



## Analisis Potensi Daya Listrik PLTS Atap di Gedung PLN Unit Induk Distribusi Riau dan Kepri (UID RKR) Pekanbaru dengan Perangkat Lunak PVsyst

M. Dhani Yulfin<sup>1,2,\*</sup>, Dyah Hesti Wardhani<sup>1</sup>, Ratna Purwaningsih<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

<sup>2</sup>Perusahaan Listrik Negara (PLN), Jakarta, Indonesia, 12160

\*Corresponding author: mdhaniyulfin59@gmail.com

(Received: September 23, 2024; Accepted: October 31, 2024)

### Abstract

*Analysis of the Potential of Rooftop Solar Power Plants in the PLN Main Distribution Unit Building of Riau and Kepri (UID RKR) Pekanbaru with PVsyst Software.* The government in its goal of achieving the renewable energy mix target of 23% by 2025 continues to encourage the community to use renewable energy, especially in the type of solar energy through the use of Rooftop PLTS. In the construction of a Rooftop PLTS system, it is necessary to design the PLTS system first, to calculate the energy that can be generated in the system. Calculation of potential electrical power needs to be done because it is one of the planning stages in the construction of a PLTS system. PLN UID Riau and Kepri should be able to contribute to developing and socializing these government regulations by developing and socializing Rooftop PLTS in the PLN UID RKR Building environment. For this reason, this study carried out a calculation of the potential electrical energy from Rooftop PLTS if the application of Rooftop PLTS technology was carried out in the PT PLN (Persero) UID Riau and Kepri Building environment as one of the stages in designing a system. From the PVsyst simulation that has been carried out, the potential for electrical energy in the PT PLN UID RKR Building is 9321 kWh/year or 25.56 kWh/day with a PLTS capacity of 6.08 kWp. The Performance Ratio of this PLTS system is 0.82.

**Keywords:** PV Rooftop, PVsyst, solar energy

### Abstrak

Pemerintah dalam tujuannya mencapai target bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 terus mendorong masyarakat dalam menggunakan energi terbarukan, terutama di jenis energi surya melalui pemanfaatan PLTS Atap. Dalam pembangunan sistem PLTS Atap, perlu dilakukan perancangan sistem PLTS terlebih dahulu, untuk mengkalkulasi energi yang dapat dihasilkan pada sistem tersebut. Perhitungan potensi daya listrik perlu dilakukan karena merupakan salah satu dari tahap perencanaan dalam pembangunan sistem PLTS. PLN UID Riau dan Kepri hendaknya dapat ikut berkontribusi dalam mengembangkan dan mensosialisasikan peraturan pemerintah tersebut dengan cara mengembangkan dan mensosialisasikan PLTS Atap di lingkungan Gedung PLN UID RKR. Untuk itu dalam penelitian ini dilakukan perhitungan potensi energi listrik dari PLTS Atap jika dilakukan pengaplikasian teknologi PLTS Atap di lingkungan Gedung PT PLN (Persero) UID Riau dan Kepri sebagai salah satu tahapan dalam perancangan suatu sistem. Dari simulasi PVsyst yang telah dilakukan didapat potensi energi listrik di Gedung PT PLN UID RKR sebesar 9321 kWh/tahun atau 25,56 kWh/hari dengan kapasitas PLTS sebesar 6,08 kWp. Untuk *Performance Ratio* dari sistem PLTS ini sebesar 0,82.

**Kata kunci:** *PLTS Atap, PVsyst, energi surya*

**How to Cite This Article:** Yulfin, M. D., Wardhani, D. H. & Purwaningsih, R. (2024). Analisis Potensi Daya Listrik PLTS Atap di Gedung PLN Unit Induk Distribusi Riau dan Kepri (UIDRKR) Pekanbaru dengan Perangkat Lunak PVsyst. *JPII*, 2(4), 264-270. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2024.24587>

## PENDAHULUAN

Pemerintah telah mendorong pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap melalui Permen ESDM No. 26 Tahun 2021, guna mendorong target bauran energi nasional sebesar 23% pada 2025 (KESDM, 2021). Dalam peraturan tersebut diatur besaran kapasitas, instalasi dan tarif ekspor impor listrik dengan PLN. Melalui aturan tersebut, maka pengguna atau konsumen dari PLN dapat melakukan ekspor impor energi listrik dari energi PLTS Atap yang dihasilkan. PLN sebagai BUMN Kelistrikan harus meningkatkan bauran energi terbarukan. Salah satu cara berkontribusi dalam mengembangkan dan mensosialisasikan PLTS Atap di Gedung PLN Unit Induk Distribusi adalah dengan mengaplikasikan teknologi PLTS Atap di lingkungan kantor. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis potensi daya listrik PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Atap di Gedung PLN Unit Induk Distribusi Riau dan Kepri (UID RKR) menggunakan perangkat lunak PVsyst. PLTS Atap merupakan salah satu bentuk pemanfaatan energi terbarukan yang saat ini semakin populer karena dapat mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan membantu mengurangi emisi gas rumah kaca.

## PLTS Atap

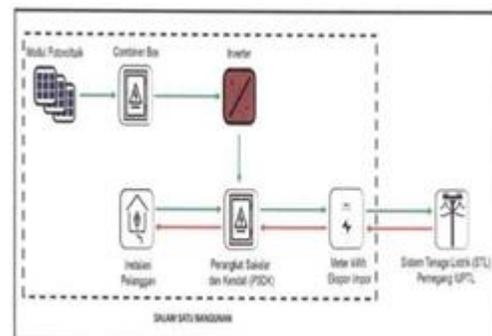
Kebijakan PLTS Atap di Indonesia diatur oleh pemerintah melalui beberapa peraturan dan program, di antaranya adalah Rencana Aksi Nasional Energi Terbarukan (RAN-ET) dan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) sebagai kerangka kebijakan nasional untuk mempercepat pengembangan energi terbarukan, termasuk PLTS Atap.

Program PLTS Atap/*rooftop*, yaitu program pemerintah yang memberikan insentif bagi pemilik gedung atau rumah yang memasang PLTS Atap. Insentif tersebut antara lain pembebasan PPN dan PBB, serta pembebasan Bea Meterai. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 49 Tahun 2018 tentang Penggunaan Energi Terbarukan untuk Pembangunan dan/atau Pemanfaatan Gedung. Program 1 Juta Atap Surya, yaitu program yang dicanangkan oleh pemerintah untuk memasang 1 juta unit PLTS Atap pada tahun 2025.

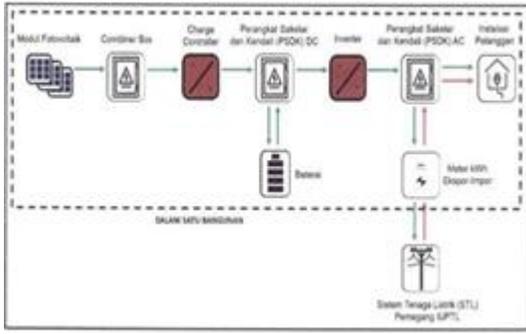
Peraturan Daerah (Perda) tentang Pemanfaatan Energi Terbarukan, di mana beberapa daerah telah membuat perda terkait pemanfaatan energi terbarukan, termasuk PLTS Atap. Dalam rangka mendorong pengembangan PLTS Atap di Indonesia, pemerintah juga telah mengambil beberapa langkah, seperti menyediakan

fasilitas pembiayaan dan pemberian insentif, serta memberikan dukungan dalam hal perizinan dan regulasi. Hal ini sejalan dengan visi Indonesia untuk mencapai target energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025.

Regulasi PLTS Atap di Indonesia telah diatur dalam Permen ESDM No. 46 tahun 2018, kemudian diperbarui pada Permen ESDM No. 26 tahun 2021. Menurut Permen ESDM No. 26 tahun 2021 Sistem pembangkit listrik tenaga surya atap atau PLTS Atap adalah proses pembangkitan tenaga listrik menggunakan modul fotovoltaik yang dipasang dan diletakkan pada atap, dinding atau bagian lain dari bangunan milik pelanggan PLTS Atap serta menyalurkan energi listrik melalui sistem sambungan listrik pelanggan PLTS Atap. Dari skema ini, pelanggan listrik yang terhubung dengan penyedia listrik negeri atau PLN. Dengan skema ini juga, pelanggan dapat melakukan ekspor dan impor tenaga listrik sehingga seolah-olah dapat melakukan jual beli listrik dengan PLN. Secara teknis besaran listrik yang terimpor dan terekspor akan dapat diketahui melalui KWh Exim (*export import*) yang telah disediakan oleh PLN. PLTS Atap dapat dipasang dengan menyambungkan dengan baterai ataupun tanpa baterai. Energi yang ekspor ke jaringan PLN akan dihitung dan diakumulasi dalam nilai ekonomi listrik, kemudian akan digunakan untuk mengurangi tagihan listrik bulanan.



**Gambar 1.** Diagram Instalasi Sistem PLTS Atap Tanpa Baterai (Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2021)



**Gambar 2.** Diagram Instalasi Sistem PLTS Atap dengan Baterai (Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2021)

**Energi PLTS**

Untuk menghitung energi yang dihasilkan oleh PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya), perlu diketahui beberapa informasi terkait sistem PLTS tersebut. Beberapa faktor yang memengaruhi produksi energi dari PLTS antara lain ukuran panel surya, lokasi geografis, kemiringan panel surya, orientasi panel surya, kondisi cuaca dan waktu operasi. Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS bergantung pada luasan area PLTS (Omran, 2010), efisiensi panel surya, potensi energi radiasi dan performa dari sistem PLTS itu sendiri. Persamaan energi listrik (1) yang dihasilkan dari PLTS adalah:

$$E = A \times r \times H \times PR \quad (1)$$

di mana  $E$  adalah energi (kWh),  $A$  adalah total luas panel ( $m^2$ ),  $r$  adalah efisiensi panel (%),  $H$  adalah radiasi rata-rata tahunan ( $W/m^2$ ) dan  $PR$  adalah rasio performa sistem.

**Performance Ratio**

*Performance ratio* atau rasio performa adalah rasio antara energi efektif yang dihasilkan/digunakan dengan energi yang dihasilkan jika sistem PLTS tersebut secara kontinyu digunakan pada keadaan efisiensi nominal STC STC ( $1000 W/m^2$ ,  $25^\circ C$ , tiap  $kWh/m^2$  dari iradiasi akan menghasilkan 1 kWh energi listrik) (Duffie et al., 2006). *Performance ratio* secara spesifik adalah rasio keluaran energi aktual dan yang mungkin dapat dihitung secara teoritis. *Performance ratio* tidak bergantung pada orientasi pembangkit PV dan insiden penyinaran matahari pada pembangkit PV. Alasannya, rasio kinerja dapat digunakan untuk membandingkan pembangkit PV yang memasok jaringan di lokasi yang berbeda semua seluruh dunia. *Performance ratio* yang baik biasanya berkisar antara 70-80%, meskipun angka ini dapat bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti lokasi geografis, kondisi cuaca dan ukuran serta kualitas sistem PLTS yang digunakan. Semakin tinggi performa rasio, semakin efisien dan produktif sistem PLTS tersebut. *Performance ratio* (PR) sudah meliputi rugi-rugi cahaya, rugi-rugi rangkaian PV dan rugi-rugi sistem

PLTS. Persamaan *performance ratio* (2) sistem PLTS adalah:

$$Performance\ ratio = \frac{E_{grid}}{GlobInc \times P_{nomPV}} \quad (2)$$

di mana  $PR$  adalah rasio performa sistem,  $E_{grid}$  adalah energi listrik yang dihasilkan dari PLTS (kWh),  $GlobInc$  adalah potensi energi per luasan ( $kWh/m^2$ ) dan  $P_{nomPV}$  adalah kapasitas daya total PV (kWp).

**PVSyst**

PVSyst adalah sebuah perangkat lunak yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran, perencanaan (*sizing*) dan analisis data dari sistem PLTS secara lengkap. PVSyst dibuat dan dikembangkan oleh Universitas Genewa. PVSyst memiliki fitur simulasi sistem terinterkoneksi jaringan (*on grid*), sistem berdiri sendiri (*stand-alone*), sistem pompa (*pumping*) dan jaringan arus searah untuk transportasi publik (DC-grid). PVSyst juga dilengkapi database dari sumber data meteorologi yang luas dan beragam, serta data komponen-komponen PV. Beberapa contoh sumber data meteorologi yang dapat digunakan PVSyst yaitu bersumber dari sumber data Meteororm. PVSyst memiliki kemampuan untuk memodelkan sistem PLTS secara rinci dengan memperhitungkan berbagai faktor, seperti intensitas cahaya matahari, kondisi cuaca, arah dan kemiringan panel surya, dan jenis panel surya yang digunakan. Perangkat lunak ini juga dapat melakukan analisis keuangan, termasuk menghitung biaya sistem PLTS, mengestimasi penghematan energi dan memproyeksikan pengembalian investasi. Selain itu, PVSyst dapat digunakan untuk mensimulasikan kinerja sistem PLTS dalam jangka waktu yang berbeda-beda, seperti per jam, per hari atau per tahun. Hal ini memungkinkan pengguna untuk memperkirakan seberapa efisien sistem PLTS dalam menghasilkan energi pada waktu yang berbeda dan dalam berbagai kondisi lingkungan. PVSyst merupakan perangkat lunak yang sangat berguna bagi para insinyur dan profesional di industri energi surya untuk memperkirakan kinerja sistem PLTS secara akurat dan memperhitungkan biaya dan pengembalian investasi.

Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi untuk memprediksi potensi energi listrik yang ada di lingkungan Gedung Kantor melalui penerapan PLTS Atap *on grid* sebagai salah satu tahapan dalam perancangan suatu sistem. Objek bangunan yang dipilih untuk dipasang PLTS Atap adalah gedung PLN UID RKR, karena merupakan gedung yang cukup representatif, mudah terlihat apabila terpasang PLTS, dan orientasinya yang cukup efektif menangkap sinar matahari. Pada penelitian ini akan digunakan perangkat lunak PVSyst untuk mensimulasikan PLTS Atap *on grid* di Gedung PLN UID RKR. Dari simulasi yang dilakukan nantinya akan didapatkan besaran energi listrik yang dihasilkan dari PLTS, yang nantinya akan disalurkan ke

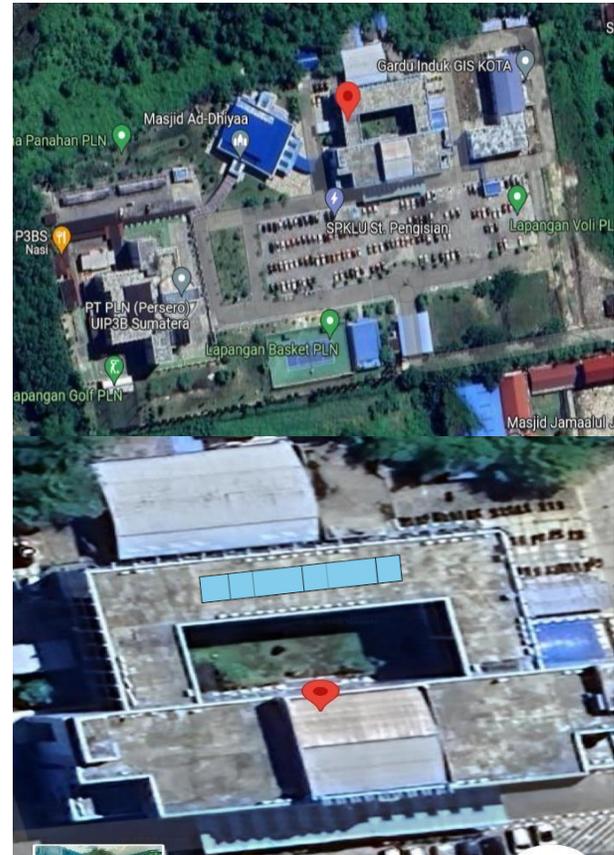
jaringan listrik. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi institusi lain yang ingin memanfaatkan energi surya untuk keperluan listrik dan membantu mendorong pengembangan energi terbarukan di Indonesia.

### METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap penelitian yaitu:

1. Studi literatur dan pengumpulan data yaitu
  - a. Melakukan studi literatur tentang sistem PLTS Atap dan perangkat lunak PVsyst,
  - b. Mengumpulkan data mengenai konsumsi energi listrik di Gedung PLN UID RKR Pekanbaru,
  - c. Mengumpulkan data teknis bangunan Gedung PLN UID RKR.
2. Perancangan dan simulasi PLTS Atap dengan perangkat lunak PVsyst yaitu tahapannya adalah:
  - a. Perancangan PLTS Atap berdasarkan data teknis bangunan Gedung PLN UID RKR,
  - b. Simulasi sistem PLTS Atap dengan menggunakan perangkat lunak PVsyst untuk menghitung potensi daya listrik yang dihasilkan,
  - c. Melakukan analisis performa PLTS atap dengan menghitung *Performance Ratio*.
3. Tahapan selanjutnya adalah analisis hasil simulasi dan pengolahan data yaitu:
  - a. Menganalisis hasil simulasi dan pengolahan data mengenai potensi daya listrik dan performa PLTS Atap,
  - b. Melakukan perbandingan dengan standar yang ada untuk mengetahui apakah sistem PLTS Atap sudah efektif dan efisien.
4. Kesimpulan dan Saran yaitu:
  - a. Menyimpulkan hasil analisis potensi daya listrik PLTS Atap di Gedung PLN UID RKR; dan
  - b. Memberikan saran terhadap pengembangan PLTS Atap di Gedung PLN UID RKR dan penelitian lanjutan yang dapat dilakukan untuk mengembangkan sistem PLTS Atap secara lebih efektif dan efisien.

Untuk mengetahui potensi energi listrik yang ada di lingkungan gedung kantor, dilakukan simulasi salah satu gedung yang paling potensial dan representatif untuk dipasang PLTS yaitu Gedung PLN UID RKR. Permodelan secara visual dan luasan dilakukan dengan menggunakan *Google Maps*.



**Gambar 3.** Layout peletakkan PLTS di Gedung PLN UID RKR

Untuk kapasitas PLTS 5 kW inverter, kapasitas PV yang dapat dipasang sebesar 6,08 Wp, sehingga rasio PV dan inverter adalah 1,22. Jenis PV yang digunakan dalam simulasi adalah JA Solar JAM72-S09-380-PR 380 Wp sebanyak 16 unit. Inverter yang digunakan dalam simulasi ini adalah Solax X1-Boost-5.0kW dengan 2 MPPT. Sehingga PV dapat dipasang 2 paralel dan 16 seri. Tampilan panel surya dan inverter yang digunakan dalam simulasi PLTS ini dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Panel Surya JA Solar JAM72-S09-380-PR380



Gambar 5. Inverter Solar X1-Boost-5.0kW

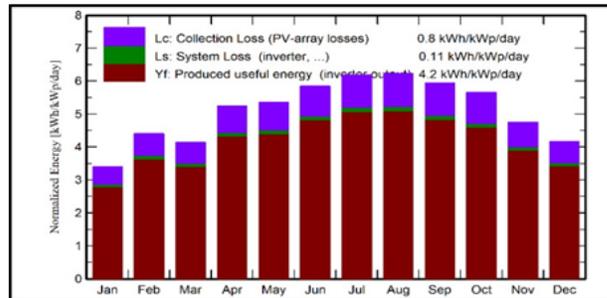
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari sistem PLTS *on grid* tersebut kemudian disimulasikan dalam PVsyst sehingga diperoleh hasil pada Gambar 6. Sistem PLTS *on grid* dengan kapasitas 6,08 kWp dengan inverter berkapasitas 5 kWp disimulasikan pada Gedung PLN UID RKR yang memiliki sudut azimuth 0° (utara) dengan kemiringan gedung 21°. Karena di sekitar gedung tidak ada pohon ataupun hal-hal yang menghalangi panel surya, maka tidak dilakukan simulasi *shading*.

Project summary		
<b>Geographical Site</b>	<b>Situation</b>	<b>Project settings</b>
Directorat Polines	Latitude	-7.65 °S
Indonesia	Longitude	110.44 °E
	Altitude	159 m
	Time zone	UTC+7
		Abaco 0.20
<b>Meteo data</b>		
Gedung PLN UIDRKR		
Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat: 100% - Synthetic		
System summary		
<b>Grid-Connected System</b>	No 3D scene defined, no shadings	
<b>PV Field Orientation</b>	<b>Near Shadings</b>	<b>User's needs</b>
Fixed plane	No Shadings	Unlimited load (grid)
Tilt/Azimuth	21 / 0 °	
<b>System information</b>		
<b>PV Array</b>	<b>Inverters</b>	
Nb. of modules	Nb. of units	1 unit
Prism total	Prism total	5.00 kWac
6.08 kWp	Prism ratio	1.216

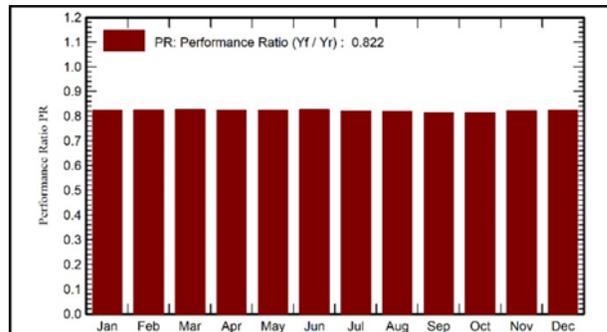
Gambar 6. Skenario simulasi PVsyst sistem PLTS Atap Gedung PLN

Untuk energi listrik yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 7, puncak produksi energi listrik terjadi pada bulan Agustus, yaitu sekitar 5 kWh/kWp/hari. Rata-rata energi listrik yang dapat dipanen tiap harinya adalah sekitar 4,2 kWp. Dengan kapasitas total panel surya sebesar 6.08 kWp, maka energi listrik harian rata-rata yang dihasilkan sebesar 25,56 kWh/hari.



Gambar 7. Rasio performa PLTS

Rasio performa dari simulasi sistem PLTS dapat dilihat pada Gambar 8. Rasio performa sistem PLTS terbilang stabil di angka 0,82.



Gambar 8. Performance ratio simulasi sistem PLTS bulanan

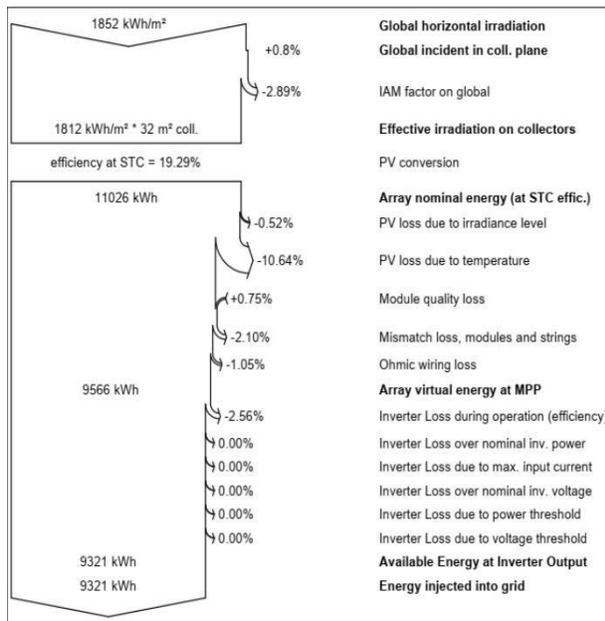
Rasio kinerja dapat digunakan untuk membandingkan pembangkit PV yang memasok jaringan di lokasi yang berbeda semua seluruh dunia. Performance ratio yang baik biasanya berkisar antara 70-

80%, meskipun angka ini dapat bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti lokasi geografis, kondisi cuaca dan ukuran dan kualitas sistem PLTS yang digunakan. Potensi energi listrik secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil simulasi potensi energi surya PVsyst

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray kWh	E Grid - kWh	PR ratio
January	119.0	76.26	27.06	105.3	100.7	543.8	527.1	0.823
February	134.3	78.64	27.03	123.4	119.0	636.7	619.3	0.826
March	132.2	84.32	27.50	128.3	124.1	662.7	644.3	0.826
April	150.3	79.69	27.59	157.5	153.3	810.0	789.5	0.825
May	149.4	77.37	28.40	165.8	161.9	852.2	831.1	0.824
June	151.0	65.96	27.65	175.3	171.5	901.8	880.0	0.826
July	165.9	60.41	27.48	191.9	187.9	981.1	957.7	0.821
August	177.0	72.63	27.72	193.3	189.2	985.9	962.3	0.819
September	177.0	77.44	27.98	178.3	173.7	905.4	883.4	0.815
October	186.5	89.91	28.69	175.5	170.3	890.8	868.5	0.814
November	160.2	92.37	27.89	142.5	137.1	731.5	712.0	0.822
December	149.3	86.40	27.43	129.1	123.6	664.5	645.9	0.823
Year	1852.1	941.42	27.71	1866.1	1812.2	9566.3	9321.0	0.822

Dari titik lokasi sistem PLTS tersebut didapatkan data potensi energi matahari sebesar 1952 kWh/m<sup>2</sup>. Dengan efisiensi panel surya pada keadaan STC adalah 19,29%, rugi-rugi listrik terbesar dalam sistem panel surya ini adalah dari rugi-rugi temperatur, yaitu sebesar 10,64%. Untuk rugi-rugi lainnya dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Rugi-rugi energi pada sistem PLTS

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisa data dari hasil simulasi menggunakan perangkat lunak PVsyst, dapat disimpulkan bahwa:

1. PLTS atap di Gedung PLN UIDRKR memiliki potensi energi listrik sebesar 9321 kWh/tahun atau 25,56 kWh/hari dengan kapasitas PLTS sebesar 6,08 kWp. Hal ini menunjukkan bahwa PLTS atap di Gedung PLN UID RKR dapat memproduksi

energi listrik yang signifikan untuk memenuhi kebutuhan energi di gedung tersebut.

2. *Performance Ratio* dari sistem PLTS Atap ini adalah sebesar 0,82, yang merupakan indikator dari efisiensi sistem PLTS dalam menghasilkan energi listrik. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem PLTS Atap di Gedung PLN UIDRKR cukup efektif dalam memanfaatkan sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan PLTS Atap di Gedung PLN UIDRKR memiliki potensi besar dalam menghasilkan energi listrik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Oleh karena itu, diharapkan penerapan energi terbarukan semacam PLTS Atap dapat semakin ditingkatkan dan dikembangkan di berbagai gedung dan bangunan lainnya sebagai alternatif sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada PT PLN (Persero) yang telah membiayai Penulis untuk mengikuti Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur dan penulisan karya ilmiah ini. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penelitian sebagai berikut:

1. PT PLN (Persero) Unit Induk Distribusi Riau dan Kepulauan Riau khususnya Bidang KKU
2. PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Pekanbaru
3. Seluruh pihak yang membantu dalam penyusunan Karya Ilmiah

**DAFTAR PUSTAKA**

ABB. (2008). *Technical Application Papers No.10: Photovoltaic Plants*. ABB.

Bhaktavatsalam, A. K., & Choudhury, R. (1995). Specific energy consumption in the steel industry. *Energy*, 20(12), 1247-1250.

Duffie, J. A., Beckman, W. A., & Blair, N. (2006). *Solar engineering of thermal processes, photovoltaics and wind*, 3<sup>rd</sup> edition. John Wiley & Sons.

International Finance Corporation (IFC). 2012 *Utility-Scale Solar Photovoltaic Power Plants*. India.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2021). *Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2021 tentang PLTS Atap yang Terhubung pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang IUPTL untuk Kepentingan Umum*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

NASA. Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER) Higher Resolution Daily Time Series Climatology Resource for SSE- Renewable Energy.” [Online]. Tersedia: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. [Diakses: 08 Februari 2020].

- Nugroho, W., Nugroho, A., & Winardi, B. (2020). Analisis Potensi Dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 9(2), 181-188.
- Omran, W. (2010). Performance analysis of grid-connected photovoltaic systems.
- Pangestuningtyas, D. L., Hermawan, H., & Karnoto, K. (2014). Analisis pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap radiasi matahari yang diterima oleh panel surya tipe larik tetap. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 2(4), 930-937.
- Ramadhani, B. (2018). Instalasi pembangkit listrik tenaga surya Dos & Don'ts. *Jakarta: GIZ*.