



Implementasi *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) Berbasis Algoritma *Human Psychology Optimization* (HPO) Untuk Optimalisasi Daya Output Panel Surya Pada Kondisi *Partial Shading*

Fajar Maulana¹, Isdawimah², Kusnadi²

¹Program Pascasarjana, Magister Terapan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus Universitas Indonesia, Depok, 16421

✉e-mail : fajar.maulana.te19@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRAK

Sebuah teknik pelacakan titik daya maksimum (MPPT) berbasis algoritma metaheuristik untuk sistem panel surya diusulkan, yaitu MPPT berbasis algoritma *human psychology optimization* (MPPT-HPO). Algoritma HPO memiliki pemodelan matematis yang sederhana sehingga mudah diimplementasikan pada sistem MPPT. Algoritma MPPT-HPO yang diusulkan diimplementasikan pada sistem panel surya yang tersusun dari 2 panel surya yang dirangkai secara seri dan terintegrasi dengan DC-DC *Boost Converter*. Sistem panel surya dikembangkan secara simulasi menggunakan software PSIM. Sistem panel surya yang dilengkapi MPPT-HPO diuji pada kondisi penyinaran yang bervariasi baik pada kondisi non-shading dengan penyinaran seragam maupun kondisi partial shading dengan penyinaran tidak seragam. Selanjutnya untuk mengevaluasi kinerjanya, MPPT-HPO dibandingkan dengan MPPT-P&O. Akurasi yang didapatkan dalam pengujian algoritma MPPT-HPO cukup bagus mencapai 99% dan MPPT-HPO memiliki kemampuan yang stabil setelah mencapai kondisi *global maximum power point* (GMPP) jika dibandingkan dengan teknik MPPT-P&O yang sudah ada sebelumnya.

Kata kunci : *maximum power point tracking, human psychology optimization, DC-DC boost converter*

ABSTRACT

A maximum power point tracking technique (MPPT) based on a metaheuristic algorithm for solar panel systems is proposed, namely MPPT based on the human psychology optimization algorithm (MPPT-HPO). The HPO algorithm has a simple mathematical model that makes it easy to implement in MPPT systems. The proposed MPPT-HPO algorithm is implemented in a solar panel system consisting of 2 solar panels arranged in series and integrated with a DC-DC Boost Converter. The solar panel system was developed by simulation using PSIM software and validated by hardware testing. Solar panel systems equipped with MPPT-HPO were tested under various irradiation conditions, both in non-shading conditions with uniform irradiation and partial shading conditions with non-uniform irradiation. Furthermore, to evaluate its performance, MPPT-HPO is compared with MPPT-P&O. The accuracy obtained in testing the MPPT-HPO algorithm is quite good, namely 99% and MPPT-HPO has a stable ability after reaching global maximum power point (GMPP) conditions when compared to the existing MPPT-P&O technique.

Keywords : *maximum power point tracking, human psychology optimization, DC-DC boost converter*

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya atau tulisan, tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta, dalam bentuk apapun.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir, pemanfaatan panel surya untuk mengkonversi energi surya menjadi energi listrik semakin meningkat. Pada dasarnya, panel surya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan diantaranya irradiasi matahari dan temperatur. Panel surya memiliki karakteristik yang linear, sehingga output daya dari panel surya sangat bergantung pada kondisi lingkungannya. Kondisi gangguan bayangan sebagian atau partial shading juga menyebabkan penurunan output daya yang cukup signifikan. Pada kondisi partial shading, karakteristik panel surya memiliki lebih dari satu titik daya maksimum yang mana selanjutnya disebut *local maximum power point* (LMPP) dan hanya ada satu titik daya paling optimum yang disebut *global maximum power point* (GMPP) [3].

Banyak cara untuk meningkatkan efisiensi output energi panel surya, salah satunya adalah menggunakan teknik *maximum power point tracking* (MPPT). Teknik MPPT memanfaatkan algoritma-algoritma matematis untuk mencari titik daya optimum dari panel surya baik algoritma konvensional seperti *perturb & observe* (P&O), dan *incremental conductance* (IC) maupun algoritma metaheuristik. Beberapa teknik MPPT sudah banyak dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir, setiap teknik MPPT dengan algoritma tertentu memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Teknik MPPT menggunakan algoritma P&O misalnya sudah banyak diimplementasikan pada sistem panel surya dan dapat bekerja dengan baik pada kondisi non-shading, namun ketika kondisi partial shading algoritma ini di sebagian kondisi irradiasi terjebak pada kondisi LMPP [4]-[5]. Oleh karena itu, MPPT dengan algoritma metaheuristik banyak dikembangkan salah satunya yaitu menggunakan algoritma *Human Psychology Optimization* (HPO).

Algoritma HPO merupakan sebuah algoritma yang terinspirasi dari kondisi psikologis orang yang ambisius. Orang yang ambisius dapat mengatasi masalah dalam kondisi apapun baik kondisi baik atau buruk karena memiliki pikiran yang selalu *positive thinking*. Sumber pemikiran positif ini didasarkan pada empat faktor yaitu *excitement, self-motivation, inspiration, dan lesson*. Algoritma HPO memiliki pemodelan matematis yang sederhana sehingga mudah diimplementasikan pada teknik MPPT [6]. Sehingga, pada paper ini sebuah teknik MPPT berbasis algoritma HPO (MPPT-HPO) diusulkan untuk mengoptimalkan output daya panel surya pada kondisi partial shading dengan penyinaran irradiasi tidak seragam.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan metode pengambilan data eksperimen secara simulasi dengan menggunakan software PSIM. Sebuah sistem panel surya disusun dari dua panel surya yang dirangkai seri terintegrasi dengan sensor arus dan sensor tegangan yang terhubung ke DC-DC Boost Converter. Selanjutnya, algoritma MPPT-HPO diimplementasikan sebagai kontrol switching pada DC-DC Boost Converter yang menjaga sistem pada kondisi titik daya optimumnya.

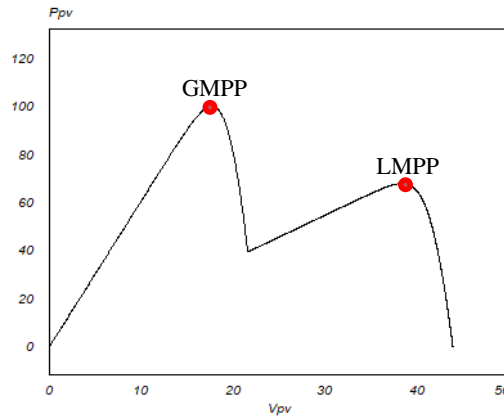
Kondisi Partial Shading pada Sistem Panel Surya

Partial shading merupakan gangguan tertutupnya sebagian panel surya akibat bayangan yang disebabkan awan, daun, debu, ataupun kotoran lainnya. Kondisi seperti ini jika dibiarkan terus-menerus akan menurunkan performansi dari panel surya. Dampak langsung dari kondisi ini yaitu menurunnya daya output panel surya secara signifikan. Secara teori, karakteristik panel surya pada kondisi partial shading memiliki lebih dari satu titik daya maksimum yang disebut *local maximum power point* (LMPP) dan hanya ada satu titik daya maksimum sebenarnya yang disebut *global maximum power point* (GMPP). Pada sistem yang dibuat pada penelitian ini, dua panel surya 100 Wp dirangkai secara seri, sehingga apabila terjadi kondisi partial shading, karakteristik P-V

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis atau tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

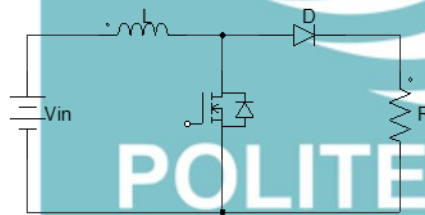
Gari arra panel surya akan membentuk dua puncak. Karakteristik P-V array panel surya dari sistem yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Karakteristik *Partial Shading*

DC-DC Boost Converter

DC-DC Boost Converter pada penelitian ini digunakan untuk mengimplementasikan algoritma MPPT-HPO agar dapat mengontrol *switching* konverter pada kondisi titik daya optimum dari sistem panel surya. Rangkaian ekivalen dari *DC-DC Boost Converter* ditunjukkan pada Gambar 2 dan parameter dari *DC-DC Boost Converter* ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Rangkaian Ekivalen *DC-DC Boost Converter*

Tabel 1. Parameter *DC-DC Boost Converter*

No	Parameter	Variabel	Nilai
1	<i>Switching Frequency</i>	f	40 kHz
2	<i>Inductor</i>	L	205 μ H
3	<i>Capacitor</i>	C	112.17 μ F
4	<i>Load Resistor</i>	R	60 Ω

MPPT-HPO

Algoritma HPO merupakan sebuah algoritma optimasi yang cara kerjanya terinspirasi dari kondisi psikologis orang yang ambisius. Dalam proses menuju konvergen kr titik optimum, algoritma HPO dipengaruhi beberapa faktor diantaranya *excitement*, *self-motivation*, *inspiration*, dan *lesson*. Pemodelan matematis dari setiap faktor ditunjukkan pada (Eq. 1) – (Eq. 5).

Excitement:

$$D_j^{i+1} = \Omega \times \left(e^{-1} - \frac{i \times e^{-i/l} \times \sin((i-\pi)/2l)}{l} \right) \times \frac{a_{D_j}^{i+1}}{J} \quad (\text{Eq. 1})$$

Self-Motivation:

$$D_j^{i+1} = \psi \times (m_j^i - D_j^i) \quad (\text{Eq. 2})$$

Inspiration:

$$D_j^{i+1} = \frac{\sum_{t=1}^{a_{D_j}^{i+1}} (\beta^{(a_{D_j}^{i+1}, t)} \times (M_{\text{sr}}^i - D_j^i))}{a_{D_j}^{i+1}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Lesson:

$$D_j^{i+1} = \frac{\sum_{t=1}^J (\alpha_{D_j}^{i+1, t}, \alpha_{D_j}^{i+1, t \neq J}) (\xi^{(a_{D_j}^i, t)} \times (M_t^i - P_j^i))}{J - a_{D_j}^i} \quad (\text{Eq. 4})$$

Update Position:

$$D_j^{i+1} = D_j^i + \lambda_1 \times U_j^{i+1} + (1 - \lambda_1) \times S_j^{i+1} + (1 - \lambda_2) \times N_j^{i+1} - \lambda_2 \times L_j^{i+1} \quad (\text{Eq. 5})$$

dimana:

ω : Faktor Motivasi

ω : 0.99

$a_{D_j}^{i+1}$: Jumlah *duty cycle*

N_j^{i+1} : Faktor motivasi diri

Ψ : Faktor semangat

m_j^i : *Duty cycle* terbaik

D_j^i : Faktor inspirasi

L_j^{i+1} : Faktor Pelajaran

D_j^{i+1} : *Duty cycle* ke-i

$\lambda_1 - \lambda_2$: Variabel acak, nilainya diantara 0-1

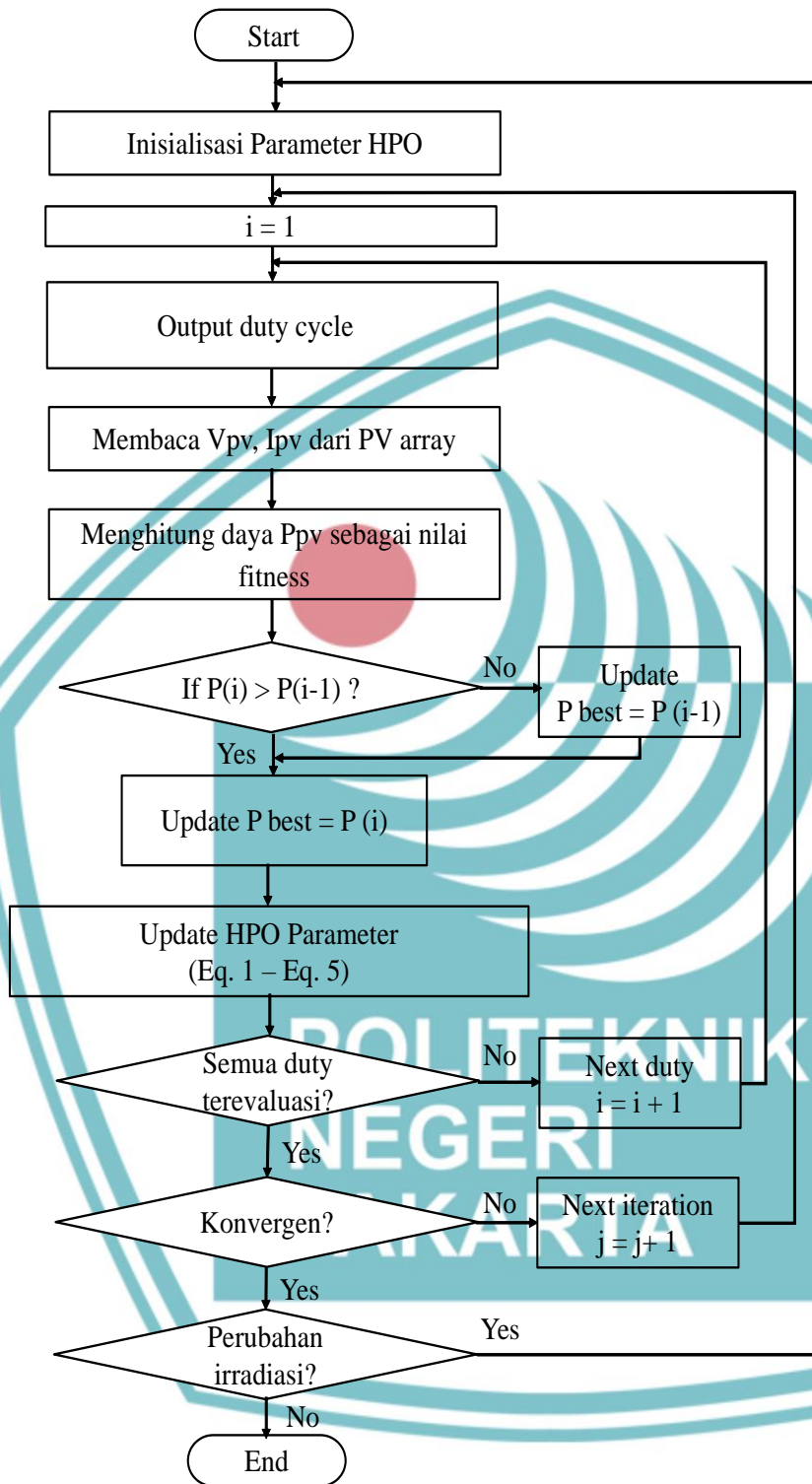
U_j^{i+1} : Faktor kesenangan

Pada MPPT-HPO, setiap *agent* didefinisikan sebagai *duty cycle* (D) dari DC-DC boost inverter. Pada awal iterasi, posisi awal *duty cycle* ditentukan secara acak dan semua variabel parameter HPO diinisialisasikan. Setiap posisi dari *duty cycle* akan dievaluasi menggunakan rumus fitness. Proses ini akan berlangsung secara berkelanjutan yang mana dalam proses update nilai *duty cycle* dipengaruhi oleh formula (Eq. 1) – (Eq. 5). *Flowchart* dari MPPT-HPO ditunjukkan pada Gambar 3.

Hak Cipta :
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumbernya.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



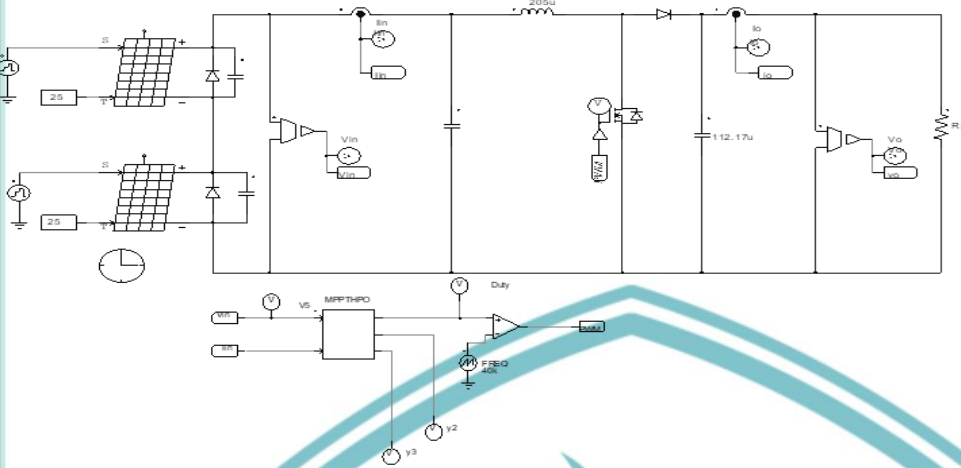
Gambar 3. Flowchart MPPT-HPO

Rangkaian Simulasi

Pada penelitian ini, pengambilan data dilakukan secara simulasi menggunakan software PSIM. Sebuah sistem panel surya dibuat seperti ditunjukkan Gambar 4. Sistem disimulasikan dalam beberapa kondisi baik kondisi *non-shading* dengan irradiansi seragam dan kondisi *partial shading* dengan irradiansi tidak seragam.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumbernya.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. Rangkaian Simulasi MPPT-HPO di PSIM

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dan pengambilan data dilakukan secara simulasi dengan membuat sistem panel surya yang dilengkapi algoritma MPPT-HPO di *software* PSIM. Pengujian dilakukan dengan mengkondisikan panel surya pada kondisi *non-shading* dengan input nilai irradiansi seragam untuk dua panel surya dan kondisi *partial shading* dengan input nilai irradiansi tidak seragam antara panel surya satu dengan panel surya lainnya.

Pada paper ini, algoritma MPPT-HPO divalidasi pada 3 studi kasus kondisi irradiansi yang berbeda diantaranya seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Studi Kasus Kondisi Irradiansi

Studi Kasus	Irradiansi		Kondisi	Daya Maksimum (P _{mpp})
	Panel Surya 1	Panel Surya 2		
Case 1	1000 W/m ²	1000 W/m ²	<i>Non-shading</i>	200 W
Case 2	1000 W/m ²	700 W/m ²	<i>Partial Shading</i>	152 W
Case 3	1000 W/m ²	300 W/m ²	<i>Partial Shading</i>	100 W

Selain itu, untuk menguji performansi algoritma, MPPT-HPO dibandingkan dengan MPPT-P&O untuk masing-masing studi kasus. Hasil pengujian algoritma MPPT-HPO ditunjukkan pada Gambar 5 sedangkan hasil pengujian MPPT-P&O ditunjukkan pada Gambar 6. Secara keseluruhan, hasil simulasi ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Simulasi

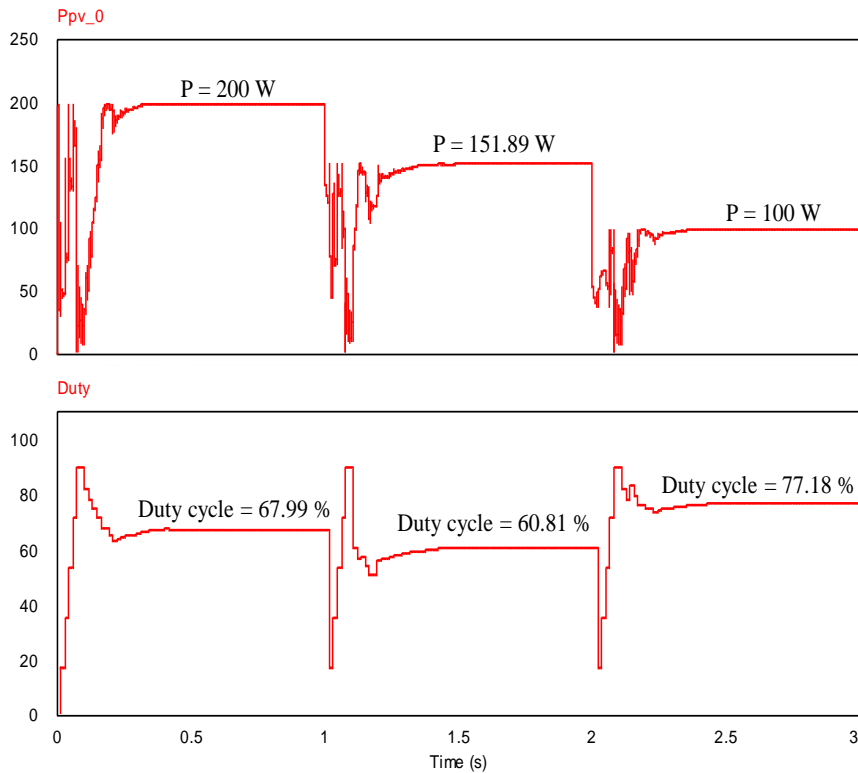
Studi Kasus	Metode	P _{mpp} (W)	P _{mpp} (W)	Duty cycle (%)	Akurasi (%)
Case 1	MPPT-HPO	200 W	200 W	67.99 %	100%
	MPPT-P&O		200 W	68 %	100%
Case 2	MPPT-HPO	152 W	151.89 W	60.81 %	99%
	MPPT-P&O		151.89 W	62 %	99%
Case 3	MPPT-HPO	100 W	100 W	77.18 %	100%
	MPPT-P&O		100 W	76 %	100%

Pada *case 1*, algoritma MPPT-HPO dan MPPT-P&O diuji pada kondisi *non-shading*, berdasarkan hasil simulasi kedua algoritma ini dapat melacak *global maximum power point* (GMPP) dengan tepat. Pada *case 2* dan *case 3*, algoritma MPPT-HPO dan MPPT-P&O diuji pada kondisi *partial shading*, berdasarkan hasil simulasi kedua algoritma ini juga dapat melacak *global maximum power point* (GMPP) dengan tepat.

Berdasarkan kurva hasil simulasi pada Gambar 5, MPPT-HPO cukup stabil setelah mendapatkan kondisi yang konvergen sehingga tidak ada osilasi daya setelah didapatkan titik stasionernya. Sedangkan MPPT-P&O terdapat kondisi yang tidak stabil setelah didapatkan kondisi yang konvergen sehingga muncul osilasi daya karena perubahan nilai *duty cycle* yang terjadi secara terus menerus. Tabel evaluasi performansi kedua algoritma ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Evaluasi Performansi Algoritma

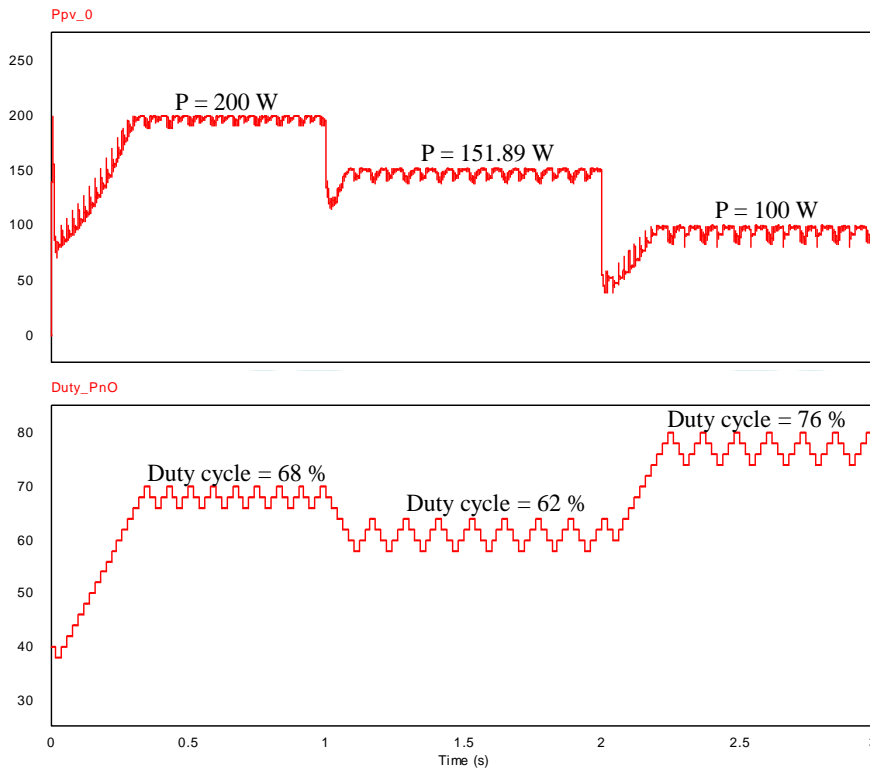
Metode	Parameter	Analisis Performansi
MPPT-HPO	Inisialisasi <i>duty cycle</i> : { 18%, 36%, 54%, 72%, 90% } $\omega : 0.99$	- Waktu konvergen yang cepat - Akurasi tinggi - Tidak terjadi osilasi daya
MPPT-P&O	<i>Duty cycle start</i> : 40 % <i>Duty cycle step</i> : 2%	- Waktu konvergen yang cepat - Akurasi tinggi - Terjadi osilasi daya



Gambar 5. Respon daya dan *duty cycle* MPPT-HPO

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengacukan sumber atau menyebutkan sumber yang mengutip.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 6. Respon daya dan *duty cycle* MPPT-P&O

SIMPULAN

Pada penelitian ini, algoritma MPPT-HPO memiliki performa yang bagus dalam melacak posisi *global maximum power point* (GMPP) baik pada kondisi *non-shading* maupun *partial shading*. Akurasi yang didapatkan cukup bagus yaitu rata-rata 99%. Dan ketika sudah pada posisi konvergen tidak terjadi osilasi daya sehingga kondisi yang didapatkan dapat stabil. Untuk penelitian selanjutnya, perlu adanya *tuning* parameter untuk mengurangi waktu menuju konvergen sehingga dapat lebih cepat menuju titik optimumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. Maghami, H. Hizam, C. Gomes, M. A. Radzi, M. I. Rezadad, and S. Hajjighorbani, "Power loss due to soiling on solar panel: a review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 59, pp. 1307–1316, Jun. 2016, doi: 10.1016/j.rser.2016.01.044.
- [2] J. Teo, R. Tan, V. Mok, V. Ramachandramurthy, and C. Tan, "Impact of partial shading on the P-V characteristics and the maximum power of a photovoltaic string," *Energies*, vol. 11, no. 7, Jul. 2018, doi: 10.3390/en11071860.
- [3] R. Ahmad, A. F. Murtaza, H. Ahmed Sher, U. Tabrez Shami, and S. Olalekan, "An analytical approach to study partial shading effects on PV array supported by literature," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 74, pp. 721–732, Jul. 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.02.078.
- [4] F. Belhachat and C. Larbes, "A review of global maximum power point tracking techniques of photovoltaic system under partial shading conditions," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 92, pp. 513–553, Sep. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2018.04.094.
- [5] G. Li, Y. Jin, M. W. Akram, X. Chen, and J. Ji, "Application of bio-inspired algorithms in maximum power point tracking for PV systems under partial shading conditions – a review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 81, pp. 840–873, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.08.034.



6] N. K. Kamar, I. Hussain, B. Shing, and B. K. Panigrahi, "Single sensor based MPPT for partially shaded solar photovoltaic by using human psychology optimisation algorithm," IET on Generation, Transmission & Distribution, vol. 11, no. 10, pp. 2562-2574, 2017.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

