

Studi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Rooftop On-Grid* di Gedung Rektorat Universitas Papua (Study on Design of Rooftop On-Grid Solar Power Plant at the Rectorate Building of Papua University)

Roy Charly Workala¹, Antonius Duma Palintin¹, Jamius Bin Stepanus¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Papua, Manokwari, Papua Barat, Indonesia

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima 26 September 2022

Direvisi 10 Oktober 2022

Disetujui 14 Oktober 2022

Keywords:

PLTS *Rooftop*

On Grid

Software Helioscope

Modul Surya

Energi

ABSTRAK

Permintaan akan kebutuhan energi listrik selalu mengalami peningkatan diproyeksikan 2.214 (TWh) pada tahun 2050 atau naik 9 kali lipat dibandingkan pada tahun-tahun sebelumnya sebesar 254,6 TWh. Hanya saja kebutuhan energi saat ini masih didominasi oleh energi tidak terbarukan yang memiliki keterbatasan dan tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu diperlukan sumber energi yang terbarukan dan ramah lingkungan. Pemanfaatan energi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik merupakan suatu solusi untuk mengurangi pemakaian energi tidak terbarukan. Tercatat rata-rata radiasi matahari per hari di Indonesia sebesar 4,8 kWh/m². Dilaksanakannya penelitian ini adalah untuk mendesain PLTS *Rooftop* di Gedung Rektorat Universitas Papua menggunakan *software helioscope* dan menganalisis estimasi penghematan energi listrik. Dalam mendesain menggunakan 198 modul surya merek Tallmax TSM-PD14 320 Wp, inverter merek SMA Sunny Tripower 20000TL-US berkapasitas (20kW) sebanyak 4-unit dan AC *Combiner Box* yang berisikan peralatan proteksi. Hasil simulasi memperlihatkan produksi energi listrik tertinggi pada bulan Mei 8.031,50 kWh dan terendah di bulan Februari 5.997,60 kWh. Sehingga dari hasil perhitungan, diperoleh rata-rata estimasi penghematan energi listrik adalah sebesar 18%

ABSTRACT

The demand for electrical energy needs is always projected to increase by 2,214 (TWh) in 2050 or an increase of 9 times compared to the previous years of 254.6 TWh, it's just that current energy needs are still dominated by non-renewable energy which has limitations and does not require energy environmentally friendly. Therefore, renewable and environmentally friendly energy sources are needed. Utilization of solar energy which is converted into electrical energy is a solution to reduce the use of non-renewable energy. The average daily solar radiation in Indonesia is 4.8 kWh/m². The purpose of this research is to design PLTS *Rooftop* at the Rectorate Building of the Papua University using *helioscope* software and to analyze the estimation of electrical energy savings. In designing, using 198 Tallmax TSM-PD14 320 Wp solar modules, SMA Sunny Tripower 20000TL-US brand inverter with a capacity of 4 units (20kW) and an AC *Combiner Box* containing protective equipment. The simulation results show that the highest electricity production was in May at 8,031.50 kWh and the lowest was in February at 5,997.60 kWh. So from the calculation, the estimated average electrical energy savings is 18%

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Koresponden:**Antonius Duma Palintin**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Papua, Manokwari, Papua Barat

Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari – Papua Barat 98314, Indonesia

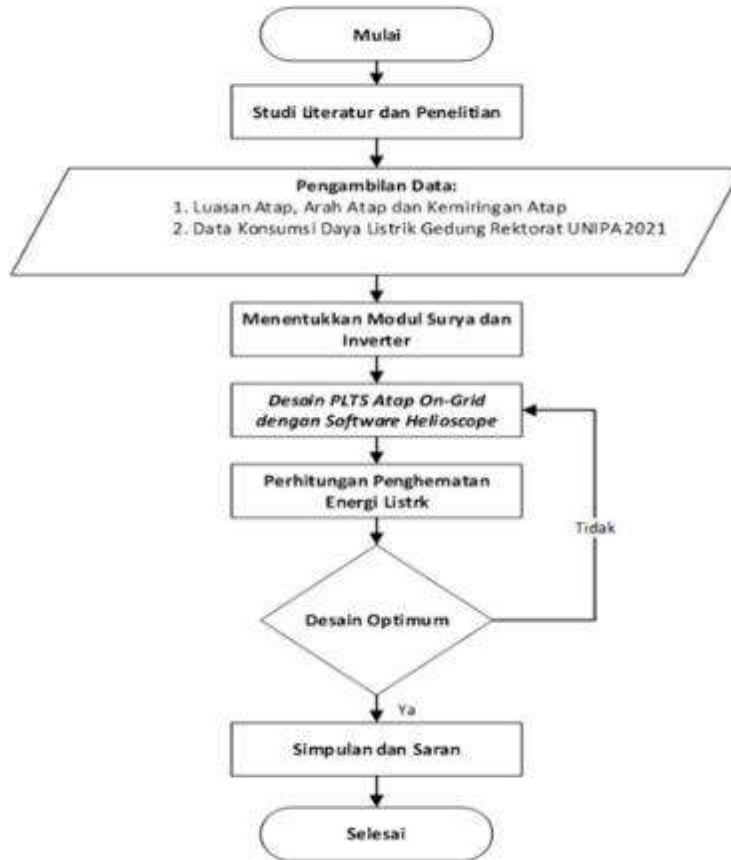
Email: a.palintin@unipa.ac.id

1. PENDAHULUAN

Sejalan dengan pertumbuhan ekonomi penduduk kebutuhan akan permintaan energi listrik selalu mengalami peningkatan dibandingkan dengan jenis energi lainnya. Diproyeksikan permintaan kebutuhan energi listrik mencapai 2.214 TWh (BaU), 1.918 TWh (PB), 1.626 TWh (RK) pada tahun 2050 atau naik hampir 9 kali lipat dari permintaan listrik tahun 2018 sebesar 254,6 TWh. Laju pertumbuhan permintaan listrik rata-rata pada ketiga skenario sebesar 7% (BaU), 6,5% (PB) dan 6,0% (RK) per tahun selama periode 2018-2050 [1]. Saat ini, pasokan listrik Indonesia masih mengandalkan energi fosil, terutama minyak bumi. Untuk menjalankan bisnis yang memenuhi kebutuhan energi nasional, pemerintah perlu menyeimbangkan produksi energi dengan memanfaatkan energi baru terbarukan (EBT). Hal ini karena produksi bahan bakar fosil di masa depan akan menurun karena sifatnya yang tidak terbarukan dan kecenderungan harga yang terus mengalami peningkatan. Sejalan dengan pandangan [2] yang menyatakan bahwa fenomena ini menjadi tantangan besar bagi Indonesia ketika menghadapi situasi di mana sebagian besar pasokannya masih bergantung pada energi fosil. Energi fosil menghasilkan polusi yang berbahaya dan berbahaya bagi lingkungan. Oleh karena itu, energi terbarukan merupakan energi yang dibutuhkan untuk mendukung kebutuhan listrik yang terus meningkat. Selain itu, energi terbarukan lebih ramah lingkungan dan tidak menimbulkan polusi seperti energi fosil lainnya. Inovasi energi alternatif terutama dari sumber daya yang tidak terbatas (terbarukan) sangat dibutuhkan seiring dengan perkembangan teknologi, untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat di masa mendatang. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah inovasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Gedung Rektorat Universitas Papua adalah yang dipilih menjadi lokasi penelitian karena lokasi gedung ini berada di daerah dataran rendah, atapnya cukup luas untuk dipasang PLTS, dan juga tidak ada pengaruh bayangan pohon dan bayangan gedung yang dapat menghalangi sinar matahari serta sudah terkoneksi dengan *grid* PLN yang energi listriknya disuplai setiap saat, dan alasan lain pemilihan gedung ini dikarenakan banyaknya beban yang dipakai pada saat jam kerja di siang hari sehingga sangat berpengaruh terhadap biaya pembayaran tagihan listrik PLN. Selain dampak dari segi ekonomi, penggunaan energi konvensional berpengaruh terhadap lingkungan, dengan menggunakan energi dari PLTS maka akan terjadi pengurangan dalam penggunaan energi konvensional. Selain itu penghematan pembayaran tagihan listrik dapat digunakan untuk menunjang fasilitas maupun aktivitas di Gedung Rektorat Universitas Papua. Penelitian ini akan memberikan informasi mengenai bentuk dari perancangan PLTS *Rooftop On-Grid* di Gedung Rektorat Universitas Papua, menghitung jumlah kapasitas PLTS yang dapat dipasang, jumlah inverter yang digunakan dengan menggunakan bantuan simulator *Helioscope*, serta menghitung estimasi penghematan energi listrik yang dapat dicapai di Gedung Rektorat Universitas Papua.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perancangan PLTS *Rooftop On-Grid* di Gedung Rektorat Universitas Papua dan mengetahui penghematan energi listrik dari pemasangan PLTS. Penelitian ini menggunakan simulator *Helioscope*.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gedung Rektorat Universitas Papua berlokasi di Jalan Gunung Salju, Amban, Manokwari, Provinsi Papua Barat, Indonesia. Secara geografis bangunan Gedung Rektorat UNIPA berada di belahan bumi bagian selatan dengan memiliki titik koordinat *latitude* 0°50'04,2"LS dan *longitude* 134°04'11,9"BT. Pada Gedung Rektorat UNIPA ada dua lokasi atap gedung yang berpotensi untuk dipasang modul surya yaitu *Segment* atap 1 dan *Segment* atap 2.



Gambar 2. Lokasi penelitian

Adapun data hasil pengukuran luasan atap, arah atap dan kemiringan atap Gedung Rektorat Universitas Papua dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Segmentasi atap PLTS *rooftop* Gedung Rektorat UNIPA

No	Segmentasi	Luasan atap (m ²)	Arah atap	Kemiringan atap
1	Atap 1	486,75	25° (Timur laut)	20°

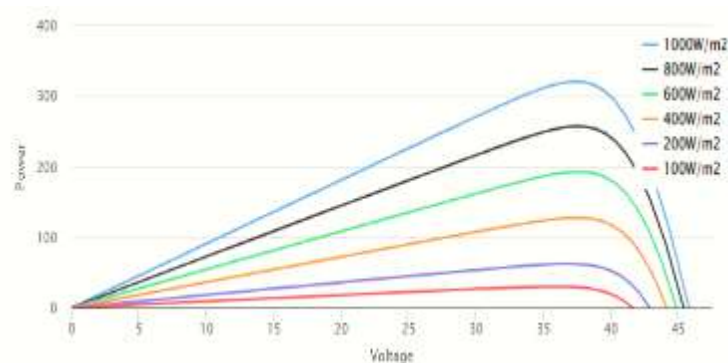
2	Atap 2	486,75	55° (Timur laut)	20°
Total		973,5		

3.1. Pemilihan spesifikasi modul Surya dan inverter

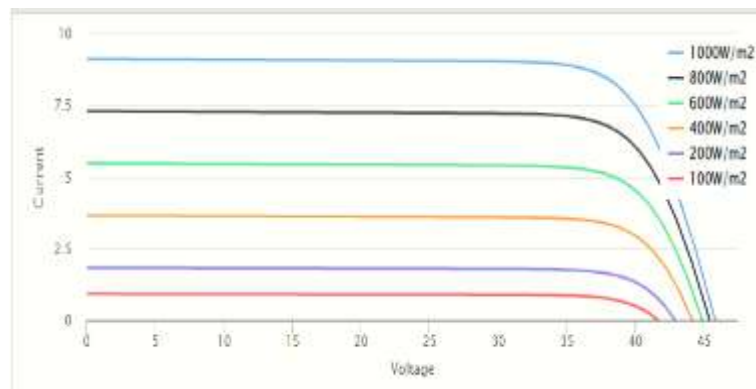
Adapun beberapa pertimbangan dalam pemilihan spesifikasi modul surya diantaranya; efisiensi panel surya lebih dari 15%, tegangan modul surya tidak diizinkan lebih dari 1000 VDC, serta memiliki nilai toleransi kurang dari 2,5%. Selain itu, berdasarkan dari segi ekonomi juga mudah didapatkan di pasaran serta harga yang ekonomis. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka pada penelitian ini dipilihlah modul surya jenis *Polycrystalline* dengan merek Tallmax TSM-PD14 320, *Trina Solar*. Sedangkan untuk jenis inverter yang digunakan adalah *SMA Sunny Tripower 20000TL-US*. Laporan studi penelitian sebelumnya oleh [3] menyebut inverter *SMA Sunny Tripower* adalah jenis inverter yang memiliki efisiensi produksi energi yang tinggi, fleksibilitas desain yang baik, dan kompatibel dengan banyak modul surya. Spesifikasi modul surya dan inverter ditunjukkan masing-masing pada Gambar 2 dan 3 serta Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Spesifikasi modul surya Tallmax TSM-PD14 320

Spesifikasi	Keterangan
Peak Power Watts-PMAX (Wp)	320
Power Output Tolerance-PMAX (W)	0/+5
Maximum Power Voltage-VMPP (V)	37.1
Maximum Power Current-IMPP (A)	8.63
Open Circuit Voltage-VOC (V)	45.5
Short Circuit Current-ISC (A)	9.15
Module Efficiency η_m (%)	16.5
Solar Cells	Multicrystalline 156.75 × 156.75 mm
Cell Orientation	72 cells (6 × 12)
Module Dimensions	1960 × 992 × 40 mm
Weight	22.5 kg



Gambar 3. Kurva daya terhadap tegangan yang dihasilkan modul surya Tallmax TSM-PD14 320



Gambar 4. Kurva arus terhadap tegangan yang dihasilkan modul surya Tallmax TSM-PD14 320

Tabel 3. Spesifikasi inverter SMA Sunny Tripower 20000TL-US

Spesifikasi	Keterangan
AC Nominal Power Output	20 kW
Maximum DC Input Voltage	1.000 V
Minimum DC Voltage / Start Voltage	150 V / 188 V
Maximum MPPT Voltage	800 V
Minimum MPPT Voltage	150 V
Maximum Output Current	24 A
Harmonic	< 3%
Max. efficiency / CEC efficiency	98.5% / 97.5%
Maximum Power Current Input Inverter	33 A

3.2. Profil konsumsi energi listrik dan tagihan pembayaran listrik Gedung Rektorat Universitas Papua

Daya terpasang pada Gedung Rektorat Universitas Papua adalah 147 kVA. Data konsumsi daya listrik serta data tagihan pembayaran listrik Gedung Rektorat UNIPA berasal dari PT. PLN UP3 Manokwari diperoleh dari Januari 2021 hingga Desember 2021. Data histori konsumsi daya listrik serta tagihan listrik PLN 2021 diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Histori Konsumsi Energi Listrik Serta Tagihan Listrik PLN 2021

Bulan Pemakaian	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Pemakaian (kWh)	42.900	36.800	34.000	35.000	34.500	35.300	36.000	34.000	41.750	58.450	58.450	60.000
Pembayaran Listrik PLN (Rp)	61.977.630	53.164.960	49.119.800	50.564.500	49.842.150	50.997.910	52.009.200	49.119.800	60.316.225	84.442.715	84.442.715	86.682.000
Total Pemakaian (kWh)	507.150											
Total Pembayaran Listrik PLN (Rp)	732.679.605											

3.3. Hasil simulasi dengan Helioscope

Pada penelitian ini digunakan bantuan *software helioscope* untuk mendesain peletakan modul surya sesuai dengan arah atap dan luasan atap pada Gedung Rektorat UNIPA. Setelah dilakukan desain maka didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 5.

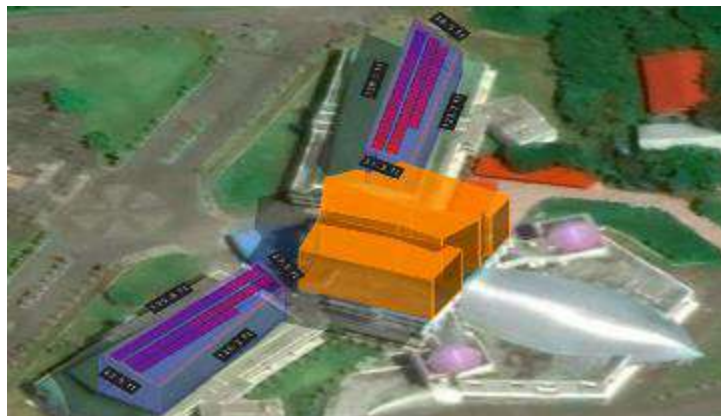
Tabel 5. Jumlah komponen modul surya, kapasitas serta tipe *Mounting*

No	Segmentasi	Jumlah Modul (Unit)	Kapasitas terpasang (kWp)	Tipe <i>Mounting</i> dan Orientasi Modul
1	<i>Field Segment</i> atap 1	99	32	<i>Flush Mount –Vertikal</i>
2	<i>Field Segment</i> atap 2	99	32	<i>Flush Mount –Vertikal</i>
Total		198	63.4	

Berdasarkan hasil desain maka didapatkan jumlah modul surya sebanyak 198-unit dengan total kapasitas terpasang PLTS *Rooftop* sebesar 63.4 kWp untuk batas maksimum daya yang bisa dihasilkan oleh PLTS *Rooftop* pada Gedung Rektorat seharusnya bisa mencapai 147 kVA atau sesuai dengan daya listrik PLN yang terpasang pada Gedung Rektorat. Mengacu pada Permen ESDM No.49/2018 pasal 5 ayat 1[4] dijelaskan bahwa kapasitas sistem PLTS yang dipasang dibatasi paling tinggi 100% dari daya tersambung pelanggan PT. PLN. Pada penelitian ini orientasi modul surya dipasang vertikal (*portrait*) dikarenakan menyesuaikan dengan luasan atap dan arah matahari. Sedangkan, konsep pemasangan yang digunakan adalah *Flush Mount* dikarenakan atap Gedung Rektorat yang memiliki kemiringan 20°. Jenis pemasangan *Flush Mount* adalah jenis yang cocok untuk dipasang pada atap bangunan yang memiliki tingkatan kemiringan atap yang cukup tinggi. Pada simulasi ini dilakukan dengan memperhitungkan kondisi faktual lokasi pemasangan modul surya, dimana pada Gambar 5 memperlihatkan pembagian segmentasi atap sedangkan pada Gambar 6 memperlihatkan tampilan 3 dimensi serta efek bayangan dan orientasi modul surya yang direncanakan.



Gambar 5. Pembagian segmentasi atap pada Gedung Rektorat UNIPA



Gambar 6. Desain pemodelan 3D PLTS atap Gedung Rektorat UNIPA

3.4 Perhitungan seri paralel modul surya

Dalam perencanaan PLTS sangat penting untuk dilakukan konfigurasi antara modul surya dan inverter, karena dengan konfigurasi ini dapat mengetahui besar tegangan dan arus input DC dari modul surya ke inverter. Sebelumnya, panel surya disusun secara paralel untuk memperbesar arus sedangkan rangkaian secara seri untuk memperbesar tegangan [5]. Adapun perhitungan untuk menentukan modul yang disusun secara seri dan secara paralel dapat dihitung menggunakan Persamaan (1) sampai Persamaan (3).

Adapun data spesifikasi modul surya dan inverter seperti di bawah ini:

<i>Open Circuit Voltage (Voc)</i>	: 45,5 V
<i>Maximum Power Voltage (Vmp)</i>	: 37,1 V
<i>Maximum Power Current (Imp)</i>	: 8,63 A
<i>Maximum Power Current Inverter</i>	: 33 A
<i>Minimum Power Voltage</i>	: 150 V
<i>Maximum Power Voltage Inverter</i>	: 1000 V

Pengaturan seri-paralel modul surya

1. Rangkaian seri minimal:

$$\begin{aligned} \text{Minimal Modul Surya Perstring} &= \frac{V_{\min \text{ Inverter}}}{V_{oc \text{ Modul}}} & (1) \\ &= \frac{150}{45,5} \\ &= 3,2967 \approx 3 \text{ modul} \end{aligned}$$

2. Rangkaian seri maksimal:

$$\begin{aligned} \text{Maksimal Modul Surya Perstring} &= \frac{V_{\max \text{ Inverter}}}{V_{mp \text{ Modul}}} & (2) \\ &= \frac{1000}{37,1} \end{aligned}$$

$$= 26,9541 \approx 27 \text{ modul}$$

3. Rangkaian paralel maksimum:

$$\text{Maksimal Modul Paralel Perstring} = \frac{I_{\text{max Input Inverter}}}{I_{\text{mp Modul}}} \tag{3}$$

$$= \frac{33}{8,63}$$

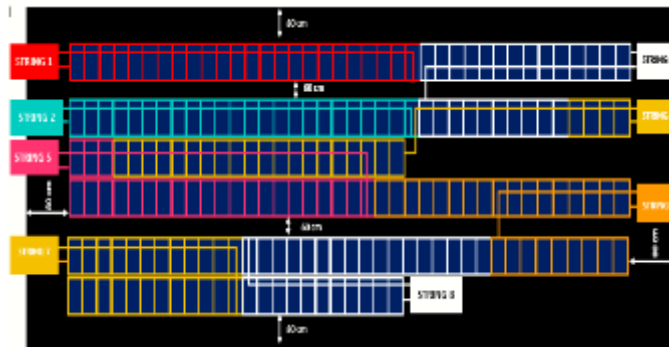
$$= 3,238 \approx 4 \text{ modul}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, jumlah modul surya sebanyak 198 dimana 24 modul surya disusun secara seri dan 4 modul surya disusun secara paralel. Maka diperoleh perhitungan besar arus dan tegangan total pada keluaran modul surya pada Persamaan (4) dan Persamaan (5) seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Besar Arus} &= I_{\text{mpp}} \times \text{Jumlah Paralel Modul} \\ &= 8,63 \times 4 \\ &= 25,85 \text{ A} \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar Tegangan} &= V_{\text{mp}} \times \text{Jumlah Seri Modul Surya} \\ &= 37,1 \times 24 \\ &= 890,4 \text{ V} \end{aligned} \tag{5}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka besar arus dalam 1 *string* sebesar 25,85A dan besar tegangan dalam dalam 1 *string* sebesar 890,4V. Sehingga dengan melihat spesifikasi inverter memiliki maksimum *input* tegangan sebesar 1000 Volt dan maksimum nilai arus sebesar 33 Ampere, maka masih masuk dalam kriteria pengoperasian modul surya dan inverter. Desain peletakan modul surya dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini.

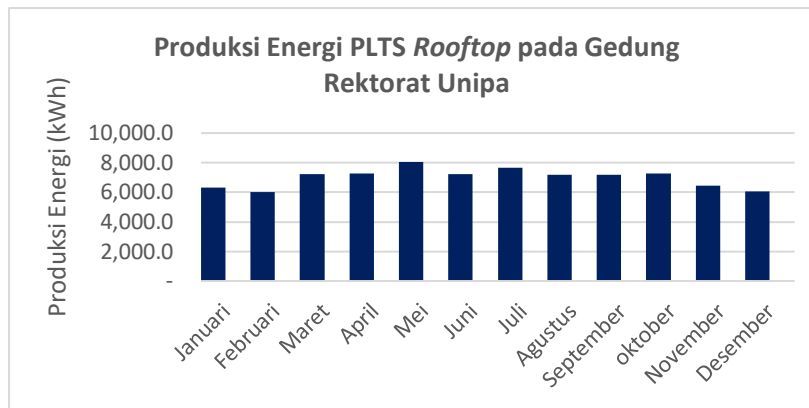


Gambar 7. Layout peletakan modul surya

Hasil dari simulasi akhir memperlihatkan produksi energi listrik PLTS *Rooftop* yang dipasang pada atap Gedung Rektorat UNIPA, dimana data tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 6 serta Gambar 7. Terlihat produksi energi tertinggi terjadi pada bulan Mei sebesar 8.031,5 kWh sedangkan, produksi terendah terjadi pada bulan Februari sebesar 5.997,6 kWh. Sehingga total produksi energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTS dalam setahun sebesar 83.921,1 MWh dengan rasio kinerja atau presentase total potensi energi dari modul surya yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik AC adalah sebesar 75,2%.

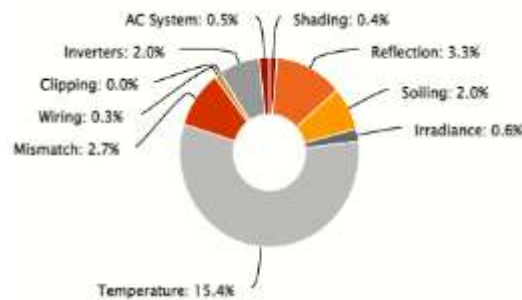
Tabel 6. Hasil simulasi produksi energi listrik PLTS *rooftop* di Gedung Rektorat UNIPA

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Produksi Energi Listrik (kWh)	6.310,90	5.997,60	7.237,60	7.284,00	8.031,50	7.238,40	7.669,70	7.167,90	7.187,80	7.264,20	6.461,70	6.069,80
Total	83.921,1 (MWh)											



Gambar 8. Grafik produksi energi listrik PLTS rooftop

Berdasarkan data *Weather Dataset TMY (Typical Meteorological Year)* rata-rata temperatur lingkungan selama satu tahun pada Gedung Rektorat UNIPA adalah 28,0°C sedangkan temperatur msodul surya selama setahun sebesar 48,0 °C. data tersebut sudah termasuk dalam simulasi *helioscope*. Rugi-rugi daya terbesar disebabkan oleh temperatur operasi modul surya sebesar 15,4%, sedangkan rugi-rugi terkecil disebabkan oleh *Clipping* yaitu 0,0% dan efek *shading* sebesar 0,4%, seperti diperlihatkan pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Rugi-rugi daya pada PLTS rooftop Gedung Rektorat UNIPA

3.5. Perhitungan Estimasi Penghematan Energi Listrik

Dapat dilihat sebagai contoh perhitungan penghematan energi di bulan Januari.

$$\begin{aligned} \text{Selisih Energi} &= \text{Histori Pemakaian dari PLN per bulan} - \text{Output PLTS per bulan} \\ &= 42.900 - 6.310,90 \\ &= 36.589,10 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\text{Persentase Penghematan} = \frac{\text{Output PLTS perbulan}}{\text{Histori pemakaian dari PLN perbulan}} \times 100\% \quad (6)$$

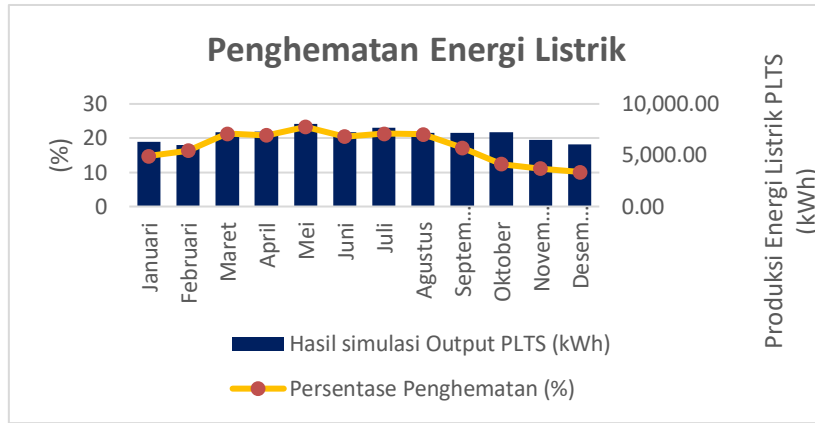
$$\begin{aligned} \text{Persentase Penghematan} &= \frac{6.310,90 \text{ kWh}}{42.900 \text{ kWh}} \times 100\% \\ &= 15\% \end{aligned} \quad (7)$$

Adapun hasil perhitungan penghematan energi dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 10.

Tabel 7. Estimasi penghematan energi listrik

No	Bulan	Histori Pemakaian dari PLN (kWh)	Hasil simulasi Output PLTS (kWh)	Selisih Energi (kWh)	Presentase Penghematan (%)
1	Januari	42.900	6.310,90	36.589,10	15
2	Februari	36.800	5.997,60	30.802,40	16
3	Maret	34.000	7.237,60	26.762,40	21
4	April	35.000	7.284,0	27.716,0	21
5	Mei	34.500	8.031,50	26.468,50	23
6	Juni	35.300	7.238,40	28.061,60	21
7	Juli	36.000	7.669,70	28.330,30	21

8	Agustus	34.000	7.167,90	26.832,10	21
9	September	41.750	7.187,80	34.562,20	17
10	Oktober	58.450	7.264,20	51.185,80	12
11	November	58.450	6.461,70	51.988,30	11
12	Desember	60.000	6.069,80	53.930,20	10
Σ (Total)		507.150	83.921	423.229	210
Rata-rata		42.263	6.993,43	35.269	18



Gambar 10. Grafik presentase estimasi penghematan energi listrik

Dari hasil perhitungan di atas maka estimasi penghematan energi listrik tertinggi berada pada bulan Mei sebesar 23% dan terendah pada bulan Desember sebesar 10% untuk rata-rata penghematan dalam setahun sebesar 18%.

3.6. Perhitungan Estimasi Penghematan Tagihan Listrik

Berdasarkan Peraturan Menteri (Permen) ESDM No. 28 Tahun 2016 [6] tentang aturan tarif tenaga listrik, serta penyesuaian tarif tenaga listrik (*Tariff Adjustment*) bagi 13 golongan tarif, pada Gedung Rektorat UNIPA termasuk dalam golongan P1/TR atau golongan lembaga pemerintah dengan nilai tarif sebesar Rp.1.444,70/kWh. Contoh perhitungan untuk bulan Januari ditunjukkan seperti berikut :

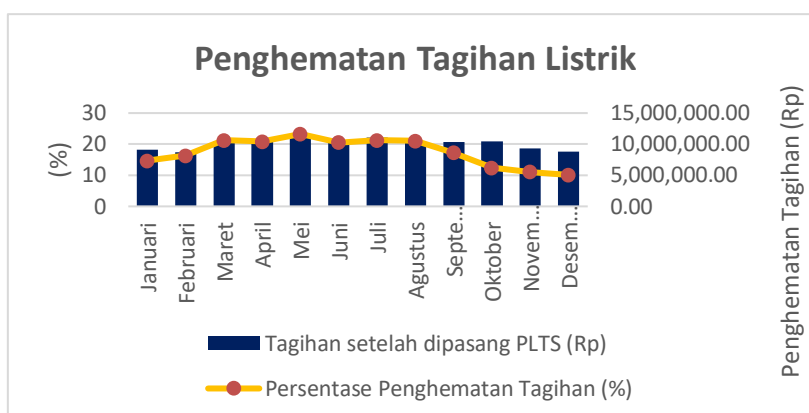
$$\begin{aligned}
 \text{Tagihan setelah dipasang PLTS} &= \text{Output PLTS Perbulan} \times \text{Harga listrik per kWh} & (8) \\
 &= 6.310,90 \times 1.444,70 \\
 &= \text{Rp. 9.117.357,23}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Presentase tagihan} &= \frac{\text{Tagihan setelah dipasang PLTS}}{\text{Tagihan sebelum dipasang PLTS}} \times 100\% & (9) \\
 &= \frac{\text{Rp.9.117.254,23}}{\text{Rp.61.977.630}} \times 100\% \\
 &= 15\%
 \end{aligned}$$

Tabel 8. Estimasi penghematan tagihan listrik

Bulan	Histori Pemakaian dari PLN (kWh)	Tagihan Sebelum dipasang PLTS (Rp)	Output PLTS (kWh)	Tagihan setelah dipasang PLTS (Rp)	Persentase Penghematan Tagihan (%)
Januari	42.900	61.977.630,00	6.310,90	9.117.357,23	15
Februari	36.800	53.164.960,00	5.997,60	8.664.732,72	16
Maret	34.000	49.119.800,00	7.237,60	10.456.160,72	21
April	35.000	50.564.500,00	7.284,00	10.523.194,80	21
Mei	34.500	49.842.150,00	8.031,50	11.603.108,05	23
Juni	35.300	50.997.910,00	7.238,40	10.457.316,48	21
Juli	36.000	52.009.200,00	7.669,70	11.080.415,59	21
Agustus	34.000	49.119.800,00	7.167,90	10.355.465,13	21
September	41.750	60.316.225,00	7.187,80	10.384.214,66	17
Oktober	58.450	84.442.715,00	7.264,20	10.494.589,74	12
November	58.450	84.442.715,00	6.461,70	9.335.217,99	11

Desember	60.000	86.682.000,00	6.069,80	8.769.040,06	10
∑ (Total)	507.150	732.679.605	83.921	121.240.813	210
Rata-rata	42.263	61.056.633,75	6.993,43	10.103.401,10	18



Gambar 11. Grafik Persentase Estimasi Penghematan Tagihan Listrik PLN

Berdasarkan hasil perhitungan di atas maka penghematan tagihan listrik tertinggi berada pada bulan Mei sebesar 23% sedangkan penghematan terendah pada bulan Desember sebesar 10%. Sehingga rata-rata penghematan tagihan listrik dalam setahun sebesar 18%.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan studi yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Desain tata letak modul surya pada atap Gedung Rektorat Universitas Papua dengan menggunakan modul surya jenis *Polycrystalline* merek Tallmax TSM PD14 320 berkapasitas 320 Wp, sebanyak 198 modul surya dengan memanfaatkan luasan atap yang tersedia dan penggunaan 4 unit inverter *SMA Sunny Tri power 20000TL-US* yang dimana 1 unit inverter melayani 2 *string* yang terhubung secara seri sebanyak 24 dan terhubung paralel sebanyak 4 unit dengan besar tegangan per *string* $890,4V < 1000V$ dan besar arus per *string* sebesar $25,85A < 33A$ dengan melihat spesifikasi inverter maksimum input tegangan DC 1000V dan maksimum *input* arus inverter sebesar 33A. Sehingga masih masuk dalam kriteria pengoperasian modul surya dan inverter.
2. Berdasarkan luasan atap 973,5 m² serta menggunakan *software helioscope* untuk mendesain peletakan modul surya maka diperoleh total kapasitas terpasang PLTS *Rooftop* di Gedung Rektorat UNIPA sebesar 63,4 kWp.
3. Setelah dilakukan penelitian perencanaan pembangkit listrik tenaga surya *Rooftop* pada Gedung Rektorat UNIPA maka rata-rata estimasi penghematan energi listrik dalam setahun sebesar 6.993,43 kWh (18%) dan estimasi penghematan tagihan listrik dalam setahun sebesar Rp.121.240.813 (18%).

REFERENSI

- [1] Dewan Energi Nasional Republik Indonesia, "Issn 2527-3000," p. 9, 2019.
- [2] G. Arifin Sinaga, I. M. Mataram, and T. G. Indra Partha, "Analisis Pembangkit Listrik Sistem Hybrid Grid Connected Di Villa Peruna Saba, Gianyar – Bali," *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 2, p. 1, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i02.p01.
- [3] D. Rizkasari, W. Wilopo, and M. K. Ridwan, "Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Untuk Plts Di Kantor Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan Dan Energi Sumber Daya Mineral (Pup-Esdm) Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta," *J. Appropriate Technol. Community Serv.*, vol. 1, no. 2, pp. 104–112, 2020, doi: 10.20885/jattec.vol1.iss2.art7.
- [4] ESDM, "Peraturan Menteri ESDM Nomor 49 Thn 2018 Tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap oleh Konsumen PT. PLN (Persero)," p. 18, 2018.
- [5] R. P. PRATAMA, "No Title," 2021. [Online]. Available: <http://156.67.221.169/id/eprint/2959>
- [6] Ministry of Energy and Mineral Resources of The Republic of Indonesia, "Regulation of The Ministry of Mineral and Resources of The Republic of Indonesia No. 28 of 2016," no. 1566, 2016.