

Perencanaan PLTS Off-grid di Balai Kampung Wamfoura, Distrik Wasirawi, Kabupaten Manokwari

Planning for an Off-grid PLTS at Wamfoura Village Hall, Wasirawi District, Manokwari Regency

Novendry Indrajaya Sijabat¹, Abdul Zaid Patiran², Yanty Rumengan³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Papua, Jl. Gn. Salju, Amban,
Kec. Manokwari Bar., Kabupaten Manokwari, Papua Barat 98314

Email: n.sijabat@unipa.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan akan listrik telah menjadi salah satu hal penting bagi masyarakat saat ini. Lebih dari 88% dari sumber energi listrik berasal dari bahan bakar fosil. Pemanfaatan sumber energi yang tidak dapat diperbarui menyebabkan konsekuensi buruk bagi lingkungan. Untuk menanggulangi masalah tersebut serta mengurangi beban listrik PLN yang meningkat, penting untuk mengembangkan teknologi energi terbarukan yang bersifat ramah lingkungan. Memanfaatkan energi matahari melalui pembangunan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah langkah yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan pokok akan listrik. Balai Kampung Wamfoura memiliki luas atap yang cukup besar dan memiliki potensi iradiasi/intensitas sinar matahari sebesar 4,648 kWh/m²/day menurut data *Global Solar Atlas*. Kampung Wamfoura memiliki masalah yaitu hanya teraliri listrik PLN dari pukul 6 sore hingga pukul 6 pagi. Untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan penelitian ini untuk merencanakan PLTS *off-grid* pada Gedung Balai Kampung Wamfoura. Untuk memenuhi konsumsi listrik harian Balai Kampung Wamfoura yaitu sebesar 9,952 kWh/hari dibutuhkan 14 panel surya dengan kapasitas 380 Wp, 24 buah baterai dengan kapasitas 296 Ah, dan 2 inverter dengan kapasitas 4000 W. Simulasi *PVSyst* menghasilkan 3632.5 kWh per tahun dengan *performance ratio* 35%. Dengan hasil produksi energi listrik tersebut maka dapat memenuhi konsumsi listrik harian Balai Kampung Wamfoura.

Kata kunci: PLTS *Off-grid*, *PVSyst*, Komponen PLTS

ABSTRACT

*The need for electricity has become one of the most important things for society today. More than 88% of electricity sources come from fossil fuels. The exploitation of non-renewable energy sources has negative consequences for the environment. To overcome these problems and reduce the increasing power burden of PLN, it is important to develop renewable energy technologies that are environmentally friendly. The use of solar energy through the construction of solar power plants (PLTS) is an appropriate step to meet the basic needs of electricity. The Wamfoura Village Hall has a considerable roof area and has a solar irradiation potential of 4,648 kWh/m²/day according to *Global Solar Atlas* data. The village of Wamfoura has a problem of only PLN electricity from 6 p.m. to 6 am. To solve the problem, this research has been carried out to plan off-grid PLTS at the building of the Village Hall of Wamfoura. To meet the daily electricity consumption of the Wamfoura Village Hall of 9,952 kWh/day, it takes 14 solar panels with a capacity of 380 Wp, 24 batteries with a capability of 296 Ah, and 2 inverters with a Capacity of 4000 W. The *PVSyst* simulation produces 3632.5 kWh per year with a performance ratio of 35%. With the output of the electricity production, it can meet the daily electricity consumption of the Village Hall of Wamfoura.*

Keywords: PLTS *Off-grid*, *PVSyst*, PLTS Components

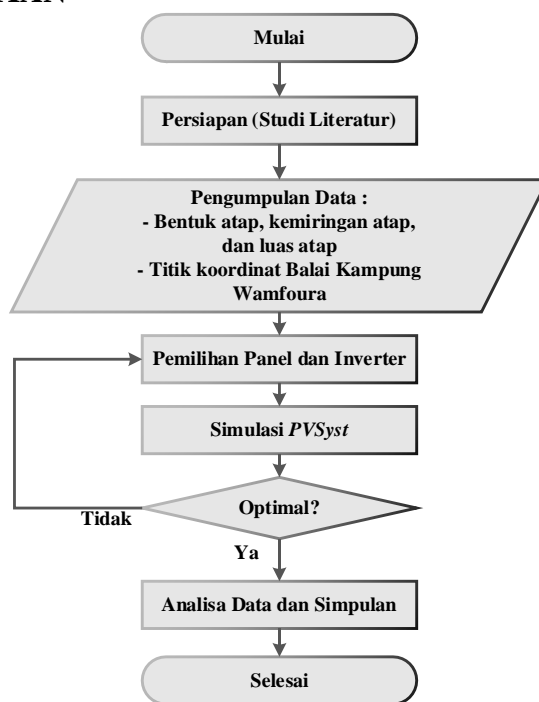
1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan listrik telah menjadi salah satu hal penting bagi masyarakat saat ini, digunakan baik untuk aktivitas sehari-hari maupun dalam industri. Dengan pertumbuhan ekonomi dan perkembangan infrastruktur, permintaan akan listrik terus meningkat, dan memerlukan pasokan yang lebih besar. Lebih dari 88% dari sumber energi listrik berasal dari bahan bakar fosil, dengan sekitar 60% dari batu bara, 22% dari gas alam, dan 6% dari minyak, sementara hanya 12% dihasilkan dari sumber energi terbarukan [1]. Pemanfaatan sumber energi yang tidak dapat diperbarui seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam menyebabkan konsekuensi buruk bagi lingkungan, seperti penghasilan emisi karbon dioksida (CO₂) dan gas-gas rumah kaca yang merugikan [2]. Emisi karbon dioksida (CO₂) merupakan salah satu bentuk pelepasan gas rumah kaca yang memainkan peran penting dalam menciptakan fenomena pemanasan global [3]. Untuk menanggulangi masalah tersebut serta mengurangi beban listrik PLN yang meningkat, penting untuk mengembangkan teknologi energi terbarukan yang bersifat ramah lingkungan [4].

Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) telah mengalami pertumbuhan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. PLTS telah tersebar luas di Indonesia, baik dalam skala kecil maupun besar [5]. Memanfaatkan energi matahari melalui pembangunan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah langkah yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan pokok akan listrik [6]. Sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) diminati karena Indonesia adalah negara tropis yang mendapatkan paparan sinar matahari sepanjang tahun, menjadikannya sebagai sumber energi yang mudah diakses dan diminati. Pemanfaatan PLTS sebagai bagian dari sumber energi sejalan dengan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) tahun 2021 – 2030. Ini merupakan bagian dari upaya pemerintah untuk meningkatkan kecukupan energi listrik melalui program 35 GW serta kebijakan pengembangan Energi Baru Terbarukan (EBT) [7]. Salah satu sistem PLTS skala kecil yang populer adalah PLTS sistem *off-grid*, di mana PLTS ini beroperasi secara mandiri tanpa ketergantungan pada sumber listrik lainnya, menggunakan energi matahari yang dikonversi oleh panel surya menjadi energi listrik yang disimpan dalam baterai [5]. PLTS *off-grid* merujuk pada sistem PLTS yang beroperasi secara mandiri tanpa ketergantungan pada jaringan listrik utama seperti PLN. Sistem ini mampu menghasilkan daya listrik secara mandiri setiap hari. Keunggulan utamanya adalah kemudahan integrasi dengan sistem kelistrikan yang sudah ada atau digunakan untuk memproduksi listrik secara mandiri (*off-grid*), serta pemanfaatan lahan yang tersedia seperti atap, sehingga dapat mengurangi biaya investasi lahan [8].

Kampung Wamfoura Distrik Wasirawi hanya teraliri listrik oleh PLN dari pukul 6 sore hingga pukul 6 pagi, oleh karena itu pada saat siang hari Gedung Balai Kampung Wamfoura hanya mengandalkan *Generator / Genset*. Balai Kampung Wamfoura memiliki luas atap yang cukup besar dan dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik yang bersumber dari cahaya matahari melalui media panel surya. Mengacu kepada *Global Solar Atlas*, potensi iradiasi/intensitas sinar matahari pada Gedung Balai Kampung Wamfoura yaitu sebesar 4,648 kWh/m²/day. Kebutuhan energi listrik dari Gedung Balai Kampung Wamfoura sendiri yaitu sebesar 9,952 kWh/day yang terdiri dari beberapa ruangan aparat kampung dan 1 ruang aula balai kampung. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan membahas mengenai perancangan PLTS atap pada Balai Kampung Wamfoura, Distrik Wasirawi, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat yang akan difokuskan pada penentuan jenis dan kapasitas komponen PLTS, dan design PLTS atap *off-grid* menggunakan *software* PVSystem yang diharapkan penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dan acuan oleh Aparat Pemerintah Kampung Wamfoura jika ingin merealisasikan pembuatan PLTS atap *off-grid* untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada siang hari. Hipotesa awal dari penulis yaitu bahwa dengan luas atap gedung dan potensi iradiasi/intensitas sinar matahari yang cukup besar dapat melayani beban dan kebutuhan energi listrik Gedung Balai Kampung Wamfoura Distrik Wasirawi Kabupaten Manokwari.

2. METODE PENELITIAN

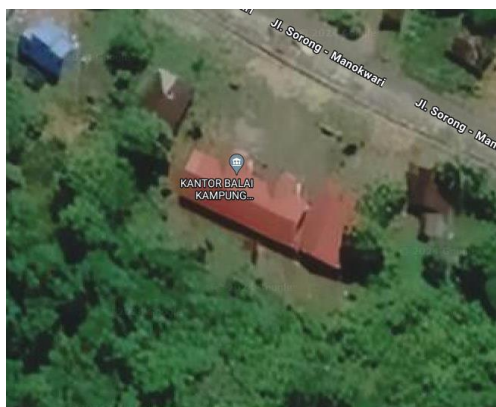


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah dalam melakukan penelitian perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap *off-grid* di Balai Kampung Wamfoura, Distrik Wasirawi, Kabupaten Manokwari dapat dilihat pada Gambar 1. Pada penelitian ini menggunakan *software PVsyst* yang digunakan untuk mendesain dan evaluasi sistem PLTS.

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yaitu Balai Kampung Wamfoura yang berada di Distrik Wasirawi Kabupaten Manokwari. Balai Kampung Wamfoura memiliki koordinat lokasi yaitu (0°50'32.0"S 133°38'28.6"E). Kondisi geografis atap Balai Kampung Wamfoura sendiri tidak terhalang oleh gunung yang mana akan atap akan selalu tersinari oleh sinar matahari dari terbit di timur hingga terbenam di barat. Titik lokasi pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Data beban yang digunakan pada Gedung Balai Kampung Wamfoura Distrik Wasirawi Kabupaten Manokwari yang nantinya dayanya akan disuplai dari PLTS sebesar 9,952 kWp atau setara dengan 9952

Perencanaan PLTS Off-grid di Balai Kampung Wamfoura ...

Watt/hour. Detail data beban dapat di lihat pada tabel 1. Pengambilan data beban Gedung Balai Kampung Wamfoura melalui survey langsung ke lokasi oleh penulis dan melalui wawancara langsung dengan Aparat Kampung Wamfoura.

Tabel 1. Data Beban Gedung Balai Kampung Wamfoura

Nama Ruangan	Nama Alat	Jumlah Alat	Daya (W)	Lamanya (Jam/Hari)	Jumlah Daya (Wh)
Aula	Lampu LED	2	10	8	160
	Kipas Angin	2	50	8	800
	Stop Kontak	2	50	8	800
Teras Depan	Lampu LED	2	10	8	160
Samping Gedung	Lampu LED	2	10	8	160
Belakang Gedung	Lampu LED	2	10	8	160
Ruangan Aparat	Lampu LED	8	8	8	512
	Komputer PC	6	100	8	4800
	Stop Kontak	6	50	8	2400
Total Daya					9952

B. Simulasi Desain PLTS Off-Grid

Simulasi desain PLTS *Off-Grid* menggunakan PVSyst 7.4.6. Software Pvsyst merupakan sebuah aplikasi yang didesain secara khusus untuk merencanakan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) [9]. Dalam penelitian ini, beberapa komponen utama dibutuhkan sebagai pendukung, sebagai berikut [10]: (1) Panel Surya, terdiri dari bahan semikonduktor, biasanya silikon, yang ketika terkena sinar matahari dapat menghasilkan arus listrik. Panel surya terdiri dari beberapa sel surya yang dihubungkan baik secara seri maupun paralel [11]. Penentuan jumlah panel surya diawali dari perhitungan *PV Area*, perhitungan *Wattpeak* dan terakhir perhitungan jumlah panel surya. Perhitungan *PV Area* yang dibutuhkan untuk memenuhi konsumsi energi harian dapat dihitung dengan rumus 1 [8]:

$$PV\ Area = \frac{E_b}{G_{sr} \times \eta_{PV} \times \eta_{ef}} \quad (1)$$

Dimana *PV Area* adalah luas permukaan panel surya [m^2], E_b adalah energi yang dibangkitkan [kWh/hari], G_{sr} adalah intensitas matahari harian [$kWh/m^2/hari$], η_{PV} adalah efisiensi panel surya [%], dan η_{ef} adalah efisiensi keluaran [%] dengan asumsi 0,95. Perhitungan *wattpeak* untuk menghitung besar daya yang dibangkitkan oleh PLTS dihitung dengan rumus 2 [8]:

$$P_{wp} = PV\ Area \times PSI \times \eta_{PV} \quad (2)$$

Dimana P_{wp} adalah daya yang dibangkitkan panel [W], *PSI* adalah *Peak Solar Insolation* [$1000\ W/m^2$], *PV Area* adalah luas permukaan panel surya [m^2], dan η_{PV} adalah efisiensi panel surya [%]. Selanjutnya untuk menghitung jumlah panel surya yang dibutuhkan untuk memenuhi konsumsi beban harian dihitung menggunakan rumus 3 [8]:

$$Jumlah\ panel\ surya = \frac{P_{wp}}{P_{mpp}} \quad (3)$$

Dimana P_{wp} adalah daya yang dibangkitkan panel [W], dan P_{mpp} adalah kapasitas panel surya yang dipilih [Wp]. (2) *Solar Charge Control*, merupakan perangkat yang berfungsi mengatur proses pengisian daya dari panel surya ke baterai dan inverter [12]. Untuk menentukan ukuran daya yang dibutuhkan oleh *Solar Charge Controller*, harus disesuaikan dengan kapasitas daya yang dihasilkan oleh panel surya. (3) Baterai merupakan perangkat yang menyimpan energi listrik dari sistem pembangkit listrik tenaga surya sehingga dapat digunakan sesuai kebutuhan kapan pun diperlukan [13]. Kapasitas baterai ditentukan menggunakan rumus 4 [8]:

$$C = \frac{D_N \times E_{day}}{V_s \times DOD \times \eta_{ef}} \quad (4)$$

Dimana C adalah kapasitas baterai [Ah], D_N adalah jumlah hari otonomi [hari] ditentukan sebanyak 3 hari [14], E_{day} adalah konsumsi energi harian [kWh], V_s adalah tegangan baterai [V], DOD adalah maksimum pengosongan baterai [%], dan η_{ef} adalah efisiensi keluaran [%] dengan asumsi 0,95. (4) Inverter merupakan alat elektronik yang berperan dalam mengubah arus searah (DC) dari Panel Surya menjadi arus bolak-balik (AC). Di Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), inverter digunakan untuk mengalirkan listrik AC ke perangkat yang memerlukannya [14]. Untuk menghitung kapasitas inverter digunakan rumus 5 [8]:

$$CIv = D_w \times S_f \quad (5)$$

Dimana CIv adalah kapasitas inverter [W], D_w adalah *Demand Watt* [W], dan S_f adalah *Safety Factor* yaitu sebesar 1,25 [8]. Dalam PVSyst, terdapat banyak database yang mencakup informasi tentang panel surya, inverter, dan data cuaca yang terhubung dengan berbagai kondisi meteorologi, termasuk *Meteonorm*, yang menyediakan data cuaca yang diperlukan [15].

C. Penentuan Komponen PLTS

Dalam perhitungan ini, daya yang dibutuhkan akan dilipatgandakan menjadi dua untuk mengakomodasi hari-hari tanpa sinar matahari selama satu hari. Sehingga total konsumsi harian untuk Balai Kampung Wamfoura menjadi $9.952 \times 2 = 19.904$ Wh/hari. Intensitas matahari harian menurut *software* PVSyst yaitu sebesar 4,648 kWh/m²/hari. Berikut adalah pemilihan komponen penyusun sistem PLTS *off-grid* untuk memenuhi kebutuhan konsumsi harian Balai Kampung Wamfoura yaitu sebesar 19.904 Wh/hari: (1) Panel Surya, berdasarkan rumus (1) didapatkan PV Area sebesar 23,12 m². Kemudian perhitungan daya yang dibangkitkan panel menurut rumus (2) mendapatkan hasil sebesar 4507,65 W yang dibulatkan menjadi 5000 W. Pemilihan panel surya menggunakan panel surya merk Generic model/tipe BXO-380XL dengan output sebesar 380 Wp. Dengan kapasitas panel surya tersebut, didapatkan jumlah panel surya yang dibutuhkan menggunakan rumus (3) yaitu sebanyak 13,16 buah yang dibulatkan menjadi 14 buah. 14 buah panel surya disusun menjadi 7 strings x 2 in series, dengan Demand Watt sebesar 5322,94 W yang dibulatkan menjadi 5500 W. (2) Baterai, memakai merk Generic dengan model 12-CS-11PS yang berkapasitas 296 Ah per unit dengan tegangan baterai 12V. Dengan menggunakan rumus (4) didapatkan total kapasitas baterai yang dibutuhkan adalah 3272,68 Ah. Dengan total kapasitas tersebut, baterai disusun secara paralel sebanyak 12 buah, dan seri sebanyak 2 buah dengan total baterai sebanyak 24 buah. (3) Kapasitas inverter berdasarkan rumus (5) didapatkan hasil sebesar 6875 W yang selanjutnya dibulatkan menjadi 7000 W. Inverter yang dipakai yaitu inverter dengan kapasitas 4000 W sebanyak 2 buah dengan tegangan inverter sebesar 24V.

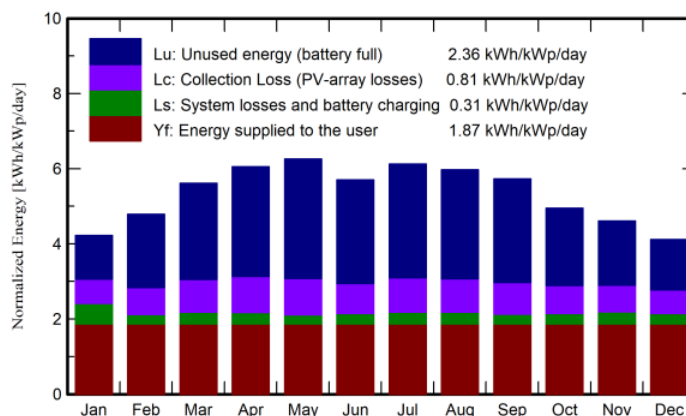
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi PLTS *Off-Grid* menggunakan *software* PVsyst mendapatkan hasil sebagai berikut :

General parameters			
Standalone system		Standalone system with batteries	
PV Field Orientation			
Orientation		Sheds configuration	
Fixed plane		No 3D scene defined	
Tilt/Azimuth	27.4 / 0 °	Models used	
		Transposition	Perez
		Diffuse	Perez, Meteonorm
		Circumsolar	separate
User's needs			
Daily household consumers			
Constant over the year			
Average	10.0 kWh/Day		
PV Array Characteristics			
PV module		Battery	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	BXO-380 XL	Model	12-CS-11PS
(Original PVsyst database)		Technology	Lead-acid, sealed, plates
Unit Nom. Power	380 Wp	Nb. of units	12 in parallel x 2 in series
Number of PV modules	14 units	Discharging min. SOC	10.0 %
Nominal (STC)	5.32 kWp	Stored energy	76.7 kWh
Modules	7 string x 2 in series	Battery Pack Characteristics	
At operating cond. (50°C)		Voltage	24 V
Pmpp	4825 Wp	Nominal Capacity	3552 Ah (C10)
U mpp	71 V	Temperature	Fixed 20 °C
I mpp	68 A	Battery Management control	
Controller		Threshold commands as	SOC calculation
Universal controller		Charging	SOC = 0.96 / 0.80
Technology	MPPT converter	approx.	28.9 / 24.9 V
Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.	Discharging	SOC = 0.10 / 0.35
Converter		approx.	22.3 / 23.9 V
Maxi and EUROS efficiencies	97.0 / 95.0 %		
Total PV power			
Nominal (STC)	5 kWp		
Total	14 modules		
Module area	27.3 m ²		
Cell area	23.9 m ²		

Gambar 3. Komponen PLTS *Off-Grid* Hasil Simulasi PVsyst

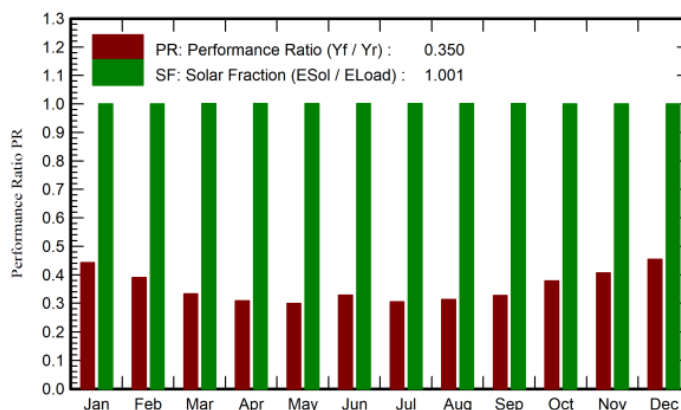
Berdasarkan Gambar 3, modul surya merk Generic dengan model BXO-380 XL dengan kapasitas 380 Wp dipakai sebanyak 14 unit yang disusun menjadi 7 strings x 2 in series. Baterai yang dipakai sebanyak 24 buah yang disusun menjadi 12 in parallel x 2 in series, dengan kapasitas setiap baterai sebesar 296 Ah. *Controller* menggunakan MPPT converter. Dari hasil simulasi *software* PVsyst pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa komponen penyusun PLTS yang dihasilkan sama dengan hasil perhitungan penentuan komponen PLTS.



Gambar 4. Produksi Normal

Perencanaan PLTS Off-grid di Balai Kampung Wamfoura ...

Berdasarkan Gambar 4, (Lc) adalah kehilangan energi sebesar 0.81 kWh/kWp/day, (Yf) adalah energi yang dikirim ke beban sebesar 1.87 kWh/kWp/day, (Ls) adalah *losses* pada sistem yaitu sebesar 0.31 kWh/kWp/day, (Lu) adalah energi yang tersimpan dalam baterai penuh sebesar 2.36 kWh/kWp/day. Dari hasil tersebut dapat dihitung Yr (total daya yang dibangkitkan) yaitu dengan menambahkan Lc, Yf, Ls, dan Lu, dan didapatkan nilai Yr sebesar 5,35 kWh/kWp/day.



Gambar 5. Rasio Kerja Sistem PLTS Off-Grid

Gambar 5 menunjukkan rasio kerja dari sistem PLTS *off-grid* yang disimulasikan oleh PVSyst pada Gedung Balai Kampung Wamfoura. Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa sistem memiliki peringkat rasio kerja sebesar 35% dan *Solar Fraction* (SF) sebesar 100.1%. Rasio kerja didapatkan dari perbandingan antara Yf (energi yang dikirim ke beban) sebesar 1,87 kWh/kWp/day dengan Yr (total daya yang dibangkitkan oleh PLTS) sebesar 5,35 kWh/kWp/day yang menghasilkan rasio kerja sebesar 35%. Rasio kerja sebesar 35% termasuk kecil dikarenakan banyak energi yang tersimpan pada baterai, yang dapat dimanfaatkan pada saat matahari redup atau sedang mengalami cuaca hujan. *Unused energy* biasanya dimanfaatkan untuk menyuplai gedung pada saat hari tanpa matahari.

Tabel 2. Hasil Keseimbangan

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	175.2	125.1	571.3	191.2	0.000	308.5	308.5	1.000
February	161.6	129.5	592.2	290.8	0.000	278.7	278.7	1.000
March	189.2	169.7	766.8	422.7	0.000	308.5	308.5	1.001
April	179.6	178.2	798.7	466.7	0.000	298.6	298.6	1.001
May	175.9	191.0	858.6	524.5	0.000	308.5	308.5	1.001
June	151.2	168.1	766.6	438.3	0.000	298.6	298.6	1.001
July	169.3	186.9	844.7	499.3	0.000	308.5	308.5	1.001
August	175.6	181.8	823.5	478.0	0.000	308.5	308.5	1.001
September	180.2	167.8	764.6	439.2	0.000	298.6	298.6	1.001
October	179.3	148.4	678.4	339.5	0.000	308.5	308.5	1.001
November	181.5	132.5	607.1	272.4	0.000	298.6	298.6	1.000
December	174.1	121.3	558.5	221.4	0.000	308.5	308.5	1.000
Year	2092.7	1900.1	8631.0	4584.1	0.000	3632.5	3632.5	1.001

Tabel 2 memperlihatkan jumlah energi yang diproduksi oleh sinar matahari melalui panel surya dalam periode satu tahun yaitu sebesar 3632.5 kWh per tahun atau 10,1 kWh per hari. Dengan hasil simulasi tersebut maka dapat memenuhi kebutuhan harian energi listrik pada Gedung Balai Kampung Wamfoura Distrik Wasirawi Kabupaten Manokwari.

4. SIMPULAN

Perancangan PLTS *off-grid* menggunakan *software* PVSyst 7.4.6 menghasilkan produksi energi listrik sebanyak 3632.5 kWh per tahun atau rata-rata sebanyak 10.1 kWh per hari. Dengan hasil tersebut dapat

memenuhi kebutuhan listrik harian Gedung Balai Kampung Wamfoura. Rasio unjuk kerja (*performance ratio*) tahunan mencapai 35%, sementara *Solar Fraction* (SF) adalah 100.1%. Dengan hasil produksi energi listrik tersebut maka disimpulkan bahwa dengan design dan komponen PLTS *off-grid* yang dipilih dapat memenuhi konsumsi listrik harian pada gedung Balai Kampung Wamfoura, Distrik Wasirawi, Kabupaten Manokwari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. G. A. J. Ariawan, I. A. D. Giriantari and I. W. Sukerayasa, "PERANCANGAN PLTS ATAP DI GEDUNG GRAHA SEWAKA DHARMA," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 8, no. 3, pp. 9-18, 2021.
- [2] N. L. A. Anggasari, I. A. D. Giriantari and I. W. Sukerayasa, "RANCANGAN PLTS ATAP DI GEDUNG RUMAH JABATAN GUBERNUR PROVINSI BALI," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 10, no. 4, pp. 113-120, 2023.
- [3] D. Labiba and W. Pradoto, "SEBARAN EMISI CO₂ DAN IMPLIKASINYA TERHADAP PENATAAN RUANG AREA INDUSTRI DI KENDAL," *Jurnal Pengembangan Kota*, vol. 6, no. 2, pp. 164-173, 2018.
- [4] D. Herliyanso and O. A. Rozak, "Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid Sebagai Suplai Daya Listrik Perpustakaan Universitas Pamulang," *ELECTRICES - Jurnal Otomasi Kelistrikan dan Energi Terbarukan*, vol. 5, no. 1, pp. 20-29, 2023.
- [5] L. M. Hayusman and N. Saputera, "STUDI PERENCANAAN PANEL KENDALI PLTS-PLN BERDASARKAN KAPASITAS BATERAI UNTUK PLTS OFF-GRID," *JURNAL SAINS TERAPAN*, vol. 8, no. 1, pp. 35-44, 2022.
- [6] G. A. D. A. Pranitha and N. Lubis, "Studi Perencanaan Pusat Listrik Tenaga Surya Off Grid 50 kWp," *Sinusoida*, vol. XX, no. 3, pp. 14-20, 2018.
- [7] H. B. Nurjaman and T. Purnama, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi energi Terbarukan Rumah Tangga," *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 06, no. 02, pp. 136-142, 2022.
- [8] R. Rahman, "Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Offgrid Untuk Rumah Tinggal di Kota Banjarbaru," *EEICT*, vol. 4, no. 1, pp. 1-7, 2021.
- [9] R. A. Nugroho, B. Winardi and S. , "PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) HYBRID DI GEDUNG ICT UNIVERSITAS DIPONEGORO MENGGUNAKAN SOFTWARE PVSYSY 7.0," *TRANSIENT*, vol. 10, no. 2, pp. 377-383, 2021.
- [10] Z. Arifin, W. Supriatna, A. Ajibekti, D. Komaludin and A. Subagja, "Potensi Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid Pada Lahan Pertanian di Wilayah Binong," *TELEKONTRAN*, vol. 11, no. 1, pp. 53-62, 2023.
- [11] E. Roza and M. Mujirudin, "Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik UHAMKA," *Ejournal Kajian Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 16-30, 2019.
- [12] M. Naim, "Rancangan Sistem Kelistrikan PLTS Off Grid 1000 Watt di Desa Loeha Kecamatan Towuti," *Vertex Elektro*, vol. 12, no. 01, pp. 17-25, 2020.
- [13] D. Y. M. Simanjuntak and M. Taufiqurrahman, "Studi Perencanaan Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," *JTRAIN*, vol. 1, no. 1, pp. 10-17, 2019.
- [14] Z. Syamsudin, S. Hidayat and M. N. Effendi, "PERENCANAAN PENGGUNAAN PLTS DI STASIUN KERETA API CIREBON JAWA BARAT," *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, vol. 9, no. 1, pp. 70-83, 2017.
- [15] M. F. Fernanda, B. Nainggolan and I. Silanegara, "Penentuan Komponen Sistem PLTS 100 Wp pada Floating Photovoltaic sebagai Sumber Energi Lampu Penerangan 20 W Pada Kolam Politeknik Negeri Jakarta," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, Jakarta, 2021.
- [16] E. A. Karuniawan, "Analisis Perangkat Lunak PVSYSY, PVSOL dan HelioScope dalam Simulasi Fixed Tilt Photovoltaic," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 3, pp. 100-105, 2021.