



PENGARUH MODIFIKASI PADA ALGORITMA *HILL CLIMBING* UNTUK PELACAKAN TITIK DAYA MAKSIMUM *PHOTOVOLTAIC* MENGGUNAKAN *SEPIC CONVERTER*

Ratih Mar'atus Shalihah¹, Irwan Mahmudi², Yuli Asmi Rahman³, Sundun Sada Maripi⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako

Jl. Soekarno Hatta Km.9 Palu

Telp. (0451) 454014

E-mail: ratih117@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History :

Article entry : 2023-02-23

Article revised : 2023-02-28

Article received : 2023-03-04

Keywords :

Photovoltaic, SEPIC Converter, Modified Hill Climbing Algorithm, MPPT

IEEE Style in citing this article:

R. M. Shalihah, I. Mahmudi, Y. A. Rahman dan S. S. Maripi, "Pengaruh Modifikasi Pada Algoritma Hill Climbing Untuk Pelacakan Titik Daya Maksimum Photovoltaic Menggunakan Sepic Converter," JE-UNISLA, vol. 8, no. 1, pp. 49-54, 2023.

ABSTRACT

Renewable energy is an alternative energy to reduce the use of fossil energy, one of the renewable energy used today is photovoltaic. photovoltaic converts solar energy into electrical energy. The efficiency of photovoltaic is very low, so a method is needed to get the maximum power. The method for getting maximum power from photovoltaic is called Maximum Power Point Tracking (MPPT). MPPT is a method to track the power point of an energy source to produce maximum power. There are various methods and ways to realize MPPT control, one of which is the Modified Hill Climbing Algorithm (MHC). The algorithm determines the duty cycle setting on the SEPIC Converter. It is intended that the converter work at maximum power. In testing using measurement and calculation data, the average tracking efficiency value = 99.99486%, the average tracking speed value = 0.189978s and the average tracking power value = 50.56408 Watt. Modified Hill Climbing Method provides better tracking power and efficiency when compared to simple Hill Climbing, but makes the Steady state response time 0.1s longer.

1. PENDAHULUAN

1.1 Heading 2/Subbagian

Peralihan penggunaan energi fosil menuju Energi Baru dan Terbarukan (EBT) merupakan hal yang mutlak untuk dilakukan sebagai upaya untuk mengurangi penggunaan energi fosil yang semakin menipis. Transisi ini mutlak diperlukan demi menjaga ketersediaan energi dimasa depan. Salah satu alternatif sumber EBT yang banyak dikembangkan antara lain pembangkit listrik tenaga air, pembangkit listrik tenaga angin hingga pembangkit listrik tenaga matahari. Hal ini selaras dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 17/2013 Pasal 2 Ayat 1 yang menyatakan bahwa dalam rangka memenuhi kebutuhan

tenaga listrik nasional melalui pemanfaatan energi surya yang ramah lingkungan, pemerintah menugaskan PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) untuk membeli tenaga listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pada tahun 2014 peraturan pemerintah tentang Kebijakan Energi Nasional mendorong agar pada tahun 2025 peran Energi Baru dan Energi Terbarukan paling sedikit 23% dan pada tahun 2050 paling sedikit 31% (Perbandingan_Metode_MPPT_Incremental_Conductance_I n.d.).

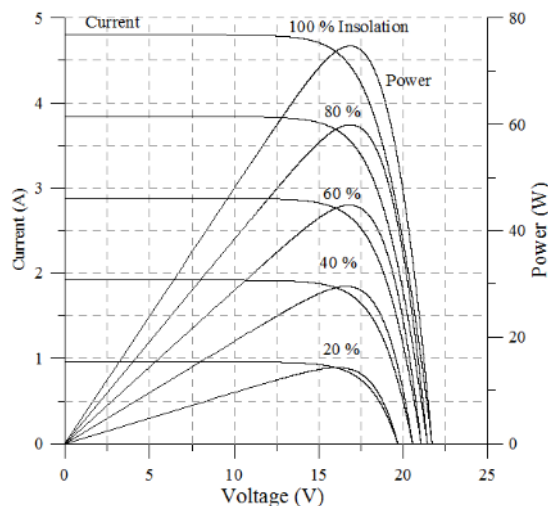
Terletak pada garis khatulistiwa, Indonesia mempunyai energi surya yang berlimpah dan berpotensi menjadi salah satu sumber energi utama

penghasil listrik di masa depan. Sulawesi Tengah khususnya kota Palu yang wilayahnya terdiri dari lima dimensi yaitu wilayah pegunungan, lembah, sungai, teluk dan lautan. Kota Palu memiliki letak geografis yang berada antara $0^{\circ},36''-0^{\circ},56''$ Lintang Selatan dan $119^{\circ},45''-121^{\circ},1''$ Bujur Timur, sehingga tepat berada digaris Khatulistiwa. Oleh sebab itu, kota Palu dapat memanfaatkan tenaga surya sebagai sumber energi listrik.

Output panel PV berkarakteristik nonlinier, karena dipengaruhi oleh suhu dan radiasi matahari yang intensitasnya berubah-ubah. Oleh karena itu, output PV harus dikontrol untuk mencapai efisiensi energi matahari yang tinggi. Daya maksimum dari PV dapat diketahui dengan Teknik *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). MPPT diimplementasikan untuk mengatur *duty cycle* SEPIC Converter agar dapat mengekstraksi energi matahari yang optimal dari PV dengan dasar kurva karakteristik tegangan-daya dan kurva karakteristik tegangan-arus (Wirateruna, Afroni, and Badri 2022). Algoritma *Hill Climbing* dipilih untuk mengatur modulasi lebar pulsa (PWM) pada SEPIC Converter agar diperoleh daya output yang optimal dari modul surya PV. Algoritma *Hill Climbing* yang akan dipakai ada 2 jenis, yaitu *Hill Climbing* sederhana dan *Modified Hill Climbing* (MHC). Sehingga, akan diketahui perbedaan pengaruh dari kedua algoritma tersebut terhadap MPPT PV.

1.2 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Maximum Power Point Tracking adalah teknik yang digunakan untuk menjaga sistem *photovoltaic* bekerja dalam *point Maximum Power Point*. Di bawah ini adalah grafik karakteristik dari panel surya (Darmawan n.d.; Mahmudi et al. 2020; Majstorovic et al. 2020; Wirateruna, Afroni, and Badri 2022)



Gambar 1. Grafik Arus dan Daya Terhadap Tegangan

MPPT akan mempertahankan output pada daya tertingginya, yaitu pada V_{mp} (*voltage maximum power*) dan I_{mp} (*current maximum power*). Untuk mempertahankan sistem dapat tetap bekerja pada *MPP*.

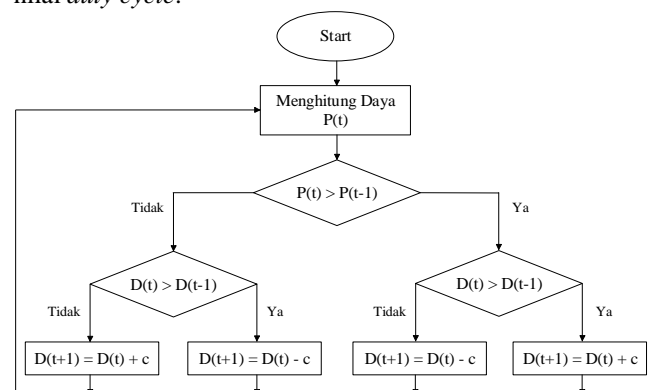
Tegangan *maximum power point* (V_{mpp}), bervariasi terhadap suhu dan intensitas cahaya matahari. Sebuah konverter DC-DC dapat dipasang diantara panel surya dan beban. Konverter ini digunakan untuk memaksimalkan transfer daya dari panel surya ke beban. Konverter DC-DC yang digunakan tergantung dari spesifikasi panel surya dan beban yang dipasang. Konverter DC-DC dikontrol dengan menggunakan Algoritma Modifikasi *Hill Climbing*, sehingga tegangan optimal dari sel PV dapat diperkirakan.

1.3 Hill Climbing Algorithm dan Modified Hill Climbing Algorithm

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.

Metode *Hill climbing* merupakan variasi dari *depth-first search*. Dengan metode ini, eksplorasi terhadap keputusan dilakukan dengan cara *depth-first search* dengan mencari *path* yang bertujuan menurunkan *cost* untuk menuju kepada *goal/* keputusan. Yaitu dengan selalu memilih nilai heuristik terkecil.

Dalam metode heuristik *Hill Climbing*, terdapat dua jenis *Hill Climbing* yang sedikit berbeda, yakni *Simple Hill Climbing* (*Hill Climbing* sederhana) dan *Steepest-Ascent Hill Climbing* (*Hill Climbing* dengan memilih kemiringan yang paling tajam/ curam) (Bahari et al. 2016; Rawat and Chandel n.d.). Algoritma *Hill Climbing* bekerja berdasarkan observasi pada daya keluaran PV dan memberi gangguan berupa penambahan atau pengurangan daya dengan mengubah nilai *duty cycle*.

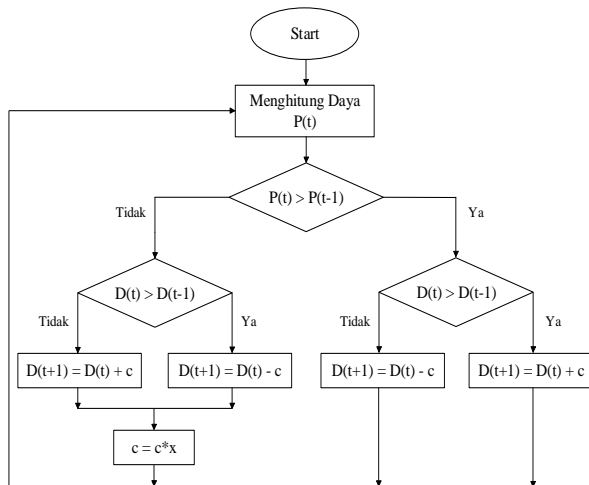


Gambar 2. Flowchart dari Algoritma Hill Climbing

Algoritma ini digunakan karena cukup cepat, mudah dan murah dalam mewujudkan kendali MPPT (Darmawan n.d.). Pada *flowchart/* diagram alur pada gambar 2 juga terdapat beberapa parameter seperti; $P(t)$ yang merupakan nilai daya saat itu (sekarang), $P(t-1)$ merupakan nilai daya sebelumnya, $D(t)$ merupakan nilai *duty cycle* saat itu (sekarang), $D(t-1)$ merupakan nilai *duty cycle* sebelumnya, $D(t+1)$

merupakan nilai *duty cycle* selanjutnya (terbaru) dan c merupakan konstanta selisih *duty cycle* sekarang dan *duty cycle* sebelumnya.

Modified Hill Climbing Method merupakan suatu metode modifikasi dari algoritma *Hill Climbing* dengan penambahan variabel x yang berfungsi sebagai faktor pengali dari konstanta c . Hal ini bertujuan untuk mengurangi *ripple*/ riak pada daya puncak ketika dalam kondisi *steady state* yang dihasilkan dari *Hill Climbing Method*. Pada gambar di bawah ini merupakan *flowchart* dari algoritma *Modified Hill Climbing*. (Mahmudi et al. 2021; Zhu et al. 2018)



Gambar 3. Flowchart dari Algoritma Modified Hill Climbing (MHC)

Untuk menjalankan diagram alur dari algoritma MHCM dapat ditentukan lebih dulu Variabel Awal MPPT di *Simplified C Block* pada *PSIM* sebagai berikut:

$c = 0.01$; → Konstanta

$x = 0.95$ → Faktor pengali

$p_0 = 0$; → Daya Awal

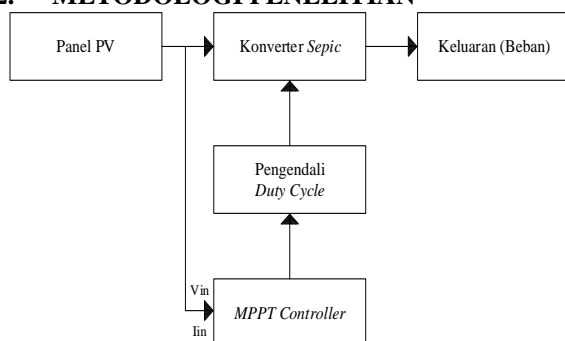
$d_0 = 0.439$; → *Duty cycle* awal/ sebelumnya

$d_1 = d_0 + c$; → *Duty cycle* sekarang

waktu = t ; → Waktu

delay = 0.0025; → Waktu tunda ke langkah selanjutnya

2. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 4. Diagram Blok Rangkaian

Data awal yang diambil adalah data tegangan dan arus *output* panel surya pada berbagai kondisi suhu dan intensitas radiasi matahari. Data arus dan tegangan ini kemudian diolah untuk mendapatkan daya puncak (P_{max} dan Tegangan maksimum (V_{mpp})). Cara kerja sistem yang direncanakan ini adalah sebagai berikut:

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

3. PEMBAHASAN

3.1 Hasil pengambilan data PV

Tabel 1. Data Real Photovoltaic Monocrystalline 60 Wp

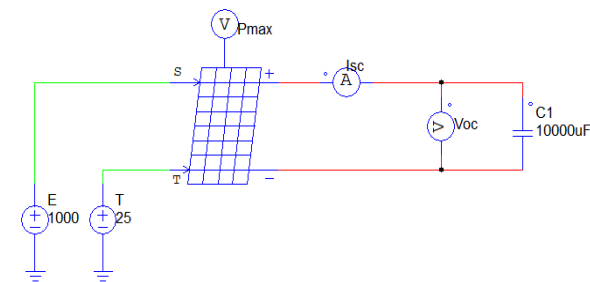
No Waktu	Luas PV (A)	T	Intensitas (E)	V_{oc}	I_{sc}	P_{in}	P_{out}	η
1	9:00	44,2	843,5	24,89	2,06	292,27	51,27	17,54
2	10:00	51,48	1028,2	24,09	2,41	356,27	58,56	16,30
3	11:00	55,6	1241,6	24,01	2,79	430,21	66,99	15,57
4	12:00	55,92	1289,3	24,1	2,88	446,74	69,41	15,54
5	13:00	50,32	1184,2	24,23	2,75	410,33	66,63	16,24
6	14:00	49,18	943,2	24,41	2,33	326,81	56,88	17,40
7	15:00	45,18	882,8	24,74	2,05	305,89	50,717	16,58
8	16:00	39,38	499	24,7	1,2	172,90	29,64	17,14
9	17:00	32,3	248,1	23,03	0,61	85,96	14,05	16,34

Pada penelitian ini dalam proses pengambilan data digunakan *photovoltaic* tipe *monocrystalline* 60 Wp yang terhubung dengan 2 buah *digital multimeter* untuk mengukur tegangan hubung buka (V_{oc}) dan arus hubung

singkat (I_{sc}), serta digunakan *solar power meter* untuk mengukur intensitas radiasi matahari dan juga digunakan *infrared thermometer* untuk mengukur suhu pada *photovoltaic*. Pengambilan data dilakukan selama 1 hari dimulai dari pukul 09.00 WITA sampai pukul 17.00 WITA dengan interval waktu pengambilan data setiap 1 jam sekali dalam waktu bersamaan, maka diperoleh nilai data hasil pengukuran dan perhitungan sebagai berikut:

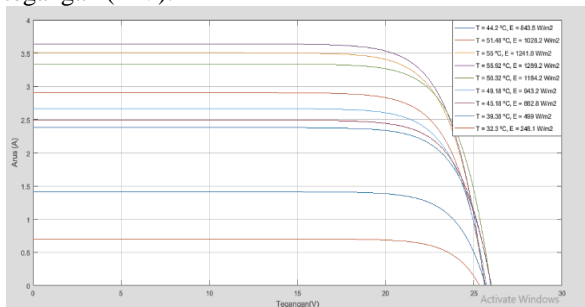
3.2 Karakteristik Photovoltaic

Pada penelitian ini digunakan sebuah *software* yaitu *Power Simulation (PSIM)* sebagai alat untuk memodelkan suatu sistem Photovoltaic. Berikut merupakan rangkaian pemodelan *photovoltaic monocrystalline 60 Wp*. (Mahmudi et al. 2020; Yudianto, Kurniastuti, and Br n.d.)

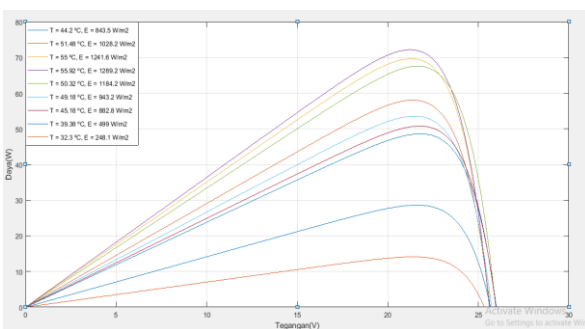


Gambar 5. Pemodelan PV Monocrystalline 60 Wp

Gambar 5 diatas merupakan rangkaian pengujian karakteristik PV yang digunakan pada penelitian ini dengan hasil berupa kurva karakteristik arus terhadap tegangan (I-V) dan kurva karakteristik daya terhadap tegangan (P-V).



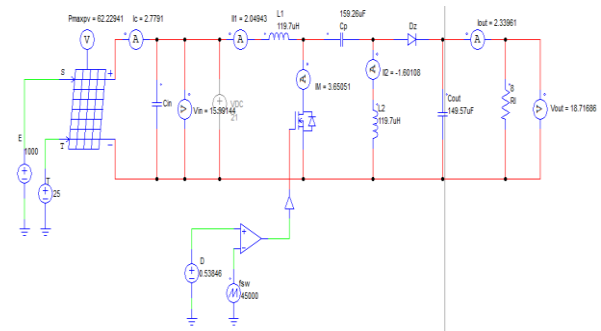
Gambar 6. Kurva Karakteristik I-V berdasarkan Data Real Photovoltaic Monocrystalline 60 Wp



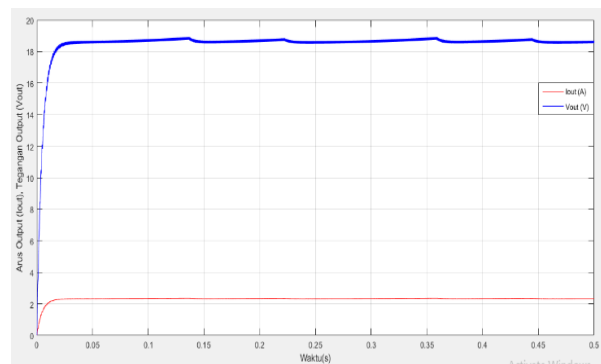
Gambar 7. Kurva Karakteristik P-V berdasarkan Data Real Photovoltaic Monocrystalline 60 Wp

3.3 Karakteristik SEPIC Converter

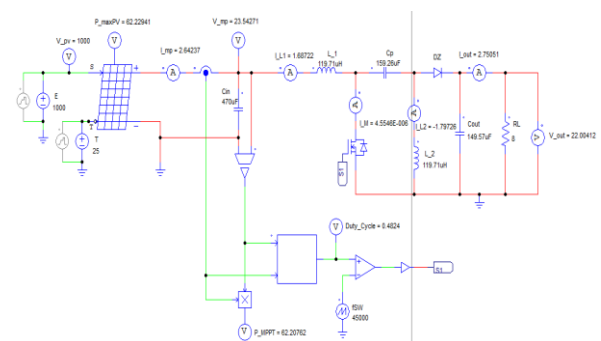
Berdasarkan penentuan parameter awal dan hasil persamaan konverter *SEPIC*, maka pada gambar 8 merupakan rangkaian konverter bersumber tegangan DC (V_{DC}) beserta kurva karakteristiknya dan rangkaian konverter bersumber *photovoltaic monocrystalline 60 Wp* beserta karakteristiknya. (Atia 2009; Mahmudi et al. 2021; Septya Mahendra et al. 2021)



Gambar 8. Rangkaian Konverter SEPIC bersumber PV Monocrystalline 60 Wp



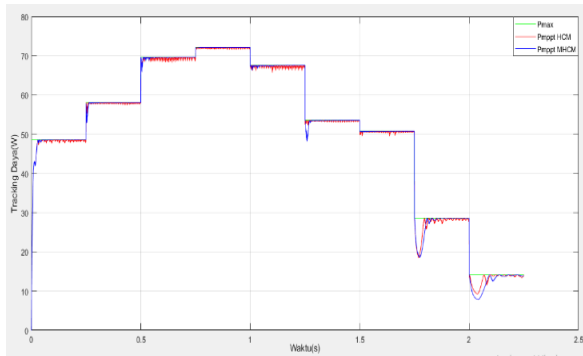
Gambar 9. Karakteristik (Vout-Iout) Konverter SEPIC bersumber PV Monocrystalline 60 Wp



Gambar 10. Rangkaian Pelacakan Titik Daya Maksimum Pada PV Monocrystalline 60 Wp menggunakan Algoritma Modified Hill Climbing Method dengan SEPIC Converter

3.4 Hasil simulasi MPPT

Setelah melakukan pengujian menggunakan data *real* yang ada pada Tabel 1, maka berikut ini merupakan hasil *tracking* daya dengan *Hill Climbing Method* dan *Modified Hill Climbing Method*.



Gambar 11. Kurva Tracking Daya berdasarkan Data Real menggunakan Hill Climbing Method dan Modified Hill Climbing Method

Setelah melakukan pengujian maka didapatkan data hasil perbandingan optimasi dari 2 metode MPPT menggunakan konverter SEPIC berdasarkan data real (pengukuran dan perhitungan). Parameter yang dilihat antara lain *power tracked* (PT), *Tracking Speed* (TS), *Tracking Efficiency* (TE), *Steady State Ripple* (SSR), arus dan tegangan output seperti pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Perbandingan Hill Climbing Method dan Modified Hill Climbing Method berdasarkan Data Real

No	T °C	Intensitas W/m ²	P _{maxPV} W	parameter	Metode tracking		
					HC	MHC	
1	44,2	843,5	48,59	PT(W)	47,65	47,79	
					TS(s)	0,048	0,092
					TE(%)	99,66	99,99
					SSR	kurang	baik
					Io(A)	2,383	3,387
2	51,4 8	1028,2	58,06	PT(W)	57,46	57,54	
					TS(s)	0,012	0,295
					TE(%)	99,94	99,95
					SSR	kurang	baik
					Io(A)	2,625	2,627
3	55	1241,6	69,65	PT(W)	68,65	68,88	
					TS(s)	0,034	0,270
					TE(%)	99,96	99,996
					SSR	kurang	baik
					Vo(V)	20,10	21,01
4	55,9 2	1289,3	72,16	PT(W)	71,23	71,35	
					TS(s)	0,031	0,116
					TE(%)	99,91	99,997
					SSR	kurang	baik
					Io(A)	2,931	2,934
5	50,3 2	1184,2	67,56	PT(W)	66,65	66,67	
					TS(s)	0,024	0,121
					TE(%)	99,98	99,99
					SSR	kurang	baik
					Io(A)	2,831	2,837
6	49,1 8	943,2	53,55	PT(W)	52,89	52,97	
					TS(s)	0,027	0,116
					TE(%)	99,85	99,99
					SSR	kurang	baik
					Io(A)	2,516	2,518
7	45,1 8	882,8	50,76	PT(W)	49,94	50,03	
					TS(s)	0,035	0,145
					TE(%)	99,999 3	99,999 5
					SSR	kurang	baik
					Io(A)	2,442	2,444
8	39,3 8	499	28,61	PT(W)	26,89	27,18	
					TS(s)	0,069	0,224
					TE(%)	99,94	99,99
					SSR	kurang	baik
					Io(A)	1,769	1,779
					Vo(V)	14,16	14,23

					Io(A)	2,87	2,88
					Vo(V)	71,24	71,35
					PT(W)	71,23	71,35
					TS(s)	0,031	0,116
					TE(%)	99,91	99,997
					SSR	kurang	baik
					Io(A)	2,931	2,934
					Vo(V)	23,45	23,47
					PT(W)	66,65	66,67
					TS(s)	0,024	0,121
					TE(%)	99,98	99,99
					SSR	kurang	baik
					Io(A)	2,831	2,837
					Vo(V)	22,65	22,69
					PT(W)	52,89	52,97
					TS(s)	0,027	0,116
					TE(%)	99,85	99,99
					SSR	kurang	baik
					Io(A)	2,516	2,518
					Vo(V)	20,12	20,14
					PT(W)	49,94	50,03
					TS(s)	0,035	0,145
					TE(%)	99,999 3	99,999 5
					SSR	kurang	baik
					Io(A)	2,442	2,444
					Vo(V)	19,536	19,556
					PT(W)	26,89	27,18
					TS(s)	0,069	0,224
					TE(%)	99,94	99,99
					SSR	kurang	baik
					Io(A)	1,769	1,779
					Vo(V)	14,16	14,23

9	32,3	248,1	14,10	PT(W)	12,40	12,23
				TS(s)	0,011	0,33
				TE(%)	99,999 5	99,999 9
				SSR	kurang	baik
				Io(A)	1,1605	1,1663
				Vo(V)	9,24	9,34

4. PENUTUP

4.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pelacakan titik daya maksimum pada *photovoltaic* menggunakan algoritma modifikasi *hill climbing* dengan *SEPIC converter*, maka dapat disimpulkan antara lain:

1. Bentuk karakteristik *photovoltaic monocrystalline* 60Wp saat suhu (T) divariasikan atau temperatur sel PV dinaikkan atau lebih tinggi dari temperatur normal, maka diperoleh juga kenaikan arus namun sel surya akan melemahkan tegangan yang dihasilkan, dan ketika intensitas (E) divariasikan atau jumlah energi cahaya matahari yang diperoleh PV berkurang/melemah, maka besar tegangan dan arus listrik yang di hasilkan juga menurun, namun penurunan tegangan relatif lebih kecil dibandingkan penurunan arus.
2. Dalam mengatur *duty cycle SEPIC converter* agar bekerja pada daya maksimum, maka digunakan *modified hill climbing method* dengan nilai *duty cycle* awal $d_0=0.439$ dan selanjutnya lewat metode ini *duty cycle* akan terus bekerja untuk menjejak daya maksimum yang dihasilkan oleh PV.
3. *Modified* pada *Hill Climbing Method* memberikan daya tracking dan efisiensi yang lebih baik jika dibandingkan dengan *Hill Climbing* sederhana namun membuat respon waktu *Steady statenya* lebih lama 0,1s.

REFERENSI

- Sharp, Gregory. 2014. *SEPIC Converter Design and Operation*, WPI.
- Maulida, L., Fauziah, N., Susanti, A., Hamdani, S. B. 2014. *Kecerdasan Buatan Simple Hill Climbing*. (081112021).
- Atia, Yousry. 2009. 'Photovoltaic Maximum Power Point Tracking Using Sepic Converter'. *Erj. Engineering Research Journal* 32(4): 437-45.
- Bahari, Mohammad Iman Et Al. 2016. 'Modeling And Simulation Of Hill Climbing Mppt Algorithm For Photovoltaic Application'. In *2016 International Symposium On Power Electronics, Electrical*

Drives, Automation And Motion (Speedam), Ieee, 1041-44.

Darmawan, Dianggoro. *Perancangan Maximum Power Point Tracker (Mppt) Untuk Panel Surya Menggunakan Konverter Cuk Dengan Metode Hill Climbing*.

Mahmudi, Irwan Et Al. 2020. 'Synchronous Buck Converter For Improved Maximum Power Extraction On Small Stand-Alone Wind Power System Using Modified Perturb And Observe (P&O)'. *Matec Web Of Conferences* 331: 03004.

Mahmudi, Irwan, Jumiyatun Jumiyatun, Baso Mukhlis, And Lukman Lukman. 2021. 'Perancangan Zeta Converter Pada Pelacakan Titik Daya Maksimum Photovoltaic Menggunakan Algoritma Modifikasi Hill Climbing'. *Foristek* 11(1).

Majstorovic, Milovan Et Al. 2020. 'Implementation Of Mppt Methods With Sepic Converter'. In *2020 19th International Symposium Infotek-Jahorina (Infotek)*, Ieee, 1-6.

'Perbandingan Metode Mppt Incremental Conductance I'.

Rawat, Rahul, And S S Chandel. 'Special Issue Of International Journal Of Sustainable Development And Green Economics (Ijsdgc), Hill Climbing Techniques For Tracking Maximum Power Point In Solar Photovoltaic Systems-A Review'.

Septya Mahendra, Luki, Jauharotul Maknunah, Karimatun Nisa, And Lamongan Pp Komplek Al Fattah Siman Sekaran Lamongan Jawa Timur. 2021. *6 Desain Perbandingan Mppt P&O Dan Ic Pada Solar Sel 1500 Wp Menggunakan Konverter Sepic*.

Wirateruna, Efendi S, Mohammad Jasa Afroni, And Fawaidul Badri. 2022. 'Design Of Maximum Power Point Tracking Photovoltaic System Based On Incremental Conductance Algorithm Using Arduino Uno And Boost Converter'. *Applied Technology And Computing Science Journal* 4(2): 101-12.

Yudianto, Firman, Ima Kurniastuti, And Nahdia Rupawanti Br. *Penggunaan Fuzzy Logic Control Untuk Kestabilan Solar Sel Dengan Menggunakan Matlab*. www.jurnalteknik.unisla.ac.id/index.php/.

Zhu, Weiwei, Liqun Shang, Pengwei Li, And Hangchen Guo. 2018. 'Modified Hill Climbing Mppt Algorithm With Reduced Steady- State Oscillation And Improved Tracking Efficiency'. *The Journal Of Engineering* 2018(17): 1878-83.

M. Kordestani, A. Mirzaee, A. A. Safavi and M. Saif, "Maximum Power Point Tracker (MPPT) for Photovoltaic Power Systems-A Systematic Literature Review," *2018 European Control Conference (ECC)*, Limassol, Cyprus, 2018, pp. 40-45