Gambar 2.11 , dimana untuk pin 1-2 dan 5-16 merupakan pin Digital I/O port 0-13, pin 3 dan 28 merupakan reset, pin 4 dan 29 merupakan pin Supply Ground, pin 17 merupakan output 3.3 V, pin 18 merupakan ADC referensi, pin 19-26 merupakan Analog Input Channel 0-7, pin 27 merupakan output 5 V, dan pin 30 sebagai Vin atau supply untuk Arduino Nano. (Arduino, 2019).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini ditampilkan dengan sebuah diagram alir pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

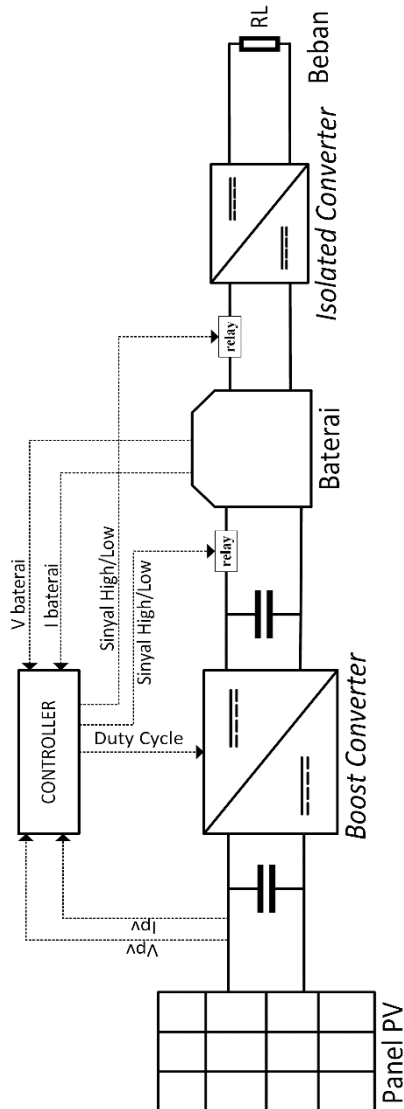
Metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.1, dibawah ini merupakan penjabaran dari metodologi penelitian yang dilakukan.

- a. Merumuskan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini
- b. Studi literatur mengenai *Photovoltaic*, *Boost Converter*, *Charging Controller*, *Maximum Power Point Tracking* (MPPT), dan Algoritma *Perturbation and Observation*
- c. Merancang desain sistem SCC
- d. Melakukan simulasi rancangan *Boost Converter* dan *Photovoltaic* pada SIMULINK Matlab.
- e. Merancang algoritma *Perturbation and Observation* untuk mengendalikan keluaran *Boost Converter* pada SIMULINK Matlab.
- f. Merancang sistem *Solar Charge Controller* menggunakan algoritma *Perturbation and Observation*.
- g. Perancangan Hardware sistem SCC menggunakan algoritma MPPT *Perturbation and Observation*.
- h. Melakukan pengambilan data dan pengaruh pada sistem SCC
- i. Melakukan Analisa data dan kesimpulanya, serta memberikan saran untuk penelitian kedepan.

3.1 Desain Sistem *Solar Charge Controller*

Sistem SCC pada penelitian ini menggunakan dc-dc *boost converter* yang dioperasikan sebagai aktuator dari sistem MPPT menggunakan algoritma *perturbation and observation*. Baterai yang digunakan adalah tipe VRLA 24 Volt 3,5 Ah. Digunakan 2 buah relay yang berfungsi sebagai pencegahan terhadap *overcharging* dan *overdischarging*. Beban instrument yang digunakan memiliki spesifikasi tegangan kerja adalah 12 V, sehingga untuk meregulasi tegangan baterai digunakan *buck converter* agar memenuhi spesifikasi beban instrument.

Diagram blok perancangan sistem SCC dengan algoritma MPPT *perturbation and observation* pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Diagram blok perancangan sistem SCC

3.2 Simulasi komponen sistem SCC pada *SIMULINK* Matlab.

Tahapan simulasi dilakukan dengan perancangan modul *Photovoltaic*, *Boost Converter*, sistem PV dengan algoritma MPPT *perturbation and observation*, dan sistem SCC dengan algoritma MPPT *perturbation and observation* menggunakan *SIMULINK* Matlab sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Simulasi modul PV pada penelitian ini menggunakan kondisi irradiansi dan temperature disesuaikan dengan *standard test condition* (STC) yaitu 1000 W/m^2 dan 25°C .

3.2.1 Pemodelan Modul *Photovoltaic*

Daya yang dihasilkan oleh modul PV bergantung pada faktor eksternal berupa besarnya nilai radiasi matahari dan juga suhu permukaan PV, sedangkan dari faktor internal daya yang dihasilkan modul PV ditentukan oleh banyaknya sel penyusunnya. Setiap PV memiliki spesifikasi yang berbeda beda. Untuk menentukan penggunaan PV dapat dilihat dari besarnya daya beban yang dibutuhkan. Tentunya daya yang dihasilkan PV harus lebih besar dibandingkan dengan daya beban yang diperlukan agar beban dapat beroperasi.

Penelitian ini menggunakan modul PV 50 watt *peak*, dimana Modul PV dapat menghasilkan daya maksimal sebesar 50 watt pada kondisi standar ujinya, kondisi standar uji modul PV yaitu pada radiasi matahari bernilai 1000 W/m^2 dan pada suhu 25°C . Spesifikasi modul PV yang digunakan sudah diberikan oleh perusahaan manufaktur berupa *datasheet* modul PV. Tabel 3.1 menunjukkan spesifikasi modul PV 50 Watt *peak* yang didapat dari *datasheet*

Tabel 3. 1 Spesifikasi Modul PV 50Wp

No	Modul PV SW 50 Poly RMA	<i>Datasheet</i>
1	Maximum Power (P_{\max})	50 W
2	Voltage at P_{\max}	18.2 Volt
3	Current at P_{\max}	2.75 A
4	Voc (Open Circuit)	21.42 V
5	Isc (Short Circuit)	3.08 A

Simulasi yang dilakukan pada Simulink Matlab berdasarkan dengan data spesifikasi modul PV pada Tabel 3.1, dimana nantinya akan dilakukan variasi nilai radiasi matahari dan suhu permukaan untuk mendapatkan hasil daya dari masing masing variasi.

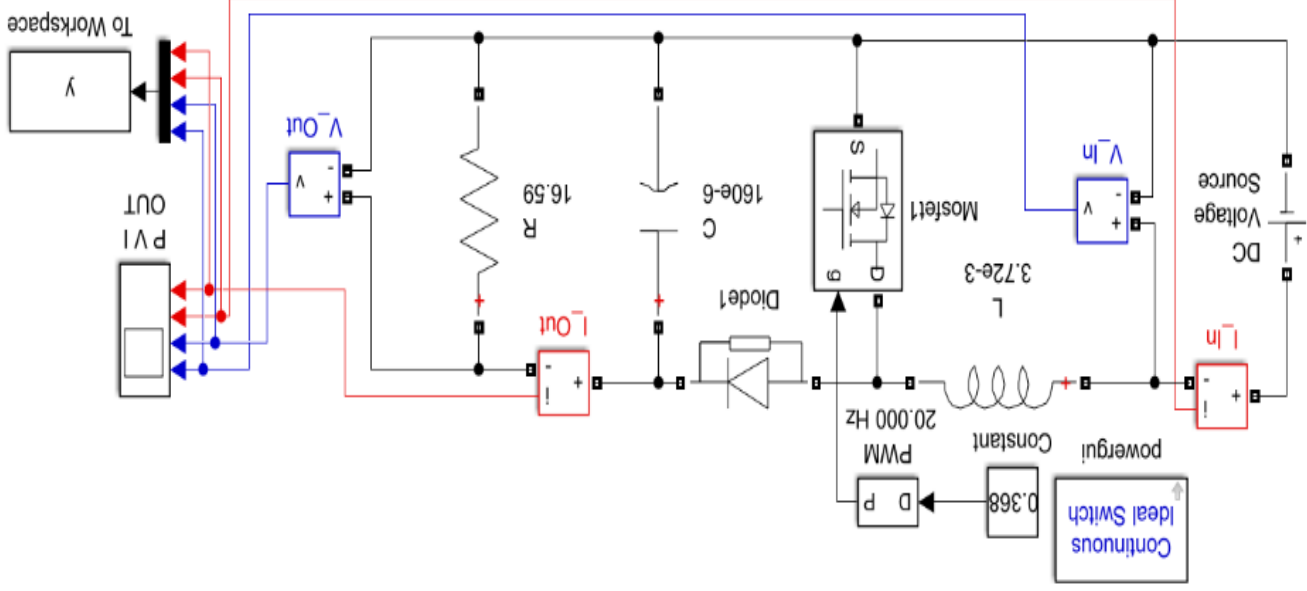
3.2.2 Pemodelan *Boost Converter*

Simulasi model *boost converter* dilakukan untuk menaikkan tegangan panel PV dengan Voc 21.42 V menjadi tegangan *charge* baterai yaitu 28.8 V. Untuk mendapatkan nilai tersebut bisa dilakukan dengan menentukan nilai variabel seperti tegangan masukan, tegangan keluaran, arus keluaran, *ripple* arus dan lain-lain. Tegangan masukan dari converter disesuaikan dengan keluaran PV yang dapat menghasilkan daya maksimal.

Tabel 3. 2 Spesifikasi Desain *Boost Converter*

Parameter	Nilai
Tegangan Masukan (V_{in})	18.2 V
Tegangan Keluaran (V_{out})	28.8 V
Arus Masukan (I_{in})	2.75 A
Arus Keluaran (I_{out})	1.74 A
Efisiensi	90 %
<i>Ripple Arus</i> (ΔI_o)	<1%
Induktor (L)	3.72 mH
Kapasitor (C)	160 μ F
Frekuensi <i>Switching</i> (Fs)	20,000 Hz

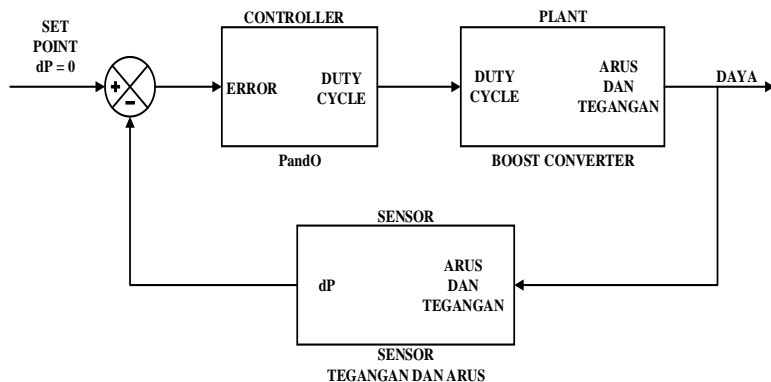
Berdasarkan spesifikasi pada Tabel 3.2, selanjutnya akan dijadikan dasar dari pendesainan model *boost converter*. Simulasi model *boost converter* dilakukan dengan menggunakan *SIMULINK* Matlab. Desain dari simulasi model *boost converter* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Desain Boost Converter

3.2.3 Simulasi sistem PV dengan MPPT *Perturbation and Observation*

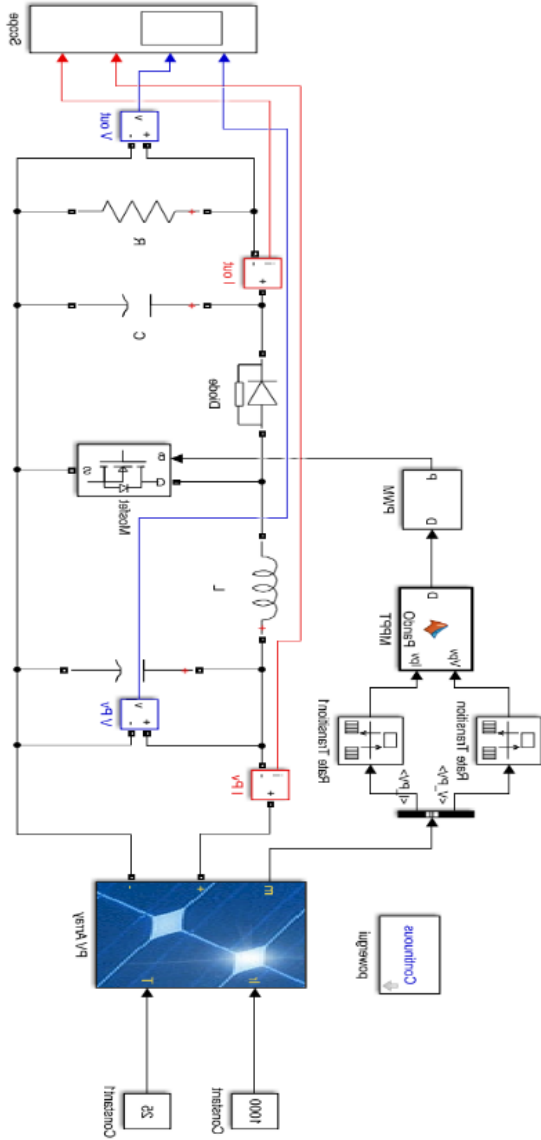
Desain *boost converter* yang sudah disimulasikan, selanjutnya akan diintegrasikan dengan algoritma MPPT *perturbation and observation* untuk menjajak daya maksimum panel PV.



Gambar 3. 4 Diagram blok Sistem Pengendalian MPPT *Perturbation and Observation*

Gambar 3.4 menunjukkan diagram blok pengendalian Algoritma MPPT *perturbation and observation* yang digunakan pada penelitian ini untuk menjajak daya maksimum dari panel PV. *Set point* adalah perubahan daya PV bernilai nol, pengendalian dimulai ketika *controller* mendapat input berupa arus dan tegangan dari sensor, nilai arus dan tegangan tersebut kemudian dikonversi oleh *controller* menjadi daya, nilai daya yang sudah didapatkan kemudian dibandingkan dengan *set point*, kemudian hasil perbandingan tersebut akan diproses oleh *controller* menjadi nilai *duty cycle* yang selanjutnya akan digunakan untuk menstimulasi aktuator. Aktuator yang digunakan adalah *boost converter*, dimana *duty cycle* dari *controller* digunakan untuk menentukan kerja mosfet pada rangkaian *boost converter*, dimana kerja dari mosfet ini akan menentukan besar keluaran arus dan tegangan dari *boost converter*. Arus dan tegangan keluaran *boost converter* selanjutnya

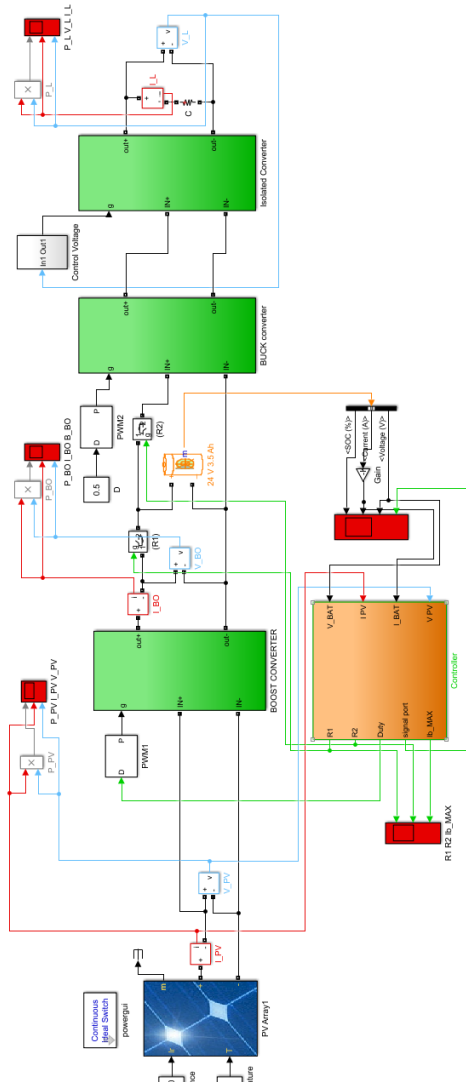
diukur oleh sensor, kemudian hasil pengukuran sensor akan menjadi *inputan* dari *controller*. Sistem akan terus bekerja sampai nilai *set point* terpenuhi.



Gambar 3.5 Diagram Blok Sistem Pengendalian MPPPT
Perturbation and Observation

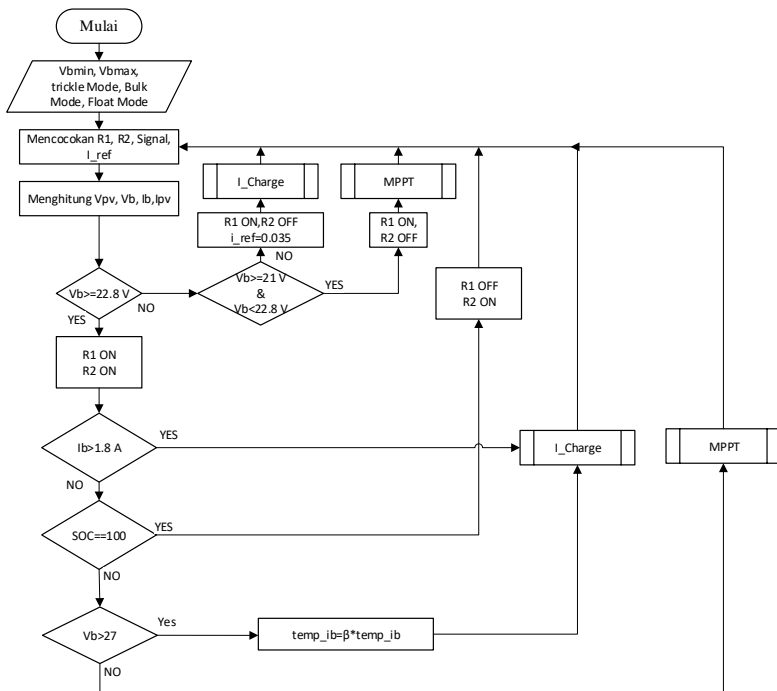
3.1.4. Simulasi sistem Solar Charge Controller

Proses *charging* dan *discharging* pada sistem SCC dilakukan agar catu daya ke peralatan instrumen terus terjadi dan dapat mengisi ulang muatan jika baterai sudah hampir habis.



Gambar 3. 6 Desain Sistem SCC

Gambar 3.6 menunjukkan desain rangkaian simulasi untuk sistem SCC. Desain mengintegrasikan sistem PV dengan 2 *relay*, *controller*, *Boost converter* dan *isolated converter*. *Buck converter* dan *isolated converter* difungsikan sebagai *fixed output* untuk menjaga keluaran tegangan tetap pada nilai yang ditentukan. Letak relay 1 berada diantara *boost converter* dan baterai, sedangkan relay 2 diantara baterai dan *isolated converter*.



Gambar 3.7 Flowchart sistem SCC

Sistem SCC yang dirancang menggunakan Teknik *charge regulation* ini akan dilakukan pencegahan *overcharging* dan *overdischarging* dengan penggunaan *relay*, dimana komponen *relay* ini nantinya akan di control menggunakan mikrokontroler. Flowchart pada Gambar 3.7 menunjukkan kondisi kapan *relay* 1 dan

relay 2 berada pada kondisi *on* atau *off*, serta menunjukkan kondisi mode yang digunakan. Urutan pengendalian daya pada sistem SCC ini adalah sebagai berikut.

- Jika nilai tegangan baterai atau V_b berada dibawah nilai *voltage load disconnect* atau V_{ldc} yaitu 21 V maka *relay 1* berada pada kondisi *on* dan *relay 2* berada pada kondisi *off*, dengan mode *current charge*. Sedangkan jika berada diantara 21 V sampai 22.8 V *relay 1* pada kondisi *on* dan *relay 2* berada pada kondisi *off*, dengan mode yang berjalan adalah mode MPPT.
- Jika V_b lebih dari 22.8 V *relay 1* dan *relay 2* pada kondisi *on*.
- Jika arus yang masuk baterai I_b melebihi arus maksimalnya, maka mode yang berjalan adalah mode *current charge*.
- Jika SOC sudah berada pada level 100 %, maka *relay* berada pada kondisi *off* dan *relay 2* berada pada kondisi *on*.
- Jika tegangan beteraai melebihi tegangan *absorption*, maka mode yang berjalan adalah mode *current charge* jika tidak maka mode yang berjalan adalah MPPT.

3.3 Perancangan Hardware Sistem SCC menggunakan algoritma *Perturbation and Observation*

Realisasi rancangan sistem PV dengan algoritma *perturbation and observation* yang telah disimulasikan sebelumnya dilakukan pada tahapan ini apabila sudah berhasil mencapai nilai MPP panel PV. Komponen yang digunakan dalam menjalankan realisasi algoritma P&O antara lain adalah sensor arus ACS712-5A, sensor tegangan *Voltage Divider*, *Konverter Boost*, serta arduino nano untuk disematkan program algoritma P&O.

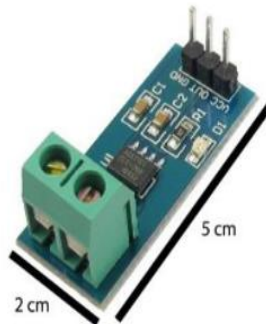
3.3.1 Sensor Arus ACS712-5A

Modul sensor arus ACS712-5A ditunjukkan oleh Gambar 3.8. Arus keluar dari PV akan dideteksi oleh modul sensor ini dengan cara mengubah besaran arus (0 - 5A) yang terdeteksi menggunakan prinsip kerja *hall effect* pada IC ACS712-5A

menjadi besaran tegangan yang dapat dibaca oleh Arduino Nano. Tegangan yang dikeluarkan oleh modul adalah sekitar 2,5 Volt untuk pembacaan arus 0 A sampai 5 Volt untuk pembacaan arus 5 A, dimana tegangan tersebut merupakan tegangan maksimum yang dapat dibaca Arduino. Pembacaan arus dapat terbaca menggunakan persamaan berikut:

$$Arus = \frac{\left(\frac{ADC\ Vout}{1023} * 5V\right) - 2,5V}{Sensitivitas} \quad (3.1)$$

ADC Vout adalah nilai hasil konversi sinyal analog ke digital pada pin analog di Arduino yang memiliki resolusi 10 bits. Sensitivitas untuk IC ACS712-5A adalah 185 mV/A dan nilai ini akan berubah untuk jenis IC dengan rentang pengukuran arus lainnya.



Gambar 3. 8 Sensor Arus ACS712-5A

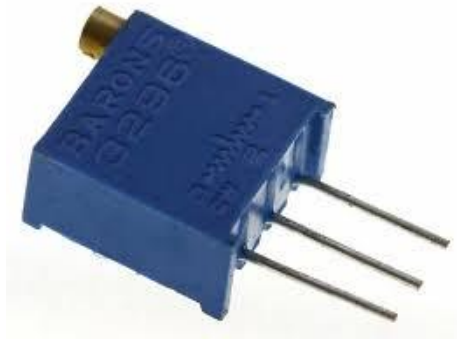
Nilai *gain* diberikan sebagai faktor pengali yang dicari dengan membandingkan nilai yang keluar dari sensor dan nilai dari alat kalibrasinya. Jika *gain* bernilai satu, maka dapat diketahui resolusi dari modul sensor ini adalah sekitar 0.026 mA. Modul membutuhkan tegangan 5 V dan arus 10 mA untuk beroperasi dengan normal.

3.3.2 Sensor Tegangan *Voltage Divider*

Multiturn digunakan pada penelitian ini sebagai sensor tegangan yang ditunjukkan pada Gambar 3.9, pada dasarnya *multiturn* menggunakan prinsip kerja *voltage divider*. Tegangan keluaran dari sensor dirancang untuk menghasilkan tegangan 5 V yang dapat dibaca oleh Arduino, untuk mendapatkan nilai 5v dapat dilakukan dengan merubah nilai hambatan *multiturn* dengan memutar logam yang berada pada sisi atas *multiturn*. Nilai yang dihasilkan oleh sensor masih berbentuk nilai ADC, sehingga untuk mendapatkan nilai voltase pada Arduino dapat dilakukan dengan merubah nilai ADC sesuai dengan persamaan 3.2 berikut.

$$Tegangan = \frac{ADC\ Vout}{1023} gain \quad (3.2)$$

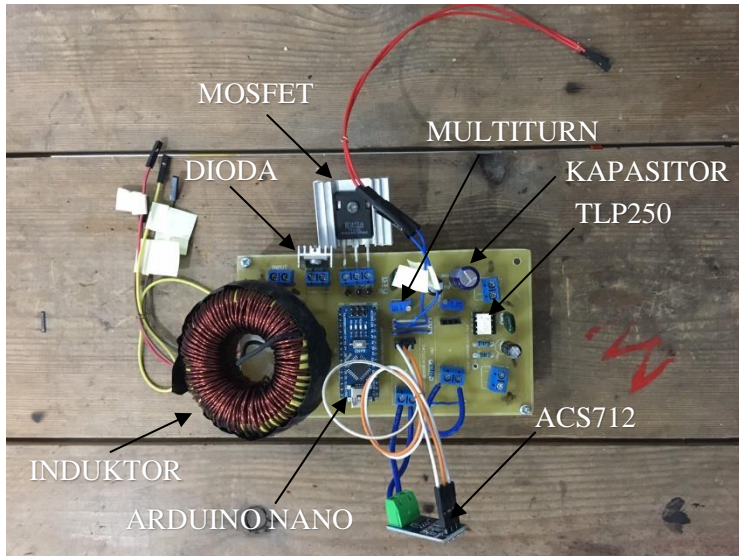
Rentang pengukuran yang dapat diukur oleh sensor ini adalah 0-50 volt, yang berarti *ADC Vout* bernilai 0 untuk pembacaan 0 V dan bernilai 1023 untuk pembacaan 50 V. nilai *gain* digunakan sebagai faktor pengali yang dicari dengan membandingkan nilai keluaran sensor dengan alat kalibrasinya.



Gambar 3. 9 Multiturn

3.3.3 Boost Converter

Konverter dengan jenis *boost converter* yang berfungsi untuk *step-up* tegangan atau menaikkan tegangan digunakan pada penelitian ini. Spesifikasi dari *boost converter* ini dapat dilihat pada tabel 3.2 pada sub bab sebelumnya. Gambar 3.10 merupakan hasil perancangan *boost converter* yang digunakan pada penelitian ini.



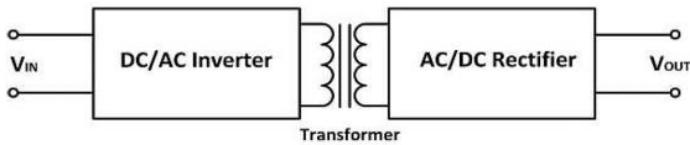
Gambar 3. 10 Hasil perancangan boost converter

IC optocoupler TLP250 digunakan pada penelitian ini sebagai mosfet driver dari *boost converter*, mempunyai fungsi untuk mendrive *duty cycle* yang ada pada mosfet sesuai dengan sinyal PWM yang dibangkitkan dari Arduino nano.

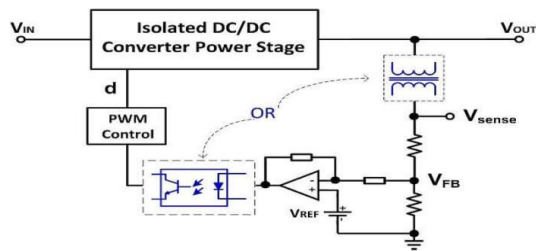
3.3.4 Isolated Converter

Penggunaan *isolated converter* sangat banyak dipakai pada berbagai kegiatan industri yang membutuhkan isolasi galvanis dalam penanggulangan *noise* dan meningkatkan keamanan pada sebuah sistem kelistrikan. Isolasi galvanis adalah cara untuk

menghilangkan konduksi listrik secara langsung pada suatu bagian ke bagian lain di dalam sistem kelistrikan. Gambar 3.11 (a) menunjukkan penggunaan transformer yang biasanya digunakan untuk mengisolasi aliran arus masukan dan keluaran pada sebuah tahap daya sistem *isolated converter* DC/DC. Penggunaan tegangan *feedback* diperlukan jika digunakan untuk meregulasi tegangan yang keluar pada *isolated converter*. Gambar 3.11 (b) menunjukkan sistem kontrol tegangan di sistem *isolated converter* DC/DC dengan penggunaan transformer atau *optocoupler* sebagai isolasi antara rangkaian kontrol primer dan sekunder. Bagian aktuatornya adalah PWM dengan mengeluarkan *duty cycle* sesuai besar *error* yang terdeteksi (Fan, 2014)



(a)



(b)

Gambar 3. 11 Konfigurasi (a) Tahap daya sistem *isolated converter* (b) Kontrol tegangan sistem *isolated converter* (Fan, 2014)

Isolated converter DC-DC DKW5 12S-12 digunakan pada penelitian ini untuk meregulasi tegangan keluar menjadi sekitar 12

V dan daya 5 Watt, tabel 3.3 menunjukkan spesifikasi dari DKW5 12S12.

Tabel 3. 3 Spesifikasi DKW5 12S12

N0	Variable	Nilai
1	Tegangan masukan	9 – 18 V
2	Tegangan Keluaran	12 V
3	Daya keluaran	5 W
4	Tegangan Isolasi	1000 VDC
5	Efisiensi	70 – 80
6	Maksimum Kapasitor	220 μ F
7	Suhu Operasi	-40°C – 80°C

3.3.5 Relay

Relay merupakan saklar atau switch yang dioperasikan secara elektrik dan merupakan komponen elektromekanik yang terdiri dari 2 bagian utama, yaitu elektromagnetik berupa koil dan mekanik berupa saklar. Relay menggunakan prinsip elektromekanik untuk menggerakkan saklar, sehingga dengan arus yang kecil dapat menghantarkan listrik dengan tegangan yang lebih tinggi. pada penelitian ini digunakan relay seperti gambar 3.12

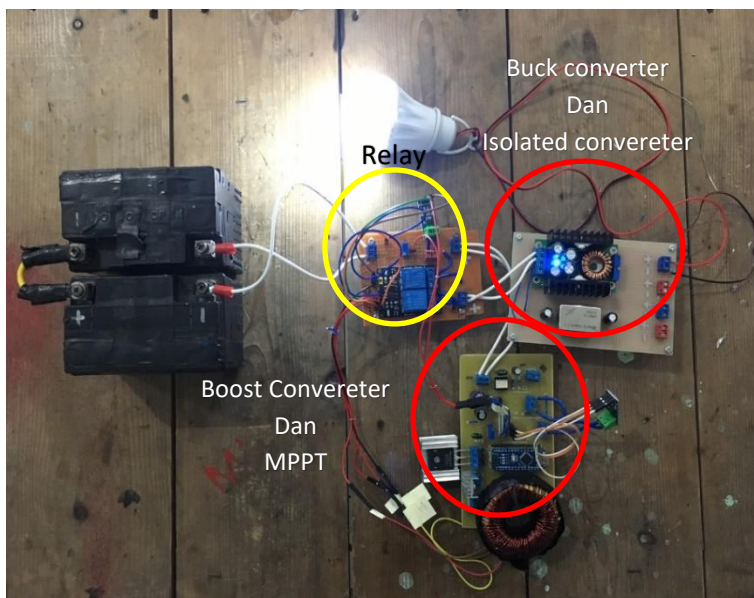


Gambar 3. 12 Relay 5V

Relay dioperasikan dengan tegangan 5 V yang berasal dari Arduino, beban yang dapat melewati relay adalah maksimal 250 VAC 10 A atau 30 VDC 10 A.

3.3.6 Rancangan sistem *Solar Charge Controller*

Perancangan sistem SCC pada penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan dua buah *relay* dan *isolated converter* pada sistem PV. *Relay* pertama akan dipasang antara *boost converter* dan baterai, dan relay kedua akan dipasang antara baterai dengan beban instrument. Kedua relay dikendalikan dengan Arduino uno. Kemudian antara baterai dan beban dipasang *buck converter* dan *isolated converter* untuk meregulasi tegangan baterai menjadi 12 V agar sesuai dengan tegangan kerja instrument. Gambar 3.13 menunjukkan rangkaian sistem SCC. Rangkaian tersebut akan diuji kemampuannya dalam mengendalikan daya listrik menuju baterai dan beban instrument.



Gambar 3. 13 Rangkaian Sistem SCC

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

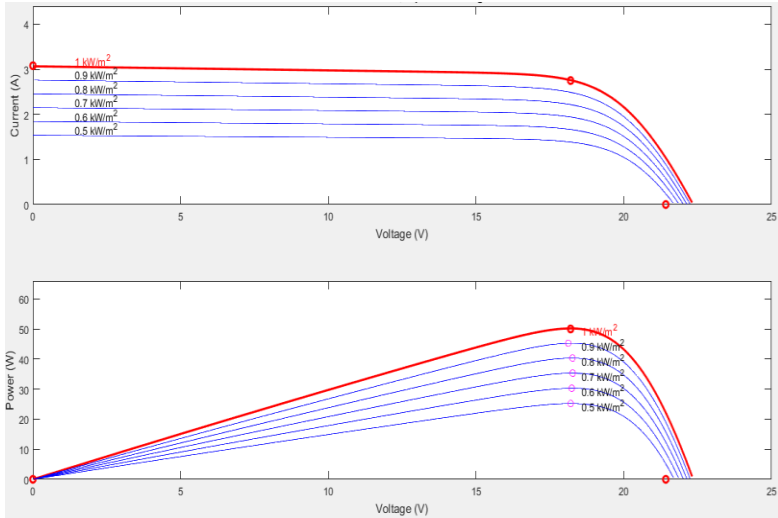
4.1 Simulasi sistem *Solar Charge Controller* menggunakan algoritma MPPT *Perturbation and Observation*.

Sesuai simulasi yang sudah dilakukan, akan dijabarkan mengenai hasil dari setiap proses perancangan *Solar Charge Controller* menggunakan algoritma MPPT *perturbation and observation* (P&O). Tahapannya dimulai dari pemodelan modul PV, perancangan desain *boost converter*, simulasi sistem PV menggunakan algoritma MPPT P&O, dan mensimulasikan keseluruhan sistem SCC menggunakan algoritma MPPT P&O. Hasil semua simulasi nantinya akan dianalisis.

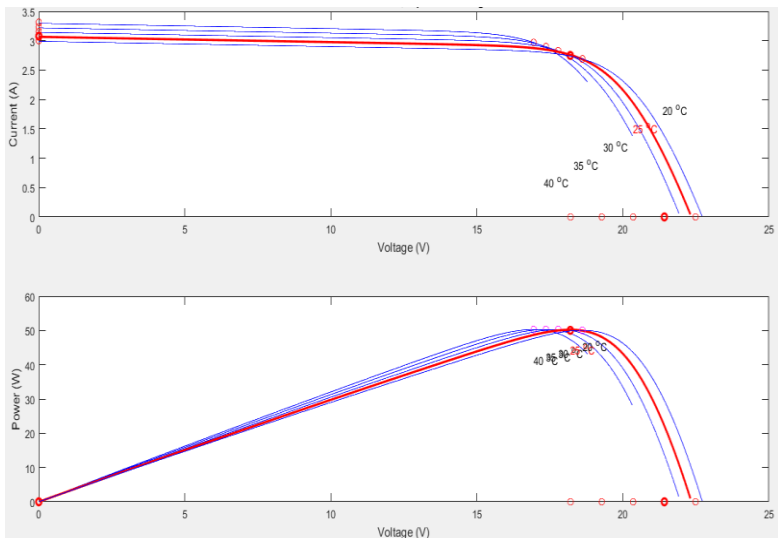
4.1.1 Simulasi modul *Photovoltaic*

Sesuai dengan Tabel 3.1, simulasi model modul PV dilakukan sesuai dengan spesifikasi yang ada, irradiansi matahari dan temperature yang digunakan pada saat simulasi adalah sesuai dengan *standard test condition* (STC) yaitu 1000 W/m^2 dan $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Simulasi model modul PV dilakukan dengan dua acara, yaitu dengan memvariasikan besar irradiansi matahari pada saat temperatur dalam kondisi STC, dan kedua memvariasikan temperatur pada saat irradiansi matahari sesuai kondisi STC. Gambar 4.1 menunjukkan kurva karakteristik I-V dan P-V dengan temperatur sesuai STD dan dengan variasi irradiansi matahari. Gambar 4.2 menunjukkan kurva I-V dan P-V dengan irradiansi matahari sesuai STD dan dengan variasi temperature.

Berdasarkan variasi irradiansi dan tempertaur yang sudah dilakukan, pada Gambar 4.1 terlihat bahwasanya semakin besar nilai irradiansi yang diterima oleh modul PV akan berbanding lurus dengan daya maksimum modul PV yang semakin besar. Sebaliknya ketika variasi temperatur dilakukan seperti pada Gambar 4.2, semakin tinggi temperatur modul PV akan berbanding terbalik dengan daya maksimum yang dihasilkan oleh modul PV yang semakin kecil.



Gambar 4. 1 Kurva Karakteristik I-V dan P-V pada Temperatur 250C dengan Variasi Irradiansi



Gambar 4. 2 Kurva Karakteristik I-V dan P-V pada Irradiansi 1000 W/m² dengan Variasi Temperature

4.1.2 Simulasi Desain *Boost Converter*

Simulasi desain *boost converter* dilakukan agar mendapatkan perbedaan antara tegangan masukan dan keluaranya. Nilai yang diinginkan adalah tegangan keluaran *boost converter* yang lebih besar dibandingkan dengan nilai inputan, hal ini sesuai dengan fungsi dari *boost converter*. Simulasi ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah desain *boost converter* mampu membuat tegangan keluaran *boost converter* lebih tinggi dari tegangan masukanya dan bekerja dengan efisiensi yang baik. Simulasi dilakukan dengan melakukan variasi besar *duty cycle* dari 10 % sampai 100 % .Hasil simulasi desain *boost converter* dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Hasil Simulasi Desain *Boost Converter*

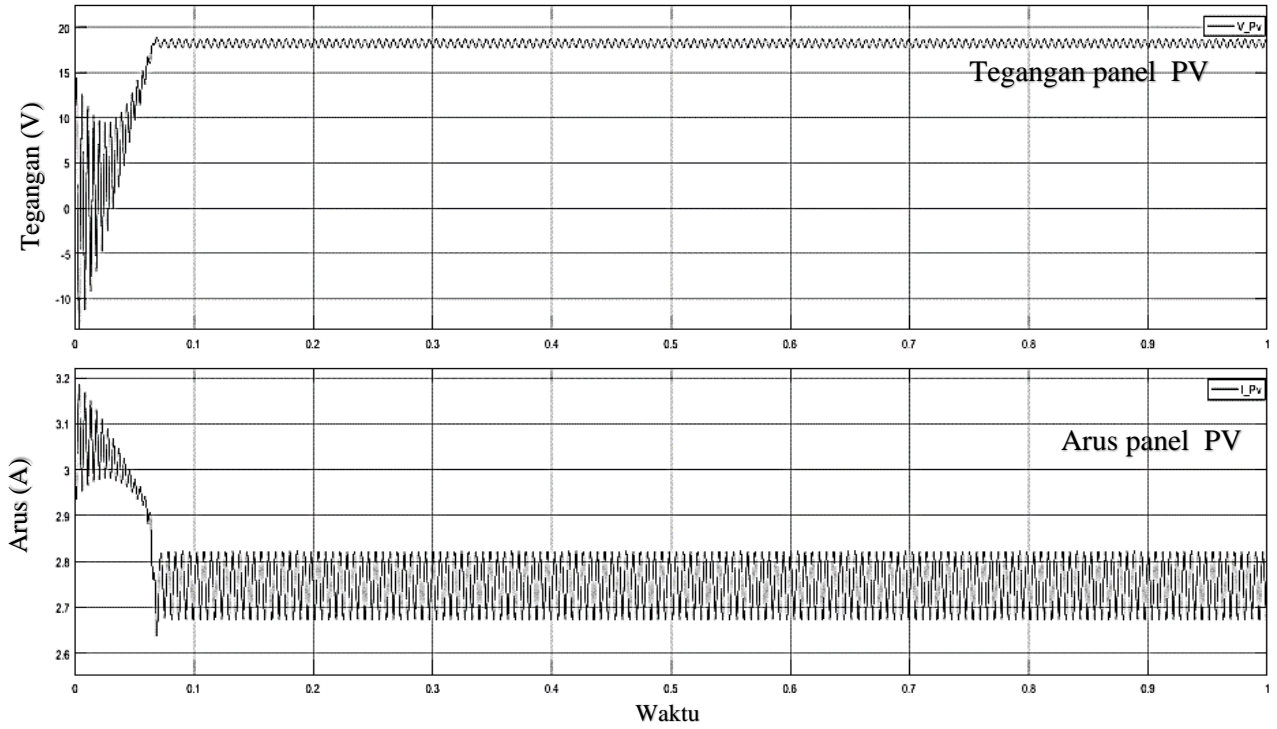
Duty	Vin (V)	Vout (V)	Iin (A)	Iout (A)	Pin (W)	Pout (W)	Efisiensi (%)
10%	18.20	19.42	1.31	1.17	23.86	22.77	95%
20%	18.20	21.95	1.68	1.32	30.47	29.08	95%
30%	18.20	25.19	2.20	1.52	40.03	38.30	96%
40%	18.20	29.53	3.01	1.78	54.77	52.61	96%
50%	18.20	35.53	4.36	2.14	79.36	76.21	96%
60%	18.20	44.58	6.84	2.69	124.55	120.03	96%
70%	18.20	59.63	12.16	3.59	221.4	214.77	97%
80%	18.20	89.62	27.33	5.40	497.37	485.55	98%
90%	18.20	177.7	107.96	10.71	1964.81	1917.31	98%
100%	18.20	3.25	4013.40	0.20	73043.88	0.65	0.00089%

Data hasil simulasi yang dilakukan ditunjukkan pada Tabel 4.1, berdasarkan data tersebut didapatkan efisiensi rata rata adalah 87% yang nilainya mendekati efisiensi yang diharapkan yaitu 90%. Nilai *duty cycle* 100% didapatkan efisiensi yang sangat kecil dengan nilai dibawah 1%, sehingga bisa dikatakan batas maksimal dari model *boost converter* ini adalah 90%.

4.1.3 Simulasi sistem PV dengan algoritma MPPT P&O

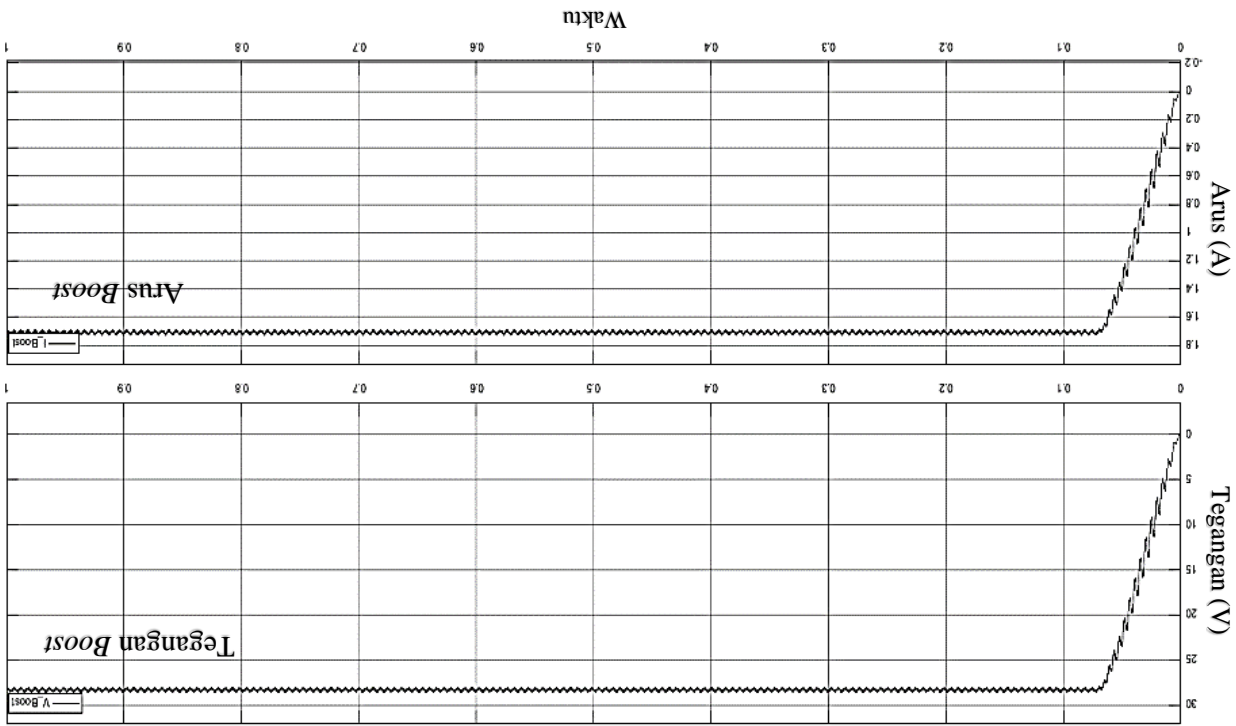
Pengujian pada tahapan ini dilakukan dengan mensimulasikan hasil desain sistem PV menggunakan algoritma MPPT P&O, dimana pada simulasi ini kondisi pengujian panel PV menyesuaikan STC nya yaitu nilai irradiansi matahari adalah 1000 W/m^2 dan tempertaur $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Simulasi dilakukan dengan degan menggunakan menggabungkan panel PV dengan *boost converter* yang sudah tertanam algoritma MPPT P&O, simulasikan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan algoritma MPPT P&O dalam menjajak daya maksimum yang dihasilkan oleh panel PV, dan juga untuk mengetahui kerja dari *boost converter* untuk merubah tegangan panel PV menjadi tegangan yang lebh tinggi atau tegangan *charging* baterai.

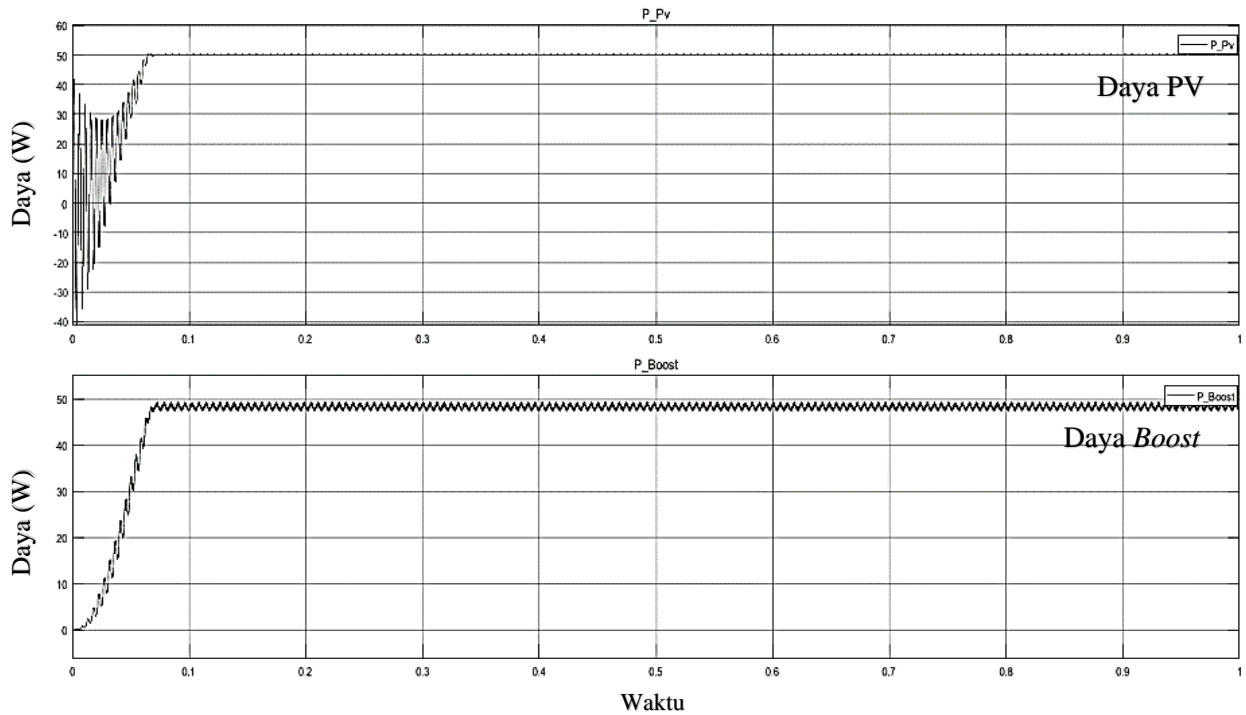
Hasil penjajakan MPPT P&O yang terjadi pada keluaran dari panel PV yang dilakukan oleh sistem PV dengan algoritma P&O yang sudah dirancang ditunjukkan oleh Gambar 4.3, terlihat bahwasanya penjajakan yang dilakukan berhasil dengan titik puncak terjadi ketika tegangan panel PV berada pada nilai 18.2 V dan arus pada nilai 2.75 A , hal tersebut sesuai dengan Tabel 3.1, penjajakan titik daya puncak dilakukan dengan waktu 0.07 detik pada saat simulasi dilakukan. Gambar 4.4 menunjukkan hasil keluaran *boost converter*, dapat dilihat bahwasanya voltase keluaran PV pada titik puncak berhasil dikonversi menjadi tegangan DC dengan nilai yang lebih tinggi yaitu 28.8 V , hal ini dikarenakan pada baterai 24 V tegangan *charging* maksimum agar baterai memiliki usia pakai yang lama adalah 28.8 V . Gambar 4.5 menunjukkan daya yang dihasilkan oleh panel PV dan *boost converter*, bedasarkan data hasil simulasi yang dilakukan, rata-rata daya yang dihasilkan oleh panel PV adalah 50.09 Watt dan rata-rata daya yang dihasilkan oleh *boost converter* adalah 48.27 Watt , sehingga besar efisiensi dari *boost converter* adalah 96% . Nilai *duty cycle* untuk merubah tegangan 18.2 V menjadi 28.8 V adalah 36% , maka efisiensi converter yang digunakan sudah sesuai dengan yang ada pada Tabel 4.1.



Gambar 4. 3 Hasil Penjajakan MPPT *Perturbation and Observation*

Gambar 4. 4 Hasil Keluaran Boost converter





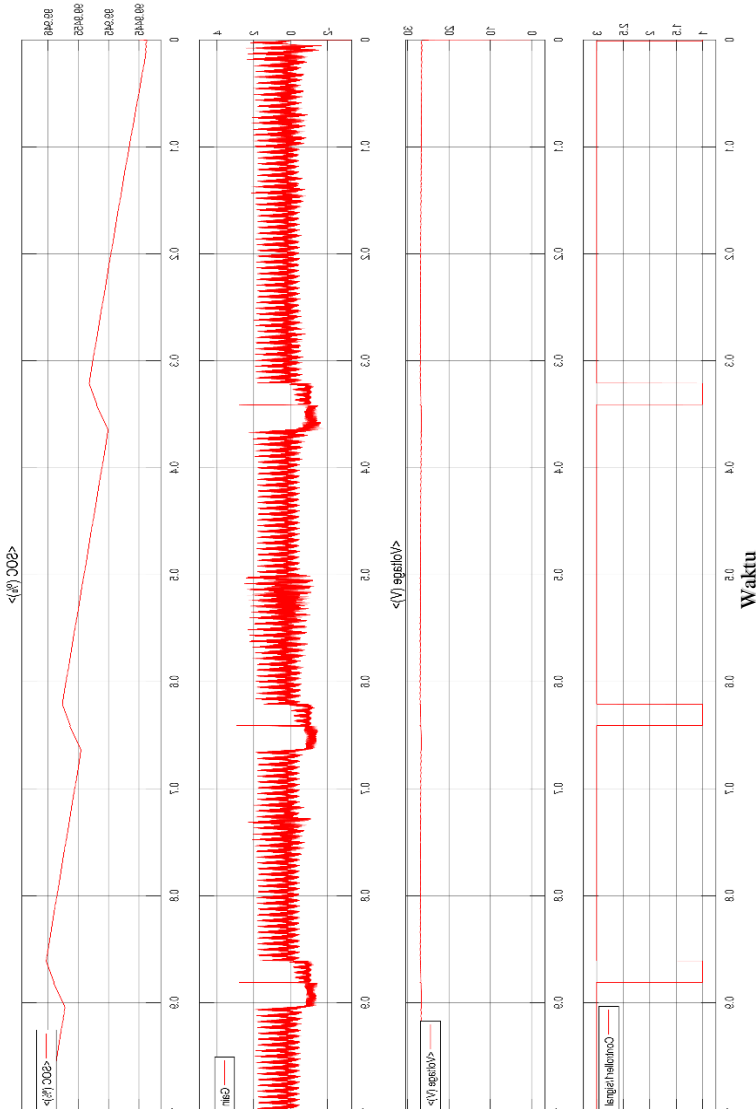
Gambar 4. 5 Daya panel PV dan *Boost Converter*

4.1.4. Simulasi sistem *Solar Charge Controller* menggunakan algoritma MPPT P&O

Simulasi sistem SCC dilakukan untuk mengetahui respon *charging* ketika diberikan algoritma MPPT P&O pada sistem, serta untuk mengetahui keberhasilan desain sistem SCC dalam mengendalikan daya listrik menuju beban dan baterai. Simulasi dilakukan dengan keadaan SOC baterai yang mendekati kapasitas maksimum atau saat SOC 100 %. Tegangan maksimum baterai pada simulasi ini adalah 27.8 V untuk mempersingkat waktu simulasi. Pada simulasi diberikan input sinyal step radiasi dari 1000 W/m^2 ke 800 W/m^2 sebagai input irradiansi matahari pada PV dan diberikan nilai konstan 25 sebagai input temperatur modul PV.

Keberhasilan sistem SCC dalam mengendalikan daya listrik pada metode *charge regulation* dapat diketahui dari perilaku *charging*, *discharging*, dan pencegahan *overcharging* ketika simulasi berjalan. Kondisi *charging* dapat diindikasikan dengan naiknya nilai SOC baterai dan mulainya fase *bulk* yang ditunjukkan dengan nilai voltase baterai yang meningkat dan Gambar 4.6 menunjukkan hasil simulasi sistem SCC metode *charge regulation* dengan algoritma MPPT P&O. Pada sistem ini terdapat 2 macam mode, yaitu mode MPPT dan mode *current charge*. Kondisi *charging* ditunjukkan ketika nilai SOC baterai bertambah, sedangkan kondisi *discharging* diindikasikan dengan berkurangnya nilai SOC baterai. Terdapat 2 fase pada sistem ini yaitu *bulk* dan *absorption*. Fase *bulk* ditunjukkan dengan aktifnya mode MPPT yang diindikasikan dengan sinyal 3, pada fase ini daya yang dihasilkan oleh PV dibuat semaksimal mungkin sehingga arus yang masuk ke baterai menjadi maksimal, sehingga menyebabkan proses *charging* berjalan lebih cepat. Fase *absorption* terjadi ketika tegangan baterai berada pada nilai tegangan absorbsinya yaitu 27 V, fase ini dapat diindikasikan dengan bergantinya mode MPPT yaitu sinyal 3 menjadi mode *current charge* yaitu sinyal 3, pada fase ini terjadi pencegahan *overdischarging* dengan memperkecil nilai arus ketika tegangan baterai sudah mencapai nilai tegangan absorbsinya. Terlihat pada gambar 4.6 terjadi 3 kali perubahan dari fase *bulk* menjadi fase *absorption*, dimana pada fase *absorption* terjadi pengurangan nilai

arus sampai menjadi minus, sehingga terjadi kondisi *discharging* agar tegangan baterai tetap berada pada disekitar nilai tegangan *absorption*.



Gambar 4. 6 Hasil Sistem SCC dengan P&O

Osilasi pada grafik arus dan tegangan masukan baterai disebabkan karena tidak stabilnya *boost converter* yang digunakan. MPPT yang aktif pada sinyal 3 menunjukkan bahwasanya tegangan baterai belum maksimum, sedangkan pada saat MPPT tidak aktif pada sinyal 1 menunjukkan bahwasanya tegangan baterai mendekati tegangan maksimumnya. Osilasi yang terjadi pada sinyal 1 lebih kecil dari pada sinyal 3, itu terjadi karena adanya pengurangan nilai *duty cycle* sampai arus mendekati arus referensi maksimum pada sinyal 1, sedangkan ketika kembali menjadi sinyal 3, osilasi yang terjadi kembali membesar karena terjadi pergantian nilai *duty cycle* secara acak untuk menjajak nilai daya maksimum pada *photovoltaic*.

Hasil yang didapatkan setelah simulasi selesai dilakukan, rata-rata daya keluaran modul PV adalah 39.43 Watt kemudian rata-rata daya keluaran *Boost Converter* adalah 37.37 Watt, dan rata-rata daya keluaran yang dapat digunakan oleh beban adalah 27.92 Watt. Efisiensi sistem SCC menggunakan algoritma MPPT *perturbation and observation* adalah 70 %.

4.2 Rancang bangun sistem Solar Charge Controller menggunakan algoritma MPPT Perturbation and Observation.

Pengambilan data rancang bangun sistem SCC dilakukan Setelah pengambilan data uji simulasi sistem SCC menggunakan algoritma MPPT P&O dan setelah sistem SCC secara simulasi dapat melakukan pengendalian daya listrik. Untuk melakukan pengambilan data sistem SCC, terlebih dahulu ditelusuri tingkat keakuratan sensor arus dan sensor tegangan yang digunakan, kesesuaian *boost converter* dengan spesifikasi desain yang sudah dibuat, kemampuan algoritma MPPT *perturbation and observation* yang sudah tertanam pada mikrokontroler Arduino Nano dalam menjajak nilai daya maksimum dari panel PV dan kemampuan sistem SCC dalam mengendalikan daya. Sistem SCC pada penelitian ini diuji dengan menggabungkan sensor tegangan, sensor arus, *boost converter*, *relay*, baterai, dan *isolated converter* seperti Gambar 3.11 pada bab sebelumnya.

4.2.1 Pengujian Sensor Arus ACS712-5A

Pengujian sensor dilakukan dengan menghubungkan sensor arus dengan *power supply*. Data dari pengujian sensor arus terdapat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sensor Arus

Arus <i>Power Supply</i> (A)	Arus Sensor (A)	<i>Error</i>
0.30	0.31	4%
0.60	0.61	1%
0.90	0.91	1%
1.20	1.18	2%
1.50	1.50	0%
1.80	1.78	1%
2.10	2.05	3%
2.40	2.38	1%

Data pengujian sensor ditunjukkan oleh Tabel 4.2, berdasarkan data tersebut didapatkan nilai *error* rata-rata pengukuran sensor arus adalah 1.625 % dari hasil semua kondisi pengukuran. Nilai sensitivitas pada Persamaan 3.1 perlu dilakukan *trial and error* untuk mendapatkan bacaan sensor arus yang semakin akurat.

4.2.2 Pengujian Sensor Tegangan *Voltage divider*

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan menggunakan sumber tegangan yang berasal dari *power supply*. Pengujian tingkat keakuratan sensor dilakukan dengan variasi tegangan. Sensor yang diuji disusun parallel dengan alat ukur yang sudah terkalibrasi yaitu multimeter digital. Rentang pengukuran sensor yang diinginkan adalah 0 V – 50 V, sedangkan tegangan input maksimal Arduino adalah 5 V, oleh karena itu nilai keluaran sensor di atur supaya tegangan yang terbaca pada alat ukur terkalibrasi adalah 1/10 dari tegangan yang dihasilkan *power supply* agar maksimum keluaran sensor pada saat tegangan 50 V

adalah 5V. Hasil pengujian sensor tegangan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sensor Tegangan

Tegangan <i>Power Supply</i> (V)	Tegangan Sensor (V)	Tegangan AVO (V)	<i>Error</i>
10	10.07	10.16	0.9%
12	12.03	12.11	0.7%
14	13.99	14.09	0.7%
16	15.93	16.04	0.7%
18	17.91	18.02	0.6%
20	19.83	19.94	0.6%
22	21.78	21.80	0.1%
24	23.72	23.70	0.1%
26	25.67	25.70	0.1%

Data pengujian sensor ditunjukkan oleh Tabel 4.3, berdasarkan data tersebut dapat diketahui nilai error rata rata pengujian adalah 0.5 % untuk seluruh kondisi yang diujikan.

4.2.3 Pengujian Model *Boost Converter*

Pengujian dilakukan di laboratorium Konversi Energi Listrik Departemen Teknik Elektro ITS. *Power supply* digunakan sebagai penghasil tegangan input dan *supply* bagi komponen converter, dengan beban berupa *rheostat* atau resistor geser dengan nilai resistansi 25.4 Ω pada saat pengujian. Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengujian *boost converter* yang telah di lakukan.

Hasil dari pengujian berbeda dengan hasil simulasi yang telah dilakukan, hal ini dikarenakan nilai komponen yang digunakan menyesuaikan kondisi pasar, sehingga sedikit berbeda dengan perhitungan dan simulasi. Pengujian ini dilakukan dengan cara memvariasikan nilai *duty cycle* dari 10% - 60%, nilai tersebut diambil karena kapasitor yang digunakan pada rangkaian hanya mampu menampung tegangan maksimal 50V, oleh karena itu, untuk *duty cycle* 70% - 100% tidak termasuk dalam variasi yang

dilakukan, karena berdasarkan perhitungan akan menghasilkan tegangan keluaran melebihi 50 V. Pengujian converter sudah bisa menghasilkan tegangan keluaran yang diinginkan yaitu 28.8 V, yang berada pada rentang *duty cycle* 40% - 50%. Nilai rata-rata efisiensi *boost converter* adalah 88.17 % untuk seluruh masukan *duty cycle* yang diujikan. Kerugian daya yang terjadi disebabkan oleh terkonversinya daya menjadi panas pada komponen *boost converter* seperti mosfet, diode, kapasitor, dan resistor.

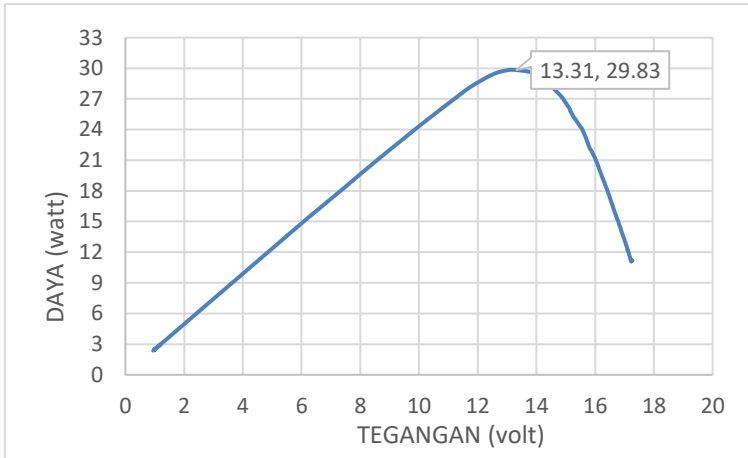
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian *Boost Converter*

<i>Duty Cycle</i>	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)	Pin (W)	Pout (W)	Efisiensi (%)
10%	18.40	0.98	18.67	0.89	18.03	16.69	92.59
20%	18.35	1.23	20.86	0.99	22.55	20.75	92.02
30%	18.28	1.57	23.52	1.10	28.76	25.96	90.26
40%	18.18	2.08	26.88	1.26	37.85	33.75	89.17
50%	18.05	2.69	31.43	1.33	48.57	41.80	86.07
60%	17.76	3.98	36.63	1.52	70.68	55.79	78.93

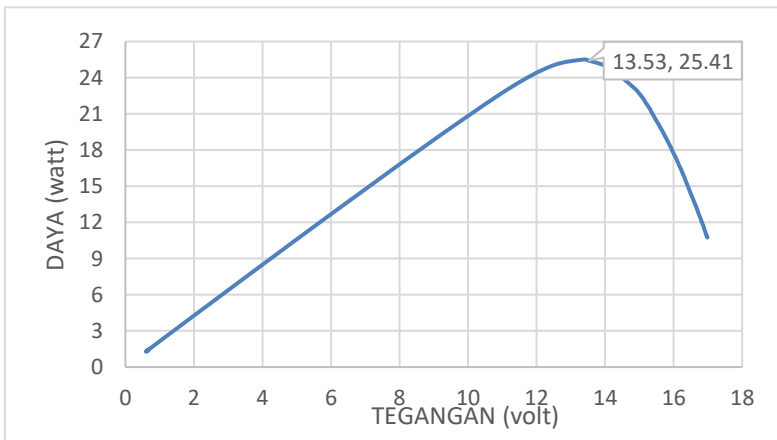
4.2.4 Pengujian karakteristik Modul *Photovoltaic*

Pengujian karakteristik modul PV pada penelitian ini dilakukan dalam 3 keadaan, kondisi pertama adalah panel PV langsung menerima radiasi sinar matahari, kondisi kedua adalah panel PV di tutupi oleh satu lapis plastik *bubble wrap*, dan yang ketiga adalah panel PV di tutupi oleh dua lapis plastik *bubble wrap*. Nilai irradiansi sinar matahari yang ditangkap oleh panel PV pada kondisi pertama adalah 982 W/m², kemudian untuk kondisi ke dua didapatkan nilai irradiansi matahari adalah 808 W/m², dan untuk kondisi ketiga didapatkan nilai irradiansi 718 W/m². Nilai irradiansi bisa didapatkan dengan mengukur arus *short circuit* dari panel surya, kemudian membandingkannya dengan nilai maksimal arus *short circuit* maksimal sesuai dengan spesifikasi panel PV, kemudian dikalikan dengan nilai irradiansi sesuai dengan STC yang ada.

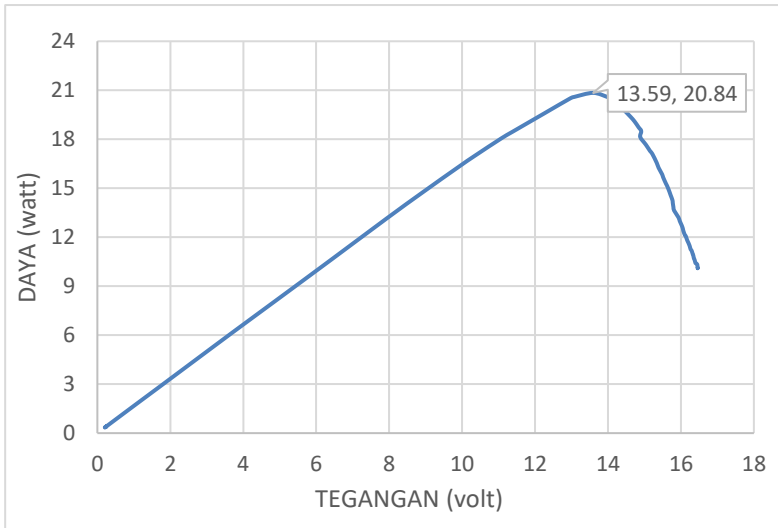
Panel PV kemudian dihubungkan dengan beban berupa *rheostat*, untuk mendapatkan kurva karakteristik panel PV, nilai resistansi pada *rheostat* di ganti dari nilai maksimum sampai dengan nilai minimumnya dengan perlahan. Ketiga keadaan tersebut didapatkan kurva karakteristik panel PV seperti Gambar 4.7 – Gambar 4.9.



Gambar 4. 7 Kurva karakteristik panel PV irradiansi 928 W/m²



Gambar 4. 8 kurva karakteristik panel PV irradiansi 808 W/m²



Gambar 4.9 Kurva karakteristik panel PV irradiansi 718 W/m²

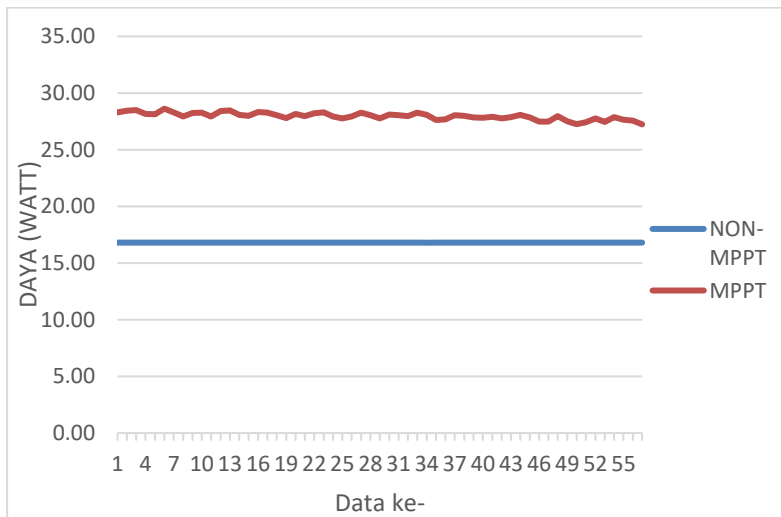
Kurva karakteristik dari tiga kondisi yang diujikan ditunjukkan oleh Gambar 4.7 sampai Gambar 4.9, dari ketiga kurva dapat terlihat adanya perbedaan nilai daya maksimum pada nilai irradiansi yang berbeda. Ketika nilai irradiansi matahari sebesar 928 W/m², daya maksimum panel PV mencapai nilai 29.83 watt. Jika nilai irradiansi matahari sebesar 808 W/m², daya maksimum panel PV mencapai nilai 25.50 watt, Sedangkan jika irradiansi matahari sebesar 718 W/m², daya maksimum panel PV mencapai nilai 20.84 watt, data pengujian dapat dilihat pada lampiran B-D.

4.2.5 Pengujian MPPT *Perturbation and Observation*

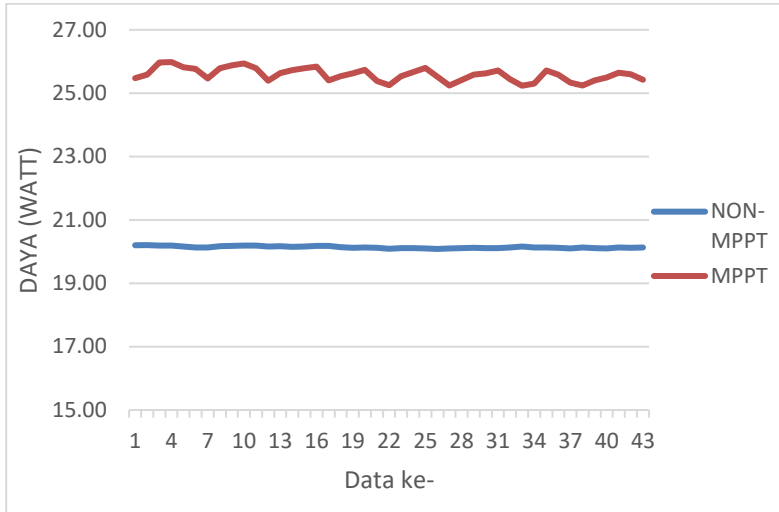
Algoritma MPPT *perturbation and observation* digunakan pada penelitian ini, untuk mengetahui performa dari algoritma MPPT tersebut dalam menjajak daya maksimal dari panel PV, pada penelitian ini dilakukan pengujian penjajakan daya maksimum panel PV dengan MPPT dan tanpa MPPT. Pengujian ini melanjutkan pengujian kurva karakteristik panel PV, dimana nilai resistansi dari *rheostat* disamakan dengan resistansi pada daya

maksimum panel PV. Nilai resistansi yang digunakan pada kondisi pertama adalah 17.7Ω , nilai resistansi yang digunakan pada kondisi kedua adalah 12.5Ω , dan nilai resistansi yang digunakan kondisi ketiga adalah 8.6Ω , nilai resistansi tersebut didapatkan dari nilai daya maksimum saat pembuatan kurva yang dikuadratkan kemudian dibagi dengan daya maksimum sesuai spesifikasi yaitu 50 watt.

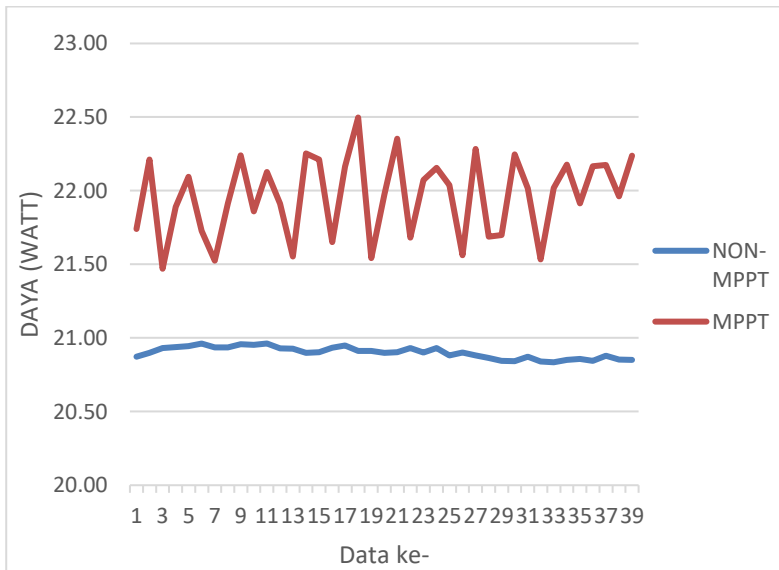
Rangkaian yang digunakan pada pengujian peninjauan daya maksimum dengan menggunakan MPPT dan tanpa menggunakan MPPT memiliki perbedaan. Pengujian tanpa MPPT dilakukan dengan menghubungkan panel PV langsung dengan *rheostat*, sedangkan untuk pengujian dengan MPPT, panel PV dihubungkan terlebih dahulu pada rangkaian *boost converter* yang sudah dipasang arduino nano, dimana pada Arduino nano sudah tertanam program dari algoritma MPPT *perturbation and observation*, setelah itu keluaran dari rangkaian *boost converter* dihubungkan dengan *rheostat*. Waktu yang sesingkat mungkin untuk melakukan pergantian pengambilan data diperlukan pada pengujian ini, karena besar irradiansi matahari yang diterima oleh panel PV sangat cepat berubah ubah.



Gambar 4. 10 Perbandingan Daya Pada Irradiansi 928 W/m^2



Gambar 4. 11 Perbandingan Daya Pada Irradiansi 808 W/m²



Gambar 4. 12 Perbandingan Daya Pada Irradiansi 718 W/m²

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.10 sampai 4.12 dengan sumbu x adalah waktu pengujian dan sumbu y adalah nilai daya, dapat dilihat bahwasanya penambahan MPPT dapat menghasilkan daya keluaran PV yang lebih besar dibandingkan tanpa MPPT. Peningkatan daya pada kondisi pertama dengan penambahan MPPT adalah sebesar 80%, pada kondisi kedua peningkatan daya dengan penambahan MPPT adalah sebesar 25%, dan pada kondisi ketiga dengan penambahan MPPT dapat meningkatkan daya sebesar 5%. Osilasi yang lebih besar terjadi pada grafik peninjauan daya menggunakan MPPT, hal ini dikarenakan dengan menggunakan metode MPPT terdapat perubahan nilai *duty cycle* secara terus menerus untuk menjajak daya maksimum dari panel PV. Data pengujian dapat dilihat pada lampiran B-D.

4.2.6 Pengujian Sistem Solar Charge Controller

Pengujian sistem SCC dilakukan dengan menggabungkan semua komponen yang sudah diuji menjadi sebuah rangkaian sistem. Panel PV sebagai sumber energi pada sistem dihubungkan dengan *boost converter* yang sudah tertanam algoritma MPPT *perturbation and observation*, kemudian output dari *boost converter* dihubungkan dengan baterai 24 V 3.5 Ah, setelah itu instrumen pengukuran dihubungkan dengan baterai agar dapat bekerja. Dua buah *relay* yang berguna sebagai aktuator untuk mencegah *overcharging* dan *overdischarging* digunakan dalam sistem SCC pada penelitian ini. *Relay* yang digunakan untuk mencegah *overcharging* dipasang diantara *boost converter* dan baterai, sedangkan untuk mencegah *overdischarging* dipasang diantara baterai dan beban. Beban yang digunakan pada sistem memiliki tegangan kerja sebesar 12 V, sedangkan baterai yang digunakan adalah baterai 24 V, sehingga pada sistem ditambahkan *buck converter* untuk meregulasi tegangan baterai menjadi tegangan kerja beban dan *isolated converter* untuk menjaga kestabilan tegangan pada nilai 12 V.

Sistem SCC pada penelitian ini tidak dapat mengendalikan daya listrik dari panel PV menuju baterai dan beban instrumen pengukuran. Hal tersebut dikarenakan proses *charging* baterai menggunakan panel PV tidak berhasil dilakukan,

ketidakberhasilan tersebut dikarenakan tidak adanya arus yang dihasilkan oleh panel PV, sehingga tidak terjadi penambahan kapasitas pada baterai. Hal yang berbeda terjadi ketika dilakukan pengujian *charging* baterai menggunakan sumber energi listrik dari *power supply* dan dengan menggunakan *boost converter* yang sama, pada saat tegangan *power supply* dijaga tetap pada tegangan 18.2 Volt atau sama dengan tegangan panel PV pada saat daya maksimum terjadi, terdapat arus yang mengalir menuju baterai dari *power supply*, sehingga terjadi penambahan kapasitas baterai. Data pengujian *charging* baterai menggunakan panel PV dapat dilihat pada lampiran E, dan data pengujian *charging* baterai menggunakan *power supply* dapat dilihat pada lampiran F.

Berbeda dengan proses *charging* baterai, untuk proses *discharging* baterai berhasil dilakukan. Pengujian *discharging* baterai dilakukan dengan menggunakan beban berupa kipas DC 12 V. Tegangan keluaran baterai dengan nilai diatas 22 V berhasil diregulasi menjadi 11.88 V dan dijaga tetap pada nilai tersebut dengan penambahan *buck converter* dan *isolated converter* pada sistem SCC, *buck converter* digunakan untuk mengubah tegangan baterai menjadi tegangan masukan *isolated converter* yaitu 9 – 18 V, kemudian *isolated converter* berfungsi untuk meregulasi tegangan keluaran *buck converter* agar tetap pada nilai tegangan 12 V, tetapi pada penelitian ini keluaran *isolated converter* adalah 11.88 V, hal tersebut dikarenakan pemilihan kapasitor pada input dan output yang kurang sesuai. Pencegahan *overdischarging* pada penelitian ini sudah berjalan dengan baik, untuk menerapkan pencegahan *overdischarging* pada penelitian ini, ditambahkan relay diantara baterai dan juga beban, *relay* difungsikan untuk memutus arus dari baterai menuju beban ketika kapasitas baterai mencapai tegangan minimal penggunaan, pada pengujian ini tegangan minimal baterai ditentukan berada pada nilai 24 V. Kerja dari relay dikendalikan oleh Arduino Nano sebagai mikrokontroler pada sistem SCC ini. Data pengujian *discharging* baterai dapat dilihat pada lampiran G.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang bisa diambil pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil simulasi yang dilakukan pada penelitian ini, menunjukkan desain *solar charge controller* dapat menghantarkan daya dari panel PV menuju baterai dan beban. Terdapat pencegahan *overcharging* dan *overdischarging* pada baterai dengan penambahan 2 buah *relay*. Daya menuju beban dapat diregulasi dengan penambahan *buck converter* dan *isolated converter*. Berbeda dengan hasil simulasi, hasil implementasi sistem SCC tidak dapat menghantarkan daya listrik dari panel PV menuju baterai, karena proses *charging* tidak berhasil dilakukan, sehingga pencegahan *overdischarging* tidak dapat dilakukan. Sementara itu untuk proses *discharging* dari baterai menuju beban dapat berjalan dengan baik, begitu juga dengan pencegahan *overdischarging* dapat dilakukan dengan penambahan relay pada rangkaian.
2. Hasil simulasi yang dilakukan menunjukkan bahwa nilai efisiensi daya sistem SCC adalah 70%. PV dapat menghasilkan daya sebesar 39.43 Watt, sedangkan daya keluaran dari sistem adalah 27.92 Watt. Sementara itu, pada pengimplementasiannya, dengan penambahan MPPT mampu menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan dengan tidak menggunakan MPPT pada tiga kondisi pengujian.
3. Desain sistem SCC secara simulasi dapat meningkatkan kapasitas baterai, dibuktikan dengan bertambahnya nilai SOC saat simulasi berlangsung. Sementara itu, berdasarkan implementasi yang dilakukan, sistem SCC tidak dapat meningkatkan kapasitas baterai, karena tidak berjalanya proses *charging* baterai menggunakan panel PV.

5.2 Saran

Adapun saran yang bisa diberikan untuk mengembangkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penulis merekomendasikan untuk selanjutnya penelitian mengenai sistem *solar charge controller* bisa dilakukan dengan membagi dua tema yang berbeda. Hal ini mempertimbangkan banyaknya tahapan yang harus dilakukan.
2. Melakukan penelitian lanjutan terhadap *converter* dan MPPT yang digunakan, karena keduanya merupakan komponen utama dalam sistem SCC menggunakan MPPT.
3. Menggunakan sensor tegangan dan arus yang lebih akurat dalam pembacaan nilai, karena dua variable ini merupakan variable yang dikontrol pada sistem SCC.
4. Memperlajari lebih dalam mengenai *software EAGEL AUTODESK, SIMULINK Matlab, dan Arduino IDE*. Ketiga *software* tersebut sangat penting dalam merancang sistem SCC.

DAFTAR PUSTAKA

- Arduino. (2019). *Arduino nano*. Retrieved from Arduino: arduino.cc
- Faizal, A., & Setyaji, B. (2016). Desain maximum power point tracking (MPPT) pada panel surya menggunakan metode sliding mode control. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 22-31.
- Fan, H. (2014, November 15). *Understanding isolated DC/DC converter voltage regulation*. Retrieved from EDN Network: <https://www.edn.com>
- Faranda, R., & Leva, S. (2008). A comparative study of MPPT techniques for PV systems. *7th WSEAS International Conference on application of Electrical Engineering*, (pp. 100-105). Trondheim.
- Ishengoma, F. M., & Norum, L. E. (2002). Design and implementation of a digitally controlled stand-alone photovoltaic power supply. *NORPIE*, 1.
- Jana, J., Samanta, H., Bahttacharya, K. D., & Saha, H. (2016). A four stage battery charge controller working on a novel maximum power point tracking based algorithm for solar PV system. *21st Century Energy Needs - Materials, Systems and Applications (ICTFCEN)*, (pp. 1-4). Khargapur.
- Kolsi, S., samet, H., & Amar, M. B. (2014). Design analysis of DC-DC converters connected to a photovoltaic generator and controlled by MPPT for optimal energy transfer throughout a clear day. *Journal of Power And Energy Engineering*, 27-35.
- Morales, D. S. (2010). *Maximum power point tracking algorithms for photovoltaic applications*. espoo: aalto university.
- Nurjanah, E. (2017, Desember 16). *Mengenal buoy, alat pendeteksi tsunami*. Retrieved from Kumparan: <https://kumparan.com/@kumparannews/mengenal-buoy-alat-pendeteksi-tsunami>
- Pradhan, A., & Panda, B. (2018). A simplified design and modeling of Boost converter for photovoltaic system. *International*

- Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 141-149.
- Sai, S., Kumar, L. a., & Paneerselvam, S. (2015). *Application of matlab/SIMULINK in solar PV system*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Salas, V., Olias, E., Barrado, A., & Lazaro, A. (2006). Review of the maximum power point tracking algorithms for stand-alone photovoltaics system. *Elsevier*, 1555-1278.
- Utami, S. (2017). Implementasi algoritma perturb and observe untuk mengoptimalkan daya keluaran solar cell menggunakan MPPT. *INFOTEL*, 92-99.
- Walker, G. (2001). Evaluating MPPT converter topologies using a matlab PV modul. *Journal of electrical and electronics engineering*.
- Wipayana, K. S. (2018). *Desain solar charge controller (SCC) dengan algoritma incremental conductance pada buoyweather*. Surabaya: ITS Press.

LAMPIRAN A

Source Code

Matlab Function Simulasi *Perturbation and Observation*

```
function D = PandO(Vpv, Ipv)
persistent D0 P0 V0 n p dp dv ;

%menginisiasi nilai awal
%these can be values above half of your expected
maximum values
if isempty(D0)
    D0=1;
end
if isempty(V0)
    V0=0;
end
    if isempty(P0)
        P0=0;
    end
if isempty(p)
    p=0;
end
if isempty(n)
    n=1;
end
%perubahan D

%menambah atau mengurangi nilai duty cycle
sesuai kondisi
if D0<=1

    p =Vpv*Ipv;
    dp =p-P0;
    dv = Vpv-V0;

    if (dp/dv>0)
        D0 = D0-0.01;
    end

    if (dp/dv<0)
```

```

        D0 = D0+0.01;
    end

    V0=Vpv;
    P0=p;

    if n==0
        D0 = D0-0.01;
        n=1;
    end
end
D=D0;
end

```

Matlab Function Simulasi Sistem SCC Menggunakan MPPT *Perturbation and Observation*

```

function [Irefb,signal,R1,R2] = CHARGER (Vb, Ib, T)
%Output:
    %Irefb = Nilai arus referensi input baterai
    %signal = sinyal trigger sistem (1=mode
constant current, 3=PandO)
    %R1,R2 = sinyal trigger ke relay1 dan
relay2 (1=ON=close, 2=OFF=open)
%Input:
    %Vb=tegangan baterai sekarang
    %Ib=arus baterai sekarang
% variabel yang nilainya berubah ketika ada
nilai baru
persistent temp_ib temp_signal temp_R1 temp_R2 n
SOC;
if isempty(temp_ib)           %jika "temp_ib"
belum ada nilainya,maka isi (temp_ib=10;)
dipakai.
                                %Jika sudah ada
nilainya, maka isi dilewatkan
    temp_ib=1.8;                %set arus baterai
maksimum sekarang=1.8A
end
if isempty(temp_signal)
    temp_signal=1;              %mentrigger ke mode
1 (constant curent)

```

```

end
if isempty(temp_R1)
    temp_R1=1; %membuat relay1 ON
(close) (charging on)
end
if isempty(temp_R2)
    temp_R2=1; %membuat relay2
sekarang ON (close) (discharging on)
end
if isempty(n)
    n=0; %membuat variabel
faktor pengali waktu(T) sekarang=0
end
if isempty(SOC)
    SOC=0; %Tanda kapasitas
Baterai sekarang mendekati 0%
end

if (T>n*0.02) % waktu sampling
adalah 0.02s
    n=n+1;
    if Vb>=22.8
        %jika tegangan
baterai lebih dari Vb>V Load Disconnected
        temp_R1=1; %maka relay1 dan
relay 2 = ON (charging ON & PV catu beban)
        temp_R2=1;
        if Ib>temp_ib
            %jika arus baterai
sekarang > arus maksimum sekarang
            temp_signal=1;
        else
            if SOC==1
                %jika SOC 100%
charging OFF, PV catu beban
                temp_R1=0;
                temp_R2=1;
            else
                if Vb>27
                    %Vb>Vb_Float

```

```

        temp_ib = 0.8*temp_ib;
%Mengecilkan nilai arus baterai max sekarang
        temp_signal=1;
    else
        temp_signal=3;
    end
end
end
else
    if (21<=Vb) && (Vb<22.8)
        temp_R1=1;
        temp_R2=0;
        temp_signal=3;
    else
        temp_R1=1;
        temp_R2=0;
%Mdischarging OFF, charging ON
        temp_ib=0.035;           %arus
untuk fase trickle = 0.035A
        temp_signal=1;
%Mdecrease Ib
    end
end
end

%set nilai baru tadi menjadi nilai sekarang
signal=temp_signal;
R1=temp_R1;
R2=temp_R2;
Irefb=temp_ib;
end

```

KODE PEMROGRAMAN PENGUJIAN BOOST CONVERTER

```

int ACSoffset = 2500;
int mVperAmp = 185;
float volt_out = A2;
float volt_in = A0;
float amp_out = A3;

```



```

float amp_in = A1;
float VsamplingOut = 0;
float VsamplingIn = 0;
float IsamplingOut = 0;
float IsamplingIn = 0;
float VavgOut = 0;
float VavgIn = 0;
float IavgOut = 0;
float IavgIn = 0;
float Vout = 0;
float Vin = 0;
float Iout = 0;
float Iin = 0;
double VoltageOut = 0;
double VoltageIn = 0;
double VacsOut = 0;
double VacsIn = 0;
double AmpOut = 0;
double AmpIn = 0;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  //Set pin 9 as output pwm signal
  pinMode(9, OUTPUT);
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(A1, INPUT);
  pinMode(A2, INPUT);
  pinMode(A3, INPUT);
  //Set phase/frequency correct mode non-inverting mode
  TCCR1A = _BV(COM1A1) ;
  //Select mode 8 and select divide by 8 on main clock
  TCCR1B = _BV(WGM13) | _BV(CS10);
  ICR1 = 400; //20kHz freq calculation = 16M/(2*ICR1 or TOP)
  // Assign values to OCR Registers, which output the PWM duty
  cycle. (max 255/1023 still dont know)
  OCR1A = 0.368*ICR1;
  delay(500);
}

```

```

}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  VsamplingOut = 0;
  VsamplingIn = 0;
  IsamplingOut = 0;
  IsamplingIn = 0;

  for(int x = 0; x <1000; x++)
  {
    Vout = analogRead(A2);
    Vin = analogRead(A0);
    Iout = analogRead(A3);
    Iin = analogRead(A1);

    VsamplingOut = VsamplingOut + Vout;
    VsamplingIn = VsamplingIn + Vin;
    IsamplingOut = IsamplingOut + Iout;
    IsamplingIn = IsamplingIn + Iin;

    VavgOut = VsamplingOut/1000;
    VavgIn = VsamplingIn/1000;
    IavgOut = IsamplingOut/1000;
    IavgIn = IsamplingIn/1000;

    VoltageOut = VavgOut*50/1023.0;
    VoltageIn = VavgIn*25/1023.0;
    delayMicroseconds(1);
  }
  VacsOut = (IavgOut/1023.0)*5000; //mendapatkan nilai mV
  VacsIn = (IavgIn/1023.0)*5000;
  float AmpOut = ((VacsOut-ACSoffset) / mVperAmp);
  float AmpIn = ((VacsIn-ACSoffset) / mVperAmp);

  Serial.print(VoltageIn);
  Serial.print("\t");

```

```

Serial.print(AmpIn);
Serial.print("\t");
Serial.print(VoltageOut);
Serial.print("\t");
Serial.println(AmpOut);

//Serial.print(Output);
}

```

KODE PEMROGRAMAN PENGUJIAN MPPT

```

const int Vinsense=A0,Iinsense=A1;
double Vsampin=0,Isampin=0;
double VavgIn,IavgIn,Iinvamps;
double Vin,Iin,Pin;
double v0=0,p0=0,dv=0,dp=0;
int Vrawin,Irawin;
int ACSoffset=2500;
int mVperAmp=180;
int iterasi=100;
float D=0.5,delD=0.01;

```

```

void sensing()
{
  Vsampin=0;
  Isampin=0;

  for(int i=0;i<iterasi;i++)
  {
    Vrawin = analogRead(Vinsense);
    Irawin = analogRead(Iinsense);

    Vsampin += Vrawin;
    Isampin += Irawin;

    delayMicroseconds(100);
  }
}

```

```

VavgIn = Vsampin/iterasi;
IavgIn = Isampin/iterasi;

Vin = VavgIn*50/1023.0;
Iinvamps = (IavgIn/1023.0)*5000;

Iin = (Iinvamps - ACSoffset) / mVperAmp;
Pin = Vin*Iin;
}

```

```

void pno()
{
  sensing();
  dv=Vin-v0;
  dp=Pin-p0;

  if(dp>0)
  {
    if(dv>=0) D+=delD;
    else D-=delD;
  }
  else if(dp<0)
  {
    if(dv>=0) D-=delD;
    else D+=delD;
  }

  v0=Vin;
  p0=Pin;

  if (D<=0.1)D=0.1;
  else if (D>=0.9)D=0.9;
  OCR1A=D*160;
}
void disp()
{
  Serial.print(Vin,3);
}

```

```
Serial.print("\t ");
Serial.print(Iin,3);
Serial.print("\t ");
Serial.print(Pin,3);
Serial.print("\t ");
Serial.println(D,2);
//Serial.print("\t ");
//Serial.println(dp,3);

}
```

```
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);          // bound untuk serial monitor
  pinMode(9, OUTPUT);
  pinMode(10, OUTPUT);
  TCCR1A = _BV(COM1A1) | _BV(WGM11);
  TCCR1B = _BV(WGM13) | _BV(CS10);
}
```

```
void loop() {
  pno();
  ICR1=160;      //400=20kHz   160=50kHz
  disp();

}
```

LAMPIRAN B
Karakteristik pada Irradiansi 928 W/m²

KARAKTERISTIK			NON MPPT				MPPT		
ARUS (A)	TENGANGAN (V)	DAYA (A)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	<i>DUTY</i>
0.65	17.26	11.22	0.92	16.80	15.48	14.93	1.90	28.29	0.51
0.65	17.26	11.20	0.92	16.80	15.46	15.22	1.87	28.43	0.52
0.65	17.26	11.17	0.92	16.80	15.48	15.04	1.89	28.49	0.51
0.64	17.23	11.10	0.92	16.80	15.46	14.99	1.88	28.15	0.52
0.64	17.23	11.10	0.92	16.80	15.43	14.98	1.88	28.12	0.53
0.65	17.23	11.11	0.92	16.80	15.39	15.11	1.89	28.62	0.54
0.64	17.23	11.09	0.92	16.80	15.40	15.09	1.88	28.31	0.55
0.65	17.21	11.20	0.92	16.80	15.36	14.88	1.88	27.94	0.56
0.65	17.21	11.25	0.92	16.80	15.36	14.87	1.90	28.24	0.55
0.66	17.19	11.37	0.91	16.80	15.35	14.88	1.90	28.26	0.56
0.67	17.18	11.53	0.91	16.80	15.28	14.87	1.88	27.94	0.57
0.68	17.16	11.72	0.91	16.80	15.29	15.00	1.90	28.42	0.58
0.69	17.15	11.76	0.91	16.80	15.27	14.87	1.92	28.46	0.57

KARAKTERISTIK			NON MPPT				MPPT		<i>DUTY</i>
ARUS (A)	TENGANGAN (V)	DAYA (A)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
0.70	17.14	11.96	0.91	16.80	15.28	14.77	1.90	28.06	0.58
0.70	17.13	12.05	0.91	16.80	15.29	14.76	1.90	27.99	0.59
0.72	17.10	12.24	0.91	16.80	15.28	14.80	1.91	28.34	0.60
0.72	17.10	12.22	0.91	16.80	15.33	14.91	1.90	28.26	0.59
0.73	17.09	12.43	0.91	16.80	15.31	14.87	1.89	28.03	0.60
0.73	17.08	12.51	0.91	16.80	15.30	14.67	1.89	27.80	0.61
0.75	17.05	12.70	0.91	16.80	15.30	14.70	1.92	28.15	0.62
0.75	17.04	12.79	0.91	16.80	15.30	14.67	1.91	27.95	0.63
0.77	17.02	13.01	0.91	16.80	15.28	14.77	1.91	28.20	0.64
0.77	17.00	13.11	0.91	16.80	15.27	14.78	1.91	28.29	0.65
0.78	16.99	13.30	0.91	16.80	15.26	14.61	1.91	27.94	0.66
0.79	16.98	13.34	0.91	16.80	15.26	14.56	1.91	27.75	0.67
0.80	16.96	13.52	0.91	16.80	15.28	14.57	1.92	27.94	0.68
0.80	16.95	13.55	0.91	16.80	15.26	14.65	1.93	28.28	0.69
0.82	16.92	13.83	0.91	16.80	15.30	14.66	1.91	28.05	0.68
0.82	16.91	13.92	0.91	16.80	15.32	14.47	1.92	27.77	0.69

KARAKTERISTIK			NON MPPT				MPPT		<i>DUTY</i>
ARUS (A)	TENGANGAN (V)	DAYA (A)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
0.84	16.88	14.15	0.91	16.80	15.30	14.48	1.94	28.11	0.70
0.85	16.86	14.37	0.91	16.80	15.27	14.54	1.93	28.05	0.69
0.87	16.82	14.65	0.91	16.80	15.27	14.52	1.93	27.96	0.70
0.88	16.80	14.78	0.91	16.80	15.27	14.67	1.93	28.26	0.71
0.89	16.79	14.99	0.91	16.79	15.28	14.49	1.94	28.07	0.72
0.92	16.74	15.32	0.91	16.80	15.29	14.39	1.92	27.61	0.73
0.93	16.72	15.49	0.91	16.80	15.25	14.41	1.92	27.68	0.74
0.94	16.69	15.73	0.91	16.80	15.23	14.44	1.94	28.04	0.75
0.96	16.66	15.92	0.91	16.80	15.25	14.51	1.93	27.98	0.74
0.99	16.61	16.43	0.91	16.80	15.29	14.48	1.93	27.86	0.75
1.01	16.56	16.79	0.91	16.80	15.29	14.31	1.94	27.81	0.76
1.04	16.52	17.11	0.91	16.80	15.29	14.31	1.95	27.90	0.75
1.05	16.51	17.30	0.91	16.80	15.27	14.32	1.94	27.76	0.74
1.08	16.45	17.76	0.91	16.80	15.23	14.41	1.94	27.89	0.75
1.09	16.43	17.89	0.91	16.80	15.27	14.46	1.94	28.06	0.76
1.11	16.39	18.22	0.91	16.80	15.26	14.26	1.95	27.86	0.77

KARAKTERISTIK			NON MPPT				MPPT		<i>DUTY</i>
ARUS (A)	TENGANGAN (V)	DAYA (A)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
1.12	16.37	18.33	0.91	16.80	15.22	14.19	1.94	27.49	0.78
1.15	16.32	18.72	0.91	16.80	15.21	14.18	1.94	27.48	0.79
1.16	16.31	18.83	0.90	16.80	15.19	14.28	1.96	27.96	0.80
1.18	16.25	19.25	0.90	16.80	15.18	14.32	1.92	27.51	0.79
1.19	16.24	19.35	0.90	16.80	15.19	14.13	1.93	27.25	0.80
1.23	16.17	19.92	0.90	16.80	15.19	14.12	1.94	27.42	0.79
1.25	16.14	20.09	0.91	16.80	15.26	14.14	1.96	27.77	0.80
1.28	16.08	20.63	0.91	16.80	15.24	14.16	1.94	27.45	0.79
1.29	16.06	20.73	0.91	16.80	15.26	14.27	1.95	27.86	0.80
1.33	15.99	21.21	0.91	16.80	15.26	14.17	1.95	27.65	0.81
1.35	15.95	21.48	0.91	16.80	15.20	14.08	1.96	27.58	0.82
1.38	15.87	21.95	0.90	16.80	15.18	14.04	1.94	27.23	0.83
1.40	15.82	22.13				14.02	1.96	27.41	0.82
1.47	15.69	23.10				14.20	1.96	27.85	0.83
1.48	15.67	23.27				14.16	1.94	27.43	0.84
1.55	15.54	24.13				13.97	1.95	27.27	0.85

KARAKTERISTIK			NON MPPT			MPPT			DUTY
ARUS (A)	TENGANGAN (V)	DAYA (A)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
1.57	15.50	24.26				13.95	1.97	27.51	0.84
1.64	15.31	25.04				13.96	1.96	27.37	0.83
1.64	15.29	25.13				14.06	1.94	27.25	0.82
1.71	15.14	25.89				14.11	1.95	27.51	0.83
1.72	15.14	25.97				13.95	1.97	27.44	0.84
1.81	14.92	26.95				13.93	1.97	27.46	0.83
1.84	14.84	27.25				13.91	1.95	27.10	0.84
1.91	14.61	27.94				14.00	1.96	27.47	0.85
1.93	14.58	28.06				14.05	1.96	27.53	0.86
2.03	14.22	28.91				13.85	1.98	27.42	0.87
2.07	14.11	29.17				13.79	1.97	27.17	0.88
2.14	13.80	29.59				13.85	1.97	27.27	0.89
2.16	13.73	29.67				13.86	1.98	27.49	0.90
2.24	13.31	29.83				13.92	1.96	27.27	0.89
2.29	13.03	29.82				13.84	1.95	27.02	0.90
2.35	12.53	29.43				13.72	1.96	26.90	0.90

KARAKTERISTIK			NON MPPT			MPPT			<i>DUTY</i>
ARUS (A)	TENGANGAN (V)	DAYA (A)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
2.40	11.79	28.24				13.74	1.99	27.27	0.90
2.41	11.25	27.10				13.68	1.96	26.84	0.90
2.43	10.26	24.91				13.80	1.98	27.25	0.90
2.44	9.48	23.12				13.84	1.98	27.32	0.90
2.45	8.39	20.57				13.67	1.99	27.24	0.90
2.46	7.42	18.23				13.63	1.97	26.87	0.90
2.47	6.25	15.44				13.66	1.98	26.97	0.90
2.47	5.16	12.75				13.79	2.00	27.55	0.90
2.48	3.67	9.08				13.77	1.97	27.17	0.90
2.48	1.30	3.24				13.59	1.97	26.84	0.90
2.49	1.15	2.87				13.59	1.98	26.88	0.89
2.49	1.01	2.51				13.65	1.99	27.18	0.90
2.49	0.99	2.47				13.68	1.97	26.98	0.89
2.49	1.03	2.56				13.77	1.97	27.11	0.90
2.49	1.04	2.60				13.54	1.98	26.87	0.90
2.49	1.11	2.76				13.57	2.00	27.17	0.90

KARAKTERISTIK			NON MPPT			MPPT			<i>DUTY</i>
ARUS (A)	TENGANGAN (V)	DAYA (A)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
2.49	1.20	2.98				13.52	1.99	26.89	0.90
2.49	1.01	2.51				13.59	1.98	26.97	0.90
2.49	0.95	2.36				13.69	1.99	27.22	0.90
2.49	0.98	2.45				13.69	2.01	27.47	0.90
2.49	1.02	2.55				13.43	2.00	26.80	0.90
2.49	1.04	2.59				13.45	1.99	26.78	0.89

LAMPIRAN C
Karakteristik pada Irradiansi 808 W/m²

KARAKTERISTIK			<i>NON</i> MPPT				MPPT		<i>DUTY</i>
ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
0.63	16.99	10.75	1.30	15.57	20.20	16.63	1.53	25.47	0.51
0.63	16.99	10.77	1.30	15.57	20.20	16.91	1.51	25.58	0.52
0.63	16.98	10.77	1.30	15.57	20.19	16.96	1.53	25.97	0.53
0.64	16.98	10.84	1.30	15.57	20.19	17.01	1.53	25.98	0.54
0.64	16.96	10.91	1.30	15.57	20.16	16.95	1.52	25.82	0.55
0.64	16.96	10.90	1.29	15.57	20.13	16.77	1.54	25.77	0.56
0.65	16.94	11.05	1.29	15.58	20.13	16.72	1.52	25.47	0.57
0.66	16.92	11.23	1.30	15.58	20.17	16.83	1.53	25.79	0.58
0.67	16.91	11.32	1.30	15.58	20.18	16.89	1.53	25.88	0.59
0.68	16.90	11.43	1.30	15.57	20.19	16.89	1.54	25.94	0.60
0.69	16.88	11.60	1.30	15.57	20.19	16.70	1.54	25.79	0.61
0.72	16.82	12.04	1.30	15.57	20.16	16.60	1.53	25.39	0.62
0.73	16.80	12.20	1.30	15.57	20.17	16.61	1.54	25.63	0.63
0.75	16.76	12.51	1.29	15.57	20.15	16.69	1.54	25.73	0.64

KARAKTERISTIK			NON MPPT			MPPT			<i>DUTY</i>
ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
0.75	16.76	12.53	1.30	15.57	20.16	16.73	1.54	25.79	0.65
0.76	16.73	12.72	1.30	15.57	20.18	16.69	1.55	25.84	0.64
0.77	16.72	12.84	1.30	15.57	20.18	16.53	1.54	25.40	0.65
0.80	16.66	13.25	1.29	15.57	20.14	16.53	1.54	25.53	0.66
0.81	16.64	13.43	1.29	15.57	20.12	16.59	1.54	25.62	0.67
0.83	16.59	13.75	1.29	15.57	20.13	16.67	1.54	25.74	0.68
0.85	16.55	14.05	1.29	15.57	20.12	16.62	1.53	25.39	0.69
0.87	16.50	14.35	1.29	15.57	20.09	16.41	1.54	25.25	0.70
0.89	16.47	14.61	1.29	15.57	20.11	16.43	1.56	25.54	0.71
0.89	16.46	14.70	1.29	15.57	20.11	16.50	1.56	25.67	0.72
0.93	16.39	15.19	1.29	15.57	20.10	16.55	1.56	25.80	0.73
0.94	16.36	15.42	1.29	15.57	20.08	16.58	1.54	25.52	0.72
0.97	16.30	15.86	1.29	15.57	20.10	16.36	1.54	25.24	0.73
0.98	16.28	15.94	1.29	15.57	20.11	16.36	1.55	25.41	0.74
1.02	16.19	16.58	1.29	15.57	20.12	16.42	1.56	25.59	0.75
1.03	16.16	16.70	1.29	15.57	20.11	16.49	1.56	25.63	0.76

KARAKTERISTIK			NON MPPT			MPPT			<i>DUTY</i>
ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
1.07	16.10	17.17	1.29	15.57	20.11	16.50	1.56	25.72	0.77
1.09	16.04	17.52	1.29	15.57	20.13	16.41	1.55	25.45	0.78
1.13	15.94	18.05	1.30	15.57	20.16	16.27	1.55	25.24	0.79
1.14	15.93	18.12	1.29	15.57	20.13	16.29	1.55	25.30	0.80
1.19	15.82	18.75	1.29	15.57	20.13	16.36	1.57	25.71	0.81
1.19	15.82	18.79	1.29	15.57	20.12	16.40	1.56	25.58	0.80
1.25	15.68	19.53	1.29	15.57	20.10	16.39	1.55	25.34	0.81
1.26	15.64	19.75	1.29	15.57	20.13	16.24	1.56	25.25	0.82
1.28	15.59	19.97	1.29	15.57	20.11	16.19	1.57	25.41	0.81
1.32	15.49	20.48	1.29	15.57	20.10	16.26	1.57	25.50	0.82
1.34	15.45	20.68	1.29	15.57	20.13	16.35	1.57	25.65	0.83
1.38	15.34	21.20	1.29	15.57	20.12	16.32	1.57	25.59	0.84
1.40	15.32	21.38	1.29	15.57	20.13	16.21	1.57	25.43	0.85
1.45	15.16	22.02				16.17	1.56	25.26	0.86
1.46	15.14	22.15				16.14	1.57	25.25	0.87
1.52	14.97	22.80				16.24	1.58	25.59	0.88

KARAKTERISTIK			NON MPPT			MPPT			DUTY
ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
1.56	14.86	23.12				16.26	1.57	25.54	0.87
1.64	14.57	23.82				16.25	1.58	25.66	0.86
1.66	14.48	24.04				16.10	1.58	25.40	0.87
1.74	14.17	24.70				16.08	1.56	25.13	0.88
1.78	14.01	25.00				16.14	1.57	25.29	0.89
1.88	13.53	25.41				16.24	1.58	25.62	0.90
1.91	13.37	25.50				16.19	1.56	25.25	0.90
2.01	12.45	24.98				16.05	1.58	25.32	0.89
2.06	11.17	23.06				16.03	1.57	25.09	0.90
2.09	9.07	18.98				16.05	1.57	25.22	0.90
2.11	7.01	14.76				16.15	1.57	25.36	0.90
2.12	5.07	10.75				16.17	1.58	25.50	0.90
2.13	2.13	4.53				16.02	1.60	25.55	0.89
2.14	0.64	1.38				16.03	1.59	25.44	0.88
2.14	0.64	1.36				16.00	1.57	25.12	0.89
2.14	0.60	1.28				16.07	1.58	25.32	0.90

KARAKTERISTIK			<i>NON</i> MPPT			MPPT			<i>DUTY</i>
ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
2.14	0.67	1.44				16.13	1.58	25.40	0.90
2.14	0.63	1.35				16.11	1.59	25.55	0.89
2.13	0.64	1.37				15.99	1.59	25.49	0.90
2.13	0.65	1.38				15.93	1.57	25.05	0.90
2.13	0.63	1.34				15.98	1.59	25.34	0.90
2.13	0.61	1.31				16.09	1.58	25.33	0.89
2.14	0.63	1.34				16.10	1.58	25.41	0.90
2.14	0.64	1.36				15.95	1.59	25.40	0.90
2.14	0.64	1.37				15.89	1.58	25.16	0.90

LAPMIRAN D
Karakteristik pada Irradiansi 718 W/m²

KARAKTERISTIK			NON MPPT				MPPT		<i>DUTY</i>
ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
0.61	16.46	10.10	1.58	13.25	20.87	22.97	0.95	21.74	0.52
0.62	16.46	10.11	1.58	13.27	20.90	22.97	0.97	22.21	0.51
0.61	16.46	10.11	1.58	13.27	20.93	22.91	0.94	21.47	0.52
0.62	16.46	10.16	1.58	13.26	20.94	22.59	0.97	21.89	0.51
0.62	16.46	10.17	1.58	13.26	20.94	22.78	0.97	22.10	0.52
0.62	16.45	10.25	1.58	13.26	20.96	22.82	0.95	21.73	0.51
0.63	16.44	10.34	1.58	13.26	20.94	22.86	0.94	21.52	0.50
0.63	16.41	10.40	1.58	13.26	20.94	22.95	0.96	21.91	0.51
0.64	16.40	10.41	1.58	13.26	20.96	22.56	0.99	22.24	0.50
0.65	16.37	10.64	1.58	13.25	20.95	22.64	0.97	21.86	0.49
0.65	16.37	10.65	1.58	13.26	20.96	22.90	0.97	22.13	0.50
0.66	16.35	10.73	1.58	13.25	20.93	22.88	0.96	21.91	0.51
0.67	16.34	10.90	1.58	13.24	20.93	22.78	0.95	21.55	0.52

KARAKTERISTIK			NON MPPT				MPPT		<i>DUTY</i>
ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
0.67	16.33	10.91	1.58	13.24	20.90	22.58	0.99	22.25	0.51
0.68	16.31	11.04	1.58	13.24	20.90	22.60	0.98	22.21	0.50
0.69	16.29	11.19	1.58	13.24	20.93	22.76	0.95	21.65	0.49
0.69	16.27	11.26	1.58	13.24	20.95	22.88	0.97	22.16	0.50
0.71	16.24	11.45	1.58	13.23	20.91	22.79	0.99	22.50	0.49
0.72	16.22	11.59	1.58	13.23	20.91	22.46	0.96	21.54	0.50
0.72	16.20	11.66	1.58	13.23	20.90	22.58	0.97	21.97	0.51
0.73	16.17	11.82	1.58	13.23	20.90	22.76	0.98	22.35	0.52
0.75	16.13	12.08	1.58	13.23	20.93	22.68	0.96	21.68	0.53
0.75	16.11	12.12	1.58	13.22	20.90	22.56	0.98	22.07	0.52
0.77	16.07	12.39	1.58	13.22	20.93	22.45	0.99	22.16	0.51
0.78	16.05	12.53	1.58	13.21	20.88	22.50	0.98	22.04	0.50
0.79	16.02	12.72	1.58	13.21	20.90	22.62	0.95	21.56	0.49
0.81	15.97	12.99	1.58	13.22	20.88	22.75	0.98	22.28	0.50
0.83	15.93	13.21	1.58	13.21	20.86	22.42	0.97	21.69	0.51
0.86	15.81	13.63	1.58	13.21	20.85	22.28	0.97	21.70	0.50

KARAKTERISTIK			NON MPPT				MPPT		<i>DUTY</i>
ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
0.88	15.79	13.83	1.58	13.21	20.84	22.56	0.99	22.25	0.51
0.90	15.78	14.12	1.58	13.22	20.87	22.60	0.97	22.02	0.50
0.91	15.77	14.28	1.58	13.22	20.84	22.56	0.95	21.53	0.51
0.93	15.72	14.58	1.58	13.22	20.83	22.39	0.98	22.02	0.50
0.94	15.69	14.78	1.58	13.23	20.85	22.31	0.99	22.18	0.49
0.97	15.63	15.12	1.58	13.23	20.86	22.48	0.98	21.92	0.48
0.98	15.59	15.27	1.58	13.23	20.84	22.65	0.98	22.17	0.49
1.01	15.51	15.67	1.58	13.24	20.88	22.63	0.98	22.17	0.48
1.02	15.49	15.85	1.58	13.23	20.85	22.32	0.98	21.96	0.49
1.06	15.39	16.25	1.58	13.23	20.85	22.38	0.99	22.24	0.50
1.08	15.34	16.55				22.46	0.98	21.91	0.49
1.12	15.21	17.11				22.56	0.96	21.64	0.48
1.14	15.15	17.28				22.62	0.98	22.07	0.49
1.18	15.04	17.67				22.28	0.97	21.55	0.50
1.22	14.88	18.13				22.22	0.98	21.74	0.49
1.24	14.91	18.50				22.55	0.98	22.12	0.50

KARAKTERISTIK			NON MPPT				MPPT		<i>DUTY</i>
ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
1.26	14.84	18.74				22.52	0.97	21.81	0.51
1.30	14.73	19.09				22.49	0.96	21.51	0.52
1.33	14.62	19.38				22.27	0.99	21.93	0.51
1.37	14.43	19.80				22.18	0.97	21.57	0.52
1.39	14.38	19.93				22.34	0.98	21.82	0.53
1.43	14.18	20.30				22.51	0.98	22.04	0.54
1.46	14.04	20.53				22.41	0.99	22.13	0.53
1.47	13.99	20.58				22.10	0.99	21.76	0.54
1.53	13.59	20.84				22.19	1.00	22.13	0.55
1.58	13.07	20.59				22.28	0.99	22.10	0.54
1.58	12.97	20.51				22.33	0.96	21.49	0.53
1.60	12.24	19.56				22.43	0.98	22.00	0.54
1.62	11.39	18.46				22.05	1.00	21.97	0.55
1.63	11.08	18.05				22.02	0.99	21.80	0.56
1.64	10.35	16.98				22.31	1.00	22.29	0.57
1.65	9.89	16.29				22.28	0.98	21.71	0.58

KARAKTERISTIK			NON MPPT			MPPT			<i>DUTY</i>
ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
1.65	8.90	14.73				22.27	0.97	21.68	0.59
1.66	7.92	13.14				22.00	1.01	22.32	0.58
1.66	6.41	10.63				21.93	0.98	21.44	0.59
1.66	4.87	8.07				22.18	1.00	22.12	0.60
1.66	3.71	6.17				22.25	1.00	22.34	0.61
1.66	2.64	4.39				22.20	0.97	21.57	0.62
1.67	1.68	2.79				21.87	1.00	21.91	0.61
1.67	0.82	1.37				21.97	1.01	22.27	0.62
1.67	0.20	0.34				22.10	0.99	21.92	0.61
1.68	0.21	0.35				22.14	0.98	21.79	0.60
1.67	0.22	0.36				22.24	1.00	22.12	0.61
1.68	0.22	0.37				21.80	0.99	21.65	0.62
1.68	0.22	0.37				21.83	1.00	21.78	0.63
1.68	0.24	0.40				22.15	1.00	22.24	0.64
1.68	0.23	0.39				22.11	0.99	21.82	0.65
1.68	0.23	0.38				22.05	0.98	21.68	0.66

KARAKTERISTIK			NON MPPT			MPPT			<i>DUTY</i>
ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	DAYA (W)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (W)	
1.68	0.24	0.40				21.82	1.01	22.06	0.65
1.68	0.25	0.42				21.77	1.00	21.84	0.66

LAMPIRAN E
Pengujian *Charging* baterai menggunakan *Power Supply*

Waktu	Tegangan <i>Power Supply</i> (V)	Arus <i>Power Supply</i> (A)	Tegangan Baterai (V)	Arus Masuk Baterai (I)
22:49	18.35	2.72	25.30	1.59
22:50	18.35	2.70	25.34	1.58
22:51	18.35	2.68	25.35	1.58
22:52	18.36	2.66	25.38	1.57
22:53	18.36	2.64	25.40	1.55
22:54	18.38	2.60	25.41	1.54
22:55	18.41	2.48	25.37	1.47
22:56	18.70	1.06	24.40	0.57
22:57	18.56	1.79	24.78	1.03
22:58	18.41	2.47	25.40	1.46
22:59	18.50	2.24	25.34	1.32
23:00	18.45	2.45	25.51	1.45
23:01	18.44	2.49	25.56	1.46

Waktu	Tegangan <i>Power Supply</i> (V)	Arus <i>Power Supply</i> (A)	Tegangan Baterai (V)	Arus Masuk Baterai (I)
23:02	18.44	2.46	25.59	1.45
23:03	18.44	2.44	25.62	1.43
23:04	18.45	2.41	25.64	1.42
23:05	18.45	2.39	25.66	1.41
23:06	18.46	2.36	25.68	1.39
23:07	18.47	2.33	25.70	1.38
23:08	18.48	2.31	25.72	1.36
23:09	18.48	2.29	25.74	1.35
23:10	18.49	2.27	25.78	1.34
23:11	18.49	2.25	25.79	1.33
23:12	18.49	2.24	25.81	1.32
23:13	18.49	2.21	25.83	1.31
23:14	18.50	2.20	25.85	1.30
23:15	18.50	2.17	25.88	1.29
23:16	18.49	2.16	25.87	1.28
23:17	18.50	2.14	25.91	1.27

Waktu	Tegangan <i>Power Supply</i> (V)	Arus <i>Power Supply</i> (A)	Tegangan Baterai (V)	Arus Masuk Baterai (I)
23:18	18.49	2.12	25.93	1.25
23:19	18.50	2.10	25.95	1.24
23:20	18.54	1.95	25.87	1.15
23:21	18.56	1.98	25.97	1.17
23:22	18.56	1.97	25.99	1.16
23:23	18.58	1.97	26.03	1.16
23:24	18.58	1.96	26.06	1.15
23:25	18.57	2.02	26.14	1.18
23:26	18.57	2.00	26.15	1.17
23:27	18.56	1.97	26.14	1.15
23:28	18.55	1.95	26.14	1.14
23:29	18.54	1.92	26.14	1.13
23:27	18.56	1.97	26.14	1.15
23:28	18.55	1.95	26.14	1.14
23:29	18.54	1.92	26.14	1.13

LAMPIRAN F
Pengujian *charging* baterai menggunakan panel PV

Waktu	Tegangan PV (V)	Arus PV (A)	Tegangan Baterai (V)	Arus Baterai (A)
10:39	20.4	-0.07	23.85	-0.12
10:40	20.66	-0.07	23.85	-0.12
10:41	20.64	-0.07	23.85	-0.12
10:42	20.70	-0.07	23.85	-0.12
10:43	20.75	-0.07	23.85	-0.12
10:44	20.77	-0.07	23.85	-0.12
10:45	20.78	-0.07	23.85	-0.12
10:46	20.84	-0.07	23.85	-0.12
10:47	20.85	-0.07	23.85	-0.12
10:48	20.77	-0.07	23.85	-0.12
10:49	20.68	-0.07	23.85	-0.12
10:50	20.62	-0.07	23.85	-0.12
10:51	20.58	-0.07	23.85	-0.12
10:52	20.54	-0.07	23.85	-0.12

Waktu	Tegangan PV (V)	Arus PV (A)	Tegangan Baterai (V)	Arus Baterai (A)
10:53	20.57	-0.08	23.85	-0.12
10:54	20.55	-0.08	23.85	-0.13
10:55	20.51	-0.08	23.86	-0.12
10:56	20.47	-0.07	23.85	-0.12
10:57	20.42	-0.08	23.85	-0.12
10:58	20.46	-0.08	23.85	-0.13
10:59	20.52	-0.08	23.86	-0.12

Waktu	Tegangan Baterai (V)	Arus Keluar Baterai (A)	Relay (1=ON, 0=OFF)
16:16	24.01	0.22	1
16:16	24.01	0.22	1
16:16	24.01	0.22	1
16:16	24.01	0.22	1
16:16	24.01	0.22	1
16:16	24.01	0.22	1
16:16	24.01	0.22	1
16:16	24.01	0.22	1
16:16	24.01	0.22	1
16:16	24.01	0.22	1
16:16	24.01	0.22	1
16:16	24.01	0.22	1
16:16	24.01	0.22	1
16:16	24.01	0.22	1
16:17	24.01	0.22	1
16:17	24.01	0.22	1

Waktu	Tegangan Baterai (V)	Arus Keluar Baterai (A)	Relay (1=ON, 0=OFF)
16:17	24	0.22	1
16:17	24	0.22	1
16:17	24	0.22	1
16:17	24	0.22	1
16:17	24	0.22	1
16:17	24	0.22	1
16:17	24	0.22	1
16:17	24	0.22	1
16:17	24	0.22	0
16:17	24	0.22	1
16:17	26.22	-0.08	1
16:17	23.98	0.23	0
16:17	23.96	0.23	0
16:17	26.18	-0.06	1
16:17	26.21	-0.06	1
16:17	23.97	0.23	0

Waktu	Tegangan Baterai (V)	Arus Keluar Baterai (A)	Relay (1=ON, 0=OFF)
16:17	23.96	0.24	0
16:17	26.2	-0.07	1
16:17	26.21	-0.06	1
16:17	23.97	0.24	0
16:17	23.96	0.23	0
16:17	26.23	-0.07	1
16:17	26.31	-0.09	1
16:17	23.98	0.23	0
16:17	23.97	0.23	0
16:17	26.25	-0.08	1
16:17	26.28	-0.08	1
16:17	23.97	0.23	0
16:17	23.96	0.24	0
16:17	26.26	-0.08	1
16:18	26.26	-0.08	1
16:18	23.97	0.23	0

Waktu	Tegangan Baterai (V)	Arus Keluar Baterai (A)	Relay (1=ON, 0=OFF)
16:18	23.96	0.23	0
16:18	26.26	-0.08	1
16:18	26.25	-0.08	1
16:18	23.97	0.24	0
16:18	23.96	0.24	0
16:18	26.19	-0.05	1
16:18	26.18	-0.05	1
16:18	23.96	0.24	0
16:18	23.95	0.24	0
16:18	26.18	-0.05	1
16:18	26.18	-0.06	1
16:18	23.97	0.23	0
16:18	23.95	0.23	0
16:18	26.19	-0.06	1
16:18	26.19	-0.06	1
16:18	23.97	0.23	0

Waktu	Tegangan Baterai (V)	Arus Keluar Baterai (A)	Relay (1=ON, 0=OFF)
16:18	23.96	0.23	0
16:18	26.17	-0.06	1
16:18	26.16	-0.05	1
16:18	23.96	0.23	0
16:18	23.95	0.23	0
16:18	26.15	-0.05	1
16:18	26.15	-0.05	1
16:18	23.96	0.23	0
16:18	23.95	0.23	0
16:18	26.22	-0.07	1
16:18	26.12	-0.04	1
16:18	23.95	0.24	0
16:18	23.95	0.24	0
16:18	26.12	-0.04	1
16:18	26.13	-0.04	1
16:18	23.96	0.24	0

Waktu	Tegangan Baterai (V)	Arus Keluar Baterai (A)	Relay (1=ON, 0=OFF)
16:18	23.95	0.24	0
16:18	26.13	-0.04	1
16:18	26.14	-0.05	1
16:18	23.96	0.23	0
16:18	23.95	0.24	0
16:18	26.16	-0.05	1
16:18	26.13	-0.04	1
16:18	23.96	0.23	0
16:18	23.95	0.24	0
16:18	26.11	-0.04	1
16:18	26.12	-0.04	1
16:18	23.95	0.24	0
16:18	23.95	0.24	0
16:18	26.15	-0.05	1
16:19	26.13	-0.04	1
16:19	23.95	0.24	0

Waktu	Tegangan Baterai (V)	Arus Keluar Baterai (A)	Relay (1=ON, 0=OFF)
16:19	23.94	0.24	0
16:19	26.16	-0.05	1
16:19	26.14	-0.04	1
16:19	23.95	0.24	0
16:19	23.94	0.24	0
16:19	26.14	-0.05	1
16:19	26.14	-0.04	1
16:19	23.95	0.24	0
16:19	23.94	0.24	0
16:19	26.11	-0.04	1
16:19	26.12	-0.04	1
16:19	23.95	0.24	0
16:19	23.94	0.24	0
16:19	26.11	-0.04	1
16:19	26.11	-0.04	1
16:19	23.95	0.23	0

Waktu	Tegangan Baterai (V)	Arus Keluar Baterai (A)	Relay (1=ON, 0=OFF)
16:19	23.95	0.24	0
16:19	26.1	-0.03	1
16:19	26.11	-0.04	1
16:19	23.95	0.24	0
16:19	23.94	0.23	0
16:19	26.11	-0.04	1
16:19	26.13	-0.04	1
16:19	23.95	0.23	0
16:19	23.95	0.24	0
16:19	26.12	-0.04	1
16:19	26.13	-0.04	1
16:19	23.95	0.24	0
16:19	23.94	0.24	0
16:19	26.12	-0.04	1
16:19	26.14	-0.04	1
16:19	23.95	0.24	0

Waktu	Tegangan Baterai (V)	Arus Keluar Baterai (A)	Relay (1=ON, 0=OFF)
16:19	23.94	0.24	0
16:19	26.12	-0.04	1
16:19	26.12	-0.04	1
16:19	23.95	0.24	0
16:19	23.94	0.24	0
16:19	26.12	-0.04	1
16:19	26.13	-0.04	1
16:19	23.95	0.23	0
16:19	23.95	0.23	0
16:19	26.12	-0.04	1
16:19	26.19	-0.06	1
16:19	23.97	0.23	0
16:19	23.95	0.23	0
16:19	26.18	-0.06	1
16:19	26.17	-0.05	1
16:20	23.96	0.24	0

Waktu	Tegangan Baterai (V)	Arus Keluar Baterai (A)	Relay (1=ON, 0=OFF)
16:20	23.94	0.24	0
16:20	26.15	-0.05	1
16:20	26.14	-0.05	1
16:20	23.95	0.24	0
16:20	23.94	0.24	0
16:20	26.14	-0.04	1

Untuk data yang lebih lengkap dapat menghubungi penulis melalui e-mail yang tertera pada biodata.

LAMPIRAN H

Datasheet

Datasheet DKW5-12S12


 顺源科技 SHENZHEN SUNYUAN TECHNOLOGY CO., LTD.
 YUAN DKWS SERIES DC-DC CONVERTER

- RATED SW OUTPUT
- HIGH POWER DENSITY
- 24PIN DIP PACKAGE
- SINGLE&DUAL OUTPUT
- INDUSTRIAL STANDARD PIN-OUT
- NO HEAT SINK REQUIRED
- 1K VDC ISOLATION
- WIDE INPUT
- REGULATED OUTPUT
- PCB MOUNTING
- OVER CURRENT&SHORT CIRCUIT PROTECTION



The DKWS series DC-DC converter offers 5 watts regulated power from a 24 PIN international standard DIP package. The series are especially designed for the application of telecommunication, industry control, instrumentation and measurements. With its features, the product can be used where the wider input, regulated output and isolation needed.

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

All specifications tested typically @ 25°C, humidity<75%, nominal input and rated output unless otherwise noted.

OUTPUT SPECIFICATIONS				
Items:	Testing condition	Min	Typ	Max
Output accuracy:	At full load and nominal Vin			±2%
Output power:			5W	6W
Line regulation:	Input voltage from low to full load			0.5%
Load regulation:	From 10% to full load	Single Vout		0.5%
		Dual Vout		3%
Ripple and noise:	20MHz bandwidth			50mVp-p
Temperature drift:				0.03 %/°C
Minimum load				10%
Switching frequency			400K HZ	
Over load protection	% of FL at nominal input		120	
Short circuit protection	Continuous and automatic recovery			

INPUT SPECIFICATIONS				
Items:	Testing condition	Min	Typ	Max
Input voltage range	12VDC nominal input		9-18VDC	
	24VDC nominal input		18-36VDC	
	48VDC nominal input		36-72VDC	
Input filter		Pi		
Start-up time	Nominal Vin and certain load		100mS	

COMMON SPECIFICATIONS				
Items	Testing condition	Min	Typ.	Max
Operating temperature range		-40°C		+85°C
Storage temperature range		-55°C		+125°C
Humidity				<75%
Cooling	Free Air Convection			
Isolation voltage (VDC)	Input to Output		1,000	
Isolation resistance (ohms)			10 ⁹	
Isolation capacitance (pF)				30
Efficiency (%)	See Product List	70		80
Case material	Non-conductive black copper			
Potting material	Epoxy Resin UL94-V0			
Packing material	Tube			
Dimension (mm / inch)	31.8*20.3*10.2 (1.25*0.80*0.40)			
Weight (g)	14			
MTBF (Hrs)		10 ⁶		

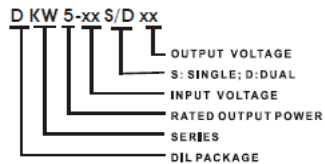
PRODUCT LIST								
Part Number	Input Voltage (VDC)			Output		Efficiency (% , Typ.)	Package	Capacitor Load Max (uF)
	Range	Nominal	Max.	Current (mA)	Voltage (VDC)			
DKW5-12S33	9-18	12	20	1100	3.3	70	DIP	2200
DKW5-12S05		12	20	1000	5	78	DIP	1200
DKW5-12S12		12	20	417	12	80	DIP	220
DKW5-12S15		12	20	333	15	80	DIP	150
DKW5-12D05		12	20	±500	±5	78	DIP	±680
DKW5-12D12		12	20	±208	±12	80	DIP	±100
DKW5-12D15		12	20	±167	±15	80	DIP	±68
DKW5-24S33	18-36	24	40	1100	3.3	70	DIP	2200
DKW5-24S05		24	40	1000	5	80	DIP	1200
DKW5-24S12		24	40	417	12	80	DIP	220
DKW5-24S15		24	40	333	15	80	DIP	150
DKW5-24D05		24	40	±500	±5	78	DIP	±680
DKW5-24D12		24	40	±208	±12	80	DIP	±100
DKW5-24D15		24	40	±167	±15	80	DIP	±68
DKW5-48S33	36-72	48	80	1100	3.3	70	DIP	2200
DKW5-48S05		48	80	1000	5	78	DIP	1200
DKW5-48S12		48	80	417	12	80	DIP	220
DKW5-48S15		48	80	333	15	80	DIP	150
DKW5-48D05		48	80	±500	±5	78	DIP	±680
DKW5-48D12		48	80	±208	±12	80	DIP	±100
DKW5-48D15		48	80	±167	±15	80	DIP	±68

Note:(1) A minimum 10% load is required on the output to meet the published specifications. Even though working at no load condition will not damage the device, it is not adoptable.

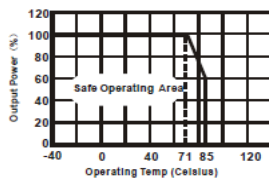
(2) If the output power needed is smaller than rated, please connect a proper value resistor at output end in parallel to increase the load or contact us for a lower power product.

(3) For lower noise and ripple, please use a "LC" filter network at the output. The capacitance must be at proper value in case of start-up problems.

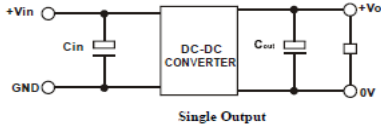
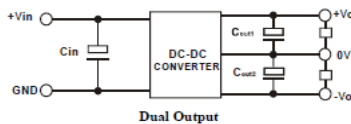
NOMENCLATURE



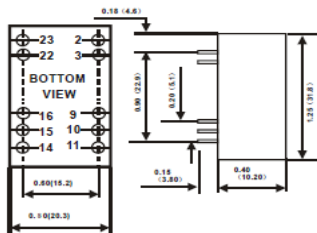
TEMPERATURE DERATING GRAPH



TYPICAL CONNECTION



OUTLINE DIMENSION



PINS DESCRIPTION

PIN	SINGLE	DUAL	PIN	SINGLE	DUAL
2	-Vin	-Vin	23	+Vin	+Vin
3	-Vin	-Vin	22	+Vin	+Vin
9	NC	COMMON	16	-Vout	COMMON
10	NC	NC	15	NC	NC
11	NC	-Vout	14	+Vout	+Vout

SHENZHEN SUNYUAN TECHNOLOGY CO., LTD.
 3F, 3Bldg, Duoli Industrial Zone,
 Meihuas Rd, Futian District,
 Shenzhen 518049, China
 Tel: +86-755-83100080
 Fax: +86-755-83116652
 Email: info@szsunyuan.com
 www.szsunyuan.com

TLP250

Transistor 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: $I_T = 5 \text{mA (max.)}$
- Supply current (I_{CC}): 11mA (max.)
- Supply voltage (V_{CC}): $10 \sim 35 \text{V}$
- Output current (I_O): $\pm 1.5 \text{A (max.)}$
- Switching time (t_{pLH}/t_{pHL}): $1.5 \mu\text{s (max.)}$
- Isolation voltage: $2500 V_{rms} (\text{min.})$
- UL recognized: UL1577, Etc No. E67549
- Option (D4) type

VDE approved: DIN VDE0884/06.92, certificate No.70823

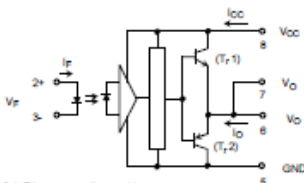
Maximum operating insulation voltage: $650 V_{PK}$

Highest permissible over voltage: $4000 V_{PK}$

(Note) When a VDE884 approved type is needed,
please designate the "option (D4)"

- Creepage distance: 6.4mm (min.)
- Clearance: 6.4mm (min.)

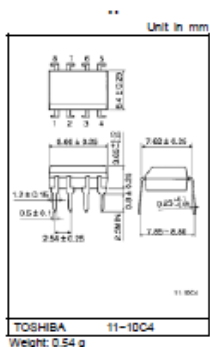
Schematic



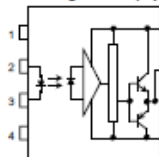
A $0.1 \mu\text{F}$ bypass capacitor must be
connected between pin 8 and 5 (See Note 5).

Truth Table

		Tr1	Tr2
Input LED	On	On	Off
	Off	Off	On



Pin Configuration (top view)



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

Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Characteristic		Symbol	Rating	Unit	
LED	Forward current	I_F	20	mA	
	Forward current derating (Ta > 70°C)	$\Delta I_F / \Delta T_a$	-0.36	mA/°C	
	Peak transient forward current (Note 1)	I_{FPM}	1	A	
	Reverse voltage	V_R	5	V	
	Junction temperature	Tj	125	°C	
Detector	*I _{pk} peak output current (P _W ≤ 2.5μs, f ≤ 15kHz)	(Note 2) I _{OPK}	-1.5	A	
	*I _{pk} peak output current (P _W ≤ 2.5μs, f ≤ 15kHz)	(Note 2) I _{OPK}	+1.5	A	
	Output voltage	(Ta ≤ 70°C)	V _O	35	V
		(Ta = 85°C)		24	
	Supply voltage	(Ta ≤ 70°C)	V _{CC}	35	V
		(Ta = 85°C)		24	
	Output voltage derating (Ta > 70°C)	$\Delta V_O / \Delta T_a$	-0.73	V/°C	
	Supply voltage derating (Ta > 70°C)	$\Delta V_{CC} / \Delta T_a$	-0.73	V/°C	
	Junction temperature	Tj	125	°C	
	Operating frequency (Note 3)	f	25	kHz	
Operating temperature range	T _{opr}	-20-85	°C		
Storage temperature range	T _{stg}	-55-125	°C		
Lead soldering temperature (10 s)	(Note 4) T _{sol}	260	°C		
Isolation voltage (AC, 1 min., R.H. ≤ 60%)	(Note 5) BV _D	2500	V _{rms}		

Note 1: Pulse width P_W ≤ 1μs, 300pps

Note 2: Exponential waveform

Note 3: Exponential waveform, I_{OPK} ≤ -1.0A (≤ 2.5μs), I_{OPK} ≤ +1.0A (≤ 2.5μs)

Note 4: It is 2 mm or more from a lead root.

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

Note 6: 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.

Recommended Operating Conditions

Characteristic	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input current, on (Note 7)	I _{IOK}	7	8	10	mA
Input voltage, off	V _{I(OFF)}	0	—	0.8	V
Supply voltage	V _{CC}	15	—	30 20	V
Peak output current	I _{OPK} /I _{ONL}	—	—	±0.5	A
Operating temperature	T _{opr}	-20	25	70 85	°C

Note 7: Input signal rise time (fall time) < 0.5 μs.

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

Characteristic	Symbol	Test Cir- cuit	Test Condition	Min.	Typ.*	Max.	Unit	
Input forward voltage	V_F	—	$I_F = 10 \text{ mA}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$	—	1.6	1.8	V	
Temperature coefficient of forward voltage	$\Delta V_F / \Delta T_a$	—	$I_F = 10 \text{ mA}$	—	-2.0	—	mV / °C	
Input reverse current	I_R	—	$V_R = 5 \text{ V}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$	—	—	10	μA	
Input capacitance	C_T	—	$V = 0$, $f = 1 \text{ MHz}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$	—	45	250	μF	
Output current	"H" level	I_{OH}	3	$V_{CC} = 30\text{V}$ (*1)	$I_F = 10 \text{ mA}$ $V_R = 4 \text{ V}$	-0.5	-1.5	A
	"L" level	I_{OL}	2	$V_{CC} = 30\text{V}$ (*1)	$I_F = 0$ $V_R = 2.5 \text{ V}$	0.5	2	
Output voltage	"H" level	V_{OH}	4	$V_{CC1} = +15\text{V}$, $V_{ZS1} = -15\text{V}$ $R_L = 2000$, $I_F = 5 \text{ mA}$	11	12.8	—	V
	"L" level	V_{OL}	5	$V_{CC1} = +15\text{V}$, $V_{ZS1} = -15\text{V}$ $R_L = 2000$, $V_R = 0.5 \text{ V}$	—	-14.2	-12.5	
Supply current	"H" level	I_{OCH}	—	$V_{CC} = 30\text{V}$, $I_F = 10 \text{ mA}$	—	7	—	mA
	"H" level	I_{OCH}	—	$V_{CC} = 30\text{V}$, $I_F = 10 \text{ mA}$	—	—	11	
	"L" level	I_{OCL}	—	$V_{CC} = 30\text{V}$, $I_F = 0 \text{ mA}$ $T_a = 25^\circ\text{C}$	—	7.5	—	
Threshold input current	"Output L→H"	I_{FTH}	—	$V_{CC1} = +15\text{V}$, $V_{ZS1} = -15\text{V}$ $R_L = 2000$, $V_O > 0 \text{ V}$	—	1.2	5	mA
Threshold input voltage	"Output H→L"	I_{FHL}	—	$V_{CC1} = +15\text{V}$, $V_{ZS1} = -15\text{V}$ $R_L = 2000$, $V_O < 0 \text{ V}$	0.8	—	—	V
Supply voltage	V_{CC}	—	—	—	10	—	35	V
Capacitance (input-output)	C_D	—	$V_S = 0$, $f = 1 \text{ MHz}$ $T_a = 25^\circ\text{C}$	—	1.0	2.0	μF	
Resistance (input-output)	R_D	—	$V_S = 500 \text{ V}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$ $R_L \leq 60\%$	1×10^{12}	10^{14}	—	Ω	

* All typical values are at $T_a = 25^\circ\text{C}$ (*1): Duration of I_O time $\leq 50 \mu\text{s}$

BIODATA PENULIS

Penulis memiliki nama lengkap Muhammad Adib Abiyyu, lahir pada 04 April 1997 di rumah sakit Sari Asih Cirebon. Penulis



menamatkan sekolah dasarnya pada tahun 2009 di SDIT Bina Insani, selanjutnya melanjutkan Pendidikan di SMPI Nurul Fikri Boarding School dan lulus pada tahun 2012. Setelah itu meneruskan Pendidikan di SMAI Nurul Fikri Boarding School. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan Pendidikanya di kampus perjuangan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dan masuk di Depertemen Teknik

Fisika. Selama masa perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan mahasiswa dan sosial, diantaranya adalah Himpunan Mahasiswa Teknik Fisika ,Badan Eksekutif Mahasiswa ITS dan ITS Mengar For Indonesia. Selain itu penulis juga aktif dalam kepanitiaan salah satunya adalah *Engineering Physics Week* dan Laboratorium Workshop Instrumentasi. Harapan penulis semoga buku ini dapat bermanfaat bagi lingkungan sekitar khususnya yang ingin melanjutkan penelitian mengenai *Solar Charge Controller*, untuk memberikan kritik dan saran dapat langsung menghubungi alamat email *adib.biyyu@gmail.com*