

# Performance and Energy Efficiency Analysis of a Rooftop Photovoltaic System in an Office Building Using SolisCloud

Mario Roal<sup>\*1</sup>, Hery Julianto<sup>2</sup>, Ferdyanto<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Pontianak, Pontianak

<sup>2</sup> Disperindag ESDM, Provinsi Kalimantan Barat, Pontianak

<sup>3</sup> Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro, UPN Veteran Jakarta, Jakarta

e-mail: <sup>1</sup>marioroal@polnep.ac.id, <sup>2</sup>heryjulianto@gmail.com, <sup>3</sup>ferdy@upnvj.ac.id

## Abstrak

Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap pada gedung perkantoran merupakan salah satu upaya untuk mendukung transisi energi dan meningkatkan efisiensi konsumsi energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem PLTS Atap serta menganalisis efisiensi konsumsi energi listrik pada Gedung DISPERINDAG ESDM Provinsi Kalimantan Barat. Penelitian dilakukan dengan metode studi kasus menggunakan pendekatan kuantitatif dan evaluatif, berdasarkan data operasional sistem PLTS Atap yang diperoleh melalui aplikasi SolisCloud selama tahun 2024 serta data konsumsi energi listrik sebelum dan sesudah pemasangan PLTS. Evaluasi kinerja sistem dilakukan menggunakan parameter Performance Ratio (PR) dan Yield Factor (Yf) mengacu pada standar IEC 61724-1:2017. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem PLTS Atap menghasilkan energi listrik sebesar 30.719 kWh dengan nilai PR rata-rata 70,72% dan Yf sebesar 3,36 kWh/kWp. Konsumsi energi listrik dari jaringan PLN menurun dari 81.259 kWh pada tahun 2023 menjadi 61.684 kWh pada tahun 2024, sehingga diperoleh efisiensi konsumsi energi listrik sebesar 24%.

**Kata kunci :** PLTS Atap, Performance Ratio, Yield Factor, Efisiensi konsumsi energi listrik, Gedung Perkantoran

## Abstract

The utilization of rooftop photovoltaic (PV) systems in office buildings is one of the efforts to support the energy transition and improve electricity consumption efficiency. This study aims to evaluate the performance of a rooftop PV system and analyze the efficiency of electricity consumption at the DISPERINDAG ESDM Office Building of West Kalimantan Province. The research was conducted as a case study using a quantitative and evaluative approach, based on operational data of the PV system obtained from the SolisCloud application during 2024, as well as electricity consumption data before and after the installation of the PV system. System performance was evaluated using the Performance Ratio (PR) and Yield Factor (Yf) parameters in accordance with the IEC 61724-1:2017 standard. The results show that the PV system generated a total electrical energy of 30,719 kWh, with an average PR value of 70.72% and a Yf of 3.36 kWh/kWp. Electricity consumption from the PLN grid decreased from 81,259 kWh in 2023 to 61,684 kWh in 2024, resulting in an electricity consumption efficiency of 24%.

**Keywords:** Rooftop Photovoltaic System, Performance Ratio, Yield Factor, electricity consumption efficiency, office building

## 1. PENDAHULUAN

Krisis energi global dan meningkatnya emisi gas rumah kaca terutama karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), kini menjadi persoalan utama di sektor energi selain itu ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar fosil tidak hanya membuat pasokan energi semakin terbatas, tetapi juga

memperburuk dampak perubahan iklim [1]. Menyikapi kondisi tersebut, pemerintah Indonesia mendorong percepatan transisi energi

melalui pengembangan Energi Baru Terbarukan (EBT) sebagai upaya untuk menurunkan emisi karbon dan mencapai target Net Zero Emission pada tahun 2060. Upaya ini diwujudkan melalui berbagai kebijakan, salah satunya Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 yang menekankan percepatan pengembangan energi terbarukan untuk penyediaan tenaga listrik [2]. Selain itu, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) juga mendorong pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap, khususnya pada gedung pemerintahan dan sektor publik, sebagai langkah nyata untuk meningkatkan efisiensi konsumsi energi sekaligus memanfaatkan sumber energi yang lebih ramah lingkungan. Kebijakan tersebut sejalan dengan Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Barat Nomor 9 Tahun 2021 yang memuat arah kebijakan dan perencanaan pengelolaan energi daerah hingga tahun 2050, dengan fokus pada peningkatan pemanfaatan EBT, efisiensi konsumsi energi, serta pembangunan sistem energi yang berkelanjutan dan berkeadilan [3].

Sejalan dengan kebijakan tersebut, penerapan PLTS Atap di lingkungan perkantoran pemerintah memiliki peran yang cukup strategis. Selain mendukung kebijakan energi nasional dan daerah, sistem ini juga dapat menjadi contoh nyata pemanfaatan energi bersih bagi masyarakat. Namun demikian, meskipun implementasi PLTS Atap

terus didorong, kajian yang membahas kinerja dan efisiensi konsumsi energi dari sistem PLTS Atap yang telah terpasang di instansi pemerintah masih relatif terbatas.

Untuk menilai sejauh mana sistem PLTS Atap beroperasi secara optimal, diperlukan evaluasi kinerja yang terukur. Secara umum, kinerja sistem PLTS Atap dapat dianalisis menggunakan parameter Performance Ratio (PR) dan Yield Factor (Yf), yang menggambarkan tingkat efektivitas sistem dalam mengonversi radiasi matahari menjadi energi listrik. Selain itu, efisiensi konsumsi energi gedung juga dapat dianalisis melalui perbandingan konsumsi energi listrik sebelum dan sesudah pemasangan sistem PLTS Atap.

Dalam mendukung proses evaluasi tersebut, sistem monitoring berbasis aplikasi seperti SolisCloud memungkinkan data produksi energi PLTS dipantau secara real-time dan lebih akurat. Meskipun data operasional tersedia dengan cukup lengkap, pemanfaatannya sebagai bahan kajian untuk mengevaluasi kinerja dan dampak efisiensi konsumsi energi PLTS Atap masih belum dimanfaatkan secara optimal dalam penelitian ilmiah.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem PLTS Atap yang terpasang pada gedung kantor DISPERINDAG ESDM Provinsi Kalimantan Barat dengan memanfaatkan data produksi energi dari aplikasi SolisCloud dengan mengacu pada standar IEC 61724-1:2017 [4]. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis efisiensi konsumsi energi listrik gedung dari jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN) melalui perbandingan konsumsi energi sebelum dan sesudah pemasangan sistem PLTS Atap. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai pemanfaatan energi terbarukan di gedung perkantoran serta menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan dan optimalisasi sistem PLTS Atap ke depannya.

## **2. METODE**

### **2.1 Lokasi dan Objek Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di gedung kantor Dinas Perindustrian, Perdagangan, Energi dan Sumber Daya Mineral (DISPERINDAG ESDM) Provinsi Kalimantan Barat. Gedung ini telah menggunakan sistem PLTS Atap sejak Juli 2023. Sistem yang terpasang terdiri dari modul surya, inverter tipe grid-tied, serta sistem monitoring berbasis aplikasi SolisCloud yang memungkinkan data operasional dipantau secara langsung dan real-time.

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus pada satu bangunan. Fokus utama penelitian adalah mengevaluasi kinerja sistem PLTS Atap yang telah terpasang, sekaligus melihat sejauh mana sistem tersebut berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi konsumsi energi listrik gedung setelah instalasi dilakukan.

## 2.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus dengan metode kuantitatif dan evaluatif untuk melihat kinerja serta efisiensi konsumsi energi dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap pada gedung perkantoran. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengolah data operasional aktual PLTS selama periode pengamatan. Sementara itu, pendekatan evaluatif diterapkan dengan membandingkan kinerja sistem terhadap parameter dan standar yang berlaku, sehingga performa sistem dapat dinilai secara objektif.

## 2.3 Sumber dan Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Dimana data primer mempresentasikan kondisi operasional sistem PLTS Atap di lokasi penelitian sedangkan data sekunder berfungsi sebagai data pendukung dalam perhitungan parameter kinerja, analisis efisiensi konsumsi energi serta estimasi dampak terhadap lingkungan untuk mengevaluasi sistem PLTS Atap.

### 2.3.1 Data Primer

Data primer dalam penelitian ini meliputi:

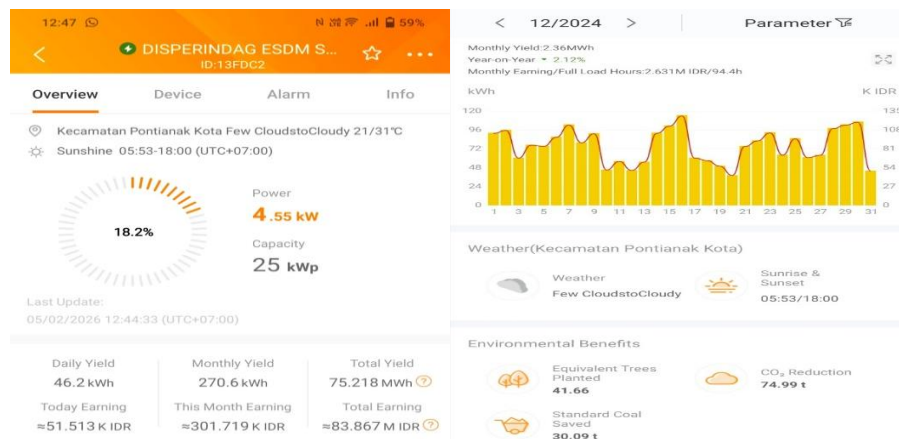
- Spesifikasi sistem PLTS Atap

Spesifikasi sistem PLTS Atap pada penelitian ini diperoleh dari dokumen instalasi dan pengamatan langsung di lokasi penelitian. Dimana data yang diambil meliputi kapasitas sistem terpasang, jenis dan jumlah panel/modul surya, tipe inverter, konfigurasi sistem serta tata letak instalasi pada sistem. Spesifikasi sistem ini dilengkapi dengan gambar layout serta diagram instalasi yang dapat memberikan gambaran rinci mengenai konfigurasi sistem secara keseluruhan.

- Data operasional sistem PLTS Atap berbasis SolisCloud

Data operasional sistem diperoleh dari aplikasi SolisCloud, dimana aplikasi ini adalah merupakan platform monitoring berbasis web dan mobile yang terintegrasi dengan perangkat inverter pada sistem PLTS Atap [5]. Aplikasi ini digunakan untuk memantau kinerja sistem PLTS Atap terpasang secara real time, meliputi produksi energi listrik (kWh), daya keluaran inverter (kWh), status operasional pada sistem serta akumulasi energi harian dan bulanan. Data yang diperoleh dari aplikasi ini digunakan untuk menganalisis kinerja sistem PLTS Atap meliputi perhitungan PR dan Yf.

Tampilan aplikasi SolisCloud yang digunakan sebagai monitoring sistem PLTS Atap ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 1 Tampilan Aplikasi SolisCloud pada Mobile Phone

### 2.3.2 Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Data konsumsi energi listrik pada Gedung Disperindag ESDM

Data konsumsi energi listrik pada gedung dianalisis berdasarkan data konsumsi energi listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) selama periode 12 bulan pada tahun 2023 sebagai kondisi sebelum sistem PLTS Atap terpasang, serta data konsumsi energi listrik selama periode 12 bulan

pada tahun 2024 setelah sistem PLTS Atap beroperasi. Perbandingan konsumsi energi listrik ini digunakan untuk menghitung efisiensi konsumsi energi listrik pada gedung serta menilai kontribusi sistem PLTS Atap dalam mengurangi ketergantungan terhadap energi listrik konvensional.

Data ini menjadi dasar evaluasi keberhasilan implementasi sistem PLTS serta dapat menjadi acuan dalam pengembangan strategi pengelolaan energi pada gedung perkantoran.

- Data iradiasi matahari ( $\text{kWh/m}^2$ )

Data iradiasi harian rata-rata, baik pada Global Horizontal Irradiance (GHI) maupun pada bidang panel surya/Plane of Array (PoA) diperoleh dari database resmi National Aeronautics and Space Administration (NASA) melalui platform Power Data Access Viewer [6].

Data iradiasi ini disesuaikan dengan koordinat geografis lokasi sistem PLTS Atap terpasang, sehingga dapat memberikan informasi nilai radiasi matahari yang akurat dan relevan secara geografis, data ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem PLTS Atap.

- Dokumen teknis sistem PLTS Atap

Dokumen teknis sistem PLTS Atap yang digunakan dalam penelitian ini meliputi datasheet panel surya dan inverter yang diperoleh dari pabrikan serta dokumen instalasi sistem. Dokumen ini memuat informasi teknis seperti kapasitas nominal sistem ( $\text{kWp}$ ), daya maksimum modul, karakteristik inverter serta batasan operasi sistem. Data ini digunakan sebagai acuan dalam perhitungan parameter kinerja sistem PLTS Atap seperti PR dan Yf untuk mengevaluasi performa pada sistem terpasang.

## 2.4 Parameter Kinerja Sistem PLTS Atap

Parameter yang digunakan untuk menganalisis kinerja sistem PLTS Atap ini meliputi:

### 2.4.1 Performance Ratio (PR)

Analisis PR digunakan untuk mengetahui seberapa efisiensi sistem dalam mengonversi energi matahari yang tersedia menjadi energi listrik yang dapat digunakan. Parameter ini dihitung berdasarkan standar IEC 61724-1 2017 dan mencerminkan rasio energi aktual yang dihasilkan terhadap energi potensial yang seharusnya dapat dihasilkan oleh sistem PLTS Atap dalam kondisi yang ideal, dalam kata lain PR ini dapat memberi gambaran yang jelas tentang seberapa baik sistem PLTS Atap ini bekerja. Beberapa studi teknis menyatakan bahwa sistem fotovoltaik dengan nilai PR pada kisaran 70–90% umumnya menunjukkan kinerja yang baik [7].

Nilai PR dihitung menggunakan persamaan di bawah ini [8]:

$$PR = \frac{EAC}{P_{nom} \times HPOA} \times 100\%$$

dimana,

PR : Performance Ratio (%)

EAC : Energi Aktual yang dikeluarkan oleh Inverter/ Sistem PLTS Atap ( $\text{kWh}$ )

$P_{nom}$  : Daya yang terpasang pada sistem PLTS Atap ( $\text{kWp}$ )

HPOA : Radiasi matahari pada bidang panel ( $\text{kWh/m}^2/\text{hari}$ )

### 2.4.2 Yield Factor (Yf)

Yf menunjukkan jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTS Atap per satuan kapasitas terpasang ( $\text{kWp}$ ) pada suatu periode tertentu. Parameter ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar produktivitas sistem dalam menghasilkan energi listrik relatif terhadap kapasitas nominalnya. Nilai Yf menggunakan persamaan di bawah ini [9]:

$$Yf = \frac{EAC}{P_{nom}}$$

dimana,

Yf : Yield Factor ( $\text{kWh/kWp}$ )

EAC : Energi Aktual yang dikeluarkan oleh Inverter/ Sistem PLTS Atap ( $\text{kWh}$ )

$P_{nom}$  : Daya yang terpasang pada sistem PLTS ( $\text{kWp}$ )

### 2.4.2 Penurunan Emisi Karbon ( $\text{CO}_2$ )

Sistem PLTS bisa dijadikan pilihan untuk mengurangi efek gas rumah kaca karena sistem ini tidak menghasilkan CO<sub>2</sub> [10]. Perhitungan penurunan emisi dilakukan dengan menghitung jumlah CO<sub>2</sub> yang tidak dilepaskan saat menggunakan sistem PLTS Atap terpasang. Nilai CO<sub>2</sub> emisi menggunakan persamaan di bawah ini [11]:

$$CO_2 \text{ Emisi} = E \times EF$$

dimana,

E : Energi Listrik (kWh)

EF : Emission Factor (kg/kWh)

### 2.5 Analisis Efisiensi Konsumsi Energi Pada Gedung

Analisis efisiensi konsumsi energi ini dilakukan dengan membandingkan konsumsi energi pada gedung sebelum dan sesudah sistem PLTS Atap dipasang. Tingkat efisiensi konsumsi energi listrik pada gedung dihitung menggunakan persentase penurunan konsumsi energi listrik dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [12]:

$$EE = \frac{KE \text{ sebelum} - KE \text{ setelah}}{KE \text{ sebelum}} \times 100\%$$

dimana,

EE : Efisiensi konsumsi energi (%)

KE sebelum : Konsumsi energi PLN sebelum PLTS Atap terpasang (kWh/bulan)

KE sesudah : Konsumsi energi PLN setelah PLTS Atap terpasang (kWh/bulan)

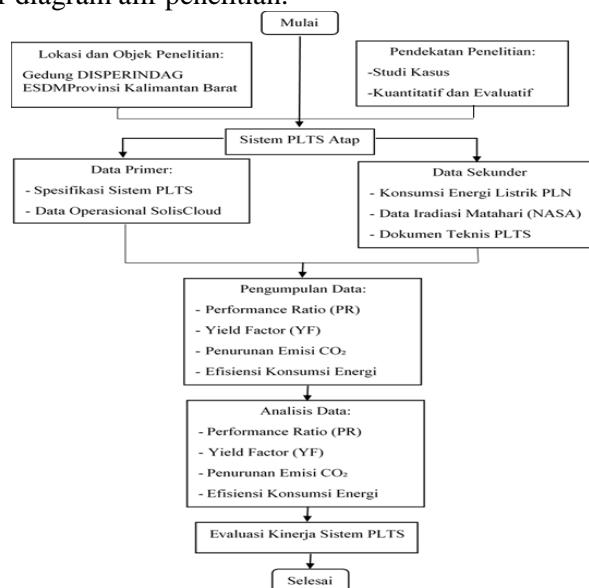
Nilai efisiensi konsumsi energi yang diperoleh menunjukkan persentase penghematan konsumsi energi listrik dari PLN akibat pemanfaatan sistem PLTS Atap.

### 2.6 Teknik Analisis Data Pada Penelitian

Teknik analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan mengolah data primer dan data sekunder untuk mengevaluasi kinerja dan efisiensi konsumsi energi sistem PLTS Atap terpasang. Data operasional sistem PLTS Atap yang diperoleh melalui aplikasi SolisCloud dianalisis untuk mengetahui produksi energi listrik serta digunakan dalam perhitungan parameter kinerja sistem seperti PR dan Yf, sedangkan data iradiasi matahari digunakan sebagai data pendukung untuk melihat pengaruh radiasi terhadap kinerja sistem. Data konsumsi energi listrik gedung dari PLN sebelum dan sesudah pemasangan sistem PLTS Atap dianalisis untuk menghitung seberapa besar efisiensi konsumsi energi listrik serta menilai kontribusi sistem PLTS Atap dalam mengurangi ketergantungan terhadap energi listrik dari PLN, sementara data produksi energi listrik digunakan untuk menghitung estimasi penurunan emisi karbon (CO<sub>2</sub>).

### 2.7 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah gambar diagram alir penelitian:



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Sistem PLTS Atap Pada Gedung

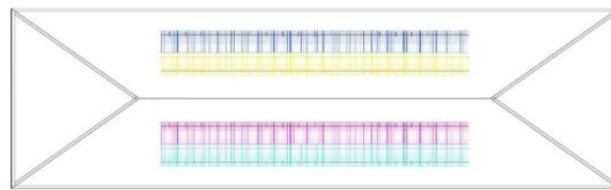
Sistem PLTS Atap yang menjadi objek penelitian dari penelitian ini terpasang pada atap gedung Kantor DISPERINDAG ESDM Provinsi Kalimantan Barat.

Sistem ini dirancang sebagai pembangkit tipe *On-Grid* (tanpa menggunakan baterai) dan terhubung langsung ke jaringan PLN dan digunakan untuk menyuplai beban listrik harian pada gedung untuk mengurangi konsumsi energi listrik dari jaringan PLN dan sistem ini mulai dioperasikan efektif pada Bulan Januari 2024 sampai saat ini.

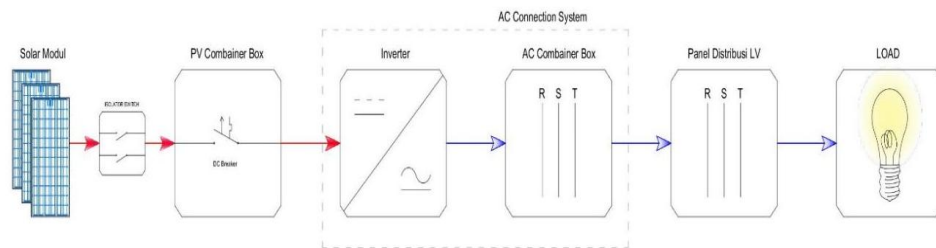
Berikut ini adalah spesifikasi perangkat pada sistem PLTS Atap:

- Kapasitas terpasang (Peak Capacity): 25 kWp
- Jenis panel surya yang digunakan: Monocrystalline
- Jumlah panel surya terpasang: 76 unit × 330 Wp
- Tipe inverter yang digunakan: String inverter 3 phase (merk: Solis dengan kapasitas 25 kWp)
- Sistem monitoring: Aplikasi SolisCloud terinstall pada mobile phone dan komputer yang terintegrasi dengan inverter melalui jaringan Wi-Fi (wireless fiber), Local Area Network (LAN) dan Internet of Things (IoT).
- Orientasi panel surya: Menghadap ke utara dengan kemiringan 15° (menyesuaikan atap bangunan)
- Koordinat geografis lokasi: 0,02° LS, 109,33° BT

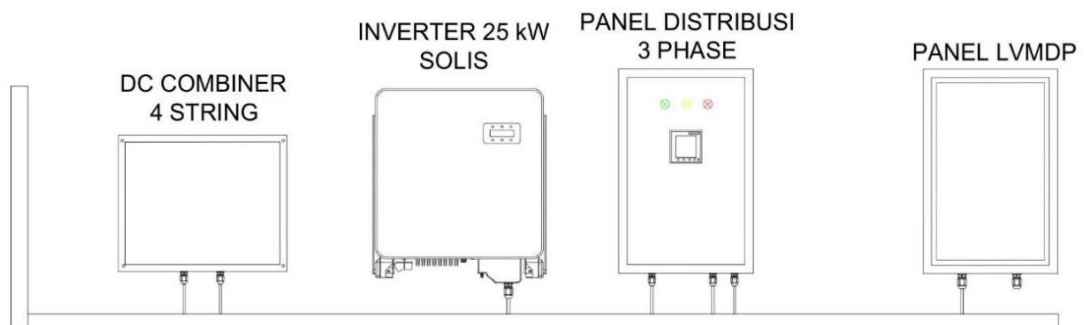
Di bawah ini merupakan gambar konfigurasi sitem PLTS Atap yang terpasang pada gedung:



Gambar 3 Pemasangan Modul Panel Surya Tampak Atas



Gambar 4 Diagram Blok Sistem PLTS Atap



Gambar 5. Kombinasi Inverter dan Panel AC

Gambar-gambar di atas menunjukkan konfigurasi sistem PLTS Atap yang terpasang pada gedung seperti letak pemasangan panel surya, diagram blok sistem serta jalur koneksi ke beban gedung dan jaringan listrik PLN sedangkan aplikasi SolisCloud yang digunakan untuk memantau operasional sistem ini terinstall pada mobile phone dan komputer yang terintegrasi melalui jaringan Wi-fi/LAN/IoT yang terhubung dengan perangkat inverter pada sistem.

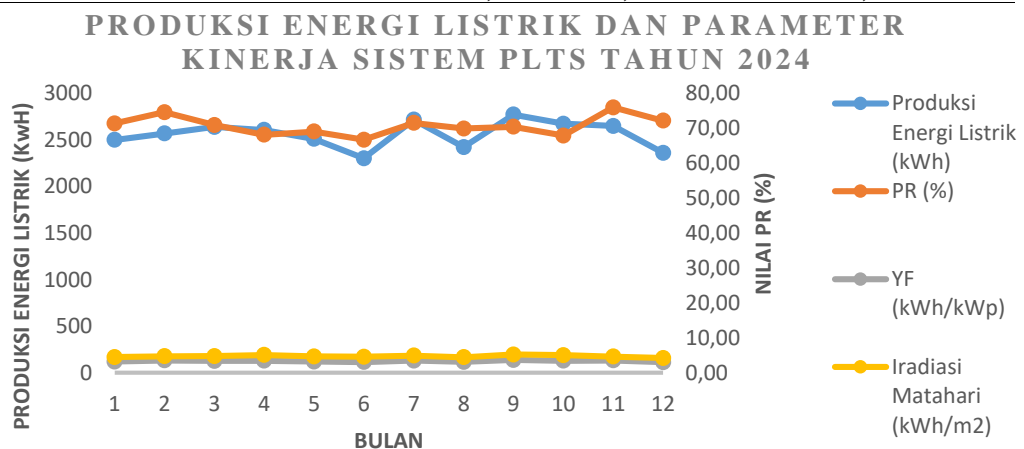
### 3.2 Analisis Kinerja Sistem PLTS

Analisis kerja sistem PLTS Atap ini berdasarkan data produksi energi listrik (kWh), serta parameter kinerja sistem berupa PR dan Yf yang dipengaruhi oleh iradiasi matahari pada titik koordinat sistem selama 12 bulan beroperasi di tahun 2024. Produksi energi listrik sistem PLTS dianalisis berdasarkan data energi bulanan yang didapat melalui aplikasi SolisCloud yang terinstall pada mobile phone, sedangkan data iradiasi matahari diperoleh dari database NASA Power. Nilai PR dan Yf dihitung untuk menilai tingkat efisiensi dan produktivitas sistem dalam mengonversi radiasi matahari menjadi energi listrik yang disuplai pada beban gedung.

Tabel di bawah ini menampilkan hasil perhitungan dari data yang diperoleh menggunakan aplikasi SolisCloud selama 12 bulan pada tahun 2024.

Tabel 1 Produksi Energi Listrik Sistem dan Hasil Perhitungan Parameter Kinerja Sistem PLTS Atap Tahun 2024

No	Bulan	Produksi Energi Listrik (kWh)	PR (%)	Yf (kWh/kWp)	Nilai Iradiasi (kWh/m <sup>2</sup> )
1	Januari	2500	71,37	3,23	4,52
2	Februari	2569	74,60	3,54	4,75
3	Maret	2639	70,94	3,41	4,8
4	April	2606	68,13	3,47	5,1
5	Mei	2510	69,06	3,24	4,69
6	Juni	2302	66,72	3,07	4,6
7	Juli	2716	71,52	3,50	4,9
8	Agustus	2422	69,91	3,13	4,47
9	September	2772	70,40	3,70	5,25
10	Oktober	2673	67,89	3,45	5,08
11	November	2650	75,99	3,53	4,65
12	Desember	2360	72,16	3,05	4,22
<b>Rata-rata</b>		<b>2559,92</b>	<b>70,72</b>	<b>3,36</b>	<b>4,75</b>



Gambar 6 Produksi Energi Listrik dan Parameter Kinerja Sistem PLTS Atap

Berdasarkan hasil perhitungan dan data operasional yang diperoleh melalui aplikasi SolisCloud sebagaimana disajikan pada Tabel 1 dan ditampilkan pada Gambar 6, produksi energi listrik bulanan sistem PLTS Atap berada pada kisaran sekitar 2.300–2.800 kWh dengan nilai rata-rata sebesar 2.559,92 kWh dengan total produksi energi pada tahun 2024 sebesar 30.719 kWh. Variasi produksi energi tersebut mengikuti pola perubahan iradiasi matahari bulanan yang berada pada rentang 4,22–5,25 kWh/m<sup>2</sup>. Sementara itu, nilai Performance Ratio (PR) berada pada kisaran 66%–75%, dengan nilai rata-rata tahunan sebesar 70,72%. Nilai PR yang diperoleh sesuai dengan hasil studi yang menyatakan bahwa sistem fotovoltaik dengan nilai PR pada kisaran 70–90% umumnya menunjukkan kinerja yang baik. Parameter Yf yang dinyatakan dalam satuan kWh/kWp menunjukkan nilai yang relatif stabil dengan nilai rata-rata sebesar 3,36 kWh/kWp pada tahun 2024. Nilai Yf yang sejalan dengan produksi energi listrik mengindikasikan bahwa sistem PLTS Atap mampu memanfaatkan kapasitas terpasang secara efektif.

Hasil produksi energi listrik dari sistem PLTS Atap berkapasitas 25 kWp selama 12 bulan pada tahun 2024 adalah sebesar 30.719 kWh. Berdasarkan hasil produksi energi listrik tersebut, dapat dihitung pengurangan emisi CO<sub>2</sub> dari penggunaan sistem PLTS Atap, dimana faktor emisi yang digunakan berdasarkan pada jenis bahan bakar yang digunakan pada jaringan listrik PLN saat ini. Acuan yang digunakan untuk perhitungan penurunan emisi CO<sub>2</sub> yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe bahan bakar batubara jenis *lignite* dan *sub-bituminous* dikarenakan jenis batubara tersebut yang sering digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) milik PLN. Faktor emisi batubara jenis lignite sebesar 1,01 kgCO<sub>2</sub>/kWh dan batubara jenis sub-bituminous yaitu 0,96 kgCO<sub>2</sub>/kWh.

Jadi penurunan emisi CO<sub>2</sub> dapat dihitung sebagai berikut:

*CO<sub>2</sub> Emission Potential Lignite Coal*

$$CO_2 \text{ Emisi} = 30.719 \times 1,01 \frac{Kg}{kWh} = 31.026 CO_2eq \text{ avoided}$$

*CO<sub>2</sub> Emission Potential Sub-bituminous Coal*

$$CO_2 \text{ Emisi} = 30.719 \times 0,96 \frac{Kg}{kWh} = 29.490 CO_2eq \text{ avoided}$$

**3.3 Analisis Efisiensi Konsumsi energi Listrik PLN Pada Gedung**

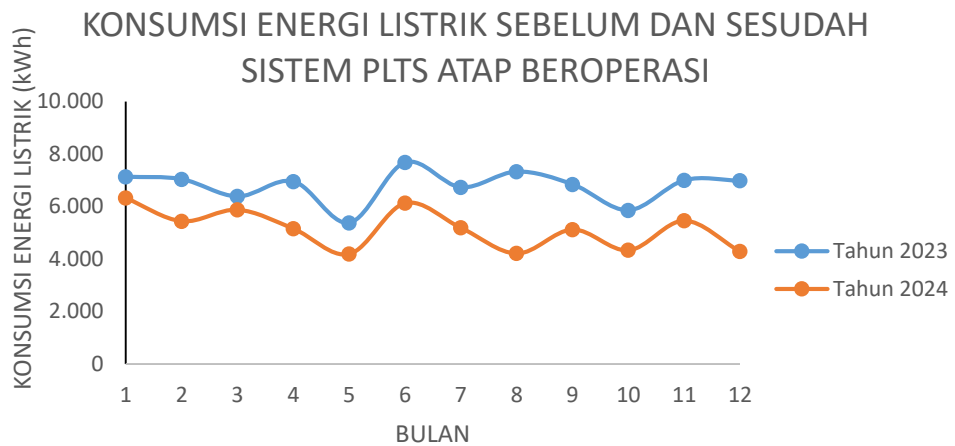
Analisis efisiensi konsumsi energi gedung dilakukan untuk melihat dampak penerapan sistem PLTS Atap terhadap konsumsi energi listrik gedung. Analisis ini juga bertujuan membandingkan konsumsi energi listrik sebelum dan sesudah sistem PLTS Atap beroperasi, sehingga dapat diketahui besarnya penghematan energi yang diperoleh.

Data yang digunakan dalam analisis ini merupakan data konsumsi energi listrik gedung pada tahun 2023 sebelum sistem PLTS Atap terpasang dan data konsumsi energi listrik pada tahun 2024 setelah sistem PLTS Atap beroperasi.

Tabel 2 Data Konsumsi energi listrik Sebelum dan Sesudah Sistem PLTS Atap Beroperasi.

No	Bulan	Tahun 2023	Tahun 2024
		Konsumsi energi listrik (kWh)	Konsumsi energi listrik (kWh)
1	Januari	7.129	6.318
2	Februari	7.035	5.439
3	Maret	6.379	5.873
4	April	6.950	5.154
5	Mei	5.374	4.191
6	Juni	7.675	6.124

7	Juli	6.727	5.186
8	Agustus	7.325	4210
9	September	6.840	5120
10	Oktober	5.853	4331
11	November	6.994	5.457
12	Desember	6.978	4281
<b>Total</b>		<b>81.259</b>	<b>61.684</b>



Gambar 7 Konsumsi energi listrik Sebelum dan Sesudah Sistem PLTS Atap Beroperasi

Berdasarkan data konsumsi energi listrik gedung pada Tabel 2 dan Gambar 7, terlihat perbedaan yang cukup signifikan antara konsumsi energi listrik sebelum dan sesudah sistem PLTS Atap beroperasi. Data tahun 2023 menunjukkan kondisi sebelum PLTS beroperasi, di mana seluruh kebutuhan energi listrik gedung masih dipasok dari jaringan PLN, sedangkan data tahun 2024 menunjukkan konsumsi energi listrik setelah sistem PLTS Atap beroperasi dan mulai berkontribusi dalam penyediaan energi listrik pada gedung. Total konsumsi energi listrik pada tahun 2023 adalah sebesar 81.259 kWh menurun menjadi 61.684 kWh pada tahun 2024, yang mengindikasikan adanya kontribusi nyata sistem PLTS Atap terpasang dalam mengurangi ketergantungan listrik dari PLN, terlihat penurunan konsumsi energi listrik yang relatif konsisten pada hampir setiap bulannya.

Dari data di atas dapat dihitung efisiensi konsumsi energi yang didapat dari sebelum dan sesudah sistem PLTS Atap beroperasi, sebagai berikut:

$$EE = \frac{81259 \text{ kWh} - 61684 \text{ kWh}}{81259 \text{ kWh}} \times 100\% = 24\%$$

Dari hasil perhitungan didapat efisiensi konsumsi energi sebelum dan sesudah sistem PLTS Atap terpasang sebesar 24%.

Secara keseluruhan, hasil analisis ini menegaskan bahwa sistem PLTS Atap yang diteliti ini telah beroperasi secara baik dan optimal sesuai dengan standar kinerja yang direkomendasikan, serta mampu mendukung pemanfaatan energi surya secara efektif pada gedung perkantoran.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan, sebagai berikut:

1. Sistem PLTS Atap berkapasitas 25 kWp yang terpasang pada gedung DISPERINDAG ESDM Provinsi Kalimantan Barat mampu beroperasi dengan kinerja yang baik selama periode pengamatan tahun 2024.
2. Nilai Performance Ratio (PR) sistem PLTS Atap berada pada kisaran 66%–75% dengan rata-rata tahunan sebesar 70,72%, yang menunjukkan bahwa sistem bekerja secara efisien dan masih berada dalam batas kinerja ideal 70-90%.
3. Nilai Yield Factor (Yf) relatif stabil dengan rata-rata sebesar 3,36 kWh/kWp.
4. Total produksi energi listrik dari sistem PLTS Atap selama tahun 2024 mencapai 30.719 kWh, sehingga berkontribusi dalam penyediaan energi listrik gedung dan pengurangan emisi karbon (CO<sub>2</sub>).
5. Pemasangan sistem PLTS Atap mampu menurunkan konsumsi energi listrik dari jaringan PLN, dari 81.259 kWh pada tahun 2023 menjadi 61.684 kWh pada tahun 2024.
6. Hasil perhitungan menunjukkan efisiensi pemakaian energi listrik gedung sebesar 24%, yang menegaskan peran sistem PLTS Atap dalam mendukung penghematan konsumsi energi pada gedung perkantoran.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2023*, Paris: IEA, 2023.
- [2] Presiden Republik Indonesia, *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik*, Jakarta, 2022.
- [3] Pemerintah Provinsi Kalimantan Barat, *Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Barat Nomor 9 Tahun 2021 tentang Rencana Umum Energi Daerah Provinsi Kalimantan Barat Tahun 2021–2050*, Pontianak, 2021.
- [4] International Electrotechnical Commission, *IEC 61724-1:2017, Photovoltaic System Performance – Part 1: Monitoring*, Geneva: IEC, 2017.
- [5] Ginlong Technologies Co., Ltd., *SolisCloud Monitoring System User Manual*, Ningbo, China, 2023.
- [6] National Aeronautics and Space Administration (NASA), POWER Data Access Viewer. [Online]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/>
- [7] Hamid, A. K., Mbungu, N. T., Elnady, A., Bansal, R. C., Ismail, A. A., & AlShabi, M. A. (2023). *A systematic review of grid-connected photovoltaic and photovoltaic/thermal systems: Benefits, challenges and mitigation. Energy & Environment, 34(7), 2775–2814.* <https://doi.org/10.1177/0958305X221117617>
- [8] M. S. Hossain, A. Pandey, and A. N. Khan, “Performance ratio evaluation of rooftop solar photovoltaic systems,” *Renewable Energy*, vol. 170, pp. 1254–1266, 2021.
- [9] S. S. Vasuki, J. Levell, R. Santbergen, and O. Isabella, “A technical review on the energy yield estimation of offshore floating photovoltaic systems,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 216, Art. no. 115596, 2025, doi: 10.1016/j.rser.2025.115596.
- [10] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2023: Mitigation of Climate Change*, Cambridge: Cambridge University Press, 2023.
- [11] United States Environmental Protection Agency (EPA), *\*GHG Emission Factors Hub – 2025 Edition\**, Washington, DC, USA, Jan. 2025. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/ghgemissions>
- [12] Iswanjono and T. Tjendro, “Studi kelayakan sistem PLTS Atap on-grid 1000 WP pada pelanggan listrik PLN 900 VA R1M,” in *Proc. Seminar Nasional Ilmu Sosial dan Teknologi (SNISTEK)*, vol. 4, Batam, Indonesia, Jan. 2022, pp. 236–241.