

Perbandingan Nilai Daya Luaran Panel Surya Kapasitas 50Wp Terhadap Posisi Reflektor Cermin Datar

Arif Sumardiono^{1*}, Fadhillah Hazrina², Arief Syaefulloh³

¹Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Cilacap

^{2,3}Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Harapan Bersama

^{1,2,3}Jln. Dr. Soetomo No.1 Karangcengis Sidakaya, Kabupaten Cilacap, 53212, Indonesia

E-mail: arifsumardiono@pnc.ac.id¹, fadhillahazrina@pnc.ac.id², ariefsyf161@gmail.com³

Abstrak

Info Naskah:

Naskah masuk: 25 Mei 2023

Direvisi: 12 Juli 2023

Diterima: 28 Juli 2023

Sistem Panel surya banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi pada saat ini. Panel surya mempunyai daya optimal selama 4 jam yaitu pukul 10.00 sampai dengan pukul 14.00. namun hal tersebut masih dikatakan tidak optimal jika sudut panel surya statis tidak mengikuti pergerakan matahari. Hal tersebut juga bisa disebabkan oleh faktor cuaca yang tertutup awan. Penelitian sebelumnya yang dilakukan Tri Wahyu Ardianto menggunakan reflektor cermin namun belum dilengkapi sensor dan tempat penyimpanan data. Berdasarkan hal tersebut untuk mengoptimalkan energi panel surya maka telah dibuat rancangan reflektor cermin datar untuk panel surya dilengkapi dengan empat buah reflektor cermin datar di setiap sisi sehingga membentuk persegi besar. Panel surya diletakkan di tengah diantara empat cermin datar tersebut. Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran daya listrik dengan penentuan 3 variabel sudut untuk posisi reflektor yaitu 0°, 60°, dan 70°. Penentuan tiga posisi reflektor dilakukan untuk mengetahui perbandingan nilai daya luaran paling maksimal. Sistem ini juga dilengkapi dengan sensor arus, tegangan, dan sensor intensitas cahaya. Hasil penelitian menunjukkan besarnya daya luaran panel surya yang maksimal ditunjukkan pada posisi reflektor 60° dengan rata – rata daya yang dihasilkan 19.70 Watt diikuti posisi reflektor 70° dengan rata – rata daya luaran 19.18 Watt dan terakhir posisi reflektor 0° dengan nilai daya luaran rata – rata 14.87 Watt.

Abstract

Keywords:

solar energy;
power output;
mirror reflector;
solar panel.

Solar panel systems are widely used to meet energy needs at this time. Solar panels have optimal power for 4 hours, namely 10:00 to 14:00. but this is still said to be not optimal if the angle of the static solar panels does not follow the movement of the sun. This can also be caused by weather factors that are covered in clouds. Previous research conducted by Tri Wahyu Ardianto used mirror reflectors but was not equipped with sensors and data storage. Based on this, to optimize solar panel energy, a flat mirror reflector design for solar panels has been made, equipped with four flat mirror reflectors on each side to form a large square. The solar panel is placed in the middle between the four flat mirrors. In this study, the measurement of electric power was carried out by carrying 3 variable angles for reflector positions, namely 0°, 60°, and 70°. The decision of the three reflector positions is made to find out the ratio of the maximum output power values. This system is also equipped with current, voltage, and light intensity sensors. The results show that the maximum output power of solar panels is shown at the reflector position of 60° with an average power output of 19.70 Watt followed by a reflector position of 70° with an average output power of 19.18 Watt and finally the reflector position is 0° with an average output power value of 14.87 Watt.

*Penulis korespondensi:

Arif Sumardiono

E-mail: arifsumardiono@pnc.ac.id

1. Pendahuluan

Bahan bakar fosil merupakan bahan bakar yang digunakan membangkitkan energi listrik secara konvensional. Penggunaan bahan bakar tersebut secara berlebihan dapat mengakibatkan cepat habis dan dampaknya dapat mencemari lingkungan. Salah satu cara untuk menghemat bahan bakar tersebut yaitu menggunakan bahan energi terbarukan seperti panel surya [1].

Penggunaan panel surya dikatakan sudah cukup banyak di Indonesia, namun untuk optimalisasi penggunaan energi panel surya masih sedikit. Salah satunya dikarenakan faktor cuaca yang mendung atau sudut matahari yang selalu berganti [2]. Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini digunakan untuk menggunakan reflektor pada setiap sisi panel surya sehingga ketika matahari bergerak terdapat cermin reflektor yang dapat memantulkan cahaya tetap fokus ke titik panel surya.

Penelitian yang dilakukan untuk meningkatkan efisiensi daya pada panel surya. Salah satunya dilakukan oleh S.U, Hery yang melakukan pengujian dua buah panel surya dengan memanfaatkan teknologi *scanning reflector* [3]. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Rizali, M dimana dalam penelitiannya dilakukan variasi sudut reflektor untuk mengetahui nilai densitas energi pada panel surya [4]. Kemudian penelitian yang menggunakan system monitoring dengan LabVIEW dilakukan oleh Qotrum Nadandi [5]. Sama dengan penelitian sebelumnya, dalam penelitian ini juga dilakukan dengan merancang sebuah reflektor berbahan aluminium pada sisi panel surya, yang membedakan dari penelitian sebelumnya menggunakan 4 buah cermin datar dan menggunakan *datalogger* (microsd) dalam penyimpanan data sensor.

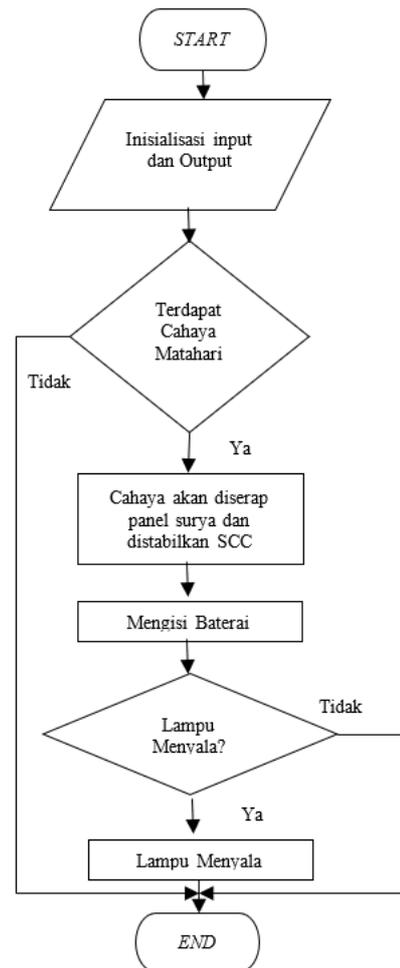
Pada penelitian ini panel surya dilengkapi dengan cermin reflektor yang terbuat dari kaca. Sudut reflektor tersebut akan mengikuti sensor intensitas cahaya yang diterapkan pada sistem kontrol. Hal tersebut dilakukan agar daya serap cahaya oleh panel surya lebih optimal dikarenakan cahaya yang diterima oleh cermin reflektor akan dipantulkan langsung ke panel surya [6]. Faktor-faktor yang menyebabkan sinar matahari tidak optimal diserap oleh panel surya adalah faktor cuaca. Salah satunya ketika keadaan berawan atau mendung [7]. Oleh karena itu, dengan adanya penambahan reflektor pada panel surya dapat memaksimalkan sinar matahari selama jam penyinaran yaitu pagi hingga sore hari.

Penelitian ini memfokuskan pada perbandingan nilai daya luaran berdasarkan posisi sudut reflektor cermin datar. Penentuan posisi sudut reflektor ada tiga (tiga) yakni 0° , 60° , dan 70° . Penelitian ini diharapkan sebagai metode alternatif dalam memaksimalkan dan mengoptimalkan daya serap panel surya sehingga menghasilkan energi listrik yang maksimal yang dapat diterapkan masyarakat. Data-data monitoring pada sensor juga disimpan pada data *logger* menggunakan micro sd.

2. Metode

Pada Gambar 1 dijelaskan alur dari setiap proses dan cara kerja sistem reflektor panel surya. besarnya nilai daya keluaran terhadap sudut reflektor. Berikut urutan

pelaksanaan penelitian yang disajikan dalam *flowchart* penelitian.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

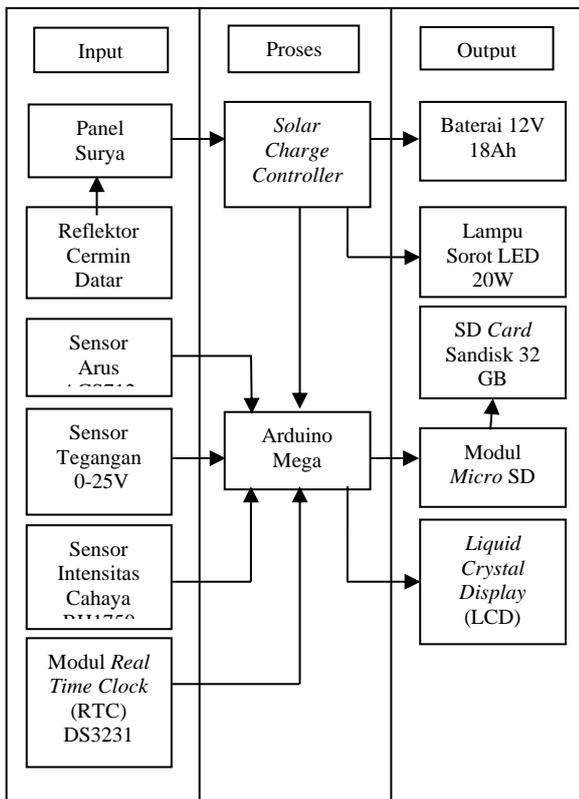
Integrasi sistem meliputi perangkat reflektor berbahan cermin datar sebagai alat penerima cahaya matahari, panel surya 50 Wp, *Solar Charge Controller* saklar, baterai [8]. Perhitungan perancangan instalasi dari beban ke PV sebagai berikut:

Total Beban harian:	
Arduino	= 5V x 0,05 A x 24 jam = 6 Wh
Sensor Arus	= 8 V x 0,011 A x 24 jam = 2,11 Wh
Sensor Tegangan	= 5 V x 0,002 V x 24 jam = 0,24 Wh
Sensor Cahaya	= 5 V x 0,007 A x 24 jam = 0,84 Wh
Modul RTC	= 5 V x 0,003 A x 24 jam = 0,36 Wh
LCD	= 5 V x 0,12 A x 24 jam = 14,4 wh
Modul Kartu SD	= 5 V x 0,2 A x 24 jam = 24 Wh
Lampu LED DC	= 12 V x 1,7 x 6 jam = 20,4 Wh
Total beban	= 6 + 2,11 + 0,24 + 0,84

$$+ 0,36 + 14,5 + 24 + 20,4 = 68,36 \text{ Wh}$$

- 1) Kapasitas Baterai = $V \times I$
 = $12 \text{ V} \times 18 \text{ Ah}$
 = 216 Wh
- 2) Kapasitas PV = $\frac{ET}{\text{insolasi matahari}}$
 = $\frac{68,36 \text{ Wh}}{4 \text{ jam}}$
 = $17,08 \text{ Wp}$

Berdasarkan perhitungan didapatkan total beban yang digunakan yaitu 68,36 sehingga kapasitas panel surya minimal yaitu 17,08 namun panel surya yang digunakan yaitu 50 Wp. Baterai yang digunakan yaitu 18 Ah [9],[10] Untuk secara detail pada gambar 2 diagram blok sistem.



Gambar 2. Diagram Blok

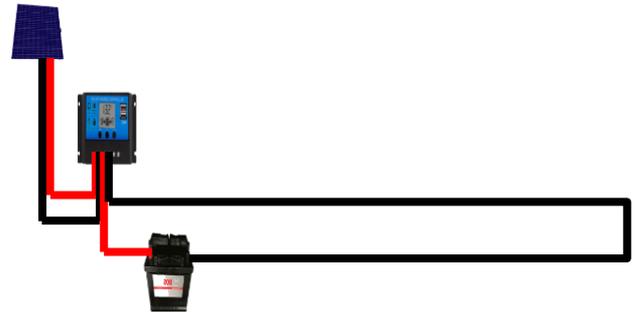
Pada sistem kelistrikan suplai energi listrik dihasilkan lewat panel surya dengan kapasitas 50 Wp yang sudah dilengkapi dengan reflektor cermin datar. Listrik yang dihasilkan dari panel diteruskan ke dalam solar charger controller. Solar Charge Controller berfungsi sebagai proteksi adanya tegangan berlebih yang terjadi serta menstabilkan tegangan.

2.1 Perancangan Hardware

Perancangan hardware pada penelitian ini terdiri dari perancangan instalasi solar charger controller, instalasi PV-Grid ke beban, dan instalasi keseluruhan modul sensor yang terhubung ke Arduino Mega.

2.1.1 Perancangan Instalasi Solar Charger Controller

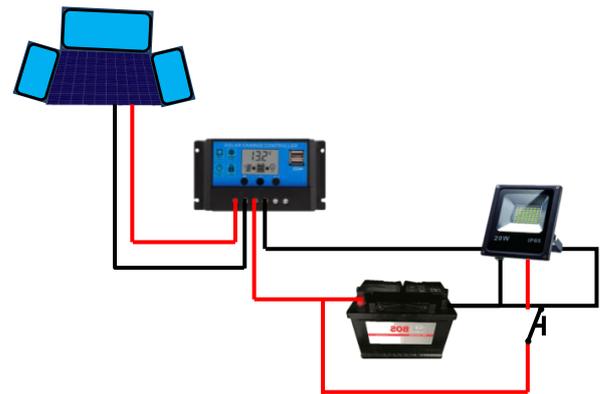
Perancangan instalasi solar charger controller digambarkan dalam Gambar 3. Input pada SCC akan dihubungkan ke panel surya, kemudian dari SCC akan bagian keluaran dihubungkan ke baterai. Pada SCC terdapat port bagian tengah yang dihubungkan ke bagian polaritas baterai menuju beban.



Gambar 3. Instalasi Listrik SCC ke Baterai

2.1.2 Perancangan Instalasi Sistem Panel Surya dengan Reflektor Hingga ke Beban

Pada gambar 4 reflektor digunakan sebagai alat untuk memantulkan cahaya, suara dll. Penelitian ini reflektor digunakan sebagai pemantul sinar matahari agar bisa fokus ke panel surya, sehingga daya akan secara optimal diserap oleh panel surya [8]. Pada perancangan ini dibuat sistem instalasi PV-Grid yang menghubungkan panel surya yang dilengkapi dengan reflektor yang kemudian tersambung ke baterai dan beban. Beban yang digunakan adalah lampu DC yang berkapasitas 20 Volt.

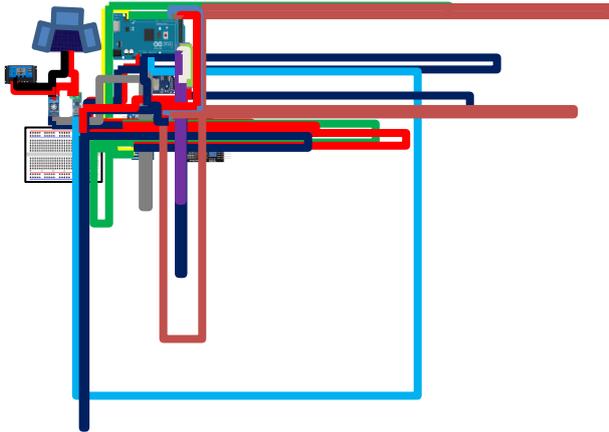


Gambar 4. Instalasi Sistem Panel Surya dengan Reflektor Hingga ke Beban

2.1.3 Perancangan Sistem Modul Sensor Arus dan Sistem Minimum Arduino Mega

Integrasi sistem reflektor panel surya dilengkapi dengan sistem monitoring yang menggunakan sensor arus dan tegangan, serta sensor intensitas cahaya. Data-data pada sensor tersebut dihubungkan dengan microsd yang dapat menyimpan data, sehingga mempermudah dalam sistem analisis data tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya dapat dilihat pada gambar 5. Berikut adalah

konfigurasi sistem monitoring secara keseluruhan yang dilengkapi dengan beberapa sensor dan modul tambahan.

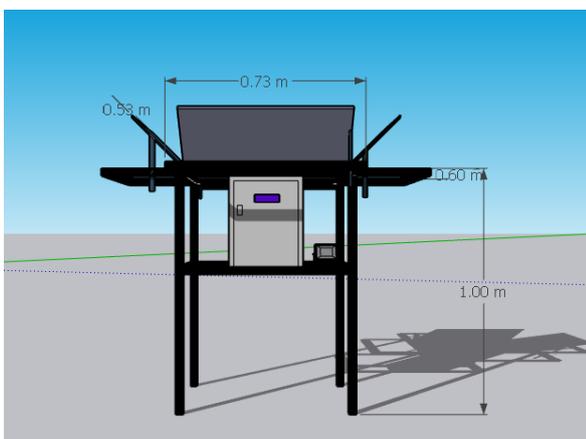


Gambar 5. Perancangan Sistem Modul Sensor Arus dan Sistem Minimum Arduino Mega

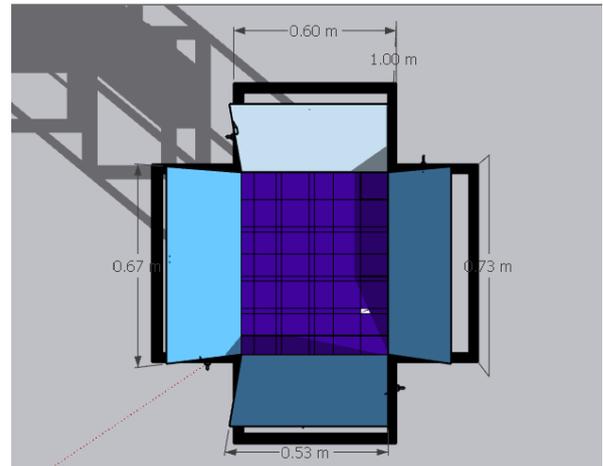
Pada perancangan sistem monitoring terdapat beberapa rangkaian *schematic* yang digabungkan yaitu rangkaian sensor arus, rangkaian sensor tegangan, rangkaian sensor intensitas cahaya, rangkaian modul RTC, rangkaian modul LCD, dan rangkaian modul microSD. Untuk semua rangkaian memerlukan suplai tegangan 5 Volt dari Arduino mega. Pada bagian sensor arus dan tegangan konfigurasi pemasangannya hampir sama namun yang berbeda adalah pada sensor arus pemasangannya secara paralel dengan panel surya. Data yang ditampilkan pada LCD adalah data tegangan dan arus hasil pembacaan sensor arus dan tegangan. Nilai daya diperoleh berdasarkan hasil perhitungan.

2.2 Perancangan Mekanik

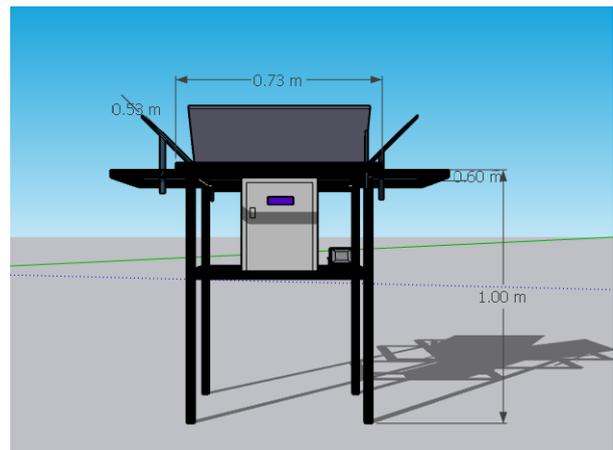
Perancangan secara mekanik dibuat menggunakan *software* Sketchup. Hasil perencanaan dapat dilihat pada gambar 6,7 dan 8 Beberapa bagian yang dirancang yaitu penempatan cermin datar, *panel box control* dan penempatan lampu penerangan.



Gambar 6. Desain Sistem Tampak Depan



Gambar 7. Desain Sistem Tampak Atas



Gambar 8. Desain Sistem Tampak Samping

Perancangan mekanik pada cermin memiliki dimensi Tinggi 30 cm dan lebar 67 cm, kemudian Panjang alat yaitu 73 cm dan lebarnya yaitu 60 cm. Design mekanik menggunakan besi 3x3 cm dengan ketebalan 1,2 mm sebagai kerangka badan alat, serta dimensi 2x1 sebagai penopang reflektor yang direkatkan oleh baut besi dengan panjang 5 cm. Terdapat *box panel* yang digunakan untuk melindungi komponen-komponen kelistrikan dan monitoring. Terdapat sensor intensitas cahaya untuk mengukur tingkat kecerahan dari cahaya matahari dan ditempatkan pada permukaan paling tengah pada surya panel.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Perbandingan Nilai Arus

Pengujian nilai arus dari ketiga sudut reflektor yang ditentukan. Ada 2 (dua) metode yang digunakan dalam mengambil data nilai arus yakni dengan alat ukur (Amperemeter) dan hasil pembacaan sensor yang tampak pada LCD. Nilai arus yang akan dibandingkan adalah nilai arus yang didapatkan dari hasil penentuan 3 sudut reflektor. Pengambilan data dimulai dari pukul 10.00 WIB – 14.45 WIB dengan penentuan sudut sudut 0° (Tanpa Reflektor), 60°, dan 70°.

Dari tabel 1 hasil tabulasi rata – rata nilai arus diperoleh bahwa nilai arus paling maksimal didapatkan pada sudut 60° dengan nilai rata- rata 0.73 untuk penggunaan alat ukur

Amperemeter dan 0.97 untuk hasil pembacaan sensor arus. Hasil rata-rata nilai arus pada sudut reflektor 60° signifikan hasilnya dengan sudut reflektor 70°.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Arus dari Tiga Reflektor

Waktu (WIB)	Sudut 0°		Sudut 60°		Sudut 70°	
	Alat Ukur	Sensor	Alat Ukur	Sensor	Alat Ukur	Sensor
10.00 - 10.15	0.38	0.30	0.42	0.52	0.41	0.44
10.30 - 10.45	0.40	0.44	0.44	0.59	0.50	0.67
11.00 - 11.15	0.60	0.52	0.54	0.74	0.44	0.59
11.30 - 11.45	0.64	0.52	0.66	0.81	0.51	0.67
12.00 - 12.15	0.70	0.96	0.90	1.33	0.89	1.26
12.30 - 12.45	0.78	0.74	0.76	0.81	0.80	0.74
13.00 - 13.15	0.81	0.74	0.82	0.89	0.67	0.81
13.30 - 13.45	0.85	1.18	0.97	1.48	1.10	1.48
14.00 - 14.15	0.74	1.11	0.90	1.33	0.87	1.26
14.30 - 14.45	0.69	0.89	0.88	1.26	0.79	1.11
Rata-rata	0.66	0.74	0.73	0.97	0.70	0.93

Tabel 2. Perbandingan Nilai Tegangan dari Tiga Reflektor

Waktu (WIB)	Sudut 0°		Sudut 60°		Sudut 70°	
	Alat Ukur	Sensor	Alat Ukur	Sensor	Alat Ukur	Sensor
10.00 - 10.15	20.00	19.80	20.10	19.80	20.00	19.80
10.30 - 10.45	20.60	20.39	20.60	20.43	20.60	20.41
11.00 - 11.15	21.00	20.58	20.60	20.56	20.60	20.48
11.30 - 11.45	20.30	20.19	20.60	20.26	20.50	20.29
12.00 - 12.15	19.80	19.09	20.00	19.17	19.80	19.09
12.30 - 12.45	20.60	20.48	20.50	20.48	20.60	20.43
13.00 - 13.15	19.50	19.02	19.80	19.38	20.00	19.43
13.30 - 13.45	20.70	20.43	20.60	20.46	20.50	20.48
14.00 - 14.15	21.10	20.70	21.00	20.78	21.10	20.75
14.30 - 14.45	20.50	20.29	20.60	20.29	20.50	20.26
Rata - Rata	20.41	20.1	20.44	20.16	20.41	20.12

3.2 Hasil Perbandingan Nilai Tegangan

Pengujian selanjutnya pada table 2, pengujian nilai tegangan. Sama dengan pengukuran nilai arus, pengukuran nilai tegangan pun menggunakan alat ukur Voltmeter dan hasil dari pembacaan sensor. Dari hasil tabulasi nilai tegangan yang diperoleh baik dengan sistem pengukuran atau hasil dari pembacaan sensor diperoleh nilai tegangan yang paling maksimal di sudut 60°. nilainya signifikan semua untuk ketiga sudut. Pembacaan sensor juga hampir mendekati dengan hasil pengukuran.

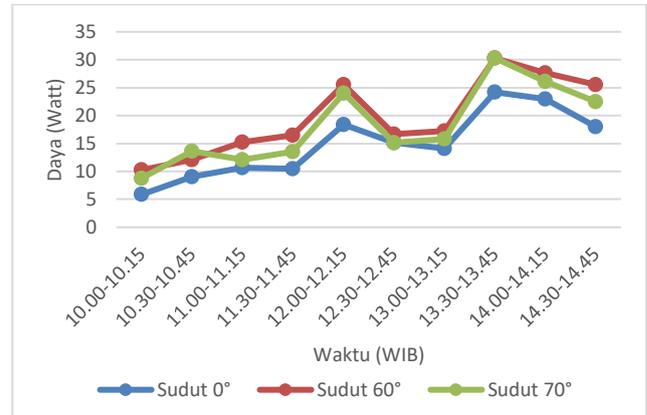
3.3 Perbandingan Nilai Daya

Untuk mengetahui perbandingan nilai daya masing – masing sudut reflektor digunakan persamaan (1). Nilai tegangan (V) dan arus (I) yang dipakai dalam persamaan adalah nilai dari hasil pembacaan pada alat ukur dan pembacaan sensor. Tetap yang dijadikan perbandingan adalah besarnya daya luaran untuk setiap sudut reflektor bisa dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perbandingan Nilai Daya Luar Panel Surya Dari Tiga Reflektor

Waktu (WIB)	Sudut 0°		Sudut 60°		Sudut 70°	
	Alat Ukur	Sensor	Alat Ukur	Sensor	Alat Ukur	Sensor
10.00 - 10.15	7.60	5.86	8.44	10.25	8.20	8.79
10.30 - 10.45	8.24	9.05	9.06	12.09	9.06	13.59
11.00 - 11.15	12.60	10.66	11.12	15.21	9.06	12.12
11.30 - 11.45	13.00	10.46	13.60	16.49	10.45	13.51
12.00 - 12.15	13.86	18.36	18.00	25.52	17.62	24.01
12.30 - 12.45	16.07	15.15	15.58	16.67	16.48	15.12
13.00 - 13.15	15.80	14.07	16.23	17.21	13.40	15.82
13.30 - 13.45	17.60	24.19	19.98	30.27	22.55	30.31
14.00 - 14.15	15.61	22.97	18.90	27.67	18.35	26.10
14.30 - 14.45	14.14	18.01	18.12	25.52	16.20	22.49
Rata - Rata	13.47	14.87	14.92	19.70	14.28	19.18

Dari hasil Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai daya luaran yang paling maksimal bisa didapat dari sudut reflektor 60°. rata – rata daya yang diperoleh maksimal pada rentang waktu 12.00 – 14.15 WIB. Perbandingan nilai daya luaran secara detail dan rinci dapat dilihat pada tampilan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Nilai Daya Luar Berdasarkan Sudut Reflektor

Berdasarkan hasil dari ketiga sudut reflektor nilai daya yang dihasilkan cukup bervariasi pada waktu yang berbeda. Ketika waktu pagi hingga menjelang siang nilai daya output yang reflektor menunjukkan nilai yang rendah dan mulai meningkat saat memasuki waktu tengah hari. Daya output yang dihasilkan berangsur menurun pada pukul 14.00 WIB menjelang sore. Adapun pada peningkatan temperature sel surya mengakibatkan penurunan tegangan keluaran panel surya [12], [13] dan hal tersebut akan mempengaruhi besarnya arus yang masuk ke baterai meskipun secara teknis solar charger controller akan secara otomatis cut off jika baterai telah terisi penuh [14]. Nilai rata-rata daya output paling rendah dihasilkan pada saat penggunaan sudut reflektor 0° dengan rata-rata 14.87 Watt. nilai daya output tertinggi yang dihasilkan yaitu pada saat sudut reflektor 60° dengan nilai rata-rata daya output yang dihasilkan 19.70 Watt, Hasil nilai tersebut tidak berbeda jauh dengan rata-rata daya output yang pada sudut reflektor 70° yaitu 19.18 Watt.

Pada data dapat dilihat bagaimana penambahan reflektor cermin datar pada panel surya terdapat perbedaan yaitu nilai daya yang dihasilkan menjadi lebih maksimal pada saat reflektor 60°. skala eksperimen menunjukkan penggunaan reflektor berpengaruh terhadap daya keluaran dari panel surya dimana daya yang tertinggi yaitu pada sudut 60° [15], [16],[17].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian serta dapat disimpulkan bahwa nilai maksimal rata-rata daya luaran panel surya didapatkan pada sudut cermin reflektor 60°. Penentuan tiga posisi reflektor dilakukan untuk mengetahui perbandingan nilai daya luaran paling maksimal. Sistem ini juga dilengkapi dengan sensor arus, tegangan, dan sensor intensitas cahaya. Hasil penelitian menunjukkan besarnya daya luaran panel surya yang maksimal ditunjukkan pada posisi reflektor 60°

dengan rata – rata daya yang dihasilkan 19.70Watt diikuti posisi reflektor 70° dengan rata – rata daya luaran 19.18Watt dan terakhir posisi reflektor 0° dengan nilai daya luaran rata – rata 14.87 Watt. Posisi sudut reflektor 60° dinilai posisi sudut paling baik untuk memperoleh nilai daya luaran paling maksimal dibandingkan posisi sudut lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] R. A. Diantari, E. and C. Widyastuti, "Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai PLTS," *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. IX, no. 2, pp. 120-124, 2017.
- [2] A. Setiawan, Y. and S. Handoko, "Analisis Penggunaan Cermin Cekung, Cermin Datar, dan Kombinasi Cermin Cekung-Datar Untuk Meningkatkan Daya Keluran Pada Sel Surya," *Transient*, vol. IV, no. 4, pp. 1-7, Desember 2015.
- [3] Utomo, H. S., Hardianto, T., & Kaloko, B. S. . Optimalisasi daya dan energi listrik pada panel surya polikristal dengan teknologi scanning reflektor. *Berkala Sainstek*, 5(1), 45-49. 2017
- [4] M. Rizali, "Densitas Energi Pada Panel Surya Dengan Variasi Jumlah dan Sudut Reflektor," *Al Ulum Sains dan Teknologi*, vol. III, no. 2, pp. 97-101, Mei 2018.
- [5] Nadandi, Q., Wasistha, B. D., & Nadhiroh, N. . Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Reflektor Aluminium dan Cermin berbasis LabVIEW. *ELECTRICES*, 3(2), 60-66. 2021
- [6] P. K. Tiyas and M. Widyartono, "Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. IX, no. 1, pp. 871-876, 2020.
- [7] PT. Podomoro Windownesia, "Windownesia," Windownesia, 1 January 2022. [Online]. Available: <https://windownesia.co.id/jendela-aluminium-kaca-mati/>. [Accessed 7 September 2022].
- [8] A. Makkulau, S. and S. Kevin, "Karakteristik Temperatur Pada Permukaan Sel Surya Polycrystalline Terhadap Efektifitas Daya Keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *Jurnal Ilmiah Sutet*, vol. X, no. 2, pp. 69-78, Desember 2020.
- [9] A. "Sistem Parkir Cerdas Sederhana Bebas Arduino Mega 2560 Rev3," *Jurnal Electro Lucent*, vol. IV, no. 1, p. Juli, 2018.
- [10] F. "Solar Cell Tracking System Dengan Lux Meter Berbasis Arduino Uno R3," *Jurnal PROSISKO*, vol. VII, no. 2, pp. 132-140, 2020.
- [11] S. Hariyanto, "Rancang Bangun REFLEKTOR Untuk Mengoptimalkan Daya Serap Matahari Pada Panel Surya Dengan Variasi Sudut Guna Menghasilkan Daya Optimal," *Jurnal Ilmiah TELSINAS*, vol. IV, no. 1, pp. 41-45, April 2021.
- [12] T. Ratnasari and A. Senen, "Perancangan Prototipe Alat Ukur Arus Listrik AC dan DC Berbasis Mikrokontroler Arduino dengan Sensor Arus ACS-712 30 Ampere," *Jurnal SUTET*, vol. VII, no. 2, pp. 28-33, 2017.
- [13] W. A. Suteja and A. S. Antara, "Analisis Sensor Arus Invasive ACS712 dan Sensor Arus Non Invasive SCT013 Berbasis Arduino," *PROtek : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. VIII, no. 1, pp. 13-21, 2021.
- [14] A. I. Darmansyah, *Tempat Sampah Otomatis Berbasis IOT Menggunakan Sistem Hybrid PV-Grid*, Cilacap: Politeknik Negeri Cilacap, 2021
- [15] H. W. Fahruri, W. Aribowo, M. Widyartono and A. C. Hermawan, "Monitoring Arus, Tegangan, dan Suhu Pada Prototype Thermoelectric Generator Berbasis IoT," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. X, no. 1, pp. 137-144, 2021.
- [16] Kaban, S. A., Jafri, M., & Gusnawati, G. Optimalisasi Penerimaan Intensitas Cahaya Matahari Pada Permukaan Panel Surya (Solar Cell) Menggunakan Cermin. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 5(2), 108-117. 2020
- [17] Romadhon, H., & Budiyanto, B. (2020). Pemanfaatan Intensitas Radiasi Cahaya Lampu dengan Reflektor Panel Surya sebagai Energi Harvesting. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 3(2), 45-56.