



JREEC

**JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY,
ELECTRONICS AND CONTROL**

homepage URL : <https://ejurnal.itats.ac.id/jreec>



OPTIMASI OUTPUT PHOTOVOLTAIC FARM MENGGUNAKAN METODE GREY WOLF OPTIMIZATION PADA KONDISI PARTIALLY SHADED

Benny Ramadhan¹, Riny Sulistyowati², dan Nariyah Silviana Erwanti³

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya^{1,2,3}

INFORMASI ARTIKEL

Jurnal JREEC – Volume 05
Nomer 01, April 2025

Halaman:

1 – 8

Tanggal Terbit :

30 April 2025

DOI:

10.31284/j.JREEC.2025.v5i1

1.80

ABSTRACT

Solar Power Plants (PLTS) often experience efficiency reductions due to variations in light intensity and temperature. This study proposes a Maximum Power Point Tracking (MPPT) method using the Gray Wolf Optimization (GWO) algorithm to enhance power output. GWO, which mimics the hunting strategy of gray wolves, is compared to the Perturb and Observe (PnO) method under various operational conditions, including partial shading. Results show that GWO achieves faster convergence and higher accuracy in maximum power point tracking than PnO. Simulations using a dual-diode model in MATLAB indicate that at 30°C, the maximum power (Pmax) of solar panels is 98 watts, while GWO achieves 97.85 watts. At 35°C, Pmax is 96 watts and 95.85 watts, respectively. The difference in maximum power between the non-optimized system and the GWO-optimized system ranges from 0.15 to 0.2 watts, indicating that although the variation is minimal, GWO remains effective in approaching the maximum power point and enhancing PLTS efficiency under diverse operational conditions.

Kata kunci: Photovoltaic Farm, Grey Wolf Optimization, Partially Shaded

EMAIL

Email Penulis 1

Riny.97107@itats.ac.id

nariyahse@gmail.com

PENERBIT

Jurusan Teknik Elektro-
ITATS

Alamat:

Jl. Arief Rachman Hakim

No.100,Surabaya 60117,

Telp/Fax: 031-5997244

Jurnal JREEC by

Department of Electreical

Engineering is licensed under

a Creative Commons

Attribution-ShareAlike 4.0

International License.

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sering mengalami penurunan efisiensi akibat variasi intensitas cahaya dan suhu. Penelitian ini mengusulkan metode Maximum Power Point Tracking (MPPT) menggunakan algoritma Gray Wolf Optimization (GWO) untuk meningkatkan daya output. GWO, yang meniru strategi berburu serigala abu-abu, dibandingkan dengan metode Perturb and Observe (PnO) dalam berbagai kondisi operasional, termasuk bayangan sebagian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa GWO memiliki konvergensi lebih cepat dan akurasi lebih tinggi dalam pencarian titik daya maksimum dibandingkan PnO. Simulasi menggunakan model dioda ganda di MATLAB menunjukkan bahwa pada suhu 30°C, daya maksimum (Pmax) panel surya adalah 98 watt, sedangkan dengan GWO mencapai 97,85 watt. Pada suhu 35°C, Pmax masing-masing adalah 96 watt dan 95,85 watt. Perbedaan daya maksimum antara sistem tanpa optimasi dan dengan GWO berkisar antara 0,15 hingga 0,2 watt, menunjukkan bahwa meskipun terdapat variasi kecil, GWO tetap efektif dalam mendekati titik daya maksimum dan meningkatkan efisiensi sistem PLTS dalam kondisi operasional yang beragam.

Kata kunci: Photovoltaic Farm; Grey Wolf Optimization; Partially Shaded

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah menjadi sumber energi alternatif yang semakin berkembang seiring meningkatnya kebutuhan energi bersih dan efisien. PLTS bekerja

dengan mengonversi energi matahari menjadi listrik menggunakan panel surya berbasis efek fotovoltaiik [1]. Namun, efisiensi konversi daya dari panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari, suhu, dan kondisi lingkungan lainnya [2]. Salah satu tantangan utama dalam sistem PLTS adalah kondisi bayangan sebagian (partial shading condition, PSC), yang menyebabkan terbentuknya beberapa titik daya maksimum lokal (local maxima), sehingga algoritma pelacakan titik daya maksimum (Maximum Power Point Tracking, MPPT) konvensional seperti Perturb and Observe (P&O) dan Incremental Conductance (IC) sering kali gagal menemukan titik daya maksimum global (global MPP) [3], [4]. Untuk mengatasi permasalahan ini, algoritma berbasis kecerdasan buatan dan optimasi seperti Grey Wolf Optimization (GWO) telah diperkenalkan untuk meningkatkan efisiensi pencarian titik daya maksimum [5].

Algoritma GWO meniru perilaku berburu serigala abu-abu dalam mencari solusi optimal di ruang pencarian non-linear, sehingga memiliki keunggulan dalam konvergensi cepat dan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode MPPT tradisional [6]. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa metode optimasi lain seperti Particle Swarm Optimization (PSO) [7], Firefly Algorithm (FA) [8], dan Modified Human Psychology Optimization (MHPO) [9] juga telah diterapkan untuk meningkatkan performa MPPT dalam kondisi PSC. Implementasi metode GWO pada MPPT telah terbukti lebih stabil dan adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan dibandingkan metode lainnya, terutama dalam kondisi bayangan sebagian yang kompleks [10]. Beberapa penelitian telah mengkaji penerapan algoritma optimasi ini dalam sistem PLTS berskala besar atau photovoltaic farms, dengan hasil yang menunjukkan peningkatan efisiensi daya keluaran dan stabilitas sistem [11], [12]. Selain itu, berbagai teknik pemodelan panel surya, seperti model dioda tunggal [13] dan model dioda ganda [14], juga telah digunakan untuk meningkatkan akurasi simulasi sistem PLTS, yang selanjutnya dapat meningkatkan kinerja MPPT berbasis optimasi.

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis komparatif antara metode MPPT berbasis GWO dan metode P&O dalam kondisi PSC menggunakan pemodelan sistem dengan MATLAB/Simulink. Studi ini bertujuan untuk mengukur efektivitas metode GWO dalam meningkatkan daya keluaran sistem PLTS, mengurangi osilasi daya, serta mempercepat waktu konvergensi dalam pencarian titik daya maksimum [15]. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem MPPT yang lebih optimal untuk aplikasi PLTS skala besar, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem tenaga surya secara keseluruhan [16].

TINJAUAN PUSTAKA

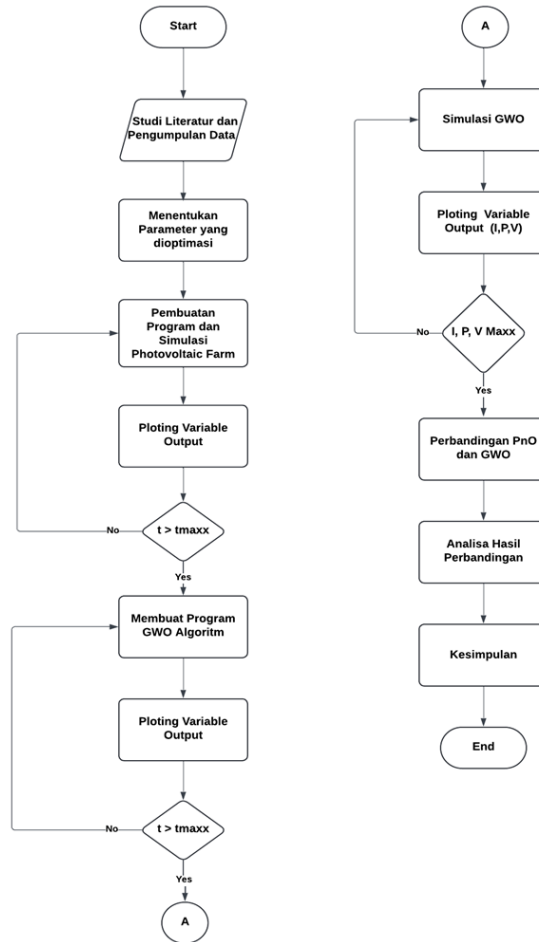
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan solusi energi terbarukan yang semakin berkembang dalam upaya memenuhi kebutuhan listrik yang berkelanjutan. Namun, efisiensi konversi daya dari modul fotovoltaiik seringkali terhambat oleh kondisi bayangan parsial (Partial Shading Condition, PSC), yang mengakibatkan penurunan daya yang signifikan akibat fenomena multiple local maxima pada kurva karakteristik daya-tegangan (P-V). Untuk mengatasi permasalahan ini, metode Maximum Power Point Tracking (MPPT) berbasis algoritma optimasi seperti Grey Wolf Optimization (GWO) telah dikembangkan sebagai alternatif yang lebih adaptif dibandingkan metode konvensional seperti Perturb and Observe (P&O). Algoritma GWO meniru perilaku sosial dan teknik berburu serigala abu-abu dalam menemukan solusi optimal, yang dalam konteks PLTS diterapkan untuk mencari titik daya maksimum global dengan lebih efisien. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa implementasi GWO dalam sistem MPPT mampu meningkatkan stabilitas operasi, mengurangi osilasi daya, serta mempercepat konvergensi menuju titik daya maksimum dibandingkan metode P&O, khususnya dalam kondisi PSC [5], [7].

Lebih lanjut, penelitian mengenai optimasi daya keluaran modul fotovoltaiik berbasis model dioda ganda (Double Diode Model, DDM) menjadi krusial untuk meningkatkan akurasi perhitungan karakteristik kelistrikan sel surya. Model ini mempertimbangkan resistansi seri (R_s) dan resistansi shunt (R_{sh}) guna merepresentasikan kehilangan daya akibat rekombinasi pembawa muatan dalam material semikonduktor. Dalam kondisi PSC, pemanfaatan algoritma GWO terbukti lebih unggul dibandingkan P&O dalam menentukan nilai tegangan referensi yang optimal untuk MPPT, sehingga meningkatkan efisiensi konversi energi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem yang dioptimasi dengan GWO dapat mempertahankan daya keluaran yang lebih stabil meskipun terjadi fluktuasi radiasi matahari dan perubahan suhu lingkungan. Dengan demikian, penerapan GWO pada sistem

MPPT diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan performa PLTS secara keseluruhan serta mendukung integrasi sistem energi surya dalam jaringan listrik cerdas (smart grid).

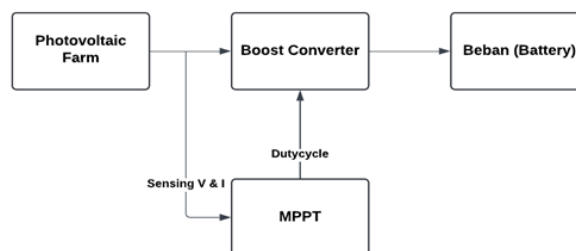
METODE

Metode penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan output daya dari sistem Photovoltaic Farm menggunakan metode Grey Wolf Optimization (GWO) pada kondisi partially shaded. Penelitian ini diawali dengan studi literatur terhadap berbagai referensi terkait sistem Maximum Power Point Tracking (MPPT), algoritma optimasi, dan model pemodelan sel surya yang relevan. Gambar 1 menyajikan alur metodologi penelitian yang mencakup tahapan mulai dari pengumpulan data, pemodelan sistem, implementasi algoritma optimasi, hingga analisis hasil.



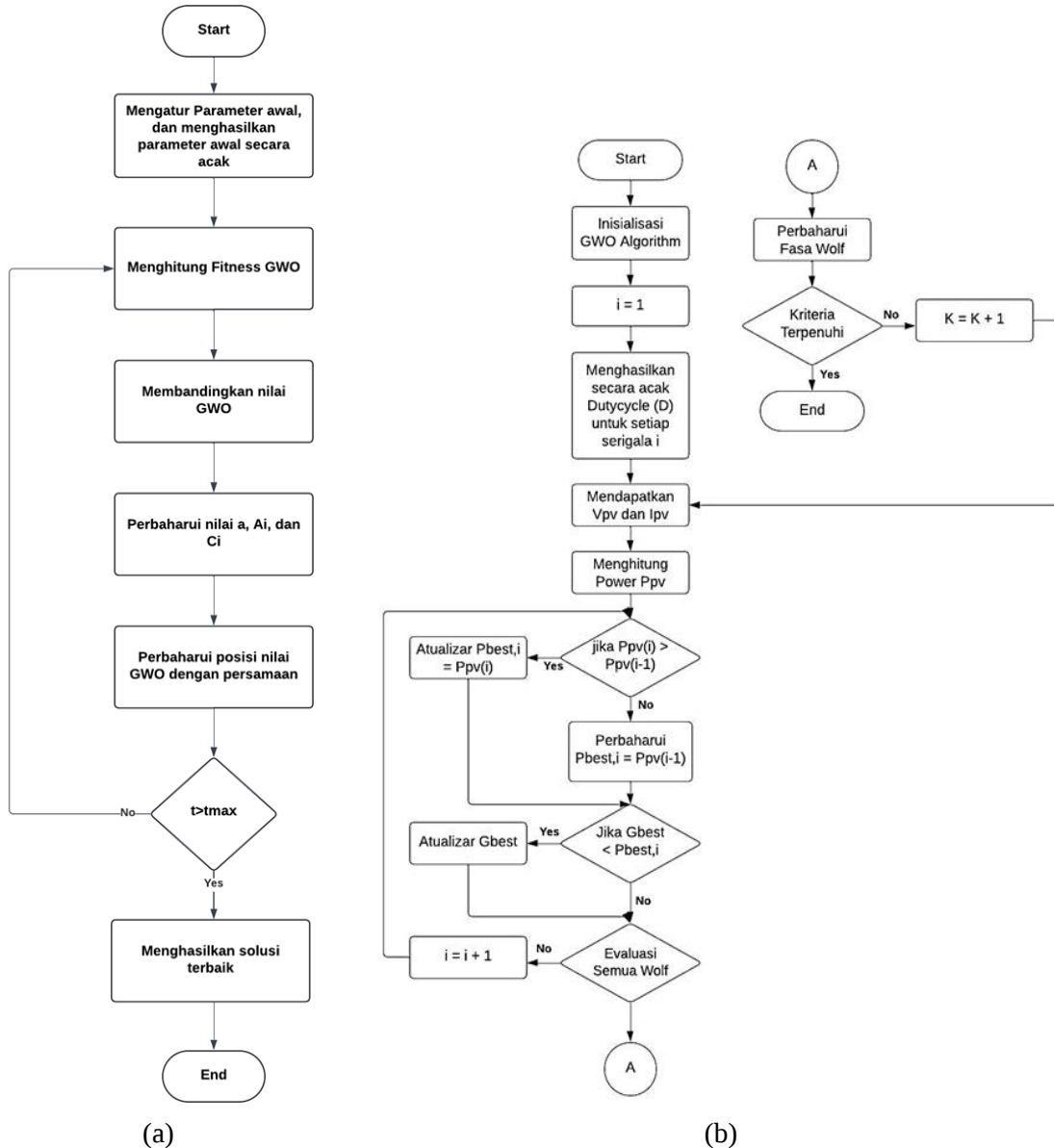
Gambar 1. Flowcart penelitian.

Pemodelan sistem dilakukan menggunakan MATLAB Simulink dengan pendekatan model dioda ganda untuk meningkatkan akurasi karakterisasi sel fotovoltaik. Pemodelan ini ditampilkan dalam Gambar 2, yang mencakup komponen utama seperti panel surya, konverter boost, algoritma MPPT, dan beban listrik.



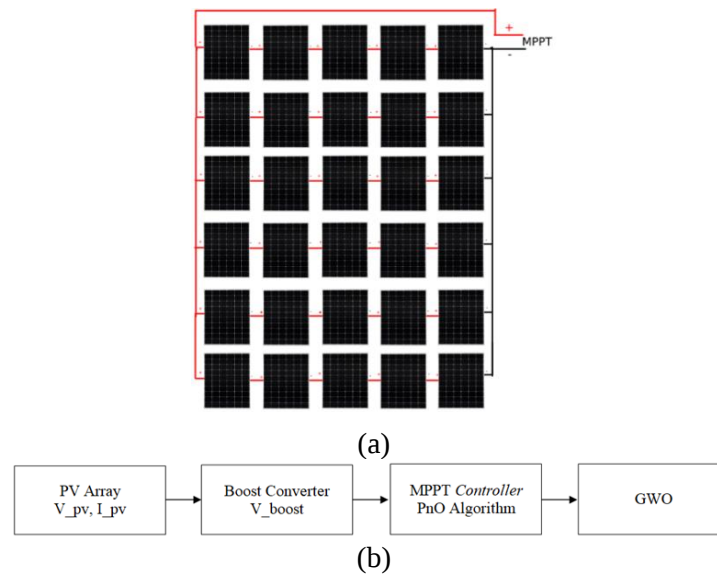
Gambar 2. Diagram Alir Pemodelan Sistem Penelitian.

Proses optimasi dilakukan dengan menerapkan algoritma Grey Wolf Optimization (GWO) sebagai metode MPPT, yang bertujuan untuk menemukan titik daya maksimum dengan lebih cepat dan akurat dibandingkan metode Perturb and Observe (PnO). Diagram alir dari algoritma GWO dapat dilihat pada Gambar 3.a, sedangkan implementasi GWO dalam sistem MPPT ditunjukkan pada Gambar 3.b.



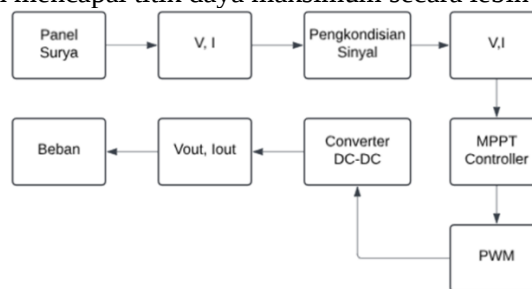
Gambar 3. a) Diagram alir dari algoritma GWO, b) Diagram alir implementasi GWO dalam sistem MPPT.

Dalam penelitian ini, sistem Photovoltaic Farm yang digunakan terdiri dari 30 panel surya berkapasitas 100 WP yang dirangkai secara seri, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 4.a. Untuk memastikan optimasi parameter yang tepat dalam sistem MPPT, dilakukan pengaturan parameter GWO yang disusun dalam blok diagram pada Gambar 4.b. Simulasi dilakukan dengan mengamati variasi daya keluaran panel surya pada berbagai kondisi radiasi dan suhu, serta perbandingan performa antara metode GWO dan PnO dalam kondisi normal dan partially shaded.



Gambar 4. a) Desain Photovoltaic Farm 30 pcs, b) Blok Diagram Parameter GWO.

Analisis hasil dilakukan berdasarkan simulasi yang membandingkan output daya antara metode GWO dan PnO, dengan parameter seperti tegangan keluaran, arus keluaran, dan daya maksimum yang dihasilkan. Evaluasi terhadap efektivitas metode GWO dalam mengoptimalkan daya keluaran sistem MPPT ditampilkan dalam Gambar 5, yang menunjukkan bagaimana algoritma GWO berkontribusi dalam mencapai titik daya maksimum secara lebih akurat dan stabil.

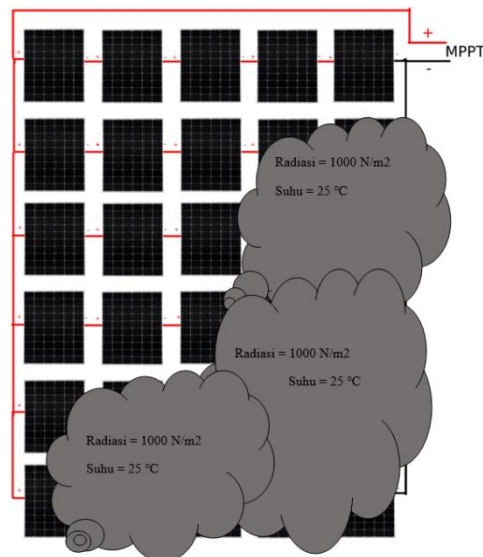


Gambar 5. Algoritma GWO berkontribusi pada MPPT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Photovoltaic pada saat Partially Shaded

Pemodelan photovoltaic dalam kondisi bayangan parsial menunjukkan bahwa jumlah puncak daya sangat dipengaruhi oleh konfigurasi string dan jumlah modul yang mengalami bayangan. Dalam simulasi, photovoltaic array dengan konfigurasi 6x5 dalam lima string paralel menghasilkan beberapa titik daya maksimum (MPPT) akibat variasi pencahayaan, yang menyulitkan metode MPPT konvensional dalam menemukan daya optimal. Pada kondisi normal, seluruh panel menerima irradiance seragam, sehingga daya maksimum lebih tinggi dibandingkan kondisi berbayang. Namun, bayangan sebagian membuat MPPT lebih kompleks dan dapat menyebabkan kehilangan daya signifikan jika tidak dioptimalkan dengan metode yang tepat. Untuk mengatasi ini, algoritma Grey Wolf Optimization (GWO) diterapkan dan dibandingkan dengan Perturb and Observe (P&O). Hasil simulasi menunjukkan bahwa GWO lebih akurat dalam mendeteksi titik daya maksimum global, terutama dalam kondisi bayangan parsial yang menghasilkan puncak daya lokal. Keunggulan GWO terletak pada kemampuannya menyesuaikan parameter secara dinamis berdasarkan kondisi lingkungan, sehingga meningkatkan efisiensi daya dibandingkan metode konvensional. Gambar 4.15 menunjukkan pemodelan photovoltaic dalam kondisi bayangan parsial, yang menggambarkan efektivitas MPPT dalam mengoptimalkan daya keluaran sistem.



Gambar 6. Pemodelan Photovoltaic Array Dalam Kondisi Bayangan Parsial.

Percobaan Simulasi Berdasarkan data BMKG

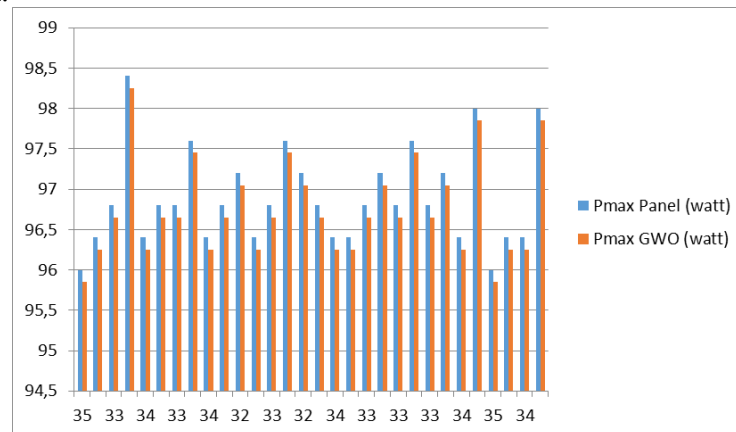
Percobaan simulasi berdasarkan data BMKG dilakukan untuk menguji performa sistem MPPT dalam kondisi nyata, khususnya dalam variasi suhu dan irradianse yang terjadi sepanjang hari. Dari data yang digunakan, radiasi matahari maksimum mencapai 1000 W/m^2 , dengan variasi suhu yang mempengaruhi daya keluaran panel surya. Tabel 1 menunjukkan hasil perubahan suhu dan daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya serta daya keluaran dengan metode GWO berdasarkan prediksi BMKG. Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya maksimum panel menurun seiring dengan peningkatan suhu, yang sesuai dengan karakteristik material photovoltaic. Misalnya, pada suhu 30°C , daya maksimum yang dihasilkan adalah 98 W , sementara pada suhu 35°C turun menjadi 96 W . Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi panel surya lebih optimal pada suhu yang lebih rendah, karena resistansi internal panel meningkat pada suhu yang lebih tinggi.

Tabel 1. Perubahan Suhu berdasarkan Prediksi BMKG

No	Radiasi (W/m^2)	Suhu $^\circ\text{C}$	Pmax Panel (watt)	Pmax GWO (watt)
1	1000	35	96	95,85
2	1000	34	96,4	96,25
3	1000	33	96,8	96,65
4	1000	29	98,4	98,25
5	1000	34	96,4	96,25
6	1000	33	96,8	96,65
7	1000	33	96,8	96,65
8	1000	31	97,6	97,45
9	1000	34	96,4	96,25
10	1000	33	96,8	96,65
11	1000	32	97,2	97,05
12	1000	34	96,4	96,25
13	1000	33	96,8	96,65
14	1000	31	97,6	97,45
15	1000	32	97,2	97,05
16	1000	33	96,8	96,65
17	1000	34	96,4	96,25
18	1000	34	96,4	96,25
19	1000	33	96,8	96,65
20	1000	32	97,2	97,05
21	1000	33	96,8	96,65
22	1000	31	97,6	97,45
23	1000	33	96,8	96,65

24	1000	32	97,2	97,05
25	1000	34	96,4	96,25
26	1000	30	98	97,85
27	1000	35	96	95,85
28	1000	34	96,4	96,25
29	1000	34	96,4	96,25
30	1000	30	98	97,85

Lebih lanjut, Gambar 7 memperlihatkan fluktuasi suhu harian berdasarkan prediksi BMKG, yang digunakan sebagai dasar dalam pemodelan performa sistem MPPT. Dari hasil simulasi, dapat dikonfirmasi bahwa metode GWO lebih stabil dalam menghadapi perubahan lingkungan dibandingkan metode P&O, terutama dalam kondisi irradianse yang tidak stabil. Hal ini membuktikan bahwa penerapan algoritma optimasi berbasis metaheuristik, seperti GWO, sangat efektif dalam meningkatkan efisiensi sistem photovoltaic, terutama pada kondisi operasional dengan variabilitas tinggi.



Gambar 7. Grafik Perubahan Suhu berdasarkan Prediksi BMKG.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode Grey Wolf Optimization (GWO) memberikan optimasi yang lebih efektif dalam pencarian titik daya maksimum (MPPT) pada sistem Photovoltaic Farm dibandingkan dengan algoritma Perturb and Observe (PnO). Simulasi menggunakan model dioda ganda di MATLAB menunjukkan bahwa pada suhu 30°C, daya maksimum (Pmax) panel surya adalah 98 watt, sedangkan dengan GWO mencapai 97,85 watt. Pada suhu 35°C, Pmax masing-masing adalah 96 watt dan 95,85 watt. Perbedaan daya maksimum antara sistem tanpa optimasi dan dengan GWO berkisar antara 0,15 hingga 0,2 watt, menunjukkan bahwa meskipun terdapat variasi kecil, GWO tetap efektif dalam mendekati titik daya maksimum dan meningkatkan efisiensi sistem PLTS dalam kondisi operasional yang beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Faulianur, I. D. Sara, and F. Arnia, "Simulasi Pelacakan Titik Daya Maksimum Modul Surya dengan Metode Grey Wolf Optimization," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 14, no. 1, pp. 26–34, 2018.
- [2] M. R. Al Haqq, I. Cholissodin, and A. A. Soebroto, "Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Panel Surya dalam Kondisi Berbayang Sebagian dengan Particle Swarm Optimization (PSO)," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 8, pp. 3524–3537, 2021.
- [3] F. N. Azizah, D. Darjat, and D. Denis, "perancangan sistem pencarian titik daya maksimum pada panel surya kondisi partial shading dengan mode kontrol mppt menggunakan konverter arus searah tipe boost berbasis algoritma firefly," *Transient j. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 3, pp. 428–433, 2021.
- [4] Y. M. Kolewora, E. Firmansyah, and S. Suharyanto, "Mppt Berdasarkan Algoritma P&O Dan Ic Pada Interleaved-Flyback 250W," *Telematika*, vol. 11, no. 1, pp. 18–36, 2018.
- [5] G. B. Sitanggang, T. Andromeda, and E. W. Sinuraya, "Perancangan Kontrol Mppt Dengan Metode P&O Pada Sistem Pv Di Gedung Teknik Sipil Universitas Diponegoro," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 222–228, 2021.
- [6] M. O. H. Z. EFENDI, L. P. S. RAHARJA, M. R. DWIRANTONO, F. C. ARSANDI, and N. LUTFIAH, "Maximum Power Point Tracking dengan Metode Modified Human Psychology Optimization pada

- Kondisi Partial Shading,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektro. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 10, no. 4, p. 976, 2022.
- [7] C. S. Kumara and R. S. Rao, “Enhanced Grey Wolf Optimizer Based MPPT Algorithm of PV System Under Partial Shaded Condition,” *Int. J. Renew. Energy Dev.*, vol. 6, no. 3, 2017.
- [8] B. B. Santoso, “Implementasi Maximum Power Point Tracking (MPPT) Metode Overall Distribution (OD)–Particle Swarm Optimization (PSO) Algorithm dengan Interleaved Boost Converter,” *Suara Tek. J. Ilm.*, vol. 12, no. 2, pp. 11–20, 2021.
- [9] W. B. Pramono, D. A. R. Wati, and M. V. T. Yadaka, “Simulasi Maximum Power Point Tracking pada Panel Surya Menggunakan Simulink MATLAB,” *ReTII*, 2014.
- [10] A. Asral, W. Fatra, I. Yasri, and F. Candra, “Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Mengatasi Krisis Energi Ketika Musim Kemarau,” *JPPM (Jurnal Pengabd. dan Pemberdaya. Masyarakat)*, vol. 3, no. 2, pp. 223–228, 2019.
- [11] Sulistyowati, Riny, et al. "Optimum placement of measurement devices on distribution networks using integer linear k-means clustering method." *Przeglad Elektrotechniczny* 96.10 (2020),
- [12] Sulistyowati, Riny, Dedet Candra Riawan, and Mochamad Ashari. "Clustering based optimal sizing and placement of PV-DG using neural network." *Advanced Science Letters* 23.3 (2017): 2373-2375.
- [13] F. F. Wibowo, M. Rokhmat, and Aripriantoni, “Efek Penempatan Panel Surya Terhadap Produksi Energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Cirata 1 Mw,” *Proceding of Enginering*, vol. 6, no. 2, pp. 5026–5033, 2019.
- [14] Riny Sulistyowati, Hari Agus Sujono, Yudha Cipta, Optimization Of Distributed Generation Placement Using Particle Swarm Optimization Method At Sampang Feeder, 2022.
- [15] H. R. Iskandar, E. Taryana, and S. Syaidina, “Perancangan Kebutuhan Energi Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Hanggar Delivery Center Pt. Dirgantara Indonesia,” *Pros. Semnastek*, 2018.
- [16] M. Hankins and T. Simalenga, *Solar Electric Systems for Africa: A Guide for Planning and Installing Solar Electric Systems in Rural Africa*. Commonwealth Science Council, 1995. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=nPfp9CgTDxcC>