

# PERANCANGAN KONVERTER ARUS SEARAH TIPE *CUK* YANG DIOPERASIKAN UNTUK PENCARIAN TITIK DAYA MAKSIMUM PANEL SURYA BERBASIS *PERTURB AND OBSERVE*

Arifna Dwi Prastiyonoaji<sup>\*)</sup>, Trias Andromeda, and Mochammad Facta

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: arifnaadji@gmail.com

## Abstrak

Potensi energi matahari di Indonesia sangat besar, yang mana dapat dimanfaatkan sekitar 4,8 KWh/m<sup>2</sup> sepanjang harinya. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya berupa listrik arus searah tegangan rendah. Konverter arus searah yang mampu meningkatkan dan menurunkan tegangan adalah konverter searah tipe *cuk*. Penambahan konverter arus searah tipe *cuk* ini bertujuan untuk memastikan mendapatkan titik daya maksimum atau *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) yang dihasilkan oleh panel surya. Salah satu metode yang digunakan untuk mencari daya maksimum adalah *Perturb and Observe* (P&O). Hasil penerapan dengan menggunakan konverter arus searah tipe *cuk* menghasilkan nilai daya keluaran yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan konverter konvensional. Konverter arus searah tipe *cuk* dengan MPPT dapat menghasilkan daya pada iradasi 400 W/m<sup>2</sup> daya yang maksimal diperoleh sebesar 1,77 watt, iradasi 650 W/m<sup>2</sup> sebesar 2,83 watt, iradasi 850 W/m<sup>2</sup> sebesar 3,09 watt, iradasi 950 W/m<sup>2</sup> sebesar 4,29 watt, dan iradasi 1060 W/m<sup>2</sup> sebesar 5,49 watt.

*Kata kunci: Energi Alternatif, Cuk Converter, Maximum Power Point Tracking*

## Abstract

The potential of solar energy in Indonesia can be used about 4.8 KWh / m<sup>2</sup> a day. The electrical energy generated by the solar panels is a low voltage direct current electricity. This electrical energy will be collected and stored in a battery or accumulator charging using control devices. The addition of the *cuk* converter is to ensure the system always get the maximum power point or Maximum Power Point Tracking (MPPT) generated by solar panels. One of the methods used to find the maximum power is *Perturb and Observe* (P&O). Based on the result, *cuk* converter generates higher power output than the conventional converters. *Cuk* converters with MPPT system can track average maximum power of 1,77 watt on irradiation of 400 watt/m<sup>2</sup>, irradiation of 650 watt/m<sup>2</sup> produce maximum power of 2,83 watt, irradiation of 850 watt/m<sup>2</sup> produce maximum power 3,09 watt, irradiation of 950 watt/m<sup>2</sup> produce maximum power 4,29 watt, irradiation of 1060 watt/m<sup>2</sup> produce maximum power 5,49 watt.

*Keywords: Renewable Energy, Cuk Converter, Maximum Power Point Tracking*

## 1. Pendahuluan

Penggunaan energi baru terbarukan (EBT) merupakan energi alternatif sebagai pengganti energi dengan menggunakan bahan bakar fosil yang digunakan untuk pembangkit listrik. Energi matahari merupakan salah satu energi baru terbarukan yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik [1].

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sumber energi baru terbarukan yang populer dengan beberapa keuntungan, seperti biaya operasional yang rendah, minim biaya perawatan, dan ramah lingkungan. Pemanfaatan panel surya sebagai pembangkit biasanya

dapat dihubungkan langsung dengan beban tanpa konverter, mengakibatkan beban menerima tegangan yang sama dengan panel surya, sehingga beban menerima tidak sesuai dengan tegangan kerja yang diperlukan. Permasalahan ini dapat dihilangkan dengan cara penambahan konverter arus searah sebagaimana terdapat pada Penelitian ini. Penambahan konverter arus searah secara konvensional bertujuan mendapatkan tegangan konstan yang dapat memberikan daya listrik, dan selanjutnya disimpan dalam baterai atau aki. Konverter konvensional tersebut beroperasi secara statis, sehingga pemberian daya ke beban kurang maksimal [2]. Konverter arus searah yang mampu meningkatkan dan menurunkan tegangan adalah konverter tipe *cuk*.

Pemilihan konverter arus searah tipe *cuk* dibanding jenis konverter yang lain karena tegangan keluaran konverter *cuk* dapat diatur naik dan turun dengan pengaturan *duty cycle* sesuai dengan kebutuhan algoritma *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) [8]. MPPT bertujuan untuk memastikan sistem selalu mendapatkan daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya. Salah satu metode yang digunakan untuk mencari daya maksimum adalah *Perturb and Observe* (P&O) [3]. Algoritma P&O akan meningkatkan atau menurunkan tegangan panel surya dengan bantuan konverter secara terus menerus berdasarkan perbandingan daya hingga mencapai *Maximum Power Point* [4].

## 2. Metode

### 2.1. Pemodelan Modul Panel Surya

Modul panel surya ini sudah tersedia di Laboratorium Konversi Energi, sehingga tidak perlu melakukan perancangan ulang modul panel surya. Adapun spesifikasi lengkap panel surya ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya

Parameter	Nilai
Daya Masimum	10 watt
Tegangan Daya Maksimum	18 volt
Arus Daya Maksimum	0,56 ampere
Tegangan Open Circuit	21,7 volt
Arus Short Circuit	0,59 ampere

Modul panel surya meliputi panel surya dan lampu halogen sebagai sumber penyorotan. Lampu halogen memiliki spesifikasi daya sebesar 50 W 220 V. Lampu yang digunakan berjumlah 20 buah di pasang secara paralel, sehingga daya total yang dikonsumsi oleh rangkaian lampu adalah sebesar 1000 W.

### 2.2. Pemodelan Modul Konverter

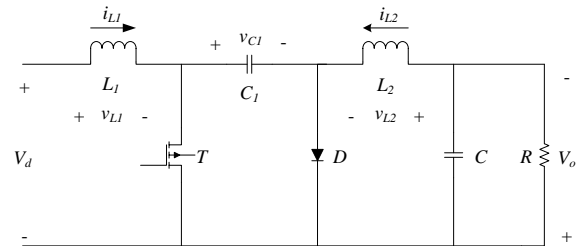
Konverter *cuk* berfungsi menghubungkan keluaran modul panel surya dengan beban dan untuk mencari titik daya maksimum panel surya. Pencarian titik daya maksimum panel surya dilakukan dengan memvariasikan nilai *duty cycle* konverter *cuk* dengan mode CCM (*Continuous Conduction Mode*) [5]. Tabel 2 menunjukkan spesifikasi perancangan konverter arus searah tipe *cuk*.

Tabel 2. Spesifikasi Perancangan

Parameter	Nilai
Tegangan Masukan	18 volt
Tegangan keluaran	-151 volt
Arus maksimum	0,56 ampere
Frekuensi	31,25 kHz

Tabel 3. Komponen Rangkaian *Cuk Converter*

Komponen	Tipe/Nilai
MOSFET	IRFZ44N
Dioda	1N5401
Induktor 1	220 $\mu$ H
Induktor 2	220 $\mu$ H
Kapasitor 1	100 $\mu$ F/160 V
Kapasitor 2	470 $\mu$ F/160 V



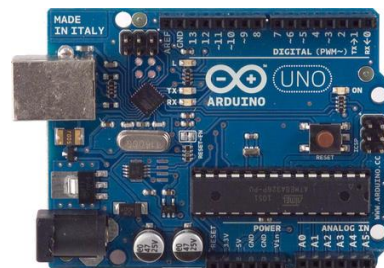
Gambar 1. Rangkaian *Cuk Converter*

### 2.3. Pemodelan Rangkaian Kontrol

Perancangan rangkaian kontrol memiliki fungsi untuk mendapatkan arus maksimal ( $I_{max}$ ) dan tegangan maksimal ( $V_{max}$ ) sel surya agar mencapai titik daya maksimum yang diinginkan. Rangkain kontrol sendiri memiliki tujuan untuk menstabilkan tegangan dan arus agar titik daya maksimum tetap terjaga [6].

#### 2.3.1. Sistem Minimum Mikrokontroler Arduino Uno

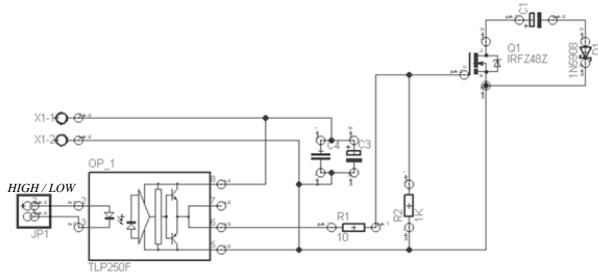
Sistim minimum mikrokontroler Arduino Uno merupakan rangkaian kontrol dalam Penelitian ini. Arduino sendiri memiliki peranan sebagai pengolahan data tegangan dan arus yang terbaca agar mencapai daya maksimum sesuai tujuan awal. Komponen utama dari rangkaian ini adalah IC mikrokontroler ATmega328. Pada rangkaian sistem minimum yang digunakan menggunakan sumber *clock* yang terdapat pada *external crystal oscillator* 16 MHz yang berfungsi untuk memberikan sinyal pulsa agar mikrokontroler dapat memproses data.



Gambar 2. Tampilan Arduino Uno

### 2.3.2. Rangkaian Driver MOSFET

Rangkaian TLP250 digunakan untuk mengisolasi dan menguatkan sinyal PWM level tegangan 5 volt yang dibangkitkan mikrokontroller menjadi level tegangan yang lebih tinggi dengan sistem ground terpisah dan cukup untuk memicu MOSFET yang membutuhkan tegangan  $V_{GS}$  maksimal  $\pm 20V$ .



Gambar 3. Rangkaian TLP250

### 2.3.3. Sensor Arus

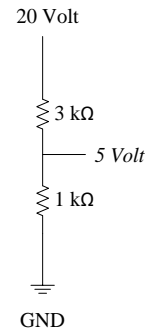
Mikrokontroller Arduino ATmega 328 membutuhkan modul sensor arus dalam pembacaan hasil arus keluaran panel surya. Modul sensor arus yang digunakan pada Penelitian ini tipe ACS 712. Pemilihan sensor arus ACS 712 dikarenakan memiliki respon pembacaan yang tinggi, selain itu sensor arus ACS 712 dapat membaca arus positif maupun negatif. Teknologi *Hall effect* yang ada dalam ACS 712 menggantikan fungsi resistor *shunt* dan *current transformer* menjadi sebuah sensor dengan ukuran yang jauh *relative* kecil.



Gambar 4. Sensor Arus ACS712

### 2.3.4. Sensor Tegangan

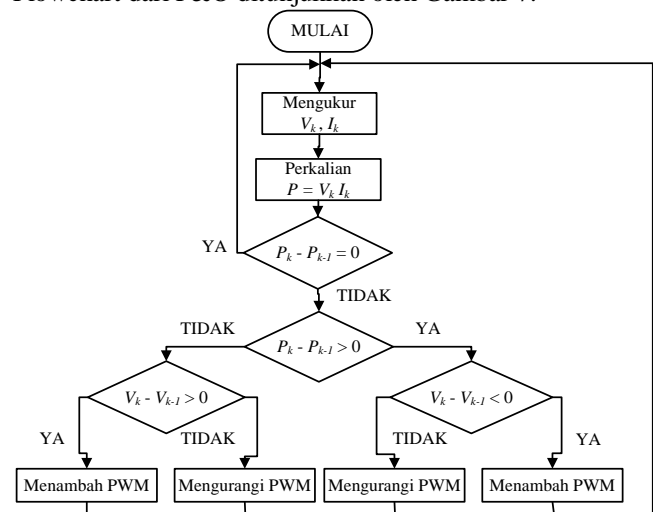
Sensor tegangan yang digunakan adalah rangkaian pembagi tegangan. Nilai input *cuk converter* yang diinginkan sebesar 20 V, sehingga dibutuhkan nilai dari  $R_1$  sebesar 3 k $\Omega$  dan  $R_2$  sebesar 1 k $\Omega$  agar tegangan yang masuk mikrokontroller  $\leq 5$  V.



Gambar 5. Rangkaian sensor tegangan

## 2.4. Pemodelan MPPT

MPPT digunakan untuk mencari titik daya maksimum panel surya [7]. Pencarian titik daya maksimum panel surya menggunakan konverter arus searah tipe *cuk* berbasis *Perturb and Observe* (P&O). Metode ini didasarkan pada pengamatan daya keluaran panel surya terhadap tegangan yang berada dibawah atau diatas nilai daya puncak dalam kurva daya terhadap tegangan [7]. Flowchart dari P&O ditunjukkan oleh Gambar 7.

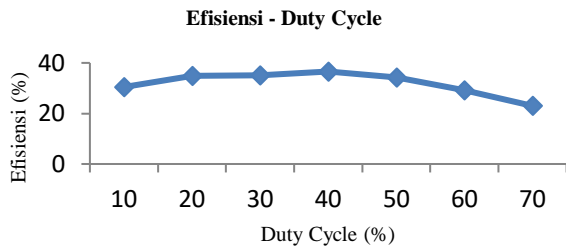


Gambar 6. Flowchart *Perturb and Observe*

## 3. Hasil dan Analisa

### 3.1. Pengujian Modul Konverter

Pengujian *cuk converter* dilakukan untuk mengukur tegangan masukan dan keluaran, arus masukan dan keluaran, serta perhitungan efisiensi rangkaian *cuk converter*. Pengujian *cuk converter* bertujuan untuk mengetahui efisiensi dari *cuk converter* yang dibuat.



Gambar 7. Efisiensi Cuk Converter

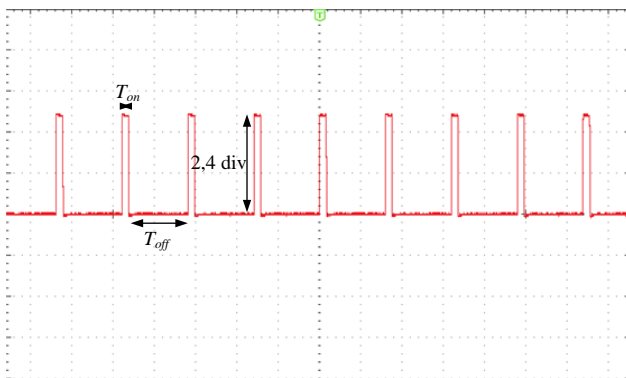
Nilai efisiensi yang tidak mencapai 100% disebabkan karena adanya daya yang terbuang dalam komponen *cuk converter*. Komponen MOSFET dan dioda pada *cuk converter* terdapat *switching* frekuensi yang menyebabkan berkurangnya daya pada saat *switching*. Komponen induktor menyebabkan terbuangnya daya karena induktor yang digunakan memiliki nilai yang besar akibat banyaknya lilitan sehingga resistansinya semakin besar.

### 3.2. Pengujian Rangkaian Kontrol

Pengujian rangkaian kontrol dilakukan untuk mengetahui nilai gelombang keluaran PWM mikrokontroller, sensor arus, sensor tegangan, dan gelombang keluaran TLP250.

#### 3.2.1. Pengujian PWM Mikrokontroller

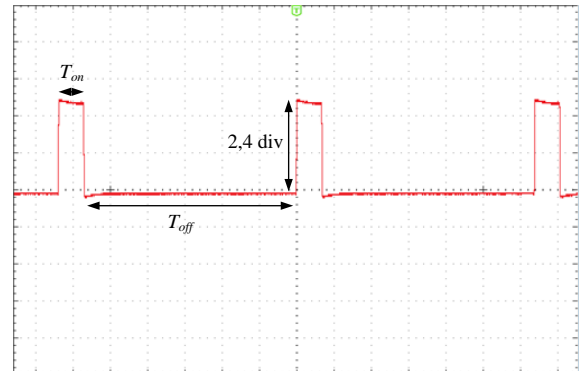
Gambar 8 menunjukkan output pin PWM dimana pengamatan dilakukan pada V/div 2 volt dan Time/div 20  $\mu$ s.



Gambar 8. Gelombang Keluaran PWM D= 10 %

#### 3.2.2. Pengujian Rangkaian Mosfet Driver TLP250

Gambar 9 menunjukkan output pin 6 dengan ground TLP 250 dimana pengamatan dilakukan pada V/div 5 volt dan Time/div 20  $\mu$ s.



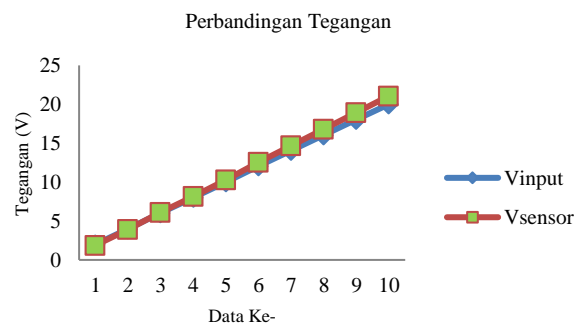
Gambar 9. Gelombang Keluaran TLP250 D = 10%

### 3.2.3. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai tegangan terukur pada multimeter dengan nilai tegangan yang ditampilkan mikrokontroller.

Tabel 4. Pengujian tegangan input dan tegangan sensor

Tegangan Input (volt)	Tegangan Sensor (volt)	Error (%)
2	1.88	0.12
4	3.91	0.09
6.04	6.07	0.03
8.01	8.157	0.14
10	10.31	0.31
12.06	12.54	0.48
14.04	14.69	0.65
16.04	16.81	0.77
18	18.92	0.92
20	21.07	1.07



Gambar 10. Grafik Perbandingan Tegangan

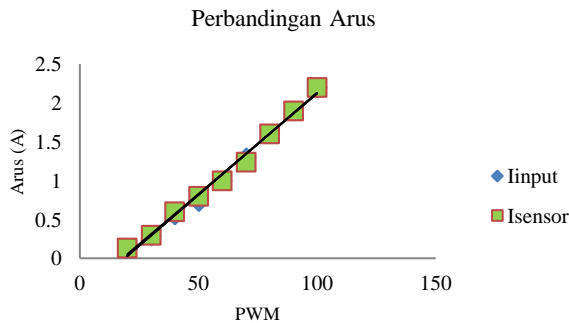
Berdasarkan data pada Tabel 4 didapatkan error rata-rata pembacaan sensor tegangan sebesar 0,45%. Hasil yang diperoleh untuk unjuk kerja sensor tegangan cukup mendukung agar sensor tegangan yang dirancang dapat digunakan dalam Penelitian ini, karena pembacaan daya dapat berjalan ketika terdapat arus pada rentang tegangan 2 sampai 18 volt. Pada rentang tegangan ini error rata – rata pembacaan sensor tegangan lebih kecil dari 0,45 %.

3.2.4. Pengujian Sensor Arus

Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai arus yang terukur pada multimeter dengan nilai arus yang ditampilkan mikrokontroller.

Tabel 5. Pengujian Arus Input dan Arus Sensor

PWM	Beban (Ω)	Arus input (A)	Arus terbaca pada sensor (A)	Error (%)
20	100	0.134	0.134	0
30	100	0.29	0.30	0.01
40	100	0.56	0.6	0.04
50	100	0.73	0.8	0.07
60	100	1	1	0
70	100	1.3	1.24	0.06
80	100	1.6	1.6	0
90	100	1.9	1.9	0
100	100	2.2	2.2	0



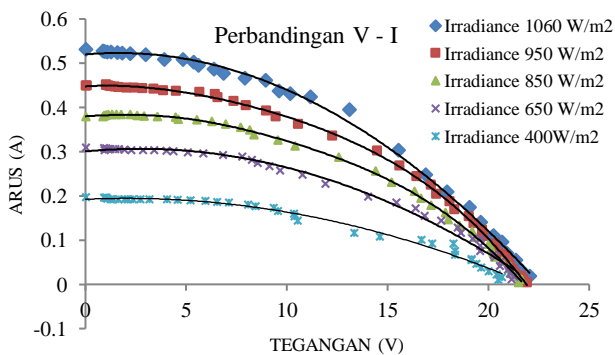
Gambar 11. Grafik Perbandingan Arus

Berdasarkan data pada Tabel 5 didapatkan error rata-rata pembacaan sensor arus ACS712 sebesar 0,02 %. Hal ini disebabkan karena perhitungan pembulatan nilai konstanta pada mikrokontroller yang tidak tepat dan sensor ACS712 dipengaruhi oleh medan magnet disekitar sensor yang disebabkan induktor pada rangkaian.

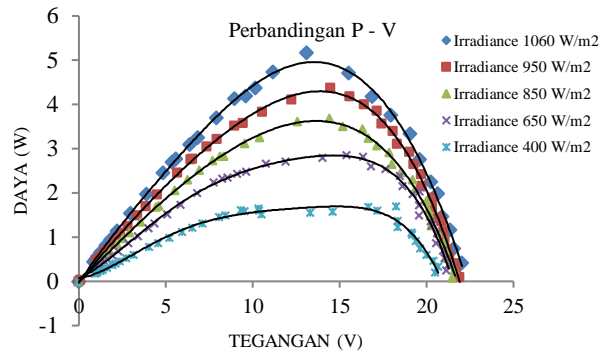
3.2. Pengujian MPPT Metode P&O

3.2.1. Pengujian Panel Surya

Pengambilan data arus dan tegangan dilakukan menggunakan nilai iradiasi lampu halogen 400 watt/m<sup>2</sup>, 650 watt/m<sup>2</sup>, 850 watt/m<sup>2</sup>, 950 watt/m<sup>2</sup>, dan 1060 watt/m<sup>2</sup>.



Gambar 12. Kurva Tegangan terhadap Arus pada Variasi Iradiasi



Gambar 13. Kurva Daya terhadap Tegangan pada Variasi Iradiasi

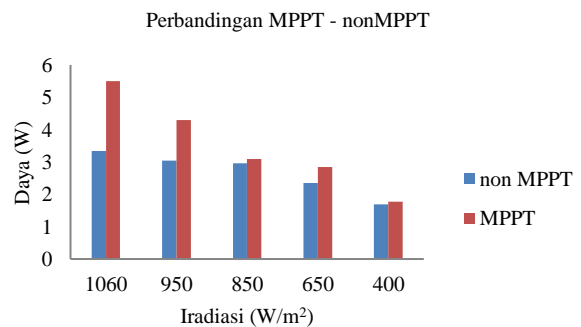
Gambar 12 dapat disimpulkan bahwa apabila tegangan semakin besar maka arus yang dihasilkan semakin kecil sesuai dengan rumus  $P = V \cdot I$ . Gambar 13 dapat dilihat kurva berbentuk seperti bukit dan terdapat puncak, puncak tersebut merupakan nilai daya tertinggi yang mampu disalurkan panel surya untuk beban. Daya yang dikeluarkan akan mengalami penurunan ketika beban yang disalurkan ke panel surya sudah terlalu kecil, sehingga daya yang dikeluarkan panel surya juga berangsur mengalami penurunan.

3.2.2. Pengujian MPPT Metode P&O

Pengujian Algoritma dilakukan dengan membandingkan titik daya menggunakan MPPT dengan titik daya tanpa MPPT pada nilai iradiasi lampu halogen 400 watt/m<sup>2</sup>, 650 watt/m<sup>2</sup>, 850 watt/m<sup>2</sup>, 950 watt/m<sup>2</sup>, dan 1060 watt/m<sup>2</sup>.

Tabel 6. Hasil Perbandingan MPPT dan Tanpa MPPT

Iradiasi (W/m <sup>2</sup> )	MPPT (watt)	TANPA MPPT (watt)
1060	5,49	3,33
950	4,29	3,04
850	3,09	2,95
650	2,83	2,35
400	1,77	1,69



Gambar 15. Grafik Perbandingan MPPT dan Tanpa MPPT pada R 100 Ω

Pada Gambar 15 daya pada resistansi beban 100 Ω tanpa MPPT belum mencapai daya maksimum panel surya saat iradiasi 1060 watt/m<sup>2</sup> sebesar 3,33 watt, saat iradiasi 950

watt/m<sup>2</sup> sebesar 3,043 watt, saat irradiasi 850 watt/m<sup>2</sup> sebesar 2,958 watt, saat irradiasi 650 watt/m<sup>2</sup> sebesar 2,355 watt, dan saat irradiasi 400 watt/m<sup>2</sup> sebesar 1,69 watt. Titik daya maksimum dengan MPPT algoritma *Perturb and Observe* pada saat iradiasi 1060 watt/m<sup>2</sup> sebesar 5,49 watt, saat iradiasi 950 watt/m<sup>2</sup> sebesar 4,298 watt, saat iradiasi 850 watt/m<sup>2</sup> sebesar 3,098 watt, saat iradiasi 650 watt/m<sup>2</sup> sebesar 2,836 watt, dan saat iradiasi 400 watt/m<sup>2</sup> sebesar 1,77 watt.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pengukuran dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa rangkaian *cuk converter* menggunakan algoritma *Perturb and Observe* telah berhasil direalisasikan. Konverter arus searah tipe *cuk* dapat meningkatkan daya keluaran panel surya dari yang sebelumnya tanpa menggunakan konverter. Konverter arus searah tipe *cuk* dapat mencari tegangan tertinggi panel surya, sehingga sangat efisien jika konverter ini diterapkan sebagai pengganti konverter konvensional yang beroperasi secara statis.

#### Referensi

- [1]. I. Rahardjo and I. Fitriana, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Indonesia," *Strateg. Penyediaan List. Nas. Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaat. PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, dan Energi Terbarukan, P3TKKE, BPPT, Januari*, pp. 43–52, 2005.
- [2]. M. Suyanto, "Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Pembangkit Listrik Terbarukan." 2014.
- [3]. M. S. Gozali, "Perbandingan Konverter CUK dan SEPIC Untuk Pelacakan Titik Daya Maksimum Berbasis Panel Surya," *Batam Polytech.*, p. 5.
- [4]. D. C. Bani, M. Pujiantara, and H. Suryoatmojo, "MPPT Pada Sistem PV Menggunakan Algoritma Firefly dan Modified P&O dengan Konverter Hybrid Cuk terkoneksi ke Grid Satu Fasa di Bawah Kondisi Partial Shaded," *Tek. elektro, ITS*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [5]. G. M. P, I. A. Warsito, D. M. Facta, and D. Ph, "Analisis Perbandingan Hasil Operasi CCM dan DCM pada DC Chopper Tipe Cuk," pp. 1–8.
- [6]. S. Kurniawan and S. Handoko, "Maximum Power Point Tracking ( MPPT ) Dengan Konverter DC-DC Tipe Cuk."
- [7]. J. Ahmed and Z. Salam, "An improved perturb and observe ( P & O ) maximum power point tracking ( MPPT ) algorithm for higher efficiency," *Appl. Energy*, vol. 150, pp. 97–108, 2015.
- [8]. D. S. Morales, "Maximum Power Point Tracking Algorithms for Photovoltaic Applications," *Science (80 )*, vol. 411, p. 82, 2010.