

Perbandingan Algoritma Ant Colony Optimization, Partical Swarm Optimization dan Firefly Algoritm pada Maximum Power Point Tracking dalam Kondisi PV Partial Shadding

Fuad Hasan¹,

¹Universitas Nurul Jadid, Probolinggo, Indonesia

Article Info

Article history:

Diterima 20 Juli 2024

Revisi 21 Juli 2024

Diterbitkan 21 Juli, 2024

Keywords:

MPPT

Ant Colony Optimization

Firefly Algorithm

Particle Swarm Optimization

partial shadding

ABSTRAK

Abstrak Sebagian besar waktu, pembangkit listrik tenaga surya tidak dapat berfungsi secara mandiri tanpa bantuan; tegangan (V) yang dihasilkan oleh energi surya biasanya ditentukan oleh penyimpanan (baterai) atau beban (beban) yang terhubung secara langsung dengan energi surya. Modul fotovoltaik tentunya tidak selalu menerima radiasi yang seragam. Akibatnya, daya yang dihasilkan tidak selalu mencapai puncaknya, menyebabkan puncak ganda. Untuk mengoptimalkan keluaran fotovoltaik, sistem pengawasan maksimum puncak (MPPT) diperlukan. Namun, metode yang biasa digunakan seringkali terjebak oleh puncak di bawah puncak yang paling ideal, yang membutuhkan waktu yang lama untuk konvergensi. Studi ini menentukan metode terbaik dalam kondisi bayangan sebagian dengan membandingkan kinerja pelacakan dan waktu pelacakan dari tiga metode, ACO (Ant Colony Optimization), PSO (Particle Swarm Optimization) dan FF (Firefly Algorithm). Pelacakan algoritma ACO dengan efisiensi terbaik tegangan 274 V dengan daya 836W dan efisiensi algoritma 99,99%, dengan 49 kali iterasi dan waktu pelacakan 2,93 detik, Pelacakan dengan efisiensi terbaik ditemukan pada tegangan 274 V dengan daya 836,39W dan efisiensi algoritma 99,99%. Pelacakan ini melakukan 15 kali iterasi dengan waktu pengawasan 0,89 detik, Pelacakan paling efisien beroperasi pada tegangan 274 V dengan daya 836W dan efisiensi algoritma 99,99%. Pelacakan ini melakukan 17 kali iterasi, dengan waktu pengawasan 1,01 detik.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Fuad Hasan,

Universitas Nurul Jadid, Desa Karanganyar Kec. Paiton, Kab. Probolinggo and 67291, Indonesia

Email: fuadhasan@unuja.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pada kondisi partial shadding maka PV mengalami ketidak seragaman dalam iradiasi pada setiap modul sehingga dalam kurva kartesian ada beberapa puncak yaitu disebut local peak dan global peak. Photovoltaic tidak bisa bekerja optimal untuk mencapai daya maksimum dengan menggunakan solar charger controller (SCC) (Luque,2003), hanya untuk menyetabilkan tegangan pada pengisian baterai sedangkan MPPT (Maximum Power Point Tracking) tidak hanya untuk menyetabilkan tegangan pada baterai tetapi juga berfungsi untuk mengoptimalkan hasil daya dari panel surya.

Penelitian ini akan membahas tentang perbandingan performa algoritma ant colony optimization, partical swarm optimization dan firefly algorithm, algoritma tersebut akan diuji menggunakan simulasi di Matlab Simulink untuk mengetahui kecepatan tracking, waktu dalam tracking, kegagalan dalam tracking daya maksimum, efisiensi PV dan algoritmanya. Pengujian ini mengasumsikan kondisi partial shadding sehingga ada beberapa modul PV yang mendapatkan iradiasi yang berbeda antara modul PV yang lain.

Pengatur tenaga surya SCC (Solar charge controller) mengontrol arus searah ke baterai, MPPT (Maximum Power Point Tracking) berfungsi untuk mencari daya maksimum dan pengatur arus searah ke baterai. MPPT dapat membantu mengontrol array modul fotovoltaik bekerja pada puncak daya maksimalnya atau MPP (Maximum Power Point), sehingga menghasilkan daya fotovoltaik yang optimal. Para peneliti fotovoltaik sangat tertarik untuk meneliti MPPT untuk memaksimalkan daya keluaran yang optimal. Pada dasarnya, MPPT adalah sistem kontrol yang menyeimbangkan nilai R dengan nilai R yang dibutuhkan oleh modul fotovoltaik dan konversi DC-DC. Variabel kontrol MPPT memberikan instruksi kepada konversi DC-DC dengan mengontrol arus dan tegangan fotovoltaik. Untuk memungkinkan fotovoltaik menghasilkan arus dan tegangan yang paling tinggi, modul fotovoltaik harus dihubungkan (shang, 2018). Jika sebagian dari modul array fotovoltaik tertutup oleh bayangan pepohonan, awan, gedung, dan lain-lain (Bhos, 2022), algoritma yang sering digunakan InC, P&O, NN, dan Divyasharon (2019). BA (Bat Algorithm), HS (Harmony Search), CS (Cuckoo Search), ABC (Arificial Bee Colony), (Suryanto, 2017), BC (Bee Colony) dan (Genetic Algorithm), (Yang, 2010).

Studi ini akan membahas perbandingan efisiensi dan waktu tracking dari masing-masing alghorima dalam MPPT di bawah bayangan parsial: ACO (Ant Colony Optimization), PSO (Particle Swarm Optimization), dan FF (Firefly Algorithm)(Cherchali, 2022). ACO berasal dari perilaku semut mencari makanan yang berangkat dari koloni semut, (Hindriyanto, 2014), PSO berasal dari hewan, seperti burung dan ikan, yang mencari makan (Muhammad, 2022). FF (Firefly Alghoritm) berasal dari kunang-kunang, yang akan mendekati kunang-kunang dengan sinarnya yang lebih terang, dan ketertarikan (kunang-kunang) berasal dari ketertarikan dan daya tariknya (Zhang, 2021).

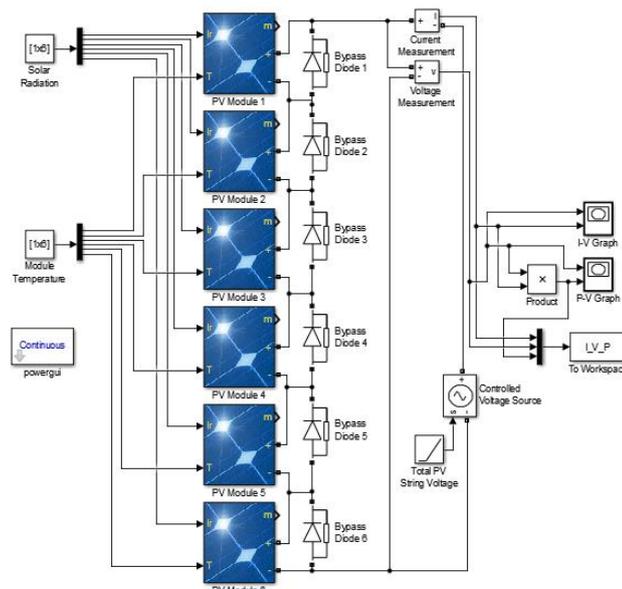
2. METODE PENELITIAN

2.1 Pengujian Irradiasi tidak seragam pada Modul PV

Data percobaan iradiasi ini diperoleh dari modul fotovoltaik SunPower SPR-X20-250-BLK, yang terdiri dari enam modul fotovoltaik yang dipasang secara seri (6s). Modul enam ini dirancang untuk menghasilkan kurva karakteristik dari enam modul fotovoltaik yang diseri. Spesifikasi modul fotovoltaik yang digunakan adalah sebagai berikut: setiap modul fotovoltaik memiliki spesifikasi:

Max. Power	= 249,952 W
Max. Voltage	= 42,8 V
Max. Current	= 5,84 A
Open Circuit Voltage	= 50,93 V
Short Circuit Current	= 6,2 A

Data uji coba iradiasi fotovoltaik dari setiap modul fotovoltaik



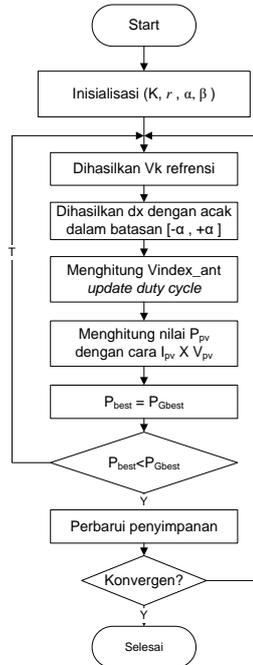
Gambar 1. Pemodelan PV array 6s dengan MATLAB SIMULINK

2.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini mengumpulkan literatur, mengumpulkan data grafis tentang karakteristik fotovoltaiik, melakukan pengujian dengan simulasi MPPT menggunakan algoritma ACO, PSO, dan FF, membandingkan kinerja pelacakan dari algoritma ini, dan mencapai kesimpulan dan saran.

2.3 Algoritma Ant Colony Optimization

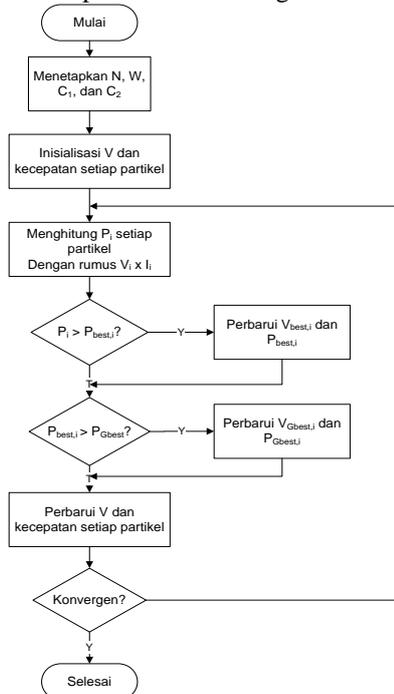
Algoritma ini adalah meniru perilaku semut yang berangkat untuk mencari makanan untuk dibawa Kembali kesarang semut. (Fuad, 2022)



Gambar 2. Diagram alir MPPT dengan ACO

2.4 Algoritma Partical Swarm Optimization

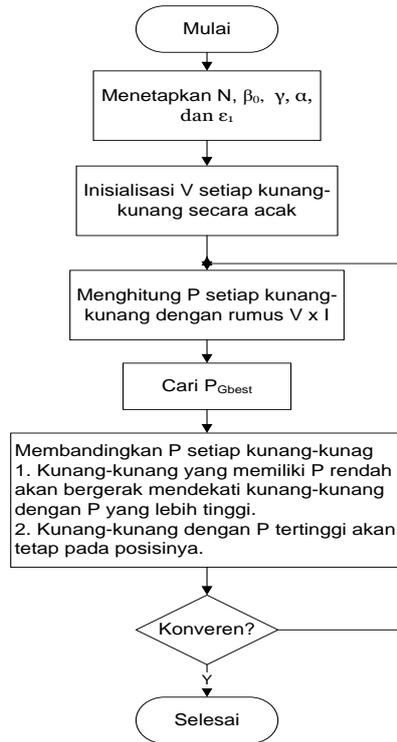
PSO adalah algoritma yang meniru perilaku dari burung untuk mencari makan. (Hasan, 2022)



Gambar 3. Menerapkan Algoritma PSO pada MPPT

2.5 Firefly Algorithm

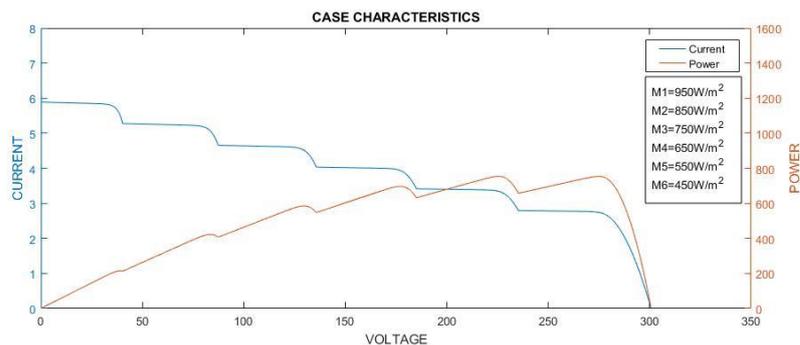
FA adalah algoritma yang meniru perilaku dari kunang-kunang yang akan bergerak mencari sinar kunang-kunang yang lebih terang. (jamiyanti, 2023)



Gambar 4. Menerapkan Algoritma FF pada MPPT

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini menguji algoritma ACO, PSO, dan FA dalam melacak titik paling tinggi (MPP) menggunakan enam modul fotovoltaik dengan mengubah nilai iradiasi matahari. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui efisiensi pelacakan masing-masing algoritma dan jumlah waktu yang diperlukan untuk menemukan titik paling tinggi (MPP). Pengujian ini dilakukan menggunakan program Matlab Simulink. Kurva karakteristik yang dihasilkan dari 6 kasus ditunjukkan oleh gambar dibawah ini .



Gambar 5. Grafik yang menunjukkan karakteristik P-V dan I-V

Kasus ini modul PV mendapatkan iradiasi yang sama pada setiap modul (M1= 1000 W/m², M2 = 900 W/m², M3 = 800 W/m², M4 = 700 W/m², M5 = 600 W/m², M6 = 500 W/m²), sehingga pada kurva karakteristik memiliki 1 global peak dan 5 lokal peak.

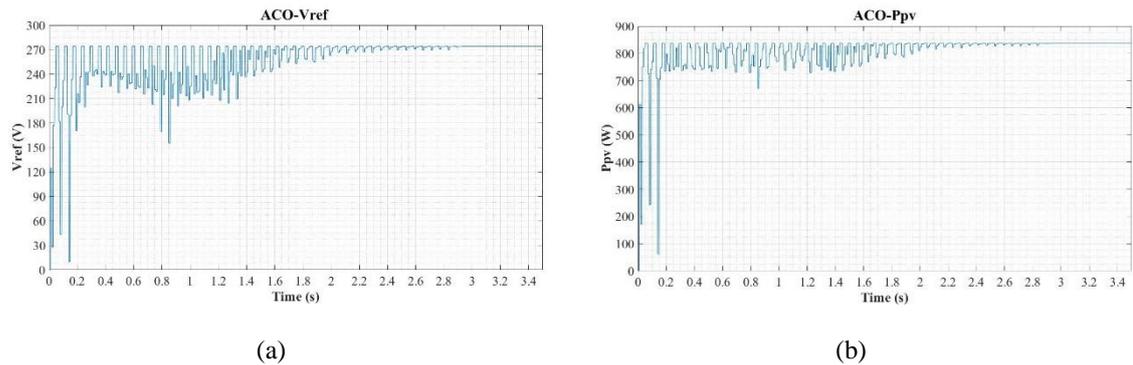
3.1 Hasil Pengujian MPPT dengan Algoritma *Ant Colony Optimization*

Tabel 1. menunjukkan hasil pelacakan ACO untuk menemukan MPP pada kasus.

Perc.	Ppv (W)	Vref (V)	Iter.	Waktu		Efisiensi	
				Konvergen (s)	Eksekusi (s)	Algoritma (%)	PV (%)
1	836	274	22	1,31	0,54	99,99	55,76
2	836	273	19	1,13	0,55	99,97	55,75
3	836	274	28	1,67	0,78	99,99	55,76
4	836	274	28	1,67	0,78	99,99	55,76
5	836	273	67	4,01	0,60	99,98	55,76
6	836	274	10	0,59	0,63	99,99	55,76
7	836	274	42	2,51	0,59	99,99	55,76
8	835	273	12	0,71	0,70	99,94	55,73
9	836	274	22	1,31	0,54	99,99	55,76
10	836	274	49	2,93	0,56	99,99	55,77
Rata-rata	836	274	29	1,79	0,63	99,98	55,76
Terbaik	836	274	49	2,93	0,56	99,99	55,77
Terburuk	835	273	12	0,71	0,70	99,94	55,73

Dari tabel 1. Dalam kasus ini, hasil pelacakan ACO untuk mencari titik paling tinggi (MPP) sangat baik; dalam sepuluh kali percobaan, ACO berhasil menemukan titik paling tinggi (MPP) tanpa mengalami kegagalan. Ini menunjukkan bahwa peluang keberhasilan algoritma ACO untuk menemukan MPP pada kasus ini adalah 99%.

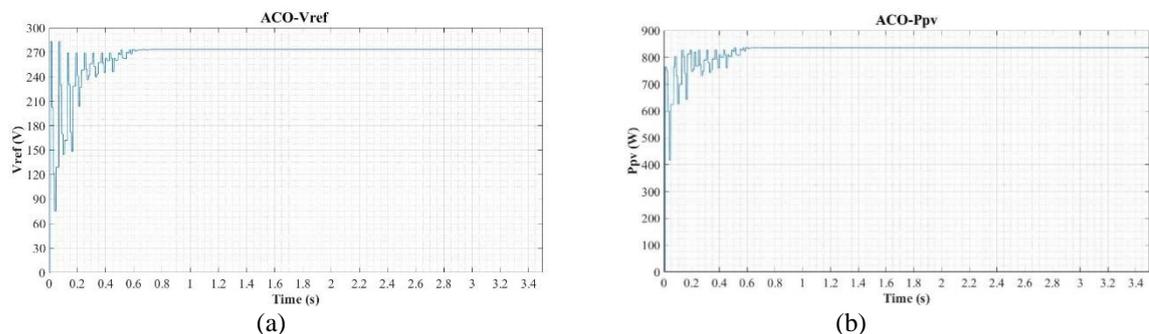
Hasil pelacakan ACO terbaik untuk menemukan MPP dalam kasus ini.



Gambar 6. menunjukkan perubahan Vref dan Ppv pada pelacakan terbaik algoritma kasus pertama ACO.

Gambar 6. Pelacakan dengan efisiensi terbaik ditemukan pada tegangan 274 V dengan daya 836W dan efisiensi algoritma 99,99%, dengan 49 kali iterasi dan waktu pelacakan 2,93 detik.

Hasil pelacakan ACO untuk mencari MPP pada kasus yang paling buruk



Gambar 7 menunjukkan perubahan Vref dan perubahan Ppv pada algoritma pelacakan ACO yang paling buruk dalam kasus ini.

Gambar 7 Pelacakan dengan efisiensi terburuk ditemukan pada tegangan 273 V dengan daya 835 W dan efisiensi algoritma 99,94%. Pelacakan ini melakukan 12 kali iterasi dengan waktu pelacakan 0,71 detik.

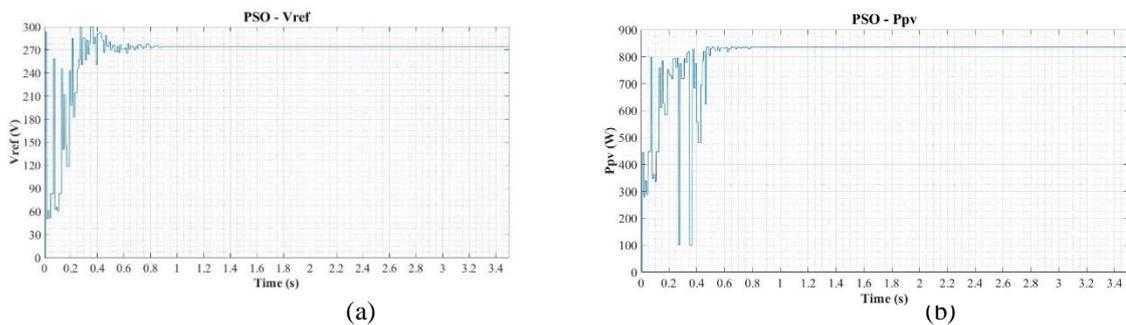
3.2 Hasil Pengujian MPPT dengan Algoritma *Partical Swarm Optimization*

Tabel 2. menunjukkan hasil pelacakan algoritma PSO untuk mencari titik paling dekat (MPP) dalam situasi ini.

Perc.	Ppv (W)	Vref (V)	Iter	Waktu		Efisiensi	
				Konvergen (s)	Eksekusi (s)	Algoritma (%)	PV (%)
1	836	274	11	0,65	0,708	99,99	55,76
2	821	225	16	0,95	3,9	98,21	54,77
3	836	274	11	0,71	3,66	99,99	55,76
4	836	274	12	0,71	4,04	99,99	55,77
5	836	274	13	0,77	9,55	99,99	55,77
6	836	274	14	0,83	3,71	99,99	55,76
7	821	225	11	0,65	3,68	98,21	54,77
8	836	274	12	0,71	4,04	99,99	55,77
9	836	274	15	0,89	1,59	99,99	55,77
10	821	225	11	0,65	3,68	98,21	54,77
Rata-rata	831	259	12	0,76	3,86	99,46	55,47
Terbaik	836	274	15	0,89	1,59	99,99	55,77
Terburuk	821	225	11	0,65	3,68	98,21	54,77

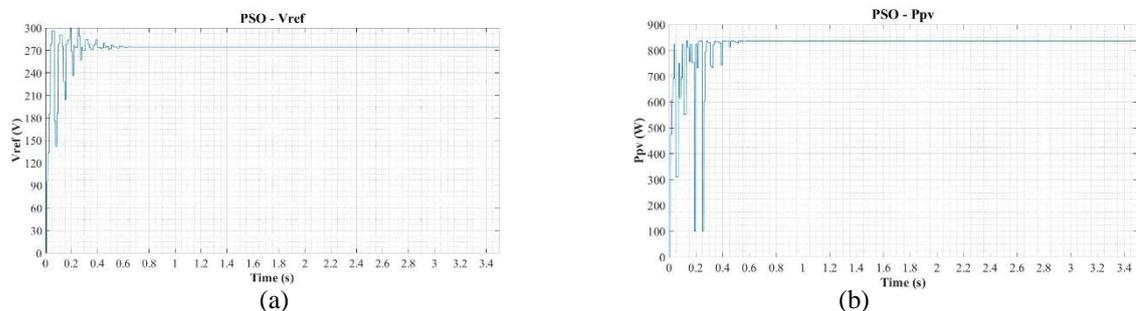
Dari tabel 2, Dalam kasus ini, pelacakan PSO menunjukkan hasil yang baik dalam pencarian titik puncaknya. Dari sepuluh percobaan, PSO berhasil menemukan titik puncaknya, berhasil 7 kali, dan gagal 3 kali. Dengan demikian, algoritma PSO peluang keberhasilannya untuk mencari titik puncaknya pada kasus ini adalah 70%. Dalam kasus pertama, algoritma terjebak pada *local peak* pada percobaan ke 2,7 dan 10 maka kegagalannya sebanyak tiga kali terjebak pada tegangan 225 Volt.

Hasil terbaik dari pelacakan PSO untuk menemukan titik maksimum pada kasus



Gambar 8. menunjukkan perubahan Vref dan perubahan Ppv pada pelacakan algoritma PSO terbaik dalam kasus ini.

Gambar 8. Pelacakan dengan efisiensi terbaik ditemukan pada tegangan 274 V dengan daya 836,39W dan efisiensi algoritma 99,99%. Pelacakan ini melakukan 15 kali iterasi dengan waktu pengawasan 0,89 detik. Pada situasi ini, hasil pelacakan PSO yang paling buruk untuk menemukan titik maksimum.



Gambar 9. menunjukkan perubahan Vref dan perubahan Ppv pada algoritma pelacakan kasus PSO yang paling buruk.

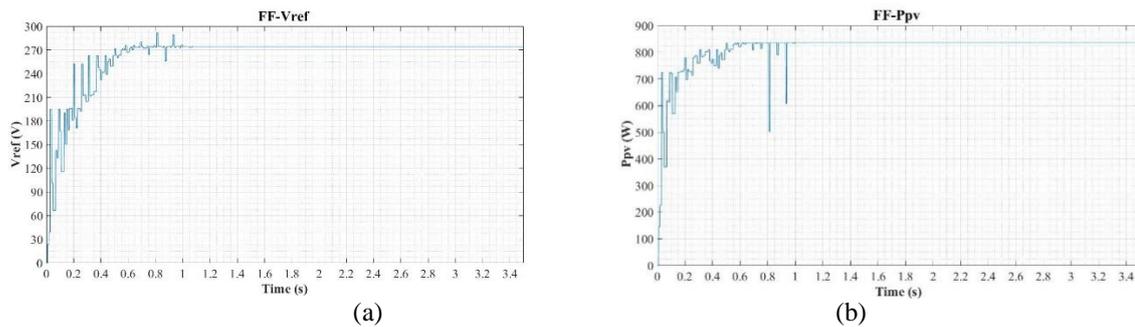
Gambar 9. Pelacakan dengan efisiensi terburuk ditemukan pada tegangan 129 V dengan daya sebesar 623W dan efisiensi algoritma 74,56%. Pelacakan ini melakukan 13 kali iterasi dengan waktu pengawasan 0,77 detik..

3.3. Hasil pengujian MPPT dengan algoritma *Firefly Algorithm*

Tabel 3. menunjukkan hasil pelacakan algoritma FA untuk mencari titik paling dekat (MPP) dalam situasi ini.

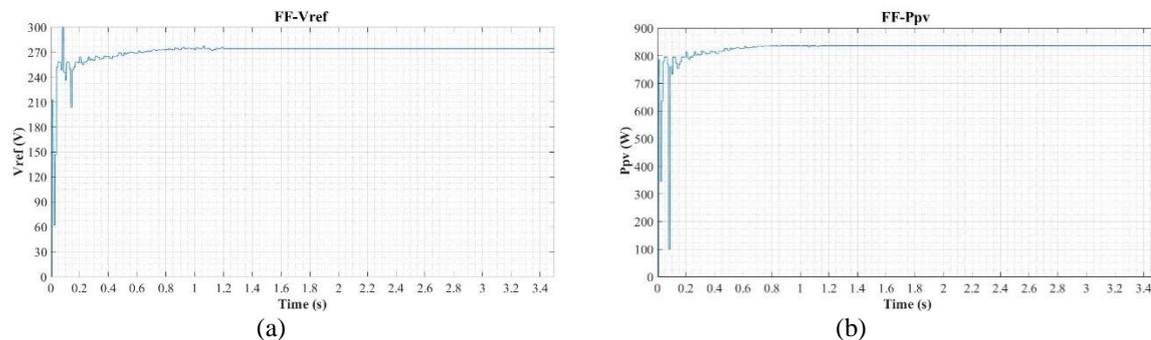
Perc.	Ppv (W)	Vref (V)	Iter.	Waktu		Efisiensi	
				Konvergen (s)	Eksekusi (s)	Algoritma (%)	PV (%)
1	836	274	34	2,03	0,77	99,99	55,77
2	836	274	14	0,83	0,67	99,99	55,77
3	836	274	73	4,37	0,74	99,99	55,77
4	836	274	44	1,63	0,77	99,99	55,77
5	836	274	17	1,01	0,70	99,99	55,77
6	836	274	11	0,65	0,70	99,99	55,77
7	836	274	15	0,89	0,70	99,99	55,77
8	836	274	18	1,07	1,21	99,99	55,77
9	836	274	22	1,31	0,75	99,99	55,77
10	836	274	20	1,19	0,78	99,99	55,77
Rata-rata	836	-	20	1,50	0,78	99,99	55,77
Terbaik	836	274	17	1,01	0,66	99,99	55,77
Terburuk	836	274	14	0,83	0,66	99,99	55,76

Dari tabel 3, Dalam kasus ini, dapat disimpulkan bahwa hasil pelacakan FF untuk mencari titik terendah sangat baik. Dari sepuluh kali percobaan, FA berhasil menemukan titik terendah tanpa kegagalan, yang menunjukkan peluang keberhasilan algoritma FA dalam menemukan titik terendah ini adalah 99%.



Gambar 10 menunjukkan pelacakan terbaik algoritma FA dalam kasus ini: (a) perubahan Vref dan (b) perubahan Ppv.

Gambar 10. Pelacakan paling efisien beroperasi pada tegangan 274 V dengan daya 836W dan efisiensi algoritma 99,99%. Pelacakan ini melakukan 17 kali iterasi, dengan waktu pengawasan 1,01 detik. Hasil pelacakan FA yang paling buruk untuk mencari MPP pada kasus ini.



Gambar 11. menunjukkan perubahan Vref dan perubahan Ppv pada algoritma pelacakan kasus FA yang paling buruk.

Gambar 11. Pelacakan dengan efisiensi terburuk terlihat pada tegangan 274 V dengan daya 836 W dan efisiensi algoritma 99,99%. Pelacakan ini melakukan sebelas kali iterasi, dengan waktu pengawasan 0,83 detik.

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian MPPT menggunakan algoritma Ant Colony Optimization, Partical Swarm Optimization dan Firefly Algorithm dengan mensimulasikan di software Matlab Simulink pada kasus partial shading pada PV array sebagai berikut:

1. Efisiensi terbaik Algoritma ACO tegangan 274 V dengan daya 836W dan efisiensi algoritma 99,99%, dengan 49 kali iterasi dan waktu pelacakan 2,93 detik.
2. Efisiensi terbaik Algoritma PSO ditemukan pada tegangan 274 V dengan daya 836,39W dan efisiensi algoritma 99,99%. Pelacakan ini melakukan 15 kali iterasi dengan waktu pengawasan 0,89 detik.
3. Efisien terbaik Algoritma FA beroperasi pada tegangan 274 V dengan daya 836W dan efisiensi algoritma 99,99%. Pelacakan ini melakukan 17 kali iterasi, dengan waktu pengawasan 1,01 detik.

REFERENSI

- [1] Yang, X. S. (2010). Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms Second Edition. United Kingdom: Luniver Press
- [2] Hindriyanto, D, W. (2014) Belajar Metode Optimasi Menggunakan Matlab.
- [3] Divyasharon, R., Banu, R. N., & Devaraj, D. (2019). Artificial Neural Network based MPPT with CUK Converter Topology for PV Systems Under Varying Climatic Conditions. IEEE.
- [4] Bhos, Chandrakant & Sayyad, Javed & Nasikkar, Dr. (2022). Power enhancement using improved maximum power point tracking for solar photovoltaic systems under partial shading. Clean Energy. 6. 810-816. 10.1093/ce/zkac062
- [5] S. Zhang, H. Sui and S. Duan, "Research on Maximum Power Point Tracking Strategy for Partially Shaded PV System Based on Improved Firefly Algorithm," 2021 IEEE/IAS Industrial and Commercial Power System Asia (I&CPS Asia), Chengdu, China, 2021, pp. 829-833, doi: 10.1109/ICPSAsia52756.2021.9621529.
- [6] Luque, A., & Hegedus, S. (2003). Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. England: John Wiley & Sons.
- [7] Suyanto. (2017) Swarm Intelligence.
- [8] Hasan, F., Suyono, H., & Lomi, A. (2022) Optimasi Maximum Power Point Tracking pada Array Photovoltaic Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization dan Particle Swarm Optimization, 1-9.
- [9] Muhammad Shahid Wasim, Muhammad Amjad, Salman Habib, Muhammad Abbas Abbasi, Abdul Rauf Bhatti, S.M. Muyeen, A critical review and performance comparisons of swarm-based optimization algorithms in maximum power point tracking of photovoltaic systems under partial shading conditions, Energy Reports, Volume 8, 2022, Pages 4871-4898
- [10] Shang, L., Zhu, W., Li, P., & Guo, H. (2018) Maximum power point tracking of PV
- [11] Jamiyanti, E., Setiawan, K. D., & Sujanarko, B. (2023) Comparison of MPPT Performance Between Firefly Algorithm and Particle Swarm Optimization for PV Systems in Partial Shading Conditions, International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)
- [12] Purnomo, H. D. (2014). Cara Mudah Belajar Metode Optimasi Metaheuristik Menggunakan Matlab. Yogyakarta: GAVA MEDIA
- [13] Chao, K. H., & Liu, H. C. (2013). Maximum Power Point Tracking Method Based on Modified Particle Swarm Optimization for Photovoltaic Systems. Hindawi, 1-6.
- [14] Hegedus, S., & Luque, A. (2003). Handbook of photovoltaic science and engineering. England: John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West.
- [15] Solmetric. (2011). Guide To Interpreting I-V Curve Measurements of PV Arrays. Solmetric Corporation.