

# Zeta Converter dengan MPPT P&O untuk Mendapatkan Daya Optimal Akibat Perubahan Arus dan Tegangan

Euro Elanda Zahra<sup>1</sup>, Denda Dewatama<sup>2</sup>, Yulianto<sup>3</sup>

e-mail: [euroelanda09@gmail.com](mailto:euroelanda09@gmail.com), [denda.dewatama@polinema.ac.id](mailto:denda.dewatama@polinema.ac.id), [yulianto@polinema.ac.id](mailto:yulianto@polinema.ac.id)

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

## Informasi Artikel

### Riwayat Artikel

Diterima 5 Desember 2022

Direvisi 15 Januari 2023

Diterbitkan 10 Februari 2023

### Kata kunci:

Konverter Zeta  
Panel Surya  
Daya Optimal  
MPPT  
P&O

### Keywords:

Zeta Converter  
Panel Surya  
Optimum Power  
MPPT  
P&O

### Penulis Korespondensi:

Euro Elanda Zahra,  
Jurusan Teknik Elektro,  
Politeknik Negeri Malang,  
Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia, Kode Pos. 65141  
Email : [euroelanda09@gmail.com](mailto:euroelanda09@gmail.com)  
No. HP/WA aktif : 081252600552

## ABSTRAK

Energi matahari adalah salah satu pilihan energi alternatif. Energi matahari akan diubah menjadi energi listrik oleh panel surya, namun kondisi cuaca yang tidak menentu mengakibatkan adanya perubahan suhu dan intensitas cahaya, yang menyebabkan tegangan dan arus keluaran dari panel surya menjadi tidak stabil. Oleh karena itu, konverter DC-DC diperlukan sebagai pengendali keluaran panel surya. Konverter DC-DC memiliki banyak topologi, salah satunya adalah topologi Zeta dimana tegangan keluaran konverter Zeta ditingkatkan lebih dari tegangan keluaran yang dihasilkan konverter *Boost*. Pengendalian keluaran panel surya dilakukan menggunakan metode *Maximum Power Point Tracker (MPPT)* dengan algoritma *Perturb and Observe (P&O)* untuk mencari titik daya maksimum yang dihasilkan panel surya. Dari penggunaan konverter zeta dengan metode MPPT P&O pada panel surya didapatkan nilai titik daya maksimum pada tegangan sebesar 23,9V dengan arus adalah 1,4A dan menghasilkan daya masukan sebesar 33,46W, dimana titik daya maksimum panel surya tersebut merupakan nilai daya yang paling optimal panel surya. Dari daya masukan tersebut menghasilkan nilai daya keluaran sebesar 24W.

## ABSTRACT

*Solar energy is one of the alternative energy options. Solar energy will be converted into electrical energy by solar panels, but uncertain weather conditions result in changes in temperature and light intensity, which causes the output voltage and current from the solar panel to become unstable. Therefore, a DC-DC converter is needed as a solar panel output controller. The DC-DC converter has many topologies, one of which is the Zeta topology which is the output voltage of the Zeta converter is increased more than the output voltage of the Boost converter. Solar panel output control is carried out using the Maximum Power Point Tracker (MPPT) method with the Perturb and Observe (P&O) algorithm to find the maximum power point generated by the solar panels. From the use of a zeta converter with the MPPT P&O method on solar panels, the maximum power point value at a voltage of 23.9V with a current of 1.4A and produces an input power of 33.46W, which is the maximum power point of the solar panel is the most optimum power value of the solar panel. From the input power, the output power value is 24W.*



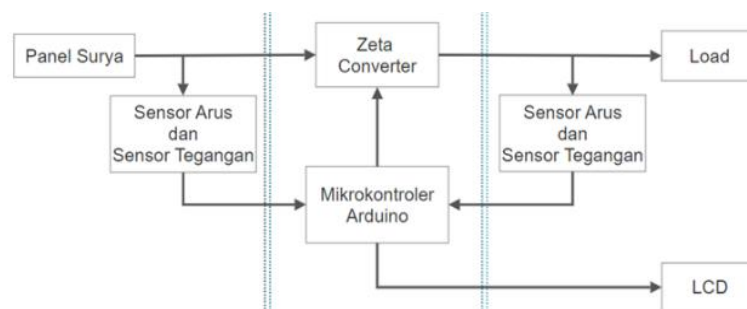
## 1. PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya konverter DC-DC, telah dimungkinkan untuk mengoperasikan perangkat elektronik dari catu daya tegangan kecil yang dapat mengubah tegangan output sesuai dengan kebutuhan pengguna[1]. *DC-DC Converter*[2] memiliki banyak topologi, yaitu *buck*[3], *boost*[4], *buck-boost*[5], *cuk*[6], *sepic*[7], dan *zeta*[8]. Dalam penelitian ini topologi *DC-DC Converter* yang digunakan adalah Zeta. *Zeta Converter* merupakan pengembangan dari konverter *Buck-Boost* yang memiliki keunggulan menghasilkan riak tegangan keluaran yang rendah dan polaritas tegangan keluaran yang tidak terbalik dengan polaritas tegangan masukan konverter. Selain itu, tegangan keluaran *Zeta Converter* ditingkatkan lebih dari tegangan keluaran yang dihasilkan *Boost Converter*[9]. *Zeta Converter* bekerja seperti konverter *buck-boost* karena dapat menaikkan atau menurunkan tegangan DC input. Tegangan DC masuk berdasarkan duty cycle PWM yang dihidupkan oleh komponen saklar[10].

Pada penelitian ini *Zeta Converter* diimplementasikan pada Panel Surya. Di antara sumber daya energi terbarukan, fotovoltaik (PV) energi surya adalah sumber daya yang paling disukai dalam pembangkit listrik skala kecil atau menengah[11]. Efisiensi Panel Surya hanya kurang dari 30% dari jumlah energi yang diterimanya, dimana efisiensi tersebut dipengaruhi oleh suhu permukaan panel surya dan intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya[12][13]. Kondisi cuaca yang tidak menentu menyebabkan terjadinya perubahan suhu dan intensitas cahaya, sehingga mengakibatkan tegangan dan arus keluaran panel surya tidak stabil. Oleh karena itu, panel surya membutuhkan konverter DC-DC untuk menghasilkan arus dan tegangan yang optimal dari panel surya menggunakan metode *Maximum Power point Tracker* (MPPT)[13]. MPPT digunakan untuk mendapatkan daya panel surya yang optimal[14][15] dengan algoritma *Perturb and Observe* (P&O). *Perturb and Observe* (P&O) dapat melacak Titik Daya Maksimum (MPP) sepanjang waktu, terlepas dari kondisi atmosfer, jenis panel surya dengan memproses nilai aktual tegangan dan arus PV[16][17].

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Blok Diagram Kerja Alat



Gambar 1: Blok Diagram Kerja Alat

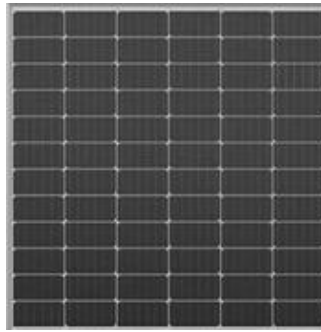
Panel surya mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Energi listrik tersebut berbentuk arus dan tegangan, kemudian nilainya dibaca oleh sensor arus dan sensor tegangan. Pada sistem ini energi listrik dari panel surya sebagai masukan menuju *Zeta Converter*. Nilai arus dan tegangan menuju mikrokontroler arduino untuk diproses menggunakan algoritma P&O. Hasil keluaran mikronkontroler merupakan sinyal PWM yang digunakan untuk mengatur switching pada *Zeta Converter*. Hasil keluaran *Zeta Converter* masuk ke beban rheostat dan juga diukur oleh sensor arus dan sensor tegangan. Seluruh hasil pembacaan sensor arus dan tegangan ditampilkan pada LCD.

### 2.2 Perancangan Elektronik

#### a. Panel Surya

Panel surya yang digunakan pada sistem ini adalah panel surya tipe *monocrystalline*.





Gambar 2: Panel Surya *Monocrystalline* 50 WP

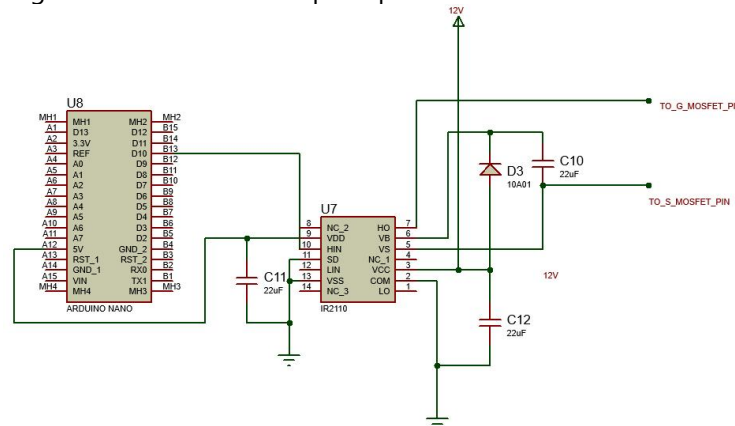
Spesifikasi panel surya yang digunakan ditunjukkan pada Tabel I:

TABEL I: SPESIFIKASI PANEL SURYA

Item	Nilai/Tipe
Model	SP50WP-18V 50 Watt
Daya Maksimum (Pmax)	50 WP
Tegangan Kerja Maksimal (Vmp)	18 V
Arus Kerja Maksimal (Imp)	2,77 A
Tegangan <i>Open-Circuit</i> (Voc)	21,24V
Arus <i>Short-Circuit</i> (Isc)	3,11A
Toleransi Daya	+/-5%

b. Perancangan Driver MOSFET

Konverter Zeta bekerja berdasarkan besarnya *duty cycle* dari PWM yang mengendalikan komponen saklar yaitu MOSFET. Untuk itu diperlukan suatu driver agar MOSFET tersebut dapat berjalan. Pada penelitian ini driver MOSFET yang digunakan adalah IR2110 pada pin HIGH.

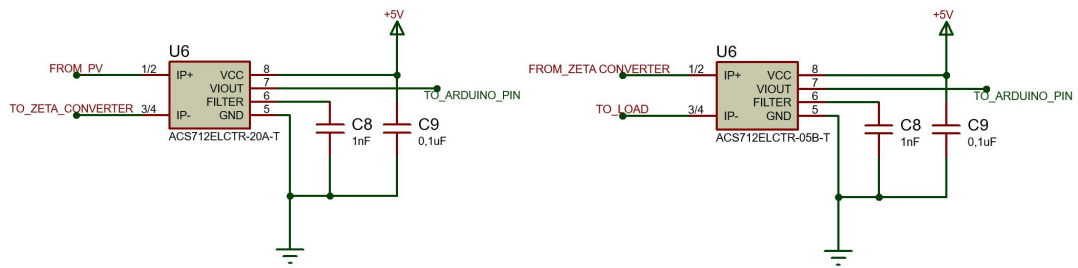


Gambar 3: Rangkaian *Driver* MOSFET

c. Perancangan Sensor Arus ACS712

Pada penelitian ini panel surya yang digunakan memiliki spesifikasi arus kerja optimal sebesar 5,62A maka digunakan sensor arus ACS712 yang dapat mengukur arus hingga 20A. Selain itu, digunakan sensor ACS712 yang dapat mengukur hingga 5A yang digunakan untuk mengukur arus pada keluaran *Zeta Converter*. Nilai variabel pada sensor meruakan nilai masukan untuk mikrokontroler arduino nano yang kemudian akan diolah[18].

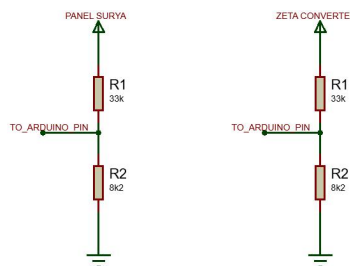




Gambar 4: (a) Sensor ACS712 20A, (b) Sensor ACS712 5A

d. Perancangan Sensor Tegangan

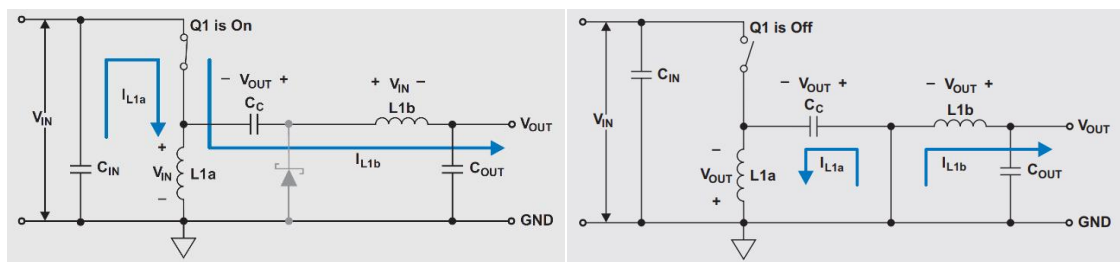
Sensor tegangan yang digunakan adalah rangkaian pembagi tegangan yang terdiri dari dua buah resistor dengan nilai resistor 33kΩ dan 8k2Ω. Sensor tegangan pada sistem ini digunakan untuk mengukur tegangan keluaran panel surya dan tegangan keluaran *zeta converter*. Nilai tegangan yang terbaca oleh rangkaian akan dikirim ke mikrokontroler arduino nano dan kemudian diolah[19].



Gambar 5: Sensor Tegangan

e. Perancangan Zeta Converter

*Zeta converter* memiliki dua kondisi pada operasi *Continuous-Conduction Mode (CCM)*[20]. Yang pertama adalah ketika sakelar dihidupkan dan saat sakelar dimatikan. Dalam mode operasi pertama, induktor L1a dan L1b berada dalam keadaan muatan energi, Pada kedua kalinya mode operasi, induktor (L1a, L1b) berada dalam kondisi untuk melepaskan energi yang tersimpan (discharging). Pelepasan energi dari L1, kemudian dibebankan ke kapasitor Cc dan induktor L1b mentransfer energi ke rangkaian output yang terhubung ke beban[21][22]. Konverter Zeta bekerja berdasarkan besarnya *duty cycle* dari PWM yang mengendalikan komponen saklar yaitu MOSFET dimana untuk mengaktifkan MOSFET tersebut diperlukan suatu *driver*. *Driver* MOSFET yang digunakan pada penelitian ini adalah IR2110 yang mendapatkan sinyal PWM dari mikrokontroler[23].



Gambar 6: (a) *Zeta Converter* kondisi switch ON, (b) *Zeta Converter* kondisi switch OFF[22]

Dalam melakukan perancangan *Zeta Converter* dilakukan dengan menentukan spesifikasi *Zeta Converter* terlebih dahulu. Dari spesifikasi yang telah ditentukan maka dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan komponen yang digunakan. Perhitungan komponen dilakukan menggunakan rumus berikut:

1. Menentukan *Duty Cycle*

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in} + V_{out}} \tag{1}$$



2. Menentukan Induktor dan Kapasitor

$$\begin{aligned} \Delta L(pp) &= K \times I_{in} \\ &= K \times I_{out} \times \frac{D}{1-D} \end{aligned} \tag{2}$$

$$L1a(\min) = L1b(\min) = \frac{V_{in} \times D}{\Delta L(pp) \times f_{sw}(\min)} \tag{3}$$

$$C_{in} = \frac{D_{max} \times I_{out}}{\Delta V_{Cin} \times f_{sw}(\min)} \tag{4}$$

$$C_c = \frac{D_{max} \times I_{out}}{\Delta V_{Cc} \times f_{sw}(\min)} \tag{5}$$

$$C_{out} = \frac{\Delta L(pp)}{8 \times \Delta V_{Cout} \times f_{sw}(\min)} \tag{6}$$

Berdasarkan spesifikasi pada Tabel II dan perhitungan berdasarkan persamaan (1) sampai (6) didapatkan nilai komponen untuk *Zeta Converter* yang ditunjukkan pada Tabel III.

TABEL II: SPESIFIKASI ZETA CONVERTER

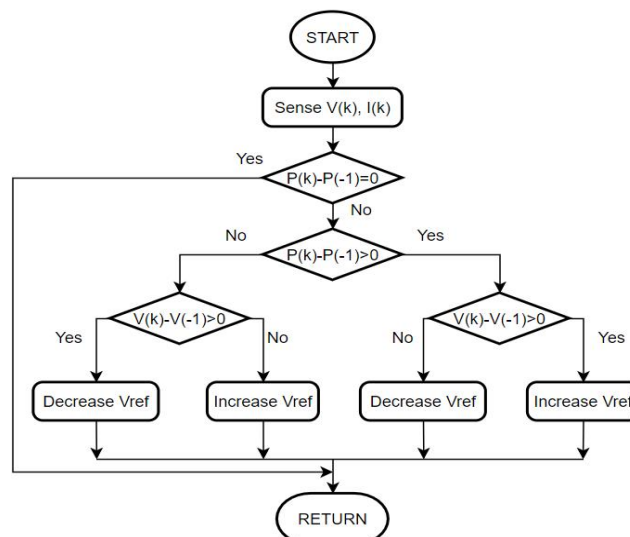
Parameter	Nilai
Tegangan Masukan Minimal	9V
Tegangan Masukan Maksimal	18V
Tegangan Keluaran	14V
Arus Keluaran	2A
Frekuensi Kerja	50kHz
Efisiensi	±70%
Duty Cycle Optimal	50%

TABEL III: DAFTAR KOMPONEN ZETA CONVERTER

Komponen	Nilai
Induktor (L1)	100uH
Induktor (L2)	100uH
Kapasitor Masukan (Cin)	220uF
Kapasitor Coupling (Cc)	330uF
Kapasitor Keluaran (Cout)	1000uF
Mosfet	IRFP150N
Dioda	F30UA60S

f. Perancangan *Software*

Nilai arus dan tegangan yang terbaca akan dicari nilai paling tinggi kemudian akan dikalikan sehingga menghasilkan nilai daya maksimal dimana pada penelitian ini menggunakan metode MPPT dengan algoritma *Perturb and Observe* (P&O) dalam bentuk *software*. Nilai arus dan tegangan yang terbaca oleh sensor kemudian akan dikirim ke mikrokontroler Arduino dan akan diproses menggunakan algoritma *Perturb and Observe* (P&O). *Driver* pada mosfet digunakan untuk menguatkan sinyal keluaran PWM yang dihasilkan oleh mikrokontroler, karena sinyal PWM berkisar antara 0-5V sedangkan mosfet dapat bekerja optimal pada tegangan 10-20V (bergantung tipe mosfet). Algoritma P&O akan bekerja berulang hingga ditemukan nilai daya maksimum dari panel surya. Algoritma bekerja dengan mengatur *duty cycle* untuk mengendalikan saklar *Zeta Converter*, sehingga arus akan mengalir pada *Zeta Converter*. Ketika *duty cycle* ditingkatkan, maka nilai arus yang mengalir pada *Zeta Converter* akan meningkat juga.



Gambar 8: Algoritma P&O[12]



### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Pengujian Sensor Arus ACS712

Pengujian sensor arus dilakukan dengan membandingkan arus keluaran yang dihasilkan *power supply* menggunakan multimeter digital merek SANWA dengan nilai arus yang terdeteksi oleh sensor. Pada pengujian sensor arus 5A menggunakan beban rheostat dengan nilai 5Ω, sedangkan untuk sensor arus 20A menggunakan beban rheostat dengan nilai 20Ω. Hasil pengujian sensor arus ditunjukkan pada Tabel IV dan Tabel V.

TABEL IV: PENGUJIAN SENSOR ARUS 5A

No	Nilai Arus pada Multimeter (A)	Nilai Baca Sensor Arus (A)	Error (%)
1	2,07	2,08	0
2	1,85	1,87	1
3	1,66	1,64	1
4	1,37	1,39	1
5	1,18	1,19	1
6	0,97	0,99	2
7	0,76	0,75	1
8	0,57	0,58	2
9	0,37	0,38	3
10	0,16	0,15	6
Rata-rata Error			1,8

TABEL V: PENGUJIAN SENSOR ARUS 20A

No	Nilai Arus pada Multimeter (A)	Nilai Baca Sensor Arus (A)	Error (%)
1	0,55	0,55	0
2	1,13	1,13	0
3	1,57	1,57	0
4	2,03	2,02	0
5	2,49	2,47	1
6	3,08	3,07	0
7	3,55	3,53	1
8	4,15	4,13	0
9	4,6	4,58	0
10	5,07	5,04	1
Rata-rata Error			0,2

#### b. Pengujian Sensor Tegangan

Pada sistem ini sensor tegangan yang digunakan adalah rangkaian pembagi tegangan. Dengan spesifikasi nilai  $V_{in} = 0 - 25V$  dan spesifikasi nilai  $V_o = 0 - 5V$ . Dengan menentukan nilai  $R_2 = 8k\Omega$ , maka didapatkan nilai  $R_1 = 33k\Omega$ . Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan tujuan dapat mengetahui tingkat akurasi pembacaan sensor tegangan. Hasil pengujian sensor arus ditunjukkan pada Tabel VI.

TABEL VI: PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN

No	Tegangan Masukan (V)	Tegangan ADC (V)	Nilai ADC	Nilai Tegangan Hasil Konversi (V)	Error (%)
1	2,06	0,4	82	2,01	2,42
2	4,03	0,79	161	3,95	1,98
3	6,05	1,19	243	5,97	1,32
4	8,02	1,58	323	7,93	1,12
5	10,05	1,98	406	9,97	0,79
6	12,05	1,38	486	11,96	0,74
7	14,05	1,78	568	13,95	0,71
8	16,06	3,18	650	15,96	0,62
9	17,97	3,56	728	17,88	0,5
10	20,07	3,97	823	19,96	0,55
Rata-rata Error					1,07



**c. Pengujian Zeta Converter**

Percobaan *Zeta Converter* dilakukan dengan menambahkan beban rheostat sebesar 14Ω menggunakan. Sumber tegangan yang digunakan adalah *power supply* dengan tegangan masukan 12V. Tabel II berikut merupakan tabel data hasil percobaan *zeta converter* menggunakan *power supply*.

TABEL VII : DATA PENGUJIAN ZETA CONVERTER

Duty Cycle (%)	Vin (V)	Iin (A)	Pin (W)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)	Eff (%)
10	15	0,04	0,6	1,71	0,14	0,2394	40
20	15	0,11	1,65	3,33	0,3	0,999	61
30	15	0,26	3,9	5,47	0,52	2,8444	73
40	15	0,58	8,7	8,69	0,84	7,2996	84
50	15	1,08	16,2	11,97	1,17	14,0049	86
Rata-rata							68,8

Percobaan penelitian ini dilakukan dengan memberi daya masukan sebesar 15V pada *zeta converter* dan 12V pada rangkaian driver MOSFET. Sinyal PWM dikirimkan oleh Arduino nano pada pin D10 sebesar 50kHz. Data percobaan yang diambil meliputi tegangan masukan, tegangan keluaran, arus masukan, dan arus keluaran dan dihitung untuk mendapatkan nilai daya. Nilai tegangan dan arus diukur menggunakan multimeter. Pada saat *duty cycle* dinaikkan menjadi 60% arus menjadi overload, sehingga data hanya didapat sampai *duty cycle* 50%.

**d. Pengujian Sistem dengan Beban menggunakan Zeta Converter dan Metode P&O di Bawah Sinar Matahari**

Pengujian sistem dilakukan menggunakan menggunakan *Zeta Converter* dan Metode P&O di Bawah Sinar Matahari. beban yang digunakan adalah rheostat dengan nilai sebesar 14Ω. Data didapatkan dengan intensitas cahaya yang berbeda-beda. Tabel 7 merupakan tabel data hasil pengujian sistem. Dengan data yang diambil pada pengujian ini adalah

- Vin : Tegangan Masukan (V)
- Vout : Tegangan Keluaran (V)
- Iin : Arus Masukan (I)
- Iout : Arus Keluaran (I)
- Pin : Daya Masukan (W)
- Pout : Daya Keluaran (W)
- Eff : Efisiensi (%)

TABEL VII : DATA PENGUJIAN SISTEM DENGAN BEBAN MENGGUNAKAN ZETA CONVERTER DAN METODE P&O DI BAWAH SINAR MATAHARI

Intensitas Cahaya (Lux)	Vin (V)	Vout (V)	Iin (A)	Iout (A)	Pin (W)	Pout (W)	Eff (%)
35070	22,86	10,48	0,69	1,09	15,77	11,42	72
38600	23,62	10,71	0,67	1,14	15,82	12,2	77
38950	22,43	10,74	0,77	1,19	17,27	12,78	74
39760	22,45	10,85	0,77	1,22	17,28	13,23	77
41360	23,91	11,11	0,88	1,25	21,04	13,88	66
49890	25,14	11,73	0,82	1,33	20,61	15,6	76
55800	24,73	12,98	1,03	1,47	25,47	19,08	75
61470	24,2	13,48	1,17	1,59	28,31	21,43	76
62100	23,05	12,8	1,08	1,48	24,89	18,94	76
67020	23,9	14,55	1,4	1,65	33,46	24	72
Rata-rata Efisiensi							74



Nilai efisiensi didapatkan dari hasil perhitungan antara daya masukan (Pin) dan daya keluaran (Pout). Dari hasil pengujian sistem menggunakan Zeta Converter dan Metode MPPT P&O didapatkan titik daya maksimum panel surya sebesar 33,46W. Dari daya masukan tersebut menghasilkan nilai daya keluaran sebesar 24W. Nilai rata-rata efisiensi yang dihasilkan adalah 74% sehingga dapat dikatakan bahwa zeta converter dengan metode MPPT P&O cukup efisien untuk digunakan.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan sistem pada bab sebelumnya, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya yang dihasilkan panel surya dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang didapatkan oleh panel surya. Semakin tinggi intensitas cahaya yang didapatkan maka semakin besar pula arus yang dihasilkan, sehingga daya juga semakin besar.
2. *Zeta converter* dapat berjalan dengan baik, ditunjukkan pada besar efisiensi daya yang dihasilkan. Efisiensi daya paling baik berada pada *duty cycle* 50% yaitu sebesar 86%.
3. Dari penggunaan *zeta converter* dengan metode MPPT P&O didapatkan nilai titik daya maksimum panel surya sebesar 33,46W, dimana titik daya maksimum panel surya tersebut merupakan nilai daya yang paling optimal panel surya. Dari daya masukan tersebut menghasilkan nilai daya keluaran sebesar 24W.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Buntulayuk and F. Arya Samman, "Rancangan DC-DC Converter untuk Penguatan Tegangan," Fakultas Teknik, 2017.
- [2] D. Dewatama, M. Fauziah, H. K. Safitri, and P. N. Malang, "KENDALI DC-DC CONVERTER PADA PORTABLE PICO-HYDRO MENGGUNAKAN PID KONTROLLER," pp. 113–124.
- [3] D. Dewatama, M. Fauziah, and H. K. Safitri, "OPTIMASI BUCK CONVERTER PADA SOLAR TREE MENGGUNAKAN KONTROL," vol. 15, no. 02, pp. 36–51, 2017.
- [4] R. Abhishek, "Design and Analysis of a DC -DC Buck converter and Boost Converter to Achieve High Efficiency by altering duty cycle and input voltage," no. June, 2020, doi: 10.29322/IJSRP.10.06.2020.p10285.
- [5] S. Diusti and D. Putri, "Rancang Bangun Buck-Boost Converter menggunakan Kendali," vol. 06, no. 02, pp. 258–272, 2020.
- [6] B. Han, M. Kim, and J. S. Lee, "Dynamic Modeling and Integral Sliding Mode Controller Design for Cuk Converter under Load Variation," no. June, 2015, doi: 10.1109/ICPE.2015.7167824.
- [7] M. Unlu and S. Camur, "Modeling and Analysis of DC-DC SEPIC Converter with Coupled Inductors," no. March 2018, 2016, doi: 10.1109/INDEL.2016.7797807.
- [8] S. Oommen, A. Ballaji, B. Ankaiah, and A. Mh, "ZETA CONVERTER SIMULATION FOR," no. June, 2019, doi: 10.34218/IJARET.10.1.2019.024.
- [9] K. O. Vijay, "Comparison between Zeta Converter and Boost Converter using Sliding Mode Controller," vol. 5, no. 07, pp. 368–373, 2016.
- [10] E. Sunarno, E. Wahjono, and S. D. Nugraha, "DESAIN DAN IMPLEMENTASI ZETA CONVERTER DENGAN METODE MPPT MODIFIED P & O PADA APLIKASI RUMAH MANDIRI Teknik Elektro Industri , Politeknik Elektronika Negeri Suabaya PENDAHULUAN Dalam beberapa tahun terakhir , energi matahari telah mendapatkan perhatian da," *Pros. Sentriv Tahun 2017*, vol. 3, pp. 300–312, 2017.
- [11] Y. Bouzelata, E. Kurt, N. Alt, and R. Chenni, "Design and simulation of a solar supplied multifunctional active power filter and a comparative study on the current-detection algorithms Design and simulation of a solar supplied multifunctional active power filter and a comparative study on the current," no. March, 2015, doi: 10.1016/j.rser.2014.11.095.
- [12] E. Arfah, C. W. Priananda, and S. I. Haryudo, "Penggunaan Algoritma Peturb And Observe (Pno) dalam Studi Penggunaan Sepic dan Zeta Konverter untuk Maximum Power Point Tracker (Mpppt) pada Photovoltaic Statis," *J. Inf. Eng. Educ. Technol.*, vol. 1, no. 1, p. 27, 2017, doi: 10.26740/jjeet.v1n1.p27-31.
- [13] D. Dewatama, H. K. Safitri, and O. Melfazen, "MPPT using Firefly Algorithm for Cuk Converter in Photovoltaic," vol. 14, no. 1, pp. 34–39, 2022.
- [14] M. A. Laguado, E. Andres, L. Paipa, and S. Sepulveda, "Performance comparison between PWM and MPPT charge controllers," no. May, 2019, doi: 10.22517/23447214.20681.
- [15] Tulika, Reeny, Shristi, and Bikramjit, "Solar Charge Controllers using MPPT and PWM: A Review," *ADBU J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–4, 2018, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/287658-solar-charge-controllers-using-mppt-and-66d6c4aa.pdf>
- [16] J. S. Kumari, C. Sai, and A. K. Babu, "Design and Analysis of P & O and IP & O MPPT Techniques for Photovoltaic System," no. January 2015, 2012.
- [17] S. Salman, X. Ai, and Z. Wu, "Design of a P- & -O algorithm based MPPT charge controller for a stand-alone 200W PV system," 2018.
- [18] A. Fitriandi, E. Komalasari, and H. Gusmedi, "Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler," *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 2, 2016.
- [19] N. Yahya and A. Ihlal, "Pemantau Tegangan Baterai Ion Litium dalam Rangkaian Empat Seri pada Aplikasi Penyimpan Energi Berdaya Tinggi," *J. Pros. Semin. Nas. Tek. Kim.*, pp. 14–15, 2020.
- [20] H. R. Iskandar, A. Prasetya, Y. B. Zainal, M. R. Hidayat, E. Taryana, and G. Megiyanto, "Comparison Model of Buck-boost and Zeta Converter Circuit using MPPT Control Incremental Conductance Algorithm," *Proceeding - 2020 Int. Conf. Sustain. Energy Eng. Appl. Sustain. Energy Transp. Towar. All-Renewable Futur. ICSEEA 2020*, pp. 185–190, 2020, doi: 10.1109/ICSEEA50711.2020.9306121.





- [21] Soediby, "The Comparative Study of Buck\_Boost,Cuk, Sepic and Zeta Converter for Power Point Tracking Pho otovoltaic Using P & O Method," *Proc. 2015 2nd Int. Conf. Inf. Technol. Comput. Electr. Eng. (ICITACEE), Indones. Oct 16-18th Th*, pp. 327–332, 2015.
- [22] J. Falin, "Designing DC/DC converters based on ZETA topology," *Analog Appl. J. Texas Instruments Inc.*, vol. 2Q, pp. 16–21, 2010.
- [23] A. El Kebir, H. Belhadj, K. Negadi, and A. B. Bey, "Design and Construction of an Inverter for a Photovoltaic System," *2018 IEEE 27th Int. Sci. Conf. Electron. 2018 - Proc.*, pp. 1–4, 2018, doi: 10.1109/ET.2018.8549642.

