

PERANCANGAN PENCARIAN TITIK DAYA MAKSIMUM PANEL SURYA MENGGUNAKAN *BOOST CONVERTER* DENGAN ALGORITMA *FIREFLY*

Evan Hafidzudin Elinda^{*)}, Iwan Setiawan dan Enda Wista Sinuraya

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

*E-mail: evan.hafidz@gmail.com

Abstrak

Energi surya merupakan salah satu energi terbarukan dengan sumber daya terbesar di bumi. Energi surya dapat dikonversi menjadi energi listrik menggunakan panel surya. Pada penggunaannya sebagai sumber energi listrik, panel surya memiliki beberapa kelemahan, seperti daya listrik yang dihasilkan dipengaruhi oleh iradiasi sinar matahari, suhu lingkungan, dan sudut datang matahari. Oleh karena itu, perlu adanya metode untuk memaksimalkan daya keluaran panel surya. Maximum Power Point Tracking (MPPT) merupakan suatu metode untuk memaksimalkan daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem MPPT menggunakan rangkaian boost converter dengan algoritma Firefly, kemudian menganalisis daya keluaran panel surya tersebut. Pengujian sistem MPPT dilakukan pada 2 kondisi iradiasi dan 3 variasi nilai beban. Daya maksimum yang dihasilkan sistem MPPT dengan variasi nilai beban 39 Ω , 50 Ω , dan 100 Ω pada iradiasi 765 W/m² dan suhu 31°C adalah 25,76 W, sedangkan pada iradiasi 1215 W/m² dan suhu 31°C adalah 36,77 W. Daya maksimum yang dihasilkan oleh MPPT tidak dipengaruhi oleh nilai beban.

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

Abstract

Solar energy is one of the largest renewable energy resources on earth. Solar energy could be converted into electrical energy using solar panel. In its utilization as electrical energy, solar panel has several disadvantages, such as electrical power generated affected by solar irradiation, ambient temperature, and tilt angle. Hence, it is necessary to have a method to maximize the output power of solar panel. Maximum Power Point Tracking (MPPT) is a method to maximize the output power of solar panel. This research aims to design MPPT system using boost converter with Firefly Algorithm, then analyze the output power of solar panel. Several tests of MPPT system are carried out at 2 irradiation conditions and 3 variations in load. The maximum output power of MPPT system with variations in load 39 Ω , 50 Ω , dan 100 Ω at 765 W/m² irradiation is 25,76 W, while at 1215 W/m² irradiation is 36,77 W. the maximum power generated by MPPT not affected by the load value.

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

1. Pendahuluan

Energi surya merupakan salah satu energi dengan sumber daya terbesar di bumi yang dapat dikonversi menjadi energi listrik menggunakan panel surya. Panel surya memiliki beberapa kelebihan, diantaranya tidak membutuhkan bahan bakar fosil, tidak menimbulkan emisi, dan dapat diintegrasikan ke bangunan baru atau lama [1]. Namun, dalam penggunaannya sebagai sumber energi listrik, panel surya memiliki beberapa kekurangan seperti daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh iradiasi sinar matahari, suhu lingkungan, dan sudut datang matahari [2]. Hal ini menyebabkan daya yang dihasilkan akan mengalami fluktuasi atau tidak konstan.

Maximum Power Point Tracking (MPPT) merupakan suatu metode untuk memaksimalkan daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya. MPPT berfungsi untuk menjejak daya yang dihasilkan panel surya agar berada pada titik maksimum dengan kondisi iradiasi dan suhu lingkungan yang berubah [3]. Meningkatkan efisiensi panel PV dan inverter tidak mudah karena tergantung terhadap teknologi yang tersedia. Oleh karena itu, lebih baik meningkatkan penjejukan untuk mencapai titik maksimum dengan algoritma.

Aspek terpenting MPPT adalah akurasi dalam menemukan nilai titik daya maksimum atau MPP PV. Algoritma yang umum digunakan untuk mencari titik daya maksimum pada PV adalah algoritma konvensional, yaitu algoritma *Perturb and Observe* (P&O) dan *Incremental Conductance* [4]. Algoritma konvensional ini masih

mempunyai kekurangan, yaitu akurasi pengoptimalan yang kurang ketika irradiasi yang tidak merata pada permukaan modul PV [5]. Selain algoritma konvensional, ada beberapa algoritma konvensional yang sedang dikembangkan seperti, algoritma *Firefly* dan *Particle Swarm Optimization* (PSO).

Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan sekaligus pembuatan sebuah sistem pengoptimalan daya keluaran PV menggunakan konverter arus searah tipe boost dengan algoritma *Firefly*. Algoritma *Firefly* dipilih karena beban komputasi yang lebih rendah dibanding PSO [6]. Konverter arus searah tipe *boost* berfungsi untuk menaikkan nilai tegangan keluaran dari panel surya yang kemudian akan dihubungkan dengan beban[7].

2. Metode

2.1. Perancangan Rangkaian Daya

Rangkaian daya yang digunakan pada penelitian ini adalah konverter arus searah topologi *boost converter*. *Boost converter* digunakan untuk menaikkan nilai tegangan panel surya dengan polaritas tegangan keluarannya sama dengan polaritas tegangan masukan. Spesifikasi rangkaian *boost converter* dapat dilihat pada Tabel 2.

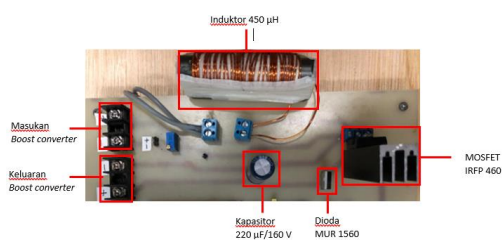
Tabel 1. Spesifikasi rangkaian *boost converter*

Spesifikasi	Nilai
Tegangan Masukan	0 V - 21,8 V
Tegangan Keluaran	50 V
Arus Maksimum	3,5 A
Duty Cycle (D)	10% - 80%
Frekuensi <i>Switching</i> (fs)	20 kHz

Terdapat 5 komponen penyusun rangkaian *boost converter*, yaitu induktor, kapasitor, diode MUR1560 [8], *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* (MOSFET) IRFP460 [9], dan resistor sebagai beban. Komponen penyusun *boost converter* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Komponen penyusun *boost converter*

Komponen	Tipe/Nilai
MOSFET	IRFP460
Dioda	MUR1560
Induktor	480µH
Kapasitor	220µF/160V
Resistor	39 Ω, 50 Ω, dan 100 Ω



Gambar 1. Realisasi rangkaian *boost converter*

2.2. Perancangan Rangkaian Kontrol

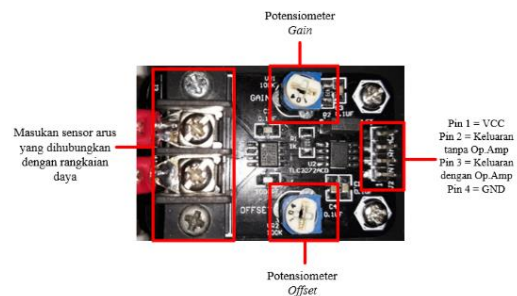
Perancangan rangkaian kontrol pada penelitian ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu, perancangan rangkaian pembangkit PWM yang menggunakan Arduino Mega, perancangan sensor arus, dan perancangan sensor tegangan. Berikut merupakan penjelasan tiap bagian perancangan rangkaian kontrol pada penelitian ini.

2.3.1. Sistem Minimum Arduino Mega

Arduino Mega digunakan sebagai rangkaian kontrol pada penelitian ini. Arduino Mega berfungsi untuk menerima data hasil pembacaan tegangan dan arus dari *boost converter*, pembacaan data tegangan dan arus tersebut kemudian diolah oleh mikrokontroler untuk mengoperasikan algoritma MPPT. Arduino Mega diprogram untuk bekerja pada frekuensi sebesar 20 kHz. Pin 11 pada Arduino Mega digunakan sebagai pin keluaran PWM [10].

2.3.2. Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan pada penelitian ini adalah ACS712-05B. Pemilihan sensor arus ACS712-05B pada penelitian ini mempertimbangkan nilai arus maksimum yang dapat melewati sensor tersebut yaitu sebesar 5A. Hal ini sudah cukup untuk mengukur arus keluaran panel surya yang memiliki nilai maksimal arus 2,97 A. Sensor arus ACS712-05B sudah dilengkapi dengan IC OpAmp atau penguat sinyal yang dapat digunakan untuk meningkatkan sensitivitas sensor [11]. Pengaturan OpAmp dapat dilakukan dengan mengatur *offset* dan *gain* melalui dua buah potensiometer. Pada penelitian ini, potensiometer *offset* dan *gain* diatur sedemikian rupa sehingga pada saat arus aktual yang mengalir melewati sensor sebesar 3 A, tegangan keluaran sensor sebesar 5 V. Pengaturan nilai tersebut disesuaikan dengan batas arus keluaran maksimum panel surya yaitu sebesar 2,97 A. Potensiometer *offset* diatur agar pada saat arus bernilai 0, tegangan keluaran sensor sebesar 1 V. Potensiometer *gain* diatur sedemikian rupa hingga nilai sensitivitasnya sebesar 1 V/A.



Gambar 2. Realisasi sensor arus

2.3.3. Sensor Tegangan

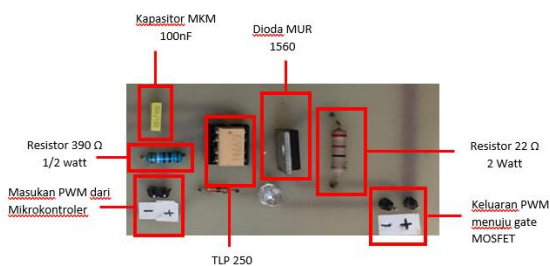
Sensor tegangan yang digunakan pada penelitian ini adalah rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian pembagi tegangan dibuat menggunakan potensiometer jenis *multi turn* dengan nilai hambatan 500 k Ω . Nilai hambatan potensiometer diatur sedemikian rupa sehingga pada saat nilai tegangan aktual sebesar 25 V, maka tegangan yang terbaca oleh sensor tegangan sebesar 5 V. Pengaturan nilai tersebut disesuaikan dengan batas tegangan keluaran maksimal panel surya yaitu sebesar 22,2 V.



Gambar 3. Realisasi sensor tegangan

2.3. Perancangan Rangkaian Driver

Rangkaian *driver* MOSFET yang digunakan pada penelitian ini adalah TLP250. Pemilihan TLP250 sebagai rangkaian *driver* MOSFET pada penelitian ini dikarenakan TLP250 memiliki fungsi isolasi yang memisahkan *ground* rangkaian kontrol dengan rangkaian daya [12]. Selain itu, TLP250 juga dapat menguatkan sinyal PWM dengan nilai tegangan 5 V yang dibangkitkan oleh rangkaian kontrol menjadi sinyal PWM dengan nilai tegangan yang lebih tinggi (level tegangan 15 V) sehingga dapat digunakan untuk memicu pensaklaran MOSFET IRFP460 yang membutuhkan tegangan VGS \pm 20 V.

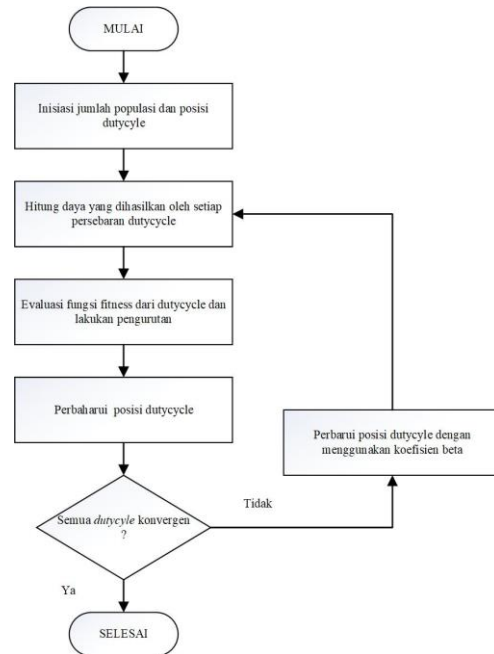


Gambar 4. Realisasi rangkaian *driver* MOSFET

2.4. Perancangan Algoritma MPPT

Algoritma MPPT yang digunakan pada penelitian ini adalah Algoritma *Firefly*. Algoritma *Firefly* merupakan metode untuk mencari titik daya maksimum panel surya yang terinspirasi oleh perilaku kunang-kunang dalam memikat lawan jenis. Kunang-kunang diasumsikan *asexual* sehingga individu akan saling tertarik dengan individu lain dalam satu populasi [13]. Dalam aplikasi MPPT pada penelitian Tugas Akhir ini, jumlah populasi

kunang-kunang adalah jumlah *dutycycle* yang disebar untuk mencari titik daya maksimum. Penggunaan faktor beta adalah faktor untuk menunjukkan ketertarikannya [14]. Diagram alir dari algoritma *Firefly* ditunjukkan oleh Gambar 5.

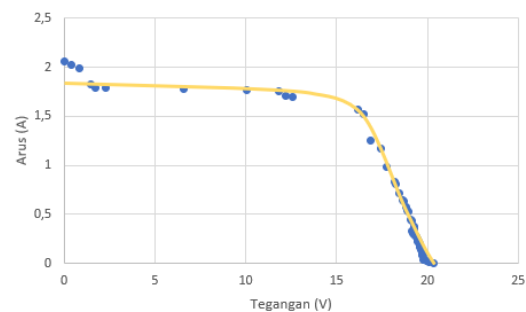


Gambar 5. Diagram alir metode *Firefly*

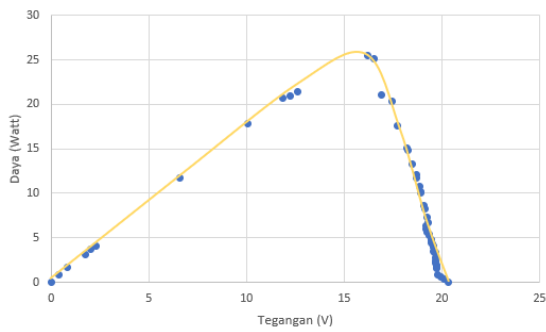
3. Hasil dan Analisis

3.1. Pengujian Modul Panel Surya

Pengujian panel surya bertujuan untuk mengetahui kurva karakteristik panel surya yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan keluaran panel surya dengan *rheostat*. Pengaturan nilai *rheostat* akan mengubah nilai tegangan dan arus keluaran panel surya. Perubahan nilai tegangan dan arus keluaran panel surya akan membentuk kurva karakteristik panel surya tersebut [15]. Pengujian karakteristik panel surya dilakukan pada iradiasi 1046 W/m² dan 742 W/m² dengan suhu 29°C. Nilai daya didapatkan dengan mengalikan nilai arus dan tegangan keluaran panel surya.

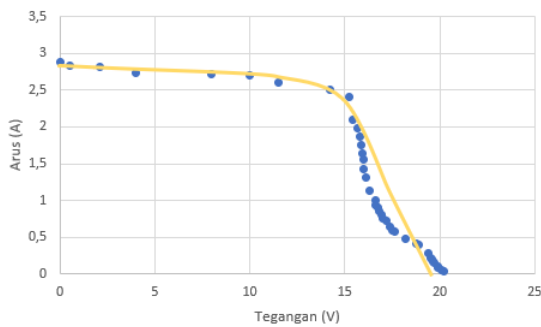


Gambar 6. Kurva arus - tegangan iradiasi 752 W/m² dan suhu 31°C

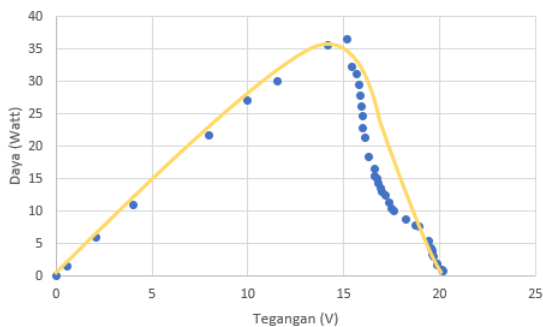


Gambar 7. Kurva daya - tegangan iradiasi 752 W/m² dan suhu 31°C

Berdasarkan Gambar 6 dan Gambar 7, kurva karakteristik panel surya yang diuji sudah sesuai dengan gambar kurva karakteristik panel surya. Daya maksimum berada pada titik daya 25,49 W dengan tegangan 16,21 V dan arus 1,57 A pada saat iradiasi 752 W/m² dan suhu 31°C.



Gambar 8. Kurva arus - tegangan 1210 W/m² dan suhu 31°C

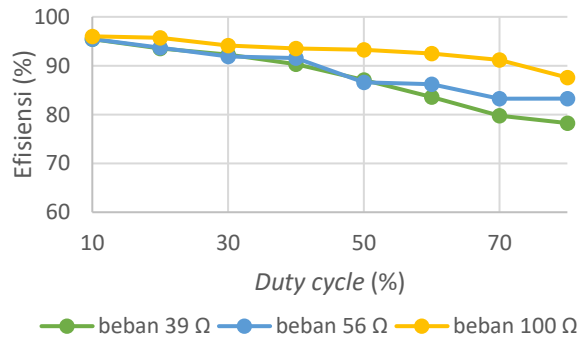


Gambar 9. Kurva daya - tegangan 1210 W/m² dan suhu 31°C

Berdasarkan Gambar 8 dan Gambar 9, kurva karakteristik panel surya yang diuji telah sesuai dengan gambar kurva karakteristik panel surya. Daya maksimum berada pada titik daya 36,48 W dengan tegangan 15,52 V dan arus 2,1 A pada saat iradiasi 1210 W/m² dan suhu 31°C.

3.2. Pengujian Rangkaian Daya

Pengujian rangkaian daya bertujuan untuk mengetahui kinerja konverter *boost* yang telah dirancang. Pengujian dilakukan dengan mengukur nilai tegangan masukan, arus masukan, tegangan keluaran, dan arus keluaran. Variasi beban dan *duty cycle* dilakukan untuk melihat perubahan nilai tegangan dan arus masukan maupun tegangan dan arus keluaran pada rangkaian *boost converter*.



Gambar 10. Efisiensi *boost converter* variasi *duty cycle*

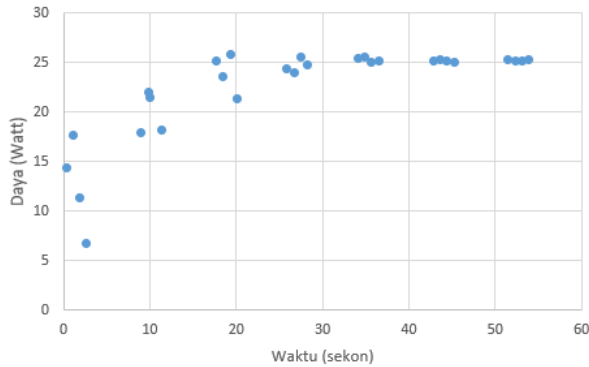
Berdasarkan grafik pada Gambar 10, didapatkan nilai rata-rata efisiensi *boost converter* dengan beban 39 Ω, 50 Ω, dan 100 Ω secara berurutan adalah 87,53%, 88,67%, dan 92,92%. Nilai efisiensi *boost converter* tidak dapat mencapai 100% disebabkan karena adanya daya yang terbuang (daya disipasi) pada saat komponen penyusun rangkaian *boost converter* beroperasi. Nilai efisiensi akan mengalami penurunan dengan semakin besarnya nilai *duty cycle*. Penurunan nilai efisiensi tersebut disebabkan karena semakin besar nilai *duty cycle*, maka waktu pensaklaran MOSFET pada saat aktif akan semakin lama. Pada saat saklar MOSFET aktif, tegangan masukan *boost converter* akan mengalir menuju induktor sehingga induktor akan mengalami pengisian muatan. Semakin besar nilai *duty cycle*, maka pengisian muatan induktor akan semakin lama. Pengisian muatan induktor secara terus menerus sampai titik jenuhnya akan mengakibatkan jatuh tegangan pada sisi keluaran rangkaian *boost converter*. Hal ini mengakibatkan penurunan nilai efisiensi pada rangkaian *boost converter*.

3.3. Pengujian MPPT

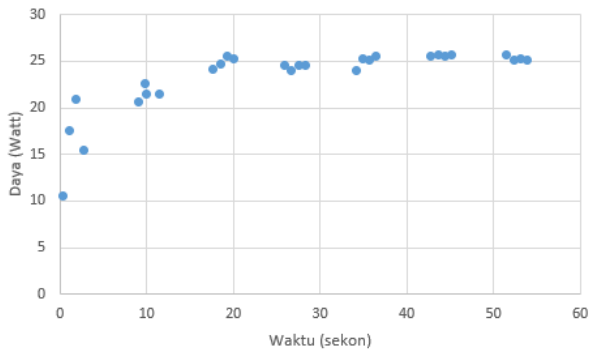
Pengujian algoritma MPPT ini bertujuan untuk membuktikan bahwa algoritma yang digunakan sudah mampu menjejak titik daya maksimum panel surya. Pengujian MPPT dilakukan dengan 2 kondisi iradiasi yang didapatkan dari sinar matahari langsung dan 3 variasi nilai beban. Pengujian dilakukan saat iradiasi sebesar 765 W/m² dan 1215 W/m². Beban yang digunakan pada pengujian MPPT adalah resistor dengan nilai 39 Ω, 50 Ω, dan 100 Ω.

3.3.1. Pengujian MPPT Iradiasi 765 W/m² Suhu 31°C

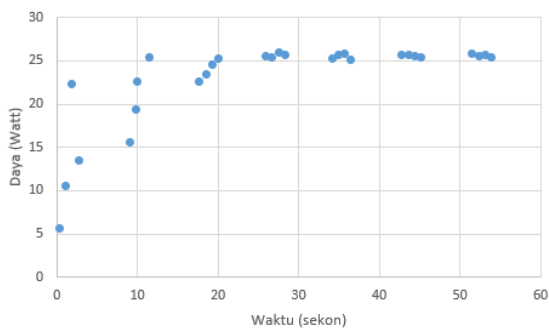
Pengujian MPPT pada iradiasi 765 W/m² dan suhu 31°C dilakukan dengan 3 variasi nilai beban, yaitu 39 Ω, 56 Ω, dan 100 Ω. Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13 merupakan grafik pengujian MPPT iradiasi 765 W/m² dan suhu 31°C.



Gambar 11. Grafik MPPT iradiasi 765 W/m² dan suhu 31°C dengan beban 39 Ω



Gambar 12. Grafik MPPT iradiasi 765 W/m² dan suhu 31°C dengan beban 56 Ω



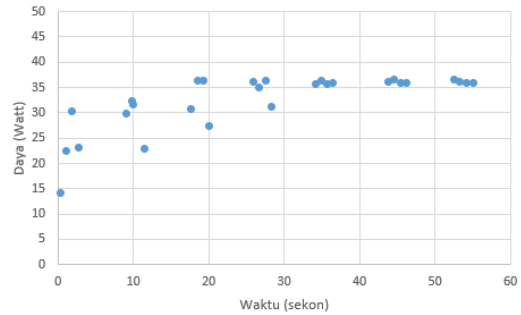
Gambar 13. Grafik MPPT iradiasi 765 W/m² dan suhu 31°C dengan beban 100 Ω

Pada pengujian MPPT, dutycycle yang disebar adalah 20%, 40%, 60%, dan 80%. Berdasarkan Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13 dapat dilihat bahwa setelah program MPPT dijalankan, maka dutycycle yang disebar

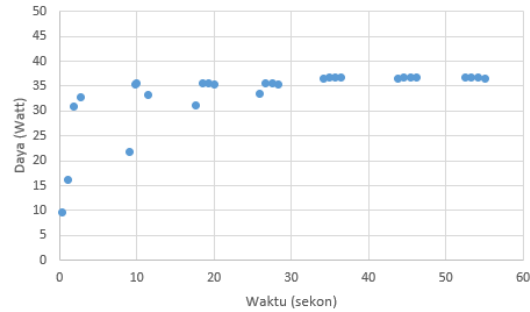
akan langsung menuju daya maksimum dari panel surya. Daya maksimum yang dihasilkan masing-masing pengujian pada iradiasi 752 W/m² dengan variasi beban 39 Ω, 50 Ω, dan 100 Ω adalah sebesar 25,76 W, 25,69 W, dan 25,76 W. Daya maksimum yang dihasilkan MPPT tidak dipengaruhi nilai beban resistor.

3.3.2. Pengujian MPPT Iradiasi 1215 W/m² Suhu 31°C

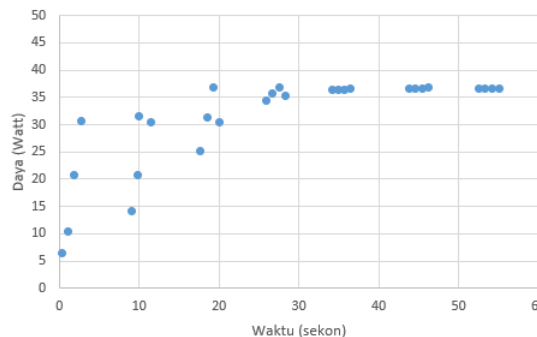
Pengujian MPPT pada iradiasi 1215 W/m² dan suhu 31°C dilakukan dengan 3 variasi nilai beban, yaitu 39 Ω, 56 Ω, dan 100 Ω. Gambar 14, Gambar 15, dan Gambar 16 merupakan grafik pengujian MPPT iradiasi 1215 W/m² dan suhu 31°C.



Gambar 14. Grafik MPPT iradiasi 1215 W/m² dan suhu 31°C dengan beban 39 Ω



Gambar 15. Grafik MPPT iradiasi 1215 W/m² dan suhu 31°C dengan beban 56 Ω



Gambar 16. Grafik MPPT iradiasi 1215 W/m² dan suhu 31°C dengan beban 100 Ω

Pada pengujian MPPT, dutycycle yang disebar adalah 20%, 40%, 60%, dan 80%. Berdasarkan Gambar 14,

Gambar 15, dan Gambar 16 dapat dilihat bahwa setelah program MPPT dijalankan, maka dutycycle yang disebar akan langsung menuju daya maksimum dari panel surya. Daya maksimum yang dihasilkan pada variasi beban 39 Ω , 56 Ω , dan 100 Ω masing-masing 36,76 W; 36,69 W ; dan 36,77 W. Daya maksimum yang dihasilkan MPPT tidak dipengaruhi nilai beban resistor.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada penelitian ini dapat disimpulkan sistem pencarian titik daya maksimum panel surya dengan algoritma *Firefly* telah berhasil direalisasikan. Daya maksimum yang dihasilkan sistem menggunakan MPPT pada iradiasi 765 W/m² dan suhu 31°C dengan variasi beban 39 Ω , 50 Ω , dan 100 Ω adalah 25,76 W. Daya maksimum yang dihasilkan sistem menggunakan MPPT pada iradiasi 1215 W/m² dan suhu 31°C dengan variasi beban 39 Ω , 50 Ω , dan 100 Ω adalah 36,77 W. daya maksimum yang dihasilkan oleh MPPT tidak dipengaruhi nilai beban resistor.

Referensi

- [1]. *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, 1st ed., John Wiley & Son Ltd, Chicester, England, 2003.
- [2]. Fuad, Faishal., "Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur dan Variasi Irradiasi pada Tegangan, Arus dan Daya Keluaran Photovoltaic jenis Monocrystalline," Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2016.
- [3]. D. S. Morales, "Maximum Power Point Tracking Algorithms for Photovoltaic Applications," Master's Thesis, Department of Electrical Engineering, Aalto University, Finland, 2010.
- [4]. B. Bendib, H. Belmili, and F. Krim, "A survey of the most used MPPT methods: Conventional and advanced algorithms applied for photovoltaic systems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 45. pp. 637–648, 2015
- [5]. D.C. Bani, "MPPT pada Sistem PV Menggunakan Algoritma Firefly dan Modified P&O dengan Konverter Hybrid Cuk Terkoneksi ke Grid Satu Fasa di Bawah Kondisi Partial Shaded." *J. Tek. ITS*, Vol. 5, No. 2, hal. B128-B134, 2016.
- [6]. 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," 2016 International Electronics Symposium (IES), Denpasar, 2016, pp. 238-243, doi: 10.1109/ELECSYM.2016.7861009.
- [7]. M. H. Rashid, *Power Electronics Handbook: Devices, Circuits, and Applications*. United States: Prentice-Hall International Inc, 2007.
- [8]. Intersil, "Mur1540, mur1560, rurp1540, rurp1560.," no. 2778, pp. 1–4, 2000.
- [9]. I. Rectifier, "IRFP460" vol. PD-9.512B , pp. 1025–1030.
- [10]. "Arduino Mega," [Online]. Tersedia: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3/>. Diakses: 10 November 2020.M.K. Wardana, I. Fadlika, and A. Fahmi, "Rancang Bangun Inverter Satu fasa SPWM dengan Output Tegangan dan Frekuensi Variable," *TEKNO* vol.18 p1-16, 2018
- [11]. *DT-Sense Current Sensor*, Innovative Electronics, Jakarta, 2012.
- [12]. *TLP250*, Toshiba Corporation, Japan, 2007.
- [13]. Robandi, Imam.2019."Artificial Intelligence-Mengupas Rekayasa Kecerdasan Tiruan". Yogyakarta: ANDI
- [14]. W Priananda, Ciptian, "Desain Model Mppt Baru pada Topologi PV Farm Berbasis Cluster Yang Tertutup Bayangan Sebagian", Tesis, Fakultas Teknologi Industri, Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.
- [15]. A. Karina dan S. Satwiko, "Studi Karakteristik Arus-Tegangan (Kurva I-V) pada Sel Tunggal Polikristal Silikon serta Pemodelannya," dalam *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jateng & DIY*, 2012, hal 163-166.