

Analisis Efektivitas Daya Dan Energi Pada Sistem Pembersih Solar PV 2×50 Wp dengan Metode Lateral Movement

Helmi Malik Al Jabbar¹, Muhammad Fahmi Hakim²
^{1,2}Sistem Kelistrikan, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang, 65141
¹helmymalik87@gmail.com

Abstract

The implementation of the solar cell itself often has problems in its operation. One of the factors that affect the performance of PLTS is that the dirty solar panel cover glass is covered with dust or dirt so that it blocks the intensity of sunlight entering the solar panel which results in a reduced output of the solar panel. A 2×50 Wp solar pv cleaning tool was made to overcome the problem of reduced solar pv output due to the influence of dirt adhering to the pv cover glass. The cleaning tool that has been designed is expected to maximize the quality of power and energy that will be generated by solar pv. The solar pv dirt cleaning tool is used on the research object of the PLTS system in the Renewable Lab, Navy Building, State Polytechnic of Malang. Making a cleaning tool design using Solidworks software, with the reason being able to get a 3D picture of the planned pv dirt cleaner. The cleaning tool works with the help of a battery/power supply as its electrical power. There are 3 dc motors connected to brushes, wheels and water pumps. The cleaning tool moves in a lateral movement (sideways movement) from corner to corner 3 times, then the brush rotates to clean the solar cell cover glass from dirt. In the cleaning process, it can be assisted by using water provided and sprayed by a water pump. The average V_{mp} and I_{mp} values are 19.72 V and 1.64 A. From the V_{mp} and I_{mp} values, the average P_{mp} calculation results are 32.60 W for solar pv after cleaning. Before cleaning, the average maximum voltage (V_{mp}) and maximum current (I_{mp}) values are 18.43 V and 1.05 A. From the V_{mp} and I_{mp} values, the average P_{mp} calculation is 19.65 W.

Keywords: Solar cell, PLTS, Photovoltaic, Solar Radiation, Shading, Power quality, Cleaning tools.

1. Pendahuluan

Secara geografis Indonesia terletak pada jalur khatulistiwa dimana membuat Indonesia cenderung mendapat sinar matahari yang melimpah sepanjang tahun dan Indonesia hanya memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Oleh sebab itu, pembuatan pembangkit listrik dengan basis energi matahari dapat memberi keuntungan berlebih dari segi ekonomis [1]. Prinsip kerja dari PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) adalah memanfaatkan sinar dari matahari yang masuk ke bumi dan kemudian ditangkap oleh photovoltaic (PV) atau sel surya yang telah diposisikan agar dapat menangkap sinar matahari sebaik mungkin. Sel surya memiliki sifat menyerap sinar matahari, kemudian diubah menjadi energi listrik [2]-[3].

Faktor- faktor yang mempengaruhi kinerja PLTS salah satunya yaitu lapisan terluar panel surya tertutupi oleh debu atau kotoran, sehingga menghalangi masuknya intensitas sinar matahari ke panel surya yang berakibat hasil keluaran panel surya menjadi berkurang [4]. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah inovasi untuk mengatasi gangguan tersebut, dengan dibuatnya alat pembersih diharapkan sistem dapat bekerja secara optimal [5]. Alat pembersih solar pv 2×50 Wp menggunakan sistem atau metode lateral movement pada gerakan motor.

Lateral movement sendiri memiliki arti gerakan kesamping, berdasarkan arti per-kata pada google

translate yaitu "*lateral*" atau "sisi/kesamping" serta "*movement*" untuk "pergerakan". Penggunaan metode *lateral movement* ditujukan untuk mempermudah sistem gerak roda serta hemat penggunaan komponen tanpa perlu menambahkan komponen sensor. Jadi, roda yang terhubung motor dc akan berputar sesuai gerakan putaran motor dan berhenti ketika motor dc berhenti atau tidak terhubung sumber listrik. Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penulisan skripsi ini antara lain menjelaskan pengaruh kekotoran pada *photovoltaic* terhadap pembangkitan daya, memaksimalkan kualitas daya dan energi yang dibangkitkan, serta dapat mendesain pembersih solar PV di Gedung AL Politeknik Negeri Malang.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Sistem Solar PV

Pembangkitan listrik dengan basis matahari sebagai sumber atau dikenal PLTS bisa dilakukan dengan dua cara. Pertama yaitu PLTS Termal, prinsip kerjanya yaitu mengumpulkan panas matahari terlebih dahulu lalu digunakan untuk memanaskan sebuah cairan. Cara yang kedua yaitu PLTS photovoltaic, prinsip kerjanya yaitu menggunakan alat atau media untuk menangkap energi panas matahari dan selanjutnya langsung dikonversikan menjadi energi listrik. [6]

Menurut SNI 8395:2017, PLTS adalah sistem pembangkit listrik yang energinya bersumber dari

radiasi matahari melalui konversi sel fotovoltaik. Sistem fotovoltaik mengubah radiasi sinar matahari menjadi listrik. Semakin tinggi intensitas radiasi (iradiasi) matahari yang mengenai sel fotovoltaik, semakin tinggi daya listrik yang dihasilkannya [7]. Dari data penyinaran matahari di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut – turut sebagai berikut; kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,5 kWh/m² /hari dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m² /hari. Dengan demikian, potensi matahari rata – rata Indonesia yaitu sebesar 4,8 kWh/m²/hari [8]. Efisiensi panel PV pada PLTS dapat diketahui dengan persamaan matematis berikut:

$$Eff (\%) = (P_{max} \times FF) / (Dimensi PV \times I_{rr}) \quad (1)$$

$$FF = (V_{mp} \times I_{mp}) / (V_{oc} \times I_{sc}) \quad (2)$$

Dimana [9]:

P_{max} = Daya maksimum PV

FF (*Fill Factor*) = faktor pengisian panel surya

Dimensi PV = Ukuran PV

I_{rr} = Radiasi matahari

V_{mp} = Tegangan maksimum

I_{sc} = Arus short circuit

I_{mp} = Arus maksimum

V_{oc} = Tegangan open circuit

2.2. Solar Cell

Solar panel adalah komponen terpenting dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Panel surya disebut juga sel photovoltaic, sedangkan photovoltaic sendiri diartikan sebagai cahaya listrik. Solar cell memanfaatkan sifat photovoltaic yang dapat menyerap energi [10]. PV (photovoltaic) biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel [11]. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek photovoltaic [12]. Besarnya energi listrik yang diterima oleh solar cell diperoleh dari persamaan berikut:

$$E = I_r \times A \quad (3)$$

Keterangan: [13]

E = Energi listrik yang diterima (Watt)

I_r = Intensitas cahaya matahari (W/m²)

A = Luas permukaan solar cell (m²)

Sedangkan untuk menghitung energi listrik yang dihasilkan atau dibangkitkan dari suatu panel surya adalah sebagai berikut:

$$E = P \times t \quad (4)$$

$$E = (V.I) \times t \quad (5)$$

Keterangan:

E = Energi listrik yang dihasilkan (Joule)

P = Daya yang terpakai oleh solar cell (Watt)

t = Lama pemakaian daya pada solar cell (s)

Selain pemanfaatan energi surya diatas, perhitungan energi surya dalam hal ini adalah daya dan efisiensi solar cell. Untuk menghitung besarnya daya sesaat diperoleh dari hasil perkalian tegangan dan arus yang dihasilkan oleh solar cell dengan persamaan berikut:

$$P = V \times I \quad (6)$$

Keterangan:

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Apabila mencari nilai efisiensi dari sebuah solar cell diperoleh dari perbandingan suatu daya input atau daya yang diserap oleh solar cell, dan daya output atau daya yang dihasilkan oleh solar cell. Serta radiasi cahaya matahari itu harus diubah menjadi energi listrik merupakan satuan konvensi [14].

$$\eta = P_{out} / P_{in} \times 100\% \quad (7)$$

Dimana: [15]

η = Efisiensi

P_{in} = Daya Intensitas Matahari (Watt)

P_{out} = Daya Maksimum Keluaran (Watt)

2.3. Lateral Movement

Dalam suatu penelitian tentang robot pengikut marka jalan disebutkan [16], lateral control merupakan bentuk konfigurasi dari *differential steering*, mengatur kecepatan roda kanan dan roda kiri berdasarkan *Pulse Width Modulator*. Dalam ketentuan sistem yang dibuat, mobile robot akan kembali ke titik tengah marka jalan dengan toleransi sudut yang telah ditentukan dan bentuk arah yang dilakukan oleh roda dapat dibagi 2 cara yaitu belok ke kanan dan belok ke kiri. Metode *lateral movement* juga terdapat pada *quadcopter* atau salah satu jenis pesawat tanpa awak dan disebut dengan gerak lateral way-to-way. Gerak lateral way-to-way point merupakan gerak translasi dimana *quadcopter* akan bergerak maju, mundur, dan menyamping menuju titik – titik bidang sumbu koordinat x, y, dan z yang telah ditentukan [17].

2.4. Kualitas Daya

Kualitas daya didefinisikan dengan ukuran sejauh mana daya listrik yang dikirimkan pengguna sesuai dengan performa peralatan listrik tersebut.

Daya listrik dinyatakan dalam satuan Watt atau Horsepower (HP), Horsepower merupakan satuan daya listrik dimana 1 HP setara 746 Watt. Daya dinyatakan dalam P, Tegangan dinyatakan dalam V dan Arus dinyatakan dalam I [18]. Macam daya listrik antara lain:

A. Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah Watt. Misalnya energi cahaya, mekanik, panas dan lain – lain. Daya ini digunakan secara umum oleh konsumen dan dikonversikan dalam bentuk kerja. [19]

$$P = V.I.Cos \phi \tag{8}$$

Di mana:

- P = Daya aktif (watt)
- V = Tegangan (volt)
- I = Arus (ampere) $Cos \phi$ = Faktor daya

B. Daya Reaktif

Daya Reaktif adalah jumlah daya yang dibutuhkan untuk pembentukan medan magnet, dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Satuan daya reaktif adalah VAR. [19]

$$Q = V.I.Sin \phi \tag{9}$$

Di mana:

- Q = Daya Reaktif (VAR)
- V = Tegangan (volt)
- I = Arus (Ampere)

C. Daya Semu

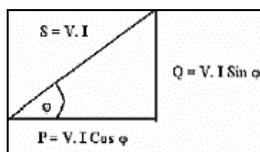
Daya Semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya nyata adalah VA. [19]

$$S = V. I \tag{10}$$

Di mana:

- S = Daya Semu (VA)
- V = Tegangan (Volt)
- I = Arus (Ampere)

Hubungan antara ketiga daya tersebut digambarkan dalam bentuk segitiga daya seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Segitiga Daya

Hubungan dari gambar 2.1 disebut sistem segitiga daya. Dapat digambarkan seperti tabel berikut: [18]

Tabel 1. Persamaan segitiga daya

Nama Daya	Rumus	Satuan
Daya aktif (P)	$P = V.I .Cos \phi$	Watt (W)
Daya reaktif (Q)	$Q = V.I .Sin \phi$	VAR
Daya semu (S)	$S = V.I$	VA

3. Metode

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu dan tempat penelitian sebagai berikut :

Waktu : Juli 2022 – Januari 2023

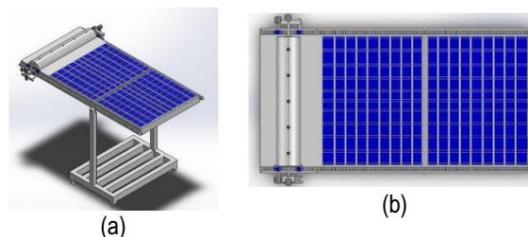
Tempat : Laboratorium Gedung AL Politeknik Negeri Malang

3.2. Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk mencari data pustaka/sumber permasalahan mengenai judul skripsi melalui buku ataupun jurnal. Obsevasi bertujuan untuk mengetahui kondisi nyata ditempat secara langsung serta untuk menambah data dan pengetahuan agar hal yang akan dibahas dalam laporan skripsi sesuai dengan tujuan.

3.3. Desain

Berikut merupakan desain awal yang dibuat untuk alat pembersih kekotoran pv PLTS di Laboratorium Gedung AL Politeknik Negeri Malang:

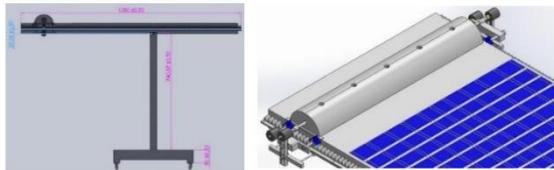


Gambar 2. Desain protipe (a) Tampak Semua, (b) Tampak Atas

Gambar 2 menunjukkan prototipe desain dari alat pembersih panel surya dalam susunan tersebut terdapat panel surya 2x50 Wp, alat pembersih pv, dan rangka penyangganya. Pada rangka peyangga menggunakan besi kotak ukuran 4x4, lebar alat sebesar 67 cm. Pada bagian bawah, dipasang roda sebanyak 4 buah dengan Lebar rel penggerak alat sebesar 5 cm agar dimudahkan dalam memindahkan komponen alat pembersih.

Gambar 3 adalah penyangga dan sistem mekanik dari pergerakan alat pembersih. Terdapat penambahan lempengan besi sebagai tempat peletakan pembersih PV sebelum beroperasi dengan panjang 30 cm. Pada bagian penggerak alat pembersih pv menggunakan 2 buah motor dc. Terdapat dua buah motor dc lagi pada bagian sikat pembersih yang digunakan sebagai daya agar sikat dapat berputar membersihkan pv. Sikat pembersih

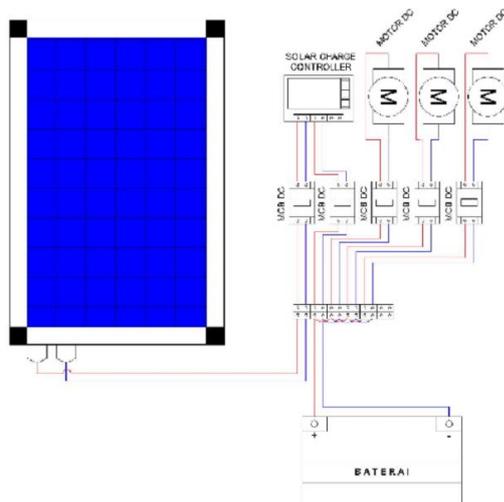
cover glass pv dipasang penutup yang berbentuk setengah lingkaran. Ukuran alat memiliki panjang 138 cm, tebal besi peletakan pv 28,35 cm, tinggi penyangga 74,87 cm dan penyangga pada bagian roda tingginya 8 cm.



Gambar 3. Penyangga dan Mekanik Alat

3.4. Wiring kelistrikan alat

Gambar 4 adalah wiring diagram dari alat pembersih panel surya. Lokasi PLTS berada di gedung AL Politeknik Negeri Malang. Pada wiring tersebut, bisa diketahui komponen-komponen penyusun pembersih PLTS dengan tipe PLTS off-grid dan komponen-komponennya antara lain photovoltaic 2x50 Wp, SCC 20 A (solar charger controller), MCB dc (miniatur circuit breaker), motor dc, Baterai/Aki kering, penghantar & blok terminal, clamp meter dan volt meter.

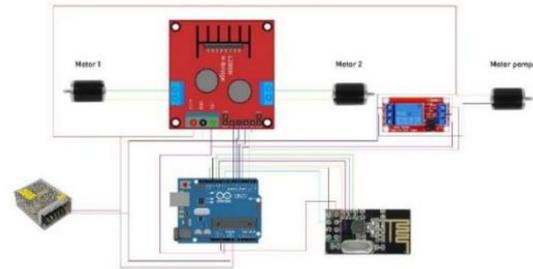


Gambar 4. Wiring Kelistrikan Alat

3.5. Sistem kendali alat

Gambar 5 adalah wiring sistem kendali alat pembersih solar pv 2x50 Wp, sistem ini terdapat 3 motor dc. Motor 1 dengan tipe motor power window untuk menggerakkan alat pembersih pv forward-reverse dengan metode lateral movement. Motor 2 menggunakan motor dc worm gear untuk memutar sikat pembersih panel surya. Kedua motor terhubung dengan driver L298N yang dikontrol oleh Arduino Uno. Dimana Pin IN1 IN2 IN3 IN4 pada driver L298N terhubung ke digital PWM Pin 4,5,6,7 Arduino, untuk kontrol forward-reverse [20] pada motor. Terdapat motor pompa untuk menyalurkan air ke sikat pembersih, motor pompa dikontrol

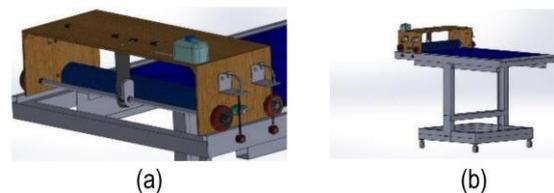
menggunakan mosfet yang terhubung dengan digital PWM 3 pada Arduino. Terdapat NRF24L01 digunakan sebagai modul komunikasi antara remot dengan sistem pembersih pv. Ditambahkan juga power supply 12v sebagai sumber, karena output dari Arduino sebesar 5 volt.



Gambar 5. Wiring Sistem Kendali Alat

4. Hasil dan Pembahasan

Gambar 6 adalah alat pembersih panel surya yang akan diuji. Pada proses pembuatan dan mendesain pembersih panel surya di Gedung AL Politeknik Negeri Malang menggunakan aplikasi/software Solidworks yang dikerjakan oleh tim alat pembersih pv dan dikonsultasikan dengan pembimbing serta bengkel mekanik. Alat pembersih dan panel surya menggunakan jenis photovoltaic polycrystalline 100 Wp, kemudian memiliki ukuran diantaranya yaitu panjang alat pembersih 85 cm, tinggi 31 cm dan lebarnya sebesar 30 cm.



Gambar 6. Prototipe Alat

Bentuk fisik hasil rancangan alat pembersih kotoran panel surya 2x50 Wp di Laboratorium Renewable Energi Gedung AL Politeknik Negeri Malang menggunakan jenis Canal C dengan tebal 1 cm sebagai penyangga bagian bawah dan besi hollow 4x4 serta 2x2 sebagai rangka rel gerak roda alat pembersih.

Berdasarkan hasil rancangan pembersih memiliki spesifikasi, yaitu:

- Rangka penyangga = 130 cm x 75 cm x 100 cm
- Dimensi solar pv = 100 cm x 66 cm x 3 cm
- Dimensi alat pembersih = 100 cm x 37 cm x 45 cm
- Dimensi tutup pembersih = 70 cm x 30 cm x 19 cm
- Dimensi solar pv = 100 cm x 66 cm x 3 cm

- Panjang dan diameter as sikat = 100 cm dan 1,5 cm
- Panjang dan diameter as roda = 80 cm dan 1,5 cm
- Diameter sikat pembersih = 6 cm
- Diameter roda pembersih = 7,5 cm
- Dimensi wadah air = 8,5 cm x 15 cm x 13 cm
- Berat alat pembersih = 9.2 kg

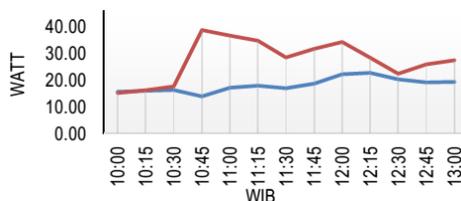


Gambar 7. Foto Alat

Alat pembersih kekotoran solar pv menggunakan tiga buah motor dc 12 V yang digunakan pada penggerak roda, pemutar sikat dan daya pompa air. Sikat pembersih berputar membersihkan *cover glass* panel, kemudian roda berjalan maju mundur sepanjang pv dan pompa menyemprotkan air dari wadah air membantu proses pembersihan sikat. Kontrol kendali sistem pembersihan kekotoran panel surya menggunakan Arduino Nano sebagai remot dan Arduino Uno sebagai penerima perintah untuk menjalankan program yang tertanam serta dibuat di komputer.

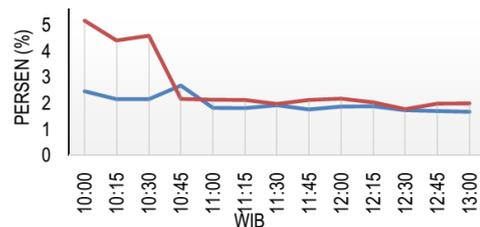
4.1. Analisa Daya dan Energi Solar PV

Gambar 8 adalah grafik perbandingan daya hasil panel surya, daya maksimum panel sebelum dilakukan pembersihan (Pmp 1 / merah) dengan alat yaitu lebih rendah daripada daya maksimum setelah dibersihkan (Pmp 2/ biru). Seperti contohnya pada pukul 12:00 diperoleh Pmp 2 sebesar 34.20 Watt, sedangkan Pmp 1 sebesar 22.15 Watt. Daya yang dihasilkan atau dikonversi solar pv selama 3 jam dengan rentang waktu pukul 10:00 – 13:00 WIB yaitu sebesar 235.78 Watt ketika sebelum digunakan alat pembersih. Daya setelah digunakan alat pembersih diperoleh sebesar 357.20 Watt, maka dapat diartikan daya solar pv setelah digunakan alat pembersih lebih besar daripada sebelum menggunakan alat pembersih.



Gambar 8. Daya Panel Surya untuk motor 1 (merah) dan motor 2 (biru)

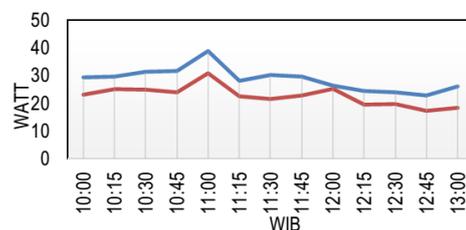
Gambar 9 adalah profil efisiensi dari alat yang dikembangkan. Grafik perbandingan efisiensi, hasil efisiensi solar pv sebelum dibersihkan dengan alat pembersih lebih rendah daripada sesudah menggunakan pembersih. Hal ini berdasarkan rata-rata nilai efisiensi solar pv yaitu saat menggunakan alat pembersih diperoleh sebesar 2.68 % dan sebesar 1.98 % untuk sebelum menggunakan alat pembersih. Pada grafik tersebut, Eff. 1 (biru) adalah efisiensi sebelum dibersihkan dan Eff. 2 (merah) adalah efisiensi sesudah dibersihkan. Gambar 4.5 diketahui energi yang dibangkitkan solar PV sesudah dibersihkan lebih besar dari sebelum dilakukan pembersihan yaitu 130.38 kWh berbanding 86.06 kWh.



Gambar 9. Profil Efisiensi

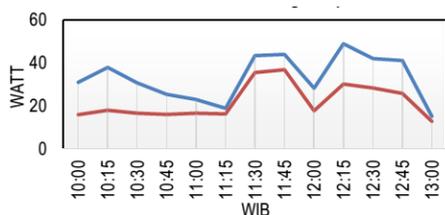
4.2. Daya dan Energi dari Panel Surya ke Baterai

Gambar 10 adalah perbandingan daya input (biru) dan output (merah) ke SCC sebelum dilakukan pembersihan. Dari Gambar 10, nilai daya input SCC lebih besar daripada daya output SCC ke baterai. Daya input terbesar diperoleh pada pukul 11:00 WIB yaitu 38.77 W dengan daya output SCC-nya sebesar 30.78 W. Perhitungan daya diperoleh dari perkalian tegangan dan arus, kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik perbandingan. Proses pengambilan data dilakukan sebelum solar PV dibebani atau tersambung alat pembersih.



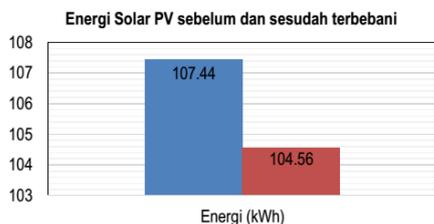
Gambar 10. Perbandingan Daya Input-Output Panel Surya

Gambar 11 adalah profil daya input SCC. Daya input lebih besar daripada daya output SCC ke baterai. Daya input terbesar diperoleh pada pukul 12:15 WIB yaitu 49.03 W dengan daya output SCC-nya sebesar 30.24 W. Perhitungan daya diperoleh dari perkalian tegangan dan arus, kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik perbandingan. Proses pengambilan data dilakukan setelah solar PV dibebani atau tersambung alat pembersih.



Gambar 11. Profile Daya saat Berbeban

Gambar 12 adalah profil efisiensi panel surya sebelum terhubung dengan alat pembersih lebih tinggi daripada sesudah terhubung pembersih. Hal ini berdasarkan rata-rata nilai efisiensi panel surya yaitu saat menggunakan alat pembersih diperoleh sebesar 67.52 % dan sebesar 79.30 % untuk sebelum menggunakan alat pembersih. Sedangkan Gambar 12 adalah profil energi dari sistem kerja alat. Diketahui energi yang dibangkitkan panel surya sebelum terbebani pembersih lebih besar dari sesudah terhubung pembersih yaitu 107.44 kWh berbanding 104.56 kWh.



Gambar 12. Profil Energi

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan terdapat dapat disimpulkan bahwa Semakin tinggi radiasi matahari maka nilai tegangan dan arus juga ikut tinggi juga. Sementara itu, daya keluaran panel surya juga ikut naik dikarenakan daya maksimum panel dapat diperoleh dari perhitungan tegangan dan arus. Rata-rata nilai V_{mp} dan I_{mp} sebesar 19.72 V dan 1.64 A. Dari nilai V_{mp} dan I_{mp} diperoleh hasil rata-rata perhitungan P_{mp} sebesar 32.60 W untuk solar pv setelah dibersihkan. Sebelum dibersihkan rata-rata nilai tegangan maksimum (V_{mp}) dan arus maksimum (I_{mp}) yaitu sebesar 18.43 V dan 1.05 A. Dari nilai V_{mp} dan I_{mp} diperoleh hasil rata-rata perhitungan P_{mp} sebesar 19.65 W. Daya yang dikonversi solar pv sebesar 235.78 W ketika sebelum digunakan alat pembersih. Daya setelah digunakan alat pembersih diperoleh sebesar 357.20 Watt. Energi yang dibangkitkan solar PV sesudah dibersihkan lebih besar dari sebelum dilakukan pembersihan yaitu 130.38 kWh berbanding 86.06 kWh. Sedangkan, efisiensi panel surya sebelum terhubung dengan alat pembersih lebih tinggi daripada sesudah terhubung pembersih. Hal ini berdasarkan rata-rata nilai efisiensi panel saat terbebani alat pembersih diperoleh sebesar 67.52 % dan sebesar 79.30 % untuk sebelum terbebani. Energi yang dibangkitkan solar PV sebelum terbebani pembersih lebih besar dari sesudah

terhubung pembersih yaitu 107.44 kWh berbanding 104.56 kWh.

Daftar Pustaka

- [1] Ir. Putu Arya Mertasana M.Si, M. (2017). Pengaruh Kebersihan Modul Surya Terhadap Daya Output yang Di Hasilkan Pada Plts Kayubih Kabupaten Bangli. Bali: Universitas Udayana.
- [2] Rahmawan, Z. (2018). Estimasi State Of Charge (SOC) Pada Baterai Lead-Acid Dengan Menggunakan Metode Coulomb Counting Pada PV Hybrid. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Alfari, M. F. (2017). Analisa Kebutuhan Daya Padarobot Line Follower Dengan Sel Surya. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [4] Eko Prasetyo Wibowo, D. N. (2018). Rancang Bangun Alat Pembersih Debu Panel Surya (Solar Cell) Secara Otomatis. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik-Universitas Pakuan, 1 -11.
- [5] Yuwono, B. (2005). Skripsi Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C5. Surakarta.
- [6] Nugroho, P. A. (2021). Perencanaan dan Analisis Modul Photovoltaic 100 WP Off Grid System di Laboratorium Renewable Politeknik Negeri Malang. ELPOSYS, 2.
- [7] Kementerian ESDM RI, (2018). Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat. Jakarta.
- [8] Muhammad Malik Al Falah, I. N. (2021). Perkembangan Riset Dan Produk Komersial Sistem Pembersih Panel Suryamersial. Jurnal SPEKTRUM, 29-39.
- [9] Ahmad Jamaruddin, A. D. (2021). Rancang Bangun photovoltaic 100 wp Sistem Off Grid Dilaboratorium Energi Terbarukan Politekniknegeri Malang. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- [10] Muhamad Rizal Wira Kusuma, E. A. (2020). Rancang Bangun Sistem Pembersih Otomatis Pada Solar Panel Menggunakan Wiper Berbasis Mikrokontroler. Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika Vol. 19, 23-32.
- [11] Faisal, M. R. (2015). Pemanfaatan Raspberry Pi sebagai Robot Pembersih Panel Solar Cell Menggunakan Media Wifi Pada Pt Langgeng Bajapratama. Tangerang: STMIK Raharja.
- [12] Sukmajati, S., & Hafidz, M. (2015). Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 Mw On Grid Di Yogyakarta. JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN VOL. 7 NO. 1, 49-63.
- [13] Moch Solehudin, M. E. (2021). Rancang Bangun Powersharing Photovoltaic 100wp Sistem On Grid Dilaboratorium Energi Terbarukan Politekniknegeri Malang. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- [14] Rifaldo Pido, S. H. (2018). Analisa Pengaruh Pendinginan Sel Surya Terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi. TEKNOLOGI VOLUME 19, 31 -38.
- [15] Pido Rifaldo, d. (2018). Analisa Pengaruh Pendingin Sel Surya Terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi. TEKNOLOGI, Volume 19, 33.
- [16] Negoro, A. S., & Sofyan. (2014). Kontrol Lateral mobile Robot Pengikut Marka Jalan Berbasis kamera. Universitas Bina Nusantara, -.
- [17] Prayogo, R. A. (2016). Perancangan Sistem Kendali Gerak Lateral Way-to-Way Point UAV Quadcopter Menggunakan Kontroler PID Fuzzy. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [18] Putra, M. A. (2021). Analisis Kualitas Daya Pada Gedung A RSJ Dr. Radjiman Wediodiningrat Lawang. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- [19] Yuniarto, E. A. (2018). Korektor Faktor Daya otomatis Pada Instalasi Listrik Rumah Tangga. Gema Teknologi, 24-30.
- [20] N. . Soedjarwanto, E. . Komalasari, and S. . Asyraf Fardhan, "Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

- Dengan Baterai Dan Terhubung Grid Di Nias, Sumatera Utara”, *Jtia*, vol. 3, no. 2, pp. 35–41, Jul. 2022.
- [21] Ade Nurfauziah, S. N. (2022). Penggunaan rangkaian forward-reverse sebagai pengontrol motor 3 fasa. *Vocational Education National Seminar (VENS)*, 26-29.
- [22] Hanifiyah Darna Fidya Amaral, A. H. Santoso, P. S. Harijanto, and K. A. Wibisono, “Monitoring Sun Tracking Solar Panel Statis Secara Real-Time Berbasis Website”, *elposys*, vol. 10, no. 3, pp. 178–182, Oct. 2023.
- [23] H. Tran, D. Truscan, and T. Ahmad, “Applying Test-driven Development in Evaluating Student Projects,” 6th International Conference on Higher Education Advances (HEAd’20), 2020.
- [24] Clerissi, M. Leotta, G. Reggio, and F. Ricca, “Test Driven Development of Web Applications: A Lightweight Approach,” 2016 10th International Conference on the Quality of Information and Communications Technology (QUATIC), 2016.
- [25] V. K. Venkatamuniyappa, “Towards Automatic Grading of SQL Queries,” Kansas State University, 2018.
- [26] YW Syaifudin, N Funabiki, M Kuribayashi, M Mentari, PY Saputra, Y Yunhasnawa, F Ulfa, “Web Application Implementation of Android Programming Learning Assistance System And Its Evaluations,” 2020 Dept. Electrical and Communication Engineering, Dept. Information Technology, State Polytechnic of Malang, Engineering Conference (ATASEC 2020) 5th August 2020, Malang, Indonesia
- [27] Y. W. Syaifudin, N. Funabiki, M. Kuribayashi, and W. C. Kao, “A proposal of Android Programming Learning Assistant System with implementation of basic application learning,” *Int. J. Web Inf. Syst.*, vol. 16, no. 1, pp. 115–135, 2019, doi: 10.1108/IJWIS-08-2019-0038.
- [28] Y. Watequlis, S. Nobuo, and F. Minoru, “A Proposal of Advanced Widgets Learning Topic for Interactive
- [29] Application in Android Programming Learning Assistance System.” Koskela, L. (2008), *Test Driven: Practical TDD and Acceptance TDD for Java Developer*. Manning Publications, Shelter Island, New York, NY. Robolectric (2019), “Robolectric”, available at: <http://robolectric.org/> JUnit (2019), “JUnit”, available at: <https://junit.org/junit4/>
- [30] Nunung Indrianto, “aplikasi test untuk siswa dengan menggunakan php dan mysql” jurusan teknik informatika fakultas teknik universitas sanata dharma Yogyakarta (2017).
- [31] Achmad Sholikin, S.KOM, “Pemrograman Web Dengan Php Dan Mysql”, universitas budi luhur jakarta (2014).
- [32] Ching-Yu Huang, Patricia Morreale, “A web-based, self-controlled mechanism to support students learning SQL”, Assistant Professor, Department of Computer Science, Kean University, Union, NJ. (2018) Professor, Department of Computer Science, Kean University, Union, NJ. (2018).
- [33] K. Atcharyachanvanich, Srinual Nalintippayawong, Tanasab Permpool, “Development of a MySQL Sandbox for processing SQL statements: Case of DML and DDL statements”, (2017) 14th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE).