

IMPLEMENTASI MODE KONTROL MPPT STATIS PADA PANEL SURYA KONDISI *PARTIAL SHADING* MENGGUNAKAN KONVERTER TOPOLOGI *BOOST* BERBASIS ALGORITMA *FIREFLY*

Femmy Nur Azizah^{*}, Darjat², Denis³

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

*E-mail: femmyazizah1@gmail.com

Abstrak

Perbedaan level iradiasi yang diterima modul PV dapat diakibatkan oleh cuaca berawan, pepohonan, bangunan, dan objek lain yang bisa menutupi permukaan panel surya sehingga menimbulkan *multi-peak* pada kurva karakteristik PV dan daya keluaran total menurun. Diperlukan suatu metode untuk memaksimalkan daya keluaran PV dan algoritma untuk memperoleh *global-peak*. Metode tersebut adalah MPPT (Maximum Power Point Tracking). Penelitian ini bertujuan untuk melacak titik daya maksimum PV pada kondisi modul PV tertutup bayangan sebagian dan perancangan konverter tipe *boost*. Metode pengontrolan MPPT dengan algoritma *firefly* digunakan dalam penelitian ini untuk menganalisis daya keluaran panel surya pada kondisi tertutup bayangan sebagian. Daya maksimum yang dihasilkan sistem MPPT pada panel surya 200 WP dengan variasi nilai beban 56 Ω dan 100 Ω pada iradiasi 950 W/m² dan suhu 35°C adalah 82,85 W dan 82,99 W. Pada kondisi PV tertutup 25% adalah 40,98 W dan 40,82 W. Pada kondisi PV tertutup 50% adalah 38,81 W dan 38,95 W. Kondisi *partial shading* mempengaruhi perolehan titik daya maksimum. Semakin banyak permukaan panel yang tertutup, maka daya keluaran maksimum dari PV akan menurun.

Kata kunci : Boost converter, MPPT, Panel surya, Algoritma Firefly

Abstract

Cloudy weather, trees, buildings, and others that cover the surface of the solar panels cause irradiation levels differences received by PV modules, causing multi-peaks on the PV characteristic curve and decreasing total output power. To obtain global-peak, a method for maximizing PV output power and an algorithm are required. The method is MPPT (Maximum Power Point Tracking). The goal of this research is to track the maximum power point of PV under partially shaded conditions and design a boost converter. The MPPT control method with the Firefly algorithm is used to analyze solar panel output power in partially shaded conditions. The maximum power output generated by the MPPT system on a 200 WP solar panel with 56 Ω and 100 Ω loads is 82.85 W and 82.99 W at 950 W/m² irradiation and 35°C temperature. The maximum power output generated by MPPT of the panel surface covered by 25% is 40.98 W and 40.82 W. The maximum power output generated by MPPT is 38.81 W and 38.95 W when the panel surface covered by 50% Partial shading conditions affect the maximum power point gain. The more the panel surface is covered, the maximum output power of the PV will decrease.

Keywords : Boost converter, MPPT, Solar panel, Firefly Algorithm

1. Pendahuluan

Indonesia mempunyai potensi energi baru terbarukan yang cukup besar, salah satu potensi tertinggi yaitu energi surya. Energi surya adalah salah satu sumber EBT dengan potensi tertinggi yakni 207.898 MW namun kapasitas pembangkit yang terpasang baru sebesar 0,03% [1]. Pemanfaatan energi surya yang digunakan dalam beberapa dekade terakhir adalah sistem Photovoltaic (PV) yang merupakan teknologi untuk menghasilkan daya listrik arus searah (DC) yang diukur dalam watt (W) atau kilowatt (kW) dari semikonduktor ketika disinari oleh foton [2]. Daya keluaran PV dipengaruhi oleh faktor lingkungan yaitu

adanya pohon, gedung tinggi, awan, dan perubahan cuaca atau yang disebut bayangan parsial pada PV mengakibatkan iradiasi yang mengenai permukaan panel surya tidak merata sehingga daya keluaran sistem akan menurun drastis [3]. Maka dari itu, diperlukan metode pelacakan yang lebih inklusif untuk mengatasi masalah tersebut. MPPT atau Maximum Power Point Tracking adalah sebuah metode penjejakan agar daya keluaran dari panel surya maksimal pada kondisi suhu dan iradiasi lingkungan yang berubah-ubah [4]. Upaya peningkatan penjejakan titik untuk mencapai titik daya maksimum dengan algoritma lebih mudah dibandingkan meningkatkan efisiensi panel dan inverter yang bergantung

pada teknologi yang ada. Pada dasarnya, akurasi MPPT dalam menemukan nilai titik daya maksimum adalah aspek yang terpenting. Awal pengembangan MPPT menggunakan teknik tradisional yaitu Perturb and Observe (P&O) dan Incremental Conductance. Namun, metode-metode tersebut masih belum mengatasi kurva output dengan multi peak yang ditimbulkan oleh kondisi bayangan parsial pada array PV [5]. Algoritma yang tepat untuk masalah MPPT di bawah kondisi bayangan parsial adalah algoritma metaheuristik yang dapat memperoleh global peak dengan memanfaatkan pengacakan agar algoritma tidak terjebak pada local peak dan memungkinkan pencarian secara global [6]. Beberapa algoritma metaheuristik yang umum dikenal antara lain Particle Swarm Optimization (PSO), Artificial Bee Colony (ABC), Ant Colony Optimization (ACO), dan Firefly Algorithm (FA). Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan sekaligus pembuatan sebuah sistem pengoptimalan daya keluaran PV menggunakan boost converter arus searah dengan algoritma Firefly. Algoritma Firefly dipilih karena beban komputasi yang lebih rendah dibanding PSO [7]. Tegangan keluaran nilainya akan lebih besar dibanding tegangan masukan karena dinaikkan oleh boost converter, kemudian dihubungkan ke beban [8].

2. Metode

2.1. Perancangan Rangkaian Daya

Konverter arus searah dengan topologi konverter tipe boost digunakan sebagai rangkaian daya pada penelitian Tugas Akhir ini. Boost converter berfungsi sebagai penaik nilai tegangan sehingga nilai tegangan keluarannya lebih besar dibanding dengan tegangan masukannya dengan polaritas antara tegangan masukan dan keluarannya sama. Boost converter memiliki spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 2.

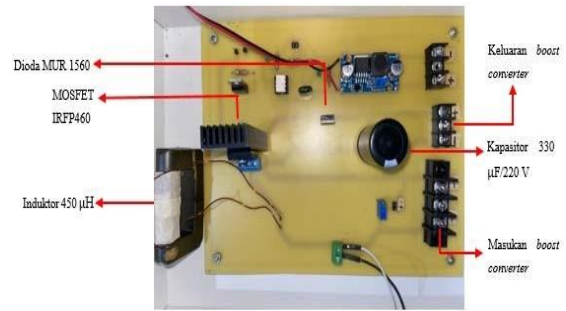
Tabel 2. Spesifikasi Rangkaian Boost Converter

Spesifikasi	Nilai
Tegangan Masukan	0 – 43,7 V
Tegangan Keluaran	60 V
Arus Maksimum	5,5 A
Duty Cycle (D)	10% - 70%
Frekuensi Switching (fs)	20 kHz

Rangkaian boost converter terdiri dari lima komponen penyusun, yaitu dioda MUR1560 [9], Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor atau MOSFET IRFP460 [10], induktor, kapasitor, dan beban resistif. Boost converter direalisasikan menggunakan komponen berikut yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komponen Penyusun Boost Converter

Komponen	Tipe/Nilai
MOSFET	IRFP460
Dioda	MUR1560
Induktor	450 μ H
Kapasitor	330 μ F/250 V
Resistor	47 Ω , 56 Ω dan 100 Ω



Gambar 1. Realisasi rangkaian boost converter

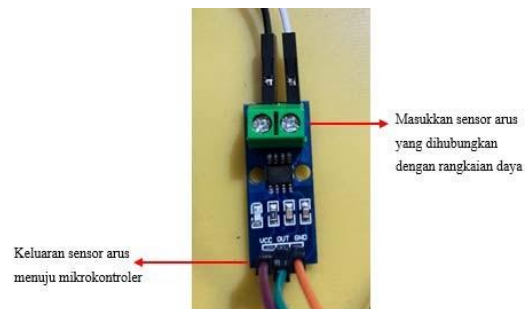
2.2. Perancangan Rangkaian Kontrol

Perancangan rangkaian kontrol untuk tugas akhir ini meliputi tiga bagian yaitu perancangan rangkaian generator PWM menggunakan Arduino Nano, perancangan sensor arus dan perancangan sensor tegangan. Berikut ini adalah deskripsi dari masing-masing bagian dari desain rangkaian kontrol yang diimplementasikan pada penelitian ini.

2.2.1. Sistem Minimum Arduino Nano

Penelitian Tugas Akhir ini menggunakan rangkaian kontroler Arduino Nano. Fungsi Arduino Nano sebagai penerima data dari tegangan dan arus yang dibaca dari boost converter dan oleh mikrokontroler diproses untuk mengeksekusi algoritma MPPT. Frekuensi pengoperasian yang dipilih untuk pemrograman Arduino Nano sebesar 20kHz. Pin keluaran PWM pada Arduino Nano adalah pin 3 [11].

2.2.2. Sensor Arus



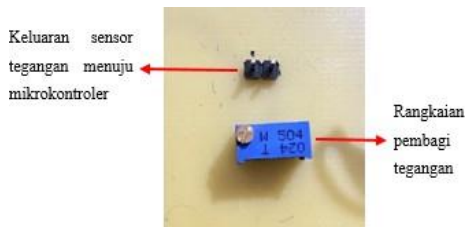
Gambar 2. Realisasi Sensor Arus

Perancangan Tugas Akhir ini menggunakan sensor arus ACS712-20A. Alasan memilih sensor arus ACS712-20A untuk digunakan di perancangan Tugas Akhir ini yaitu dikarenakan nilai arus maksimum yang melewati sensor dapat mencapai 20 A. Arus keluaran maksimum panel surya adalah 11,33 A sehingga pemilihan sensor arus ACS712-20A sudah tepat. Sensitivitas sensor arus ditingkatkan dengan penguat sinyal atau IC OpAmp yang terdapat pada sensor arus ACS712-20A [12]. Gain dan offset untuk menyesuaikan OpAmp dilakukan melalui dua potensiometer. Pengaturan potensiometer offset dan gain diatur agar tegangan keluaran yang dihasilkan sensor adalah 5 V diatas 12 A. Penyesuaian nilai ini disebabkan batas arus keluaran

maksimum dimana nilai maksimum panel surya adalah 11,33A. Ketika arusnya 0 A sensor dikonfigurasi untuk menghasilkan tegangan output 1 V. Penyesuaian potensiometer dilakukan untuk mencapai nilai sensitivitas 1 V/A.

2.2.3. Sensor Tegangan

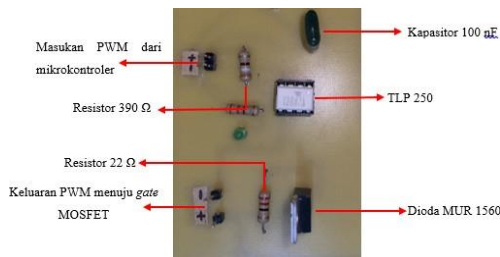
Tugas Akhir ini menggunakan rangkaian pembagi tegangan sebagai sensor tegangan yang memanfaatkan potensiometer yang berjenis multi turn dengan nilai resistansi sebesar 500 kΩ. Pengaturan besar resistansi potensiometer disesuaikan sehingga ketika nilai tegangan mencapai 70 V, sensor akan membaca tegangan senilai 5 V. Penyesuaian nilai ini karena batas tegangan output panel surya maksimum 60 V.



Gambar 3. Realisasi sensor tegangan

2.3. Perancangan Rangkaian Driver

TLP250 digunakan sebagai rangkaian driver MOSFET untuk perancangan Tugas Akhir ini. Alasan penggunaan rangkaian driver MOSFET tersebut dikarenakan fungsi isolasinya sehingga ground rangkaian daya dengan rangkaian kontrol terpisah [13]. Tidak hanya itu, TLP250 juga mampu memberi penguatan sinyal PWM yang dibangkitkan oleh rangkaian kontrol dari tegangan sebesar 5 V menjadi sinyal PWM dengan tegangan sebesar 15 V sehingga perubahan kondisi MOSFET IRFP460 yang membutuhkan tegangan VGS ± sebesar 20 V dapat dipicu.

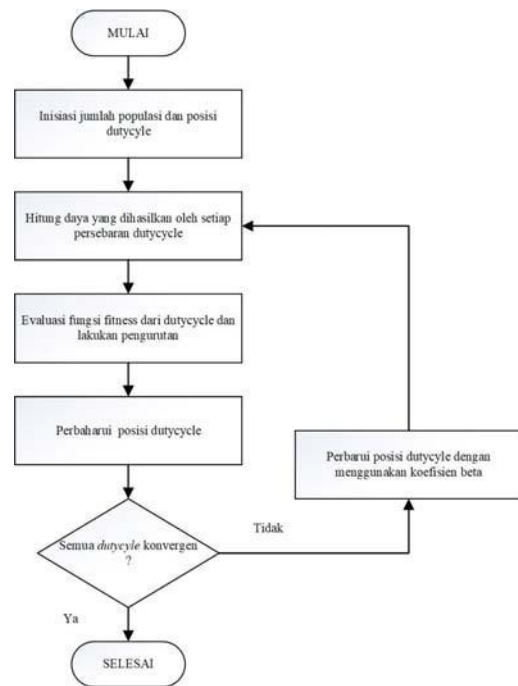


Gambar 4. Realisasi rangkaian driver MOSFET

2.4. Perancangan Algoritma MPPT

Penelitian Tugas Akhir ini menggunakan algoritma Firefly sebagai algoritma MPPT sebagai penjejakan titik daya maksimum panel surya pada kondisi partial shading. Algoritma Firefly merupakan metode penjejakan yang digunakan untuk memperoleh titik daya maksimum panel

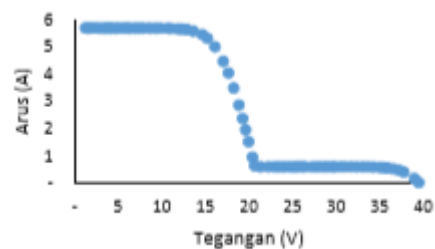
surya yang mana pada Tugas Akhir ini berada pada kondisi bayangan parsial yang terinspirasi oleh perilaku kunang-kunang dalam memikat lawan jenis. Kunangkunang diasumsikan asexual sehingga individu akan saling tertarik dengan individu lain dalam satu populasi [14]. Dalam penelitian Tugas Akhir ini, jumlah duty cycle yang disebar merepresentasikan jumlah populasi kunangkunang untuk mencari titik daya maksimum. Faktor yang menunjukkan ketertarikan antar kunang-kunang digunakan sebagai faktor beta [14]. Proses dari algoritma Firefly ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir metode Firefly

3. Hasil dan Analisis

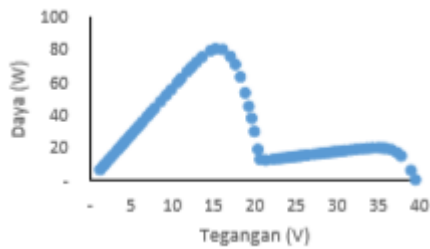
3.1. Pengujian Modul Panel Surya



Gambar 6. Kurva arus - tegangan iradiasi 950 W/m² dan 95,3 W/m² suhu 35°C

Panel surya diuji untuk menganalisis kurva karakteristiknya pada kondisi partial shading. Keluaran panel surya dihubungkan dengan rheostat yang diatur untuk mengganti nilai arus dan tegangan keluaran panel surya. Kurva karakteristik dapat terbentuk akibat nilai arus

dan tegangan keluaran panel surya yang berubah. Pengujian karakteristik panel surya dilakukan pada iradiasi 950 W/m² pada modul surya 100 WP yang tidak tertutup bayangan dan 95,3 W/m² modul surya 100 WP yang tertutup bayangan dengan suhu 35°C. Nilai daya didapatkan dari hasil perkalian nilai arus dan tegangan yang dihasilkan panel surya.

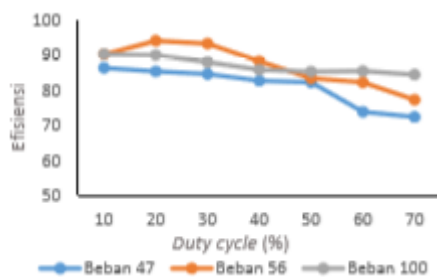


Gambar 7. Kurva daya - tegangan iradiasi 950 W/m² dan 95,3 W/m² suhu 35°C

Gambar 6 dan Gambar 7 merupakan kurva karakteristik panel surya. Daya maksimum berada pada titik daya sebesar 80,77 W dengan tegangan 15,24 V dan arus 5,30 A pada saat kondisi partial shading iradiasi 950 W/m² pada modul surya 100 WP yang tidak tertutup bayangan dan 95,3 W/m² pada modul surya 100 WP yang tidak tertutup bayangan dengan suhu 35°C.

3.2. Pengujian Rangkaian Daya

Kinerja boost converter diukur dalam pengujian rangkaian daya agar diketahui efisiensi dan gain dari boost converter. Pada pengujian ini dilakukan pengukuran nilai tegangan dan arus pada masukan dan keluaran Nilai beban dan duty cycle yang divariasikan bertujuan untuk melihat nilai tegangan dan arus baik di sisi masukan maupun keluaran yang berubah pada rangkaian boost konverter.



Gambar 8. Efisiensi boost converter variasi duty cycle

Berdasarkan Gambar 8 didapatkan nilai rata-rata efisiensi boost converter dengan beban 47 Ω, 56 Ω, dan 100 Ω secara berurutan adalah 81,06%, 86,94%, dan 87,01%. Daya disipasi atau daya yang terbuang dari komponen yang menyusun rangkaian boost converter dalam keadaan beroperasi membuat nilai efisiensi boost converter tidak bisa bernilai 100%. Penurunan nilai efisiensi juga

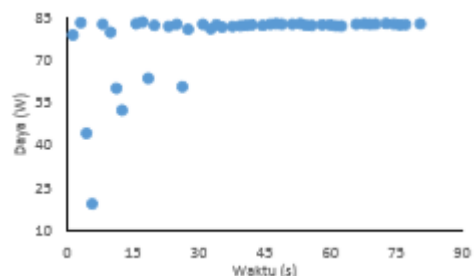
dikarenakan nilai duty cycle yang semakin besar. Nilai duty cycle yang besar akan mengakibatkan durasi pensaklaran MOSFET dalam keadaan aktif menjadi lebih lama. Saat saklar MOSFET dalam keadaan aktif, induktor akan mengalami pengisian muatan karena adanya tegangan masukan dari boost converter yang menuju induktor. Apabila nilai duty cycle juga semakin besar, durasi pengisian muatan induktor juga akan mengalami peningkatan. Maka dari itu, turunnya nilai efisiensi boost converter dapat diakibatkan oleh turunnya tegangan pada sisi keluaran dari rangkaian boost converter karena induktor yang mengalami pengisian muatan secara persisten hingga mencapai titik jenuhnya.

3.3. Pengujian MPPT

Pengujian algoritma MPPT yang dilakukan memiliki tujuan untuk merealisasikan bahwa algoritma berhasil menjejak titik daya pada daerah operasi maksimum panel surya. Pengujian MPPT algoritma dilaksanakan dengan tiga kondisi. Kondisi pertama ketika panel 200 WP tidak tertutup bayangan sehingga ketiga mendapatkan iradiasi matahari yang sama yaitu 950 W/m² dan suhu 35°C, kondisi kedua ketika panel tertutup bayangan sebesar 25% dari total area permukaan panel, dan kondisi ketiga ketika panel tertutup bayangan sebesar 50% dari total area permukaan panel. Iradiasi pada panel yang tertutup bayangan adalah 95,3 W/m² di suhu 35°C, sedangkan iradiasi panel yang tidak tertutup bayangan adalah 950 W/m² di suhu 35°C. Pada pengujian algoritma MPPT, beban yang digunakan adalah resistor dengan nilai 56 Ω dan 100 Ω.

3.2.1. Pengujian MPPT Kondisi Pertama

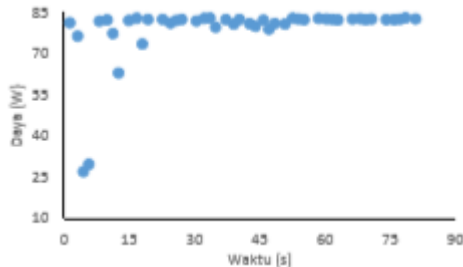
Pengujian MPPT kondisi pertama dilakukan pada iradiasi 950 W/m² dan suhu 35°C dengan kondisi kedua panel tidak tertutup bayangan. Pengujian ini menggunakan 2 nilai beban yang berbeda, yaitu 56 Ω dan 100 Ω. Gambar 9 dan Gambar 10 merupakan grafik pengujian MPPT iradiasi 950 W/m² pada suhu 35°C.



Gambar 9. Grafik MPPT iradiasi 950 W/m² suhu 35°C dengan beban 56 Ω

Gambar 9 dan Gambar 10 merupakan grafik pengujian MPPT iradiasi 950 W/m² pada suhu 35°C. Duty cycle yang disebar adalah 10%, 30%, 50%, dan 70%.

Berdasarkan Gambar 9 dan Gambar 10 dapat dilihat bahwa setelah program MPPT dijalankan, duty cycle yang merepresentasikan kunang-kunang bergerak menuju titik daya maksimum dari panel surya yang digunakan. Pada variasi beban 56Ω dan 100Ω , daya maksimum yang dihasilkan berturut-turut adalah $82,85 \text{ W}$ dan $82,99 \text{ W}$.

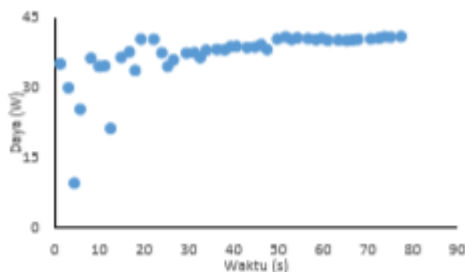


Gambar 10. Grafik MPPT iradiasi 950 W/m^2 suhu 35°C dengan beban 100Ω

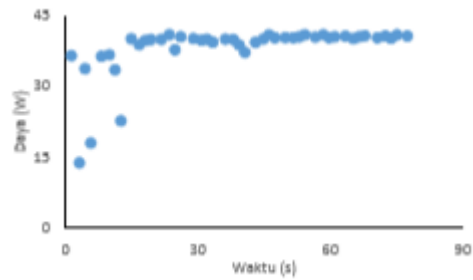
3.2.2. Pengujian MPPT Kondisi Kedua

Pengujian MPPT kondisi kedua dilakukan pada kondisi 25% dari total permukaan panel 200 WP tertutup bayangan dengan iradiasi yang mengenai permukaan panel adalah $95,3 \text{ W/m}^2$ dan iradiasi 950 W/m^2 yang mengenai permukaan panel yang tidak tertutup bayangan pada suhu 35°C . Pengujian ini menggunakan 2 variasi nilai beban, yaitu 56Ω dan 100Ω . Gambar 11 dan Gambar 12 merupakan grafik pengujian MPPT iradiasi $95,3 \text{ W/m}^2$ pada panel yang tertutup bayangan dan iradiasi 950 W/m^2 pada panel yang tidak tertutup bayangan di suhu 35°C .

Gambar 11 dan Gambar 12 merupakan grafik pengujian MPPT kondisi permukaan panel tertutup 25% pada suhu 35°C . Duty cycle yang disebar adalah 10%, 30%, 50%, dan 70%. Berdasarkan Gambar 11 dan Gambar 12 dapat dilihat bahwa setelah program MPPT dijalankan, duty cycle yang merepresentasikan kunang-kunang bergerak menuju titik daya maksimum dari panel surya yang digunakan. Pada variasi beban 56Ω dan 100Ω , daya maksimum yang dihasilkan berturut-turut adalah $40,98 \text{ W}$ dan $40,82 \text{ W}$.



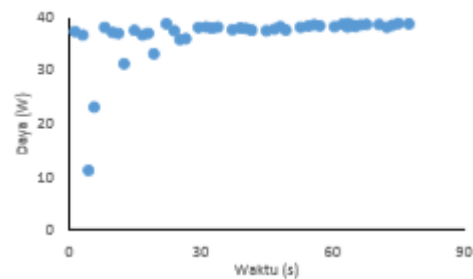
Gambar 11. Grafik MPPT pada kondisi permukaan panel tertutup bayangan 25% dengan beban 56Ω suhu 35°C



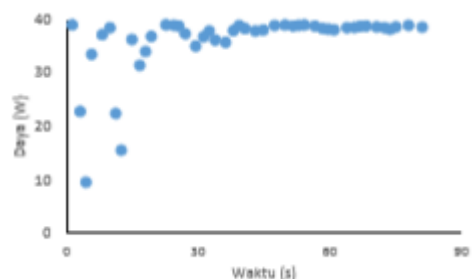
Gambar 12. Grafik MPPT pada kondisi permukaan panel tertutup bayangan 25% dengan beban 100Ω suhu 35°C

3.2.3. Pengujian MPPT Kondisi Ketiga

Pengujian MPPT kondisi kedua dilakukan pada kondisi 50% dari total permukaan panel 200 WP tertutup bayangan dengan iradiasi yang mengenai permukaan panel adalah $95,3 \text{ W/m}^2$ dan iradiasi 950 W/m^2 yang mengenai permukaan panel 100 WP yang tidak tertutup bayangan pada suhu 35°C . Pengujian ini menggunakan 2 variasi nilai beban, yaitu 56Ω dan 100Ω . Gambar 13 dan Gambar 14 merupakan grafik pengujian MPPT iradiasi $95,3 \text{ W/m}^2$ pada panel 100 WP yang tertutup bayangan dan iradiasi 950 W/m^2 pada panel 100 WP yang tidak tertutup bayangan di suhu 35°C .



Gambar 13. Grafik MPPT pada kondisi permukaan panel tertutup bayangan 50% dengan beban 56Ω suhu 35°C



Gambar 14. Grafik MPPT pada kondisi permukaan panel tertutup bayangan 50% dengan beban 100Ω suhu 35°C

Gambar 13 dan Gambar 14 merupakan grafik pengujian MPPT kondisi permukaan panel tertutup 50% pada suhu 35°C. Duty cycle yang disebar adalah 10%, 30%, 50%, dan 70%. Berdasarkan Gambar 13 dan Gambar 14 dapat dilihat bahwa setelah program MPPT dijalankan, duty cycle yang merepresentasikan kunang-kunang bergerak menuju titik daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya yang digunakan. Pada variasi beban 56 Ω dan 100 Ω , daya maksimum yang dihasilkan berturut-turut adalah 38,81 W dan 38,95 W.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian dan analisis penelitian ini yaitu sistem pelacakan titik daya maksimum panel surya dengan algoritma kunang-kunang telah direalisasikan. Pada pengujian titik daya maksimum kondisi pertama dimana permukaan panel surya 200 WP mendapatkan iradiasi yang sama yaitu 950 W/m² dengan variasi beban 56 Ω dan 100 Ω , dihasilkan daya keluaran MPPT maksimum secara berurutan yaitu 82,85 W dan 82,99 W. Pada pengujian titik daya maksimum kondisi kedua dimana permukaan panel tertutup bayangan sebesar 25% dengan variasi beban 56 Ω dan 100 Ω , dihasilkan daya keluaran MPPT maksimum secara berurutan yaitu 40,98 W dan 40,82 W. Pada pengujian titik daya maksimum kondisi ketiga dimana permukaan panel tertutup bayangan sebesar 50% dengan variasi beban 56 Ω dan 100 Ω , dihasilkan daya keluaran MPPT maksimum secara berurutan yaitu 38,81 W dan 38,95 W. Kondisi partial shading mempengaruhi perolehan titik daya maksimum. Semakin banyak permukaan panel yang tertutup, maka daya keluaran maksimum dari panel akan menurun.

Referensi

- [1]. Ditjen EBTKE, "Statistik EBTKE 2016," p. 68, 2016.
- [2]. H. D. Walley, *Vertebrate resistance to pesticides*, vol. 129. 1964.
- [3]. J. Wang, Y. Yi, Y. Yang, G. Zhang, and S. Huang, "Research on distributed multi-peak maximum power tracking control," *Proc. 29th Chinese Control Decis. Conf. CCDC 2017*, pp. 2337–2341, 2017, doi: 10.1109/CCDC.2017.7978905.
- [4]. E. Kabalci, "Maximum power point tracking (MPPT) algorithms for photovoltaic systems," *Lect. Notes Energy*, vol. 37, pp. 205–234, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-49875-1_8.
- [5]. K. H. Chao, Y. S. Lin, and U. D. Lai, "Improved particle swarm optimization for maximum power point tracking in photovoltaic module arrays," *Appl. Energy*, vol. 158, pp. 609–618, 2015, doi: 10.1016/j.apenergy.2015.08.047.
- [6]. D. F. Teshome, C. H. Lee, Y. W. Lin, and K. L. Lian, "A modified firefly algorithm for photovoltaic maximum power point tracking control under partial shading," *IEEE J. Emerg. Sel. Top. Power Electron.*, vol. 5, no. 2, pp. 661–671, 2017, doi: 10.1109/JESTPE.2016.2581858.
- [7]. S. D. Nugraha, E. Wahjono, E. Sunarno, D. O. Anggriawan, E. Prasetyono, and A. Tjahjono, "Maximum power point tracking of photovoltaic module for battery charging based on modified firefly algorithm," *Proc. - 2016 Int. Electron. Symp. IES 2016*, pp. 238–243, 2017, doi: 10.1109/ELECSYM.2016.7861009.
- [8]. M. H. Rashid, *Power Electronics Handbook: Devices, Circuits, and Applications*. 2007.
- [9]. Intersil, "Mur1540, mur1560, rurp1540, rurp1560 Datasheet," *Current*, no. October, pp. 1–4, 2008.
- [10]. I. Rectifier, "IRF460 MOSFET Datasheet," no. 2291, pp. 359–365, 1999.
- [11]. P. Category and P. Name, "Datasheet Arduino Nano Arduino Nano Pin Configuration Arduino Nano Technical Specifications," pp. 38–45.
- [12]. Innovative Electronics, "DT-Sense Current Sensor," pp. 1–15.
- [13]. TOSHIBA Corporation, "TLP250," vol. 250, pp. 1–6, 2002.
- [14]. I. Robandi, *ARTIFICIAL INTELLIGENCE: Mengupas Rekayasa Kecerdasan Tiruan*. 2019.