
Sistem Pembangkit Listrik Panel Surya Atap Model *On-Grid* Dengan Kapasitas 62.4 kWp

Muhammad Suyanto^{1*}, Prasetyono Eko Pambudi², Faisal Wildan Chotami³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: myanto@akprind.ac.id¹

ABSTRACT

Solar panels are one of the renewable alternative energies that can be used as primary energy in generating electrical energy through the Solar Power Plant (PLTS) system. The main ingredient of PLTS is the radiation produced by the sun every day. On the roof of the Smart and Green Learning Center (SGLC) Building, Faculty of Engineering UGM, an on-grid solar power plant with a capacity of 62.4 kWp is installed with a total of 156 solar panel modules. The power generated by PLTS can reach 205.627 kW or 183 kWh in sunny conditions in cloudy the power generated by PLTS is 73.781 kW or 66 kWh with the amount of light intensity absorbed reach 110,966 Lux and the lowest value to be reaching 3,407 Lux. The amount of solar irradiation received is directly proportional to the amount of solar light intensity produced with the largest radiation reaching 877 W/m² while the lowest radiation is 27 W/m². The aims to know the value of the power generated by PLTS through the inverter and to determine the value of economic savings from the installed PLTS.

Keywords: inverter, solar radiation, solar panel

INTISARI

Panel surya merupakan salah satu energi alternatif yang dapat diperbarui yang dapat digunakan menjadi energi primer dalam membangkitkan energi listrik melalui sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Bahan utama PLTS adalah radiasi yang dihasilkan matahari setiap harinya. Pada atap Gedung Smart and Green Learning Center (SGLC) Fakultas Teknik UGM terpasang PLTS *on-grid* dengan kapasitas sebesar 62.4 kWp dengan jumlah modul panel surya yang terpasang sejumlah 156 buah. Daya yang dihasilkan PLTS dapat mencapai 205,627 kW atau sebesar 183 kWh pada kondisi cerah sedangkan pada kondisi mendung daya yang dihasilkan PLTS sebesar 73,781 kW atau sebesar 66 kWh dengan besar intensitas cahaya yang diserap mencapai 110.966 Lux dan nilai terendah mencapai 3.407 Lux. Besar iradiasi matahari yang diterima berbanding lurus dengan besar intensitas cahaya matahari yang dihasilkan dengan besar radiasi terbesar mencapai 877 W/m² sedangkan radiasi terendah sebesar 27 W/m². Untuk mengetahui besar nilai daya yang dibangkitkan PLTS melalui inverter serta untuk mengetahui nilai penghematan ekonomi dari PLTS yang terpasang.

Kata kunci: inverter, panel surya, radiasi matahari,

PENDAHULUAN

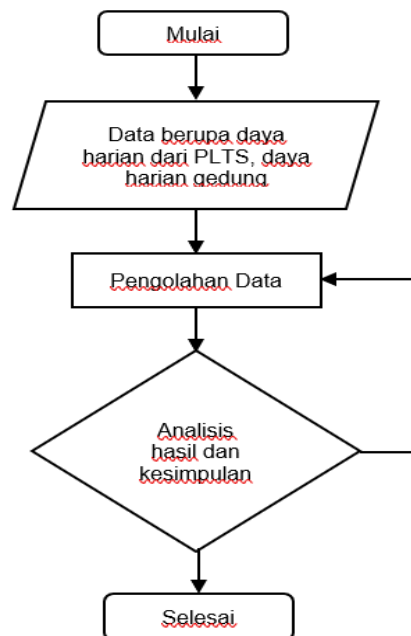
Perkembangan teknologi pada saat ini menuntut penggunaan energi listrik yang semakin besar. Penambahan pasokan energi listrik disebabkan inovasi dari berbagai peralatan modern yang semakin canggih namun sering tidak memperhatikan penggunaan energi listrik yang dibutuhkan. Pada saat ini sumber energi listrik yang digunakan masih mengandalkan energi fosil yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik. Energi fosil yang digunakan tentu merupakan energi primer yang tidak dapat diperbarui sehingga energi fosil yang digunakan saat ini akan memiliki masa habis penggunaan. Dengan mengetahui hal tersebut pada saat ini banyak peneliti dan ilmuwan yang mulai mempelajari penggunaan energi baru terbarukan, (Nurjaman and Purnama (2022)). Energi baru terbarukan merupakan sumber energi yang tersedia oleh alam dan bisa dimanfaatkan secara terus-menerus dan tidak akan habis yang dapat digunakan sebagai energi primer dalam membangkitkan energi listrik. Terdapat banyak energi baru terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk menjadi energi utama dalam membangkitkan listrik salah satunya adalah panel surya. Panel surya merupakan salah satu energi alternatif yang dapat diperbarui dan dapat digunakan menjadi energi primer dalam membangkitkan energi listrik melalui sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Purwoto et al. (2018). Bahan utama PLTS adalah radiasi yang dihasilkan matahari setiap harinya. Pada saat ini Pemerintah khususnya di Indonesia melalui Kementrian Energi dan Sumber Daya Manusia (ESDM) mulai bergerak dalam pemanfaatan energi baru terbarukan dalam hal ini penggunaan panel surya atap untuk PLTS, Salim, Sardi (2022).

Pemanfaatan PLTS pada saat ini sudah banyak digunakan baik pada kalangan industri komersil hingga pada penggunaan rumah tangga. Pemasangan PLTS relatif tidak membutuhkan kebutuhan khusus dalam pemasangannya. Pada saat ini pemasangan PLTS banyak dilakukan pada bangunan yang tinggi dengan harapan untuk mendapatkan output daya yang maksimal dan dapat dipasang pada area tertentu seperti area taman bangunan dan atap bangunan, Hidayat and Sutrisno (2021). Pada pemasangan atap bangunan sudah banyak diterapkan pada berbagai bangunan tinggi seperti yang dilakukan pada Gedung Smart and Green Learning Center (SGLC) Fakultas Teknik UGM yang terpasang PLTS dengan kapasitas sebesar 62.4 kWp dengan jumlah modul panel surya sejumlah 156 buah.

Pada penelitian ini akan dilakukan kajian teknis untuk mengetahui besar konsumsi daya listrik gedung, mengetahui daya yang dibangkitkan PLTS, menghitung jumlah panel surya dan Inverter yang digunakan, mengukur intensitas cahaya matahari matahari, menghitung iradiasi matahari yang diterima modul panel surya yang terpasang pada atap Gedung. Pada penelitian yang dilakukan juga akan memperhitungkan aspek analisa penghematan daya yang terjadi dengan membandingkan konsumsi daya gedung dengan daya PLTS yang dibangkitkan.

METODE

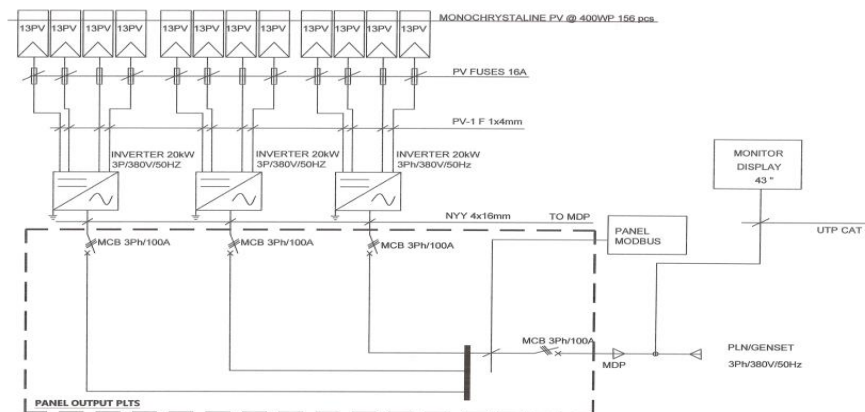
Diagram alir penelitian merupakan teknis analisis untuk menerjemahkan rangkaian penelitian yang diangkat secara ringkas, jelas dan teratur. Secara fungsi, diagram alir menggambarkan urutan proses untuk membantu pembaca memahami dengan baik hubungan antara objek satu dengan yang lain. Dalam penelitian ini diagram alir digunakan supaya memperoleh hasil penelitian yang terstruktur dan terarah. Adapun diagram alir penelitian tdiperlihatkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

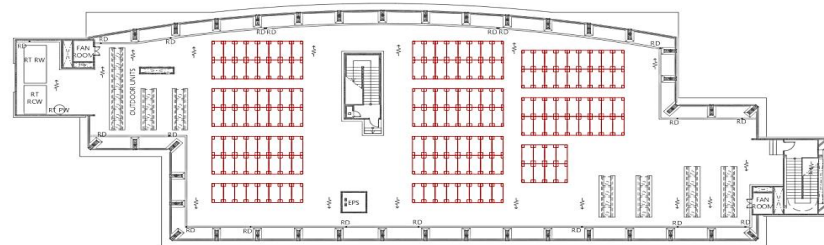
Sistem PLTS yang diterapkan pada Gedung SGLC merupakan sistem dengan jenis inverter string, keunggulan dari sistem tersebut adalah pada saat terjadi perbaikan pada salah satu instalasi PLTS maka tidak perlu melakukan pemadaman total pada sistem PLTS, namun daya yang dihasilkan akan mengecil. Desain teknis PLTS gedung SGLC menggunakan konfigurasi sistem PLTS *on-grid* di atap Gedung. Sistem tersebut merupakan sistem yang menghubungkan daya keluaran PLTS melalui inverter terhubung secara langsung dengan jaringan listrik utama gedung dari gardu SGLC melalui Main Distribusi Panel (MDP) sebagai panel utama gedung SGLC yang diperlihatkan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem PLTS *On-Grid* Gedung SGLC

Panel MDP merupakan panel utama gedung dalam mendistribusikan jaringan listrik ke seluruh beban gedung melalui panel PHB yang tersebar pada setiap lantai gedung. Pada sistem PLTS *on-grid* yang diterapkan di gedung SGLC tidak menggunakan baterai sebagai penyimpanan daya yang dihasilkan dari panel surya. Inverter PLTS bertugas mengubah sistem DC dari PLTS menjadi keluaran sistem AC jaringan gedung. Proses sinkronus listrik gedung SGLC dengan PLTS dilakukan melalui panel distribusi inverter yang terganggu dengan MDP sebelum didistribusikan MDP ke beban listrik gedung.

DENAH LOKASI SOLAR PANEL
Lantai Atap Tower



Keterangan:
Solar Panel

Gambar 3. Penempatan Modul Panel Surya

Modul panel surya gedung SGLC diletakan pada dudukan yang telah dipersiapkan dan dikunci dengan posisi yang disesuaikan dengan kondisi pergerakan matahari untuk mendapatkan hasil yang optimal dan agar panel surya, sebagai pembangkit listrik tidak mengalami pergeseran yang dapat menyebabkan kerusakan pada panel atau daya yang dihasilkan menjadi rendah, Kristiawan, Kumara, and Giriantari (2019). Pemasangan modul panel surya diletakan pada area atap Gedung SGLC dengan memperhatikan *shading* yang akan muncul di area atap. *Shading* yang dimaksud adalah meliputi tiang penyalur petir, *water roof tank*, *outdoor AC* dan ruang panel listrik atap yang dapat mengganggu modul panel surya mendapatkan sinar matahari. Dalam penempatan modul panel surya juga diberikan ruang yang mudah diakses bagi teknisi untuk melakukan pemeliharaan agar panel surya dapat tetap bekerja secara optimal. Penempatan panel surya Gedung SGLC ditunjukkan pada gambar 3.

Pada pengukuran panel surya yang terpasang dilapangan, terhubung secara seri dikarenakan arus keluarannya merupakan penjumlahan dari arus keluaran tiap modul, dan tegangan keluarannya sama dengan tegangan keluaran dari tiap modul. Luas area yang digunakan untuk pemasangan modul panel surya atap adalah sebesar 306,9 m² atau sebesar 26% dari luasan total atap gedung SGLC sebesar 1.177,97 m².

Luasan PLTS: Dimensi Panel x jumlah panel (m²)

Luasan PLTS: (1.973 x 997) mm x 156 = 306,9 m²

Selanjutnya, data yang diperoleh di lapangan dapat diketahui bukti total daya PLTS yang terpasang pada gedung SGLC adalah sebesar:

W_p = jumlah panel surya x nominal power panel surya

$$W_p = 156 \times 400 \text{ Wp} = 62.400 \text{ Wp} = 62.4 \text{ kWp}$$

Setelah mengetahui besar daya yang terpasang, dilanjutkan dengan mengetahui jumlah inverter yang digunakan pada PLTS gedung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{n_{\text{panel}} \times \text{MaxPower Panel}}{\text{Kapasitas Inverter}} = \frac{156 \times 400 \text{ Wp}}{24.000} = 2.6 \text{ unit} \approx 3 \text{ unit}$$

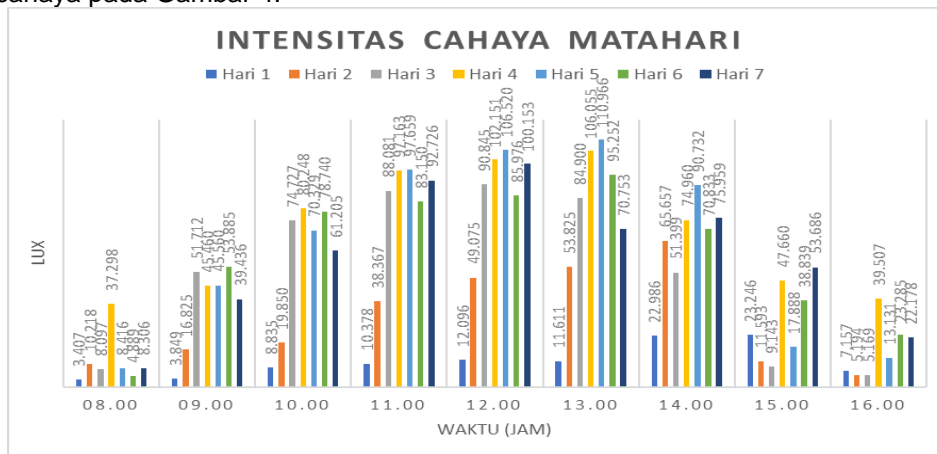
a. Analisis PLTS Gedung SGLC

Data Intensitas Cahaya Matahari dan Radiasi Matahari, pengukuran besar cahaya matahari dilakukan dengan cara menggunakan aplikasi Lux Light Meter kemudian dilakukan konversi dengan cara $1 \text{ lux} = 0.0079 \text{ W/m}^2$ nilai tersebut diperoleh berdasarkan penelitian, Muin, Wijayanto, and Widiastuti (2020). pada penelitiannya yang berjudul "*Prototyping of Environmental Kit for Georeferenced Transient Outdoor Comfort Assessment*" mengatakan ada nilai perkiraan non-standar untuk konversi pencahayaan ke irradiance di dengan spektrum. Nilai (0.0079 W/m^2 per lux) dapat digunakan untuk menemukan irradiance sekitar dengan menggunakan dengan sensor fotometrik. Pada penelitian yang dilakukan pengambilan data dilakukan pada pukul 08.00 - 16.00 bulan Juli 2023 sehingga didapatkan data seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Besar Intensitas Cahaya Matahari

Waktu (Jam)	Intensitas Cahaya (Lux)							Rata-rata
	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	
08.00	3.407	10.218	8.097	37.298	8.416	4.889	8.306	11.552
09.00	3.849	16.825	51.712	45.460	45.560	53.885	39.436	38.959
10.00	8.835	19.850	74.727	80.248	70.329	78.740	61.205	53.602
11.00	10.378	38.367	88.081	97.163	97.659	83.150	92.726	72.503
12.00	12.096	49.075	90.845	102.151	106.520	85.976	100.153	69.631
13.00	11.611	53.826	84.900	106.055	110.966	95.252	70.753	73.966
14.00	22.986	65.657	51.399	74.960	90.732	70.833	75.959	47.504
15.00	23.246	11.593	9.143	47.660	17.888	38.839	53.686	31.722
16.00	7.157	5.194	5.169	39.507	13.131	23.285	22.178	16.517

Berdasarkan data yang diperoleh terlihat bahwa tingkat intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya berubah-ubah berdasarkan kondisi cuaca pada setiap hari dan jamnya. Kondisi cuaca mendung, berawan, dan cerah mempengaruhi hasil intensitas cahaya yang dipancarkan matahari, Usman (2020). Berdasarkan data diatas dapat diketahui bahwa rata-rata tingkat intensitas cahaya terbesar yang diperoleh mengalami kenaikan mulai pukul 11.00 dengan puncak cahaya matahari diperoleh pada pukul 13.00 yang kemudian mulai mengalami penurunan pada pukul 14.00. Dengan pengukuran yang dilakukan pada Tabel 1. diatas diperoleh grafik intensitas cahaya pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Intensitas Cahaya Matahari

Nilai puncak intensitas cahaya matahari terbesar didapatkan pada hari ke 5 dikarenakan pada hari tersebut kondisi cuaca sangat cerah tanpa awan dan nilai terendah didapatkan pada hari

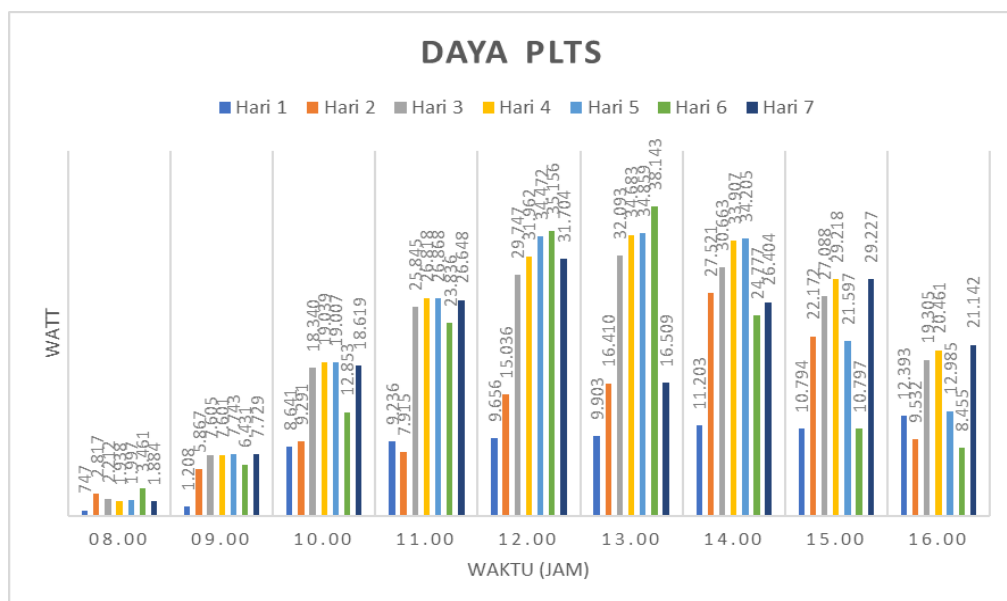
1 dikarenakan kondisi cuaca hujan kecil. Pada hari ke 5 pukul 13.00 diketahui besar intensitas terbesar yaitu mencapai 110.966 Lux dan nilai terendah diperoleh pada hari 1 pukul 08.00 dengan intensitas cahaya matahari mencapai 3.407 Lux (lihat pada tabel 2).

Tabel 2. Daya PLTS Pukul 08.00 – 16.00

Hari	Daya (Watt)	Waktu (Jam)								
		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
Hari 1	DC	759	1.228	8.790	9.376	9.825	10.072	11.368	10.960	12.600
	AC	747	1.208	8.641	9.236	9.656	9.903	11.203	10.794	12.393
Hari 2	DC	2.867	5.956	9.451	8.053	15.315	16.664	27.963	22.497	9.702
	AC	2.867	5.867	9.291	7.915	15.036	16.410	27.521	22.172	9.532
Hari 3	DC	2.250	7.712	18.591	26.215	30.171	32.515	31.057	27.428	19.605
	AC	2.122	7.605	18.340	25.845	29.747	32.093	30.663	27.088	19.305
Hari 4	DC	1.964	7.726	19.372	27.227	32.398	35.104	34.335	29.689	20.818
	AC	1.938	7.601	19.039	26.818	31.962	34.683	33.907	29.218	20.461
Hari 5	DC	2.035	7.858	19.282	27.238	34.968	35.326	34.681	21.929	13.247
	AC	1.997	7.743	19.007	26.868	34.472	34.859	34.205	21.597	12.985
Hari 6	DC	3.504	6.520	13.047	24.220	35.672	38.693	25.131	10.949	8.592
	AC	3.461	6.431	12.853	23.836	35.156	38.143	24.777	10.797	8.455
Hari 7	DC	1.911	7.875	18.922	27.057	32.076	16.731	26.723	29.689	21.456
	AC	1.884	7.729	18.619	26.648	31.704	16.509	26.404	29.227	21.142
Rata-rata	DC	2.184	6.411	15.351	21.341	27.204	26.444	27.323	21.877	15.146
	AC	2.151	6.312	15.113	21.024	26.819	26.086	26.954	21.556	14.896
Total	DC	15.290	44.875	107.455	149.386	190.425	185.105	191.258	153.141	106.020
	AC	15.056	44.184	105.790	147.166	187.733	182.600	188.680	150.893	104.273

a. Analisis Daya PLTS

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengukuran, dapat terlihat bahwa besar iradiasi matahari yang diterima panel surya berpengaruh pada daya yang dihasilkan PLTS. Iradiasi matahari menjadi sumber energi PLTS dalam menghasilkan daya listrik. Dari data diatas dapat diketahui pada pengamatan yang dilakukan daya yang dihasilkan PLTS berbeda-beda dikarenakan besar iradasi matahari yang diterima berbeda-beda. Dalam kondisi mendung dan hujan kecil yang terjadi pada pengamatan pertama menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan PLTS Gedung SGLC rendah total daya sebesar 73,781 kW atau sebesar 66 kWh dalam kurun waktu satu hari. Daya yang dihasilkan PLTS terbesar terjadi pada hari ke empat dimana PLTS Gedung SGLC menghasilkan daya sebesar 205,627 kW atau sebesar 183 kWh disebabkan pada kondisi cuaca sangat cerah. Dari Tabel 2. diperoleh grafik daya PLTS pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Daya PLTS

Penurunan daya yang dihasilkan PLTS mulai terjadi pada pukul 14.00, hal ini disebabkan karena pada pukul 14.00 terdapat shading yang menghalangi modul panel surya dan pada pukul 15.00 shading sudah banyak menutupi modul serta panel surya yang kotor seperti diperlihatkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Shading PLTS



Gambar 7. Bekas Cat pada Modul

Dari pengamatan yang dilakukan daya puncak yang dihasilkan dari solar panel pada PLTS sering terjadi pada pukul 13.00 dan mulai mengalami penurunan pada pukul 14.00 hingga pukul 16.00, (Suyanto, Rusianto, and Subandi 2020). Pada daya puncak yang dihasilkan PLTS terjadi di hari ke enam dengan daya yang dihasilkan mencapai 38.143 Watt atau 38 kW dan daya terendah yang dihasilkan terjadi pada hari pagi hari pertama dikarenakan pada hari pertama cuaca dalam keadaan mendung dan hujan kecil sehingga daya yang dihasilkan sebesar 747 Watt atau 0,747 kW. Untuk mengetahui daya yang dihasilkan PLTS dapat diketahui dengan cara memonitor 3 Inverter yang terpasang dilapangan sesuai dengan periode waktu yaitu pukul 08.00 – 16.00 WIB.

Perhitungan Daya PLTS

Data yang diperoleh dilakukan perhitungan daya rata rata dan total, dari PLTS pada waktu pengukuran pukul 08.00 – 16.00 dengan perhitungan dari persamaan 1 dan 2 berikut:

$$P_{Rata-rata} = \frac{\text{Jumlah daya}}{\text{jumlah data}} \dots\dots\dots(1)$$

$$P_{Total} = Wh \times \text{lama penyinaran} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Hari 1: } P_{Rata-rata} = \frac{73781}{9} = 8.189 \text{ Wh}, P_{Total} = 8.189 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam} = 65.583 \text{ Wh/hari} = 66 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 2: } P_{Rata-rata} = \frac{116.561}{9} = 12.951 \text{ Wh}, P_{Total} = 12.951 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam} = 103.610 \text{ Wh/hari} = 104 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 3: } P_{Rata-rata} = \frac{192.898}{9} = 21.433 \text{ Wh}, P_{Total} = 21.433 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam} = 171.465 \text{ Wh/hari} = 171 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 4: } P_{Rata-rata} = \frac{205.627}{9} = 22.847 \text{ Wh}, P_{Total} = 22.847 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam} = 182.780 \text{ Wh/hari} = 183 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 5: } P_{Rata-rata} = \frac{193.564}{9} = 21.526 \text{ Wh}, P_{Total} = 21.526 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam} = 172.207 \text{ Wh/hari} = 172 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 6: } P_{Rata-rata} = \frac{163.909}{9} = 18.212 \text{ Wh}, P_{Total} = 18.212 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam} = 145.697 \text{ Wh/hari} = 146 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 7: } P_{Rata-rata} = \frac{179.866}{9} = 19.985 \text{ Wh}, P_{Total} = 19.985 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam} = 159.881 \text{ Wh/hari} = 160 \text{ kWh/hari}$$

b. Perhitungan Kabel

Dari data yang diperoleh maka dapat diketahui ukuran kabel yang digunakan pada sistem PLTS yang terpasang dengan persamaan 3.

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \theta, \quad I_{Nominal} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \theta} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan pengambilan sampel daya yang dihasilkan PLTS pada hari ke 4, diperoleh pada pukul 13.00 daya yang dihasilkan PLTS sebesar 34.683 W. Data sampel tersebut diperoleh dari data daya tertinggi yang dihasilkan PLTS. Berdasarkan hasil tersebut selanjutnya dapat dimasukkan ke dalam persamaan 2. hasil arus nominal sebagai berikut:

$$I_{Nominal} = \frac{36.683}{\sqrt{3} \times 380 \times 1}, \quad I_{Nominal} = 50,059$$

Dari hasil persamaan yang dilakukan, maka dapat diketahui arus nominal dari daya PLTS yang dihasilkan. Kemudian hasil dari arus nominal yang diperoleh digunakan untuk mengetahui nilai Kuat Hantar Arus (KHA) dari instalasi yang terpasang. Nilai instalasi yang dimaksud adalah instalasi kabel yang digunakan untuk menghubungkan panel inverter dengan panel MDP gedung. KHA merupakan batas maksimal aliran arus listrik yang diperbolehkan untuk mengalir pada suatu kabel penghantar. Nilai KHA berfungsi untuk menentukan diameter ukuran kabel yang tepat dengan disesuaikan standar instalasi listrik yang digunakan di Indonesia yaitu Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Untuk mengetahui nilai KHA dapat dilakukan dengan persamaan 3.

$$KHA = I_{Nominal} \times 125\% = 50,059 \times 125\% = 62,574 A$$

Hasil KHA kabel yang diperoleh harus disesuaikan dengan tabel standar dari PUIL 2011 halaman 304. Standar tersebut merupakan dasar dari KHA yang diizinkan untuk menentukan diameter ukuran kabel dari suatu instalasi. Perhitungan daya yang digunakan dalam gedung, diambil dari data harian dan bulanan dengan cara melakukan pencatatan daya gedung melalui sistem BMS gedung SGLC. Sistem BMS merupakan sistem *Building Monitoring System*, yang digunakan untuk monitoring pencatatan konservasi energi yang ada pada gedung SGLC. Konservasi energi yang dimaksud meliputi energi listrik dan air yang digunakan baik, harian bulanan hingga tahunan serta suhu dan pencahayaan pada ruang gedung. Sistem terletak pada lantai 1 gedung SGLC. Dengan pengambilan data melalui BMS kemudian diperoleh data daya gedung SGLC seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Daya Gedung SGLC

Waktu (Jam)	Daya Gedung (kW)						
	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7
08.00	61.09	29.35	41.02	12.99	35.32	36.82	31.30
09.00	38.47	24.43	53.00	27.15	46.87	94.13	40.87
10.00	36.42	35.39	84.65	33.69	43.96	81.35	70.92
11.00	45.71	20.24	85.47	47.68	64.03	61.74	65.73
12.00	46.59	38.32	86.90	46.20	61.73	56.06	67.08
13.00	40.34	30.34	52.25	51.03	95.85	102.42	43.98
14.00	44.56	60.98	83.11	52.36	102.86	92.82	40.90
15.00	56.18	47.09	56.55	48.61	80.94	61.40	52.34
16.00	44.77	39.76	77.52	47.40	84.82	47.45	54.21
Rata-Rata	46.015	36.210	68.940	40.790	68.485	70.464	51.926
Total	414.13	325.89	620.46	367.11	616.36	634.18	467.34

Berdasarkan data yang diperoleh diketahui bahwa penggunaan daya pada Gedung SGLC pada setiap waktu berbeda hal ini disebabkan karena beban yang terpasang pada gedung SGLC tidak semua bekerja secara serempak sehingga penggunaan daya listrik pada setiap harinya berbeda-beda. Berdasarkan data yang diperoleh maka konsumsi daya gedung SGLC pada pukul 08.00 – 16.00 dapat diketahui berikut:

$$\text{Hari 1: } P_{Rata-rata} = \frac{414.131}{9} = 46.015 \text{ kW}, P_{Total} = 46.015 \text{ kW} \times 8 \text{ jam} = 368.116 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 2: } P_{Rata-rata} = \frac{325.891}{9} = 36.210 \text{ kW}, P_{Total} = 36.210 \text{ kW} \times 8 \text{ jam} = 289.681 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 3: } P_{Rata-rata} = \frac{620.458}{9} = 68.940 \text{ kW}, P_{Total} = 68.940 \text{ kW} \times 8 \text{ jam} = 551.518 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 4: } P_{Rata-rata} = \frac{367.107}{9} = 40.790 \text{ kW}, P_{Total} = 40.790 \text{ kW} \times 8 \text{ jam} = 326.317 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 5: } P_{Rata-rata} = \frac{616.363}{9} = 68.485 \text{ kW}, P_{Total} = 68.485 \text{ kW} \times 8 \text{ jam} = 547.878 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 6: } P_{Rata-rata} = \frac{634.179}{9} = 70.464 \text{ kW}, P_{Total} = 70.464 \text{ kW} \times 8 \text{ jam} = 563.715 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 7: } P_{Rata-rata} = \frac{467.336}{9} = 51.926 \text{ kW}, P_{Total} = 51.926 \text{ kW} \times 8 \text{ jam} = 415.410 \text{ kWh/hari}$$

Dengan mengetahui besar konsumsi daya listrik gedung maka dapat dilakukan perbandingan antara daya listrik gedung dengan daya yang dihasilkan PLTS yang selanjutnya dapat diketahui penghematan yang terjadi.

c. Perbandingan dan Penghematan Penggunaan PLTS

Nilai penghematan penggunaan PLTS dapat dilihat berdasarkan daya yang dihasilkan PLTS berdasarkan pengamatan yang dilakukan selama 7 hari pengamatan yang dimulai pada pukul 08.00–16.00. Besar penghematan dapat diketahui dengan membandingkan daya yang dikonsumsi gedung dikurangi dengan daya yang dihasilkan PLTS. Berdasarkan hasil pengamatan dapat diketahui penghematan PLTS pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Daya Gedung dan Daya PLTS

No	Hari	Daya yang dikonsumsi Gedung (kWh)	Daya yang dihasilkan PLTS (kWh)	Besar Penghematan (kWh)
1	Hari 1	368.116	65.58	302.53
2	Hari 2	289.681	103.610	186.07
3	Hari 3	551.518	171.465	380.05
4	Hari 4	326.317	182.780	143.54
5	Hari 5	547.878	172.207	375.67
6	Hari 6	563.715	145.697	418.02
7	Hari 7	415.410	159.881	255.53

Berdasarkan analisis biaya yang dijelaskan dapat diketahui dengan pemasangan PLTS yang dilakukan gedung mampu menghemat keluaran biaya yang harus dikeluarkan gedung. Dari hasil yang didapatkan, penggunaan PLTS pada gedung SGLC sangat bermanfaat dalam menekan biaya pengeluaran gedung dan merupakan pembangkit energi yang ramah lingkungan yang tidak menimbulkan polusi serta tidak menghasilkan limbah B3 dikarenakan PLTS pada Gedung SGLC menggunakan jenis PLTS *on-grid*.

KESIMPULAN

Hasil analisis pelimpahan sebagian beban guna mencari solusi alternatif penyulang dapat disimpulkan daya yang dihasilkan PLTS dipengaruhi faktor cuaca, pada cuaca cerah akan menghasilkan daya yang baik dapat mencapai 205,627 kW atau sebesar 183 kWh pada kondisi cerah sedangkan pada kondisi mendung sebesar 73,781 kW atau sebesar 66 kWh. Intensitas cahaya puncak matahari terjadi pukul 13.00 WIB dikarenakan posisi matahari berada diatas panel surya dengan kondisi cuaca cerah intensitas cahaya matahari mencapai 110.966 Lux dan nilai terendah mencapai 3.407 Lux. Sedangkan iradiasi matahari berbanding lurus dengan besar intensitas cahaya matahari yang dihasilkan dengan besar radiasi terbesar mencapai 877 W/m² sedangkan radiasi terendah sebesar 27 W/m². Daya yang dikonsumsi gedung bernilai fluktuatif, dikarenakan penggunaan beban gedung berbeda-beda pada setiap jamnya, antara pukul 08.00 hingga 16.00. pemakaian daya gedung terbesar terjadi pada hari ke tiga mencapai total daya 620,460 kW atau sebesar 551.518 kWh. PLTS model *on-grid* yang terpasang secara langsung dalam Gedung, tanpa menggunakan media penyimpanan baterai. Peningkatan daya kerja PLTS Gedung SGLC, dilakukan pemeliharaan dan perawatan secara rutin, pada komponen panel surya dan inverter dari kotoran yang menempel.

DAFTAR PUSTAKA

- Hidayat, Ta'lim Nur, and Sutrisno Rohmat.S. 2021. Analisis Output Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Kapasitas 10Wp, 20Wp, Dan 30Wp. *Jurnal Crankshaft* 4(2):9–18. doi: 10.24176/crankshaft.v4i2.6013.
- Kristiawan, H., I. N. S. Kumara, and I. A. D. Giriantari. 2019. Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah Di Kota Denpasar. *Jurnal SPEKTRUM* 6(4):66. doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i04.p10.
- Muin, Haziz, Danar Susilo Wijayanto, and Indah Widiastuti. 2020. Studi Perbandingan Penggunaan Panel Surya Dengan Turbin Angin Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif Di Kampus Universitas Sebelas Maret Surakarta. *NOZEL Jurnal Pendidikan Teknik Mesin* 2(1):27. doi: 10.20961/nozel.v1i3.34503.
- Nurjaman, Hendi Bagja, and Trisna Purnama. 2022. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga. *Jurnal Edukasi Elektro* 6(2): 136–42.
- Purwoto, Bambang Hari, Jatmiko Jatmiko, Muhamad Alimul Fadilah, and Ilham Fahmi Huda. 2018. Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro* 18(1): 10–14.

- Salim, Sardi. 2022. *Perencanaan Dan Studi Kelayakan PLTS Rooftop Pada Gedung Fakultas Teknik UNG, Gorontalo*. 4.
- Suyanto, M., T. Rusianto, and Subandi. 2020. Development of a Household Solar Power Plant: System Using Solar Panels. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 807(1). doi: 10.1088/1757-899X/807/1/012007.
- Usman, Mukhamad. 2020. Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro* 9(2):52–57. doi: 10.30591/polektro.v9i2.2047.