



PENGEMBANGAN MODUL SIMULASI PANEL SURYA BERBASIS LAMPU PIJAR SEBAGAI ALTERNATIF PRAKTIKUM ENERGI SURYA DI LABORATORIUM

Warsono¹⁾, Sunardi²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Energi Negeri Bandung

²⁾Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung

¹⁾Warsono@polban.ac.id, ²⁾Sunardi@polban.ac.id

ARTICLE HISTORY

Received:

January 15, 2025

Revised

June 21, 2025

Accepted:

June 26, 2025

Online available:

June 27, 2025

Keywords:

Solar panels, Incandescent lamps, PLTS practicals

*Correspondence:

Name : Warsono

E-mail : Warsono@polban.ac.id

Kantor Editorial

Politeknik Negeri Ambon

Pusat Penelitian dan Pengabdian

Masyarakat

Jalan Ir. M. Putuhena, Wailela-

Rumahtiga, Ambon Maluku,

Indonesia

Kode Pos: 97234

ABSTRACT

This research was conducted to address the challenges of conducting solar panel practicum in the Energy Engineering laboratory during cloudy or rainy weather by developing a simulation module for solar panel experiments using incandescent lamps as the light source. The testing and analysis revealed that solar panel efficiency is higher under sunlight (5.64% at 504 W/m²) compared to incandescent lamps (5.04% at 500 W/m²), with a more pronounced efficiency drop under lamp lighting due to rising temperatures. When temperatures exceed 40°C, a significant decline in efficiency occurs, with rates of 0.106/°C for the lamp and 0.093/°C for sunlight. The solar panel simulation module using incandescent lamps can serve as a practical solution for conducting experiments during overcast or rainy conditions.

1. PENDAHULUAN

Panel Surya (Photovoltaic/ PV) adalah teknologi yang dapat mengkonversi energi surya menjadi listrik. Listrik yang diproduksi dari panel surya bervariasi tergantung intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya. Hal ini akan menimbulkan permasalahan pada kualitas listrik yang dihasilkan oleh panel surya ketika kondisi hujan atau mendung. Kegiatan praktikum, pembelajaran dan penelitian tentang Panel Surya atau PLTS pada laboratorium sangat tergantung pada intensitas cahaya matahari, kondisi sore hari dan cuaca mendung/hujan akan menghambat jalannya kegiatan tersebut. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka dibuatlah modul simulasi PLTS dengan menggunakan cahaya lampu pijar sebagai pengganti cahaya matahari. Dengan adanya modul simulasi PLTS tersebut diharapkan

dapat meningkatkan ketersediaan alat praktikum PLTS yang tidak tergantung pada kondisi cuaca, sehingga mempercepat proses pembelajaran dan penelitian di bidang Energi Terbarukan. Selain itu, modul ini dapat menjadi solusi praktis dan efisien untuk keperluan edukasi dan pengembangan teknologi panel surya di laboratorium.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dihasilkan dari radiasi matahari. Panel surya mengubah energi cahaya menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaiik (Dwisari et al., 2023). Efisiensi panel surya dipengaruhi oleh intensitas cahaya, suhu, dan material sel surya (Harahap et al., 2022).



Modul simulasi energi surya akan sangat membantu kegiatan praktikum dan penelitian dalam memahami prinsip konversi energi cahaya menjadi listrik (Munadhif et al., 2024). Namun, kendala seperti tidak stabilnya intensitas cahaya matahari karena cuaca (Darwin et al., 2020), biaya tinggi, dan keterbatasan alat sering menghambat pelaksanaannya. Oleh karena itu, diperlukan alternatif praktikum yang lebih terjangkau dan mudah diakses dengan memanfaatkan cahaya lampu sebagai pengganti cahaya matahari (Romadhon & Budiyanto, 2020).

Cahaya lampu dapat digunakan sebagai sumber cahaya alternatif untuk mensimulasikan radiasi matahari karena spektrum cahayanya mendekati spektrum matahari (Topan et al., 2023). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa cahaya lampu dengan daya tertentu dapat menghasilkan karakteristik I-V (arus-tegangan) yang mirip dengan panel surya di bawah sinar matahari (Asrul et al., 2016).

Beberapa studi telah mengembangkan alat simulasi panel surya berbasis lampu seperti penggunaan lampu halogen sebagai pengganti cahaya matahari (Prayogi, 2023). Selain daya lampu, jarak dan kemiringan lampu juga mempengaruhi besar luaran dari panel surya (Faza et al., 2023). Efisiensi pada panel surya tidak hanya bergantung pada intensitas radiasi matahari, tetapi juga dipengaruhi secara signifikan oleh perubahan suhu permukaan modul fotovoltaik (Tiyas & Widyartono, 2020). Efisiensi PLTS didefinisikan sebagai perbandingan antara energi listrik yang dihasilkan oleh sistem terhadap energi matahari yang diterima oleh panel surya, perhitungan efisiensi panel surya dinyatakan dalam persamaan berikut (1).

$$\eta = \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

- η : Efisiensi sistem (%)
- P_{out} : Daya listrik keluaran (Watt)
- P_{in} : Daya cahaya matahari yang diterima panel (Watt/m² × luas panel)

Atau

$$\eta = \left(\frac{V \times I}{G \times A} \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

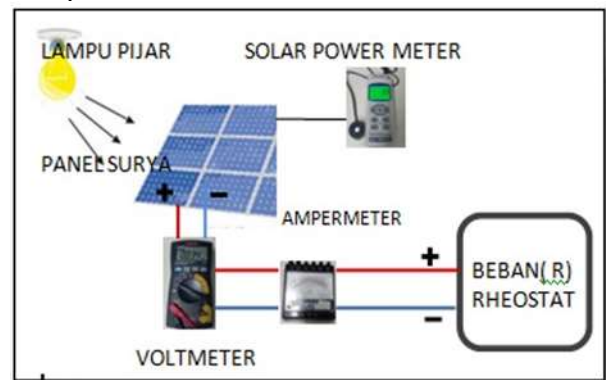
dimana :

- η : Efisiensi sistem (%)
- V : Tegangan keluaran instalasi panel surya (Volt)
- I : Arus keluaran instalasi panel surya (Ampere)
- G : Iradiasi matahari (Watt/m²)
- A : Luas area panel surya (m²)

3. METODOLOGI

Penelitian dimulai dengan melakukan studi literasi tentang PLTS dengan cahaya lampu pijar, kemudian dilanjutkan dengan perancangan dan pembuatan modul simulator PLTS lampu pijar. Pada tahap berikutnya adalah melakukan pengujian modul

PLTS cahaya lampu pijar dengan cara dibandingkan menggunakan cahaya matahari. Modul simulasi PLTS yang dirancang disajikan pada gambar 3.1. Sistem ini terdiri atas beberapa komponen utama, antara lain baterai, inverter, dan Solar Charge Controller (SCC) sebagai pengatur pengisian daya. Proses konversi energi diawali dengan penyerapan cahaya oleh panel surya, yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik. Selanjutnya, energi listrik yang dihasilkan dialirkan menuju komponen pendukung untuk disimpan, diatur, atau dikonversikan sesuai kebutuhan.



Gambar 3. 1 Skema simulator PLTS

Pada panel surya akan dipasang beberapa alat ukur seperti alat ukur radiasi matahari, thermometer untuk mengukur suhu permukaan panel surya, tegangan dan arus keluaran panel surya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, modul simulasi PLTS diimplementasikan dengan menggunakan 2 buah panel surya 50Wp dengan total luas permukaan 0,432 m², yang menerima sinar dari 12 lampu pijar dengan daya masing-masing lampu 100 Watt sebagai sumber cahaya buatan. Konfigurasi ini menciptakan simulasi radiasi matahari yang konsisten untuk keperluan pengujian parameter panel surya dalam lingkungan laboratorium.

Pada gambar 4.1 memperlihatkan tata letak modul simulasi PLTS menggunakan pencahayaan lampu pijar, dimana sumber cahaya buatan diposisikan tegak lurus di atas panel surya. Susunan lampu pijar diatur sedemikian rupa agar menghasilkan distribusi radiasi yang seragam pada seluruh permukaan panel, Intensitas iradiasi lampu dikontrol menggunakan dimmer yang memungkinkan variasi tingkat pencahayaan dari 100 hingga 810 W/m², sesuai dengan kebutuhan pengujian. Untuk meningkatkan pencahayaan pada bagian dinding ditambahkan reflector cahaya berbahan aluminium.



Gambar 4.1 Modul PLTS Cahaya Lampu

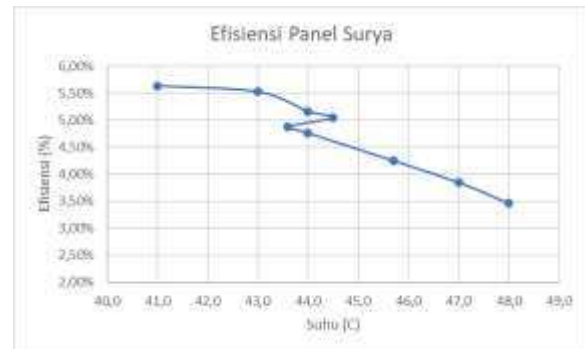
A. Pengujian Menggunakan Cahaya Matahari

Hasil pengujian solar panel menggunakan cahaya matahari ditampilkan pada tabel 4.1, terlihat bahwa peningkatan nilai iradiasi (W/m^2) secara langsung berpengaruh terhadap kenaikan daya input (Watt) pada panel surya. Semakin besar iradiasi maka daya input akan meningkat, pada iradiasi $504 W/m^2$, daya input panel sebesar 217,7 Watt, sedangkan pada iradiasi tertinggi $809 W/m^2$, daya input meningkat menjadi 349,5 Watt. Namun, daya output panel tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan seiring dengan peningkatan iradiasi. Daya output cenderung stagnan di kisaran 12,1–12,7 Watt meskipun iradiasi meningkat dari 504 hingga $809 W/m^2$

Tabel 4.1 Pengujian dengan cahaya matahari

No	Iradiasi (W/m^2)	V pv (volt)	I _{pv} (A)	Suhu PV	Daya Input PV (Watt)	Daya Output PV (Watt)	Efisiensi PV
1	504	19,81	0,62	41,0	217,7	12,28	5,64%
2	525	19,91	0,63	43,0	226,8	12,54	5,53%
3	562	19,91	0,63	44,0	242,8	12,54	5,17%
4	582	19,84	0,64	44,5	251,4	12,70	5,05%
5	591	19,79	0,63	43,6	255,3	12,47	4,88%
6	602	19,98	0,62	44,0	260,1	12,39	4,76%
7	665	19,39	0,63	45,7	287,3	12,22	4,25%
8	728	19,52	0,62	47,0	314,5	12,10	3,85%
9	809	19,51	0,62	48,0	349,5	12,10	3,46%

Suhu panel surya juga mengalami kenaikan seiring bertambahnya iradiasi, dari $41^{\circ}C$ hingga $48^{\circ}C$. Pada gambar grafik 4.2 menunjukan bahwa semakin tinggi suhu, efisiensi panel surya justru menurun. Hal ini terjadi karena semakin lama panel surya terpapar sinar matahari, suhunya meningkat, sehingga kinerjanya berkurang. Setiap kenaikan suhu $1^{\circ}C$ menyebabkan efisiensi turun sekitar 0,5%. Penurunan ini terutama disebabkan oleh panas yang berlebihan, yang mengurangi kemampuan panel surya mengubah cahaya menjadi listrik secara optimal.



Gambar 4.2 Grafik pengaruh Suhu terhadap efisiensi panel surya dengan cahaya matahari

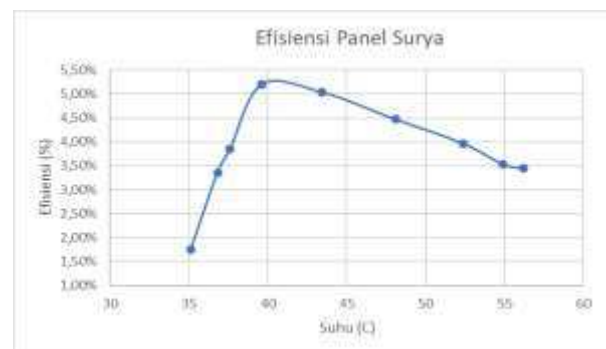
B. Pengujian Menggunakan Cahaya Lampu Pijar

Berdasarkan data pengujian yang ditampilkan pada tabel 4.2, maka dapat diamati bahwa peningkatan intensitas iradiasi dari $100 W/m^2$ hingga $810 W/m^2$ menyebabkan kenaikan daya output panel surya dari 0,75 W menjadi 12,22 W. Namun, efisiensi sistem tidak meningkat secara linear.

Tabel 4.2 Pengujian dengan cahaya lampu pijar

No	Iradiasi (W/m^2)	V pv (volt)	I _{pv} (A)	Suhu PV	Daya Input PV (Watt)	Daya Output PV (Watt)	Efisiensi PV
1	100	4,71	0,16	35,1	43,2	0,75	1,74%
2	200	9,36	0,31	36,8	86,4	2,90	3,36%
3	300	12,16	0,41	37,6	129,6	4,99	3,85%
4	400	15,77	0,57	39,6	172,8	8,99	5,20%
5	500	18,16	0,60	43,4	216,0	10,90	5,04%
6	600	18,71	0,62	48,1	259,2	11,60	4,48%
7	700	19,04	0,63	52,4	302,4	12,00	3,97%
8	800	19,10	0,64	54,9	345,6	12,22	3,54%
9	810	19,12	0,63	56,2	349,9	12,05	3,44%

Efisiensi tertinggi sebesar 5,20% dicapai pada iradiasi $400 W/m^2$ dengan suhu panel $39,6^{\circ}C$. Di atas titik ini, meskipun daya output tetap meningkat, efisiensi justru menurun secara bertahap hingga mencapai 3,44% pada iradiasi $810 W/m^2$ (suhu $56,2^{\circ}C$). Hal ini dipengaruhi oleh suhu pada permukaan panel surya yang terus meningkat seiring dengan meningkatnya iradiasi dari lampu pijar.



Gambar 4.3 Grafik pengaruh Suhu terhadap efisiensi panel surya dengan cahaya lampu



Pada gambar grafik 4.3 terlihat bahwa panel surya mencapai efisiensi optimal sebesar 5,20% pada kondisi iradiasi 400 W/m² dengan suhu permukaan panel surya 39,6°C. Setelah titik ini, kinerja panel menunjukkan penurunan yang signifikan seiring dengan peningkatan suhu permukaan. Pada suhu 43,4°C (500 W/m²), efisiensi sudah turun menjadi 5,04%, dan terus mengalami penurunan hingga mencapai 3,44% ketika suhu mencapai 56,2°C (810 W/m²).

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan data pengujian diatas terlihat bahwa panel surya menunjukkan performa lebih baik di bawah pencahayaan matahari dibandingkan cahaya lampu. Pada intensitas cahaya sekitar 500 W/m², efisiensi panel mencapai 5,64% dengan cahaya matahari, sementara hanya 5,04% dengan pencahayaan lampu.

Efisiensi panel surya mulai turun secara signifikan ketika suhu melebihi 40°C. penurunan efisiensi pada panel surya menggunakan cahaya lampu cenderung lebih cepat daripada pencahayaan matahari. Pada saat menggunakan pencahayaan lampu efisiensi turun 0.106/°C sedangkan pada saat menggunakan cahaya matahari efisiensi turun 0.093/°C. Meskipun memiliki efisiensi yang lebih rendah dibanding pencahayaan matahari, modul simulator PLTS menggunakan lampu pijar tetap dapat berfungsi sebagai alternatif yang layak untuk kegiatan praktikum, karena memiliki beberapa keunggulan terutama saat kondisi cuaca tidak mendukung seperti mendung atau hujan. Selain itu intensitas cahaya dapat diatur secara konsisten menggunakan dimmer dan memungkinkan pengulangan eksperimen dengan kondisi yang sama.

5.2. Saran

Untuk meningkatkan kinerja modul simulator PLTS berbasis lampu pijar, beberapa perbaikan sederhana dapat dilakukan dengan menambahkan sistem pendingin sederhana seperti kipas atau blower sehingga suhu pada panel surya dapat dikontrol, dengan demikian dapat mengurangi penurunan efisiensi akibat panas berlebih. Selain itu dapat ditambahkan sistem kontrol dan monitoring suhu yang dapat mencegah terjadinya kerusakan pada panel surya. Dengan modifikasi tersebut, modul simulator PLTS ini dapat menjadi alat pembelajaran yang efektif untuk mempelajari prinsip dasar kerja panel surya meskipun dalam kondisi ruangan tertutup.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Politeknik Negeri Bandung sesuai Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Skema Penelitian Tenaga Kependidikan

Fungsional Nomor : B/93.1/PL1.R7/PG.00.03/2023, isi sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis

DAFTAR PUSTAKA

- Asrul, A., Demak, R. K., & Hatib, R. (2016). Komparasi Energi Surya Dengan Lampu Halogen Terhadap Efisiensi Modul Photovoltaic Tipe Multicrystalline. *Jurnal Mekanikal*, 7(1), 625–633.
- Darwin, D., Panjaitan, A., & Suwarno, S. (2020). Analisa pengaruh Intesitas Sinar Matahari Terhadap Daya Keluaran Pada Sel Surya Jenis Monokristal. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 1(2), 99–106.
- Dwisari, V., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Pemanfaatan energi matahari: masa depan energi terbarukan. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 376–384.
- Faza, S., Hajar, I., & Azis, A. (2023). Analisis Pengaturan Jarak Cahaya Lampu Halogen Pada Rancang Bangun Solar Test Simulator. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 6(2), 301–307.
- Harahap, P., Bustami, I., & Oktrialdi, B. (2022). Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Dan Suhu Terhadap Daya Yang Dikeluarkan Oleh Modul Sel Surya Monocrystalline Dan Polycrystalline. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 3(2), 1–5.
- Munadhif, I., Maulana, K. N., & Jamiin, M. A. (2024). Rancang Bangun Trainer Kit Simulator Identifikasi Karakteristik Solar Cell Sebagai Media Pembelajaran. *Rekayasa*, 17(2), 250–256.
- Prayogi, S. (2023). Karakteristik Sel Surya Polikristal Pada Sistem Sun Simulator Menggunakan Lampu Halogen Bulm. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(1), 103–108.
- 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.
- Tiyas, P. K., & Widyartono, M. (2020). Pengaruh efek suhu terhadap kinerja panel surya. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(1).
- Topan, P. A., Aulia, M., & Hidayatullah, M. (2023). RANCANG BANGUN SIMULATOR SURYA MENGGUNAKAN HIGH POWER LED. *Journal Altron; Journal of Electronics, Science & Energy Systems*, 2(01), 37–45.

