

Rancang Bangun Plts Kapasitas 50 Wp Menggunakan Reflektor untuk Meningkatkan Efisiensi Panel Surya

Fakhira Salsabilla Putri¹, Sri Paryanto Mursid², Aceng Daud³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

¹E-mail : fakhira.salsabilla.tptl18@polban.ac.id

²E-mail : sp.mursid@gmail.com

³E-mail : aceng.daud@polban.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini berkaitan dengan pemanfaatan energi surya sebagai salah satu Energi Baru Terbarukan (EBT) yang potensinya cukup tinggi di Indonesia yaitu berkisar hingga 207,8 GW, dengan nilai rata-rata intensitas harian radiasi sinar matahari di Indonesia mencapai sekitar 4,8 kWh/m². Namun, pada kenyataannya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini memiliki tantangan untuk pemanfaatannya itu, salah satunya yaitu efisiensi daya keluaran (*output*) dari panel surya yang terbilang cukup rendah. Pada penelitian ini digunakan dua modul sel surya jenis *polycrystalline*, pemasangan PLTS nya ini ditempatkan dimana cahaya matahari tidak terhalang. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan kinerja modul surya konvensional dengan modul surya yang ditambahkan reflektor pada sisi utara dan selatan dengan variasi sudut 50°, 60° dan 70° terhadap modul surya tersebut. Sehingga didapatkan daya keluaran modul surya yang meningkat seiring dengan peningkatan radiasi matahari yang diterima oleh modul surya tersebut. Dari hasil data yang didapat, nilai efisiensi tertinggi terjadi pada penggunaan reflektor dengan sudut 70° pada pukul 11.00 WIB dengan radiasi 264 W/m² yaitu 13,56 %.

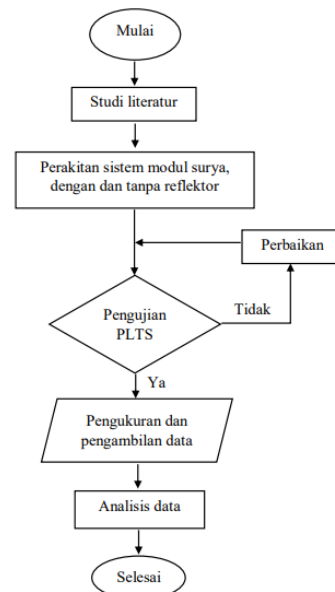
Kata Kunci

Sel surya, *polycrystalline*, radiasi, reflektor.

1. PENDAHULUAN

Berdasar pada pemanfaatan energi surya, digunakan panel surya untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip yang disebut efek *photovoltaic*. Namun, pada kenyataannya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini memiliki tantangan untuk pemanfaatannya, salah satunya adalah efisiensi dari panel surya yang terbilang cukup rendah. Sehingga perlu adanya upaya untuk mengoptimalkan *output* sistem PLTS ini agar efisiensinya meningkat. Oleh karena itu, salah satu solusi yang dapat dilakukan yaitu dengan meningkatkan nilai radiasi matahari yang mengenai permukaan modul surya dengan bantuan solar reflektor sehingga dapat memfokuskan sinar matahari yang jatuh pada area permukaan modul surya tersebut, dan mampu untuk meningkatkan *output* daya listrik yang dihasilkan.

Berikut dapat dilihat pada Gambar 1 yang menunjukkan diagram alur dalam metodologi penelitian yang digunakan.



Gambar 7 Diagram Alur Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan nilai efisiensi yang dihasilkan antara kinerja modul

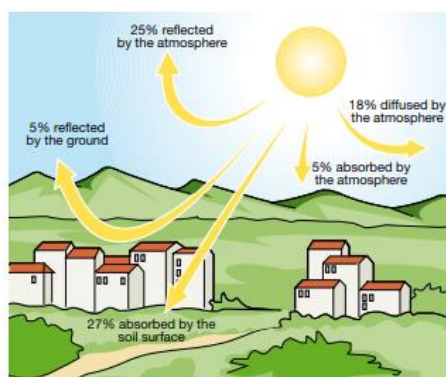
surya konvensional dengan modul surya yang ditambahkan reflektor, serta untuk menghitung pada sudut kemiringan berapa reflektor dapat menghasilkan efisiensi keluaran modul surya yang paling tinggi.

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu terkait perancangan sistem PLTS dengan dan tanpa menggunakan reflektor cahaya pada modul surya yang akan diuji, dan membandingkan karakteristik modul surya dari kedua sistem tersebut. Kedua jenis modul surya yang digunakan adalah *polycrystalline silicon*, sehingga dapat dibandingkan besar efisiensi yang diperoleh dari kedua pengujian sistem PLTS tersebut pada rentang waktu tertentu di tempat pengujian yang sama dengan mengacu pada besar intensitas radiasi matahari yang didapat dan besar tegangan serta arus keluaran pada modul surya yang diujikan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radiasi Matahari

Radiasi matahari merupakan suatu proses penyinaran matahari hingga ke permukaan bumi dengan intensitas penyinaran yang berbeda-beda berdasarkan koefisien albedo yang dihitung untuk setiap bahan, namun radiasi matahari yang diterima di permukaan bumi lebih rendah dari konstanta matahari. Radiasi disebarkan oleh udara dan partikel padat yang tersuspensi di udara [2] seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 Aliran Energi Antara Matahari, Atmosfer dan Tanah.



Gambar 8 Aliran Energi Antara Matahari, Atmosfer dan Tanah

Terdapat 3 (tiga) jenis radiasi matahari yang dapat diterima oleh panel surya [4], yaitu sebagai berikut:

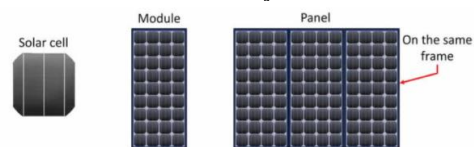
- a. Radiasi langsung (*direct radiation*) merupakan jenis intensitas radiasi

matahari yang langsung diterima ke permukaan bumi.

- b. Radiasi tersebar (*diffuse radiation*) merupakan jenis radiasi matahari yang diterima di permukaan bumi karena pantulan awan dan partikel di atmosfer bumi.
- c. Radiasi pantulan merupakan jenis radiasi matahari yang dipantulkan oleh permukaan yang berdekatan, dimana besarnya ini dipengaruhi oleh reflektansi permukaan yang berdekatan.

2.2 Sel Surya (Solar Cell)

Berdasarkan pengertiannya sel surya merupakan suatu sel yang berasal dari bahan semikonduktor yang dapat mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Pada dasarnya, sel surya ini terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (*p-n junction semiconductor*) yang akibatnya jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron atau disebut juga aliran arus listrik. Hingga saat ini sel surya sudah tersedia dalam berbagai ukuran dan dapat dihubungkan sehingga membentuk modul surya yang kemudian dari beberapa modul surya tersebut dapat menjadi suatu panel surya yang dapat dilihat pada Gambar 9 Sel, Modul dan Panel Surya.



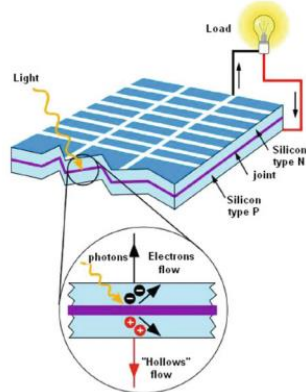
Gambar 9 Sel, Modul dan Panel Surya

2.2.1 Prinsip Kerja

Pada saat pancaran sinar matahari yang tersusun atas partikel-partikel kecil atau disebut dengan foton mengenai bagian dari atom semikonduktor silikon dari sel surya sehingga menimbulkan energi yang besar dan mampu memisahkan elektron dari struktur atom penyusunnya, dimana elektron yang berpisah ini berubah menjadi dua muatan yaitu elektron yang bermuatan negatif dan positif. Pada elektron yang bermuatan negatif memiliki keleluasaan yang lebih untuk bergerak yang kemudian bergerak ke daerah konduktor dari material semikonduktor, akibatnya pada atom yang kehilangan elektron ini strukturnya akan kosong yang disebut dengan *hole* (bermuatan positif).

Pada persimpangan antara semikonduktor tipe n dan tipe p yang ditunjukkan pada Gambar 10

Prinsip kerja Sel Surya adalah terbentuk PN *junction* yang menimbulkan energi sehingga mampu mendorong elektron dan *hole* untuk bergerak secara berlawanan, dengan kata lain hal ini terjadinya beda potensial [10].



Gambar 10 Prinsip kerja Sel Surya

2.2.2 Jenis-Jenis Sel Surya

Tentunya terdapat beberapa jenis sel surya yang memiliki karakteristik yang berbeda, yaitu sebagai berikut:

a. *Monocrystalline Silicon*

Jenis panel surya ini mampu mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik dengan efisiensi 15-20%.

b. *Polycrystalline Silicon*

Jenis panel surya ini mampu mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik dengan efisiensi 13-16%.

c. *Thin Film Solar Cell*

Jenis panel surya ini mampu mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik dengan kisaran nilai efisiensi 8,5%.

2.2.3 Faktor yang Mempengaruhi Sel Surya

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi sel surya, yaitu:

- Radiasi matahari
- Temperatur modul surya
- Shading*
- Posisi letak modul surya terhadap orientasi matahari.

2.3 Perhitungan Efisiensi Panel Surya

Berikut adalah perhitungan untuk mendapatkan efisiensi panel surya:

1. *FF (Fill Factor)*

Faktor pengisi (FF) merupakan nilai yang menyatakan besar $I_{sc} \times V_{oc}$ dari $V_m \times I_m$ yang dihasilkan.

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (1)$$

2. Daya masukan

Daya masukan (P_{in}) dari sel surya dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$P_{in} = I_r \times A \quad (2)$$

3. Daya keluaran

Daya keluaran (P_{out}) dari sel surya dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (3)$$

4. Efisiensi panel surya

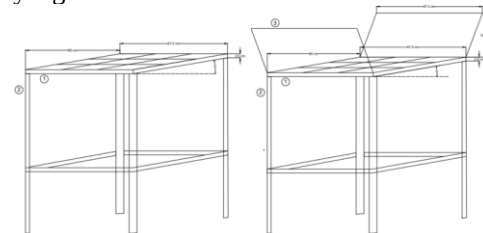
Berikut hasil efisiensi sel surya yang dihasilkan dari perbandingan daya keluaran dengan daya masukan panel surya.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (4)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi pengujian sistem PLTS menggunakan jenis modul surya *polycrystalline* berkapasitas 50 WP ini berlokasi di Laboratorium Energi Terbarukan Politeknik Negeri Bandung (POLBAN) dengan *latitude*: 6°52'18.71"S dan *longitude*: 107°34'19.18"E. Selain itu, untuk peletakan modul surya ini adalah dengan kemiringan yang tetap yaitu 10° dari garis horizontal (0°) menghadap ke utara seperti yang terlihat pada Gambar 11 Rancangan modul surya konvensional dan modul surya dengan reflektor.

Parameter yang dibutuhkan seperti pengukuran intensitas radiasi matahari, tegangan (V) *output*, dan arus (I) *output* dari kedua sistem PLTS ini dengan rentang waktu yang telah ditentukan.



Gambar 11 Rancangan modul surya konvensional dan modul surya dengan reflektor

4. DISKUSI

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dalam keadaan sebenarnya didapat nilai radiasi matahari, tegangan dan arus dari panel surya yang diujikan sehingga menghasilkan

nilai efisiensi dari setiap pengujian dengan berbagai variasi sudut seperti pada grafik dan tabel di bawah ini

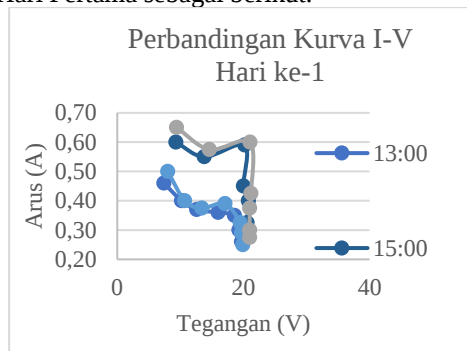
4.1 Pengujian Hari Pertama (Sudut 50°)

Berikut adalah Tabel 3 Pengujian sistem PLTS Hari Pertama yang menunjukkan perbedaan hasil nilai efisiensi tetinggi dari pengujian sistem PLTS konvensional dan yang ditambahkan reflektor dengan sudut 50° pada 10 Juni 2022.

Tabel 3 Pengujian sistem PLTS Hari Pertama

Jam (WIB)	Radiasi (W/m ²)	η Konvensional (%)	η Penambahan reflektor (%)
09.00	366	9,55	13,49
10.00	627	9,37	11,14
11.00	767	8,27	8,74
12.00	825	7,70	9,13
13.00	133	10,69	12,38
14.00	740	8,87	9,34
15.00	204	9,19	10,16

Kemudian terdapat kurva I-V yang menunjukkan perbandingan sistem konvensional dan sistem yang ditambahkan reflektor, seperti pada Gambar 12 Kurva I-V Hari Pertama sebagai berikut.



Gambar 12 Kurva I-V Hari Pertama

Berdasarkan perbedaan pada **Kesalahan! Sumber referensi tidak ditemukan.** dengan variasi pembebanan yaitu pada nilai resistansi 75 Ω , 65 Ω , 55 Ω , 45 Ω , 35 Ω , 25 Ω dan 15 Ω menunjukan perbedaan terkhusus pada nilai arus yang dihasilkan. Pada hari pertama yaitu percobaan dengan sistem PLTS konvensional dan PLTS dengan variasi sudut reflektor 50° contohnya yang tertera pada kurva Gambar 12 Kurva I-V Hari Pertama menunjukkan pada saat pengujian PLTS menggunakan reflektor pada pukul 15.00 WIB dengan nilai resistansi 15 Ω arus yang dihasilkan adalah 0,65 Amper sedangkan pada pengujian sistem PLTS

konvensional hanya menghasilkan arus sebesar 0,60 Amper.

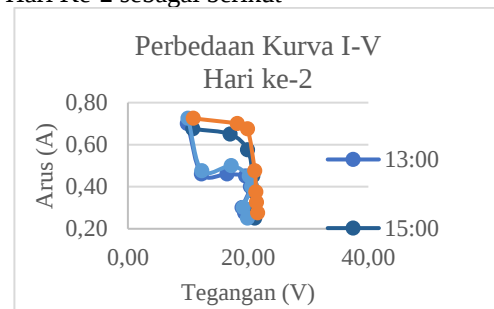
4.2 Pengujian Hari Ke-2 (Sudut 60°)

Berikut adalah Tabel 4 Pengujian sistem PLTS Hari Ke-2 perbedaan hasil nilai efisiensi tetinggi dari pengujian sistem PLTS konvensional dan yang ditambahkan reflektor dengan sudut 60° pada 13 Juni 2022.

Tabel 4 Pengujian sistem PLTS Hari Ke-2

Jam (WIB)	Radiasi (W/m ²)	η Konvensional (%)	η Penambahan reflektor (%)
09.00	703	8,35	9,67
10.00	800	8,09	8,74
11.00	930	6,67	7,31
12.00	200	8,62	9,26
13.00	170	11,02	12,49
14.00	306	11,74	12,38
15.00	245	11,14	12,84

Kemudian terdapat kurva I-V yang menunjukkan perbandingan sistem konvensional dan sistem yang ditambahkan reflektor, seperti pada Gambar 13 Kurva I-V Hari Ke-2 sebagai berikut



Gambar 13 Kurva I-V Hari Ke-2

Pada hari ke-2 ini saat nilai resistansi 15 Ω arus yang dihasilkan oleh sistem PLTS dengan variasi sudut reflektor 60° sebesar 0,73 Amper sedangkan sistem PLTS konvensional 0,68 Amper.

4.3 Pengujian Hari Ke-3 (Sudut 70°)

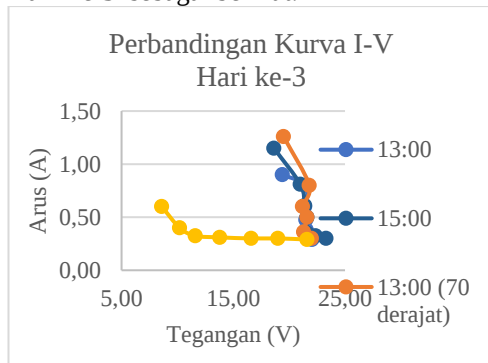
Berikut adalah Tabel 5 Pengujian sistem PLTS Hari Ke-3 yang menunjukkan perbedaan hasil nilai efisiensi tetinggi dari pengujian sistem

PLTS konvensional dan yang ditambahkan reflektor dengan sudut 70° pada 14 Juni 2022.

Tabel 5 Pengujian sistem PLTS Hari Ke-3

Jam (WIB)	Radiasi (W/m^2)	η Konvensional (%)	η Penambahan reflektor (%)
09.00	395	12,10	9,85
10.00	407	11,58	11,74
11.00	264	11,15	13,56
12.00	1120	6,72	6,42
13.00	548	7,87	11,07
14.00	565	10,52	10,87
15.00	457	0,91	3,38

Kemudian terdapat kurva I-V yang menunjukkan perbandingan sistem konvensional dan sistem yang ditambahkan reflektor, seperti pada Gambar 14 Kurva I-V Hari Ke-3 sebagai berikut.



Gambar 14 Kurva I-V Hari Ke-3

Pada pengujian hari ke-3 saat variasi sudut 70° terdapat perbedaan yang cukup besar pada nilai arus dan tegangan keluaran modul surya, dimana pada saat penambahan reflektor ini menyebabkan penurunan arus dan tegangan contohnya pada saat nilai resistansi 15 Ω arus yang dihasilkan oleh sistem PLTS dengan reflektor menghasilkan arus sebesar 0,60 Amper sedangkan sistem PLTS konvensional menghasilkan arus 1,15 Amper, kondisi ini terjadi karena terdapat partial *shading* yang menutupi sebagian permukaan modul surya.

Nilai operasi maksimum sel surya ini sangat bergantung pada irradiasi matahari yang didapatkan dan perubahannya ini sangat berfluktuatif, sehingga menyebabkan variabel lain seperti arus dan tegangan keluarannya pun ikut berfluktuatif. Seperti pada saat pengujian dan pengambilan data hari pertama pada pukul 09.00 WIB dengan rentang intensitas radiasi tercatat yaitu 452 W/m^2 hingga 592 W/m^2 .

5. KESIMPULAN

1. Dari data yang didapat diketahui bahwa peningkatan efisiensi pada pengujian alat yang tanpa dan menggunakan reflektor ini memiliki nilai optimum peningkatan yang berbeda-beda, yaitu pada pengujian reflektor 50° dapat meningkatkan efisiensi sebesar 3,94 % dari sistem konvensional, kemudian pada pengujian reflektor 60° dapat meningkatkan efisiensi sebesar 2,00 % dari sistem konvensional, dan yang terakhir pada pengujian reflektor 70° dapat meningkatkan efisiensi sebesar 3,20 % dari sistem konvensional.
2. Pada hasil pengujian, efisiensi dari sistem yang menggunakan reflektor tidak selalu menjadikan efisiensi suatu modul surya bertambah, hal ini disebabkan karena reflektor tidak memantulkan cahaya nya secara optimal, selain itu dapat disebabkan oleh *shading* dari reflektornya itu sendiri. Contohnya pada pengujian reflektor variasi 70° pada pukul 15.00 WIB saat radiasi matahari 437 W/m^2 mengalami penurunan efisiensi sebesar 1,3%.
3. Sistem menghasilkan nilai efisiensi tertinggi yaitu 13,56 % saat menggunakan reflektor dengan sudut 70° pada pukul 11.00 WIB dengan tingkat radiasi yang sama dengan pada saat pengujian menggunakan sistem konvensional yaitu 264 W/m^2 .

6. SARAN

Pengujian dapat dilakukan pada satu waktu yang bersamaan untuk variasi sudut, sehingga data lebih akurat apabila ingin dibandingkan, selain itu untuk pengambilan data atau parameter yang dibutuhkan sebaiknya menggunakan *data logger* guna mempermudah dalam pencatatan data pada interval waktu yang telah ditentukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih yang sebesar-besarnya terkhusus kepada Politeknik Negeri Bandung (POLBAN) yang telah mendanai dan memberikan kesempatan kepada penulis untuk menulis jurnal ini, serta kepada beberapa pihak yang terkait. Besar harapan semoga kelak jurnal ini dapat bermanfaat bagi masyarakat luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sidopekso, dan Anita Eka Febtiwiyanti Jurusan Fisika, and F. Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, "Studi Peningkatan Output Modul Surya Dengan Menggunakan Reflektor_Satwiko S, Anita EF," vol. 12, no. 3, pp. 101–104, 2010.
- [2] ABB Solutions, "Technical Application Papers No.10. Photovoltaic plants," *Tech. Appl. Pap.*, vol. 10, no. 10, p. 107, 2010, [Online]. Available: [http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/c71c66c1f02e6575c125711f004660e6/d54672ac6e97a439c12577ce003d8d84/\\$file/vol.10.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/c71c66c1f02e6575c125711f004660e6/d54672ac6e97a439c12577ce003d8d84/$file/vol.10.pdf). v Diakses: 30 Agustus 2021.
- [3] Darmanto, "Radiasi Matahari," pp. 6–44, 2011.
- [4] R. A. Nugroho, M. Facta, and Yuningtyastuti, "Memaksimalkan Daya Keluaran Sel Surya dengan Menggunakan Cermin Pemantul Sinar Matahari (Reflector)," *Transient*, vol. 3, no. 3, pp. 408–414, 2014.
- [6] - Suwarti, "Analisis Pengaruh Intensitas Matahari, Suhu Permukaan & Sudut Pengarah Terhadap Kinerja Panel Surya," *Eksergi*, vol. 14, no. 3, p. 78, 2019, doi: 10.32497/eksergi.v14i3.1373.
- [7] Helioscsp, "Concentrated Solar Power (CSP) – How it Works." 2020, [Online]. Available: <https://helioscsp.com/concentrated-solar-power-csp-how-it-works/>.
- [8] H. Machrafi, *Green Energy and Technology*. 2012.
- [9] S. A. Kaban, M. Jafri, and G. Gusnawati, "Optimalisasi Penerimaan Intensitas Cahaya Matahari Pada Permukaan Panel Surya (Solar Cell) Menggunakan Cermin," *J. Fis. Fis. Sains dan Apl.*, vol. 5, no. 2, pp. 108–117, 2020, doi: 10.35508/fisa.v5i2.2243.
- [10] sanspower, "Prinsip dan Cara Kerja Sel Surya." 2020, [Online]. Available: <https://www.sanspower.com/cara-kerja-solar-cell-pada-panel-surya-dan-penggunaannya.html>.
- [11] Widiantera, Ida Bagus Gde Sugiarta, Nyoman, "Pengaruh Penggunaan Pendingin Air Terhadap Output Panel Surya Pada Sistem Tertutup." *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi dan Informatika.*, vol. 9, no. 3, pp. 110–115, 2019, doi: 10.31940/matrix.v9i3.1582.