

# IMPLEMENTASI KARAKTERISTIK ARUS DAN TEGANGAN PLTS TERHADAP PERALATAN TRAINER ENERGI BARU TERBARUKAN

**Partaonan Harahap**

Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UMSU<sup>2,3</sup>

Jl. Kapten Muchtar Basri, BA No. 03 Medan Telp. (061) 6622400 ex. 12 Kode pos 20238

Email: [partaonanharahap@umsu.ac.id](mailto:partaonanharahap@umsu.ac.id) ; [harahapp37@gmail.com](mailto:harahapp37@gmail.com)

## Abstrak

*Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah perkembangan teknologi energi surya yang terjangkau, tidak habis, dan bersih akan memberikan keuntungan jangka panjang yang besar, pada saat ini sudah banyak yang memanfaatkan panel surya sebagai pembangkit listrik mandiri tanpa harus bergantung sepenuhnya pada PLN, setiap tahun kebutuhan akan energi listrik di dunia akan mengalami pertumbuhan. Pemanfaatan energi matahari sebagai pembangkit listrik telah banyak dilakukan dengan menggunakan panel surya. Panel surya yang terpasang selama ini masih bersifat statis (tidak mengikuti pergerakan matahari), Berdasarkan kondisi ini, maka panel surya tidak dapat menangkap cahaya secara maksimal, Keterbatasan pada panel surya yang statis tersebut dapat diatasi dengan pengujian dengan Panel Surya dengan Rotasi Dinamis (dapat mengikuti arah pergerakan matahari). Perolehan arus dan tegangan pada panel surya lebih efektif yaitu dengan perolehan nilai rata-rata daya keluaran yang dihasilkan sebesar 34,93 W.*

**Kata-Kata Kunci :** Panel Surya, Arus dan Tegangan, karakteristik

## I. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah perkembangan teknologi energi surya yang terjangkau, tidak habis, dan bersih akan memberikan keuntungan jangka panjang yang besar, pada saat ini sudah banyak yang memanfaatkan panel surya sebagai pembangkit listrik mandiri tanpa harus bergantung sepenuhnya pada PLN, setiap tahun kebutuhan akan energi listrik di dunia akan mengalami pertumbuhan. Energi surya merupakan energi yang potensial dikembangkan di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah khatulistiwa[1].

Pemanfaatan energi matahari sebagai pembangkit listrik telah banyak dilakukan dengan menggunakan panel surya. Panel surya yang terpasang selama ini masih bersifat statis (tidak mengikuti pergerakan matahari), Berdasarkan kondisi ini, maka panel surya tidak dapat menangkap cahaya secara maksimal pancaran sinar matahari sepanjang hari, akibatnya energi listrik yang dibangkitkan tidak maksimal. Keterbatasan pada panel surya yang statis tersebut dapat diatasi, maka pada penelitian ini akan di uji sebuah panel surya yang dapat mengikuti arah pergerakan matahari[2].

Rotasi dinamis pada pembangkit listrik tenaga surya adalah sebuah pergerakan berputar/rotasi jika pada benda tersebut dikerjakan suatu gaya yang tidak melalui pusat massa/poros benda tegar. Dengan adanya mode dinamis yang dipakai dalam pengukuran arus dan tegangan ini mampu untuk mengikuti pergerakan matahari[3].

. Untuk itu penulis, perlu mengetahui berapa arus dan tegangan listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), yang berkaitan dengan judul yang akan diteliti yaitu Pengujian Arus Dan Tegangan Keluaran Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Rotasi Dinamis.

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Seberapa besar nilai arus dan tegangan keluaran pada PLTS dengan metode rotasi dinamis.
2. Seberapa besar keluaran daya output pada PLTS dengan metode rotasi dinamis dan yang tidak menggunakan metode rotasi dinamis?

Pada penelitian ini adalah untuk mengetahui secara langsung bagaimana hasil dari perakitan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yaitu dengan melakukan beberapa pengujian diantaranya :

1. Untuk mengetahui nilai arus, tegangan dan daya output yang dihasilkan PLTS.
2. Untuk mengetahui karakteristik dan perbandingan nilai arus, tegangan dan keluaran daya pada pembangkit listrik tenaga surya secara rotasi dinamis dengan yang tidak menggunakan rotasi dinamis (diam).

Untuk mendukung penelitian ini, berikut dikemukakan hasil penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian ini :

- Penelitian tentang “Peningkatan Daya Output Panel Surya Dengan Penambahan Reflektor Cermin Datar Dan Aluminium Foil” hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah Kinerja panel surya sangat bergantung dari besar intensitas radiasi matahari yang diterima oleh permukaannya. Penggunaan reflektor pada panel surya dapat meningkatkan besar intensitas radiasi matahari sehingga dapat mempengaruhi besar daya output yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penggunaan reflektor pada keempat sisi panel surya terhadap daya output yang dihasilkan. Digunakan dua buah panel surya dengan merk dan spesifikasi yang sama serta dua jenis reflektor yaitu reflektor cermin datar dan reflektor aluminium foil. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 15

- Desember 2016 hingga 17 Januari 2017 dimulai pada jam 09.00-15.00 WIB. Sudut penempatan reflektor ditetapkan 15°, 30°, 45°, 60° dan 75°. Sudut optimal penempatan reflektor adalah 300 yang mampu meningkatkan daya output panel surya hingga 14% (cermin datar) dan 19% (*alluminium foil*). Pada sudut 45° peningkatan daya output terjadi sebesar 8% (cermin datar) dan 7% (*alluminium foil*). Pada sudut 15°, 60° dan 75° penggunaan reflektor justru mengurangi daya output panel surya sebesar 4% - 38 % [4].
- Penelitian Tentang “Perbandingan Unjuk Kerja Antara Panel Sel Surya Berpenjejak Dengan Panel Sel Surya Diam” dalam hasil penelitiannya yaitu Kemampuan menghasilkan energi listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya sangat bergantung pada besar dan lamanya pancaran sinar matahari mengenai panel sel surya. Pergerakan matahari dari timur ke barat secara berkala setiap harinya merupakan masalah dalam mengoptimalkan pembangkitan energi listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya jika menggunakan panel surya yang diam. Hal ini disebabkan karena panel sel surya tidak dapat menangkap secara maksimal pancaran sinar matahari. Untuk mengatasi masalah diatas maka dirancang suatu panel sel surya berpenjejak yang mampu mengikuti pergerakan matahari. Kemudian diadakan pengujian untuk melihat kinerja panel sel surya berpenjejak dan membandingkannya dengan kinerja panel sel surya diam. Pengujian dilakukan selama 6 hari, dengan cara memasang panel sel surya berpenjejak dan panel sel surya diam pada lokasi yang terkena pancaran sinar matahari sehari penuh. Kemudian arus listrik yang dihasilkan masing-masing panel dicatat. Perbandingan arus ini kemudian melahirkan perbandingan daya listrik yang dihasilkan. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa panel sel surya berpenjejak menghasilkan arus rata-rata 2,19 A sedang panel sel surya diam 1,97 A. Sehingga diperoleh daya rata-rata untuk panel sel surya berpenjejak 39,41 W sedang untuk panel sel surya diam. 35,46 W. Hasil ini menunjukkan bahwa kinerja panel sel surya berpenjejak lebih baik dibandingkan panel sel surya diam [5].
  - Penelitian “Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP” menyatakan bahwa Kebutuhan akan listrik baik untuk kalangan industri, perkantoran, maupun masyarakat umum dan perorangan sangat meningkat. Tetapi, peningkatan kebutuhan listrik ini tidak diiringi oleh penambahan pasokan listrik. Berdasarkan permasalahan tersebut, energi surya dipilih sebagai energi alternatif untuk menghasilkan energi listrik. Alat yang digunakan disini adalah sel surya, karena dapat mengkonversikan langsung radiasi sinar matahari menjadi energi listrik (proses *photovoltaic*). Agar energi surya dapat digunakan pada malam hari, maka pada siang hari energi listrik yang dihasilkan disimpan terlebih dahulu ke baterai yang dikontrol oleh regulator. Keluaran regulator langsung dihubungkan dengan inverter dari arus DC ke AC. Hasil pengujian modul surya (*photovoltaic*) terlihat bahwa hasil daya keluaran rata-rata mencapai 38,24 Watt, dan arus yang didapatkan sebesar 2,49 A (Ampere). Hal ini dikarenakan *photovoltaic* saat mengikuti arah pergerakan matahari akan selalu memposisikan *photovoltaic* untuk tetap menghadap matahari sehingga tetap akan dapat menangkap pancaran matahari secara maksimal [6].
  - Penelitian tentang “Peningkatan Kinerja Grid Tie Inverter Pada Jaringan Listrik Mikro Saat Kondisi Islanding Dengan Penambahan Perangkat Uninterrupted Power Supply” menyatakan bahwa *Grid tie inverter* (GTI) adalah perangkat konverter DC-AC yang berfungsi merubah keluaran daya DC menjadi daya AC dan dapat bekerja terhubung dengan grid. Pada aplikasi pembangkit surya masukan GTI berasal dari panel surya dan keluaran GTI dapat dihubungkan dengan beban (beban lokal) dan *utiliti grid*. Karakter utama GTI adalah hanya dapat bekerja jika terhubung dengan grid, jika tidak ada tegangan grid maka GTI tidak dapat menghasilkan daya karena tidak ada referensi tegangan yang dapat menjadi acuan kerja GTI. Sehingga pada saat kondisi islanding sistem jaringan listrik mikro tidak dapat bekerja karena jika tidak ada acuan daya dari grid perangkat GTI tidak dapat bekerja. Dengan penambahan perangkat *uninterruptible power supply* (UPS) pada sistem jaringan listrik mikro dapat memperbaiki kinerja GTI sehingga pada saat kondisi islanding di mana perangkat GTI masih dapat bekerja, dengan perangkat UPS sebagai acuan kerja GTI [7].
  - Penelitian tentang “Sistem penjejak matahari dua axis Padapembangkit listrik tenaga surya” menyatakan bahwa Energi matahari adalah salah satu sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Sumber energi ini belum dimanfaatkan secara optimal, dikarenakan pengaruh dari rotasi dan revolusi bumi. Sistem penjejak matahari dua axis adalah suatu inovasi baru yang dirancang khusus untuk optimalisasi pengoperasian panel surya sebagai pembangkit energilistrik. Perancangan perangkat keras yang terdiri dari solar cell sebagai alat konversi dari cahaya matahari menjadi tenaga listrik, pengolahan data yang dioperasikan dengan Arduino Nano, sensor LDR, sensortegangan, driver relay, dan penampil LCD. Dengan menggunakan sistem penjejak matahari ini dapat menambah efektifitas sel surya, karena energi terbesar yang diterima oleh sel surya adalah arah radiasi matahari yang tegak lurus dengan bidang sel surya [8].
  - Penelitian tentang “Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya” menyatakan bahwa Bahan bakar minyak dan batu bara terbentuk dari fosil yang dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik sumber energi utama yang dimiliki oleh perusahaan

listrik negara di mana keberadaannya semakin habis. Sebagai energi yang tidak dapat diperbarui akan menjadikan nilai jual kembali lebih tinggi, sehingga diperlukan kajian dan penelitian dalam energi terbarukan sebagai sumber energi listrik dari energi matahari. Penggunaan energi terbarukan merupakan alternatif untuk mengurangi permintaan energi dan mengoptimalkan potensi alam PLN. Sel surya adalah teknologi yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan kekuatan output intensitas cahaya pada panel sel surya. Metode penelitian ini adalah pengukuran intensitas matahari secara nyata dan mengukur daya keluaran panel sel surya, adapun bahan yang digunakan adalah lux meter yang digunakan untuk mengukur intensitas sinar matahari, maka multimeter digunakan untuk mengukur tegangan dan arus, pengatur muatan baterai dengan kapasitas 10 A, sel Panel dengan kapasitas 50 Wp solar dan baterai 65 Ah. Tes dilakukan selama 6 hari, setiap hari pengujian mulai jam 6:00 hingga 18:00. Hasilnya menunjukkan bahwa intensitas cahaya tertinggi antara jam 11:00 hingga 13:00 dengan nilai intensitas cahaya 98.000 lux - 116 200 lux, sedangkan output daya sel surya dengan tinggi 14.80 watt cahaya intensitas diukur 116 200 lux[9].

Inverter adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah arus DC dari sel surya dan baterai menjadi arus AC dengan tegangan 200 Volt yang kemudian akan digunakan pada listrik komersial seperti lampu dan televisi. Alat ini diperlukan untuk PLTS karena menyangkut instalasi kabel yang banyak dan panjang. Apabila jumlah beban banyak dan kabel panjang tetap menggunakan tegangan 12 volt DC tanpa menggunakan inverter maka terdapat rugi-rugi daya dan listrik yang hilang (Losses). Selain itu, penggunaan inverter sangat penting karena akan mengubah arus menjadi arus yang sama pada PLN sehingga tidak perlu memodifikasi kembali instalasi yang ada di rumah. Inverter terbaik dalam mengaplikasikan solar sel sistem adalah inverter pure sine wave yang mempunyai bentuk gelombang sinus murni seperti listrik dari PLN, bentuk gelombang ini merupakan bentuk paling ideal untuk peralatan elektronik pada umumnya sehingga tidak akan menyebabkan kerusakan.



Gambar 1. Inverter

#### Jenis – Jenis Inverter Berdasarkan Fungsinya

- Off grid inverter* bekerja dengan menggunakan sumber listrik backup battery yang dihasilkan dari solar panel system dan menggantikan saat jaringan listrik dari penyedia listrik utama (PLN) padam. Inverter ini bekerja layaknya UPS hanya saja ada tambahan solar charge dari tenaga matahari.
- On Grid Inverter* bekerja secara langsung dari solar panel system tanpa melalui sumber backup, on grid system juga dapat digunakan secara bersamaan dengan penyedia jaringan listrik utama (PLN). System ini bekerja secara sinkron dan otomatis berbagi beban antara solar panel system sebagai yang utama dan PLN sebagai backup.
- Hybrid inverter* adalah perpaduan dari inverter *off grid* dan *grid tie* inverter. Selain dapat sebagai *grid tie* inverter juga dapat berfungsi sebagai backup power ketika terjadi pemadaman listrik utama (PLN). Sehingga system ini sangat efisien dapat bekerja didaerah yang tidak ada listrik sama sekali atau sering terjadi pemadaman di daerah perkotaan [18].
- Baterai (Aki)

Baterai adalah alat untuk menyimpan muatan listrik. Jadi, pada saat sel surya mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik, energi listrik tersebut kemudian disimpan pada baterai yang kemudian akan digunakan.



Gambar 2. Baterai (aki)

*Solar Charger Controller (SCC)* adalah alat yang digunakan untuk mengontrol proses pengisian muatan listrik dari panel surya kedalam baterai (aki) dan juga pengosongan muatan listrik dari baterai pada beban seperti inverter, lampu, TV dan lain – lain. Pada umumnya terdapat 6 terminal pada sebuah solar charger controller, 2 terminal untuk arus dari panel surya, 2 terminal untuk menghubungkannya pada aki, dan 2 terminal untuk penggunaan.

Dengan adanya solar charger controller maka energi listrik yang telah dihasilkan oleh sel surya otomatis akan diisikan pada aki dan menjaga aki agar tetap dalam kondisi baik, kemudian solar charger controller juga energi dari sel surya yang dapat digunakan langsung.



Gambar 3. Solar Charge Control

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Waktu pengambilan data (riset) berlangsung pada bulan Desember 2018.

### 2.2 Alat & Bahan Penelitian

#### a. Solar Cell

Fungsi solar cell ialah dapat menangkap energi cahaya matahari lalu dijadikan sebagai energi listrik. Dengan adanya solar cell ini maka bisa lebih efektif dalam menghemat pengeluaran untuk membayar tarif listrik. Hal ini dikarenakan Solar Cell menangkap energi dari matahari langsung yang tidak perlu membayarnya terlebih dahulu untuk bisa memperoleh sumber energi dari cahaya matahari tersebut. Sel surya yang digunakan untuk penelitian ini adalah :

Peak Power ( $P_{max}$ )	: 50 WP
Power Tolerance	: 0-3%
Voltage ( $V_{mp}$ )	: 17.5 V
Current ( $I_{mp}$ )	: 2.85 A
Open Circuit Voltage	: 19.5 V
Short Circuit Current	: 3.05 A
Max. System Voltage	: 1000 VOC

#### b. Solar Charge Controller

*Solar Charge Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur over charging (kelebihan pengisian – karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari panel surya/solar cell. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Solar charge controller menerapkan teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya/solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 – 21 Volt. Solar Charge Controller yang digunakan pada penelitian ini adalah :

Merk	: ELNICPRO
Model	: PV2410U
Rated Voltage	: 12 V/24 V
Usb Output	: 5 V 1.0 A
Rated Current	: 10 A

#### c. Baterai

Baterai atau aki pada mobil berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai (menyediakan) listrik ke sistem starter, sistem pengapian, lampu-lampu dan komponen kelistrikan lainnya.

#### d. Inverter

Inverter ini berfungsi untuk mengubah tegangan DC (searah) menjadi tegangan AC (bolak-balik). Dimana perubahan ini dilakukan untuk mengubah kecepatan motor bertegangan AC dengan mengubah frekuensi outputnya saja. Jadi bisa

dikatakan inverter ini merupakan perangkat yang multifungsi, bahkan tak hanya diubah melainkan dapat dikembalikan lagi. Inverter telah banyak digunakan pada bidang industri. Dimana aplikasi inverter yang sudah terpasang akan diproses secara linear yakni parameter yang dapat diubah-ubah. Linear di sini yang dimaksud inverter ini memiliki bentuk seperti grafik sinus, dan lain-lain. Inverter juga memerlukan waktu yang cukup lama untuk melakukan perputaran yang presisi[21].

### 2.3 Prosedur Penelitian



Gambar 4. Skema Rangkaian

Penelitian dimulai pertama kali dengan merumuskan masalah yang akan diuji dalam penelitian, dilanjutkan dengan studi kepustakaan untuk mendukung dan sebagai landasan pelaksanaan penelitian.

Jalannya penelitian dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- Merancang rangkaian percobaan penelitian yaitu pembangkit listrik tenaga surya dan meletakkan diluar ruangan agar terkena cahaya matahari secara langsung.
- Mengamati secara langsung (observasi) proses penelitian saat alat mulai bekerja.
- Mengumpulkan data hasil penelitian yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya dengan rotasi dinamis.
- Melakukan perhitungan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh energi matahari melalui panel surya dalam waktu 7 jam yang dikelompokkan dalam beberapa bagian waktu yaitu pada pukul 09.00 WIB, 11.00 WIB, 13.00 WIB, 15.00 WIB.
- Menghitung keluaran daya energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya dengan menggunakan rotasi dinamis dan yang tidak menggunakan rotasi dinamis.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Data Hasil Pengujian Arus dan Tegangan Dengan Rotasi Dinamis

Pengujian arus dan tegangan pada pembangkit listrik tenaga surya dengan rotasi dinamis ini adalah untuk mengetahui daya keluaran yang dihasilkan oleh sel surya.

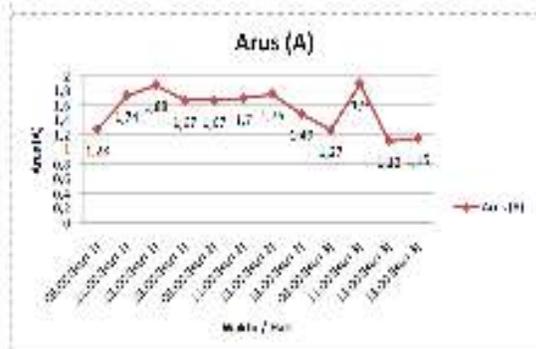
Pengujian dilakukan dalam waktu tiga hari dan dilakukan pengambilan data setiap dua jam sekali. Pengujian ini menggunakan sistem rotasi dinamis

dengan cara manual untuk menggerakkan sel surya menghadap kearah datangnya cahaya matahari. Dengan cara menggunakan rotasi dinamis diharapkan akan dapat meingkatkan daya yang dihasilkan sel surya.

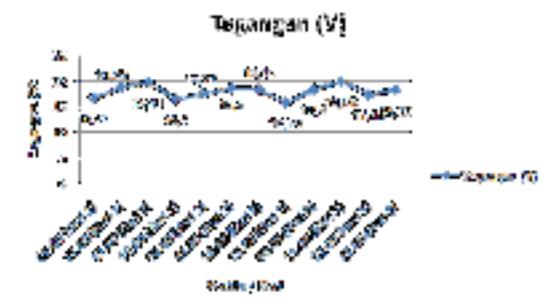
**Tabel 1. Data Hasil Pengujian Arus Dan Tegangan Pada Panel Surya**

Panel Surya	Waktu	Uraian	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)
Panel Surya 1	08:00	08:00	1,25	17,5	21,87
	09:00	09:00	1,25	17,5	21,87
	10:00	10:00	1,25	17,5	21,87
	11:00	11:00	1,25	17,5	21,87
Panel Surya 2	08:00	08:00	1,25	17,5	21,87
	09:00	09:00	1,25	17,5	21,87
	10:00	10:00	1,25	17,5	21,87
	11:00	11:00	1,25	17,5	21,87
Panel Surya 3	08:00	08:00	1,25	17,5	21,87
	09:00	09:00	1,25	17,5	21,87
	10:00	10:00	1,25	17,5	21,87
	11:00	11:00	1,25	17,5	21,87

Maka dari gambar grafik dibawah diperoleh nilai daya yang dihasilkan dihasilkan panel surya.



**Gambar 5. Grafik Arus Keluaran Pada PLTS**



**Gambar 6. Grafik Tegangan Keluaran Pada PLTS**

Panel surya yang disinari oleh sinar matahari akan menghasilkan energilistrik yang kemudian disuplai ke inverter, akan tetapi arus dan tegangan yang dihasilkan tidak konstan karena pengaruh radiasi sinar matahari yang menyinari panel surya tidak stabil. Maka penggunaan baterai berguna untuk membuat kinerja inverter lebih stabil agar daya yang dihasilkan lebih maksimal.

**IV. KESIMPULAN**

Berdasarkan pembahasan pada halaman sebelumnya maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Perolehan arus dan tegangan pada panel surya lebih efektif yaitu dengan perolehan nilai rata-rata daya keluaran yang dihasilkan sebesar 34,93 W,
2. Panel surya yang digunakan sebagai sumber listrik ini memiliki kapasitas Pmax : 50WP, Voltage (Vmp) : 17,5 V, Current (Imp) : 2,85 A, Open Circuit Voltage (Voc) : 19,5 V, Short Circuit Current (Is c) : 3,05 A. Panel surya ini memerlukan intensitas cahaya dan suhu untuk memenuhi keperluan energi listrik yang efektif.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] P. E. M. B. Angkit, L. I. T. Enaga, and A. P. Damastuti, 1997, *PLTS*, no. 7, pp. 12–13.
- [2] W. Fajaryanto, A. Prayitno, J. T. Mesin, U. Riau, K. Bina, and W. Panam, *Pengujian Panel Surya Dinamik Dan Statik Dengan Melakukan*, pp. 1–5.
- [3] M. Praktikum, U. Gadjah, and M. Yogyakarta, 2007, *Modul praktikum*.
- [4] R. Cermin, D. Dan, and A. Foil, 2017, *Peningkatan Daya Output Panel Surya Dengan Penambahan Reflektor Cermin Datar Dan Alluminium Foil*, pp. 2–4.
- [5] Syafaruddin, 2010, *0, J. Teknol. Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 6–11.
- [6] A. Ilmar Ramadhan, E. Diniardi, and S. Hari Mukti, 2016, *Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP*, *Teknik*, vol. 37, no. 2, pp. 59–63.
- [7] R. Setyabudy, E. A. Setiawan, H. Bs, D. T. Elektro, F. Teknik, and U. Indonesia, 2012, *Peningkatan Kenerja Grid Tie Inverter pada Jaringan Listrik Mikro Saat Kondisi Islanding dengan Penambahan Perangkat Uninterrupted Power Supply*, vol. 3, no. 2, pp. 125–131.
- [8] C. S. Nugroho, R. Adiprasetya, R. O. Wiyagi, J. T. Elektro, F. Teknik, and U. M. Yogyakarta, “Sistem Penjejak Matahari Dua Axis Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Oleh:,” pp. 1–5, 2015.
- [9] S. Yuliananda, G. Surya, and R. R. Hastijanti, 2015, *Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya*, *J. Pengabd. LPPM Untag Surabaya*, vol. 1, no. 2, pp. 193–202.
- [10] Adrianti, 2016, *Evaluasi Keandalan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Yang Terhubung Ke Grid*, no. 2.
- [11] L. T. B. Ii, 2013, *Pengertian Solar Cell (Photovoltaic)*.
- [12] NN, *Perkembangan Sel Surya*, *Www. Ee.Unud.Ac.Id*.
- [13] E. P. Daya, D. Tahan, S. Baik, S. Baik, and K. P. Luas, *Jenis Panel Surya*.

- [14] B. A. B. Ii and T. Pustaka, “[Soeparlan, 1995], pp. 5–39.
- [15] Henry, 2007, *Elektronika Dasar : Arus Dan Tegangan Listrik*, pp. 1–6.
- [16] P. Pada, L. B. Berbagai, and M. Suma, *Modul III Intensitas Cahaya*,” pp. 1–12.
- [17] B. A. B. Ii and D. Teori, “) adalah energi dari matahari per unit waktu yang diterima pada satu unit luasan permukaan yang tegak lurus arah radiasi matahari pada jarak rata-rata matahari-bumi di luar atmosfer. World Radiation Center ( WRC ) mengambil nilai konstanta matahari (G,” pp. 6–44.
- [18] B. A. B. Vii and K., 2010, *Dasar Inverter 2010*, pp. 70–76.
- [19] R. K. Sitanggang, 2015, *Perancangan Instrument Miniatur Monitoring Arus Listrik PLN, USU*, vol. 2, pp. 1–23.
- [20] M. H. Fadhilah, E. Kurniawan, and U. Sunarya, 2017, *Perancangan Dan Implementasi Mppt Charge Controller Pada Panel Surya Menggunakan Mikrokontroler Untuk Pengisian Baterai Sepeda Listrik Design And Implementation Mppt Charge Controller On Solar Panel Using Microcontroller For Electric Bicycle ' S Battery C*, vol. 4, no. 3, pp. 3164–3170.
- [21] B. A. B. Ii and T. Pustaka, “(Sumber : <http://teknikelektronika.com/pengertian-sel-surya-solar-cell-prinsip-kerja-sel-surya> ) 3,” pp. 3–18, 1839.
- [22] I. I. P. Pengetahuan and I. I. P. Pengetahuan, “Bab ii tinjauan pustaka,” pp. 7–35, 2007.