Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-Grid* Untuk Kebutuhan Rumah Tangga di Desa Delo Kabupaten Sabu Raijua

Delby Yansel Nalle[1], Evtaleny R. Mauboy[*)2], Wellem F. Galla[3]
[1,2,3]Teknik Elektro, Universitas Nusa Cendana, Kupang, Indonesia
[*)]Corresponding author, email: evtalenymauboy@staf.undana.ac.id

Abstrak

Desa Delo adalah salah satu desa terpencil di kabupaten Sabu Raijua dengan jumlah penduduk sebanyak 335 KK. Sebagian besar warga desa ini belum terjangkau jaringan listrik PLN karena tempat tinggal yang menyebar dan berjauhan. PLTS sistem off-grid dapat dijadikan pilihan untuk dikaji menjadi energi alternatif yang nantinya bisa dikembangkan oleh pemerintah setempat. Dalam perhitungan perkiraan beban, total kebutuhan energi listrik pada Desa Delo sekitar 794.685 Wh/hari. Berdasarkan simulasi yang dilakukan menggunakan software PVsyst, panel surya yang digunakan sebanyak 452 unit dengan kapasitas 400 Wp, 24 unit SCC dengan kapasitas tegangan 5.800 W, 1.168 unit baterai kapasitas 12V 200Ah, dan 8 Unit Inverter dengan kapasitas 30 kW. Hasil simulasi menunjukan nilai Perfomance Ratio, 70,2% yang berarti proyek ini layak dilaksanakan. Biaya Investasi awal yang dikeluarkan untuk membangun PLTS off-grid sebesar Rp 8.686.889.644 dan biaya O&M sebesar Rp 86.868.896/tahun. Sedangkan untuk biaya energi sebesar Rp.2.600/kWh. Hasil analisis kelayakan Investasi menunjukan nilai Net Present Value (NPV) pada PLTS positif sebesar Rp49.729.753 dan Profitability Index (PI) sebesar 1,00572469. Untuk Discounted Payback Periode (DPP) terjadi pada tahun ke-14 umur PLTS.

INFO.

Info. Artikel:
No. 002
Received. April, 15, 2024
Revised. May 15, 2024
Accepted. May 27, 2024
Page. 11 – 19

Kata kunci:
- ✓ *PLTS*
- ✓ *Off-grid*
- ✓ *PVsyst*
- ✓ *Desa Delo*
- ✓ *Sabu Raijua*

Abstract

Delo Village is one of the remote villages in Sabu Raijua district, with a population of 335 households. Most of the residents of this village have not been reached by the electricity network because of the distance between them. Off-grid PLTS systems can be used as an alternative energy option, which can be developed by the local government later. In calculating load estimates, the total electrical energy requirement in Delo Village is around 794,685 Wh/day. Based on simulations carried out using PVsyst software, 452 units of solar panels were used with a capacity of 400Wp, 24 units of SCC with a voltage capacity of 5,800 W, 1,168 units of batteries with a capacity of 12V 200Ah, and eight units of inverters with a capacity of 30 kW. The simulation results show a Performance Ratio value of 70.2%, which means this project is feasible to be implemented. The initial investment costs are IDR 8,686,889,644, and O&M costs are IDR 86,868,896/year. Meanwhile, energy costs are IDR 2,600/kWh. The results of the investment feasibility analysis show that the Net Present Value (NPV) of PLTS is positive at IDR 49,729,753 and the Profitability Index (PI) is 1.00572469. The Discounted Payback Period (DPP) occurs in the 14th year of the life of the PLTS.

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu energi primer yang penggunaannya sulit dilepaskan dari kehidupan sehari-hari, baik kebutuhan rumah tangga, instansi pemerintah maupun industri [1]. Tahun demi tahun jumlah penduduk semakin meningkat dan penggunaan listrik selalu mengalami peningkatan, hal ini terjadi karena setiap tahunnya populasi manusia terus bertambah. Kebutuhan energi yang ada saat ini masih didominasi oleh energi bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam dan batubara sebesar 59,6 % [2]. Namun persediaan energi tersebut semakin menipis, sehingga memungkinkan terjadinya krisis energi jika tidak segera ditangani. Perlunya inovasi energi alternatif dari sumber terbarukan dalam memenuhi

kebutuhan energi bagi generasi dimasa yang akan datang [3]. Adapun salah satu energi alternatif yang potensial untuk dikembangkan adalah energi surya. Indonesia terletak di garis khatulistiwa, sehingga Indonesia memiliki sumber energi surya yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari secara nasional rata-rata sekitar 4,8 kWh/m² per hari atau setara dengan 207.898 MW [4]. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan solusi bagi daerah terpencil untuk menikmati listrik. Sebagian wilayah Indonesia yang belum terjangkau oleh jaringan listrik PLN, sehingga Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan sistemnya yang modular dan mudah dipindahkan merupakan salah satu solusi yang dapat dipertimbangkan sebagai salah satu pembangkit listrik alternatif [5].

Kabupaten Sabu Raijua merupakan salah satu pulau terpencil yang memiliki potensi enegi surya, dimana pada Kecamatan Raijua telah dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan kapasitas 150 kWp [6]. Oleh sebab itu, Desa Delo Kabupaten Sabu Raijua dipilih dalam membuat suatu perencanaan sistem PLTS *Off-Grid* untuk kebutuhan rumah tangga sebagai pembangkit listrik alternatif bagi masyarakat setempat.

Berkaitan dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-Grid*, terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan *software,* seperti *HOMER*, GUI (*Graphic User Interface*) pada *Software* MATLAB, *RETScreen*, dan Pvsyst [7]. *Software-software* ini pada dasarnya mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing dalam menganalisis perhitungan. Beberapa penelitian yang membahas tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-Grid* dalam menentukan kapasitas komponen, menghitung biaya investasi, serta besar daya yang dihasilkan telah dilakukan. Salah satunya Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga Menggunakan *Software* HOMER Untuk Masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam [8]. Dalam penelitian ini menjelaskan bahwa dalam melakukan Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sangat diperlukan *software* pendukung untuk melakukan simulasi dan menganalisa perhitungan sehingga lebih akurat.

Begitu juga dalam penelitian Analisis Kapasitas dan Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Komunal Desa Kaliwungu Kabupaten Banjarnegara dengan menggunakan *GUI* (*Graphic User Interface*) pada *Software* MATLAB 2008a [9], dan Potensi Energi Surya sebagai Energi Listrik Alternatif berbasis *RETScreen* di Kota Palopo, Indonesia [10]. Berikutnya terdapat penelitian yang menggunakan *software* PVsyst dalam Perencanaan Dan Simulasi Sistem PLTS *Off-Grid* Untuk Penerangan Gedung Fakultas Teknik UNKRIS [11], dimana dengan menggunakan *software* ini dapat menentukan kapasitas komponen, menampilkan besar energi yang dihasilkan, hingga biaya investasi awal PLTS. Berdasarkan hasil simulasi dalam penelitian tersebut menunjukan bahwa energi listrik yang dihasilkan PLTS sebesar 15.967 kWh/tahun. Dalam penelitian ini berfokus pada beban penerangan yang ada di Gedung Fakultas Teknik Unkris dimana total bebannya 9400 Watt. Dengan total biaya investasi awal sebesar Rp510.287.265,-.

Salah satu kendala yang dihadapi pada penerapan PLTS di Indonesia adalah tingginya biaya investasi, piranti utama Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yaitu modul fotovoltaik masih diimpor dari negara lain, dan efisiensi dari modul fotovoltaik hanya sebesar 16% yang menyebabkan harga PLTS per kW masih sangat tinggi [12]. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Vember Restu Kossi di Desa Ansiap khususnya pada Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah, berdasarkan hasil perhitungan, daya yang dibangkitkan PLTS Terpusat *(Off-Grid)* sebesar 15 kWp. Total investasi awal untuk membangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat di Dusun Tikalong sebesar Rp2.082.099.500,00 dengan biaya energi *(cost of energy*) sebesar Rp. 4.600,00/kWh [13]. Berdasarkan penelitian tersebut, perlu melakukan penelitian lebih lanjut berdasarkan kebutuhan masyarakat yang berada diwilayah terpencil dengan harga per kWh yang lebih rendah. Hal ini dilakukan untuk menyesuaikan dengan perekonomian masyarakat pedesaan yang cenderung rendah seperti Desa Delo Kabupaten Sabu Raijua.

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini dilakukan perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-Grid* untuk mencukupi kebutuhan listrik rumah tangga khususnya di Desa Delo Kabupaten Sabu Raijua. Penelitian ini dapat dijadikan alternatif bagi pemerintah setempat dengan

memanfaatkan potensi sinar matahari di wilayah Desa Delo, agar membangun PLTS *off-grid* untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat setempat. Penelitian ini menggunakan *Software PVsyst* dalam melakukan simulasi perencanaan PLTS *Off-Grid*

METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian dalam Gambar 1 menjelaskan tahapan penelitian ini.

Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Gambaran umum lokasi perencanaan PLTS *Off-grid*

Lokasi perencanaan PLTS *off-grid* pada Desa Delo Kabupaten Sabu Raijua terletak pada koordinat 10,5º LS dan 121,9º BT (*Google Maps, 2023*). Tabel 1 menunjukan data radiasi matahari dan temperatur dimana untuk radiasi matahari, bulan Juni adalah yang terendah sebesar 5,35 kWh/m²/hari, yang tertinggi pada bulan Oktober sebesar 7,04 kWh/m²/hari dan rata-rata sebesar 6,28 kWh/m²/hari. Untuk temperatur terendah terdapat pada bulan Juli sebesar 26,4 ºC, yang tertinggi pada bulan Mei sebesar 28,9 ºC dan rata-rata sebesar 28,1 ºC. Sudut kemiringan panel surya diperoleh dari software PVsyst, dengan kemiringan panel surya 8° dan titik Azimuthnya -90° menghadap ke barat untuk menghasilkan radiasi matahari yang optimal.

Tabel 1. Data radiasi matahari dan temperatur Tahun 2022

Bulan	Radiasi Matahari (kWh/m²/day)	Temperatur (°C)
Januari	6,48	28,4
Februari	5,90	27,9
Maret	6,26	28,3
April	6,28	28,4
Mei	5,52	28,9
Juni	5,35	28,3
Juli	5,69	26,4
Agustus	6,36	27,2
September	6,67	27,9
Oktober	7,04	28,7
November	6,92	28,1
Desember	6,83	28,4
Rata-Rata	6,28	28,1

Tabel 2. Kebutuhan beban listrik di Desa Delo Kabupaten Sabu Raijua

No	Jenis Beban Listrik	Jumlah Unit	Pasokan Daya				Total Kebutuhan Daya			
			Daya (Va)		Daya × Cos Phi (W)		Daya (Va)		Daya × Cos Phi (W)	
1	Rumah	280	900	VA	765	W	252000	VA	214200	W
2	Kantor Desa	1	1300	VA	1105	W	1300	VA	1105	W
3	Sekolah	3	1300	VA	1105	W	3900	VA	3315	W
4	Pustu	1	1300	VA	1105	W	1300	VA	1105	W
5	Gedung VCO	1	1300	VA	1105	W	1300	VA	1105	W
6	Gereja	2	3500	VA	2975	W	7000	VA	5950	W
		Total					266.800	VA	226.780	W

Penelitian ini dilakukan berdasarkan total jumlah penduduk yang tinggal di Desa Delo yaitu sebanyak 335 Kepala Keluarga (KK). Namun, karena terdapat beberapa KK yang tinggal serumah dengan orang tua, maka hanya 280 rumah yang menjadi objek penelitian. Dan juga terdapat 8 gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas umum, diantaranya sebuah Kantor Desa, 2 buah gedung Gereja, 3 gedung sekolah (2 gedung PAUD dan sebuah gedung SD), sebuah Puskesmas Pembantu (Pustu) dan sebuah gedung pembuatan Virgin Coconut Oil (VCO). Berdasarkan kebutuhan listrik di Desa Delo ditentukan setiap Kepala Keluarga (KK) dipasok dengan daya sebesar 900 VA, sedangkan untuk fasilitas umum dipasok daya sebesar 1.300 VA, kecuali Gereja yang dipasok daya sebesar 3.500 VA. Untuk faktor daya diasumsikan sebesar 0,85. Kebutuhan beban listrik di Desa Delo Kabupaten Sabu Raijua ditunjukan dalam Tabel 2. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk perkiraan kebutuhan energi listrik di Desa Delo yang ditunjukan dalam Tabel 3, dengan total kebutuhan energi listrik untuk rumah sebesar 2.003 Wh/hari. Adapun kebutuhan energi listrik bagi gedung lainnya yang dikategorikan dalam fasilitas umum yaitu kantor desa sebesar 3.752 Wh/hari, sekolah sebesar 5.914 Wh/hari, puskesmas pembantu sebesar 3.449 Wh/hari, gedung VCO sebesar 2.969 Wh/hari dan gereja sebesar 11.272

Wh/hari. Sehingga, total kebutuhan energi listrik di Desa Delo berdasarkan kebutuhan listrik rumah tangga yang digunakan setiap rumah warga dan fasilitas umum yaitu sebesar 794.685 Wh/hari.

Tabel 3. Perkiraan kebutuhan energi listrik di Desa Delo

No	Jenis Beban Listrik	Jumlah Unit	Daya (W)		Energi (Wh)		Total			
							Daya (W)		Energi (Wh)	
1	Rumah	280	765	W	2003	Wh	214200	W	560840	Wh
2	Kantor Desa	1	1105	W	3752	Wh	1105	W	3752	Wh
3	Sekolah	3	1105	W	5914	Wh	3315	W	17742	Wh
4	Pustu	1	1105	W	3449	Wh	1105	W	3449	Wh
5	Gedung VCO	1	1105	W	2969	Wh	1105	W	2969	Wh
6	Gereja	2	2975	W	11272	Wh	5950	W	22544	Wh
		Jumlah					226.780	W	611.296	Wh
		Cadangan Energi = Jumlah × 30%							183.389	Wh
		Total							794.685	Wh

2. Komponen PLTS

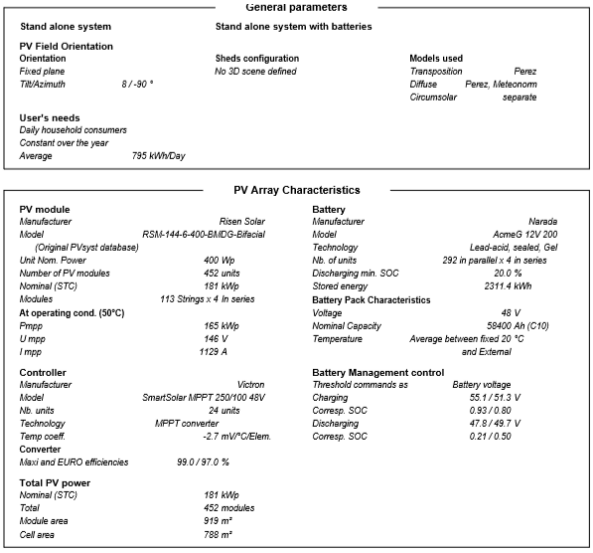
Panel surya yang digunakan yaitu jenis *Monocrystalline* model RSM144-6-400BMDG, dengan kapasitas 400 Wp. Panel surya *monocrystalline* memiliki efisiensi yang lebih baik dibanding panel surya *polycristalline* dengan efisiensi rata-rata sebesar 14%. Panel surya tipe ini memproduksi daya listrik lebih besar dibanding panel surya *polycristalline*, baik pada intensitas radiasi matahari yang rendah maupun intensitas radiasi matahari yang tinggi [14]. Selanjutnya jenis *Solar Charge Controller (SCC)* yang digunakan adalah *MPPT 250/100-Tr* dengan kapasitas 5.800 W. Pada perencanaan ini baterai yang digunakan yaitu baterai *Valva Regulated Lead Acid* (VRLA) model NARADA AG12V200 dengan 200 Ah dan tegangan 12 V. Inverter yang digunakan adalah inverter dengan model SANDI SDP-30KW dengan kapasitas 30 kW.

3. Simulasi menggunakan Software *PVSyst*

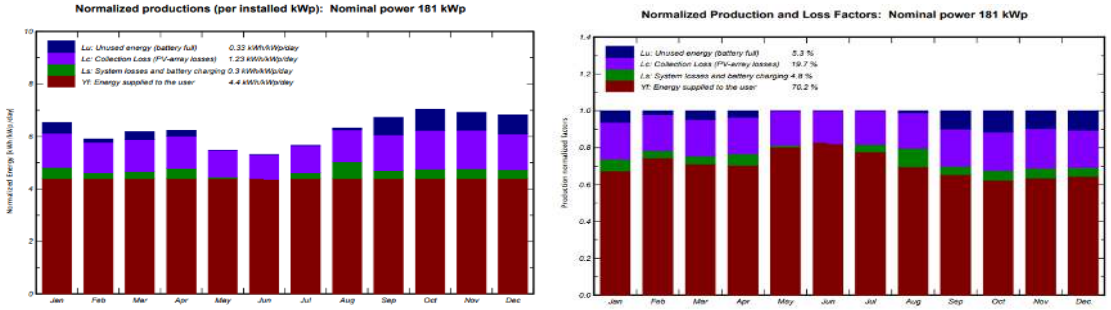
Gambar 2 memperlihatkan parameter simulasi sistem PLTS *off grid,* yaitu panel surya yang digunakan jenis *Monocrystalline* model RSM144-6-400BMDG, dengan kapasitas 400 Wp sebanyak 452 unit. SCC yang digunakan adalah *MPPT 250/100-Tr* dengan kapasitas 5.800 W, sebanyak 24 unit. Baterai yang digunakan adalah baterai *Valva Regulated Lead Acid* (VRLA) model NARADA AG12V200 dengan 200 Ah. Dengan konfigurasi 292 paralel, menghasilkan battery bank dengan kapasitas 58.400 Ah. Tegangan nominal masing-masing baterai sebesar 12 V. Dengan konfigurasi 4 seri, menghasilkan *battery bank* dengan tegangan nominal 48 V.

Gambar 3 menunjukkan jumlah energi yang dihasilkan dengan yang terbesar terdapat pada bulan Oktober, hal ini disebabkan oleh tingginya intensitas radiasi matahari pada bulan Oktober sebesar 7,04 kWh/m²/hari. Sedangkan jumlah energi terendah yang dapat dihasilkan oleh sistem PLTS ini terdapat pada bulan Juni, yang disebabkan oleh rendahnya intensitas radiasi mahatari yaitu sebesar 5,35 kWh/m²/hari. Sedangkan persentase produksi energi listrik dan rugi-rugi yang dihasilkan oleh sistem PLTS off-grid disetiap bulannya dalam 1 tahun adalah Lu (*unused energy*) sebesar 5,3%, Lc (*collection loss*) sebesar 19,7%, Ls (*system losses*) sebesar 4,8%, dan Yf (*energy supplied*) sebesar 70,2%. Selanjutnya ditampilkan *Loss Diagram* pada Gambar 4 dengan performance ratio (PR) sebesar 0,702 atau dengan persentasi sebesar 70,2%. PR adalah perbandingan antara energi yang disuplai ke beban (Yf) dengan energi yang seharusnya dibangkitkan oleh modul surya tanpa adanya rugi-rugi (Yr). *Solar fraction* (SF) sebesar 1.000 atau dengan persentasi sebesar 100%. SF adalah perbandingan antara jumlah energi yang dihasilkan oleh sistem PLTS dengan total energi yang dibutuhkan oleh beban. Energi yang dapat dikonversi oleh satu panel surya jenis Monocrystalline model

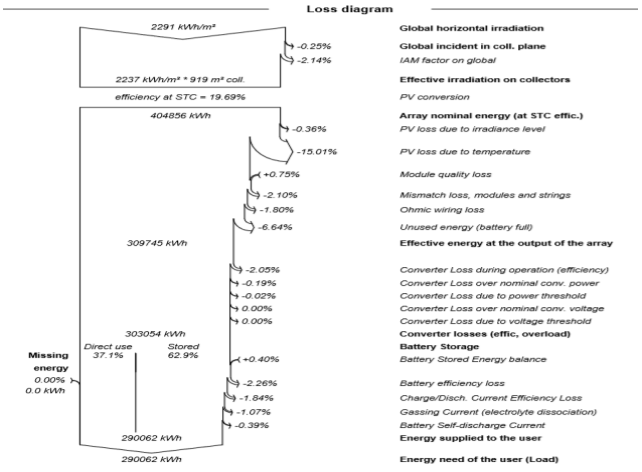
RSM144-6-400BMDG dengan daya nominal 400 Wp dan efisiensi 19,69% adalah sebesar 404,856 kWh/tahun.



Gambar 2. Parameter simulasi sistem PLTS *Off-Grid*



Gambar 3. Grafik produksi energi dengan prosentase dan rugi-rugi



Gambar 4. *Loss diagram*

Selanjutnya, untuk menentukan kapasitas inverter, perlu diperhatikan besar daya keluaran maksimal dari panel surya. Karena inverter akan menerima energi listrik yang dibangkitkan oleh panel surya, sehingga kapasitas inverter harus lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh panel surya. Untuk menghitung kapasitas inverter dapat dilakukan dengan persamaan berikut:

Kapasitas Inverter = $Demand\ Watt\ \times\ Safety\ Factor\ (Watt)$
= 164.834 × 1,25
= 206.043 Watt

Pemilihan inverter harus mempunyai kapasitas yang lebih besar dari daya yang dibangkitkan agar tidak terjadi kerusakan pada inverter tersebut. Jadi total inverter yang digunakan dalam permodelan PLTS ini berjumlah 3 buah dengan masing-masing kapasitas 25kW. *Combiner Box* digunakan untuk menggabungkan *array* PV untuk mendapatkan arus keluaran PV yang lebih tinggi untuk diteruskan ke *charge controller* dan baterai. Dalam melindungi sistem PV dari sambaran petir untuk menjaga terjadinya kelebihan tegangan, maka *Combiner Box* dilengkapi dengan *Surge Protection Device*. *Combiner box* juga dapat memutus arus dari panel surya apabila terjadi kelebihan arus.

Tabel 4. Pengolahan Net Present Value (NPV)

Tahun	Investasi Awal	Benefit	O & M	NCF	DF	PV NCF
0	Rp8.686.889.644,44				1	
1		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,945626478	Rp 631.004.235
2		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,894209435	Rp 596.694.312
3		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,845588118	Rp 564.249.941
4		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,799610514	Rp 533.569.684
5		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,756132873	Rp 504.557.621
6		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,715019266	Rp 477.123.046
7		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,67614115	Rp 451.180.185
8		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,639376974	Rp 426.647.929
9		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,604611795	Rp 403.449.578
10		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,571736922	Rp 381.512.604
11		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,540649572	Rp 360.768.419
12		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,51125255	Rp 341.152.170
13		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,483453948	Rp 322.602.525
14		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,457166854	Rp 305.061.489
15		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,432309082	Rp 288.474.221
16		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,408802914	Rp 272.788.862
17		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,38657486	Rp 257.956.370
18		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,365555423	Rp 243.930.374
19		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,345678887	Rp 230.667.020
20		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,326883108	Rp 218.124.842
21		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,309109322	Rp 206.264.626
22		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,29230196	Rp 195.049.292
23		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,276408472	Rp 184.443.775
24		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,26137917	Rp 174.414.917
25		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	0,247167064	Rp 164.931.363
Total	Rp8.686.889.644,44			Rp 16.682.174.469		Rp 8.736.619.398

4. Biaya Investasi dan Kelayakan PLTS *Off-Grid*

Biaya investasi awal yang dibutuhkan dalam perencanaan PLTS di Desa Delo Kabupaten Sabu Raijua, diperoleh sebesar Rp8.686.889.644 dan pengeluaran sebesar Rp86.868.896/tahun atau 1% dari total biaya investasi sebagai biaya operasional dan pemeliharaan [15]. Arus kas masuk diperoleh dari *Cost of Energy* (COE) sebesar Rp754.155.875/tahun atau sebesar Rp2.600/kWh. PLTS *off-grid* yang akan dibangun ini diperkirakan dapat digunakan selama 25 tahun berdasarkan umur panel surya, dengan besar nilai *Life Cycle*

Cost (LCC) pada PLTS *off-grid* sebesar Rp9.824.242.103. Analisis kelayakan investasi suatu proyek perlu dilakukan untuk mengetahui layak atau tidaknya proyek tersebut dilaksanakan. Sehingga dalam perencanaan PLTS di Desa Delo Kabupaten Sabu Raijua, dilakukan analisis kelayakan investasi meliputi perhitungan *Net Present Value* (NPV), *Profitability Index* (PI), dan *Discounted Payback Periode* (DPP). Berdasarkan hasil perhitungan NPV bernilai positif yaitu Rp49.729.753 (NPV>0), dan nilai PI sebesar 1,00572469 sehingga PLTS *off-grid* di Desa Delo Kabupaten Sabu Raijua dikatakan layak untuk dilaksanakan. *Discounted Payback Periode* atau periode waktu yang diperlukan dalam pengembalian nilai investasi melalui keuntungan yang dihasilkan oleh proyek, dan hasil perhitungan DPP menunjukan bahwa waktu pengembalian modal investasi pembangunan PLTS *off-grid* di Desa Delo Kabupaten Sabu Raijua terjadi pada tahun ke-14, dimana nilai kumulatif Pada Tahun ke-14 telah mencapai Rp9.342.017.703, sehingga sudah melebihi biaya investasi awal. Hasil perhitungan ditunjukan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 5. Pengolahan *Discounted Payback Periode* (DPP)

Tahun	Investasi Awal	Benefit	O & M	NCF	NPV Kumulatif
0	Rp8.686.889.644,44				
1		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 667.286.979
2		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 1.334.573.958
3		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 2.001.860.936
4		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 2.669.147.915
5		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 3.336.434.894
6		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 4.003.721.873
7		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 4.671.008.851
8		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 5.338.295.830
9		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 6.005.582.809
10		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 6.672.869.788
11		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 7.340.156.766
12		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 8.007.443.745
13		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 8.674.730.724
14		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 9.342.017.703
15		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 10.009.304.681
16		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 10.676.591.660
17		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 11.343.878.639
18		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 12.011.165.618
19		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 12.678.452.596
20		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 13.345.739.575
21		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 14.013.026.554
22		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 14.680.313.533
23		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 15.347.600.511
24		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 16.014.887.490
25		Rp 754.155.875	Rp86.868.896	Rp 667.286.979	Rp 16.682.174.469
Total	Rp8.686.889.644,44			Rp 16.682.174.469	

KESIMPULAN

1. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* dilakukan di Desa Delo Kabupaten Sabu Raijua, pada titik koordinat 10,5º LS dan 121,9º BT (*Google Maps, 2023*). Area modul surya ditempatkan pada -10°28'15" LS dan 121°54'44" BT dengan ketinggian 90 mdpl. Dengan memakai data intensitas radiasi mahatari dan temperatur dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Sabu Raijua yang dimasukan ke *software PVsyst* 7.2.4, maka ditentukan sudut kemiringan panel surya 8° dan *azimuth* -90° menghadap ke barat untuk mendapatkan radiasi sinar matahari yang optimal.
2. Penentuan kapasitas komponen dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-Grid* di Desa Delo berdasarkan kebutuhan listrik rumah tangga di Desa Delo yaitu sebesar 794.685 Wh/hari.

Sehingga membutuhkan 452 panel surya. *Solar Charge Controller* (SCC) yang digunakan sebanyak 24 unit, setiap unit berkapasitas tegangan 250 V dan arus sebesar 100 A. Jumlah baterai yang dibutuhkan sebanyak 1.168 baterai dengan kapasitas 200 Ah dan tengangan 12 V. Inverter yang digunakan berkapasitas 30kW sebanyak 8 unit. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software PVsyst*, *performance ratio* sistem PLTS *off-grid* ini sebesar 70,2%.

3. Berdasarkan perencanaan biaya investasi awal, biaya yang dibutuhkan untuk membangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* di Desa Delo sebesar Rp8.686.889.644. Ditambahkan biaya operasional dan pemeliharaan PLTS *off-grid* sebesar Rp86.868.896 /tahun, dengan tingkat diskonto sebesar 5,75% berdasarkan tingkat suku bunga kredit Bank Indonesia.. Sehingga *Life Cycle Cost* (LCC) pada perencanaan PLTS *off-grid* di Desa Delo, untuk umur pembangkit selama 25 tahun yaitu sebesar Rp9.824.242.103. Dengan *Cost Of Energy* (COE) sebesar Rp 2.600/kWh.
4. Berdasarkan hasil analisis kelayakan investasi PLTS *off-grid* menunjukan bahwa *Net Present Value* (NPV) pada PLTS bernilai positif sebesar Rp49.729.753 dan nilai *Profitability Index* (PI) lebih dari 1 yaitu sebesar 1,00572469 sehingga proyek PLTS *off-grid* di Desa Delo dikatakan layak. Hasil perhitungan *Discounted Payback Periode* (DPP) menunjukan bahwa biaya investasi awal akan kembali pada tahun ke-14

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. E. Optimization *et al.*, "Optimalisasi Energi Terbarukan pada Pembangkit Tenaga Listrik dalam Menghadapi Desa Mandiri Energi di Margajaya," vol. 15, no. 1, pp. 22–34, 2019.
[2] F. Afif and A. Martin, "Tinjauan Potensi dan Kebijakan Energi Surya di Indonesia," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 6, no. 1, p. 43, 2022, doi: 10.30588/jeemm.v6i1.997.
[3] R. Rahman, "Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Offgrid Untuk Rumah Tinggal Di Kota Banjarbaru," vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2021.
[4] H. Bayu and J. Windarta, "Tinjauan Kebijakan dan Regulasi Pengembangan PLTS di Indonesia," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 123–132, 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.10043.
[5] Ruskardi, "Kajian Teknis dan Analisis Ekonomis PLTS Off-Grid Solar System Sebagai Sumber Energi Alternatif," *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 1–6, 2015, [Online]. Available: http://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/download/9409/9298
[6] E. Terbarukan, *PLTS & Biodiesel*. 2020.
[7] I. Amin, N. Harun, and A. Suyuti, "Studi Potensi Energi Terbarukan Di Kawasan Timur Indonesia Berbasis Analisis Retscreen International," *J. Insypro (Information Syst. Process.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–14, 2017, doi: 10.24252/insypro.v2i2.4066.
[8] I. K. Bachtiar and M. Syafik, "Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga menggunakan Software HOMER untuk Masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam," vol. 5, no. 02, 2016.
[9] W. D. Ariani and B. Winardi, "Analisis Kapasitas Dan Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Komunal Desa Kaliwungu Kabupaten Banjarnegara," vol. 3, 2014.
[10] N. Arif, "Potensi Energi Surya sebagai Energi Listrik Alternatif berbasis RETScreen di Kota Palopo , Indonesia," vol. XX, no. Xx, pp. 1–5, 2020.
[11] A. K. Al Bahar and A. T. Maulana, "Perencanaan Dan Simulasi Sistem Plts Off-Grid Untuk Penerangan Gvfr4edung Fakultas Teknik Unkris," vol. 6, no. 3, pp. 97–107, 2018.
[12] I. Rahardjo and I. Fitriana, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Indonesia," pp. 43–52.
[13] V. R. Kossi, "Perencanaan plts terpusat (off-grid) di dusun tikalong kabupaten mempawah," 2017.
[14] M. Anggara and W. Saputra, "Analisis Kinerja Sel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline di Kabupaten Sumbawa NTB," *J. Flywheel*, vol. 14, no. 1, pp. 7–12, 2023, doi: 10.36040/flywheel.v14i1.6521.
[15] N. Hajir, M. Haddin, and A. Suprajitno, "Analisa Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap dengan Sistem Hybrid di PT. Koloni Timur 1,2,3)," vol. 14, pp. 20–25, 2022