

PERANCANGAN ZETA CONVERTER PADA PELACAKAN TITIK DAYA MAKSIMUM *PHOTOVOLTAIC* MENGGUNAKAN ALGORITMA MODIFIKASI *HILL CLIMBING*

Irwan Mahmudi¹⁾, Jumiyatun²⁾, Baso Mukhlis³⁾, Lukman⁴⁾

^{1,2,3)}Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Tadulako

⁴⁾Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Tadulako

E-mail : irwan.mahmudi@untad.ac.id, jum.elektro@gmail.com, lukman230796@gmail.com

Abstrak

Electrical energy is a primary need at this time, which almost all human activities require electricity. The electrical energy we use today is a conversion from other energy, partly derived from fossil energy, which is energy that cannot be renewed and will run out if it is continuously explored and exploited. Solar energy is a renewable energy source that has the potential to be converted to electrical energy using solar panels or so-called photovoltaics.

Photovoltaic has a drawback in its use, namely the output value is very dependent on environmental conditions. To maximize the power efficiency between the photovoltaic output and the power to be used by the load, a method is needed, namely Maximum Power Point Tracking (MPPT). In the application of this MPPT DC-DC Zeta converter is used with a hill climbing algorithm to achieve the value of the output voltage and current at maximum power. With this method, it is expected that MPPT control is reliable and easy to apply.

In this study, the type of photovoltaic module used is the 60 Wp monocrystalline type with sampling data once an hour from 09.00 - 17.00 WITA, the tracking speed data obtained by the modified hill climbing algorithm is 0.142 seconds on average with an average efficiency of 99.969 %.

Keywords: Photovoltaic, MPPT, Modified Hill Climbing Algorithm, Zeta Converter

I. PENDAHULUAN

Photovoltaic adalah peralatan yang mengubah cahaya menjadi aliran listrik menggunakan efek *photovoltaic*. *Photovoltaic* tidak membutuhkan bahan bakar minyak, tidak menimbulkan polusi dan ramah lingkungan serta sangat baik digunakan di daerah tropis seperti di Indonesia. [7] Namun dibalik kelebihan tersebut *photovoltaic* memiliki kekurangan dalam penggunaannya yaitu nilai keluaran yang sangat bergantung pada keadaan lingkungan (intensitas matahari dan suhu). Hal tersebut mengakibatkan daya yang dihasilkan oleh *photovoltaic* tidak dapat terpakai sepenuhnya oleh beban.

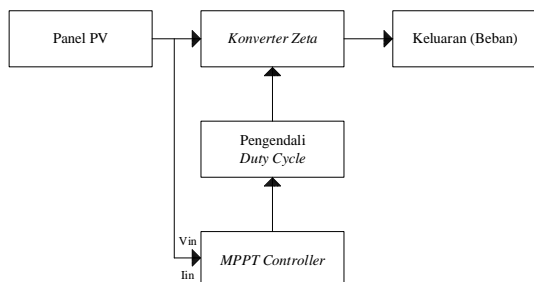
Untuk memaksimalkan efisiensi daya antara output *photovoltaic* dan daya yang akan digunakan beban maka diperlukan sebuah metode yaitu Pelacakan Titik Daya Maksimum atau biasa disebut *Maximum Power Point Tracker* (MPPT). [1] MPPT adalah suatu metode untuk menjejak (track) titik kerja sebuah sumber energi agar menghasilkan daya maksimum. Ketika kondisi beban atau atmosfer yang berbeda maka daya output maksimum sel PV terjadi pada nilai arus dan tegangan tentu berbeda. Dengan kendali MPPT diharapkan terjadi konversi energi maksimal pada berbagai kondisi.

Metode MPPT dapat dilakukan dengan berbagai metode antara lain *fuzzy logic control* (FLC), jaringan syaraf tiruan, dan berbagai macam algoritma lainnya. Tiap metode pasti memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing antara lain jumlah iterasi yang banyak dan sulit untuk diimplementasikan. Salah satu metode yang cukup handal dan mudah di implementasikan adalah algoritma *hill climbing*. Dengan metode ini diharapkan kendali MPPT yang handal serta mudah diterapkan. Dalam penerapan MPPT membutuhkan konverter DC-DC untuk mencapai nilai tegangan dan arus output yang diinginkan, dan pada penelitian ini penulis akan menggunakan *Zeta Converter* dan algoritma *modified hill climbing* sebagai metode MPPT-nya. [3]

II. METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian

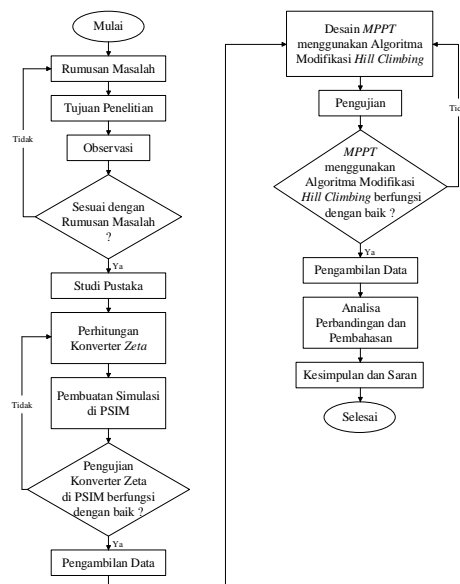
Gambar 3.1. penulis buat untuk menggambarkan dari diagram blok system dari penelitian ini. Dimana MPPT controller memegang kendali atas konverter dengan mengubah nilai *duty cycle* secara bertahap. [4] Perubahan nilai *duty cycle* dilakukan untuk mendapatkan nilai daya maksimum, dengan data referensi nilai arus input (I_{in}) dan teganan input (V_{in}) *Zeta converter* yang merupakan nilai output PV. [2]



Gambar 1. Diagram blok rangkaian

2.2 Cara Penelitian

Adapun bentuk rancangan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Flowchart cara penelitian

Cara kerja sistem yang direncanakan ini adalah sebagai berikut:

- Keluaran tegangan dan arus dari PV akan masuk pada *Zeta Converter*.
- Keluaran tegangan dan arus dari PV akan masuk pada *controller MPPT* (dalam bentuk data yang diambil dari *voltage sensor* dan *current sensor*).
- Kontroler MPPT menggunakan metode Algoritma Modifikasi *Hill Climbing* telah mencari V_{mpp} pada PV.
- Keluaran dari kontroler MPPT (V_{mpp}) masuk pada pengendali *duty cycle* yang akan memberikan umpan balik ke *Zeta Converter*.
- Umpan balik yang diterima oleh *Zeta Converter* akan mengeluarkan V_{mpp} dari PV sehingga daya maksimal dari PV dapat dicapai.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Panel Surya

Tabel 1. Spesifikasi panel surya monokristalin 60 Wp

Daya Maksimum (P_{Max})	60 Wp
Tegangan Daya Maksimum (V_{MP})	23.73 V
Arus Daya Maksimum (I_{MP})	2.55 A
Tegangan Hubung Buka (V_{OC})	27.87 V
Arus Hubung Singkat (I_{SC})	2.78 A

Tabel 1. adalah data *nameplate PV* monokristalin yang digunakan pada penelitian ini, data tersebut berguna sebagai dasar dalam pemodelan pv yang akan disimulasikan. Dalam memodelkan PV juga dibutuhkan data pengukuran real untuk dibandingkan hasilnya dengan data simulasi. Tabel 2. memperlihatkan data hasil pengukuran pada PV. [6]

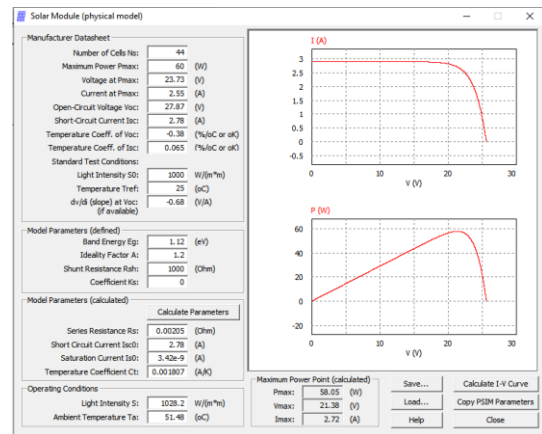
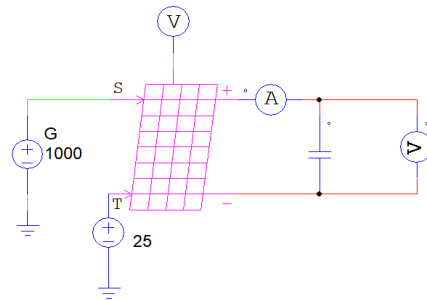
Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Photovoltaic Monocrystalline 60 Wp

No.	Waktu (1 Jam)	Luas PV (A)	Suhu (T)	Intensitas (G)	V_{oc}	I_{sc}	Daya Input ($P_{in}=A \times G$)	Daya Output ($P_{out}=V_{oc} \times I_{sc}$)	Effisiensi ($P_{out}/P_{in} \times 100\%$)
		m^2	$^{\circ}C$	W/m^2	V	A	W	W	%
1.	9:00	0.3465	44.2	843.5	24.89	2.06	292.27275	51.2734	17.54299708
2.	10:00		51.48	1028.2	24.09	2.41	356.2713	58.0569	16.29569937
3.	11:00		55	1241.6	24.01	2.79	430.2144	66.9879	15.57081771
4.	12:00		55.92	1289.3	24.1	2.88	466.74245	69.408	15.5364685
5.	13:00		50.32	1184.2	24.23	2.75	410.3253	66.6325	16.23894505
6.	14:00		49.18	943.2	24.41	2.33	326.8188	56.8753	17.40270144
7.	15:00		45.18	882.8	24.74	2.05	305.8902	50.717	16.58013235
8.	16:00		39.38	499	24.7	1.2	172.9035	29.64	17.14251013
9.	17:00		32.3	248.1	23.03	0.61	85.9665	14.0483	16.34156967

Pengambilan data pada pengujian karakteristik PV ini dilakukan selama 1 hari dimulai dari pukul 09.00 sampai dengan pukul 17.00 dengan jarak waktu pengambilan data tegangan hubung buka (V_{oc}), arus hubung singkat (I_{sc}) dan Suhu (T) dilakukan setiap 1 jam. [8]

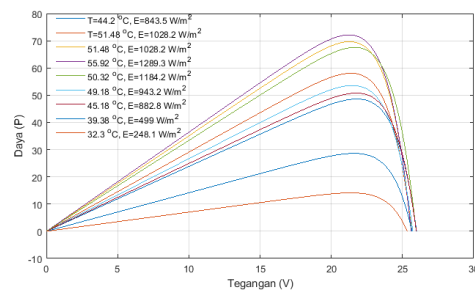
3.2 Data Karakteristik Photovoltaic

Pengujian karakteristik PV dilakukan di aplikasi PSIM dengan bentuk pemodelan ditunjukkan gambar 3.

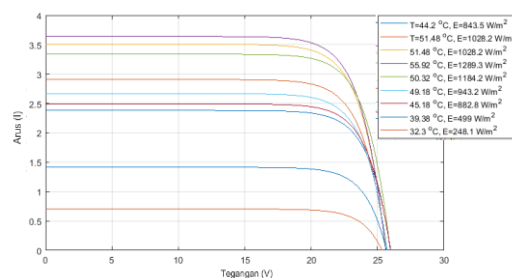


Gambar 3. Pemodelan PV pada PSIM

Dari hasil simulasi berdasarkan data real PV diperoleh kurva karakteristik yang ditunjukkan pada gambar 4 dan gambar 5.



Gambar 4. Kurva daya (p) terhadap tegangan (V) hasil simulasi data real



Gambar 5. Kurva arus (I) terhadap tegangan (V) hasil simulasi data real

3.3 Data Karakteristik Zeta Converter

pada penelitian ini digunakan sebuah DC-DC ZETA converter. Berikut ini merupakan perhitungan parameter Zeta Converter.

a. Parameter Desain Zeta Converter

- f = 45 kHz
- V_{Out} = 24 Volt
- V_{InMin} = 21 Volt
- V_{InMax} = 23 Volt
- ΔI_L = 10 %
- ΔV_{Out} = 1%
- ΔV_{In} = 1%
- I_{Out} = 3 Amper

b. Perhitungan Nilai Komponen Pada Zeta Converter.

1. Duty Cycle (D)

$$D_{Max} = \frac{V_{Out}}{V_{InMin} + V_{Out}} = \frac{24 V}{21 V + 24 V} = 0.533333$$

$$D_{Min} = \frac{V_{Out}}{V_{InMax} + V_{Out}} = \frac{24 V}{23 V + 24 V} = 0.510638$$

2. Arus Input Maksimal (I_{InMax})

$$I_{InMax} = I_{Out} \times \frac{D_{Max}}{1-D_{Max}} = 3 \times \frac{0.533333}{1-0.533333} = 3.428571 A$$

3. Perkiraan Ripple Arus Pada Induktor Saat V_{InMin} (ΔI_{L(ppD)})

$$\Delta I_{L(ppD)} = \Delta I_L \times I_{InMax} = 10 \% \times 3.428571 = 0.342857$$

4. Perhitungan Induktor

$$L1 = \frac{1}{2} \times \frac{V_{InMin} \times D_{Max}}{\Delta I_{L(ppD)} \times f} = \frac{21 \times 0.533333}{0.342857 \times 45000} = 362.97 \mu H$$

$$L2 = L1 = 362.97 \mu H$$

5. Perhitungan Kapasitor Output (C_{Out})

$$C_{Out} = \frac{D_{Min}}{8 \times \Delta V_{Out} \times V_{Out} \times f} = \frac{0.510638}{8 \times 0.01 \times 24 \times 45000} = 5.9102 \mu F$$

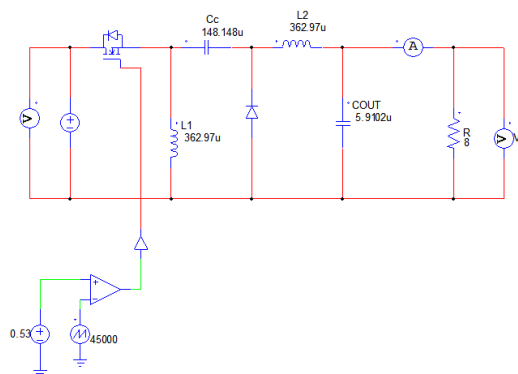
6. Perhitungan Kapasitor Kopleng (C_C)

$$C_C = \frac{D_{Max} \times I_{Out}}{\Delta V_{In} \times V_{Out} \times f} = 148.148 \mu F$$

7. Nilai Tahanan Digunakan (R)

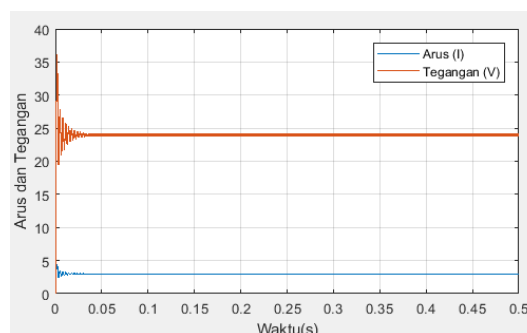
$$R = \frac{V_{Out}}{I_{Out}} = \frac{24 V}{3 A} = 8 \text{ Ohm}$$

Gambar 6. menunjukkan gambar pengujian karakteristik Zeta converter ketika diberikan sumber listrik DC konstan.



Gambar 6. Pengujian zeta converter dengan sumber dc

Rangkaian pengujian Zeta converter diatas bertujuan untuk mengamati kondisi tegangan dan arus-nya terhadap waktu. Adapun hasil simulasinya ditunjukkan pada gambar 7.

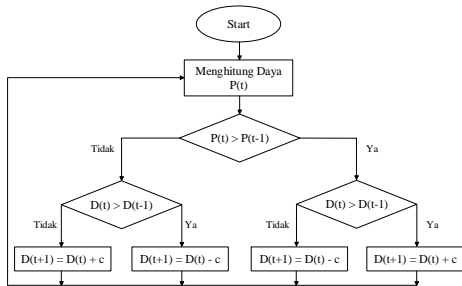


Gambar 7. Kurva arus dan tegangan terhadap waktu *Zeta converter* dengan sumber DC

3.4 Algoritma Hill Climbing

A. Algoritma *Hill Climbing*

Algoritma *hill Climbing* adalah proses pengujian yang dilakukan dengan menggunakan fungsi heuristik. Pembangkitan keadaan berikutnya sangat tergantung pada *feedback* dari prosedur pengetesan. Tes yang berupa fungsi heuristik ini akan menunjukkan seberapa baiknya nilai terkaan yang diambil terhadap keadaan-keadaan lainnya yang mungkin.



Gambar 8. Flowchart algoritma *hill climbing*

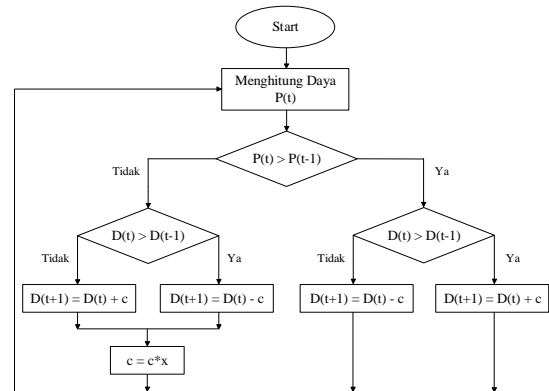
adapun variabel pencarian awal yang penulis gunakan pada algoritma ini ialah:

- c = 0.01
- p0 = 0 W
- d0 = 0
- delay = 0.0025 s

B. Algoritma *Hill Climbing*

Algoritma *modified hill climbing* merupakan ialah metode modifikasi yang dilakukan pada algoritma *hill climbing* konvensional dengan tujuan mendapatkan variabel output yang lebih baik. [9] Dalam penelitian ini modifikasi yang dilakukan ialah menambahkan variabel x yang berfungsi sebagai faktor pengali dari nilai konstan c, Hal tersebut bertujuan untuk mengurangi *ripple steady state* ketika

algoritma berhasil mendapatkan daya puncak.

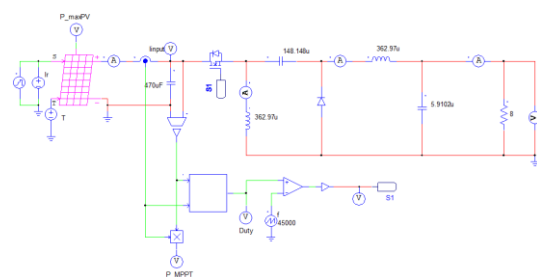


Gambar 8. Flowchart algoritma *modified hill climbing*

Untuk variabel pencarian awal yang penulis gunakan pada algoritma ini ialah

- c = 0.01
- x = 0,9
- p0 = 0 W
- d0 = 0
- delay = 0.0025 s

Gambar 9. merupakan gambar rangkaian pelacakan titik daya maksimum pada PV penelitian ini.

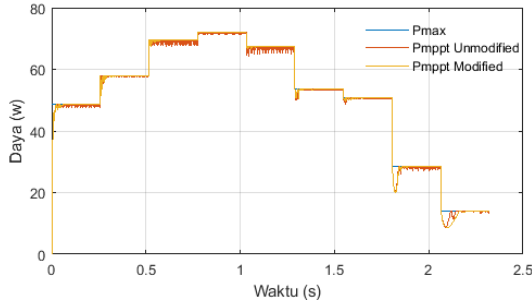


Gambar 9. Rangkaian simulasi *Zeta Converter* pada pelacakan titik daya maksimum

3.5 Hasil Running Simulasi

Setelah melakukan pengujian menggunakan data *real* yang ada pada Tabel 2, maka berikut ini merupakan hasil *tracking*

daya dengan *Hill Climbing Method* dan *Modified Hill Climbing Method*.



Gambar 10. Grafik pengujian *mppt hill climbing* dan *modified hill climbing* dengan variasi data nilai intensitas dan suhu *real*.

Tabel 3. merupakan perbandingan data hasil *tracking* daya antara algoritma *hill climbing* dan *modified hill climbing* dengan nilai suhu (T) dan intensitas (E) divariasikan berdasarkan data *real* pengukuran

Tabel 3. Perbandingan hasil pengujian algoritma *hill climbing* dan *modified hill climbing* MPPT dengan variasi data nilai intensitas dan suhu *real*.

No.	Suhu °C	Intensitas W/m ²	Pmaxpy Watt	Parameters	Tracking Method	
					Hill Climbing	Modified Hill Climbing
1.	44.2	843.5	48.589064	Power Tracked (Watt)	48.332271	48.503156
				Tracking Speed (s)	0.029795918	0.084489796
				Tracking Efficiency (%)	99.471500418283	99.823194783089
				Steady State Ripple	Poor	Good
				Output Current (A)	2.4456207	2.4148402
				Output Voltage (V)	19.564966	19.318722
2.	51.48	1028.2	58.053712	Power Tracked (Watt)	57.918492	58.043416
				Tracking Speed (s)	0.033877551	0.1155102
				Tracking Efficiency (%)	99.767077771013	99.982264699973
				Steady State Ripple	Poor	Good
				Output Current (A)	2.6789938	2.6819742
				Output Voltage (V)	21.431951	21.455793
3.	55	1241.6	69.646282	Power Tracked (Watt)	69.165975	69.641905
				Tracking Speed (s)	0.026530612	0.20693878
				Tracking Efficiency (%)	99.31036224869	99.993715385984
				Steady State Ripple	Poor	Good
				Output Current (A)	2.9282725	2.9385481
				Output Voltage (V)	23.42618	23.508385
4.	55.92	1289.3	72.160626	Power Tracked (Watt)	71.958481	72.159152
				Tracking Speed (s)	0.047346939	0.11061224
				Tracking Efficiency (%)	99.719868006688	99.997957334794
				Steady State Ripple	Poor	Good
				Output Current (A)	2.9873498	2.991546
				Output Voltage (V)	23.898799	23.932368
5.	50.32	1184.2	67.55727	Power Tracked (Watt)	67.07556	67.556154
				Tracking Speed (s)	0.025306122	0.24244898
				Tracking Efficiency (%)	99.286960529933	99.998348068239
				Steady State Ripple	Poor	Good
				Output Current (A)	2.8833425	2.8945302
				Output Voltage (V)	23.06674	23.156242
6.	49.18	943.2	53.55058	Power Tracked (Watt)	53.442683	53.527039
				Tracking Speed (s)	0.057959184	0.13795918
				Tracking Efficiency (%)	99.798513853631	99.95603969182
				Steady State Ripple	Poor	Good
				Output Current (A)	2.5730517	2.5646967
				Output Voltage (V)	20.584413	20.517574
7.	45.18	882.8	50.760813	Power Tracked (Watt)	50.660592	50.755803
				Tracking Speed (s)	0.092144898	0.095102041
				Tracking Efficiency (%)	99.813988400856	99.989736176999
				Steady State Ripple	Poor	Good
				Output Current (A)	2.5050426	2.5078967
				Output Voltage (V)	20.040341	20.063174
8.	39.38	499	28.612854	Power Tracked (Watt)	27.377603	28.611346
				Tracking Speed (s)	0.05877551	0.2077551
				Tracking Efficiency (%)	95.682880847887	99.99472964144
				Steady State Ripple	Poor	Good
				Output Current (A)	1.8194819	1.8785213
				Output Voltage (V)	14.555855	15.02817
9.	32.3	248.1	14.100251	Power Tracked (Watt)	13.857848	14.098949
				Tracking Speed (s)	0.096734694	0.21632653
				Tracking Efficiency (%)	98.280860390358	99.990766121823
				Steady State Ripple	Poor	Good
				Output Current (A)	1.2980316	1.3126837
				Output Voltage (V)	10.384253	10.501469

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada perancangan *Zeta converter* pada pelacakan titik daya maksimum *photovoltaic* menggunakan algoritma modifikasi *hill climbing* dapat ditarik kesimpulan antara lain:

1. Pemodelan karakteristik *photovoltaic* pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi PSIM, dengan sampel data tegangan hubung buka (V_{OC}) dan arus hubung singkat (I_{SC}) pada variasi *Irradiance* (G) dan Suhu (T) yang pengambilan datanya dilakukan tiap 1 jam sekali dari pukul 09:00 Wita hingga 17:00 Wita.
2. Parameter *Zeta converter* dikatakan layak pada suatu sistem MPPT apabila *Zeta converter* didesain dengan nilai daya output maksimum lebih besar dari nilai daya output maksimum *Photovoltaic* yang akan *tracking*. Pada penelitian ini *Zeta converter* didesain dengan nilai tegangan output (V_{Out}) sebesar 24 Volt dan arus output (I_{Out}) sebesar 3 Ampere, sehingga diperoleh daya outputnya sebesar 72 Watt yang mana telah lebih besar dari *photovoltaic* yang digunakan yaitu 60 Watt pada pengujian standard pabrik.
3. Dari hasil pengujian antara algoritma *hill climbing* dan *modified hill climbing* diperoleh; data *tracking speed* pada algoritma *hill climbing* selalu lebih cepat daripada algoritma *modified hill climbing* dengan nilai rata-rata 0,046 sekon untuk algoritma *hill climbing*, dan 0,142 sekon untuk algoritma *modified hill climbing*. Namun dalam hal efisiensi algoritma *modified hill climbing* lebih unggul dengan nilai rata-rata 99,969 % dan 99,048 % untuk algoritma *hill climbing*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Ajiatmo and I. Robandi, *OPTIMISASI MAXIMUM POWER POINT TRACKER (MPPT) SISTEM PHOTOVOLTAIC (PV) ALGORITMA PADA PENGISIAN BATERAI KENDARAAN LISTRIK BERBASIS FIREFLY ALGORITMA MODIFIKASI*, no. June 2016. 2015.
- [2] F. Setiawan, M. R. Kirom, and R. F. Iskandar, “Rancang Bangun Maximum Power Point Tracking Menggunakan Buck Converter Dengan Metode Hill Climbing Design of Maximum Power Point Tracking Using Buck Converter With Hill Climbing Method,” vol. 3, no. 2, pp. 2019–2024, 2016.
- [3] P. P. S. Saputra, “STUDI PERBANDINGAN KONVERTER DC-DC DALAM SISTEM MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) SEL SURYA MENGGUNAKAN ALGORITMA PERTURB AND OBSERVE (P & O),” vol. 1, no. 1c, pp. 237–246, 2018.
- [4] E. F. Camacho, Manuel Berenguel, F. R. Rubio, and D. Martínez, *Control of SolarEnergy Systems*. 2012.
- [5] M. Adamek, P. Neumann, and M. Matysek, “Control of solar power systems,” *Ann. DAAAM Proc. Int. DAAAM Symp.*, no. Dycops, pp. 233–234, 2010.
- [6] N. Anani, M. Shahid, O. Al-Kharji, and J. Ponciano, “A CAD package for modeling and simulation of PV arrays under partial shading conditions,” 2013, doi: 10.1016/j.egypro.2013.11.040.
- [7] M. H. Ahmadi *et al.*, “Solar power technology for electricity generation: A critical review,” *Energy Sci. Eng.*, vol. 6, no. 5, pp. 340–361, 2018, doi: 10.1002/ese3.239.
- [8] L. A. Hecktheuer, A. Krenzinger, and C. W. M. Prieb, “Methodology for photovoltaic modules characterization and shading effects analysis,” *Rev. Bras. Ciencias Mec. Brazilian Soc. Mech. Sci.*, 2002.
- [9] A. E. Febtiwiyanti and S. Sidopekso, “Studi Peningkatan Output Modul Surya dengan menggunakan Reflektor,” *J. Fis. dan Apl.*, vol. 6, no. 2, p. 100202, 2010, doi: 10.12962/j24604682.v6i2.919.