

RANCANG BANGUN SOLAR CHARGE CONTROLLER DENGAN METODE MPPT BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO NANO

[DESIGN OF SOLAR CHARGE CONTROLLER WITH MPPT METHOD BASED-ON MICROCONTROLLER ARDUINO NANO]

I Bagus Putu Eka Paksi Yuda¹, Abdul Natsir², dan I Made Ari Nnartha³
¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mataram
^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mataram
Jl. Majapahit No.62, Mataram 83125 – NTB

Email : paksi.Yuda19@gmail.com, natsir.amin@unram.ac.id, nratha@te.ftunram.ac.id

ABSTRAK

Panel surya adalah salah satu teknologi energi terbarukan yang mampu mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Panel surya menjadi sumber energi terbarukan yang mudah didapatkan dan gratis, namun pada pengaplikasiannya secara konvensional efisiensi sistem panel surya sangat rendah. Peralatan *MPPT Solar Charge Controller* dirancang untuk memaksimalkan daya output panel surya dan mengatur kondisi baterai agar tidak mengalami *overcharging*. Pada penelitian ini dirancang MPPT dengan algoritma *Perturb and Observe (P&O)* dan DC-DC konverter tipe *Synchronous Buck Converter* berbasis Arduino Nano yang dihubungkan pada baterai valve regulated lead acid 12 V 7 Ah. Hasil penelitian menunjukkan peralatan MPPT mampu menghasilkan daya rata-rata sebesar 22,87 Watt dan metode PWM menghasilkan daya rata-rata sebesar 14,4 Watt sehingga kenaikan daya didapatkan sebesar 44 %. Data nilai tegangan, arus dan daya pada sisi panel surya dan baterai ditampilkan pada layar LCD.

Kata Kunci : Panel Surya, MPPT, Perturb & Observe, Arduino Nano, Synchronous Buck Converter.

ABSTRACT

Solar panels are one of renewable energy technologies that can be converting solar energy into electrical energy. Solar panels become a renewable energy source that is easily available and free, but on conventional application solar panel system efficiency is very low. MPPT Solar Charge Controller designed to maximize the solar panel output power and set the condition of the battery so that it does not have overcharging. In this study MPPT designed using Perturb and Observe (P&O) algorithm with Arduino Nano with DC-DC converter synchronous Buck Converter type and connected to 12 V 7 Ah valve regulated lead acid battery. The results showed that MPPT was able to produce average power of 22,87 Watt and PWM method produced average power of 14,4 Watt so that the power gain was 44%. The data values of voltage, current and power on the side of solar panels and batteries are displayed on the LCD screen.

Keywords: Solar Panels, MPPT, Perturb & Observe, Arduino nano, Synchronous Buck Converter.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi surya sebagai energi terbarukan sudah semakin banyak digunakan, energi surya menghasilkan energi ramah lingkungan dengan mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan panel surya. Daya listrik yang dihasilkan panel surya bergantung pada besarnya intensitas cahaya matahari dan suhu kerja panel surya. Kondisi cuaca dan posisi dari matahari selalu berubah-ubah membuat daya keluaran dari panel surya bersifat fluktuatif dan tidak selalu tetap pada kondisi daya

maksimum. Oleh karena itu diperlukan teknologi yang dapat memaksimalkan daya keluaran dari panel surya.

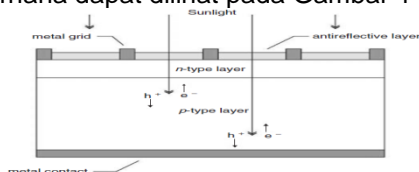
Teknologi saat ini yang berkembang untuk meningkatkan efisiensi daya keluaran panel surya yaitu metode *Maximum power point tracking (MPPT)*, metode *Maximum power point tracking (MPPT)* memiliki efisiensi cukup tinggi dalam meningkatkan daya keluaran panel karena sistem *Maximum power point tracking (MPPT)* mencari titik maksimum dari kurva karakteristik daya dan tegangan input (P-V) serta kurva arus input dan tegangan input (I-V). Dengan teknologi

Maximum Power Point Tracking (MPPT) diharapkan daya output modul fotovoltaik dapat mengisi baterai secara maksimal.

Untuk saat ini sistem panel surya dilengkapi dengan baterai sebagai penyimpan energi cadangan yang diisi saat intensitas matahari tinggi dan digunakan untuk menyuplai beban saat malam hari, untuk itu dibutuhkan sebuah sistem kontrol pengisian baterai yang dikombinasikan dengan MPPT agar daya yang dihasilkan panel surya secara maksimal dapat digunakan untuk mengisi baterai. Dalam tugas akhir ini baterai charger berfungsi untuk menyalurkan dan memutus aliran energi dari panel surya ke baterai saat tegangan baterai sudah mencapai batas tegangan yang ditentukan serta menghubungkan beban listrik dengan baterai saat dibutuhkan.

Pada penelitian ini akan diangkat topik “rancang bangun *solar charge controller* dengan metode *maximum power point tracking* (MPPT) menggunakan mikrokontroler arduino Nano”. MPPT yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah metode *pesturb & observe* karena hanya membutuhkan parameter arus dan tegangan panel surya, MPPT juga dilengkapi dengan *DC-DC Converter* yang digunakan sebagai penstabil tegangan. *DC-DC Converter* yang digunakan adalah tipe *Buck* atau *Step-down*, dimana keluaran dari *converter* ini akan mempunyai nilai lebih rendah daripada masukannya.

Panel surya. Terdiri dari bagian yang lebih kecil yang dinamakan sel surya. *Metal grid* membentuk satu dari terminal listrik semikonduktor. Cahaya matahari akan masuk melalui *metal grid* dan menyebabkan kontak dengan komponen semikonduktor dan kemudian energi listrik akan terbentuk. *Antireflective layer* berfungsi untuk meningkatkan jumlah cahaya yang masuk ke semikonduktor. Energi listrik terbentuk ketika adanya *hole* (h+) dan *electron* (e-) yang muncul akibat energi cahaya matahari yang masuk ke sel surya. Struktur sel surya sederhana dapat dilihat pada Gambar 1 :

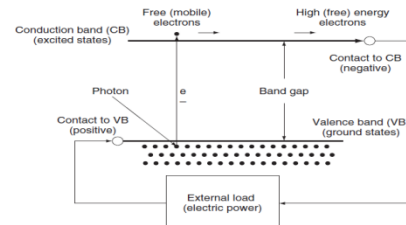


Gambar 1 Sel surya sederhana

Besarnya energi yang terbentuk dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$E_{\lambda} = \frac{hc}{\lambda} \quad \dots(1)$$

Skematik dan aliran *electron* dari sel surya dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2 Bagan Sel surya

Daya Maksimum. Yang dihasilkan modul fotovoltaik bukan dibangkitkan oleh V_{oc} dan I_{sc} . Daya output didefinisikan sebagai berikut (Tiwari, 2010):

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out} \quad \dots(2)$$

Daya maksimum (P_{maks}) dapat dicapai dengan peralatan penjejakan titik maksimum pada kurva karakteristiknya atau sering dikenal dengan *Maksimum Power Point Tracking* (MPPT) dimana dapat dihasilkan *I-V* maksimum.

$$P_{maks} = I_m \times V_m \quad \dots(3)$$

Pengaruh Iradiasi terhadap Sel Surya.

Kondisi standar umumnya yang digunakan untuk pengujian modul fotovoltaik adalah pada iradiasi 1000 W/m^2 . Dalam pengaplikasiannya, iradiasi pada modul fotovoltaik tanpa konsentrasi penyinaran bernilai sangat rendah, sehingga efisiensi rendah dari nilai ratingnya.

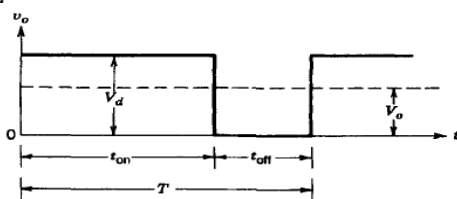
Pengaruh temperatur terhadap sel surya.

Kondisi standar umumnya yang digunakan untuk pengujian modul fotovoltaik adalah pada nilai T_j (temperatur dalam) 25°C . Dibawah kondisi penyinaran, T_j (temperatur dalam) sering bernilai sangat tinggi dan mengakibatkan efisiensi modul fotovoltaik sangat rendah.

Buck Converter.

Converter yang menghasilkan tegangan output yang lebih kecil dari tegangan inputnya. Tegangan output yang dihasilkan mempunyai polaritas yang sama dengan tegangan inputnya. Buck converter biasa disebut juga sebagai *step-down converter*.

Pulse Width Modulation (PWM). Proses *switching* pada *converter* untuk menghasilkan output tegangan yang bervariasi menggunakan teknik *Pulse Width Modulation* (PWM). Secara umum PWM merupakan cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam satu periode, dimana bentuk gelombang sinyal PWM berupa gelombang kotak yang mempunyai waktu hidup (t_{on}) dan waktu mati (t_{off}) dalam satu periode. Dalam PWM juga dikenal dengan perbandingan waktu saat waktu hidup (t_{on}) dibagi jumlah dalam satu periode ($T = t_{on} + t_{off}$), dikenal juga dengan istilah *duty cycle* (D).



Gambar 3 Sinyal PWM

Maximum Power Point Tracking (MPPT). Adalah sistem elektronik yang mengontrol sistem fotovoltaik sehingga fotovoltaik dapat beroperasi pada daya maksimum. MPPT bukanlah sistem pelacakan mekanis, namun kontrol elektronik yang terkonsentrasi untuk mencari titik maksimum karakteristik tegangan (V_{MP}) dan arus (I_{MP}) modul fotovoltaik seperti pada Gambar 2.14, sehingga diharapkan daya keluaran maksimum (P_{MAX}) dapat dihasilkan pada modul fotovoltaik dengan menggunakan MPPT.

Arduino NANO. Merupakan sebuah *platform* komputasi fisik berbasis papan mikrokontroler sederhana. *Project* arduino memiliki cakupan pengembangan yang luas karena bersifat *open source* dan mudah digunakan. Arduino memiliki banyak tipe, salah satunya adalah Arduino Nano.



Gambar 4 Arduino NANO

BATERAI. Di dalam sistem *photovoltaic*, baterai digunakan untuk menampung energi yang berasal dari panel surya (pada saat terdapat sinar matahari/siang hari) dan

digunakan sebagai sumber listrik (pada saat malam hari). Penggunaan baterai juga harus diperhatikan, karena karakteristik dari masing-masing baterai berbeda-beda. Berdasarkan kemampuan untuk diisi ulang, baterai dibagi menjadi 2 jenis, yaitu, *disposable battery* dan *rechargeable battery*. Baterai yang digunakan untuk sistem *photovoltaic* adalah baterai yang *rechargeable* (dapat diisi ulang). Jenis baterai *rechargeable* yang digunakan adalah *lead-based*.

Kalibrasi. Merupakan proses untuk menyesuaikan keluaran atau indikasi dari suatu perangkat pengukuran agar sesuai dengan besaran dari standar yang digunakan dalam akurasi tertentu.

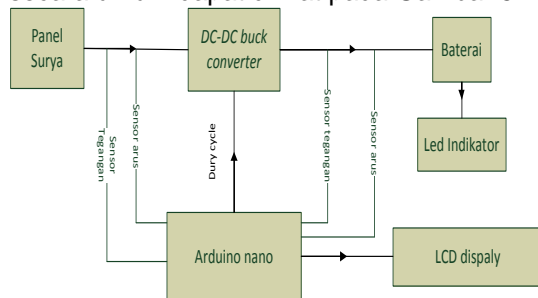
Pada penelitian ini kalibrasi dibutuhkan untuk menyesuaikan alat ukur tegangan dan arus yang dibuat dengan standar alat ukur yang sudah akurat, adapun persamaan yang digunakan dalam kalibrasi sensor tegangan dan sensor arus sebagai berikut:

$$faktorkalibrasi = \frac{Tegangan\ Input}{Tegangan\ sensor} \dots(4)$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini melakukan perancangan tentang pencarian titik daya maksimum pada panel surya dengan algoritma *pesturb and observe* berbasis arduino nano, daya maksimum yang didapatkan digunakan untuk mengisi baterai pada sistem panel surya. Sistem ini bekerja dengan cara menghubungkan panel surya dengan DC-DC *buck converter*, kemudian output dari *buck converter* di hubungkan langsung dengan baterai. Output dari *buck converter* dikendalikan menggunakan arduino nano, metode *pesturb and observe* di programkan didalam arduino nano berdasarkan nilai sensor arus dan tegangan pada keluaran panel surya. Arduino akan menghasilkan nilai *duty cycle* yang bervariasi yang digunakan untuk mengontrol *buck converter* agar menjaga keluaran dari panel surya tetap pada daya maksimum dengan perubahan intensitas radiasi matahari dan suhu panel surya. Hasil dari tegangan dan arus pada panel surya dan *buck converter* akan di tampilkan pada sebuah LCD 20x4.

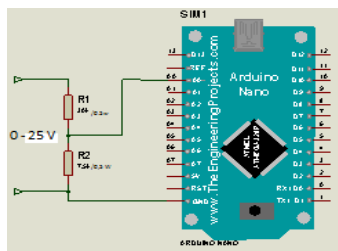
Blok diagram sistem rancang bangun *Maximum Power Point Tracking (MPPT)* secara umum dapat dilihat pada Gambar 5 :



Gambar 5 Blok diagram solar charge controller.

Perancangan Sensor Tegangan.

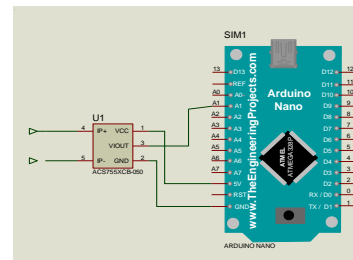
Digunakan untuk mendeteksi besarnya tegangan pada suatu sistem. Pada tugas akhir ini tegangan yang akan disensor adalah tegangan output panel surya dan tegangan output *buck* konverter, sensor yang akan digunakan adalah modul sensor tegangan seperti Gambar 6.



Gambar 6 Rangkaian sensor tegangan

Sensor tegangan ini berfungsi sebagai feedback untuk kontrol PWM *buck* konverter dan juga untuk mensetting pengaturan pemutusan pengisian baterai dan pemutusan beban, modul sensor tegangan mampu bekerja pada range tegangan 0-25V dengan error sangat kecil dibandingkan menggunakan resistor pembagi tegangan, agar didapatkan data yang lebih akurat.

Perancangan Sensor Arus. Sensor arus yang digunakan adalah sensor arus jenis IC ACS-712. Sensor ini digunakan untuk membaca besarnya arus baik disisi input maupun output pada rangkaian *buck* konverter. Pada datasheet IC ACS-712 dapat dilihat bahwa hasil pembacaan dari sensor arus berupa tegangan DC dengan kondisi awal (arus input=0) 2,5V. Pada tugas akhir ini digunakan sensor arus kapasitas arus maksimum 5A. Rangkaian sensor arus ACS-712 dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 7 Rangkaian sensor arus

Perancangan Buck Converter.

Pada awal perancangan asumsi nilai-nilai paramater ditetapkan sebagai berikut:

$$V_{in} = V_{oc} = 22 \text{ Volt}$$

$$V_o = 12 \text{ Volt}$$

$$I_o = 5,42 \text{ Ampere}$$

$$\text{Frekuensi switching (f)} = 40 \text{ KHz}$$

Nilai $V_{in} = V_{oc}$ berdasarkan karakteristik panel surya detailnya,

Perhitungan duty cycle:

$$V_o = V_{in} D$$

$$12 = 22 D$$

$$D = \frac{12}{22} = 0,55$$

Perhitungan nilai beban:

$$R = \frac{V_o^2}{P}$$

$$R = \frac{144}{65} = 2,22 \text{ ohm} \text{ diasumsikan } R$$

lebih besar sekitar sekitar 4 ohm

Perhitungan nilai induktor:

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

$$L_{min} = \frac{(1 - 0,55)4}{2.40000} = 23\mu\text{H}$$

Induktor yang dipakai dalam rangkaian 170 uH

Perhitungan nilai kapasitor:

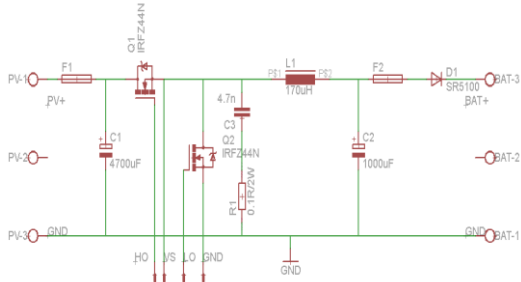
Dalam perhitungan kapasitor besar riak tegangan maksimal $\Delta V_o / V_o$ dibatasi sebesar 0,5%.

$$C = \frac{1 - D}{8L(\Delta V_o / V_o)f^2}$$

$$C = \frac{1 - 0,55}{8,0,000170(0,005). 40000^2}$$

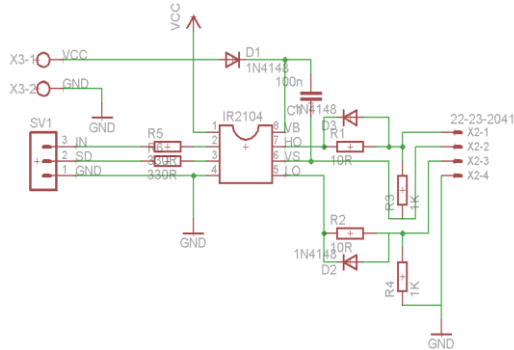
$$C = 41,3 \mu F$$

Dalam rangkaian dipilih kapasitor sebesar 470 uF dengan tegangan maksimal 50 Volt. Rangkaian *buck converter* seperti Gambar 8.

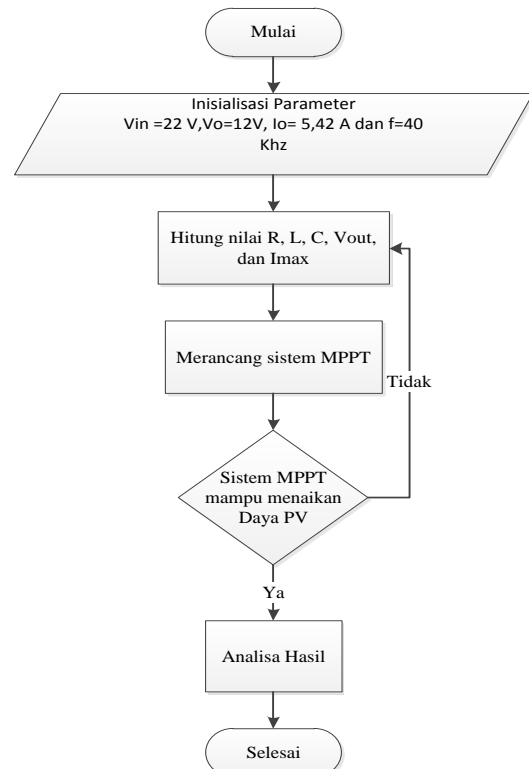


Gambar 8 Rangkaian *buck converter*

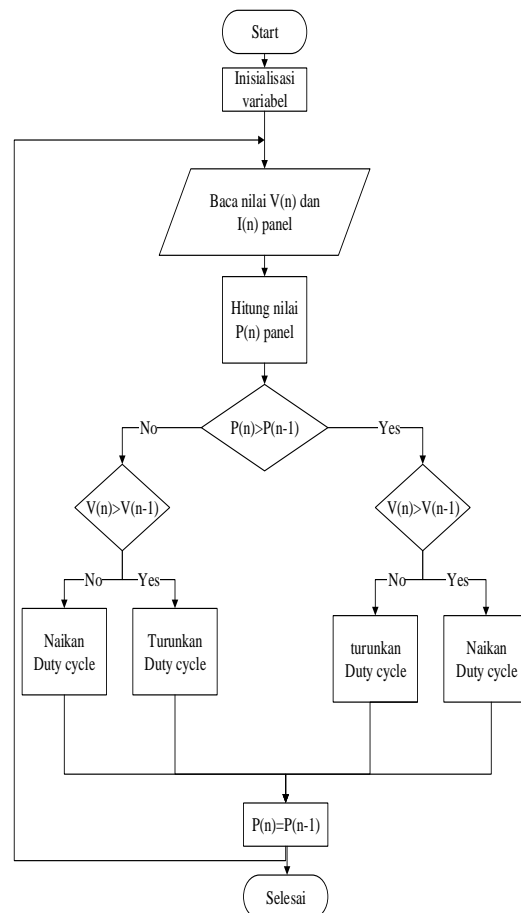
Perancangan *gate driver* MOSFET. Dalam perancangan konverter dibutuhkan sebuah *gate driver* untuk mengontrol switching pada MOSFET, dalam komponen elektronika daya yang berfungsi sebagai *power switch* untuk mempercepat waktu proses transisi MOSFET dari keadaan *cut-off region* ke keadaan *active region* untuk mendapatkan efisiensi yang lebih tinggi, oleh sebab itu di butuhkan rangkaian *gate driver*. Dalam penelitian ini akan menggunakan IC IR2104 yaitu IC *gate driver* yang didalamnya berisi 2 buah pin output yang memiliki keluaran berbeda dan memiliki pin *shutdown* yang berfungsi memberikan input logika untuk mematikan driver jika terjadi gangguan. Detail rangkaian pada Gambar 3.5



Gambar 9 Rangkaian *gate driver* dengan IC IR2104.



Gambar 10 Diagram alir penelitian

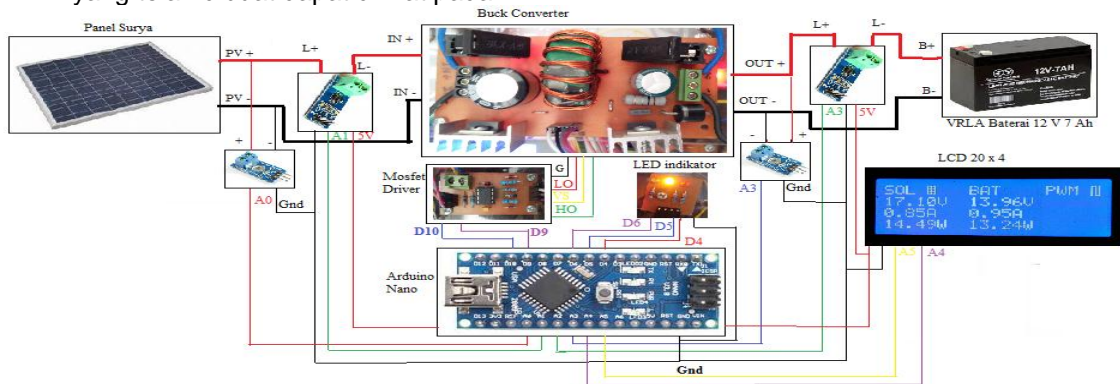


Gambar 11 Diagram alir MPPT

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Sistem MPPT. Perangkat MPPT yang telah dibuat dapat dilihat pada

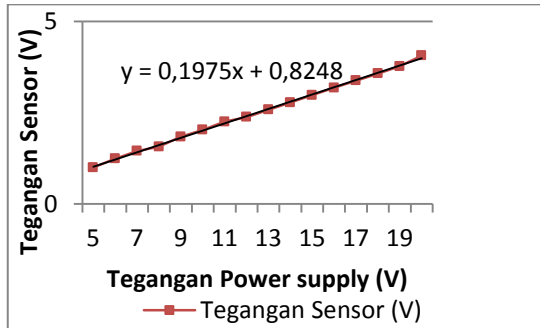
Gambar 12. setiap sub rangkaian dilakukan pengujian untuk mengetahui kemampuan sistem yang telah dibuat.



Gambar 12 Perangkat Solar Charge Controller (SCC) dengan MPPT

Pengujian Sensor Tegangan. Dilakukan untuk mengukur akurasi dari tegangan yang akan diukur pada output panel surya dan output *buck converter*. Dalam pengujian ini sensor tegangan menggunakan sensor pembagi tegangan menggunakan 2 buah resistor yang bernilai 30 K Ω dan 7,5 K Ω , sensor ini hanya mampu untuk mengukur tegangan DC maksimum 25 Volt.

Jadi didapatkan nilai rata-rata dari beberapa sampel data sebesar 5,0392, nilai tersebut digunakan sebagai faktor kalibrasi yang akan di masukan kedalam arduino IDE untuk mendapatkan nilai sebenarnya yang terukur. Perbandingan nilai yang terukur pada sensor dengan alat ukur dapat dilihat pada Gambar 13.



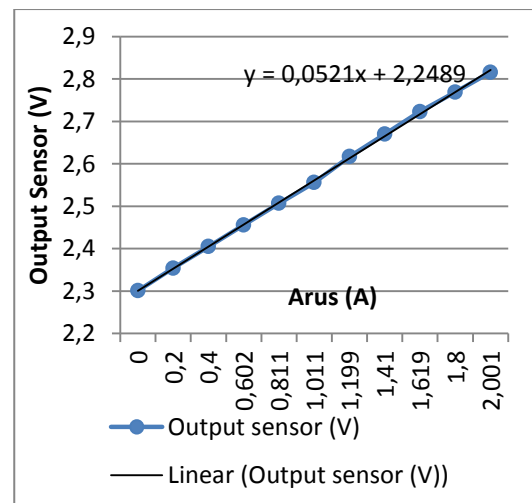
Gambar 13 Grafik perbandingan tegangan power supply dengan tegangan Sensor

Dari hasil pengujian didapatkan error rata-rata 1,77% dapat dikatakan sensor ini cukup baik untuk digunakan dengan batas pengukuran 20,35 volt DC, karena tegangan modul panel surya yang digunakan hanya memiliki tegangan open circuit 22 volt DC.

Dalam pengujian sensor tegangan faktor kalibrasi yang digunakan didapatkan dari persamaan, perhitungan untuk mencari faktor skala dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini.:

$$\text{faktor skala} = \frac{5,05}{1} = 5,05$$

Pengujian Sensor Arus. Pengujian sensor arus dilakukan untuk mengukur akurasi dari arus yang di akan diukur pada output panel surya dan output *buck converter*. Dalam pengujian ini sensor arus yang digunakan adalah ACS712-05A, sensor ini mampu mendeteksi arus maksimal hingga 5 A DC.



Gambar 14 Grafik Pengujian nilai arus terhadap tegangan output sensor ACS712-5A

Dalam pengujian Sensor arus peralatan yang digunakan adalah sebuah

power supply yang ada di Laboratorium sistem tenaga dan beban resistor, tegangan yang digunakan adalah 20 volt DC dan beban resistor yang bervariasi agar mendapatkan nilai arus yang bervariasi dengan maksimum 2 Ampere.

Perhitungan error nya adalah sebagai berikut:

$$Error(\%) = \frac{[1,41 - 1,39]}{1,41} \times 100\% = 1,418$$

Didapatkan error rata-rata sekitar 2,349 % dengan error paling besar pada arus 0,1 dan 0,4 sebesar 5 %, tapi sensor arus ini cukup baik dan mampu untuk mengukur arus pada sistem MPPT.

Untuk mengkalibrasi sensor arus ACS-712 digunakan nilai sensitifitas yang diukur beberapa kali, untuk perhitungannya menggunakan persamaan.

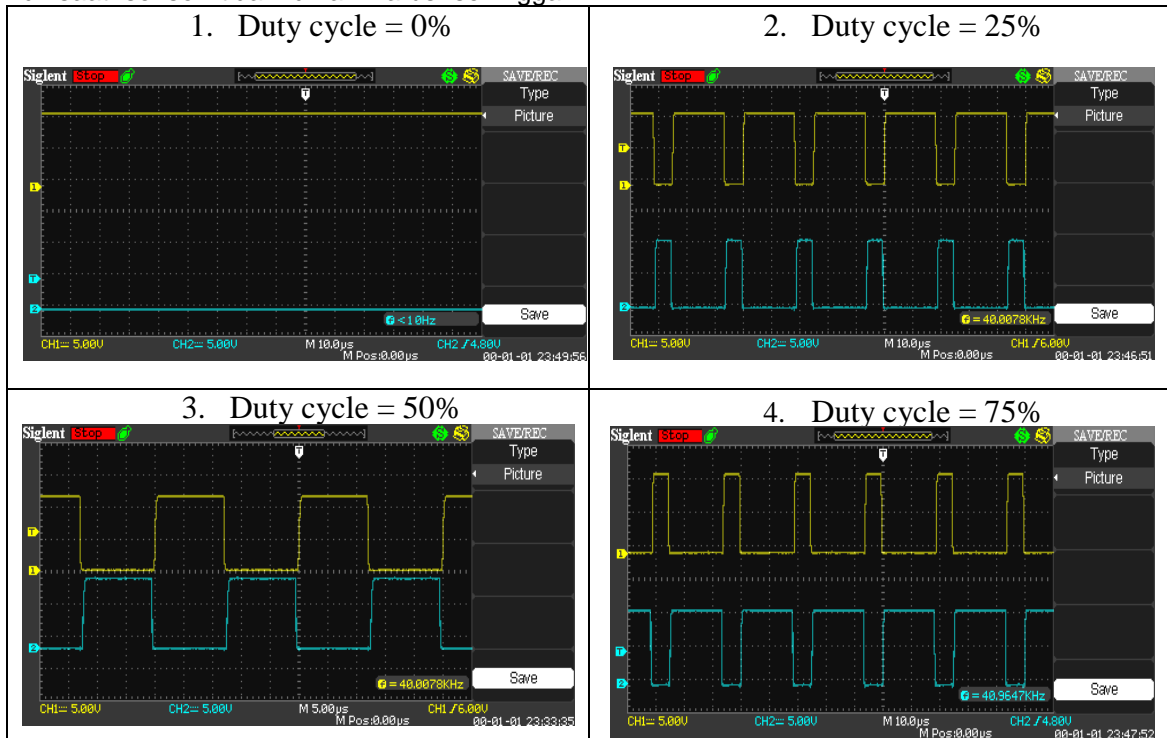
$$Sensitifitas = \frac{[2,67 - 2,301]}{1,41} = 0,262$$

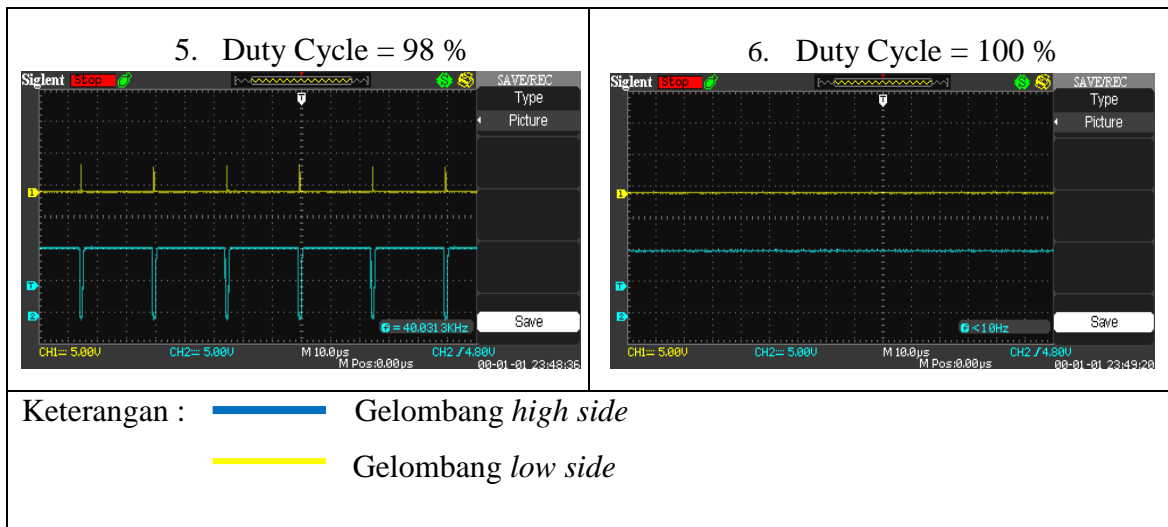
Tegangan referensi adalah tegangan di saat sensor tidak di aliri arus sehingga

tegangan yang terukur sekitar 2,301 Volt. Nilai sensitifitas rata-rata digunakan untuk mengetahui nilai arus yang mengalir pada sensor yang selanjutnya diolah di dalam mikrokontroller. Nilai sensitifitas ini akan dimasukan di dalam arduino IDE untuk mendapatkan nilai arus yang terukur. Perbandingan Tegangan sensor dan pengukuran Arus dapat dilihat pada Gambar 14.

Pengujian Mosfet Driver. Berfungsi untuk mengetahui apakah sistem mosfet driver mampu untuk mengontrol mosfet dengan frekuensi switching 40 khz dengan duty cycle yang bervariasi, driver mosfet menggunakan IC IR2104 yang akan digunakan untuk mengontrol *high-side* dan *low-side* dari *buck converter* yang dibuat dengan menggunakan catu daya DC 12 volt sebagai supply driver.

Dalam pengujian driver mosfet didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Gambar 15 Pengujian gelombang keluaran driver mosfet IR2104.





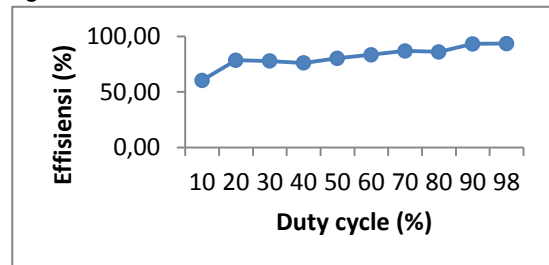
Gambar 15 Pengujian gelombang keluaran driver mosfet IR 2104.

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 15. Tegangan masukan driver adalah 12 Volt dan pin digital yang digunakan adalah pin 9 yaitu salah satu pin PWM bernilai 8 bit, artinya nilai yang bisa diatur berkisar dari 0 – 255. Dalam pengujian driver mosfet digunakan nilai 0 %, 25%, 50%, 75%, 98%, 100%,

Nilai *unit* terdiri dari nilai 0 – 255, untuk mendapatkan duty cycle nilai unitnya secara berurutan adalah 0, 64, 128, 192, 250, dan 255. Dari hasil gelombang yang didapatkan driver mosfet sudah mampu digunakan untuk mengontrol *buck converter* karena mosfet bekerja secara begantian.

Pengujian Synchronous Buck Converter. Dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan efisiensi *synchronous buck converter* yang dibuat, pengujian dilakukan dengan power supply yang konstan dan merubah nilai duty cycle PWM.

Dari efisiensi rata-rata yang didapat didapatkan pada pengujian *synchronous buck converter* cukup baik sebesar 83,91%, nilai ini yang nantinya akan mempengaruhi dari efisiensi sistem MPPT yang di rancang. Efisiensi yang didapatkan rendah apabila duty cycle yang diberikan kecil dan semakin meningkat dengan memperbesar duty cycle. Berikut adalah grafik pengaruh dari duty cycle terhadap efisiensi yang dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16 Grafik pengaruh duty cycle terhadap efisiensi

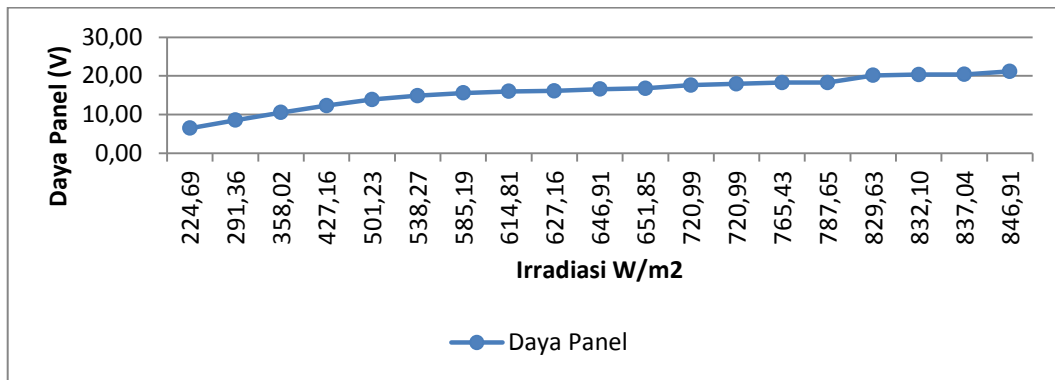
Pengujian keseluruhan Sistem MPPT Solar Charge Controller (SCC). Meliputi pengukuran dan perekaman nilai arus, tegangan dan daya pada sisi panel surya dan baterai. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu dengan algoritma *Pulse Width Modulation (PWM)* dan algoritma *MPPT Perturb and Observe (P&O)*, hal ini dilakukan untuk membandingkan apakah benar algoritma *MPPT Perturb and Observe (P&O)* yang dirancang oleh penulis dapat menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan dengan algoritma *Pulse Width Modulation (PWM)*. Pengujian dilakukan selama 3 hari dimulai dari pukul 10.00 sampai pukul 16.00 dengan rentang waktu pengambilan data selama 20 menit dan untuk membandingkan metode PWM dan MPPT dilakukan hanya untuk 1 hari untuk melihat perbedaan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Panel surya diposisikan pada kemiringan 28° menghadap kearah utara sesuai dengan titik koordinat tempat pengujian sistem, kemudian pengujian sistem ini juga dilengkapi dengan resistor variabel yang diset sebesar 10Ω sebagai beban agar baterai tetap pada keadaan discharging

apabila sistem mendeteksi kondisi baterai pada tegangan penuh sehingga proses pengisian baterai dapat dilakukan sampai rentang waktu yang telah ditentukan tersebut.

Analisa pengaruh Intensitas radiasi matahari terhadap daya keluaran panel surya. Salah satu karakteristik panel surya untuk dapat menghasilkan daya listrik adalah dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari (W/m^2), besar daya listrik yang dihasilkan panel surya berbanding lurus dengan

besarnya intensitas radiasi matahari, efisiensi daya panel surya yang didapatkan selain dari besarnya intensitas radiasi matahari juga dipengaruhi oleh besarnya luas penampang (m^2) dan kualitas bahan semikonduktor panel surya dalam penelitian ini efisiensi panel surya adalah 12,3% .

Pada saat pengukuran MPPT pada hari pertama didapatkan nilai daya terhadap Irradiasi.



Gambar 17 Grafik Hubungan daya terhadap Irradiasi pada hari pertama

Pada saat pengukuran MPPT pada hari pertama didapatkan nilai daya terhadap Irradiasi. Berdasarkan pada Gambar 17 didapatkan nilai perubahan Irradiasi mempengaruhi besar daya panel surya yang dihasilkan, semakin besar intensitas radiasi matahari maka semakin besar daya panel surya yang dihasilkan begitupun sebaliknya. didapatkan Tegangan panel rata-rata yang dihasilkan sebesar 15,86 Volt dengan tegangan output sebesar 14,09 Volt, terbukti rangkaian *buck converter* bisa menurunkan tegangan yang yang dibutuhkan untuk

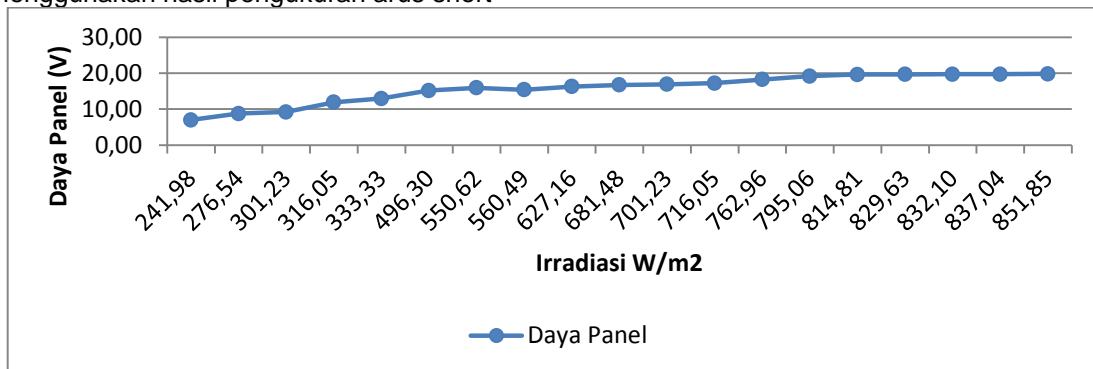
sirkuit (I_{sc}) menggunakan persamaan 2.4 sebagai contoh perhitungannya adalah.

$$G = 2,37 * \frac{1000}{4,05} = 585,19 \text{ W/m}^2$$

Besarnya nilai $I_{sc-Gref}$ dan G_{ref} didapatkan sesuai dengan datasheet panel surya pada Tabel 3.1. jadi dapat disimpulkan bahwa semakin besar I_{sc} maka Intensitas radiasi matahari akan semakin besar begitupun sebaliknya.

Pada saat pengukuran MPPT pada hari kedua didapatkan nilai daya terhadap Irradiasi.

mengisi VRLA baterai. Perhitungan Irradiasi menggunakan hasil pengukuran arus short-



Gambar 18 Grafik Hubungan daya terhadap Irradiasi pada hari kedua

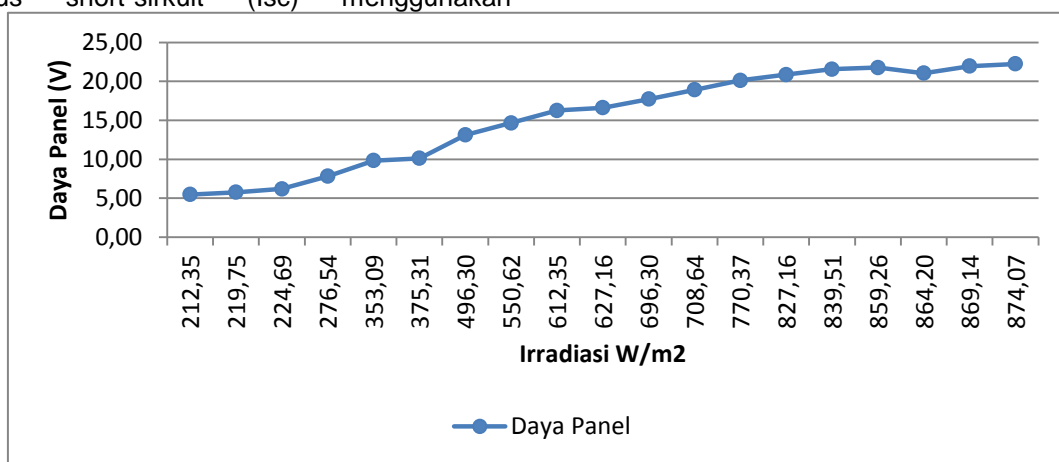
Pada saat pengukuran MPPT pada hari kedua didapatkan nilai daya terhadap Irradiasi. Berdasarkan pada Gambar 18 didapatkan nilai perubahan Irradiasi mempengaruhi besar daya panel surya yang dihasilkan, semakin besar intensitas radiasi matahari maka semakin besar daya panel surya yang dihasilkan begitupun sebaliknya. Pada Tabel 4.8 didapatkan Tegangan panel rata-rata yang dihasilkan sebesar 15,78 Volt dengan tegangan output sebesar 13,99 Volt, terbukti rangkaian *buck converter* bisa menurunkan tegangan yang yang dibutuhkan untuk mengisi VRLA baterai. Perhitungan Irradiasi menggunakan hasil pengukuran arus short-sirkuit (I_{sc}) menggunakan

persamaan 2.4 sebagai contoh perhitungannya adalah.

$$G = 2,01 * \frac{1000}{4,05} = 496,3 \text{ W/m}^2$$

Besarnya nilai $I_{sc-Gref}$ dan G_{ref} didapatkan sesuai dengan datasheet panel surya pada Tabel 3.1. jadi dapat disimpulkan bahwa semakin besar I_{sc} maka Intensitas radiasi matahari akan semakin besar begitupun sebaliknya.

Pada saat pengukuran MPPT pada hari ketiga didapatkan nilai daya terhadap Irradiasi.



Gambar 19 Grafik Hubungan daya terhadap Irradiasi pada hari ketiga

Pada saat pengukuran MPPT pada hari ketiga didapatkan nilai daya terhadap Irradiasi. Berdasarkan pada Gambar 19 didapatkan nilai perubahan Irradiasi mempengaruhi besar daya panel surya yang dihasilkan, semakin besar intensitas radiasi matahari maka semakin besar daya panel surya yang dihasilkan begitupun sebaliknya. Pada Tabel 4.7 didapatkan Tegangan panel rata-rata yang dihasilkan sebesar 15,86 Volt dengan tegangan output sebesar 13,95 Volt, terbukti rangkaian *buck converter* bisa menurunkan tegangan yang yang dibutuhkan untuk mengisi VRLA baterai. Perhitungan Irradiasi menggunakan hasil pengukuran arus short-sirkuit (I_{sc}) menggunakan

bahwa semakin besar I_{sc} maka Intensitas radiasi matahari akan semakin besar begitupun sebaliknya.

4.3.2 Perbandingan hasil pengujian metode MPPT dengan metode PWM

Pada penelitian ini hal utama yang ingin dicapai adalah bahwa dengan menggunakan metode MPPT nilai daya yang dihasilkan panel surya akan lebih besar dari pada menggunakan metode PWM. Untuk membuktikan hal tersebut pengujian dilakukan dengan menerapkan algoritma PWM dan MPPT pada mikrokontroler Arduino secara bergantian.

$$G = 2,23 * \frac{1000}{4,05} = 550,62 \text{ W/m}^2$$

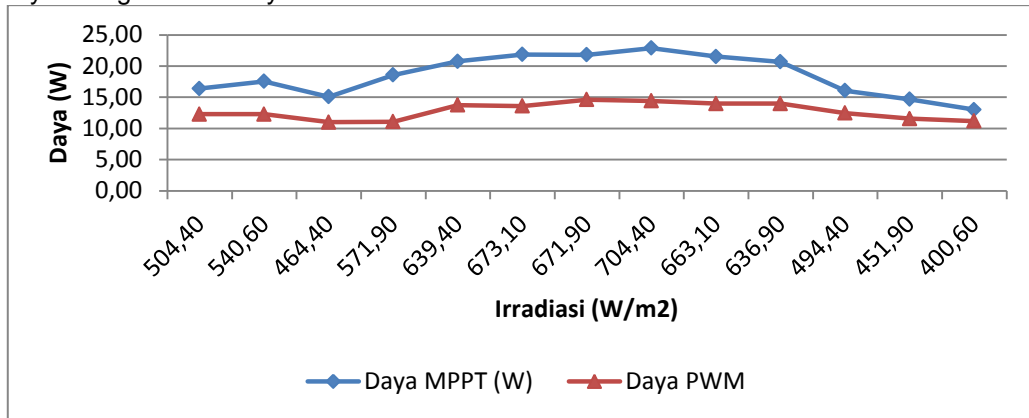
Besarnya nilai $I_{sc-Gref}$ dan G_{ref} didapatkan sesuai dengan datasheet panel surya pada Tabel 3.1. jadi dapat disimpulkan

Pengukuran dilakukan pada saat waktu yang bersamaan dan nilai Intensitas Radiasi Matahari yang sama. Metode PWM dalam penelitian ini menggunakan nilai duty cycle yang tetap sekitar 88%. Dari Tabel 4.8 secara keseluruhan bahwa metode MPPT dapat menghasilkan nilai daya yang lebih besar dari pada metode PWM. Nilai daya

maksimum paling tinggi didapatkan pada intensitas radiasi matahari sebesar 704,4 W/m² dan daya yang dihasilkan sebesar 22,87 Watt. Nilai rata-rata yang didapatkan adalah pada saat pengujian metode MPPT panel surya menghasilkan daya sebesar 18,53 Watt dan saat pengujian metode PWM panel surya menghasilkan daya sebesar

12,78 Watt. Pada sisi baterai nilai daya yang didapatkan untuk metode MPPT sebesar 16,67 Watt dan metode PWM didapatkan daya sebesar 12,24 Watt.

Grafik perbandingan daya panel surya menggunakan metode PWM dan metode MPPT dapat dilihat pada Gambar 20



Gambar 20 Grafik perbandingan Daya menggunakan metode PWM dengan Metode MPPT.

Pada Gambar 20 dapat dianalisa bahwa kenaikan intensitas radiasi matahari akan meningkatkan daya panel surya pada metode MPPT dan PWM, namun pada MPPT daya panel surya yang dihasilkan lebih besar dengan kenaikan daya rata-rata 5,74 Watt. Dari grafik tersebut juga dapat dilihat metode MPPT sangat efektif meningkatkan daya pada intensitas radiasi yang tinggi, pada saat Intensitas radiasi tertinggi sebesar 704,40 W/m² didapatkan masing-masing daya panel surya pada metode MPPT sebesar 22,87 Watt dan pada metode PWM sebesar 14,4 Watt. Didapatkan selisih sebesar 8,47 Watt sedangkan pada radiasi terendah sebesar 400,6 W/m² hanya memiliki selisih sebesar 1,82 Watt.

Analisa perbandingan daya input buck converter dengan daya output. Pada penelitian ini DC-DC konverter yang digunakan dalam perangkat SCC (*solar charge controller*) adalah *buck converter* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan panel surya menuju beban yaitu baterai. Data hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Rasio perbandingan daya input panel dengan daya output baterai

Percobaan Hari	Daya panel surya rata-rata (W)	Daya ke baterai rata-rata (W)	Effisiensi (%)
Pertama	15,94	13,67	85,33
Kedua	15,55	13,42	86,70
Ketiga	15,37	13,29	86,31
Rata-rata	15,62	13,46	86,11

Daya rata-rata panel surya dan daya baterai didapatkan dari Tabel 4.5, Tabel 4.6, dan Tabel 4.7. Untuk contoh perhitungan efisiensi sebagai berikut :

$$\eta(\%) = \frac{13,67}{15,94} \times 100 \% = 85,33 \%$$

Dari Tabel 1 nilai daya panel surya dan daya ke baterai adalah daya rata-rata selama 6 jam, didapatkan efisiensi 85,33%, 86,70%, dan 86,31 % daya rata-rata yang terbuang sekitar 2 W yang disebabkan oleh drop tegangan dari dioda dan rugi daya pada inductor, jadi dalam pembuatan *buck converter ini* sudah bagus karena memiliki

efisiensi yang cukup besar dengan rugi daya yang sangat kecil.

KESIMPULAN

Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap daya yang dihasilkan didapatkan semakin besar nilai intensitas radiasi matahari yang diserap panel surya maka daya yang dihasilkan semakin besar begitu juga sebaliknya, nilai intensitas radiasi matahari tertinggi didapatkan pada nilai 874,07 W/m² dengan nilai daya MPPT sebesar 22,4 Watt. Nilai efisiensi perangkat buck converter yang didapatkan bernilai rata-rata sebesar 86,11 % dengan nilai daya rata-rata panel surya sebesar 15,62 Watt dan daya menuju baterai sebesar 13,46 watt, sehingga dapat dilihat bahwa rugi daya pada peralatan MPPT adalah sebesar 2,16 watt. Alat *Maximum Power Point Tracking Solar Charge Controller* dengan metode *Perturb and Observe (P&O)* mampu menghasilkan daya yang lebih besar dari pada metode *Pulse Width Modulation (PWM)* dengan rata-rata nilai daya keluaran metode MPPT 22,87 Watt dan rata-rata nilai daya keluaran PWM 14,4 Watt.

SARAN

Alat *MPPT Solar Charge Controller* dapat dikembangkan dengan algoritma yang lain agar daya yang didapat lebih maksimal lagi dan perancangan MPPT dapat dikembangkan dengan menaikkan level tegangan panel surya agar dapat mengurangi jumlah arus yang mengalir pada konduktor dan juga dapat menaikkan kapasitas panel surya yang lebih besar dengan rugi daya yang lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

Adityawan, E., 2010, *Studi Karakteristik Pencatuan Solar Cell Terhadap Kapasitas Penyimpanan Energi Baterai*, Skripsi Teknik Elektronika, Universitas Indonesia.

Arduino, *Arduino Nano*, dari <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>, diakses 21 Oktober 2018

Darmawan, D., 2011, *Perancangan Maximum Power Point Tracker(MPPT) Untuk Panel Surya Menggunakan Konverter Cuk Dengan Metode Hill Climbing*. Surabaya: Institut teknologi Sepuluh November Surabaya.

Ferryawan, I.G., 2017, *Maximum Power point tracking (MPPT) Pada Sistem Photovoltaik dengan Boost Converter Berbasis Logika Fuzzy*. Skripsi Teknik Elektro, Universitas Mataram.

Hart, D. W., 2011, *Power Electronics*, McGraw-Hill, New York, USA.

Luque, A., and Hegedus, S., 2002, *Handbook Of Photovoltaic Science and Engineering*, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England

Mohan, N., Undeland T. M., and Robbins W. P., 2003, *Power Electronics Converters, Applications, and Design Third Edition*, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, USA.

Rashid, M. H., 2011, *Power Electronic Handbook Device, Circuits, and Applications Third Edition*, Elsevier, Burlington, USA.

Rekioua, D., and Matagne, E., 2012, *Optimization of Photovoltaic Power Systems Modelization, Simulation, and Control*, Springer, London, UK.

Setiono F.Y., dan Pratomo L.H, (2012), *Memaksimalkan Daya Photovoltaik Sebagai Charge Controller*. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Wibawa, M. T., 2015, *Penjejakan Titik Daya Maksimum pada Sistem Photovoltaik menggunakan Boost Converter dengan Teknik Perturb and Observe*, Skripsi Teknik Elektro, Universitas Mataram.

Widodo, R.T., 2010, *Maximum Power point tracker Sel Surya Menggunakan Algoritma Perturb And Observe*, Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS.