

**ANALISIS KOMPARATIF ALGORITMA *MODIFIED* P&O DAN ALGORITMA P&O
KONVENSIONAL DALAM OPTIMALISASI *MAXIMUM POWER POINT*
TRACKING (MPPT) PADA SISTEM *PHOTOVOLTAIC***

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
Sastra Satu (S-1)**



Disusun Oleh :

**Sultan Zulkarnain
(21801053044)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2025**

ABSTRAK

Sultan Zulkarnain. 21801053044. Analisis Komparatif Algoritma *Modified* P&O Dan Algoritma P&O Konvensional Dalam Optimalisasi *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) Pada Sistem *Photovoltaic*. Pembimbing I : Oktriza Melfazen, S.T., M.T. Pembimbing II : Efendi S Wirateruna, S.T., M.Sc. Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Islam Malang.

Energi listrik merupakan kebutuhan vital, namun peningkatan permintaan belum sepenuhnya terpenuhi oleh sumber konvensional. Oleh karena itu, energi terbarukan seperti energi surya menjadi solusi melalui sel Photovoltaik (PV) yang mengubah cahaya menjadi listrik. Kinerja panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya dan suhu, sehingga daya yang dihasilkan bersifat nonlinier. Untuk memastikan panel bekerja pada titik daya maksimum (MPP), digunakan metode *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). Metode *Perturb and Observe* (P&O) banyak digunakan karena sederhana, namun memiliki kelemahan berupa osilasi di sekitar MPP dan lambat merespons perubahan radiasi. Penelitian ini mengusulkan algoritma Modifikasi P&O dengan pendekatan *variable step size* berbasis dP/dV untuk meningkatkan efisiensi, mempercepat respon, dan mengurangi osilasi. Sistem MPPT dirancang menggunakan panel surya 20 Wp, boost converter, sensor arus ACS712, sensor tegangan, serta pengendali Arduino UNO. Lampu halogen digunakan sebagai simulasi cahaya matahari, sedangkan uji shading dilakukan dengan penutup sebagian modul. Data diuji dengan validasi akurasi sensor yang menunjukkan nilai MAPE <5%. Hasil pengujian menunjukkan algoritma Modifikasi P&O mampu menghasilkan daya lebih tinggi, stabil, dan efisien dibanding metode konvensional. Pada kondisi normal, Modifikasi P&O 4 mencapai daya maksimum 3,41W dengan rentang stabil 3,34–3,41W, sedangkan P&O konvensional hanya 3,27–3,37W. Pada kondisi shading, Modifikasi P&O 6 menghasilkan daya rata-rata 1,88 W, lebih baik dari P&O konvensional 1,81W. Secara keseluruhan, implementasi Modifikasi P&O terbukti meningkatkan performa MPPT, sehingga berpotensi menjadi solusi efektif dalam optimalisasi sistem fotovoltaik.

Kata Kunci : MPPT, P&O, Modifikasi P&O, Arduino UNO, *Boost Converter*, *Photovoltaic*.

ABSTRACT

Sultan Zulkarnain. 21801053044. Comparative Analysis of Modified P&O Algorithm and Conventional P&O Algorithm in Optimizing Maximum Power Point Tracking (MPPT) in Photovoltaic System. Supervisor I : Oktriza Melfazen, S.T., M.T. Supervisor II : Efendi S Wirateruna, S.T., M.Sc. Electrical Engineering. Faculty of Engineering. Islamic University of Malang.

Electricity is a vital necessity, yet the increasing demand cannot be fully met by conventional sources. Therefore, renewable energy such as solar energy offers a promising solution through Photovoltaic (PV) cells that convert light into electricity. The performance of solar panels is highly influenced by irradiance and temperature, causing the output power to be nonlinear. To ensure operation at the Maximum Power Point (MPP), Maximum Power Point Tracking (MPPT) methods are applied. The Perturb and Observe (P&O) algorithm is widely used due to its simplicity, but it suffers from oscillations around the MPP and slow response to rapid irradiance changes. This study proposes Modified P&O algorithm with a variable step size approach based on dP/dV to improve efficiency, accelerate response, and reduce oscillations. The MPPT system is designed using a 20Wp solar panel, a boost converter, ACS712 current sensor, voltage sensor, and an Arduino UNO controller. Halogen lamp is used as sunlight simulation, while shading tests are performed by partially covering the module. Data validation shows sensor accuracy with a MAPE value of less than 5%. The experimental results indicate that the Modified P&O algorithm provides higher, more stable, and more efficient power compared to the conventional method. Under normal conditions, Modified P&O 4 achieves a maximum power of about 3.41W with a stable range of 3.34–3.41W, while conventional P&O only reaches 3.27–3.37W. Under shading, Modified P&O 6 records an average power of 1.88 W, higher than the conventional P&O with 1.81 W. Overall, the implementation of the Modified P&O algorithm improves MPPT performance in terms of power, stability, and efficiency, making it a promising solution for photovoltaic system optimization.

Keyword : MPPT, P&O, Modified P&O, Arduino UNO, Boost Converter, Photovoltaic

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan komponen vital dalam menunjang kehidupan manusia. Seiring berjalannya waktu kebutuhan akan energi listrik terus mengalami peningkatan, namun pasokan energi yang tersedia saat ini belum mampu sepenuhnya memenuhi permintaan yang terus bertambah, oleh karena itu pemanfaatan sumber energi terbarukan menjadi sangat penting. Energi matahari yang melimpah dan tersedia sepanjang tahun menawarkan potensi besar untuk dikembangkan sebagai sumber energi baru terbarukan. Selain itu pemanfaatan energi surya juga berperan penting dalam mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil sebagai sumber energi utama [1].

Sel fotovoltaik (PV) adalah salah satu teknologi sumber energi alternatif yang dapat mengonversi energi foton menjadi energi listrik dengan arus DC. Sel fotovoltaik sangat berpengaruh terhadap variabel suhu dan intensitas sinar matahari. Dua variabel tersebut membuat fotovoltaik yang dinamis. Keluaran sel fotovoltaik membentuk kurva karakteristik yang bersifat nonlinier, dimana daya bervariasi terhadap tegangan fotovoltaik. Sehingga, sel fotovoltaik membutuhkan suatu kendali yang dapat mempertahankan keluaran daya fotovoltaik pada titik optimal [2]. Fotovoltaik memiliki titik operasi optimalnya masing-masing yang dikenal dengan MPP (*Maximum Power Point*). Karakteristik MPP ini akan berubah sesuai dengan sinar matahari dan temperatur. MPPT (*Maximum Power Point Tracker*) digunakan agar titik kerja dari *solar cell* bekerja pada titik MPP tersebut. Sehingga ketika titik kerja optimal maka daya yang dapat digunakan dari *solar cell* juga akan lebih optimal [3].

Metode MPPT *Perturb and Observe* (P&O) adalah salah satu yang paling populer karena sederhana dan murah. Cara kerjanya dengan mengganggu tegangan atau arus, lalu mengamati perubahan daya. Jika daya naik arah gangguan diteruskan jika turun arah dibalik. Kekurangannya adalah munculnya osilasi di sekitar titik daya maksimum MPP dan kurang stabil saat irradiansi berubah cepat [4]. Untuk menghadapi kondisi intensitas radiasi matahari yang berubah-ubah, algoritma *modified* P&O menawarkan solusi dengan pendekatan adaptif, di mana langkah perubahan *step size* disesuaikan berdasarkan nilai perubahan daya terhadap tegangan (dP/dV) [5]. Dengan demikian, penggunaan *modified* P&O tidak hanya meningkatkan efisiensi sistem dalam mengekstraksi energi, tetapi juga mengurangi kerugian daya akibat keterlambatan *respon* yang umum terjadi pada algoritma MPPT konvensional.

Dalam penelitian ini, diusulkan metode *maximum power point tracking* (MPPT) baru yang menggunakan algoritma *peturb and observe* (P&O) yang dimodifikasi untuk meningkatkan efisiensi dalam mencari titik daya maksimum dari *photovoltaic*. Metode ini diimplementasikan menggunakan DC-DC *converter* yaitu *boost converter* untuk mengatur tegangan keluaran sesuai dengan kebutuhan sistem.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem MPPT pada *photovoltaic* menggunakan *boost converter* dengan membandingkan algoritma *modified* P&O yang bervariasi dan algoritma P&O?
2. Bagaimana hasil pengujian dari sistem MPPT pada *photovoltaic* menggunakan *boost converter* dengan membandingkan algoritma *modified* P&O yang bervariasi dan algoritma P&O?

1.3 Batasan Masalah

Untuk meminimalisir perluasan dalam pembahasan penelitian, Batasan masalah diberikan sebagai berikut :

1. Membahas dan menggunakan *converter* DC-DC yaitu *boost converter*
2. Perangkat keras yang menggunakan Arduino UNO dan *software* Arduino IDE
3. Menggunakan 2 lampu halogen sebagai pengganti sinar matahari
4. Menggunakan algoritma *modified peturb & observe* (P&O)
5. Menggunakan aplikasi PLX-DAQ
6. Mengatur nilai N/konstanta pengali Langkah dalam modifikasi algoritma *modified* P&O

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari latar belakang dan batasan masalah yang telah dijelaskan, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mencari titik daya maksimum panel surya menggunakan algoritma *modified peturb & observe* (P&O)
2. Mengetahui hasil pengujian sistem *photovoltaic* secara optimum menggunakan DC-DC *converter* yaitu *boost* dengan algoritma *modified* P&O (*peturb and observe*)
3. Mengetahui variasi langkah pada algoritma *modified* P&O

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini agar dapat tercapai dari skripsi penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan *photovoltaic* untuk mendapatkan energi matahari sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan
2. Mengetahui efektivitas algoritma P&O (*peturb and observe*) pada DC-DC *converter* untuk mendapatkan titik daya puncak
3. Bermanfaat sebagai literasi ketika merancang pembangkit listrik tenaga surya agar mendapat daya yang optimum.
4. Dari penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan akademisi untuk mengetahui efisiensi hasil pengeluaran dari pembangunan sistem PV dengan target pencapaian yang diinginkan.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan ini dapat diambil kesimpulan:

1. Sistem MPPT dirancang menggunakan *boost converter* dan dikendalikan dengan Arduino UNO. Algoritma yang digunakan adalah P&O konvensional dan *modified* P&O. *Modified* P&O mengatur perubahan *duty cycle* berdasarkan kemiringan dP/dV dikalikan dengan konstanta N , sehingga menghasilkan *respon* yang lebih cepat dan stabil. Sistem diuji menggunakan lampu halogen sebagai simulasi radiasi matahari dengan validasi akurasi sensor MAPE $<5\%$.
2. Hasil pengujian sistem MPPT dengan beberapa variasi. Untuk pengujian keadaan normal didapatkan variasi terbaik yaitu *modified* P&O variasi 4. Pada variasi ini, *modified* P&O menghasilkan daya maksimum sekitar 3,41W dan daya minimum sekitar 3,34 W. Rentang daya stabil 3,34W–3,41W dan fluktuasi lebih kecil dibandingkan metode P&O biasa yang hanya 3,27–3,37 W. Rata-rata daya lebih tinggi dan konsisten selama periode pengukuran. Sedangkan untuk pengujian *shading* variasi terbaik untuk pengujian *shading* adalah *modified* P&O variasi 6. Pada kondisi *shading*, variasi 6 mencatat rata-rata daya lebih tinggi 1,88W untuk *Modified* P&O dibandingkan 1,81 W untuk P&O konvensional. Fluktuasi daya lebih kecil dengan osilasi yang rendah, sehingga lebih stabil dibandingkan variasi lain seperti variasi 4 atau variasi 8. Sistem lebih cepat kembali stabil setelah perubahan radiasi (terlihat stabil setelah waktu ke-80).

Dengan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan algoritma *Modified* P&O memberikan peningkatan performa MPPT secara signifikan dibandingkan P&O konvensional, baik dari sisi daya, stabilitas, maupun efisiensi. Variasi 4 menghasilkan kestabilan daya terbaik dan daya tertinggi pada kondisi normal. Variasi 6 memberikan performa terbaik dan stabilitas paling baik pada kondisi *shading*.

5.2 Saran

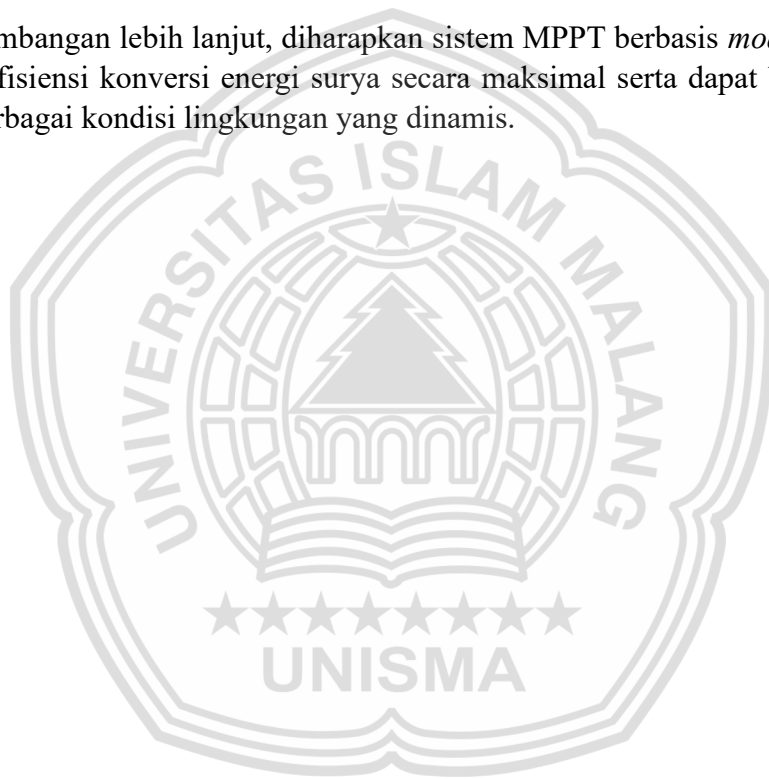
Dari penelitian ini didapatkan saran seperti berikut:

1. Pengembangan algoritma MPPT lebih lanjut misalnya dengan mengombinasikannya dengan teknik kontrol adaptif seperti *Fuzzy Logic*, *Neural Network*, atau *Sliding Mode*

Control untuk meningkatkan kecepatan *respon* sekaligus mengurangi osilasi di sekitar Maximum Power Point (MPP).

2. Pengujian dalam kondisi lingkungan eksternal yang dilakukan pada laboratorium perlu diperluas dengan pengujian langsung di lingkungan luar ruangan (*outdoor*) menggunakan sinar matahari alami. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja MPPT dalam menghadapi variasi radiasi matahari dan suhu yang lebih dinamis.
3. Optimasi Nilai Parameter Variasi N Disarankan melakukan optimasi pemilihan konstanta N pada algoritma *modified* P&O menggunakan metode matematis seperti algoritma genetika atau optimasi partikel *swarm* (PSO), sehingga didapatkan nilai N optimal secara otomatis untuk berbagai kondisi iradiasi.

Dengan adanya pengembangan lebih lanjut, diharapkan sistem MPPT berbasis *modified* P&O dapat meningkatkan efisiensi konversi energi surya secara maksimal serta dapat beradaptasi lebih baik terhadap berbagai kondisi lingkungan yang dinamis.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Al-Rizki, M. J. Afroni, and B. Minto Basuki, "Perbandingan Perolehan Energi Listrik Tenaga Surya Antara Beberapa Algoritma Maximum Power Point Tracker (MPPT) Pada Kondisi Berbayang Sebagian."
- [2] Wirateruna S Efendi, "ANALISA PERBANDINGANIMPLEMENTASI MPPT PVBERBASIS ALGORITMA P&O DAN IC DENGAN ARDUINO UNO," vol. 7, pp. 14–20, 2022.
- [3] P. Setiyawan, S. B. Utomo, and A. A. Nugroho, "Analisa Optimasi Photovoltaic(PV) 100 W Menggunakan MPPT dengan Alogaritma Perturb dan Observe," *Elektrika*, vol. 13, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.26623/elektrika.v13i1.2984.
- [4] E. N. Sholikhah, "Desain Implementasi Maximum Power Point Tracking Berbasis Perturb and Observe untuk Optimasi Daya Panel Surya," vol. 4, 2025.
- [5] N. H. A. Rahman, A. M. Omar, and E. H. M. Saat, "A Modification of Variable Step Size INC MPPT in PV System," no. June, pp. 340–345, 2013.
- [6] S. Wirateruna, A. Fitri, and A. Millenia, "DESIGN OF THE MAXIMUM POWER POINT TRACKING PV SYSTEM BASED ON P&O ALGORITHM 4 Efendi," no. Ccm, pp. 498–502, 2017.
- [7] U. H. Salman, S. F. Nawaf, and M. O. Salih, "Studying and analyzing the performance of photovoltaic system by using fuzzy logic controller," *Bull. Electr. Eng. Informatics*, vol. 11, no. 3, pp. 1687–1695, 2022, doi: 10.11591/eei.v11i3.3680.
- [8] E. S. Wirateruna, M. J. Afroni, and F. Badri, "Design of Maximum Power Point Tracking Photovoltaic System Based on Incremental Conductance Algorithm using Arduino Uno and Boost Converter," *Appl. Technol. Comput. Sci. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 101–112, 2022, doi: 10.33086/atcsj.v4i2.2450.
- [9] A. Maulana, B. Setiyono, and D. Sudjadi, "Perancangan Maximum Power Point Tracking Panel Surya Menggunakan Converter Arus Searah Tipe Boost Dengan Metode Algoritma Perturb and Observe Pengisian Baterai Panel Remote Terminal Unit Pt. Pln," vol. 8, no. 4, pp. 2685–0206, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>
- [10] A. T. Nugraha, A. M. Ravi, and M. Z. A. Tiwana, "Penggunaan Algoritma Interferensi dan Observasi Untuk Sistem Pelacak Titik Daya Maksimum Pada Sel Surya Menggunakan Konverter DC-DC Photovoltaics," *J. Janitra Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–18, 2021, doi: 10.25008/janitra.v1i1.107.
- [11] E. Amelia Widyastuti, R. Riantiarna, W. Kurniawati, and U. PGRI Yogyakarta, "Efektivitas Panel Surya Sebagai Cadangan Pengganti Energi Listrik Skala Rumahan," *J. Ilmu Tek.*, vol. 1, no. 2, pp. 256–260, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.62017/tektonik>
- [12] I. Teknik, I. C. Panel, D. Kondisi, P. Shading, U. I. Malang, and F. Teknik, "Implementasi teknik interkoneksi cross-tied panel surya dan maximum power point tracking (mppt) berbasis algoritma particle swarm optimization (psa) dalam kondisi partial shading," 2024.
- [13] P. Harahap, "Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 73–80, 2020, doi: 10.30596/rele.v2i2.4420.
- [14] Putriani, M. Basyir, and Muhaimin, "Sistem Monitoring Alat Uji Karakteristik Panel Surya Berbasis Mikrokontroler," *J. Tektro*, vol. 3, no. 2, pp. 102–112, 2019.
- [15] A. P. Zanofo, R. Arrahman, M. Bakri, and A. Budiman, "Pintu Gerbang Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3," *J. Tek. dan Sist. Komput.*, vol. 1, no. 1, pp.

- 22–27, 2020, doi: 10.33365/jtikom.v1i1.76.
- [16] L. D. Rumpa, Y. A. Ambabunga, and M. Pineng, “Optimization of ACS712 Sensor Current Measurement in Solar Power System through Regression Modeling,” *J. Appl. Informatics Comput.*, vol. 7, no. 2, pp. 198–201, 2023, doi: 10.30871/jaic.v7i2.6511.
- [17] W. VanDeventer *et al.*, “Short-term PV power forecasting using hybrid GASVM technique,” *Renew. Energy*, vol. 140, pp. 367–379, 2019, doi: 10.1016/j.renene.2019.02.087.
- [18] A. M. Soomar, A. Hakeem, M. Messaoudi, P. Musznicki, A. Iqbal, and S. Czapp, “Solar Photovoltaic Energy Optimization and Challenges,” *Front. Energy Res.*, vol. 10, no. May, pp. 1–18, 2022, doi: 10.3389/fenrg.2022.879985.
- [19] R. T. Widodo, P. Sejati, Asmuniv, and Rugianto, “Maximum Power Point Tracker Sel Surya Menggunakan Algoritma Perturb and Observe,” *Ind. Electron. Semin.*, no. 1, 2009.
- [20] D. Pratama, “Implementasi Pulse Width Modulation (Pwm) Pada Sistem Blending Kacang Menggunakan Sensorloadcell Berbasis Mikrokontroler,” *J. Tek.*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.54314/teknisi.v1i1.462.
- [21] E. C. Wicaksono, “Analisa Unjuk Kerja Maximum Power Point Tracker (MPPT) Berbasis Arduino Dengan Algoritma Peturb And Observe (P&O) Serta Fuzzy Logic,” 2021, [Online]. Available: http://eprints.itn.ac.id/7252/%0Ahttp://eprints.itn.ac.id/7252/9/1712040_JurnalSkripsi.pdf
- [22] A. Belkaid, I. Colak, and K. Kayisli, “Implementation of a modified P&O-MPPT algorithm adapted for varying solar radiation conditions,” *Electr. Eng.*, vol. 99, no. 3, pp. 839–846, 2017, doi: 10.1007/s00202-016-0457-3.
- [23] Mochamad Choifin and Slamet Priyono, “Studi Eksperimen Solar Warning Led (WL) Dengan Kapasitas Daya 20 Watt Peak (WP),” *JME (Jurnal Mek. dan Energi)*, vol. 3, no. 1, pp. 19–23, 2023.
- [24] F. Perancangan dan Realisasi Konverter DC-DC Tipe Boost Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535 Padillah and S. Saodah, “Perancangan dan Realisasi Konverter DC-DC Tipe Boost Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535,” *J. Reka Elkomika*, vol. 2, no. 1, pp. 2337–439, 2014.
- [25] N. H. Baharudin, T. M. N. T. Mansur, F. A. Hamid, R. Ali, and M. I. Misrun, “Topologies of DC-DC converter in solar PV applications,” *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 368–374, 2017, doi: 10.11591/ijeecs.v8.i2.pp368-374.
- [26] H. T. Monda, Feriyonika, and P. S. Rudati, “Sistem Pengukuran Daya pada Sensor Node Wireless Sensor Network,” *Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 9, pp. 28–31, 2018.
- [27] F. N. T. Sepannur Bandri, Rafika Andari, “Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Tegangan Dan Arus Yang Dihasilkan Panel Surya,” *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 106–113, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.itp.ac.id/index.php/telektro/index>
- [28] I. Irkham, I. Setiawan, and A. Nugroho, “Perancangan Boost Converter Sebagai Suplai Inverter Menggunakan Dspic30F4011 Dengan Metode Kontrol Proportional Integral,” *Transient*, vol. 7, no. 3, p. 737, 2019, doi: 10.14710/transient.7.3.737-744.
- [29] S. Fuad, “Optimasi Algoritma Firefly Pada Maximum Power Point Tracking (Mppt) Saat Kondisi Panel Surya Terhalangi Sebagian,” *Multitek Indones.*, vol. 16, no. 1, pp. 21–36, 2022, doi: 10.24269/mtkind.v16i1.4844.
- [30] A. Wibowo, I. G. B. Jayendra, D. Y. Utari, and M. Rasyiid, “Design of ACS712-based Current Sensing Monitoring Evaluation for PWM Solar Charge Controller,” vol. 22, no. 2, 2024.