

## Peningkatan Efisiensi *SEPIC Converter* dengan *MPPT Incremental Conductance* pada Panel Surya

Rofi Amrullah Akisa<sup>1\*</sup>, Denda Dewatama<sup>2</sup>, Yulianto<sup>3</sup>

<sup>1\*,2,3</sup> Politeknik Negeri Malang

\*Email: \*rofiamrullah92@gmail.com

### Abstract

*SEPIC Converter* is one of the topology *DC-DC Converter*. Specifications *SEPIC Converter* has a small current and voltage ripple, the output voltage polarity is the same as the input. Changes in the intensity of sunlight can affect the power generated by the *SEPIC Converter*. So, we need a control method on the *SEPIC Converter* for optimal power. To overcome this problem, the *MPPT (Maximum Power Point Tracking)* system with the *Incremental Conductance (IC)* algorithm is used. The output of this algorithm is the duty cycle used for the switching converter. The *IC* algorithm was chosen because it has the advantage of having an output power, the speed of the *MPP (Maximum Power Point)* tracker is higher than using the *P&O (Perturb & Observe)* algorithm. System tested with 100 Wp solar panels. From the results of testing the system using *MPPT*, the highest output power is found at a light intensity of 120000 Lux, which is 36.9W with an efficiency of 87%.

Keywords: *MPPT, Incremental Conductance, SEPIC Converter*

### Abstrak

*SEPIC Converter* merupakan salah satu topologi *DC-DC Converter*. Spesifikasi *SEPIC Converter* mempunyai ripple arus dan tegangan masukan yang kecil, polaritas tegangan keluaran yang sama dengan masukannya. Perubahan intensitas cahaya matahari dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh *SEPIC Converter*. Maka diperlukan suatu metode kontrol pada *SEPIC Converter* untuk daya yang optimal. Untuk mengatasi masalah tersebut, digunakan sistem *MPPT (Maximum Power Point Tracking)* dengan algoritma *Incremental Conductance (IC)*. Keluaran algoritma ini berupa *duty cycle* yang digunakan untuk *switching converter*. Algoritma *IC* dipilih karena memiliki kelebihan yaitu mempunyai daya keluaran, kecepatan tracker *MPP (Maximum Power Point)* lebih tinggi dibanding menggunakan algoritma *P&O (Perturb & Observe)*. Sistem ini diuji dengan panel surya 100 Wp. Dari hasil pengujian sistem menggunakan *MPPT* didapatkan daya keluaran tertinggi berada pada saat intensitas cahaya sebesar 120000 Lux yaitu 36,9W dengan efisiensi sebesar 87%.

Kata kunci: *MPPT, Incremental Conductance, SEPIC Converter*

### 1. Pendahuluan

Ketergantungan terhadap energi listrik saat ini semakin meningkat tajam, baik di industri maupun di perkantoran, apartemen, dan rumah tangga yang membutuhkan listrik [1]. Sistem panel surya atau pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dapat mengubah energi elektromagnetik dari sinar matahari menjadi energi listrik [2]. Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki

potensi untuk memanfaatkan energi matahari. Potensi pemanfaatan energi matahari di Indonesia mencapai rata-rata sebesar 207,8 GWp [3]. Efisiensi yang dimiliki panel surya tergolong sangat rendah yaitu sekitar 13-20% [4]. Terdapat beberapa penelitian terdahulu [5] yang melakukan penelitian bertujuan mengontrol daya keluaran panel surya agar mencapai titik daya maksimalnya menggunakan *SEPIC*

Converter dengan metode *P&O* yang hanya menghasilkan rata-rata daya keluaran 23,16 W. Sedangkan penelitian terdahulu lainnya [6] melakukan penelitian untuk mengimplementasikan sistem penjejak *MPPT* berdasarkan algoritma *IC* untuk mengoptimalkan daya keluaran panel surya menggunakan *buck-boost converter* yang menghasilkan rata-rata daya keluaran 17,89 W.

Berdasarkan data tersebut penelitian tentang penerapan dan peningkatan efisiensi panel surya masih perlu dilakukan. Panel surya yang digunakan penelitian ini adalah tipe *polycrystalline* yang memiliki toleransi panas sedikit lebih rendah dan juga memiliki harga yang lebih murah daripada tipe *monocrystalline* [4]. Kurva karakteristik I-V dari panel surya sendiri bergantung dengan suhu dan iradiasi. Semakin tinggi nilai iradiasi yang dihasilkan maka arus juga akan semakin tinggi dan sebaliknya apabila suhu meningkat arus akan meningkat tetapi tegangan akan menurun sehingga mengakibatkan penurunan daya [7]. Untuk mendapatkan daya optimal dari panel surya, tegangan dan arus yang keluar akan dikontrol menggunakan sistem *MPPT* (*Maximum Power Point Tracking*). Pada sistem *MPPT* terdapat dua bagian penting yaitu algoritma kontrol dan *DC-DC Converter*.

*DC-DC Converter* adalah suatu alat yang mengubah level tegangan DC ke level tegangan DC yang lain [8]. Terdapat beberapa jenis topologi *DC-DC converter*, antara lain *buck* [6][7], *boost* [11], *buck-boost* [12], *cuk* [13], *zeta* [14], dan *sepic* [12][13]. Jenis topologi yang digunakan pada penelitian ini adalah *SEPIC Converter*. *Converter* ini memungkinkan tegangan keluaran menjadi lebih rendah, sama, dan lebih besar dari tegangan masukannya dan mempunyai polaritas tegangan keluaran yang sama dengan masukannya [17]. *Ripple* tegangan dan arus yang dihasilkan pada masukan *SEPIC Converter* lebih kecil dibandingkan dengan *buck-boost*, *cuk*, dan *zeta converter* [18]. Algoritma kontrol yang digunakan untuk mencari tegangan yang optimal pada penelitian adalah *incremental*

*conductance* (*IC*). Keluaran algoritma ini berupa *duty cycle* yang digunakan untuk *switching converter*. Algoritma ini dipilih karena memiliki kelebihan yaitu perhitungan yang sederhana. Selain itu juga mempunyai kemampuan dalam menentukan titik daya maksimum dengan baik tanpa pengaruh berbagai perubahan pada panel surya, seperti penuaan, perubahan kondisi lingkungan, penurunan kemampuan sel surya [19].

Berdasarkan latar belakang di atas maka penulis bertujuan untuk meningkatkan efisiensi daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya dengan menggunakan *SEPIC Converter* yang sudah terintegrasi dengan Metode *Maximum Power Point Tracking* (*MPPT*) *Incremental Conductance* (*IC*).

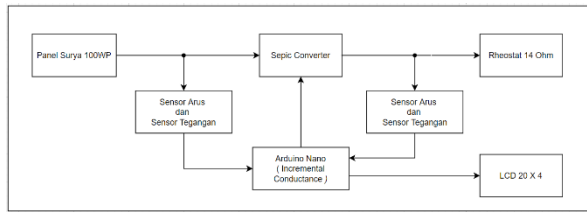
## 2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *Maximum Power Point Tracking* (*MPPT*) metode ini merupakan sebuah sistem yang digunakan untuk mencari *Maximum Power Point* (*MPP*) pada panel surya untuk mengeluarkan daya maksimumnya. Pada sistem *MPPT* terdapat algoritma kontrol yang berfungsi untuk mengubah titik kerja kurva karakteristik *P-V* dari panel surya. Algoritma ini digunakan untuk mencari nilai *maximum power point* dengan menentukan tegangan operasi optimal berdasarkan pengukuran arus, tegangan dan daya keluaran pada panel surya.

Algoritma ini melakukan perbandingan *instantaneous conductance* (*I/V*) dengan *incremental conductance* (*dI/dV*) untuk mencari nilai *MPP* (*Maximum Power Point*). Disaat kondisi *MPP* tercapai, keluaran panel surya akan dipertahankan pada kondisi ini. Ketika terjadi perubahan arus (*dI*) yang menandakan bahwa adanya perubahan kondisi cuaca sekitar. Sistem kerja algoritma ini dilakukan dengan cara menambah atau mengurangi *duty cycle* untuk melacak *MPP* baru ketika ada perubahan cuaca sekitar.

### 2.1. Diagram Blok

Berikut merupakan diagram blok pada sistem:



Gambar 1. Diagram Blok

Berdasarkan Gambar 1 diatas panel surya 100WP digunakan sebagai catu daya sistem utama, sensor arus dan sensor tegangan (pembagi tegangan) digunakan untuk mengukur tegangan dan arus pada masukan/keluaran *SEPIC Converter*, Arduino Nano sebagai pengolah data masukan/keluaran sistem, *SEPIC Converter* sebagai pengubah level tegangan/arus pada sistem, beban yang digunakan berupa variable resistif sebesar 14 ohm dan *LCD* berfungsi menampilkan arus, tegangan, daya masukan/keluaran pada sistem.

## 2.2. Perancangan Elektrik

### 2.2.1. Spesifikasi Panel Surya

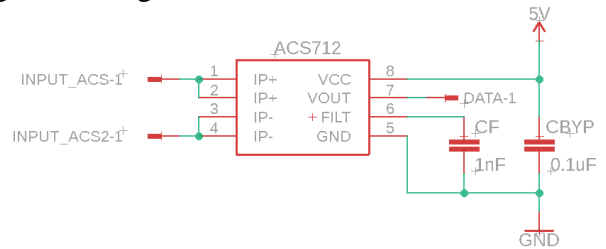
Panel surya yang digunakan dalam skripsi ini adalah SOLANA series yang termasuk dalam jenis *polycrystalline*. Tipe *polycrystalline* ini mempunyai kelebihan yaitu harga yang relatif murah dan mempunyai toleransi yang rendah akibat perubahan radiasi matahari [4]. Berikut merupakan spesifikasi panel surya tipe *polycrystalline* yang ditunjukkan pada Tabel 1:

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya		
Parameter	Nilai	Satuan
Daya maksimum (Pmax)	100	Wp
Tegangan operasi optimal (Vm)	17.8	V
Arus operasi optimal (Im)	5.62	A
Tegangan <i>open circuit</i> (Voc)	22.4	V
Arus <i>short circuit</i> (Isc)	5.95	A
Toleransi Daya	0 – 3	%

### 2.2.2. Perancangan Sensor Arus

Pada perancangan ini sensor arus yang digunakan adalah ACS712. Terdapat sensor arus ACS712-5A yang digunakan mengukur arus keluaran *SEPIC Converter* maksimal 5A

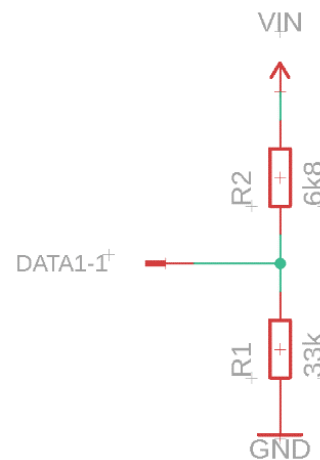
dengan mempunyai sensitivitas sebesar 180 mV/A kemudian ACS712-20A yang digunakan mengukur arus masukan *SEPIC Converter* maksimal 20A dengan sensitivitas sebesar 100mV/A [20]. Berikut merupakan gambar rangkaian sensor arus:



Gambar 2. Rangkaian sensor arus ACS712

### 2.2.3. Perancangan Sensor Tegangan

Pada perancangan ini sensor tegangan yang digunakan adalah rangkaian pembagi tegangan. Sensor ini digunakan untuk membaca tegangan pada sisi masukan dan keluaran *SEPIC Converter*. Sensor ini dirancang untuk mengukur tegangan sebesar 0-30V. Berikut merupakan gambar rangkaian sensor tegangan:

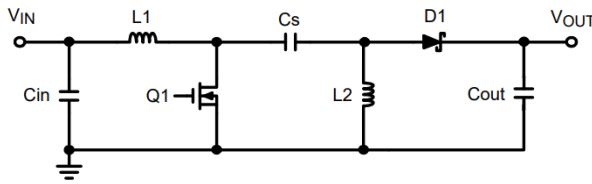


Gambar 3. Rangkaian sensor tegangan pada sisi masukan dan keluaran converter

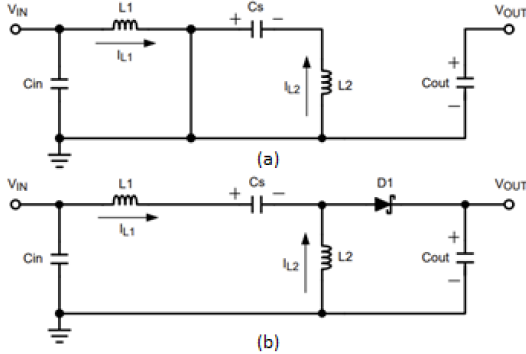
### 2.2.4. Perancangan *SEPIC Converter*

*SEPIC (Single-Ended Primary-Inductor Converter) Converter* merupakan salah satu jenis topologi yang mempunyai polaritas tegangan keluaran yang sama dengan masukannya [17]. Topologi ini merupakan pengembangan dari topologi *cuk* [21]. *Converter* ini mempunyai *ripple* tegangan dan arus yang rendah pada sisi masukan dibandingkan dengan *converter* lainnya [18].

Berikut merupakan gambar rangkaian *SEPIC Converter* :



Gambar 4. Rangkaian *SEPIC Converter* [22]



Gambar 5. Arah aliran arus *SEPIC Converter* [22]

(a) : Saklar Q1 Aktif

(b) : Saklar Q2 Tidak Aktif

Pada saat saklar aktif, diode akan mengalami *reverse* bias , arus dari tegangan masukan akan mengisi muatan pada inductor L1 dan inductor L2 akan mendapatkan energi dari kapasitor C1. Pada saat saklar tidak aktif, diode akan mengalami *forward* bias , inductor L1 akan mengisi muatan pada kapasitor C1 dan secara bersamaan inductor L1 dan L2 memberikan arus ke beban [23]. Berikut merupakan tabel parameter rangkaian *SEPIC Converter* :

Tabel 2. Parameter Rangkaian *SEPIC Converter*

No	Parameter	Nilai
1	Vin (min)	10 V
2	Vin (max)	18 V
3	Vout	14 V
4	Iout	Maksimal 4,5 A
5	Frekuensi <i>Switching</i>	31kHz

Dengan tabel diatas terdapat parameter yang dijadikan acuan dalam mendesain sebuah *SEPIC Converter*. Berikut merupakan perhitungannya:

a) Penentuan *Duty Cycle max* (Dmax)

$$D_{max} = \frac{V_{out} + V_d}{V_{in(min)} + V_{out} + V_d} \quad (1)$$

b) Pemilihan *Inductor*

$$\Delta I_L = I_{out} \times \frac{V_{out}}{V_{in(min)}} \times 40\% \quad (2)$$

$$L1 = L2 = L = \frac{V_{in(min)}}{\Delta I_L \times f_{sw}} \times D_{max} \quad (3)$$

c) Pemilihan *SEPIC Coupling Capacitor*

Diasumsikan bahwa *Vripple* ( $\Delta V_{Cs}$ ) = 2% x *Vout* *SEPIC Converter* [17].

$$C_s = \frac{I_{out} \times D_{max}}{\Delta V_{Cs} \times f_{sw}} \quad (4)$$

d) Pemilihan *Output Capacitor*

Diasumsikan bahwa *Vripple* ( $\Delta V_{Cs}$ ) = 2% x *Vout* *SEPIC Converter* [17].

$$C_{out} \geq \frac{I_{out} \times D_{max}}{V_{ripple} \times 0.5 \times f_{sw}} \quad (5)$$

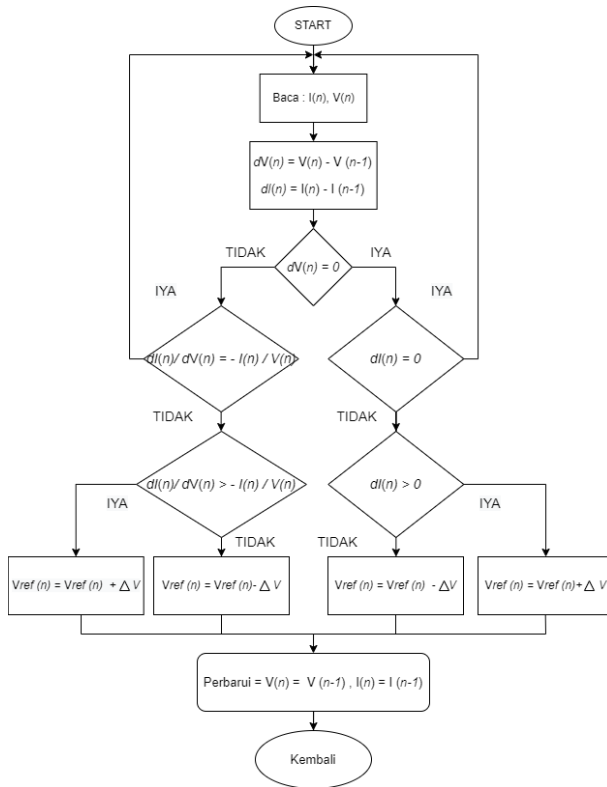
Berdasarkan dari dari persamaan 1-5, didapatkan komponen dalam Tabel 3.

Tabel 3. Daftar komponen *SEPIC Converter*

Nama Komponen	Nilai/Tipe
L1	80μH
L2	80μH
Cs	390μF
Cout	680μF

### 2.3. Incremental Conductance

Algoritma ini melakukan perbandingan *instantaneous conductance* (*I/V*) dengan *incremental conductance* (*dI/dV*) untuk mencari nilai *MPP* (*Maximum Power Point*). Algoritma *IC* memiliki daya keluaran lebih tinggi dari pada [24], kecepatan yang lebih cepat dalam melacak titik *MPP* dibandingkan dengan *P&O* [25] kemudian pada saat terjadi perubahan iradiasi yang signifikan algoritma ini memiliki osilasi yang lebih rendah dari pada *P&O* [26].



Gambar 6: Algoritma Incremental Conductance

3. Hasil Penelitian

3.1. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan sebuah sumber power DC dari power supply pada rangkaian pembagi tegangan yang hasilnya akan dibandingkan dengan multimeter Sanwa CD800a yang sudah memenuhi standar pengukuran. Tabel pengujian rangkaian pembagi tegangan sebagai berikut :

Tabel 4. Pengujian Sensor Tegangan

No	Sensor (V)	Sanwa CD800a (V)	Error (%)
1	1,98	1,97	0,50
2	3,97	3,99	0,50
3	5,99	6,1	1,80
4	7,98	8,1	1,48
5	9,98	10,12	1,38
6	11,98	12,1	0,99
7	13,95	14,09	0,99
8	15,96	16,05	0,56
9	17,95	18,1	0,83
10	19,94	20,2	1,29
11	21,93	22,13	0,90
12	23,96	24,14	0,75
Rata – rata error			1

Pada Tabel 4 terlihat bahwa pengukuran rangkaian pembagi tegangan dengan pengukuran menggunakan multimeter digital terlihat linier dan mempunyai rata-rata error pembacaan sebesar 1%. Dapat disimpulkan bahwa rangkaian pembagi tegangan ini dapat dijadikan alat ukur tegangan sebagai masukan dari algoritma incremental conductance (IC).

3.2. Pengujian Sensor Arus

Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan sensor arus ke dalam rangkaian yang sudah diberi beban yang hasilnya akan dibandingkan dengan multimeter Deko DM 133-D yang sudah memenuhi standar pengukuran. Tabel pengujian sensor arus sebagai berikut :

Tabel 5. Pengujian Sensor Arus ACS712-5A

No	Sensor (A)	Deko DM 133-D (A)	Error (%)
1	0,52	0,53	1,92
2	0,99	1,01	1,98
3	1,47	1,49	1,34
4	2,03	2,05	0,98
5	2,5	2,52	0,79
6	3,05	3,08	0,97
7	3,52	3,54	0,56
8	4	4,05	1,23
9	4,55	4,65	2,15
Rata-rata Error			1,33

Tabel 6. Pengujian Sensor Arus ACS20A

No	Sensor (A)	Deko DM 133-D (A)	Error (%)
1	0,63	0,65	3,17
2	1,15	1,19	3,48
3	1,61	1,68	4,35
4	2,2	2,29	4,09
5	2,66	2,75	3,38
6	3,13	3,24	3,51
7	3,7	3,81	2,97
8	4	4,13	3,25
9	4,5	4,63	2,89
Rata-rata Error			3,46

Pada Tabel 5 dan 6 terlihat bahwa pengukuran sensor arus ACS712 dengan pengukuran menggunakan multimeter Deko DM 133-D mempunyai rata rata error sebesar 1,33% dan 3,46%. Dapat disimpulkan bahwa sensor arus ACS712 ini dapat dijadikan alat

ukur arus sebagai masukan dari algoritma *Incremental Conductance* (IC).

### 3.3. Pengujian *SEPIC Converter*

Dalam pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan tegangan DC power supply pada masukan *SEPIC Converter* dengan beban rheostat sebesar 14 ohm. Tabel pengujian *SEPIC Converter* sebagai berikut:

Tabel 7. Pengujian *SEPIC Converter*

DC (%)	Vin (V)	Vout (V)	Iin (A)	Iout (A)	Pin (W)	Pout (W)	Eff (%)
10	17,98	3,6	0,07	0,28	1,25	1,00	80
20	17,95	7,2	0,3	0,62	5,38	4,46	83
30	17,9	10,8	0,68	0,94	12,17	10,15	83
40	17,8	14,2	1,19	1,26	21,18	17,89	84
50	17,6	17,7	1,81	1,59	31,85	28,14	88
60	17,4	23,2	3,33	2,08	57,94	48,25	83
70	16,8	32,3	6,88	2,93	115,58	94,63	82
Rata-rata Efisiensi							83

Dari Tabel 7 diatas didapat bahwa efisiensi rata – rata dari *SEPIC Converter* adalah sebesar 80% hingga 84% tinggi

Tabel 8. Pengujian *SEPIC Converter* dengan Algoritma IC

Intensitas Cahaya (Lux)	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)	Pin (W)	Pout (W)	Eff (%)
20000	14,9	1,4	14	1,2	20,86	16,8	81
32000	15,8	1,88	18,35	1,4	29,70	25,69	86
55000	18,07	2,11	20,26	1,61	38,12	32,61	86
64000	18,18	2,13	20,32	1,62	38,72	32,91	85
81000	18,3	2,14	20,49	1,63	39,16	33,39	85
85000	18,33	2,16	20,55	1,64	39,59	33,70	85
97000	18,4	2,17	20,61	1,66	39,92	34,21	86
99000	18,5	2,18	20,69	1,67	40,33	34,55	86
108000	18,7	2,19	20,79	1,69	40,95	35,13	86
110600	18,89	2,2	20,8	1,7	41,55	35,36	85
110600	18,9	2,21	20,99	1,72	41,76	36,10	86
115000	18,95	2,22	21,13	1,71	42,06	36,13	86
120000	18,99	2,25	21,2	1,74	42,63	36,8	87
Rata-rata					38,1	32,57	85

Dari Tabel 8 pengujian diatas dapat dilihat bahwa pada rangkaian *SEPIC Converter* dengan menggunakan metode *MPPT* dengan algoritma *incremental conductance* mendapatkan rata rata daya keluaran dan efisiensi dengan nilai sebesar 32,57 W dan 85 %. Hasil pada penelitian ini sudah lebih baik daripada penelitian terdahulu [6] dengan topik yang sama dapat dibuktikan dengan rata-rata daya yang dihasilkan pada saat menggunakan sistem *MPPT Incremental Conductance* hanya

rendahnya tingkat efisiensi ini bergantung pada nilai frekuensi *switching* dan komponen yang digunakan. Ketika nilai *duty cycle* dibawah 50 % maka *SEPIC Converter* akan bekerja dalam mode *buck* yaitu tegangan  $V_{out} < V_{in}$  dan ketika nilai *duty cycle* diatas 50 % maka *SEPIC Converter* akan bekerja dalam mode *boost* yaitu tegangan  $V_{out} > V_{in}$ . [27]

### 3.4. Pengujian *SEPIC Converter* dengan Algoritma *Incremental Conductance*

Pada pengujian sistem ini dilakukan dengan menghubungkan keluaran panel surya yang terhubung dengan *SEPIC Converter* dengan menggunakan beban 14 Ohm. Hasil pengujian sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

sebesar 17,18 W. Kemudian daya dan efisiensi tertinggi berada pada saat intensitas cahaya sebesar 120000 Lux dengan nilai 36,8 W.

## 4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Sensor arus mempunyai eror rata-rata 3,43% dan 1,33% sedangkan untuk sensor tegangan memiliki eror rata-rata 1%.

2. Rata-rata efisiensi keluaran *SEPIC Converter* dengan masukan power supply sebesar 85%.
3. Rata-rata efisiensi optimasi daya menggunakan metode *MPPT IC* dengan *SEPIC Converter* dengan masukan panel surya sebesar 83%.

## 5. Saran

Pada sistem ini memiliki beberapa kekurangan, maka diberikan saran agar sistem bekerja lebih baik diantaranya sebagai berikut :

1. Rangkaian sensor arus ACS712 lebih baik menggunakan filter agar pembacaannya lebih akurat dan kalibrasi sensor sebaiknya dilakukan ketika sensor sudah terintegrasi dengan sistem, dikarenakan ketika sensor dikalibrasi secara parsial hasil pembacaannya presisi, tetapi ketika terintegrasi dengan sistem hasil pembacaannya menjadi tidak presisi.
2. Dalam penggunaan kabel jumper dapat diganti dengan jalur tembaga pada saat mendesain PCB agar sistem terlihat lebih rapi.
3. Pemilihan komponen penyusun rangkaian harus sesuai dengan perhitungan agar kinerja sistem bekerja menjadi lebih baik.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] R. Baharuddin, "Rancang Bangun Sistem Mini Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Portable," *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 9, no. 1, pp. 65–70, 2021, doi: 10.32487/jtt.v9i1.1087.
- [2] I. Pembangkit and L. Tenaga, "Dos & Don'ts".
- [3] Dewan Energi Nasional Republik Indonesia, "Issn 2527-3000," p. 9, 2019.
- [4] N. Safitri, P. N. Lhokseumawe, T. Rihayat, and P. N. Lhokseumawe, *NO . ISBN 978-623-91323-0-9*, no. July. 2019.
- [5] O. Melfazen, M. T. Alawiy, and D. Dewatama, "Implementasi Maximum Power Point Tracker (MPPT) dengan topologi sepic pada pembangkit listrik tenaga surya," *J. Eltek*, vol. 18, no. 2, p. 1, 2020, doi: 10.33795/eltek.v18i2.250.
- [6] M. Istiyo Winarno1), "Implementasi Maximum Power Point Tracker ( Mppt ) Untuk Optimasi Daya Pada Panel Surya Berbasis," pp. 49–54, 2018, [Online]. Available: <https://ojs.amikom.ac.id/index.php/semnasteknomedia/article/viewFile/2117/1922>
- [7] F. A. Widiarsa, "Karakteristik Panel Surya dengan Variasi Intensitas Radiasi dan Temperatur Permukaan Panel," *Transmisi*, vol. 4, pp. 233–242, 2006.
- [8] F. Padillah and S. Saodah, "Perancangan dan Realisasi Konverter DC-DC Tipe Boost Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535," *J. Reka Elkomika ©Teknik Elektro / Itenas J. Online Inst. Teknol. Nas. J. Reka Elkomika*, vol. 2, no. 1, pp. 2337–439, 2014.
- [9] S. Masri, N. Mohamad, and M. H. M. Hariri, "Design and development of DC-DC buck converter for photovoltaic application," *2012 Int. Conf. Power Eng. Renew. Energy, ICPERE 2012*, no. July, 2012, doi: 10.1109/ICPERE.2012.6287236.
- [10] D. Dewatama, M. Fauziyah, and H. K. Safitri, "Optimasi Buck Converter Pada Solar Tree Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy," *J. Eltek*, vol. 15, no. 02, pp. 36–51, 2017, [Online]. Available: <https://elkolind.polinema.ac.id/index.php/eltek/article/view/117%0Ahttps://elkolind.polinema.ac.id/index.php/eltek/article/download/117/102>
- [11] D. Dewatama, M. Fauziah, and H. K. Safitri, "Kendali Dc-Dc Converter Pada Portable Pico-Hydro Menggunakan Pid Controller," *J. Eltek*, vol. 16, no. 2, p. 113, 2018, doi: 10.33795/eltek.v16i2.103.
- [12] H. C. A. Shayeghi, S. Pourjafar, and F. Sedaghati, "H. Shayeghi\*," vol. 17, no. 2, pp. 1–14, 2021.
- [13] S. Siswoko, H. K. Safitri, and O. Melfazen, "MPPT using Firefly Algorithm for Cuk Converter in Photovoltaic," *Elkha*, vol. 14, no. 1, p. 34, 2022, doi: 10.26418/elkha.v14i1.52461.
- [14] J. R. De Britto *et al.*, "Zeta Dc / Dc Converter Used As Led Lamp Drive

- Keywords Acknowledgments,” *Electronics*, pp. 1–7.
- [15] I. Akbar Perdana and D. Dewatama, “Desain dan Implementasi Maximum Power Point Tracking (MPPT) menggunakan Topologi Sepic Pada Solar Panel dengan Metode P&O,” *J. Elkolind*, vol. 8, no. 2, 2021, doi: 10.33795/elkolind.v8i2.284.
- [16] M. E. Student, A.- Maharastra, A.- Maharastra, and I.- Maharashtra, “Implementation of Incremental Conductance Method for MPPT Using SEPIC Converter,” 2017.
- [17] M. I. Akbar, M. Z. Efendi, and S. D. Nugraha, “SEPIC Converter for Lead Acid Battery Charger Using Fuzzy Logic type-2 Controller,” *JAREE (Journal Adv. Res. Electr. Eng.)*, vol. 6, no. 1, pp. 36–41, 2022, doi: 10.12962/jaree.v6i1.240.
- [18] Soediby, “The Comparative Study of Buck\_Boost, Sepic and Zeta Converter for Power Point Tracking Photovoltaic Using P & O Method,” *Proc. 2015 2nd Int. Conf. Inf. Technol. Comput. Electr. Eng. (ICITACEE), Indones. Oct 16-18th Th*, pp. 327–332, 2015.
- [19] X. Liu and L. A. C. Lopes, “An improved perturbation and observation maximum power point tracking algorithm for PV arrays,” *PESC Rec. - IEEE Annu. Power Electron. Spec. Conf.*, vol. 3, pp. 2005–2010, 2004, doi: 10.1109/PESC.2004.1355425.
- [20] F. Integrated, H. E. Linear, and C. Sensor, “ACS712,” pp. 1–12.
- [21] A. Saleh, W. Hadi, and M. C. Anwar, “Desain Kontrol Maximum Power Point Tracker ( Mppt ) Menggunakan Incremental Conductance ( Inc ) Pada Dc / Dc Tipe Sepic,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah*, no. November, pp. 1–8, 2017.
- [22] W. Gu and D. Zhang, “Designing A SEPIC Converter,” no. May 2006, pp. 1–8, 2008.
- [23] T. Bhavin, B. Patel, J. Desai, and K. Sonwane, “Analysis of SEPIC Converter,” *Int. J. Eng. Dev. Res.*, vol. 6, no. 2, pp. 489–494, 2018.
- [24] S. U. Ramani, S. K. Kollimalla, and B. Arundhati, “Comparitive study of P&O and incremental conductance method for PV system,” *Proc. IEEE Int. Conf. Circuit, Power Comput. Technol. ICCPCT 2017, 2017*, doi: 10.1109/ICCPCT.2017.8074198.
- [25] N. Barua, A. Dutta, S. Chakma, A. Das, and S. S. Chowdhury, “Implementation of cost-effective MPPT solar photovoltaic system based on the comparison between Incremental Conductance and P&O algorithm,” *WIECON-ECE 2016 - 2016 IEEE Int. WIE Conf. Electr. Comput. Eng.*, no. December, pp. 143–146, 2017, doi: 10.1109/WIECON-ECE.2016.8009105.
- [26] H. Chen, Y. Cui, Y. Zhao, and Z. Wang, “Comparison of P&O and INC Methods in Maximum Power Point Tracker for PV Systems,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 322, no. 7, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/322/7/072029.
- [27] M. Arief Juarsah, M. Facta, and A. Nugroho, “Perancangan DC Chopper tipe Buck-Boost Converter Penguatan Umpan Balik IC TL 494,” *Transient*, 2013.