

Perancangan PLTS Atap di Gedung Fakultas Teknik Universitas Papua Menggunakan *Software* PVSyst dan Easysolar

(Designing a Rooftop Solar Power Plant at the Faculty of Engineering University of Papua using
PVSyst and EasySolar Software)

Martinus Kual¹, Antonius D. Palintin², Pandung Sarungallo³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Papua

¹martinuskual@gmail.com ²a.palintin@unipa.ac.id ³p.sarungallo@unipa.ac.id

Info Artikel

Sejarah artikel:

Diterima 19 Oktober, 2022

Direvisi 23 Oktober, 2022

Disetujui 24 Oktober, 2022

Kata kunci:

PLTS atap
EasySolar
PVSyst

ABSTRAK

Energi listrik yang digunakan di Manokwari Papua Barat masih didominasi dari sumber energi fosil. Salah satu upaya untuk mengurangi penggunaan energi fosil tersebut adalah dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan yang potensial di Manokwari. Sumber energi terbarukan tersebut salah satunya adalah energi surya dengan iradiasi sebesar 4,859 kWh/m²/hari. PLTS atap merupakan salah satu aplikasi penggunaan energi surya. Pada penelitian ini dilakukan perancangan PLTS atap di Gedung Fakultas Teknik Universitas Papua yang disimulasikan menggunakan software EasySolar dan PVSyst. Dengan sudut azimuth 36°, kemiringan atap 35°, luas atap 1.184,94 m², dan daya terpasang 66 kWp, dibutuhkan 220 buah panel dengan kapasitas 300 Wp, 2 buah inverter kapasitas 33,3 kW. Desain panel menggunakan software EasySolar dengan total panel 220 buah dibutuhkan luas atap sebesar 594 m². Dalam simulasi output PLTS menggunakan software PVSyst didapatkan 99,07 MWh per tahun dan persentase penghematan per tahun sebesar 102,5%.

ABSTRACT

Electrical energy used in Manokwari, West Papua, is still dominated by fossil energy sources. One of the efforts to reduce the use of fossil energy is to utilize potential renewable energy sources in Manokwari. One of these sources is solar energy with irradiation of 4,859 kWh/m²/day. Rooftop PV is one application of the use of solar energy. In this study, the design of the rooftop solar power plant in the Faculty of Engineering, University of Papua was simulated using EasySolar and PVSyst software. With an azimuth angle of 36°, a roof slope of 35°, a roof area of 1,184.94 m², and an installed power of 66 kWp, it takes 220 panels with a capacity of 300 Wp, 2 inverters with a capacity of 33.3 kW. The layout of PV module on the rooftop is simulated using EasySolar software resulting a total of 220 modules on required a roof area of 594 m². In the simulation output using PVSyst software, it is obtained 99.07 MWh per year and the percentage of savings per year is 102.5%.

Koresponden:

Antonius D. Palintin

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Papua Manokwari Papua Barat

Jl. Gunung Salju Amban Manokwari – Papua Barat, 98314

Email: a.palintin@unipa.ac.id

1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi yang berasal dari energi terbarukan di Indonesia masih tergolong rendah. Hal yang sama juga terjadi di Manokwari, Papua Barat dimana sumber listrik didominasi oleh pembangkit dengan bakar fosil dengan hanya terdapat satu pembangkit listrik tenaga mini hidro pada sistem kelistrikan Manokwari.

Potensi iradiasi matahari di Manokwari yang tinggi yaitu sebesar 4,859 kWh/m²/hari sangat memungkinkan untuk adanya pembangkit listrik tenaga surya. Salah satu potensi tempat pemasangan PLTS adalah pada atap gedung-gedung yang tersebar di kota Manokwari diantaranya adalah Gedung Fakultas Teknik Universitas Papua. Dengan cara ini, gedung kampus dengan PLTS di atapnya diharapkan dapat mengurangi konsumsi energi listrik dari PLN dan menjadi kampus yang menggunakan energi hijau.

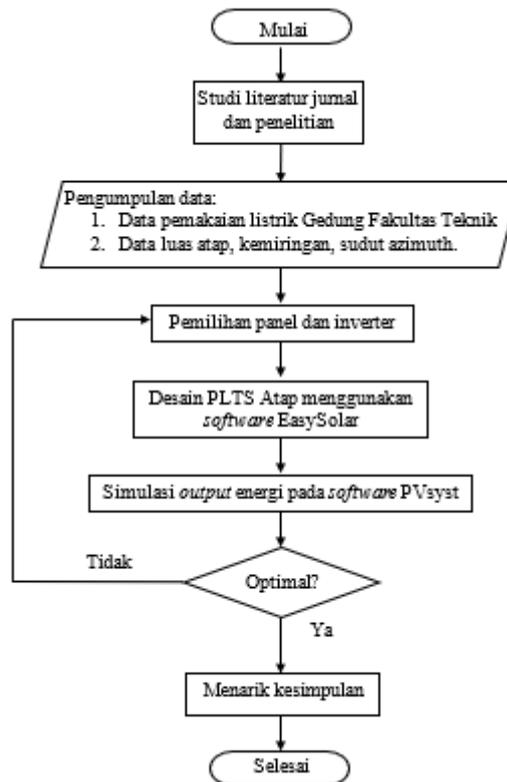
Gedung Fakultas Teknik Universitas Papua yang terletak pada koordinat 0°50'11.5" LS dan 134°04'11.4" BT merupakan gedung kuliah yang konsumsi listriknya sebesar 96.626 kWh pada tahun 2019. Konsumsi listrik ini berasal dari macam-macam beban seperti AC (Air Conditioner), Printer, Komputer serta peralatan laboratorium.

Dalam penelitian ini dilakukan simulasi dan desain PLTS Atap Gedung Fakultas Teknik menggunakan software PVSyst. Software PVSyst, digunakan untuk mendapatkan total produksi energi, pemilihan panel, dan pemilihan inverter sedangkan untuk melakukan desain tata letak modul surya di atas atap menggunakan software EasySolar.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data daya terpasang, panjang atap, lebar atap, kemiringan atap, dan total pemakaian pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Papua pada tahun 2019 yang diperoleh dari ULP Manokwari Kota.

Penggunaan data pemakaian daya Gedung Fakultas Teknik pada tahun 2019 mengacu pada pemakaian normal gedung sebelum masa pandemi. Pertimbangan ini diambil dikarenakan pada tahun 2020 dan 2021 pemakaian listrik gedung mengalami penurunan oleh karena aktifitas dalam gedung yang terbatas karena perkuliahan dilakukan secara daring.



Gambar 1. Diagram penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gedung Fakultas Teknik Universitas Papua

Gedung Fakultas Teknik Universitas Papua memiliki luas bangunan sebesar ±3,085.48 m² dengan tinggi bangunan 8,5 meter. Gedung Fakultas Teknik terdiri dari 2 lantai dengan luasan atap menghadap ke arah utara dan selatan.



Gambar 2. Gedung Fakultas Teknik

3.2. Profil Beban Gedung Fakultas Teknik

Data pemakaian energi listrik gedung Fakultas Teknik diperoleh dari PT PLN ULP Kota Manokwari seperti ditunjukkan pada Tabel 1, dilayani oleh PLN dengan daya yang terpasang sebesar 66 KVA, 3 phase dengan golongan tarif S2, dengan harga per kWh sebesar Rp.900, tersambung pada penyulang Mambruk.

Tabel 1. Pemakaian Daya Gedung Fakultas Teknik Tahun 2019

| NO | Bulan Pemakaian | Pemakaian (kWh) |
|--------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Januari | 8.518 |
| 2 | Februari | 8.827 |
| 3 | Maret | 7.501 |
| 4 | April | 8.431 |
| 5 | Mei | 6.912 |
| 6 | Juni | 8.412 |
| 7 | Juli | 7.365 |
| 8 | Agustus | 8.680 |
| 9 | September | 8.180 |
| 10 | Oktober | 8.500 |
| 11 | November | 7.580 |
| 12 | Desember | 7.720 |
| Total | | 96.626 |

3.3 Profil Atap Gedung Fakultas Teknik Universitas Papua

Penentuan bagian atap yang paling mungkin untuk perancangan PLTS Atap dilakukan dengan menentukan luasan atap serta kemiringan atap yang sesuai.

3.3.1. Pengukuran Panjang dan Lebar Atap Gedung Fakultas Teknik

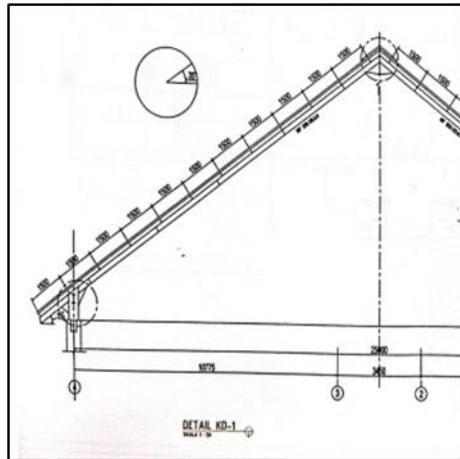
Bagian atap yang dipilih dalam perancangan ini adalah yang menghadap ke arah utara seperti yang terlihat pada Gambar 3 dengan ukuran: Atap 1 memiliki panjang 36 meter, Atap 2 memiliki panjang 16 Meter. Dengan lebar yang sama antara atap 1 dan 2 yaitu 16,5 meter diperoleh luas atap pada sisi utara ± 1.184,94 m².



Gambar 3. Ukuran Atap Gedung Fakultas Teknik

3.3.2. Pengukuran Kemiringan dan Arah Atap Gedung Fakultas Teknik

Parameter kemiringan atap juga digunakan sebagai acuan untuk simulasi. Pada penelitian ini didapatkan kemiringan atap dari gambar rangka bangunan teknik sebesar 35° dengan arah orientasi kompas sebesar 36° .



Gambar 4. Kemiringan Atap

3.4. Perencanaan PLTS Atap

Asumsi perancangan kapasitas PLTS atap pada Gedung Fakultas Teknik mengacu pada daya terpasang dari PT. PLN (Persero), sesuai dengan aturan yang berlaku saat ini yaitu pada kapasitas daya gedung sebesar 66.000 VA.

3.4.1. Penentuan Komponen PLTS

Penentuan komponen utama pada penulisan ini meliputi panel surya dan inverter. Pada penulisan ini penulis menggunakan panel surya 300 Wp, dan inverter dengan kapasitas 33.3 kWp sebanyak 2 buah dengan asumsi menggunakan modul surya dengan spesifikasi pada Tabel 2 dan inverter dengan spesifikasi pada Tabel 3 berikut.

Tabel 2. Tabel Spesifikasi Panel

| | |
|---|------------------|
| Nama Pabrikan | Bisol |
| Model | BLO-300 Laminate |
| Daya Maksimum (P_{max}) | 300 Wp |
| Tegangan <i>Open Circuit</i> (V_{oc}) | 40.4 V |
| Arus <i>Short Circuit</i> (I_{sc}) | 9,9 A |
| Tegangan Maks. (V_{mpp}) | 31.6 V |
| Arus Maks (I_{mpp}) | 9,5 A |
| <i>Efficiency</i> (Module area) | 18.7% |
| Dimensi (mm x mm) | 1642x984 x 27 mm |
| Tipe | Mono |
| Berat | 15.8 Kg |

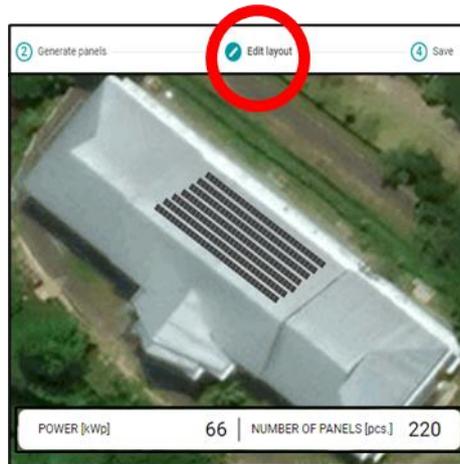
Tabel 3. Spesifikasi Inverter

| | |
|--|----------------------------------|
| <i>Manufacturer</i> | SMA |
| <i>Model</i> | Sunny Tripower STP33-US-41-Core1 |
| <i>Nominal PV Power (P_{nom} DC)</i> | 33 kW |
| <i>Maximal PV Power (P_{max} DC)</i> | 50 kW |
| <i>Maximum AC Power (P_{max} AC)</i> | 33 kW AC |
| <i>Maximum AC current (I_{max} AC)</i> | 40 A |
| <i>Maximum Efficiency</i> | 98,2 % |
| <i>Operating Voltage</i> | 150-1000 Volt |
| <i>Frequency</i> | 50 Hz |

| | |
|---------------|--------|
| <i>Width</i> | 569 mm |
| <i>Height</i> | 733 mm |
| <i>Depth</i> | 621 mm |
| <i>Weight</i> | 84 kg |

3.4.2. Desain Pada Software EasySolar

Tata letak modul surya disimulasikan menggunakan software EasySolar pada bagian atap tengah berukuran 1642x984x27 mm dan luas 594 m², maka didapatkan desain seperti yang terlihat pada Gambar 5 yaitu sebanyak 220 unit modul surya.



Gambar 5. Desain Perencanaan PLTS Gedung Fakultas Teknik

3.4.3. Hasil Simulasi Menggunakan Software PVsyst

Jumlah modul surya sebanyak 220 unit disimulasikan menggunakan software PVsyst, dimana modul surya terbagi menjadi 10 strings dengan masing – masing string sebanyak 22 unit modul secara seri. Dengan kapasitas inverter 33.3 kWp sebanyak 2 buah maka 1 buah inverter melayani 5 string x 22 in series. Hasil simulasi pada perangkat lunak PVSyt 7.2 diperoleh output seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Output Simulasi PVsyst

| Bulan | GlobHor kWh/m ² | DiffHor kWh/m ² | T_Amb °C | GlobInc kWh/m ² | GlobEff kWh/m ² | EArray MWh | E_Grid MWh | PR ratio |
|-------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|---------------|--------------|
| January | 172,8 | 75,81 | 26,95 | 124,0 | 118,9 | 6,94 | 6.721 | 0,821 |
| February | 160,3 | 74,14 | 26,83 | 125,9 | 121,7 | 7,06 | 6.852 | 0,824 |
| March | 190,4 | 76,05 | 26,85 | 166,6 | 162,4 | 9,27 | 9.001 | 0,819 |
| April | 174,7 | 68,49 | 26,66 | 168,0 | 164,2 | 9,33 | 9.062 | 0,817 |
| May | 164,6 | 66,59 | 27,15 | 167,5 | 164,2 | 9,28 | 9.005 | 0,815 |
| June | 152,4 | 61,11 | 26,49 | 166,4 | 163,3 | 9,30 | 9.026 | 0,822 |
| July | 169,0 | 62,60 | 26,79 | 182,1 | 178,8 | 10,13 | 9.836 | 0,818 |
| August | 173,7 | 75,02 | 26,77 | 174,0 | 170,3 | 9,74 | 9.460 | 0,824 |
| September | 181,0 | 73,83 | 26,61 | 158,8 | 154,9 | 8,87 | 8.611 | 0,821 |
| October | 176,1 | 80,97 | 27,19 | 141,9 | 137,8 | 7,95 | 7.713 | 0,824 |
| November | 180,7 | 65,20 | 26,77 | 131,5 | 126,6 | 7,34 | 7.117 | 0,820 |
| December | 172,5 | 76,95 | 27,04 | 122,8 | 117,5 | 6,88 | 6.665 | 0,822 |
| Year | 2.068,2 | 856,78 | 26,84 | 1.829,4 | 1.780,5 | 102,09 | 99.070 | 0,821 |

3.5. Perbandingan Output PLTS dan Pemakaian Per Bulan

Perbandingan output PLTS dan pemakaian listrik pada bulan Januari diperoleh sebagai berikut:

Selisih daya = Pemakaian daya PLN – Output PLTS

$$= 8518 - 6721$$

$$= 1797 \text{ kWh}$$

Penghematan daya dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Persentase Penghematan} = (\text{Output PLTS})/(\text{Pemakaian PLN}) \times 100 \%$$

$$= 6721/8518 \times 100 \%$$

$$= 78,9 \%$$

Persentase penghematan secara lengkap dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5. Persentasi Penghematan

| NO | Bulan Pemakaian | Output PLTS (kWh) | Pemakaian Daya (kWh) | Selisih (kWh) | Persentase Penghematan (%) | Ket |
|------------------|-----------------|-------------------|----------------------|---------------|----------------------------|---------|
| 1 | Januari | 6.721 | 8.518 | 1.797 | 78,9% | |
| 2 | Februari | 6.852 | 8.827 | 1.975 | 77,6% | |
| 3 | Maret | 9.001 | 7.501 | 1.500 | 119,9% | Surplus |
| 4 | April | 9.062 | 8.431 | 631 | 107,4% | Surplus |
| 5 | Mei | 9.005 | 6.912 | 2.093 | 130,2% | Surplus |
| 6 | Juni | 9.026 | 8.412 | 614 | 107,2% | Surplus |
| 7 | Juli | 9.836 | 7.365 | 2.471 | 133,5% | Surplus |
| 8 | Agustus | 9.460 | 8.680 | 780 | 108,9% | Surplus |
| 9 | September | 8.611 | 8.180 | 431 | 105,2% | Surplus |
| 10 | Oktober | 7.713 | 8.500 | 787 | 90,7% | |
| 11 | November | 7.117 | 7.580 | 463 | 93,8% | |
| 12 | Desember | 6.665 | 7.720 | 1.055 | 86,3% | |
| Total | | 99.069 | 96.626 | 2.443 | 102,5 % | |
| Rata-rata | | 8.256 | 8.053 | | | |

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 5 diperoleh hasil berupa surplus energi sebesar 2,5%.

3.6. Perhitungan Penghematan Biaya

Penghematan energi merupakan salah satu tujuan awal dari pemasangan PLTS atap, oleh karena itu perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui jumlah penghematan baik dari segi energi maupun biaya setelah PLTS dipasang.

$$\text{Biaya penghematan} = \text{Output PLTS per bulan} \times \text{Harga listrik Per kWh}$$

$$= 6721 \times 900$$

$$= \text{Rp. } 6.048.900$$

Untuk keseluruhannya dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 6. Tabel Selisih Daya Pemakaian PLN dan Output PLTS

| NO | Bulan | Pemakaian Daya (kWh) | Tagihan PLN (Rp) | Output PLTS (kWh) | Biaya Penghematan PLTS (Rp) | Persentase penghematan Tagihan (%) |
|----|-----------|----------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| 1 | Januari | 8.518 | 7.666.200 | 6.721 | 6.048.900 | 78,9% |
| 2 | Februari | 8.827 | 7.944.300 | 6.852 | 6.166.800 | 77,6% |
| 3 | Maret | 7.501 | 6.750.900 | 9.001 | 8.100.900 | 119,9% |
| 4 | April | 8.431 | 7.587.900 | 9.062 | 8.155.800 | 107,4% |
| 5 | Mei | 6.912 | 6.220.800 | 9.005 | 8.104.500 | 130,2% |
| 6 | Juni | 8.412 | 7.570.800 | 9.026 | 8.123.400 | 107,2% |
| 7 | Juli | 7.365 | 6.628.500 | 9.836 | 8.852.400 | 133,5% |
| 8 | Agustus | 8.680 | 7.812.000 | 9.460 | 8.514.000 | 108,9% |
| 9 | September | 8.180 | 7.362.000 | 8.611 | 7.749.900 | 105,2% |

| | | | | | | |
|----|--------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|----------------|
| 10 | Oktober | 8.500 | 7.650.000 | 7.713 | 6.941.700 | 90,7% |
| 11 | November | 7.580 | 6.822.000 | 7.117 | 6.405.300 | 93,8% |
| 12 | Desember | 7.720 | 6.948.000 | 6.665 | 5.998.500 | 86,3% |
| | Total | 96.626 | 86.963.400 | 99.069 | 89.162.100 | 102,5 % |

3.7. Kajian Ekonomi

3.7.1. Biaya Investasi Awal

Biaya investasi awal dalam perancangan PLTS Atap di Gedung Fakultas Teknik Universitas Papua menggunakan asumsi harga komponen seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7 berikut ini:

Tabel 7. Biaya Yang Diperlukan Untuk Membangun Sistem On Grid 1 kWp.

| Komponen | Total |
|-----------------|-----------------------|
| Panel surya | Rp.10.000.000 |
| Inverter | Rp.3.000.000 |
| Mounting | Rp.5.000.000 |
| kWh Exim | Rp.500.000 |
| Kabel | Rp.3.000.000 |
| Jasa | Rp. 3.500.000 |
| Total | Rp. 25.000.000 |

Dari data ini dapat dihitung biaya untuk membuat PLTS atap di Gedung Fakultas Teknik dengan perencanaan pemasangan PLTS atap berkapasitas 66 kWp membutuhkan total investasi awal senilai Rp. 1.650.000.000.

3.7.2. Payback Period

Analisa perhitungan ini dilakukan berdasarkan ketentuan Peraturan Menteri ESDM No. 28 Tahun 2016, tentang tarif tenaga listrik yang disediakan oleh PT. PLN (PERSERO) tarif tenaga listrik untuk keperluan pelayanan sosial dengan golongan S2 dengan biaya sebesar Rp.900 per kWh.

Total investasi yang dibutuhkan untuk pembuatan PLTS adalah Rp 2.062.500.000. Maka lama ROI dengan menggunakan metode Pay Back Period dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini:

Total daya yang dihasilkan per tahun adalah 99.069 kWh, maka pendapatan yang dihasilkan per tahun dari PLTS adalah: $Rp.900 \times 99.069 \text{ kWh} = Rp 89.162.100$, - per tahun

$Payback \ Period = \text{Jumlah Investasi} / \text{Aliran Kas Bersih}$

$Payback \ Period = Rp 2.062.500.000 / Rp 89.162.100$

$Payback \ Period = 23,1 \text{ Tahun} \approx 23 \text{ Tahun} \ 1 \text{ Bulan}$

Hasil perhitungan di atas merupakan perhitungan dengan menggunakan tarif daya listrik bersubsidi dengan harga Rp.900 per kWh. Pada penulisan skripsi ini penulis juga membandingkan hasil *Payback Period* menggunakan daya tarif listrik non subsidi. Dimana tarif non subsidi sebesar Rp.1.444,70 per kWh. Maka dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$Rp. 1.444,70 \times 99.069 \text{ kWh} = Rp. 143.124.984,3$, - per tahun

$Payback \ Period = \text{Jumlah Investasi} / \text{Aliran Kas Bersih}$

$Payback \ Period = Rp 2.062.500.000 / Rp. 143.124.984,3$

$Payback \ Period = 14,4 \text{ Tahun} \approx 14 \text{ Tahun} \ 4 \text{ Bulan}$.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tata letak panel pada Gedung Fakultas Teknik dengan asumsi panel berkapasitas 300 Wp, terletak pada bagian tengah dari atap bagian utara gedung, letak panel terdiri dari 7 baris, dipasang pada kemiringan 35° , dan titik azimut 36° . Terdapat sebanyak 220 buah panel yang terbagi ke dalam 10 string, dimana setiap string terdapat 22 panel yang terhubung secara seri. Sehingga total daya yang terpasang sebesar 66 kWp.
2. Dengan luas atap sisi utara sebesar $\pm 1.184,94 \text{ m}^2$, Gedung Fakultas Teknik memiliki potensi pemasangan PLTS atap sebesar 135,6 kWp jika dilakukan pemasangan panel surya berkapasitas 300

- Wp. Dikarenakan Peraturan Menteri ESDM, maka PLTS yang direncanakan dimaksimalkan sebesar 66 kWp.
3. Pada simulasi energi menggunakan software PVsyst, dengan berdasar pada desain yang ada di kesimpulan pertama maka didapatkan hasil simulasi output daya PLTS atap pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Papua sebesar 99.070 kWh per tahun, dengan rata-rata output 8.256 kWh per bulan, dimana output terbesar ada pada bulan Juli dan Agustus Sedangkan untuk output terendah berada pada bulan Januari dan Desember. Persentase penghematan per tahun berdasarkan data pemakaian tahun 2019 sebesar 102,5%. Pada perhitungan persentase penghematan didapatkan energi PLTS yang memiliki persentase di atas 100% berada pada bulan Maret hingga September. Dengan pemasangan 66 kWp pada Gedung Fakultas Teknik maka membutuhkan biaya investasi awal sebesar Rp.1.650.000.000, dengan biaya operasional sebesar Rp. 16.500.000 per tahun. Perkiraan umur PLTS mencapai 25 Tahun maka total investasi selama 25 Tahun sebesar 2.062.500.000, dan dengan harga listrik sebesar Rp.900 per kWh di dapatkan payback period 23 Tahun 1 bulan.

REFERENSI

- [1] Bahtiar, T. A., Arief S., Yusniewati, Arif S., Yulia R., M. Ridlo H., Rani W., Amalia N., Ramdan H., Rangga S. 2019. *Teknologi Atap Solar PV Roof*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman.
- [2] Fuaddin, D., Aceng D. 2020. Rancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid Kapasitas 20 kWp Untuk Residensial. *Jurnal Energi volume 10, november 2020, ISSN 2089-2527*.
- [3] Hutahean, R. 2018. Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Komplek Perumahan Royal Gardenia Medan. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara.
- [4] Kristiawan, H., I. N. S. Kumara, I.A.D Giriantari., 2019. Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar. *Jurnal Spektrum, Vol.6, No.4*
- [5] Pangaribuan, B. M., Ida A. D. G., & I Wayan S. 2020. Desain Plts Atap Kampus Universitas Udayana: Gedung Rektorat. *Jurnal SPEKTRUM Vol. 7, No. 2 Juni 2020*
- [6] Racmi, A., Bayaji P., Hanny B., Imas A., Ira D. S. & Winne. 2020. *Panduan Perencanaan Dan Pemanfaatan PLTS Atap Di Indonesia Indonesia Clean Energy Development II*.
- [7] Ramadhan S. G., Rangkuti C. H. 2016. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti. *Seminar Nasional Cendekiawan 2016. ISSN (E):2540-7589, ISSN (P) :2460-8696*.
- [8] Ridho, M., Bambang W., & Agung N. 2018. Analisis Potensi Dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Menggunakan Software PVsyst 6.43. *TRANSIENT, VOL. 7, NO. 4, DESEMBER 2018, ISSN: 2302-9927, 884*.
- [9] Rejau, Alicia H. 2021. Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop Gedung The Alexander Hotel. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Manokwari: Universitas Papua.
- [10] Rif'an M., Sholeh, Shidiq M., Yuwono R., Suyono H., Fitriana. 2012. Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. *Jurnal EECCIS Vol.6, No.1*
- [11] Tutthayyibah, U. 2020. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid di Dusun Bunklotok Desa Batujai Lombok Tengah. *Skripsi*. Institut Teknologi PLN.
- [12] Windarta, J., Denis, Ayu I. A., Irfan A. K., & Ali F. 2021. Studi Perancangan PLTS On-Grid 1200Wp Ditinjau Teknik Dan Ekonomis Di Pondok Pesantren Tanbihul Ghofilin Banjarnegara. *Prosiding PKM-CSR, Vol. 4 (2021) e-ISSN: 2655-3570*.