

Pemantauan Secara *Realtime Output* Panel Surya dengan Penambahan Reflektor

Tomy Saputra^{1*}, Rika Favoria Gusa¹, Asmar¹

¹Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung

*tomyteubb@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is a country with a tropical climate so it is very suitable to develop solar panels as a producer of electrical energy. To increase the output produced by solar panels, it is done by adding reflectors on both sides of the panel opposite each other whose tilt angle can be adjusted. In addition, to facilitate the monitoring, storage, and retrieval of data, a website was built to be able to monitor data in real time, so that data can be accessed without the obstacles of distance and time. Therefore, in this study, a solar panel output monitoring system was built with the addition of a reflector in real time. Based on the results of monitoring during the study, it was found that solar panels installed with reflectors with variations in angles of 60°, 70°, and 80° on both sides had a higher output than solar panels without reflectors.

Keywords: *Electrical Energy, Monitoring, Realtime, Reflectors, Solar Panels.*

INTISARI

Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis sehingga sangat cocok untuk dikembangkan panel surya sebagai penghasil energi listrik. Untuk meningkatkan *output* yang dihasilkan oleh panel surya dilakukan dengan cara menambahkan reflektor dikedua sisi panel secara berseberangan yang sudut kemiringannya dapat diatur. Selain itu, untuk mempermudah dalam pemantauan, penyimpanan, dan pengambilan data dibangun *website* agar dapat melakukan pemantauan data secara *realtime*, sehingga data dapat diakses tanpa adanya halangan jarak dan waktu. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini dibangunlah sistem pemantauan *output* panel surya dengan penambahan reflektor secara *realtime*. Berdasarkan hasil pemantauan selama penelitian didapatkan hasil bahwa panel surya yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 60°, 70°, dan 80° dikedua sisinya memiliki *output* yang lebih tinggi dibandingkan dengan panel surya yang tidak terpasang reflektor.

Kata kunci : Energi Listrik, Panel Surya, Pemantauan, *Realtime*, Reflektor.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang beriklim tropis sehingga memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan, dimana musim kemarau dan hujannya memiliki waktu rata-rata enam bulan dalam setahun. Sehingga kondisi inilah yang menyebabkan cuaca Indonesia sangat cocok untuk dikembangkannya panel surya sebagai penghasil energi listrik [1].

Energi dari panas matahari memiliki potensi yang sangat menjanjikan untuk masa yang akan datang. Karena, energi matahari tidak akan pernah habis seperti energi yang didapat dari energi fosil yang semakin hari semakin

menipis [2]. Oleh sebab itu, pada saat ini semakin banyak dikembangkan energi alternatif yang ramah lingkungan seperti salah satunya sel surya yang terus menerus mengalami perkembangan untuk ditingkatkan nilai keluarannya.

Untuk meningkatkan nilai intensitas cahaya yang diterima panel surya dapat dilakukan dengan penambahan reflektor di kedua sisi panel surya sehingga arus yang dihasilkan panel surya akan meningkat yang menyebabkan daya yang dihasilkan oleh panel surya ikut meningkat [3][4]. Namun, intensitas cahaya berbanding lurus dengan kenaikan suhu sehingga semakin besar intensitas cahaya yang diterima oleh panel

surya maka akan semakin tinggi suhu yang diterima oleh panel surya yang menyebabkan menurunnya tegangan yang dihasilkan oleh panel surya [5]. Selain itu, pengukuran dengan alat ukur konvensional terkadang juga menjadi kendala seperti sistem pengambilan data yang harus dicatat secara manual yang apabila terjadi perubahan cuaca secara cepat maka data dari pengukuran pun akan berubah dan sistem pengukuran tidak menyimpan data yang dibutuhkan berdasarkan waktu sebelum cuaca berubah [6]. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dipasang reflektor pada sisi-sisi panel surya secara berseberangan yang sudut kemiringannya dapat diatur agar intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya dapat meningkat [4][5] dan membangun sistem pemantauan data secara *realtime* [6][7][8], sehingga mempermudah dalam proses pemantauan, penyimpanan, dan pengambilan data.

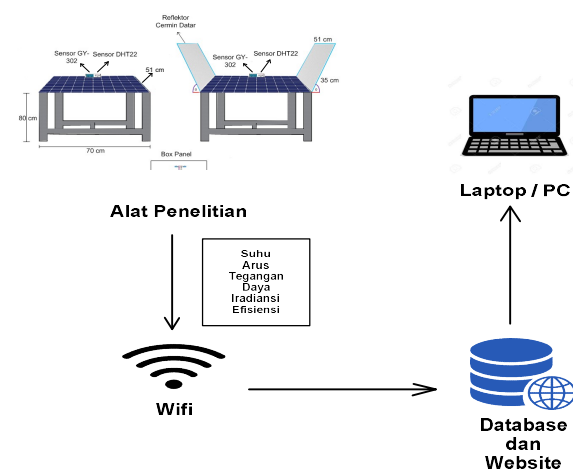
Penelitian terkait pemantauan *output* panel surya diantaranya pemantauan parameter panel surya berbasis arduino secara *realtime* [9], pengaruh bayangan terhadap *output* yang dihasilkan oleh panel surya dengan sistem pengambilan data berbasis website [10], Analisis penggunaan cermin cekung, datar, dan kombinasi cekung-datar untuk meningkatkan daya keluaran pada sel surya [11], dan pengaruh *fill factor* terhadap efisiensi pada panel surya [12].

II. METODE PENELITIAN

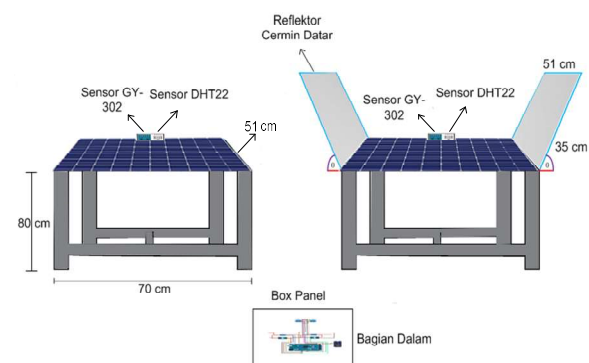
Perancangan sistem terdiri dari beberapa nilai parameter yang dapat dipantau melalui website. Beberapa parameter yang dipantau antaralain nilai suhu, arus, tegangan, daya, iradiansi, dan efisiensi dari kedua panel. Pada Gambar 1 dapat dilihat prinsip kerja dari sistem tersebut. Nilai dari parameter dikumpulkan dengan menggunakan sensor suhu, arus, tegangan, dan intensitas cahaya yang kemudian nilai tersebut diproses oleh mikrokontroler. Selanjutnya, NodeMCU yang terhubung dengan mikrokontroler melalui serial komunikasi mengirimkan hasil pemantauan dengan metode *get* yang memanfaatkan jaringan internet. Kemudian *output* pemantauan tersebut dapat ditampilkan secara *realtime* pada website dan

disimpan dalam database cloud di situs web. Selanjutnya jika ingin melihat dan mengunduh data tersebut dapat dilakukan dengan mengunjungi website melalui perangkat yang terhubung ke internet.

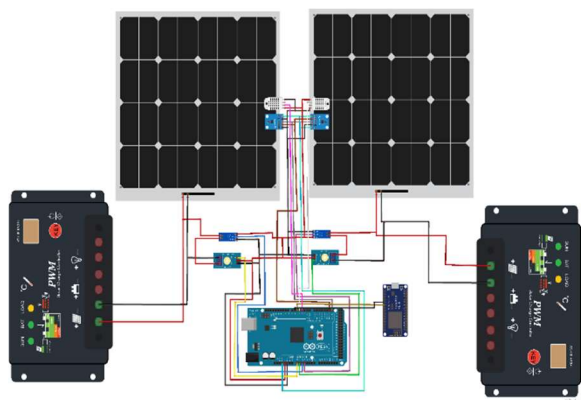
Desain alat penelitian dapat dilihat seperti pada gambar 2 dimana pada alat penelitian ini didesain dua panel surya dengan salah satu panel surya terpasang 2 buah reflektor cermin datar yang dipasang secara berseberangan yang kedua-duanya dapat diatur sudut kemiringannya. pada penelitian ini sudut reflektor yang digunakan yaitu pada kemiringan sudut 60°, 70°, dan 80°. Pengukuran kedua *output* panel surya menggunakan sensor intensitas cahaya dan suhu yang diletakan diatas kedua panel. Selanjutnya, untuk mikrokontroler, sensor arus, sensor tegangan, dan modul wifi Node MCU 1.0 diletakan pada *box* panel yang terdapat dibawah alat penelitian.



Gambar 1. Prinsip kerja sistem



Gambar 2. Desain alat penelitian

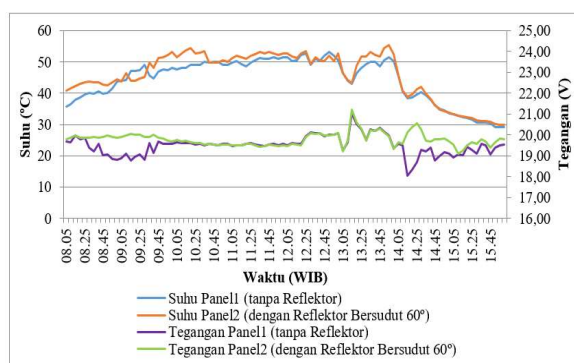


Gambar 3. Wiring diagram

Pada gambar 3 terdapat dua buah panel surya. Kedua panel tersebut terpasang sensor arus, sensor tegangan, sensor iradiansi cahaya matahari, sensor suhu, dan NodeMCU 1.0 sebagai modul wifi. Untuk sensor arus pada panel surya dihubungkan secara seri dan sensor tegangannya dihubungkan secara paralel dengan panel surya dengan terminal positif panel surya dihubungkan ke Vcc dan terminal negatif dihubungkan ke Gnd pada sensor.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

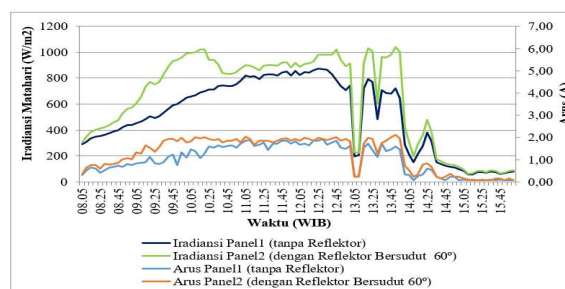
Pengukuran dilakukan selama sembilan hari dari pukul 08.00 s.d. 16.00 WIB dengan sistem pengambilan data yang otomatis masuk ke database website setiap lima menit sekali dan didapatkan hasil seperti dibawah ini.



Gambar 4. Grafik Suhu dan Tegangan dari Panel Surya tanpa Reflektor dan Panel Surya dengan Reflektor Bersudut 60°

Pada gambar 4 merupakan grafik hasil pengukuran suhu dan tegangan dari panel tanpa reflektor dan panel dengan reflektor bersudut 60° pada hari kedua dari pukul 08.00 WIB s.d. 16.00 WIB dan data diambil setiap lima menit sekali. Nilai suhu tertinggi yang diterima oleh panel pertama adalah sebesar 53,3°C yang terjadi pada pukul 12.50 WIB dan untuk panel kedua didapatkan nilai suhu tertinggi sebesar 55,5°C yang terjadi pada pukul 13.55 WIB. Sedangkan untuk nilai terendahnya didapatkan hasil sebesar 29,2°C pada panel pertama yang terjadi pada pukul 15.55 WIB dan untuk panel kedua didapatkan nilai suhu terendah sebesar 29,8°C yang terjadi pada pukul 16.00 WIB.

Nilai tegangan tertinggi yang diterima oleh panel pertama adalah sebesar 21,04 V yang terjadi pada pukul 13.15 WIB dan untuk panel kedua didapatkan nilai tegangan tertinggi sebesar 21,23 V yang terjadi pada pukul 13.15 WIB. Sedangkan untuk nilai terendahnya didapatkan hasil sebesar 18,05 V pada panel pertama yang terjadi pada pukul 14.15 WIB dan untuk panel kedua didapatkan nilai tegangan terendah sebesar 19,10 V yang terjadi pada pukul 15.10 WIB. Tegangan pada panel pertama dan panel kedua cenderung memiliki nilai yang stabil yaitu antara 19 s.d. 20 V. Berdasarkan data dari grafik dapat dilihat bahwa nilai suhu dan tegangan cenderung memiliki keadaan yang berkebalikan dimana saat nilai suhu yang terlalu tinggi maka nilai tegangan cenderung menjadi menurun dan sedangkan pada saat nilai suhu menurun maka tegangannya menjadi naik.



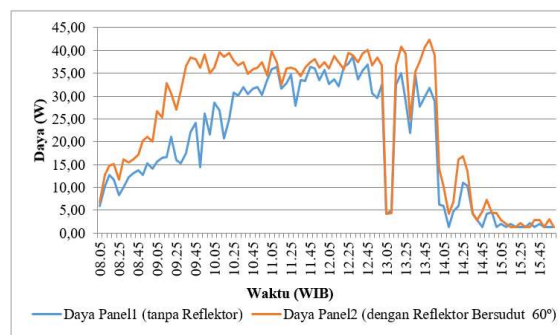
Gambar 5. Grafik Arus dan Iradiansi dari Panel Surya tanpa Reflektor dan Panel Surya dengan Reflektor Bersudut 60°

Pada gambar 5 merupakan hasil pengukuran arus dan iradiansi dari panel pertama tanpa reflektor dan panel kedua dengan

reflektor yang terpasang dengan kemiringan sudut 60°. Terlihat jelas dari data yang telah didapat, bahwa kenaikan dan penurunan nilai iradiansi dan arus terjadi pada waktu yang bersamaan. Berdasarkan dari data yang telah didapat, nilai tertinggi iradiansi pada panel pertama sebesar 874,53 W/m² yang terjadi pada pukul 12.25 WIB dan untuk nilai terrendahnya didapatkan dengan nilai sebesar 56,52 W/m² yang terjadi pada pukul 15.10 WIB. Untuk Panel kedua dengan penambahan reflektor dengan variasi kemiringan sudut 60° didapatkan nilai tertinggi iradiasinya sebesar 1041,61 W/m² yang terjadi pada pukul 13.50 WIB dan untuk nilai terendahnya didapatkan dengan nilai sebesar 61,74 W/m² yang terjadi pada pukul 15.10 WIB.

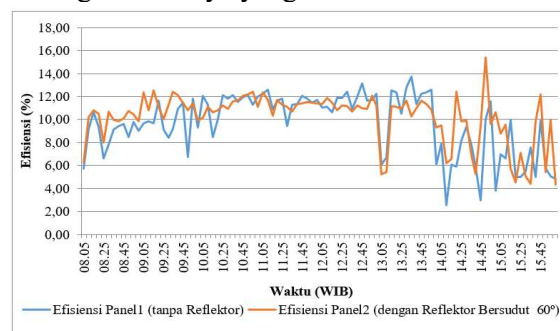
Untuk nilai arus tertinggi pada panel yang tidak terpasang reflektor didapatkan nilai sebesar 1,92 A yang terjadi pada pukul 12.30 WIB dan untuk nilai arus tertinggi pada panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 60° didapatkan nilai sebesar 2,1 A yang terjadi pada pukul 13.50 WIB. Selanjutnya untuk nilai arus terendah yang didapatkan oleh panel yang tidak terpasang reflektor adalah sebesar 0,07 A yang terjadi antara pukul 15.50 s.d. 16.00 WIB dan untuk panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 60° didapatkan nilai arus terendah sebesar 0,07 A yang terjadi pada pukul 16.00 WIB.

Pada gambar 6 terlihat bahwa daya dari kedua panel hampir memiliki kenaikan dan penurunan pada waktu yang bersamaan, untuk panel yang tidak terpasang reflektor memiliki nilai daya yang lebih rendah dari pada panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 60° dikarenakan pada panel ini mengalami peningkatan pada nilai iradiansi dan arusnya. Nilai daya tertinggi yang dihasilkan oleh panel yang tidak terpasang reflektor sebesar 38,67 Watt yang terjadi pada pukul 12.30 WIB dan untuk nilai terendahnya sebesar 1,31 Watt yang terjadi pada pukul 14.45 WIB. Sedangkan, nilai daya tertinggi yang dihasilkan oleh panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 60° sebesar 42,29 Watt yang terjadi pada pukul 13.50 WIB dan untuk nilai terendahnya sebesar 1,35 Watt yang terjadi pada pukul 15.15 WIB.



Gambar 6. Grafik Daya dari Panel Surya tanpa Reflektor dan Panel Surya dengan Reflektor Bersudut 60°

Pada penelitian ini dilakukan pengujian data dengan menggunakan metode pengujian Wilcoxon dan didapatkan hasil bahwa dengan menambahkan reflektor dengan kemiringan sudut 60° disisi panel ini terbukti dapat meningkatkan daya yang telah dihasilkan.

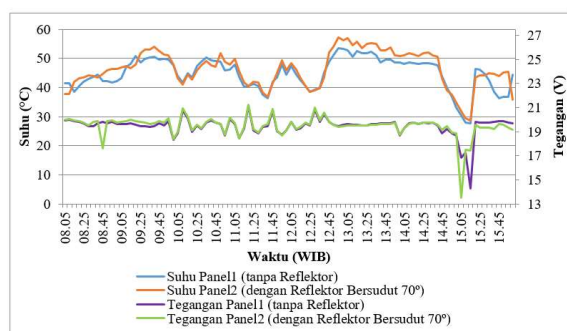


Gambar 7. Grafik Efisiensi dari Panel Surya tanpa Reflektor dan Panel Surya dengan Reflektor Bersudut 60°

Pada gambar 7 dapat dilihat nilai efisiensi tertinggi yang dihasilkan oleh panel yang tidak terpasang reflektor sebesar 13,74% yang terjadi pada pukul 13.35 WIB dan untuk nilai terendahnya sebesar 2,54% yang terjadi pada pukul 14.10 WIB. Sedangkan, nilai efisiensi tertinggi yang dihasilkan oleh panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 60° sebesar 15,39% yang terjadi pada pukul 14.50 WIB dan untuk nilai terendahnya sebesar 4,37% yang terjadi pada pukul 16.00 WIB saat sore hari.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian data dengan menggunakan metode pengujian Wilcoxon dan didapatkan hasil bahwa dengan menambahkan reflektor dengan kemiringan

sudut 60° disisi panelnya didapatkan kesimpulan bahwa nilai efisiensi yang dihasilkan oleh panel yang tidak terpasang reflektor dengan panel yang terpasang reflektor tidak memiliki perbedaan nilai efisiensi yang signifikan.

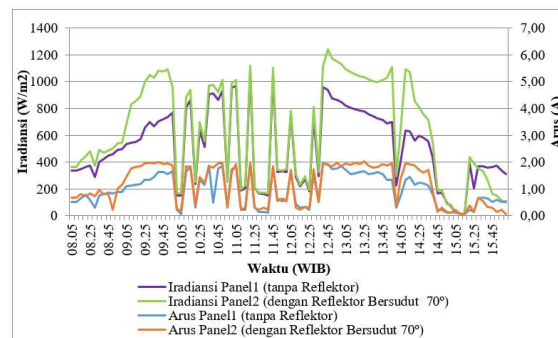


Gambar 8. Grafik Suhu dan Tegangan dari Panel Surya tanpa Reflektor dan Panel Surya dengan Reflektor Bersudut 70°

Pada gambar 8 merupakan grafik hasil pengukuran suhu dan tegangan dari panel tanpa reflektor dan panel dengan reflektor bersudut 70°. Nilai suhu tertinggi yang diterima oleh panel tanpa reflektor adalah sebesar 53,5°C yang terjadi pada pukul 12.55 WIB dan untuk panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 70° didapatkan nilai suhu tertinggi sebesar 57,3°C yang terjadi pada pukul 12.55 WIB. Sedangkan untuk nilai terendah dari panel yang tidak terpasang reflektor didapatkan hasil sebesar 27,6°C yang terjadi pada pukul 15.15 WIB dan untuk panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 70° didapatkan nilai suhu terendah sebesar 28,7°C yang terjadi pada pukul 15.15 WIB.

Nilai tegangan tertinggi yang diterima oleh panel yang tidak terpasang reflektor adalah sebesar 21,14 V yang terjadi pada pukul 11.20 WIB dan untuk panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 70° didapatkan nilai tegangan tertinggi sebesar 21,26 V yang terjadi pada pukul 11.20 WIB. Sedangkan untuk nilai terendah dari panel yang tidak terpasang reflektor didapatkan hasil sebesar 14,27 V yang terjadi pada pukul 15.15 WIB dan untuk panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 70° didapatkan nilai tegangan terendahnya sebesar 13,52 V yang terjadi pada pukul 15.05 WIB. Tegangan pada panel pertama

dan panel kedua cenderung memiliki nilai yang stabil yaitu antara 19 s.d. 20 V.

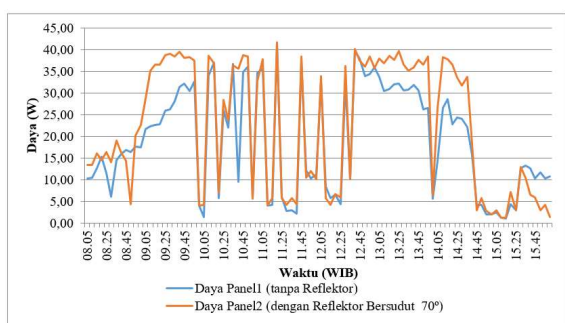


Gambar 9. Grafik Arus dan Iradiansi dari Panel Surya tanpa Reflektor dan Panel Surya dengan Reflektor Bersudut 70°

Pada gambar 9 dapat dilihat bahwa arus dan iradiansi dari kedua panel mengalami kenaikan dan penurunan pada waktu yang bersamaan. Pada panel kedua merupakan panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 70° didapatkan nilai iradiansi dan arus yang lebih tinggi dari pada panel pertama yang merupakan panel yang tidak terpasang reflektor. Pada panel yang tidak terpasang reflektor didapatkan nilai tertinggi arus sebesar 1,95 A yang terjadi pada pukul 11.20 WIB dan didapatkan nilai arus terendah sebesar 0,07 A yang terjadi antara pukul 15.10 s.d. 15.15 WIB pada saat kondisi mendung. Sedangkan, pada panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 70° didapatkan nilai arus tertinggi sebesar 2,04 A yang terjadi pada pukul 13.25 WIB dan mendapatkan nilai arus terendahnya sebesar 0,07 A yang terjadi antara pukul 15.10 s.d. 15.15 WIB pada saat kondisi mendung.

Nilai iradiansi yang didapatkan pada panel yang tidak terpasang reflektor nilai tertingginya sebesar 1069,94 W/m² yang terjadi pada pukul 11.20 WIB dan didapatkan nilai iradiansi terendahnya sebesar 15,64 W/m² yang terjadi pada pukul 15.15 WIB. Sedangkan, pada panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 70° didapatkan nilai tertinggi iradiansinya sebesar 1241,05 W/m² yang terjadi pada pukul 12.45 WIB dan mendapatkan nilai iradiansi terendah sebesar 16,83 W/m² yang terjadi pada pukul 15.15 WIB.

Pada gambar 10 terlihat bahwa daya dari kedua panel hampir memiliki nilai kenaikan dan penurunan pada waktu yang bersamaan, untuk panel yang tidak terpasang reflektor memiliki nilai daya yang lebih rendah dari pada panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 70° dikarenakan pada panel ini mengalami peningkatan pada nilai iradiansi dan arusnya. Nilai daya tertinggi yang dihasilkan oleh panel yang tidak terpasang reflektor sebesar 41,22 Watt yang terjadi pada pukul 11.20 WIB dan untuk nilai terendahnya sebesar 1 Watt yang terjadi pada pukul 15.15 WIB. Sedangkan, Nilai daya tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 70° sebesar 41,67 Watt yang terjadi pada pukul 11.20 WIB dan untuk nilai terendahnya sebesar 1,22 Watt yang terjadi pada pukul 15.15 WIB.

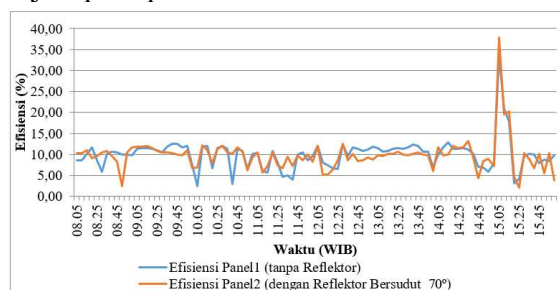


Gambar 10. Grafik Daya dari Panel Surya tanpa Reflektor dan Panel Surya dengan Reflektor Bersudut 70°

Pada penelitian ini dilakukan pengujian data dengan menggunakan metode pengujian Wilcoxon dan didapatkan hasil bahwa dengan menambahkan reflektor dengan kemiringan sudut 70° disisi panel kedua terbukti dapat meningkatkan daya yang dihasilkan panel kedua.

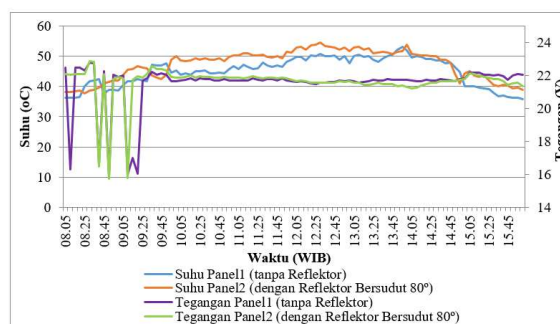
Pada gambar 11 nilai efisiensi tertinggi yang dihasilkan oleh panel tanpa reflektor sebesar 33,55% yang terjadi pada pukul 15.05 WIB dan untuk nilai terendahnya sebesar 2,46% yang terjadi pada pukul 10.05 WIB. Sedangkan, nilai efisiensi tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya dengan penambahan reflektor dengan variasi kemiringan sudut 70° sebesar

37,8% yang terjadi pada pukul 15.05 WIB dan untuk nilai terendahnya sebesar 2,09% yang terjadi pada pukul 15.25 WIB saat sore hari.



Gambar 11. Grafik Efisiensi dari Panel Surya tanpa Reflektor dan Panel Surya dengan Reflektor Bersudut 70°

Pada penelitian ini dilakukan pengujian data dengan menggunakan metode pengujian Wilcoxon dan didapatkan kesimpulan bahwa efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 70° tidak memiliki perbedaan yang signifikan jika dibandingkan dengan efisiensi panel surya yang tidak terpasang reflektor.

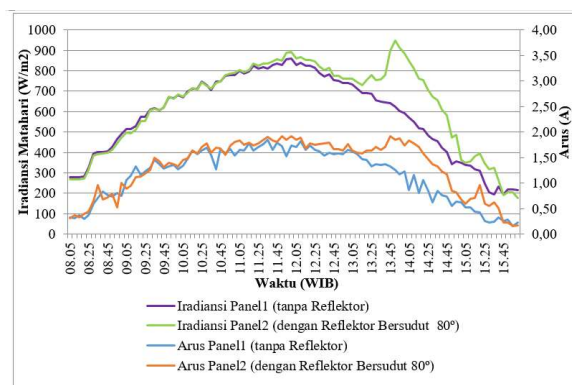


Gambar 12. Grafik Suhu dan Tegangan dari Panel Surya tanpa Reflektor dan Panel Surya dengan Reflektor Bersudut 80°

Pada gambar 12 Nilai suhu tertinggi yang diterima oleh panel tanpa reflektor adalah sebesar $53,2^\circ\text{C}$ yang terjadi pada pukul 13.55 WIB dan untuk panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 80° didapatkan nilai suhu tertinggi sebesar $54,5^\circ\text{C}$ yang terjadi pada pukul 12.30 WIB. Sedangkan untuk nilai suhu terendah yang didapatkan oleh panel yang tidak terpasang reflektor sebesar $35,9^\circ\text{C}$ terjadi pada pukul 16.00 WIB dan untuk panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan

sudut 80° didapatkan nilai suhu terendahnya sebesar 37,8°C yang terjadi pada pukul 08.25 WIB.

Nilai tegangan tertinggi yang diterima oleh panel yang tidak terpasang reflektor adalah sebesar 22,79 V yang terjadi pada pukul 08.30 WIB dan untuk panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 80° didapatkan nilai tegangan tertinggi sebesar 22,88 V yang terjadi pada pukul 08.30 WIB. Sedangkan untuk nilai terendah dari panel yang tidak terpasang reflektor didapatkan hasil sebesar 15,89 V yang terjadi pada pukul 08.50 WIB dan untuk panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 80° didapatkan nilai tegangan terendah sebesar 15,72 V yang terjadi pada pukul 08.50 WIB. Tegangan pada panel yang tidak terpasang reflektor dan panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 80° cenderung memiliki nilai yang stabil pada tegangan 21 V.



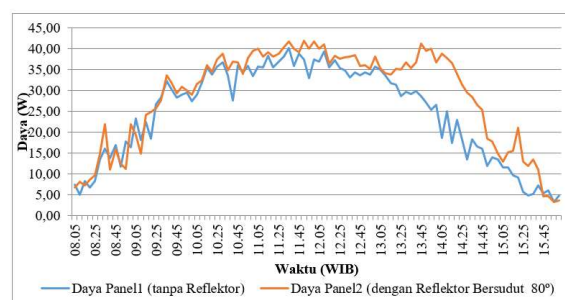
Gambar 13. Grafik Arus dan Iradiansi dari Panel Surya tanpa Reflektor dan Panel Surya dengan Reflektor Bersudut 80°

Pada gambar 13 dapat dilihat bahwa arus dan iradiansi dari kedua panel mengalami kenaikan dan penurunan pada waktu yang bersamaan. Pada panel yang tidak terpasang reflektor didapatkan arus tertinggi sebesar 1,85 A yang terjadi pada pukul 11.35 WIB dan didapatkan nilai arus terendah sebesar 0,15 A yang terjadi pada pukul 15.55 WIB pada saat kondisi berawan. Sedangkan, pada panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 80° didapatkan nilai arus tertinggi sebesar 1,92 A yang terjadi pada pukul 12.00 WIB dan mendapatkan nilai arus terendah sebesar 0,15 A

yang terjadi pada pukul 12.00 WIB saat kondisi berawan.

Nilai iradiansi tertinggi yang didapatkan oleh panel yang tidak terpasang reflektor adalah sebesar 858,3 W/m² yang terjadi pada pukul 12.00 WIB dan didapatkan nilai iradiansi terendah sebesar 194,34 W/m² yang terjadi pada pukul 15.45 WIB. Sedangkan, pada panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 80° didapatkan nilai iradiansi tertinggi sebesar 947,64 W/m² yang terjadi pada pukul 13.50 WIB dan didapatkan nilai iradiansi terendah sebesar 177,63 W/m² yang terjadi pada pukul 16.00 WIB.

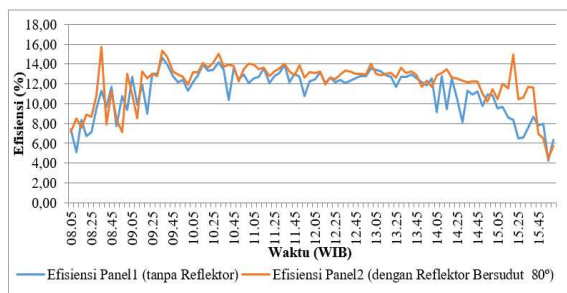
Pada gambar 14 terlihat bahwa daya dari kedua panel hampir memiliki nilai kenaikan dan penurunan pada waktu yang bersamaan, untuk panel yang tidak terpasang reflektor memiliki nilai daya yang lebih rendah dari pada panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 80° dikarenakan pada panel ini mengalami peningkatan pada nilai iradiansi dan arusnya. Nilai daya tertinggi yang dihasilkan oleh panel yang tidak terpasang reflektor adalah sebesar 40,27 Watt yang terjadi pada pukul 11.35 WIB dan untuk nilai terendahnya sebesar 3,31 Watt yang terjadi pada pukul 15.55 WIB. Sedangkan, nilai daya tertinggi yang dihasilkan oleh panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 80° adalah sebesar 42,03 Watt yang terjadi pada pukul 11.50 WIB dan untuk nilai terendahnya sebesar 3,23 Watt yang terjadi pada pukul 15.55 WIB.



Gambar 14. Grafik Daya dari Panel Surya tanpa Reflektor dan Panel Surya dengan Reflektor Bersudut 80°

Pada penelitian ini dilakukan pengujian data dengan menggunakan metode pengujian

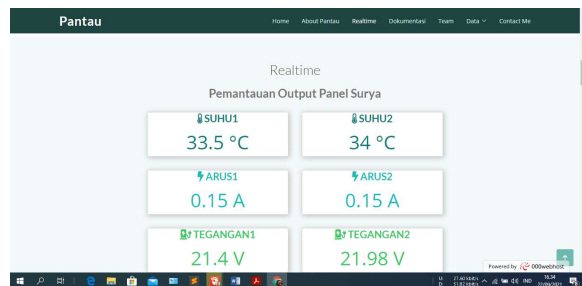
Wilcoxon dan didapatkan hasil bahwa dengan menambahkan reflektor variasi kemiringan sudut 80° disisi panel kedua terbukti dapat meningkatkan daya yang dihasilkan panel kedua.



Gambar 15. Grafik Efisiensi dari Panel Surya tanpa Reflektor dan Panel Surya dengan Reflektor Bersudut 80°

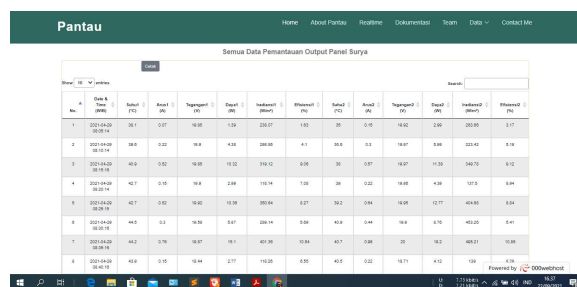
Pada gambar 15 Nilai efisiensi tertinggi yang dihasilkan oleh panel yang tidak terpasang reflektor adalah sebesar 14,66% yang terjadi pada pukul 09.35 WIB dan untuk nilai terendahnya sebesar 4,24% yang terjadi pada pukul 15.55 WIB. Sedangkan, nilai efisiensi tertinggi yang dihasilkan oleh panel yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 80° adalah sebesar 15,74% yang terjadi pada pukul 08.35 WIB dan untuk nilai terendahnya sebesar 4,46% yang terjadi pada pukul 15.55 WIB.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian data dengan menggunakan metode pengujian Wilcoxon dan didapatkan hasil bahwa dengan menambahkan reflektor dengan kemiringan sudut 80° disisi panel kedua terbukti dapat meningkatkan efisiensi yang dihasilkan oleh panel kedua.



Gambar 16. Tampilan Web secara *Realtime*

Gambar 16 adalah gambar tampilan web secara *realtime* dimana ditampilkan parameter suhu, arus, tegangan, daya, iradiansi matahari, dan efisiensi dari kedua panel sehingga jika terdapat perbedaan *output* yang dihasilkan maka dapat dilihat secara langsung perbedaanya.



Gambar 17. Tampilan Data yang Tersimpan di Website

Gambar 17 menunjukkan tampilan tabel website pada database yang tersimpan setiap 5 menit sekali. Di gambar tersebut menampilkan suhu dengan satuan 0C , arus dengan satuan A, tegangan dengan satuan V, daya dengan satuan W, iradiansi matahari dengan satuan $Watt/m^2$, dan efisiensi dengan satuan %. Pada bagian ini data dapat dilihat secara keseluruhan dan data dapat di cetak ataupun di simpan dalam bentuk pdf.



Gambar 18. Tampilan Grafik Suhu Panel1 tanpa Reflektor dan Grafik Suhu Panel2 dengan Reflektor Bersudut 60°

Gambar 18 merupakan salah satu tampilan grafik yang ditampilkan pada website. Untuk setiap grafik yang ditampilkan memiliki data berjumlah 96 data dengan jeda waktu lima menit

untuk setiap datanya selama delapan jam dalam sehari.

IV. KESIMPULAN

1. Panel surya yang terpasang reflektor dengan variasi kemiringan sudut 60° , 70° , dan 80° dikedua sisinya memiliki *output* yang lebih tinggi dibandingkan dengan panel surya yang tidak terpasang reflektor.
2. *Website* yang telah dibangun dapat menampilkan hasil pengukuran suhu, arus, tegangan, irradiansi dan perhitungan nilai daya dan efisiensi dari kedua panel secara *realtime*, menampilkan data pengukuran dan perhitungan dari kedua *output* panel dalam bentuk grafik dan tabel, dan menyimpan data hasil pengukuran serta perhitungannya yang dapat dilihat dan diunduh pada halaman Data.

REFERENSI

- [1] A. Agung and G. Maharta, "ANALISIS PERBANDINGAN OUTPUT DAYA LISTRIK PANEL SURYA SISTEM TRACKING DENGAN SOLAR REFLECTOR Oleh: UNIVERSITAS UDAYANA KAMPUS BUKIT JIMBARAN - BALI," vol. 3, no. 1, pp. 7–13, 2016.
- [2] M. Rizali, "Densitas Energi Pada Panel Surya Dengan Variasi Jumlah Dan Sudut Reflektor," pp. 97–101, 2018.
- [3] M. Sucipta, F. Ahmad, and K. Astawa, "Analisis Performa Modul Solar Cell Dengan Penambahan Reflector Cermin Datar," *Proceeding Semin. Nas. Tah. Tek. Mesin*, no. Snttm Xiv, pp. 7–8, 2015.
- [4] A. E. Febtiwiyanti and S. Sidopekso, "Studi Peningkatan Output Modul Surya dengan menggunakan Reflektor," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 6, no. 2, p. 100202, 2010, doi: 10.12962/j24604682.v6i2.919.
- [5] A. Pawawoi and Z. Zulfahmi, "Penambahan Sistem Pendingin Heatsink Untuk Optimalisasi Penggunaan Reflektor Pada Panel Surya," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.25077/jnte.v8n1.607.2019.
- [6] W. Sunanda, Y. Tiandho, R. F. Gusa, M. Darussalam, and D. Novitasari, "Monitoring of photovoltaic performance as an alternative energy source in campus buildings," *Instrum. Mes. Metrol.*, vol. 20, no. 3, pp. 153–159, 2021, doi: 10.18280/i2m.200305.
- [7] R. F. Gusa, W. Sunanda, I. Dinata, and T. P. Handayani, "Monitoring System for Solar Panel Using Smartphone Based on Microcontroller," *Proc. - 2018 2nd Int. Conf. Green Energy Appl. ICGEA 2018*, pp. 79–82, 2018, doi: 10.1109/ICGEA.2018.8356281.
- [8] H. Subastiyan, W. Sunanda, and R. F. Gusa, "A Prototype of Monitoring Temperature and Humidity on Photovoltaic Using ESP8266," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 520, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/520/1/012010.
- [9] M. R. Fachri, I. D. Sara, and Y. Away, "Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 11, no. 4, p. 123, 2015, doi: 10.17529/jre.v11i3.2356.
- [10] W. Sunanda, R. F. Gusa, Y. Tiandho, and E. A. Pratama, "Impact of Shading Net on Photovoltaic Cells Performance," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 56–60, 2020, doi: 10.15294/jte.v11i2.23699.
- [11] A. Setiawan, Yuningtyastuti, and S. Handoko, "Daya Keluaran Pada Sel Surya," *Transient*, vol. 4, no. 4, pp. 926–932, 2015.
- [12] D. Kumar Sharma, G. Purohit, and G. Purohit, "Analysis of the Effect of Fill Factor on the Efficiency of Solar PV System for Improved Design of MPPT Image encryption with chaos View project ANALYSIS OF THE EFFECT OF FILL FACTOR ON THE EFFICIENCY OF SOLAR PV SYSTEM FOR IMPROVED DESIGN OF MPPT," no. April 2015, 2014, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/269390463>.