

Analisis Pengaruh Cuaca Terhadap Efektivitas Kinerja Produksi Energi Listrik PLTS On-Grid pada Laboratorium Listrik dan Mekanik 1 PPSDM Migas

Danang Alif Windarto¹, Muhammad Umar Chamdan¹, Gawiya Yudha¹, Ikhwannuraziz Hadipradana¹, Djoko Santoso²

¹Universitas Negeri Yogyakarta

²PPSDM Migas

INFORMASI NASKAH

Diterima : 29 November 2023
Direvisi : 19 November 2024
Disetujui : 24 November 2024
Terbit : 24 November 2024

Email korespondensi:
*muhammadumar.2020@
student.uny.ac.id*

Laman daring:
[https://doi.org/10.37525/
sp/2024-2/553](https://doi.org/10.37525/sp/2024-2/553)

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah jenis pembangkit listrik yang menggunakan energi radiasi matahari yang diubah dengan mengkonversi *sel fotovoltaik*. Prinsip kerja dari PLTS adalah dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik dengan memanfaatkan cahaya matahari atau biasa disebut sel surya atau *Photovoltaic (PV)*. PLTS On-Grid menjadi alternatif penting untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Penelitian ini fokus pada analisis dampak variabilitas cuaca terhadap kinerja PLTS di Laboratorium Listrik dan Mekanik 1 PPSDM MIGAS. Metode penelitian melibatkan pemantauan cuaca harian dan data produksi energi PLTS, dengan analisis statistik untuk mengidentifikasi korelasi, terutama dengan intensitas sinar matahari. Hasilnya diharapkan memberikan wawasan tentang pengaruh cuaca pada kinerja PLTS, mengarah pada peningkatan efisiensi sistem. Selain bermanfaat sebagai studi kasus untuk laboratorium tersebut, penelitian ini juga dapat memberikan panduan umum untuk pengelolaan PLTS On-Grid di lokasi serupa yang rentan terhadap fluktuasi cuaca.

Kata kunci: PLTS, Cuaca, On-Grid



PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang berada di garis khatulistiwa, sehingga Indonesia hanya memiliki dua musim dimana pada setiap musim tersebut selalu disinari oleh matahari. intensitas dan radiasi matahari pada musim kemarau jauh lebih baik dibandingkan dengan musim penghujan. Menurut data yang diperoleh dari Global Solar Atlas bahwa potensi rata-rata iradiasi harian 5.6 kWh/m² dan rata-rata potensi iradiasi per tahun 2045 kWh/m² sehingga sangat berpotensi untuk dijadikan sumber energi terbarukan (Solargis, 2022). Dengan adanya potensi tersebut maka dapat dimanfaatkan dengan baik sebagai sumber energi baru terutama pada daerah terpencil yang sumber energi listrik dari PLN belum menjangkau. Selain alasan tersebut cahaya matahari juga merupakan sumber energi yang tidak ada habisnya, akan tetapi pemanfaatan energi surya dapat terkendala oleh factor cuaca dan belum dapat dimaksimalkan karena pada malam hari tidak terdapat cahaya matahari.

KAJIAN TEORI

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah jenis pembangkit listrik yang menggunakan energi radiasi matahari yang diubah dengan mengkonversi *sel fotovoltaik*. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja PLTS yaitu faktor lingkungan, faktor temperatur/suhu modul PV, kondisi cuaca dan faktor intensitas cahaya.

1. Panel Surya

Panel surya adalah perangkat untuk mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik. Panel surya menghasilkan listrik karena reaksi kimia dan transfer elektron dari panel surya ke beban.

2. Solar Charge Controller (SCC)

Solar charge controller adalah komponen pembangkit listrik tenaga surya yang memiliki fungsi untuk mengontrol pengisi daya baterai bahkan saat baterai sedang diisi dan menjaga daya baterai. Selain fungsi yang dijelaskan di atas, *SCC* memiliki fungsi untuk mengatur konsumsi arus listrik panel surya dan keluaran arus pengisian.

3. Inverter

Inverter merupakan salah satu komponen sistem PLTS yang berfungsi untuk mengubah daya DC yang dihasilkan oleh PV menjadi daya listrik AC. Teknik yang digunakan pada inverter adalah teknik komutasi yaitu menghidupkan dan mematikan saklar secara bergantian sehingga membentuk gelombang persegi dengan arah negatif dan positif.

4. Baterai

PLTS ini menggunakan tipe Baterai LiFePO₄. Baterai ini merupakan baterai lithium yang memiliki CLiFePO₄ pada katoda dan grafit atau karbon yang di interkalasi dengan lithium pada anoda. Keunggulan dari baterai ini merupakan kapasitas teoritis tinggi 170 mAh g⁻¹ (Satriady, 2016). baterai ini juga memiliki ketahanan yang panjang, aman, ramah lingkungan, dan biaya yang sangat terjangkau

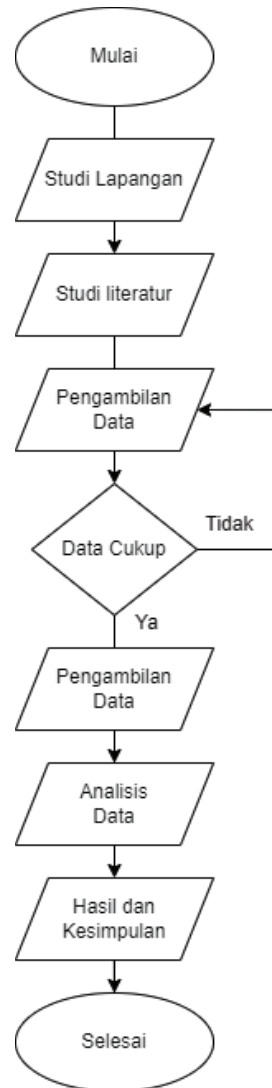
METODE PENELITIAN

A. Data dan Literatur

Pengumpulan data dengan melakukan pengambilan data yang berasal dari jurnal jurnal maupun website di internet yang berkaitan dengan materi yang diangkat yang mendukung dari permasalahan dan solusi dari penelitian tersebut. Pengambilan data juga tidak sembarangan dan tetap harus memperhatikan sitasi dari karya yang dikutip dan tetap harus mempertanggung jawabkan data yang telah diambil dan digunakan Data yang telah terkumpul yang berupa parameter dan data yang penting yang dibutuhkan dalam penelitian.



B. Flowchart Penelitian



Gambar 1. Flowchart Penelitian

C. Pengumpulan Data

1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Bengkel Listrik dan Mekanik 1 PPSDM Migas selama 3 hari dari tanggal 18 November 2023 sampai dengan 20 November 2023.

2. Studi Literatur Metode

Literatur dilakukan dengan cara pengumpulan dan pengambilan data dari Jurnal nasional maupun internasional serta dari buku buku materi yang terkait dalam topik permasalahan yang diangkat

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Sistem Instalasi PLTS 20Kwp pada Laboratorium Listrik dan Mekanik 1 diPPSDM Migas PLTS 20kWp On-Grid telah terpasang sejak tanggal 16 September 2020. Dimana untuk pemasangannya menggunakan sistem On- Grid. PLTS On- Grid ini berfungsi sebagai alternatif pembangkit listrik untuk penghematan pengeluaran biaya listrik pada saat beban dasar yaitu pada pukul 08.00 WIB hingga 16.00 WIB atau di saat jam kerja. Berikut ini merupakan data dari PLTS yang diambil selama tiga hari.

1. Pada tanggal 18 November 2023

Tabel 1. Data Keluaran PLTS pada tanggal 18 November 2023

Jam (WIB)	Tegangan Output (V)			Arus Output (A)			Daya Output	Kondisi Cuaca
	R	S	T	R	S	T		
07.01	236.10	235.80	238.90	5.60	5.60	5.60	3870	berawan
09.00	238.80	233.00	241.10	11.70	11.70	11.70	8310	Sangat cerah
12.00	241.80	237.90	240.40	14.00	14.00	14.00	10060	Sangat cerah
14.03	240.60	236.80	239.40	9.10	9.00	9.00	6430	cerah
16.01	238.50	235.20	238.20	2.10	2.10	2.10	1070	Mendung

2. Pada tanggal 19 November 2023

Tabel 2. Data Keluaran PLTS pada tanggal 19 November 2023

Jam (WIB)	Tegangan Output (V)			Arus Output (A)			Daya Output	Kondisi Cuaca
	R	S	T	R	S	T		
07.01	238.20	237.60	238.50	5.40	5.0	5.30	3670	berawan
08.59	237.10	237.10	238.30	11.10	11.10	11.10	7890	cerah
12.00	237.30	239.20	240.70	15.70	15.60	15.70	11220	Sangat cerah
14.03	240.10	236.60	239.00	9.20	9.20	9.10	6510	cerah
16.02	239.30	236.50	237.80	3.40	3.40	3.40	2220	berawan

3. Pada tanggal 20 November 2023

Tabel 3. Data Keluaran PLTS pada tanggal 20 November 2023

Jam (WIB)	Tegangan Output (V)			Arus Output (A)			Daya Output	Kondisi Cuaca
	R	S	T	R	S	T		
07.01	226.50	218.50	232.50	5.30	5.30	5.30	3470	berawan
09.00	221.80	207.80	226.70	12.30	12.20	12.10	8020	Sangat cerah
12.00	219.10	207.70	227.00	13.50	13.50	13.40	8950	Sangat cerah
14.04	208.20	202.70	218.80	10.20	10.10	10.10	6360	cerah
16.03	226.70	215.70	227.1	1.80	1.80	1.80	850	mendung

Dari tabel performa PLTS di atas, pada kondisi cuaca sangat cerah PLTS akan memproduksi energi listrik lebih dari 10000 Watt. Sedangkan untuk kondisi cuaca cerah PLTS akan memproduksi energi listrik sekitar 8000 Watt hingga 10000 Watt. Pada Kondisi cuaca sedikit berawan, PLTS akan memproduksi energi listrik dari 5000 Watt hingga 8000 Watt. Sedangkan pada cuaca mendung PLTS akan memproduksi



listrik kurang dari 5000 Watt. Maka dari itu kondisi cuaca sangat berpengaruh terhadap produksi listrik yang dihasilkan oleh PLTS. Semakin cerah kondisi cuaca maka produksi listrik yang dihasilkan akan semakin banyak, namun sebaliknya jika kondisi cuaca buruk maka produksi listrik yang dihasilkan akan semakin sedikit. Efisiensi panel surya merupakan persentase rasio output listrik dan melihat seberapa optimal kinerja dari panel surya. Efisiensi panel surya pada umumnya adalah sekitar 14-19% termasuk dalam kategori standar. Untuk mencari efisiensi panel surya, kita dapat menghitungnya menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\eta_{max} = \frac{P_{max}}{E \times A_c} \times 100\%$$

Keterangan :

P_{max} = Maximum Power Output (Watt)

E = Intensitas Cahaya (1000 W/m²)

A_c = Luas Penampang Panel Surya (m²)

Dari data spesifikasi panel surya pada Laboratorium Listrik dan Mekanik pada PPSDM MIGAS memiliki $P = 280$ Watt, dan dimensi panel adalah 1650 x 992 x 35 mm. Maka:

- a. Luas penampang panel surya

$$\begin{aligned} A_c &= \text{Panjang panel surya} \times \text{lebar panel} \\ &= 1,65 \text{ m} \times 0,992 \text{ m} \\ &= 1,637 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- b. Efisiensi panel surya P_{max}

$$\eta_{max} = \frac{P_{max}}{E \times A_c} \times 100\%$$

$$\eta_{max} = \frac{280}{1000 \times 1,637} \times 100\%$$

$$\eta_{max} = 17,1\%$$

Dari hasil perhitungan efisiensi panel surya di atas, didapatkan nilai efisiensi sebesar 17,1 % Efisiensi pada angka tersebut dapat dikatakan baik karena efisiensi standar pada umumnya sekitar 14-19% Efisiensi daya output merupakan rasio output yang dihasilkan PLTS ketika sedang bekerja. Hal ini berfungsi untuk melihat seberapa efisien output daya yang dihasilkan serta dibandingkan dengan daya output maksimum dari PLTS yang ada. PLTS pada Laboratorium Listrik dan Mekanik 1 di PPSDM MIGAS memiliki daya output maksimal sebesar 20kW maka untuk menghitung efisiensi daya output sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\text{Daya Output}}{\text{Daya maksimum PLTS}} \times 100\%$$



Berikut merupakan perhitungan pengaruh kondisi cuaca terhadap efisiensi output panel surya pada Laboratorium Listrik dan Mekanik 1 di PPSDM MIGAS.

1. Efisiensi PLTS pada kondisi sangat cerah

$$\eta = \frac{\text{Daya Output}}{\text{Daya maksimum PLTS}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{11220}{20000} \times 100\%$$

$$\eta = 56,1\%$$

2. Efisiensi PLTS pada kondisi cerah

$$\eta = \frac{\text{Daya Output}}{\text{Daya maksimum PLTS}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{6360}{20000} \times 100\%$$

$$\eta = 31,8\%$$

3. Efisiensi PLTS pada kondisi sedikit berawan

$$\eta = \frac{\text{Daya Output}}{\text{Daya maksimum PLTS}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{3470}{20000} \times 100\%$$

$$\eta = 17,35\%$$

4. Efisiensi PLTS pada kondisi mendung

$$\eta = \frac{\text{Daya Output}}{\text{Daya maksimum PLTS}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{850}{20000} \times 100\%$$

$$\eta = 4,25\%$$

Tabel 4. Hasil perhitungan efisiensi PLTS pada Laboratorium PPSDM MIGAS

Kondisi Cuaca	Efisiensi PLTS (%)	Keterangan
Sangat cerah	56,1%	Baik
Cerah	31,8%	Cukup
Berawan	17,35%	Kurang
mendung	4,25%	Sangat kurang

Dari data perhitungan efisiensi PLTS di atas, dapat kita ketahui bahwa kondisi cuaca sangat berpengaruh terhadap kinerja dan efisiensi PLTS. Dimana semakin bagus kondisi cuaca maka semakin besar efisiensi PLTS, sedangkan semakin buruk cuaca maka semakin kecil efisiensi PLTS.



KESIMPULAN

Hasil analisis, ditemukan bahwa intensitas sinar matahari yang tinggi pada kondisi cuaca sangat cerah dapat meningkatkan produksi energi listrik hingga lebih dari 10.000 Watt, dengan efisiensi mencapai 56,1%. Sebaliknya, pada kondisi cuaca mendung, produksi energi listrik menurun drastis menjadi kurang dari 5.000 Watt, dengan efisiensi hanya 4,25%.

Penelitian ini menunjukkan bahwa untuk memaksimalkan potensi energi surya, penting untuk mempertimbangkan faktor cuaca dalam perencanaan dan pengelolaan sistem PLTS. Hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan untuk meningkatkan efisiensi sistem PLTS di masa mendatang, serta memberikan panduan bagi pengembangan sistem energi terbarukan di daerah yang memiliki karakteristik cuaca serupa. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada upaya pemanfaatan energi terbarukan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Belva, C. D. Q., & Raspati, B. (2024). Pengembangan teknologi dalam memanfaatkan energi terbarukan di ibu kota Nusantara dengan program smart city. *Journal of Law, Administration, and Social Science*, 4(5), 906–919.
- Lufitra, H. (2022). Analisa pengaruh perubahan cuaca terhadap PLTS di SMK Sasmita Jaya 2 Pamulang (Doctoral dissertation, Universitas Pamulang).
- Nahela, S., Faridyan, I. F., Rachman, N. A., Risdiyanto, A., & Susanto, B. (2019). Analisa unjuk kerja grid tied inverter terhadap pengaruh radiasi matahari dan suhu PV pada PLTS on-grid. *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, 11(2), 60–65.
- Nazaar, A. A., & Sigga K, S. (2023). Penggunaan sistem pendingin temperatur menggunakan heatsink-fan sebagai peningkatan kinerja panel surya. *Politeknik Negeri Ujung Pandang*.
- Hazlif, N. (2019). Pengembangan model dan simulasi inverter satu fasa pada pembangkit listrik tenaga surya dengan metode kontrol arus ramp comparison current control. Vol. XIII No.6. <https://doi.org/10.33559/mi.v13i6.1407>
- Gevorkian, P. (2010). Solar power system physics and technologies. In *Alternative energy systems in building design* (pp. 143–145). The McGraw Hill Companies.
- Purnomo, S., Arief, Y. Z., Jaenul, A., & Wilyanti, S. (2023). Analisis pengaruh cuaca terhadap efisiensi panel surya grid tie menggunakan konfigurasi micro inverter dan string inverter terhadap energi yang dihasilkan. *Jurnal Media Elektro*, 100–110.
- Risdiyanta, R. (2015). Mengenal kilang pengolahan minyak bumi (refinery) di Indonesia. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 5(4). Diakses dari: <http://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/swarapatra/article/view/160>
- Putra, S., et al. (2014). Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya secara mandiri untuk rumah tinggal. *Prosiding SNC 2016*, ISSN 2540-7589.
- Satriady, A., Alamsyah, W., Saad, A. H., & Hidayat, S. (2016). Pengaruh luas elektroda terhadap karakteristik baterai LiFePO₄. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 6(2), 43–48.
- Solargis. (2022, December 15). Global solar atlas. Diakses dari <https://globalsolaratlas.info/download/indonesia>
- Widjanarko, P. W., Nugroho, W., Dani, A., & Alia, N. (2019). Studi implementasi small PLTS off grid berbasis baterai LiFePO₄ pada rumah tinggal daya tenaga surya 200 watt. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST*, 13(2), 10–14.



