

# Perbandingan Performa Optimasi MPPT Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization dan Firefly Algorithm pada Photovoltaic dalam Kondisi Bayangan Partial

Eva Jamiyanti<sup>1</sup>, Sutra Wardatul Jannah<sup>2</sup>, Fuad Hasan<sup>3</sup>  
Universitas Nurul Jadid Paiton, Probolinggo, Indonesia

## Article Info

### Article history:

Received 19 Juli, 2024  
Revised 26 Juli 2024  
Accepted 27 Juli 2024

### Keywords:

Photovoltaik  
Parsial Shading  
Local Peak  
Firefly Algorithm  
Particel Swarm Optimization  
Maximum Power Point  
Tracking

## ABSTRAK

Pada dasarnya, energi Photovoltaic (PV) yang didistribusikan langsung ke konsumen tidak selalu berada dalam kondisi optimal. Jika intensitas cahaya atau suhu yang diterima oleh panel surya berubah misalnya dalam kondisi pasial shading. Hal ini dapat disebabkan oleh awan yang menghalangi matahari atau faktor lainnya. Penyaringan sebagian dari panel surya dapat memiliki dampak signifikan pada daya keluarannya. Oleh karena itu, energi atau daya yang disupply ke beban dapat bervariasi, dan bahkan energi yang dihasilkan mungkin tidak optimal. Sebuah metode kontrol khusus diperlukan untuk jumlah daya yang paling signifikan. Maximum Power Point Tracking (MPPT) adalah teknik yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan output energi panel surya. Namun, praktik yang telah digunakan sejauh ini sering kali terjebak dalam puncak lokal (Local peak) dan periode konvergensi yang panjang. Untuk mengatasi kelemahan pada penelitian sebelumnya digunakan 2 metode heuristic yaitu Metode Particel Swarm Optimization (PSO) dan Firefly alghorithm. Penelitian ini menggambarkan kelebihan dan kekurangan PSO dan FA dalam memantau daya optimal dari PV dalam kondisi penyaringan sebagian. Hasil simulasi menunjukkan bahwa algoritma FA lebih handal dibandingkan dengan algoritma PSO dalam pemantauan, dengan tingkat keberhasilan sekitar 98,9% dan 99,7% serta tingkat kegagalan sekitar 1,3%. Dalam kasus ini, FA lebih efektif sebesar 1,96% dibandingkan dengan PSO. PSO sekitar 0,33% lebih cepat dalam pemantauan.

*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, Paiton – Probolinggo 67291, Indonesia  
Email: [fuadhasan@unuja.ac.id](mailto:fuadhasan@unuja.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di Indonesia saat ini semakin meningkatkan kebutuhan terhadap energi listrik. Sehingga menyebabkan kebutuhan penduduk akan energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting. Semakin bertambahnya populasi penduduk di negara-negara seperti Indonesia maka kebutuhan akan energi listrik akan meningkat dengan pesat.

Fotovoltaik (PV) merupakan sumber energi terbarukan yang banyak diminati karena banyak manfaatnya, antara lain biaya operasional yang rendah dan ramah lingkungan. Meskipun biaya modul surya mahal, beberapa negara telah mengkomersialkan sistem produksi listrik PV, terutama yang terhubung ke jaringan listrik, karena potensi keuntungan jangka panjangnya [1].

Produksi daya PV yang maksimal memerlukan kontrol MPP (Maximum power point) dalam pengoperasian modul PV, teknologi MPPT dapat membantu dalam hal ini. Karena fotovoltaik umumnya tidak dapat berfungsi secara efektif karena tegangan PV mengikuti tegangan baterai, teknologi MPPT ini penting untuk diselidiki [3].

Sejumlah peneliti PV tertarik pada MPPT untuk memaksimalkan output daya yang dihasilkan. Tujuannya supaya PV dapat memperoleh arus dan tegangan maksimum yang lebih optimal. Untuk mencapai

tujuan tersebut maka modul PV harus di secara paralel atau seri. PV array terdiri dari modul-modul yang dihubungkan secara paralel atau seri. Jika modul-modul susunan PV sebagian dinaungi oleh pepohonan, awan, bangunan, dll., maka tidak semua modul menerima iradiasi yang sama, sehingga menghasilkan hasil yang bervariasi atau tidak seimbang untuk setiap modul PV dan daya keluaran keseluruhan yang tinggi untuk PV. Bayangan parsial menyebabkan efek titik panas yg cenderung merusak sel PV serta membahayakan keamanan sistem PV [4]. Oleh karena itu, ketika mengalami bayangan parsial, diperlukan pelacakan yang lebih lengkap [5].

MPPT menggunakan berbagai metode, termasuk metode konvensional dan optimasi. Teknik konvensional yang umum mencakup rangkaian terbuka pecahan tegangan, InC (Inkremental Conductance), dan P&O (Pertrub dan Observe). Namun, karena waktu respons yang lambat dari teknik konvensional ini, teknik ini tidak mampu mengimbangi perubahan lingkungan yang cepat atau mengatasi sifat nonlinier PV. Karena perubahan radiasi yang cepat yang disebabkan oleh kondisi cuaca, pendekatan P&O tidak dapat mengikuti MPP (Maximum Power Point) [6].

Penelitian terbaru yang memanfaatkan pengontrol berbasis AI (Kecerdasan Buatan), seperti Logika Fuzzy dan Jaringan Syaraf Tiruan, berpusat pada peningkatan fungsionalitas algoritma untuk MPPT dalam kondisi bayangan parsial.[7]. Namun, proses komputasi akan terbebani oleh kebutuhan data yang sangat besar untuk fuzzifikasi dan defuzzifikasi dalam kendali logika fuzzy. Mirip dengan teknik jaringan saraf, volume data memperlambat prosedur pelatihan.

Banyak metode yang diusulkan oleh para peneliti untuk meningkatkan kualitas pelacakan MPP, termasuk kontrol pencarian ekstrem, kontrol korelasi riak, penyetelan ukuran langkah otomatis, dll. [8], dan penyetelan ukuran langkah otomatis, antara lain. Pendekatan ini dapat mengukur MPP dengan tepat dan meningkatkan kinerja pelacakan baik dalam kondisi dinamis maupun kondisi tunak. Namun demikian, solusi tersebut masih kurang mampu mengatasi kurva keluaran multi-puncak yang disebabkan oleh bayangan parsial pada susunan Photovoltaic. Oleh karena itu, penting untuk membuat algoritma yang dapat secara tepat melacak global MPP pada kurva keluaran yang rumit serta nonlinier [9].

Secara parsial, permasalahan MPPT menjadi permasalahan optimasi. Dalam skenario ini, algoritma metaheuristik dapat mencapai puncak global dengan menghindari puncak lokal dan memungkinkan pencarian global melalui pengacakan.

Algoritma metaheuristik adalah algoritma yang berupaya mengoptimalkan suatu fungsi dengan meniru perilaku hewan. Algoritma Optimasi Falcon [10], Bat Algoritm [11], Algoritma Bee Colony (ABC), Algoritma Genetika (GA), Heuristic Search (HS)[12], Ant Colony Optimization (ACO), dan Firefly Algoritm adalah algoritma metaheuristik yang terkenal (FA).

Studi ini membandingkan waktu pelacakan dan efisiensi Particel Swarm Optimization (PSO) dan Firefly Algorithm (FA) di MPPT dalam kondisi bayangan parsial. Firefly Algorithm (FA) dimodelkan dengan kunang-kunang yang redup cahayanya bergerak mendekati ke kunang-kunang yang lebih cerah. Daya tarik kunang-kunang didasarkan pada attractiveness dan daya tariknya.

PSO adalah metode metaheuristik yang umum digunakan di kalangan peneliti karena kesederhanaan, kemampuan beradaptasi, dan kemudahan implementasinya. Algoritma ini dilatarbelakangi oleh hewan, khususnya burung. FA mencakup lebih banyak komponen acak sehingga memungkinkan untuk menemukan solusi baru secara acak, bahkan jika titik pelacakan optimal telah diidentifikasi.

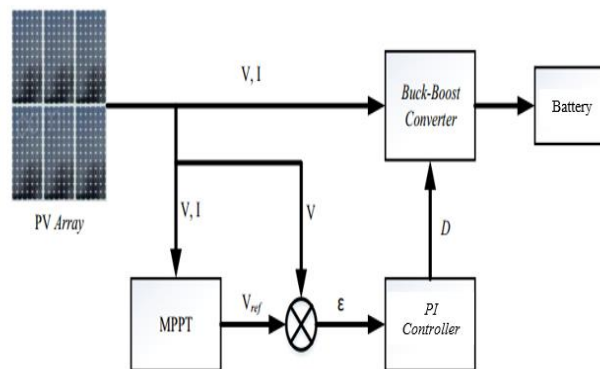
Penelitian ini mengkaji kinerja algoritma FA dan PSO untuk MPPT pada PV dalam keadaan parsial shading. Untuk membandingkan kinerja algoritma, efisiensi dan waktu pelacakannya harus dipertimbangkan.

## 2. METODE

### 2.1. Kontrol MPPT Untuk Sistem PV

Tujuan MPPT ini adalah untuk dapat membandingkan daya ( $V$ ) dari array PV dengan  $V_{ref}$ , sehingga pengontrol PI menerima error sebagai input. Pengontrol PI ini akan memodulasi siklus kerja Boost Converter untuk mengatur tegangan keluaran susunan PV. Gambar 1 menggambarkan diagram blok sistem PV yang menggunakan MPPT.

MPPT mengontrol variable yang berupa tegangan referensi yang masuk ke komparator, kemudian posisi partikelnya adalah  $V_{ref}$  dan nilai terbaiknya dibandingkan dengan hasil kali tegangan ( $V$ ) dengan arus ( $I$ ) yaitu daya keluaran dari PV ( $P$ ) pada posisi tersebut.

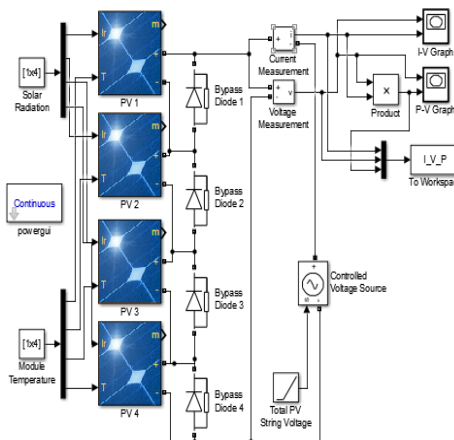


Gambar. 1 Diagram blok sistem PV untuk MPPT

**2.1.1. Pengambilan Data**

Investigasi ini menggunakan empat modul PV yang dipasang secara seri, seperti digambarkan pada Gambar 2. Pemasangan modul PV secara seri dimaksudkan untuk menghasilkan grafik dengan empat puncak.

Empat modul fotovoltaik dimodelkan menggunakan software Matlab Simulink dan disimulasikan dengan memvariasikan radiasi matahari pada setiap modul PV sehingga diperoleh grafik PV arus dan tegangan serta lokasi berbagai titik daya maksimal.



Gambar.2. Memodelkan 4 modul PV dengan Software Matlab Simulink

**2.1.2. Sistem Fotovoltaic**

Modul SunPower SPR-X20-250-BLK digunakan untuk memodelkan susunan PV dengan SIMULINK. Tabel.1 menunjukkan spesifikasi modul SunPower SPR-X20-250-BLK di STC, yang mencakup suhu modul 25 °C dan 1000 W/m<sup>2</sup> pada intensitas cahaya.

Tabel 1 Spesifikasi Modul Pv

Maks. Power Point ( $P_{mp}$ )	249,952W
Tegangan pada M ax. Power Point ( $v_{mp}$ )	42.8V
Arus di MPP ( $I_{mp}$ )	5.84 A
Rangkaian terbuka pada tegangan V ( $V_{oc}$ )	50.93V
Short Circuit pada Arus C ( $I_{sc}$ )	6.2 A

**2.2. TRACKING MPPT MENGGUNAKAN ALGORITMA PSO DAN FA**

**2.2.1. Particel Swarm Optimization Algoritm**

Kecepatan gerak partikel diperbarui dengan Persamaan [10].

$$V_i^{j+1} = W \times V_i^j + C_1 \times rand1(\cdot) \times (P_{best,i} - P_i^j) + C_2 \times rand2(\cdot) \times (G_{best} - P_i^j) \tag{1}$$

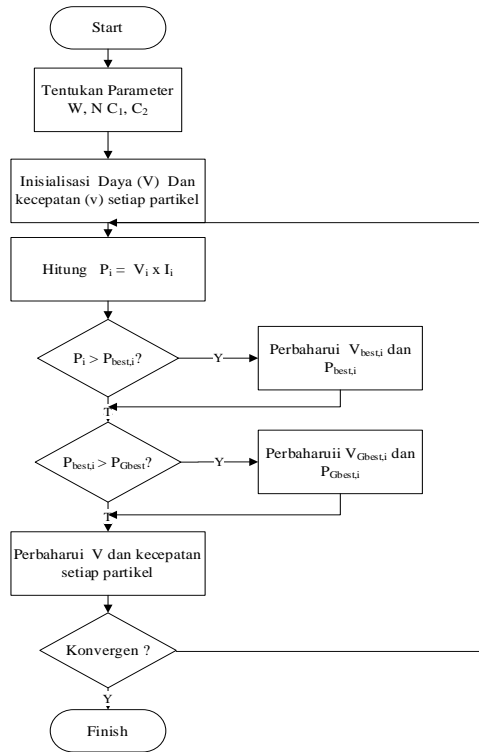
Posisi partikel diperbarui dengan Persamaan

$$P_i^{j+1} = V_i^{j+1} + P_i^j \tag{2}$$

Flowchat MPPT control menggunakan algoritma PSO dapat ditunjukkan pada Gbr. 3.

Tabel. 2 Setting Parameter Pso

Parameter	Tanda
Partikel (k)	5
Inersia (w)	0,4
Konstanta Sosial (C2)	2.1
Kognitif Konstanta ( C1)	2.1
Toleransi ( ε1)	1



Gambar.3 Flowchart MMPT dengan PSO

**2.2.2. Firefly Algoritm**

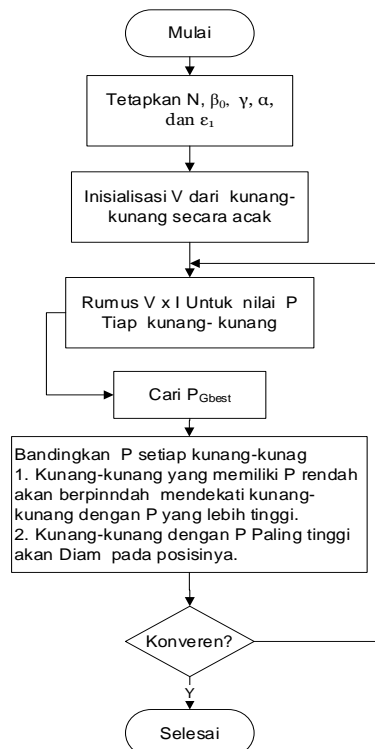
Gerakan kunang-kunang xi tertarik pada kunang-kunang xJ (yang lebih terang) atau yang lebih tinggi daya tariknya dirumuskan sebagai berikut:

$$xi = xi + \beta \cdot (x_j - x_i) + \alpha \cdot (rand - (1)/2) \tag{3}$$

Kontrol diagram alur menggunakan Algoritma Firefly dapat ditunjukkan pada Gambar 4. Pada tabel 3 dapat dilihat untuk beberapa variable lain dari FA yang dikonversi dalam sistem PV.

Tabel 3. Pengaturan Variabel FA

Parameter	Tanda
Nilai Total kunang-kunang ( $N$ )	5
Inisial pangkat Darik ( $\beta_0$ )	1
Koefisien serapan ( $\gamma$ )	1
Parameter acak ( $\alpha$ )	0,1
Nilai toleransi ( $\varepsilon$ )	1



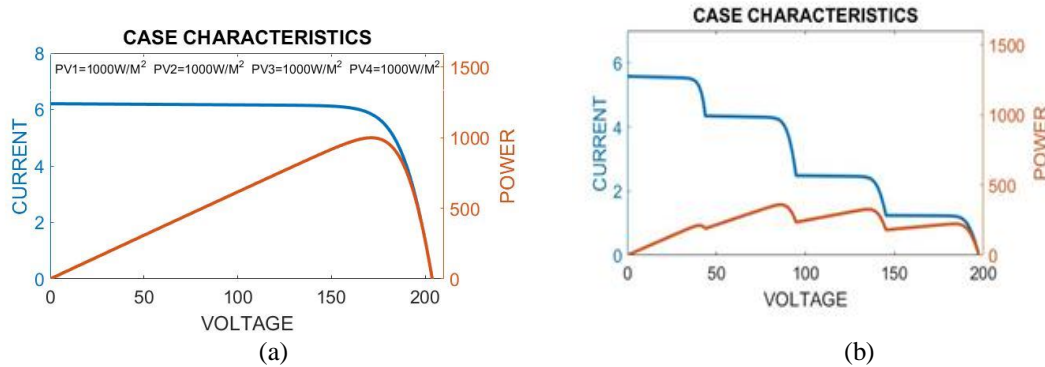
Gambar 4. Flowchart MPPT dengan FA

### 3. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Kinerja Particle Swarm Algorithm (PSO) dan Algoritma Firefly algorithm (FA) dalam pelacakan global MPP pada PV Arrays diuji menggunakan beberapa perlakuan atau skenario. Dilakukan 3 jenis skenario pengujian PV untuk mengetahui nilai efektifitas dari kedua Algoritma tersebut. Perangkat lunak Matlab Simulink digunakan untuk mensimulasikan skenario pengujian berdasarkan Iradiasi penuh matahari dan bayangan parsial.

Pengujian pertama dilakukan dengan perlakuan penyinaran penuh dengan iradiasi tinggi yaitu 1000 Wp. Sedangkan pada skenario pengujian kedua dan ketiga adalah situasi dimana PV Arrays dalam kondisi berbeda – beda dari setiap modulnya yaitu dalam kondisi Partial Shading (tertutup sebagian) sehingga dihasilkan kurva PV yang mempunyai 4 puncak dengan letak MPP global yang berbeda – beda. Dari 4 puncak pada kurva PV tersebut terdiri dari 3 puncak local peak dan 1 puncak global peak.

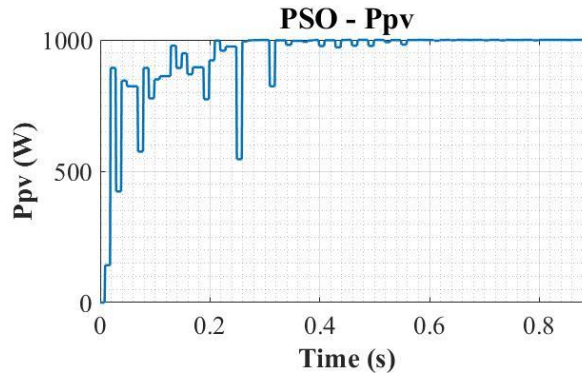
Kurva karakteristik yang dihasilkan berdasarkan skenario pengujian dari 4 PV adalah seperti Gambar 5 (a) dan Gambar 5 (b). Pada Kasus 1 terdapat kondisi penyinaran yang seragam yaitu kondisi penyinaran tinggi dengan nilai 1000 W/m<sup>2</sup>. Nilai perkiraan MPP adalah 999,8544 W. PV sebagian besar tersembunyi dalam Kasus 2. Dalam situasi ini, radiasinya adalah PV1 = 400 W/m<sup>2</sup>, PV2 = 700 W/m<sup>2</sup>, PV3 = 200 W/m<sup>2</sup>, dan PV4 = 900 W/m<sup>2</sup>



Gambar. 5 Kurva karakteristik IV dan PV yang dihasilkan dari Kasus Iradiasi Penuh dan Kasus Parsial Shading

**3.1. Hasil Pelacakan Algoritma PSO**

Pada kasus 1 hasil tracking Algoritma PSO diperoleh MPP sebesar 999.8584 W pada kasus 1 pada tracking MPP yang akan ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar. 6. Perubahan Ppv pada Algoritma PSO tracking terbaik Kasus 1

Hasil tracking yang paling efektif adalah sebesar 171.243 Volt dan daya sebesar 999.8541 W, dengan efisiensi algoritma sebesar 99.99%, serta waktu konvergensi sebesar 0.899 detik. Dalam kasus 1 pelacakan MPP, Algoritma PSO memiliki probabilitas keberhasilan hingga 99%.

Tabel 4 menampilkan hasil tracking untuk kasus 2 yang mempunyai MPP sebesar 482,9123 W.

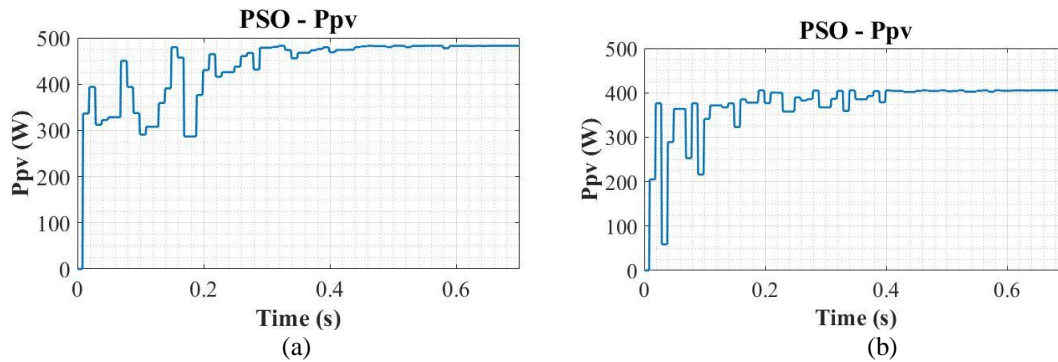
Tabel 4 Tabel Pelacakan Kasus 2

Uji	Ppv (W)	Vref (V)	Iterasi	Tracking	Eff.Algoritma
1	482.8936	133.2818	12	0,719	99.9961
2	482,9111	133.0929	11	0,659	99.9997
3	405.665	85.0339	11	0,659	84.0038
4	482.8999	133.2212	9	0,539	99.9974
5	482.9037	133.1835	12	0,719	99.9982
Terbaik	482,9111	133.0929	11	0,659	99.9997
Terburuk	405.665	85.0339	11	0,659	84.0038
Rata-rata	475,1788	128.3553	10,9	0,653	98.3985

Berdasarkan Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa untuk pencarian pelacakan MMP kasus 2 menggunakan Algoritma PSO diperoleh hasil yang optimal. Berdasarkan 5 kali pengujian, PSO mengalami 1 kali kegagalan dalam melacaknya MPP. Jadi Algoritma PSO mempunyai peluang keberhasilan hingga 98%

pada kasus 2 pada tracking MPP. Kegagalann PSO sebanyak 1 kali dalam melacak MPP, yaitu pada tegangan sekitar 405V. Kegagalan pelacakan ini disebabkan oleh Algoritma yang terjebak di lokal peak .

Seperti terlihat pada Gambar. 7(a), hasil tracking optimal adalah 133.0929 Volt dengan daya 482.9111 Watt. Hasil efisiensi algoritma mencapai 99.9997%. Diperlukan 11 iterasi untuk pelacakan paling efisien, dengan waktu konvergensi 0,65 detik.



Gambar 7. Perubahan Ppv pada Algoritma PSO trackin terbaik (a) dan tracking terburuk (b) Kasus 2

Seperti terlihat pada Gambar 7(b), efisiensi tracking terburuk terjadi pada tegangan 85.0339 Volt, dan daya 405.665 Watt, dengan efisiensi algoritma sebesar 84.003865%. Diperlukan 11 iterasi untuk efisiensi terburuk dan waktu konvergensi 0,65 detik .

Hasil tracking PSO untuk kasus 3 dapat dilihat pada tabel 5 yang mempunyai MPP sebesar 207,6051 W.

Tabel 5 Hasil Pelacakan Pso Kasus 3

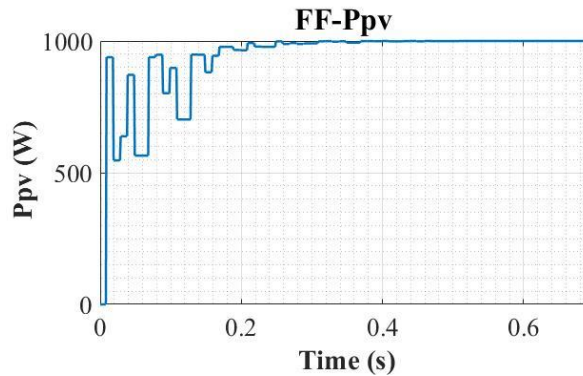
Uji	Ppv (W)	Vref (V)	Iterasi	Tracking	Eff. Algoritma
1	164.3351	40.3437	11	0,649	79.1537
2	207.5865	86.6931	10	0,716	99.9978
3	162.0646	134.084	7	0,419	78.0638
4	207.4982	86.286	13	0,659	98.9966
5	207.6051	86.7356	12	0,719	99.9999
Terbaik	207.6051	86.7356	12	0,719	99.9998
Terburuk	162.0646	134.084	7	0,419	78.0638
Rata-rata	198.7084	96.0546	10,2	0,612	95.7145

Berdasarkan Tabel 5, hasil monitoring yang paling efisien adalah 86.7356 Volt dengan daya 207.6051 Watt dan efisiensi algoritmik 100%. Pelacakan yang efisien terjadi dengan jumlah iterasi hingga 12 kali, dengan waktu konvergensi 0,71 detik. Pada tegangan 134.084 Volt dan daya sampai dengan 162.0646 Watt . Dan efisiensi algoritma sebesar 78,0638% , efisiensi pelacakan berada pada titik terendah. Untuk efisiensi terburuk, diperlukan tujuh iterasi dengan waktu konvergensi 0,61 detik. Sehingga algoritma PSO mempunyai probabilitas keberhasilan 80% jika terjadi pelacakan 3 MPP tanpa kegagalan pelacakan.

### 3.2. Algoritma Firefly (FA)

Pada kasus 1 hasil tracking algoritma FA diperoleh MPP sebesar 999,8584 Watt. Hasil tracking terbaik dengan efisiensi terbaik adalah 171.2404 Volt dengan daya sebesar 999.8539W dengan efisiensi algoritma sebesar 99.9997% dengan waktu konvergen sebesar 0,539 detik. FA berhasil melacak MPP tanpa mengalami kegagalan pelacakan. Jadi Algoritma FA memiliki peluang keberhasilan hingga 99% pada kasus 1 pada pelacakan MPP yang akan ditunjukkan pada Gambar 8.



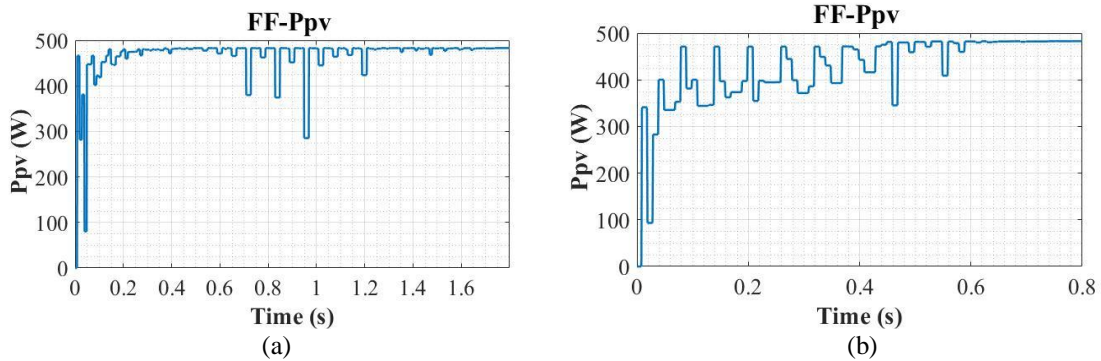


Gambar 8. Pelacakan Ppv terbaik pada Alghorithma FA Kasus Tabel 6 dibawah ini menunjukkan hasil pelacakan pada kasus 2 dengan MPP sebesar 482,9123 W.

Tabel 6 Hasil Pelacakan FA Kasus 2

Uji	Ppv(W)	Vref (V)	Iterasi	Tracking	Eff. Algoritma
1	482.909	133.1288	20	1.199	99.9993
2	482.9089	133.1301	6	0,359	99.9992
3	482.9076	133.1441	51	1.739	99.9990
4	482,9122	133.096	29	0,779	99.9999
5	482.9049	133.171	13	0,599	99.9984
Terbaik	482,9122	133.096	29	0,779	99.9999
Terburuk	482.9049	133.171	13	0,599	99.9984
Rata-rata	482.9085	133.1341	27,3	1.391	99.9992

Berdasarkan Tabel 6, hasil tracking yang paling efisien adalah 133.096 Volt dengan daya output sebesar 482.912 Watt dan efisiensi algoritma sebesar 99.9999%, seperti tergambar pada Gambar 11 (a). Jumlah iterasi optimal untuk tracking efisien adalah sebanyak 29 kali, dengan waktu konvergensi dari 0,777 detik.



Gambar 9. Pelacakan Ppv terbaik (a) dan Pelacakan Ppv Terburuk (b) pada Alghorithma FA Kasus 2

Seperti terlihat pada Gambar. 11(b), efisiensi tracking terburuk terjadi pada tegangan 133,171 Volt dengan daya 482,9049 W att dan efisiensi algoritma sebesar 96,99%. Dengan waktu konvergensi 0,599 detik, diperlukan 13 iterasi untuk mendapatkan solusi paling efektif. Sehingga Alghorithma Firefly (FA) memiliki probabilitas keberhasilan hingga 99% pada kasus 2 saat melacak MPP.

Tabel 7 menunjukkan hasil tracking pada kasus 3 yang mempunyai MPP sebesar 207,6051 W.

Tabel. 7 Hasil Pelacakan FA Kasus 3



Uji	Ppv (W)	Vref (V)	Iterasi	Tracking	ff. Algoritma
1	207.6009	86.684	15	0,899	99.9979
2	207.5977	86.6456	6	0,359	99.9964
3	207.5996	86.6691	12	0,719	99.9973
4	207.603	86.7225	5	0,299	99.9994
5	207.4549	86.1136	9	0,539	99.9276
Terbaik	207.603	86.7225	5	0,299	99.9994
Terburuk	207.4549	86.1136	9	0,539	99.9276
Rata-rata	207.5852	86.6337	9,5	0,569	99.9904

Hasil tracking optimum adalah 86.7225 Volt dengan kapasitas 207.603 Watt dengan efisiensi algoritma 99.9994%. Iterasi optimal untuk pelacakan efektif adalah 5 kali, dengan waktu konvergensi 0,229 detik. Efisiensi tracking paling rendah pada tegangan 86,1136 Volt, kapasitas 207,4549 Watt, dan efisiensi algoritma sebesar 99,9276%. Dengan waktu konvergensi 0,53 detik dan 9 kali iterasi untuk efisiensi terburuk. Sehingga Algoritma FA memiliki tingkat keberhasilan hingga 98% pada kasus 3 tracking MPP.

### 3.3. Perbandingan Kinerja PSO dan FA

Setelah dilakukan pengujian antara Algoritma PSO dan FA. Tabel 9 berikut menunjukkan perbandingan pada kedua Algoritma tersebut.

Tabel 8. Perbandingan Hasil Traking MPP PSO Dan Firefly Algoritm

Kasus	MPP (W)	Parameter	FA			PSO		
			Terbaik	Terburuk	Rata-rata	Terbaik	Terburuk	Rata-Rata
1	999	Ppv (W)	999,9	999,9	999,9	999,9	999,9	999,9
		Vref (V)	171,7	170,5	171	171	165	170
		Iterasi ( waktu )	9	7	13,1	15	18	11,7
		Waktu Konvergen	0,53	0,41	0,78	0,89	1,07	0,70
		Algoritma (%)	99	99	99	99	99	99
2	482	Ppv (W)	482,9	482,8	482,0	482	405	475
		Vref (V)	133,0	133,1	133,1	133,0	85,0	128,3
		Iterasi ( waktu )	29	13	27,3	11	11	10,9
		Waktu Konvergen	0,77	0,59	1,39	0,65	0,65	0,65
		Algoritma (%)	99	99	99	99	84	98
3	207	Ppv (W)	207	207	207	207,6	162,0	198,7
		Vref (V)	86,7	86,1	86,6	86,7	134,0	96,0
		Iterasi ( waktu )	5	9	9,5	12	7	10,2
		Waktu Konvergen	0,29	0,53	0,56	0,71	0,41	0,61
		Algoritma (%)	99	99	99	99	78	95

Berikut ini merupakan paparan hasil penelitian pada 3 skenario kasus. FA memiliki efisiensi lebih baik dibandingkan dengan PSO. FA lebih unggul 0,57% dibandingkan dengan PSO yang ditunjukkan pada tabel 9. Dalam pergerakannya FA lebih banyak memiliki komponen acak.

Tabel 9 Presentase Keunggulan Rata – Rata Efisiensi Algoritma

Kasus	Efisiensi rata-rata (%)		Persentase Keunggulan PSO - FA
	FA	PSO	
1	99.987	99.993	0,006
2	99.989	98.3975	1.5915
3	99,99	99.878	0,112
Rata-rata presentasi			0,57

Jadi, Firefly algoritma lebih cocok untuk tracking yang memiliki banyak peak/multimodal lebih banyak sehingga mampu secara global dalam tracking dan tidak mudah turun pada local maximum. Meskipun telah menemukan solusi terbaik. Banyaknya komponen acak dari FA memungkinkan untuk melakukan pencarian solusi lain secara acak dan pelacakan lebih global.

#### 4. KESIMPULAN

Metode optimasi metaheuristik adalah metode yang dipilih untuk merampungkan penelitian ini. Metode yang digunakan yaitu Metode Particle Swarm Optimization (PSO) dan Metode Firefly Algorithm (FA). Dengan menggunakan perbandingan metode PSO dan FA, penelitian ini berupaya untuk mengetahui proses tracking MPP dengan nilai tracking tertinggi dan waktu tercepat.

Ada banyak penelitian terbaru mengenai teknik optimasi lainnya, termasuk logika fuzzy, jaringan saraf, dan algoritma Bee Colony, antara lain. Meskipun demikian, metode tersebut hanya mencari nilai MPPT. Selain itu, penelitian ini menyelidiki kegagalan menggunakan sistem optimasi MPPT. Berdasarkan temuan penelitian, algoritma Firefly dan PSO dievaluasi menggunakan 4 array PV yang dipasang secara seri dan dievaluasi sebanyak lima kali untuk masing-masing tiga skenario berbeda. Pengujian Firefly Algoritma mencapai tingkat keberhasilan pelacakan rata-rata 99,837% dan waktu pelacakan 1,009 detik. Meskipun algoritma PSO mencapai tingkat keberhasilan rata-rata 98,4271% dan waktu pelacakan rata-rata 0,677 detik, akibatnya melacak objek, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa Algoritma Firefly lebih andal dan efektif dalam memantau keberhasilan, dengan tingkat keberhasilan 98,9–99,8 % dan tingkat kegagalan sekitar 1,3% jika dibandingkan dengan Algoritma PSO. Sementara itu, PSO sekitar 0,33% lebih cepat dalam hal waktu pemantauan. Hal ini menunjukkan bahwa FA lebih unggul 0,57% dibandingkan algoritma PSO.

#### Ucapan Terimakasih

Terimakasih yang tiada terhingga kami sampaikan kepada Universitas Nurul Jadid yang telah menyediakan laboratorium bagi penulis untuk melakukan pengujian dan pengambilan data pada penelitian ini. Dan terimakasih juga penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah mensupport terselesainya penelitian ini.

#### REFERENSI

- [1] Safitri, Nelly & Rihayat, Teuku. (2019). BUKU TEKNOLOGI PHOTOVOLTAIC.
- [2] G. Liu, J. Zhu, H. Tao, W. Wang and F. Blaabjerg, "A MPPT Algorithm based on PSO for PV Array Under Partially Shaded Condition," 2019 22nd International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), Harbin, China, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICEMS.2019.8921806.
- [3] Pamuk N. Performance Analysis of Different Optimization Algorithms for MPPT Control Techniques under Complex Partial Shading Conditions in PV Systems. *Energies*. 2023; 16(8):3358. <https://doi.org/10.3390/en16083358>
- [4] Hanlı, Süleyman & Buker, Mahmut & Alkilinç, Hikmet. (2021). Performance Assessment of Partially Shaded PV Modules With Microcracks. 10.1109/SIU53274.2021.9477929.
- [5] Han, P. & Li, Y. & He, X. & Fu, Y. & You, H. & Li, B.. (2016). Improved maximum power point tracking method for photovoltaic multi-peak based on quantum-behaved particle swarm optimization algorithm. 40. 101-108. 10.7500/AEPS20160304010.
- [6] N. Ould Cherchali, M. R. Skender, B. Bentchikou, A. Tlemçani and A. Morsli, "Parametric identification of a photovoltaic panel by the Firefly algorithm," 2022 13th International Renewable Energy Congress (IREC), Hammamet, Tunisia, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/IREC56325.2022.10001922.
- [7] Chun-Wei Tsai, Ming-Chao Chiang, Handbook of Metaheuristic Algorithms: From Fundamental Theories to Advanced Applications, Elsevier:2022, ISBN : 0443191093, 9780443191091
- [8] Mirhassani, S. & Razzazan, Mohsen & Ramezani, Amin. (2014). An improved PSO based MPPT approach to cope with partially shaded condition. 550-555. 10.1109/IranianCEE.2014.6999604.
- [9] Qi Zhang, Xiangdong Sun, Yanru Zhong and Mikihiro Matsui, "A novel topology for solving the partial shading problem in photovoltaic power generation system," 2009 IEEE 6th International Power Electronics and Motion Control Conference, Wuhan, 2009, pp. 2130-2135, doi: 10.1109/IPEMC.2009.5157752
- [10] Nordin, A.H., & Omar, A.M. (2011). Modeling and simulation of Photovoltaic (PV) array and maximum power point tracker (MPPT) for grid-connected PV system. 2011 3rd International Symposium & Exhibition in Sustainable Energy & Environment (ISESEE), 114-119.
- [11] Titri, S., Larbes, C., Youcef-Toumi, K., & Benatchba, K. (2017). A new MPPT controller based on the Ant colony optimization algorithm for Photovoltaic systems under partial shading conditions. *Appl. Soft Comput.*, 58, 465-479.
- [12] R. Divyasharon, R. Narmatha Banu and D. Devaraj, "Artificial Neural Network based MPPT with CUK Converter Topology for PV Systems Under Varying Climatic Conditions," 2019 IEEE International Conference on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing (INCOS), Tamilnadu, India, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/INCOS45849.2019.8951321
- [13] F. Hasan , H. Suyono, A. Lomi. *Jurnal EECIS ( Electrics, Electronics, Communications, Controls, Informatics, System) 2022 Vol.16 Page. 1-9, e-ISSN (Online) : 2460-8122*
- [14] Zhang, Q., Sun, X., Zhong, Y., & Matsui, M. (2009). A Novel Topology for Solving the Partial Shading Problem in Photovoltaic Power Generation System. *IEEE*, 2130-2135

- [15] Gosumbonggot, J., Nguyen, D.-D., & Fujita, G. (2018). Partial Shading and Global Maximum Power Point Detections Enhancing MPPT for Photovoltaic Systems Operated in Shading Condition. IEEE...