

EVALUASI KINERJA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA HYBRID PADA GEDUNG CENTRE OF EXCELLENCE UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

Agung Febriana H^{1*}, Elih Mulyana² dan Bambang Trisno²

¹Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

²Pendidikan Teknik Otomasi Industri dan Robotika, Universitas Pendidikan Indonesia

**)E-mail: agungfebryana@upi.edu*

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Hybrid* yang terdiri atas PLTS 5,35 KwP dan PLTB 2 KW merupakan salah satu pembangkit listrik yang dibangun di lingkungan kampus Universitas Pendidikan Indonesia, digunakan sebagai salah satu energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan listrik berupa lampu sebanyak 54 buah dengan total daya sebesar 624 Watt di Gedung *Centre of Excellence* (CoE). Sejak dilakukan pembangunan PLTS *Hybrid*, belum banyak diketahui potensi produksi daya listrik yang dihasilkan, performa masing-masing pembangkit serta seberapa besar pengaruh produksi daya listrik terhadap konsumsi beban listrik harian. Sehingga diperlukan adanya evaluasi untuk mengetahui seberapa efektif kinerja sistem serta kendala-kendala yang terjadi pada PLTS *Hybrid*. Untuk mengetahui kinerja dari PLTS *Hybrid*, maka dilakukan observasi dengan cara pengukuran secara langsung dilapangan serta dilakukan analisa data perhitungan produksi daya, efisiensi dan pengaruh produksi daya yang dihasilkan terhadap penggunaan beban listrik. Hasilnya performa PLTS 18,52% dengan rata-rata harian intensitas radiasi matahari sebesar 518,22 W/m², dan menghasilkan produksi daya listrik sebesar 659,91 watt, mampu untuk memenuhi kebutuhan konsumsi beban listrik harian selama 11 jam pemakaian. Adapun performa PLTB 25,9, % dengan rata-rata harian kecepatan angin sebesar 2,2 m/s dan menghasilkan rata-rata produksi daya listrik harian selama 11 jam sebesar 12,89 watt belum mampu untuk memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pemakaian beban listrik yang digunakan.

Kata kunci: PLTS Hybrid, Performa, Produksi daya

Abstract

The Hybrid Solar Power Plant (PLTS), which consists of 5.35 KwP Solar Power Plant and 2 KW Wind Turbine, is one of the power plants built on the campus at Universitas Pendidikan Indonesia, used as an alternative energy to meet electricity needs in the form of 54 lamps with total power of 624 Watt in the Centre of Excellence (CoE) Building. Since the construction of the Hybrid Solar Power Plant, not much is known about the production potential of the generated electric power, the performance of each generator and how much influence the production of electric power has on the consumption of daily electricity loads. So that an evaluation is needed to find out how effective the system performance is and the constraints that occur in PLTS Hybrid. To find out the performance of the Hybrid Solar Power Plant, observations were made by means of direct measurements in the field and data analysis was carried out for calculating power production, efficiency and the effect of the resulting power production on the use of electrical loads. The result is a Solar Power Plant performance of 18.52% with an average daily solar radiation intensity of 518.22 W/m², and produces an electric power production of 659.91 watts, capable of meeting the needs of daily electricity consumption for 11 hours of use. The Wind Turbine performance is 25.9% with an average daily wind speed of 2.2 m/s and produces an average daily electric power production for 11 hours of 12.89 watts but has not been able to have a significant effect on the use of electricity load used.

Keywords: Hybrid Solar Power Plant, Performance, Power Production

1. Pendahuluan

Ketertarikan masyarakat terhadap kebutuhan sumber energi listrik menjadi salah satu kebutuhan utama di era saat ini. Namun, pemenuhan kebutuhan utama tersebut masih didominasi oleh sumber energi yang tidak baru dan

terbarukan [1]. Disisi lain, pemerintah mengharuskan akan perluasan dalam penggunaan energi baru dan terbarukan untuk mereduksi gas efek rumah kaca dan emisi karbon [2]. Hal ini didukung dengan letak geografis Indonesia yang berada di kawasan garis khatulistiwa yang memiliki potensi besar mengenai pemanfaatan sumber energi baru dan

terbarukan[3]. Berdasarkan data yang diperoleh dari 18 lokasi yang berbeda di Indonesia, didapat sebaran potensi iradiasi disebelah barat sebesar 4,5 kWh/m² dan sebelah timur sebesar 5,1 kWh/m² [4]. Sehingga bisa untuk dikembangkan jenis pembangkit listrik yang ramah lingkungan yang berhubungan dengan energi surya, salah satunya PLTS. PLTS merupakan jenis pembangkit yang dapat mengubah energi surya menjadi energi listrik melalui komponen utamanya yaitu *solar cell* [5].

Dalam pelaksanaannya, implementasi pembangkit listrik yang ramah lingkungan seperti PLTS kian populer karena penggunaannya yang mudah diatur serta bisa dikombinasikan dengan jenis pembangkit lainnya seperti PLTB guna menghasilkan sistem yang lebih handal dalam memasok kebutuhan energi listrik harian atau biasa yang disebut dengan PLTS *Hybrid* [6]. Untuk mendukung upaya tersebut, terutama dalam bidang pengembangan serta pemanfaatan energi baru dan terbarukan, Universitas Pendidikan Indonesia telah dan sedang melakukan pembangunan pembangkit listrik yang ramah lingkungan di beberapa gedung yang berpotensi untuk dibangun dilingkungan kampus. Salah satunya telah dipasang jenis Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Hybrid* pada atap Gedung *Centre of Excellence* yang terdiri dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya kapasitas daya 5,35 kWp dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu kapasitas daya 2 KW yang digunakan sebagai penyedia energi listrik untuk mensuplai kebutuhan daya listrik sebesar 624 Watt yang digunakan sebagai media penerangan berupa lampu.

Tetapi dalam pengaplikasiannya, perubahan cuaca yang kerap berubah dan tidak menentu setiap waktunya serta pemilihan tempat yang berpotensi adanya gangguan seperti pancaran iradiasi matahari yang tidak memenuhi STC (*Standard Test Condition*) sebesar 1000 W/m² [7], rata-rata kecepatan angin yang tidak memenuhi SNI 8398-2017 mengenai Panduan Studi Kelayakan PLTB dengan minimum kecepatan angin sebesar 4 m/s, sangat berpengaruh terhadap produksi daya listrik yang dihasilkan [8]. Disisi lain, meningkatnya perkembangan teknologi PLTS dan PLTB, namun belum adanya teknologi monitoring untuk merekam dan merekap data produksi daya secara real time sejak PLTS *Hybrid* dibangun. Sehingga tidak heran jika terdapat PLTS ataupun PLTB yang mengalami degradasi efisiensi bahkan kehilangan kemampuan kenersinya karena belum banyak diketahui potensi produksi daya listrik yang dihasilkan sejak dilakukan pembangunan [9].

Oleh karena itu, banyaknya faktor yang mempengaruhi terhadap besarnya produksi daya listrik dari masing-masing pembangkit, sehingga diperlukannya evaluasi kinerja sistem PLTS *Hybrid* untuk mengetahui performansi serta menentukan seberapa efektif penggunaan sistem PLTS *Hybrid* di lingkungan kampus Universitas Pendidikan Indonesia [10]. Adapun dalam menentukan kinerja suatu sistem PLTS *Hybrid*, dari berbagai kutipan jurnal mayoritas

hanya membahas mengenai produksi daya listrik dan nilai efisiensi yang dihasilkan. Mengenai kajian hal ini dapat dikatakan kurang, sehingga dibutuhkan parameter pengolahan data lainnya untuk mengevaluasi kinerja suatu PLTS *Hybrid*.

Pada penelitian ini, akan dipaparkan mengenai parameter kinerja sistem PLTS *Hybrid* yang lebih luas yaitu parameter produksi daya listrik, performansi, dan pengaruh hasil produksi daya listrik terhadap penggunaan beban listrik. Dengan mengacu pada *Standard Test Condition* (STC) dan Standard Nasional Indonesia (SNI) 8398-2017 yang diterbitkan oleh Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2018, untuk data hasil pengukuran intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin yang menjadi salah satu faktor utama dalam menentukan kinerja dari sistem PLTS *Hybrid*. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian tugas akhir dengan judul “Evaluasi Kinerja Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Hybrid* pada Gedung *Centre of Excellence* Universitas Pendidikan Indonesia” dimana evaluasi kinerja dari PLTS *Hybrid* ini untuk mengetahui persentase optimum yang dapat dihasilkan dari besar potensi radiasi matahari dan kecepatan angin yang direalisasikan pada PLTS *Hybrid*.

2. Kajian Pustaka

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Berdasarkan SNI 8395:2017, Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan sistem pembangkit listrik yang energinya bersumber dari radiasi matahari melalui konversi sel fotovoltaik. Semakin besar nilai intensitas radiasi (iradiasi) matahari yang mengenai sel fotovoltaik, maka akan semakin besar pula produksi daya listrik yang dihasilkan [11][12].

2.2. Rekonfigurasi PLTS

2.2.1. PLTS *On Grid*

PLTS *On Grid* merupakan sistem pembangkit listrik yang dihubungkan langsung dengan jaringan PLN tanpa menggunakan baterai untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan pancaran radiasi matahari menuju modul surya atau *fotovoltaic* modul untuk dikonversi menjadi energi listrik [11][13].

2.2.2. PLTS *Off Grid*

PLTS *Off Grid* merupakan sistem pembangkit listrik yang tidak terhubung langsung dengan PLN untuk menghasilkan energi listrik dengan hanya memanfaatkan pancaran radiasi matahari menuju modul surya atau *fotovoltaic* untuk dikonversi menjadi energi listrik. Pada sistem ini output energi daya listriknya dikelola secara mandiri dengan menggunakan media penyimpanan energi listrik yaitu baterai untuk didistribusikan ke pelanggan PLN tanpa terhubung dengan jaringan listrik dari PLN [14].

2.2.3. PLTS Hybrid

PLTS *Hybrid* merupakan sistem yang menggunakan lebih dari satu dari sistem pembangkit listrik dengan sumber energi energi yang berbeda. Tujuan utama dari sistem PLTS Hybrid yaitu untuk menghasilkan sistem yang lebih handal dan dapat saling menutupi kelemahan dari masing-masing jenis pembangkit yang digunakan [15].

2.3. Komponen Penghitung PLTS Hybrid

2.3.1. Produksi daya input PLTS

Daya *input* ini merupakan hasil dari konversi energi matahari menjadi energi listrik oleh panel surya. Daya input PLTS dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut [10]–[12]:

$$E = I \times A \tag{1}$$

Ket :

- E = Energi surya yang dihasilkan (W)
- I = Intensitas radiasi matahari (W/m²)
- A = Luas area panel surya (m²)

2.3.2. Produksi daya output PLTS

Produksi daya *output* PLTS mengacu pada jumlah daya listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTS dari panel surya setelah melalui proses konversi energi matahari menjadi energi listrik. Dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut [10], [12]:

$$P_{panel} = V_{panel} \times I_{panel} \tag{2}$$

Ket :

- P_{panel} = Daya panel (Watt)
- V_{panel} = Tegangan panel (Volt)
- I_{panel} = Arus panel (Amp)

2.3.3. Produksi daya Energi Kinetik PLTB

Produksi daya input ini bergantung pada kecepatan angin yang mengenai turbin dan karakteristik turbin itu sendiri. Dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [9][18]:

$$P = 0,5 \times \rho \times A \times v \tag{3}$$

Ket:

- P = Energi kinetik PLTB (watt)
- ρ = kerapatan udara (kg/m³)
- A = Luas penampang putaran turbin (m²)
- v = Kecepatan angin (m/s)

2.3.4. Produksi daya output PLTB

Produksi daya *output* PLTB mengacu pada jumlah daya listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTB dari putaran generator setelah melalui proses konversi energi angin menjadi energi listrik. Dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut [9], [14]:

$$P = V \times I \tag{4}$$

Ket:

- P = Daya (W)
- V = Tegangan (V)
- I = Arus (A)

2.3.5. Efisiensi PLTS

Efisiensi PLTS diukur dalam persentase dan dinyatakan sebagai perbandingan antara daya listrik *output* dengan daya matahari input yang diterima oleh panel surya. Rumus dasar untuk menghitung efisiensi PLTS adalah sebagai berikut [3], [15], [16]:

$$\eta = (P_{out}/P_{in}) \times 100\% \tag{5}$$

Ket:

- P = Daya (W)
- V = Tegangan (V)
- I = Arus (A)

2.3.6. Efisiensi PLTS terhadap konsumsi beban listrik

Efisiensi panel surya terhadap beban yang digunakan yang merupakan rasio antara daya keluaran rata-rata dalam kurun waktu tertentu dari panel surya dan daya yang dikonsumsi oleh beban pada kurun waktu tertentu. Dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [3], [17]:

$$\eta = (P_{out} / P_{beban}) \times 100\% \tag{6}$$

Ket :

- η = Efisiensi (%)
- P_{out} = Tegangan (W)
- P_{beban} = Arus (W)

2.3.7. Efisiensi PLTB

Efisiensi PLTB terhadap beban yang digunakan yang merupakan rasio antara daya keluaran rata-rata dalam kurun waktu tertentu dari panel surya dan daya yang dikonsumsi oleh beban pada kurun waktu tertentu. Dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [19]:

$$\eta = (P_{out} / P_{beban}) \times 100\% \tag{7}$$

Ket :

- η = Efisiensi (%)
- P_{out} = Tegangan (W)
- P_{beban} = Arus (W)

2.3.8. Standarisasi tegangan nominal 1 phase

Dengan melakukan pengukuran tegangan pada hasil keluaran dari Inverter, peneliti melakukan perbandingan dengan standar yang sudah ditetapkan oleh PLN yang tertera pada peraturan SPLN 1 1995 mengenai tegangan – tegangan standar disebutkan bahwa variasi tegangan pelayanan ditetapkan maksimum + 5% minimum - 10 % terhadap tegangan nominal .
Maka,

Drop Voltage = $V_n \times 10\%$
 Over Voltage = $V_n \times 10\%$

Ket :

V_n = Tegangan nominal I phase (220 - 230 VAC)

2.3.9. Efisiensi baterai

Efisiensi baterai dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara kapasitas pengosongan (*discharging*) dan kapasitas pengisian (*charging*), sehingga dapat dirumuskan [17], [20] :

$$\eta_{Ah} = (C_d / C_c) \times 100\% \quad (8)$$

Ket :

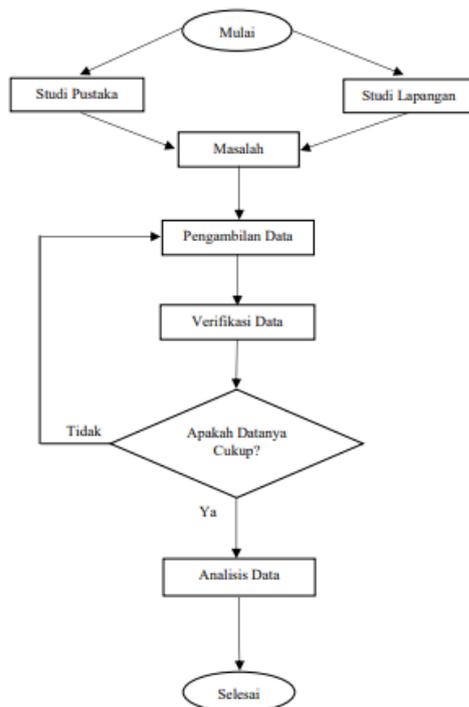
η_{Ah} = Efisiensi Baterai (100%)

C_d = Kapasitas Pengosongan (Ah)

C_c = Kapasitas Pengisian (Ah)

3. Metode

3.1. Desain Penelitian



Gambar 1. Alur Desain Penelitian

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif analitis yaitu membuat penulisan secara sistematis dan akurat tentang fakta yang diambil dengan melakukan observasi objek melalui penelitian secara tersusun dan terencana. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan perhitungan temuan yang didapat dan menganalisisnya untuk menentukan kesimpulan dalam rangka mendukung pengembangan jenis temuan yang didapat untuk kedepannya [15].

3.2. Lokasi Penelitian

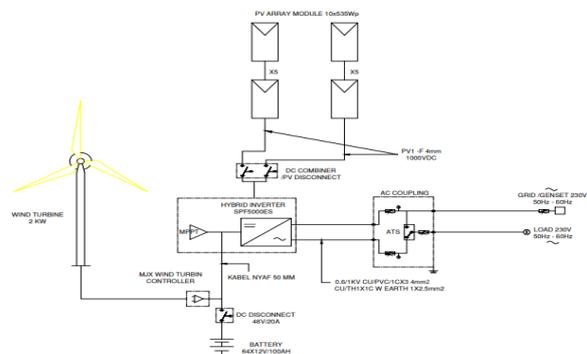


Gambar 2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berlokasi di Universitas Pendidikan Indonesia Bandung. PLTS *Hybrid* atap Gedung yang menjadi objek penelitian ini berada di atap Gedung *Centre of Excellence* (CoE). Objek yang menjadi bahan penelitian adalah pengukuran intensitas radiasi matahari, pengukuran kecepatan angin, pengukuran produksi daya PLTS, pengukuran produksi daya PLTB, pengukuran Baterai ketika pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*), serta pengukuran tegangan AC 1 Phase dari Inverter.

Proses pengukuran dan pengambilan data produksi daya pada PLTS *Hybrid* dilakukan selama 7 hari pada pukul 07.00 – 18.00 WIB bulan Mei 2023. Untuk indikator PLTS dengan variabel objeknya berupa data intensitas radiasi matahari dan produksi daya PLTS serta kecepatan angin untuk kebutuhan produksi daya PLTB. Kemudian peneliti akan melakukan penelitian secara menyeluruh yakni 24 jam dalam rentang jeda waktu tertentu dari pukul 01.00 – 24.00 WIB untuk melihat pengaruh dari kedua jenis pembangkit terhadap kondisi baterai serta rugi-rugi daya yang dihasilkan oleh output ac keluaran dari inverter ketika dihubungkan dengan beban. Untuk pelaksanaannya dimulai tanggal 5 Mei 2023 – 11 Mei 2023.

3.3. Data Penelitian



Gambar 3. Single Line Diagram

Tabel 1. Spesifikasi Modul Panel Surya

Keterangan	Spesifikasi
Cell	Monocrystalline
Dimensions	2279 mm x 1134 mm x 35 mm
Cable Cross Section Size	4 mm ² (IEC) 12 AWG(UL)
Rated Max Power	535 Wp
Open Circuit Voltage	49,45 Volt
Maks Power Voltgae	41,47 Volt
Open Circuit Current	13,79 A
Maks Power Current	12,9 A
Module efficiency	20,7%
STC	Irradiance 1000 W/m ² , 25°C

Data yang tertera pada Tabel 1. Merupakan spesifikasi modul surya yang digunakan dengan total kapasitas terpasang sebesar 5350 Wp yang dipasang secara seri sebanyak 10 modul panel surya.

Tabel 2. Data Spesifikasi PLTB

Keterangan	Spesifikasi
Rated output	2 KW
Rated Voltage	2,5 KW
Peak Output	48 VAC
Start up Wind Speed	2,5 m/s
Cut in Wind Speed	3,5 m/s
Rated Wind Speed	12 m/s
Rotor Diameter	1,24 m
Net Weight	48 Kg
Wind Turbine Control	Low Wind Speed Bost
Rated Voltage	48 VDC
Charging Mode	MPPT

Kondisi *Wind Turbine* model RC-2K yang terpasang pada atap Gedung CoE terdiri dari 1 buah yang akan beroperasi secara normal dimulai dari kecepatan angin 2,5 m/s – 12 m/s dengan total kapasitas daya 2 KW dengan hasil keluaran berupa listrik AC dengan nilai efisiensi sekitar 30 % - 40 %. Untuk mengubah listrik AC yang dihasilkan oleh PLTB, maka dipasang *Wind Turbine Control* dengan tegangan 48 VDC.

Tabel 3. Data Spesifikasi Inverter

Keterangan	Spesifikasi
Rated Power	5000 VA
Surge Power	10000 VA
Efficiency	93%

Pada Tabel 3. menunjukkan data spesifikasi inverter yang digunakan menggunakan tipe inverter hybrid dengan total kapasitas daya sebesar 5 KVA.

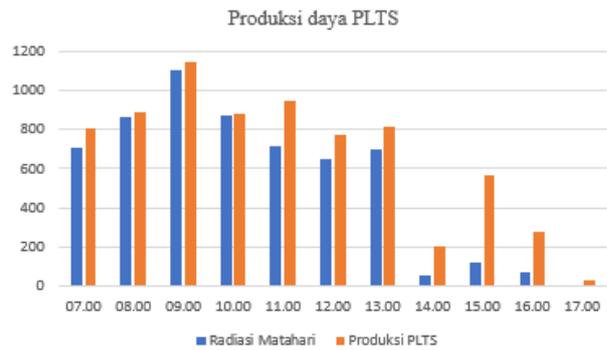
Tabel 4. Data Spesifikasi Baterai

Keterangan	Spesifikasi
Nominal Voltage	100 Ah, 12 V
Total Height	8,66 inch
Approx Weight	32 Kg
Maximum Charge Current	20 A
Maximum Discharge Current	800 A (5 sec)
Dept of Discharge	80 %

Pada Tabel 4. menunjukkan data kapasitas baterai yang digunakan untuk memberikan pasokan penyimpanan energi yang dihasilkan oleh PLTS *Hybrid* pada gedung CoE sebanyak 4 buah baterai yang dihubungkan secara seri dengan total kapasitas 100 Ah 48 VDC.

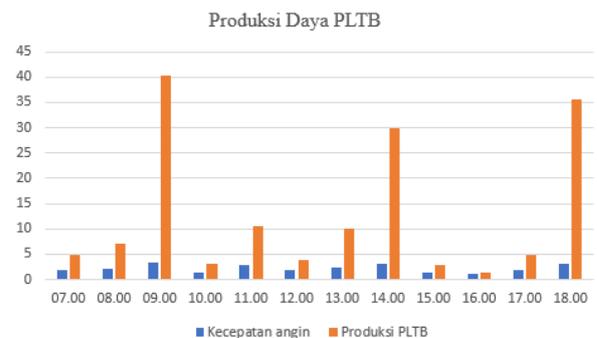
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Produksi daya



Gambar 4. Grafik Produksi daya PLTS dan iradiasi

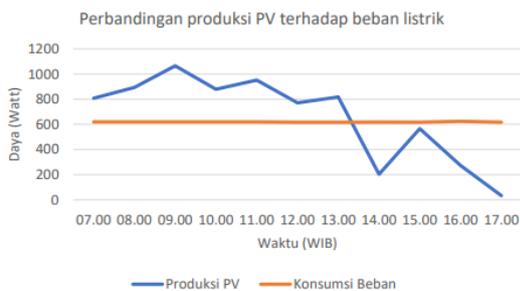
Dari hasil pengukuran yang dilakukan, data intensitas radiasi matahari tertinggi yang diterima oleh panel surya ada di angka 1107 W/m² yang terjadi pada pukul 09.00 WIB dengan kondisi cuaca cerah berawan dan berhasil mengkonversi daya listrik sebesar 1065,12 Watt. Sedangkan data intensitas radiasi matahari terkecil yang diterima oleh panel surya ada di angka 0,9 W/m² dengan menghasilkan daya listrik sebesar 33,02 Watt yang terjadi pada pukul 17.00 WIB pada saat kondisi hujan



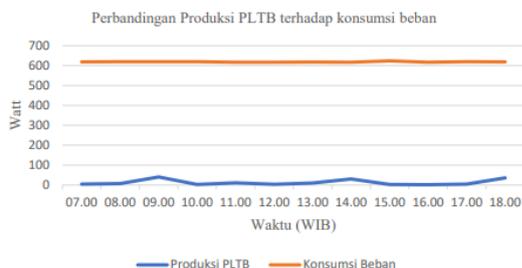
Gambar 5. Grafik Produksi daya PLTB dan kecepatan angin

Hasil pengukuran menunjukkan data kecepatan angin tertinggi yang diterima oleh PLTB ada di angka 3,4m/s yang terjadi pada pukul 09.00 WIB dengan kondisi cuaca cerah dan berhasil mengkonversi daya listrik sebesar 40,4 Watt. Sedangkan data kecepatan angin terkecil yang diterima oleh turbin angin ada di angka 1,2 m/s dengan menghasilkan daya listrik sebesar 1,47 Watt yang terjadi pada pukul 16.00 WIB pada saat kondisi cerah berawan

terhadap besaran intensitas radiasi matahari yang diterima. Rata-rata besaran produksi daya PLTS berada diangka 659,91 Watt. Artinya produksi daya PLTS dan konsumsi beban terlalu balance, sehingga produksi daya yang dihasilkan oleh PLTS rata-rata mampu memenuhi kebutuhan beban listrik selama proses PLTS itu bekerja atau hanya pada waktu siang hari.



Gambar 9 Produksi PLTS terhadap beban listrik



Gambar 10 Produksi PLTB terhadap beban listrik

Pada Gambar 10 mengenai grafik perbandingan produksi daya PLTB terhadap konsumsi beban harian menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang cukup jauh. Kapasitas maksimum produksi daya PLTB selama kurun waktu 11 Watt sebesar 40,4 Watt sedangkan rata-rata konsumsi beban dalam kurun waktu yang sama berada diangka 618 Watt. Artinya hasil produksi daya PLTB terhadap konsumsi beban listrik yang digunakan sangat kecil pengaruhnya. Dikarenakan terdapat faktor kondisi angin yang tidak stabil dan relatif kecil sehingga pada saat malam hari sistem akan langsung berpindah ke grid PLN dengan tujuan untuk menjaga sistem tetap handal.

4.3. Pembahasan

4.3.1. Produksi daya PLTS Hybrid

Dari hasil pengukuran yang dilakukan pada PLTS, berdasarkan standar yang telah ditetapkan, bahwa pancaran intensitas radiasi matahari dilokasi penelitian mampu mencapai nilai STC (*Standard Test Conditions*) sebesar 1000 W/m² [17][18] berdasarkan spesifikasi pabrikan tipe panel surya yang digunakan dan juga mengacu pada panduan evaluasi sistem PLTS *Photovoltaic* tahun 2021 yang diterbitkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral [19][20].

Pada Produksi daya PLTB, hasil pengukuran diketahui nilai rata-rata hasil pengukuran kecepatan angin sebesar 2,2 m/s selama 11 jam pengukuran dari rentan pukul 07.00 – 18.00 WIB, dengan mampu mencapai nilai maksimum sebesar 3,4 m/s. Berdasarkan SNI 8398-2017 mengenai Panduan Studi Kelayakan Pembangunan PLTB disebutkan bahwa kecepatan angin minimum sebesar 4 m/s untuk PLTB berskala mikro [21]-[23]. Hal ini menyebabkan hasil produksi daya yang dihasilkan oleh PLTB pun relatif kecil, yaitu hanya mampu mencapai kapasitas maksimum sebesar 40,4 Watt, sehingga pemasangan PLTB dilokasi penelitian perlu ditinjau ulang mengenai potensi yang ada, sehingga bisa menghasilkan produksi daya listrik yang maksimal.

4.3.2. Performansi PLTS Hybrid

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa efisiensi PLTS sebesar 18,52 %. Hasil perhitungan efisiensi yang didapat dari penerapan produksi PLTS di lokasi penelitian mendekati nilai efisiensi yang telah ditetapkan baik daripabrikannya yaitu sebesar 20,1 % dan juga buku pedoman mengenai Panduan Studi Kelayakan PLTS Terpusat yang diterbitkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) tahun 2018 yaitu sebesar 15 – 20 % dengan menggunakan tipe *monocrystalline*[24]. Sehingga hasil produksi PLTS tidak terjadi degradasi efisiensi dan mampu untuk mengoptimalkan potensi pancaran radiasi matahari yang diterima oleh panel surya yang mampu mencapai nilai maksimum sebesar 1107 W/m² dengan rata-rata harian sebesar 510,52 W/m².

Adapun dalam pengaplikasian jenis pembangkit ramah lingkungan seperti PLTB di lingkungan lokasi penelitian, didapatkan nilai efisiensi dari PLTB sangat kecil yaitu sebesar 25,9%. selain itu, perputaran turbin yang tidak terlalu lama dan tidak selalu sering berputar setiap waktunya, yaitu sekitar kurang lebih hanya satu menit dalam setiap kali berputar. Mengakibatkan hasil daya listriknya pun tidak terlalu optimal dan cenderung posisi turbin angin itu sendiri tidak selalu berputar setiap waktu sehingga besar efisiensi yang didapat pun kecil [25].

Untuk hal tersebut, perlu adanya lagi perbaikan dari sisi relokasi penempatan turbin angin serta desain pemilihan Turbin angin dan *Wind Turbine Control* yang disesuaikan dengan potensi kecepatan angin yang didapat dilokasi penelitian dan hal lainnya yang mempengaruhi tingkat efisiensi yang terdapat pada PLTB untuk mengharapkan hasil daya yang diinginkan dari pembangunan jenis pembangkit dikawasan perkotaan.

4.3.3. Pengaruh Produksi daya PLTS Hybrid terhadap beban listrik.

Hasil pengukuran didapat bahwa mayoritas penggunaan beban listrik dengan rata-rata penggunaan sebesar 618 Watt hours, mayoritas disupply oleh hasil produksi dari PLTS

dengan rata-rata sebesar 687,92 Watt hours dalam satu hari penyinaran matahari, adapun PLTB sebesar 12,83 Watt hours. Dari data tersebut, terjadi adanya perbandingan antara hasil produksi PLTS *Hybrid* dan konsumsi beban listrik yang terlalu seimbang.

Oleh karena itu, berdasarkan pada Gambar 7 mengenai besar kapasitas baterai, nilai batas ambang kapasitas yang telah ditentukan sebesar 20% terjadi pada pukul 17.00 WIB. Hasil total perhitungan energi yang dihasilkan oleh PLTS *Hybrid* sebanyak 6,98 Kwh dan pemakaian beban listrik sebesar 6,79 Kwh. Dari hasil analisis tersebut, bisa disimpulkan bahwa pemasangan sistem PLTS *Hybrid* hanya mampu menopang kebutuhan beban listrik harian selama 11 jam pemakaian. Untuk meningkatkan lama pemakaian terhadap beban listrik berupa media penerangan seperti lampu, peneliti menyarankan supaya dipasang sistem *timer* pada sistemnya [26],[27]. Dengan tujuan untuk mengatur bahwa hasil produksi dari PLTS *Hybrid* hanya digunakan pada saat jam malam hari yaitu direntan pukul 18.00 – 06.00 WIB.

5. Kesimpulan

Dalam penerapan sistem pembangkit listrik tenaga surya hibrida di lingkungan kampus Universitas Pendidikan Indonesia, bahwasannya produksi daya yang dihasilkan oleh PLTS mampu menghasilkan daya maksimum sebesar 1065 Watt dengan rata-rata harian sebesar 659,91 Watt. Sedangkan produksi daya maksimum yang dihasilkan oleh PLTB sebesar 40,3 Watt dengan rata-rata harian sebesar 12,89 Watt.

Sehingga performa PLTS pada Gedung *Centre of Excellent* (CoE) Universitas Pendidikan Indonesia didapat sebesar 18,52 %, dan performa PLTB didapat sebesar 25,9 %. Dengan besaran pengaruh produksi daya yang dihasilkan terhadap kebutuhan konsumsi beban harian yang digunakan, bahwasannya mayoritas produksi PLTS mampu untuk memenuhi kebutuhan harian konsumsi beban listrik selama 11 jam pemakaian, sedangkan total produksi yang dihasilkan oleh PLTB belum mampu untuk memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pemakaian beban listrik yang digunakan.

Referensi

[1]. A. Apridialianti Melkias and B. Yulianto, "Analisis Evaluasi Kinerja 'Solar Cell-Hybrid Off Grid' 18 kWp Gedung Lab.Surya-Teknik Konversi Energi POLBAN," Industrial Research and National Seminar, 2015.

[2]. T. Afolabi and H. Farzaneh, "Optimal Design and Operation of an Off-Grid Hybrid Renewable Energy System in Nigeria's Rural Residential Area, Using Fuzzy Logic and Optimization Techniques," Sustainability (Switzerland), vol. 15, no. 4, 2023, doi: 10.3390/su15043862.

[3]. A. J. J. Céspedes, B. H. B. Pangestu, A. Hanazawa, and M. Cho, "Performance Evaluation of Machine Learning Methods for Anomaly Detection in CubeSat Solar Panels," Applied Sciences (Switzerland), vol. 12, no. 17, 2022, doi: 10.3390/app12178634.

[4]. O. Almora et al., "Device Performance of Emerging Photovoltaic Materials (Version 3)," Adv Energy Mater, vol. 13, no. 1, 2023, doi: 10.1002/aenm.202203313.

[5]. Timothy, "Renewable energy sources: A variable choice," Environment: Science and Policy for Sustainable Development, pp. 8–20, 2018.

[6]. P. Malbaza, B. Maikano, M. Saidou, and B. Makinta, "Performance Ratio and Loss Analysis for a Grid-Connected Solar Photovoltaic System: Case of the 7MW," vol. 13, no. 1, pp. 38–45, 2023, doi: 10.9734/JENRR/2023/v13i1256.

[7]. A. Rachmi, B. Prakoso, Hanny Berchmans, I. Devi Sara, and Winne, "Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS atap di Indonesia," PLTS Atap, p. 94, 2020.

[8]. Suparwoko and F. A. Qamar, "Techno-economic analysis of rooftop solar power plant implementation and policy on mosques: an Indonesian case study," Sci Rep, vol. 12, no. 1, pp. 1–18, 2022, doi: 10.1038/s41598-022-08968-6.

[9]. D. N. Anwar, S. D. Ramdani, M. Fawaid, H. Abdillah, and M. Nurtanto, "Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Tipe Hawt 3 Propeler Sebagai Media Pembelajaran: Konseptual Konversi Energi," Steam Engineering, vol. 2, no. 2, pp. 65–72, 2021.

[10]. S. K. Yadav and U. Bajpai, "Performance evaluation of a rooftop solar photovoltaic power plant in Northern India," Energy for Sustainable Development, vol. 43, pp. 130–138, 2018, doi: 10.1016/j.esd.2018.01.006.

[11]. S. Atmadi and A. J. Fitroh, "Rancangan Sistem Orientasi Ekor Turbin Angin 50 kW," Penelltl Pusat Teknologi Terapan, LAPAN, vol. 5, pp. 113–117, 2007.

[12]. I. Rahardjo and I. Fitriana, "Strategi analisis potensi pembangkit listrik tenaga surya," no. March 2016.

[13]. Ima Rochimawati, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya," Strategy : Jurnal Teknik Industri, vol. 1, no. 1, 2019, doi: 10.37753/strategy.v1i1.7.

[14]. A. S. Joshi, I. Dincer, and B. V. Reddy, "Performance analysis of photovoltaic systems: A review," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 13, no. 8, pp. 1884–1897, 2009, doi: 10.1016/j.rser.2009.01.009.

[15]. A. Bachtiar and W. Hayyatul, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras," Jurnal Teknik Elektro ITP, vol. 7, no. 1, pp. 34–45, 2018, doi: 10.21063/jte.2018.3133706.

[16]. I. Jamil, H. Lucheng, S. Habib, M. Aurangzeb, E. M. Ahmed, and R. Jamil, "Performance evaluation of solar power plants for excess energy based on energy production," Energy Reports, vol. 9, pp. 1501–1534, 2023, doi: 10.1016/j.egy.2022.12.081.

[17]. S. Pindado, J. Cubas, and F. Sorribes-Palmer, The cup anemometer, A fundamental meteorological instrument for the wind energy industry. Research at the IDR/UPM institute, vol. 14, no. 11. 2014. doi: 10.3390/s141121418.

[18]. Soeripno MS and M. Ibrochim, "Analisa Potensi Energi Angin Dan Estimasi Energi Output Turbin Angin Di Lebak Banten," Jurnal Teknologi Dirgantara, vol. 1, no. Juni, pp. 51–59, 2009.

- [19]. Bayuaji Kencana et al., "Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat," *Indonesia Clean Energy Development II*, no. November, p. 68, 2018.
- [20]. H. F. Ummah, R. Setiati, Y. B. V. Dadi, M. N. Ariq, and M. T. Malinda, "Solar energy as natural resource utilization in urban areas: Solar energy efficiency literature review," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 780, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/780/1/012007.
- [21]. A. J. Veldhuis and A. H. M. E. Reinders, "Reviewing the potential and cost-effectiveness of off-grid PV systems in Indonesia on a provincial level," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 52, pp. 757–769, 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.07.126.
- [22]. A. Fran et al., "Republic of Indonesia : Sustainable and Inclusive," no. January, 2018.
- [23]. W. de Araujo Silva Júnior et al., "Characterization of the Operation of a BESS with a Photovoltaic System as a Regular Source for the Auxiliary Systems of a High-Voltage Substation in Brazil," *Energies (Basel)*
- [24]. A. Innovations et al., "SIMULATION AND DESIGN OF AN ENERGY ACCUMULATOR AROUND," no. 46, pp. 66–79, 2023.
- [25]. M. Aghaei et al., "Review of degradation and failure phenomena in photovoltaic modules," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 159, no. February, p. 112160, 2022, doi: 10.1016/j.rser.2022.112160.
- [26]. S. Pescetelli et al., "Integration of two-dimensional materials-based perovskite solar panels into a stand-alone solar farm," *Nat Energy*, vol. 7, no. 7, pp. 597–607, 2022, doi: 10.1038/s41560-022-01035-4.
- [27]. K. M. Kennedy et al., "The role of concentrated solar power with thermal energy storage in least-cost highly reliable electricity systems fully powered by variable renewable energy," *Advances in Applied Energy*, vol. 6, no. March, p. 100091, 2022