

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sistem *On-Grid* Berbasis Homer Untuk Memenuhi Energi Listrik Di Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 1 Teriak, Bengkayang Kalimantan Barat

¹Jenni Lisdawati*, ²Eva Magdalena Silalahi, ³Robinson Purba

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia

^{1,2,3}Jl. Mayjen Sutoyo No.2 Cawang, Jakarta Timur 13630, DKI Jakarta

*Corresponding author: jennilisdawatibky23@gmail.com

Abstrak

PLTS yang dirancang pada gedung SMPN 1 Teriak, Bengkayang Kalimantan Barat dengan daya 6600 W, merupakan PLTS *on-grid* dengan tujuan untuk menurunkan tagihan biaya listrik. Dalam perancangan ini dan analisis terhadap hasil perancangan, baik dari sisi teknik maupun sisi ekonomi, digunakan aplikasi Homer. Berdasarkan analisa terhadap perancangan, maka diperoleh hasil yaitu, kapasitas PLTS sistem *On-Grid* adalah 0,250 kW/modul dengan jumlah modul *Photovoltaic* (PV) 27 unit dan 3 unit inverter, total biaya kedua komponen adalah Rp. 130.397.740. Kebutuhan daya listrik per hari adalah 14.500 Wh atau 14,5 kWh. PLTS sistem *On-Grid* memproduksi energi listrik sebesar 9.969 kWh per tahun (65,5%), sementara energi listrik yang diproduksi oleh *Grid* mencapai 5.254 kWh/hari (34,5%) dengan total produksi energi listrik sebanyak 15.223 kWh per tahun (100%). Hasil simulasi Homer juga memperlihatkan bahwa, nilai *Net Present Cost* (NPC) sistem PLTS+*Grid* Rp.36.064.610 dan nilai *Levelized Cost of Electricity* (LCOE) sistem PLTS+*Grid* Rp.189,47/kWh lebih rendah dari nilai LCOE sistem *Grid*. Dan lamanya waktu pengembalian modal, *Break Event Point* (BEP), sistem PLTS+*Grid* adalah 5,36 tahun.

Kata Kunci: Homer, LCOE, NPC, BEP, On-Grid, PLTS

Abstract

PLTS designed in the SMPN 1 Teriak building, Bengkayang, West Kalimantan with a power of 6600 W, is an on-grid PLTS with the aim of reducing electricity bills. In this design and analysis of the design results, both from the technical and economic sides, the Homer application is used. Based on the analysis of the design, the results were obtained, namely, the capacity of the On-Grid PLTS system is 0.250 kW / module with the number of Photovoltaic (PV) modules 27 units and 3 inverter units, the total cost of the two components is Rp. 130,397,740. The need for electrical power per day is 14,500 Wh or 14.5 kWh. The On-Grid solar system produces electrical energy of 9,969 kWh per year (65.5%), while the electrical energy produced by the Grid reaches 5,254 kWh / day (34.5%) with a total electrical energy production of 15,223 kWh per year (100%). Homer's simulation results also showed that the Net Present Cost (NPC) value of the PLTS+Grid system was Rp.36,064,610 and the Levelized Cost of Electricity (LCOE) value of the PLTS+Grid system was Rp.189.47/kWh lower than the LCOE value of the Grid system. And the length of payback for the Break Event Point (BEP) PLTS+Grid system is 5.36 years.

Keywords: Homer, LCOE, NPC, BEP, On-Grid, Solar

1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan manusia^[1]. Indonesia memegang peran penting sebagai penghasil energi fosil, terutama dalam hal produksi batubara. Dengan cadangan batubara sebanyak 38,84 miliar ton dan produksi tahunan rata-rata 600 juta ton, diperkirakan bertahan hingga 65 tahun kedepan^[2].

Proses pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan emisi gas CO₂ dan sejumlah gas lain yang dikenal sebagai gas rumah kaca, yang kemudian dilepaskan ke lapisan atmosfer. Ketika atmosfer semakin kaya akan gas-gas rumah kaca, maka atmosfer semakin berfungsi sebagai lapisan isolator yang menahan jumlah panas yang lebih besar dari radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi, sehingga menyebabkan pemanasan global (*global warning*)^[3]. Berdasarkan laporan *Statistical Review of World Energy*, jumlah emisi gas rumah kaca di Indonesia terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Pada tahun 2019, emisi

gas CO₂ mencapai 5.568,1 juta ton di wilayah Indonesia. Selain itu, total emisi CO₂ disemua negara mencapai 357.875,6 juta ton^[4].

Peraturan Pemerintah No. 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, bab 2 pasal 9 menyatakan pembatasan penggunaan sumber energi fosil serta menargetkan penggunaan energi baru dan terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan paling sedikit sebesar 31% pada tahun 2050^[5], seperti tenaga surya, hidro, bioenergi, bayu, panas bumi, laut, nuklir^[6].

Cadangan energi fosil yang semakin terbatas, usaha untuk mengurangi pelepasan emisi gas karbon dioksida, penerapan aturan yang dicantumkan dalam Peraturan Pemerintah No.79 Tahun 2014 yang mengatur kebijakan energi nasional dan potensi tenaga surya 4,80 kWh/m²/day^[7], menjadi dasar untuk membangun PLTS di berbagai jenis bangunan seperti kantor, gedung perumahan, dan institut pendidikan.

Terdapat beberapa jenis PLTS yaitu, *Hybrid, Off-Grid, dan On-Grid*. Sistem

PLTS Hybrid merupakan suatu sistem dimana tenaga listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat dipadukan dengan pasokan listrik dari PLN, sistem ini menjadi pilihan yang tepat untuk daerah yang sulit terjangkau oleh jaringan listrik, khususnya pulau-pulau terpencil^[8]. Sistem *PLTS off-grid* merupakan suatu sistem yang juga dikenal sebagai sistem mandiri (*stand alone/independent*). Dalam sistem ini, *PLTS* menjadi sumber utama yang menyediakan kebutuhan listrik. penggunaan sistem ini cocok untuk wilayah pegunungan, pedesaan terpencil, dan pulau-pulau terpencil. karena sistem ini beroperasi secara indenpenden dan mengandalkan baterai^[9]. Sistem *PLTS On-Grid* adalah sistem yang terhubung dengan jaringan listrik PLN, sistem ini tidak menggunakan baterai sebagai media penyimpanan daya. sistem ini cocok digunakan pada bangunan rumah, kantor, pabrik, dan institut pendidikan^[10].

SMPN 1 Teriak, Bengkayang Kalimantan Barat dapat berperan penting dalam merealisasikan program pemerintah untuk membangun *PLTS*. Dalam usaha menciptakan bangunan tanpa emisi CO₂, langkah awal dapat diambil melalui pembangunan *PLTS* di lembaga pendidikan. Salah satu upaya yang dilakukan dalam membangun *PLTS On-Grid* di SMPN 1 Teriak, Bengkayang Kalimantan Barat. Beberapa alasan dalam memilih *PLTS On-Grid*, karena dapat mengurangi biaya listrik, biaya pengoperasian karena tidak memerlukan penyimpanan energi, serta ramah lingkungan. Lembaga ini merupakan suatu lembaga pendidikan yang mendukung dan memfasilitasi siswa dan guru dalam melakukan penelitian serta melakukan pengabdian kepada masyarakat.

Dalam membangun *PLTS*, perlu dilakukan perancangan, baik dari aspek teknis maupun aspek ekonomis. Penelitian ini bertujuan untuk, menentukan kebutuhan daya dan energi listrik per hari pada SMPN 1 Teriak, Bengkayang Kalimantan Barat menentukan besar kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (*PLTS*) sistem terhubung ke jaringan *On-Grid* di SMPN 1 Teriak, Bengkayang Kalimantan Barat mengetahui produksi energi listrik yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (*PLTS*), dan mengetahui nilai NPC serta harga energi listrik per kWh dan BEP sistem *PLTS On-Grid*, dengan menggunakan aplikasi HOMER.

2. LANDASAN TEORI

Energi matahari merupakan pancaran panas dan radiasi sebagai sumber energi untuk kehidupan manusia di bumi. Energi matahari yang diterima oleh sel surya dikonversi menjadi energi listrik melalui efek *fotovoltaic*. Proses ini terjadi ketika partikel cahaya matahari (foton) mengenai sel surya dan melepaskan elektron, yang menghasilkan aliran listrik^[11].

Energi matahari merupakan energi yang dipancarkan oleh matahari ke segala arah secara merata dan fenomena ini dapat dijelaskan berdasarkan rumus *Planck's blackbody* seperti yang terlihat dalam persamaan (1)^[11] :

$$W_{\lambda} = \frac{2\pi hc^2 \lambda^{-5}}{hc \frac{e^{\lambda k_B T} - 1}} \quad (1)$$

Keterangan:

W_{λ} : kerapatan radiasi spektrum elektromagnetik (W/ m² /satuan panjang gelombang dalam meter)

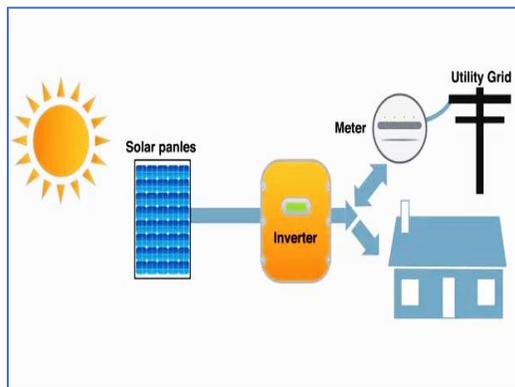
c : kecepatan cahaya (m/s)

λ : panjang gelombang (m)

- h : $6,63 \times 10^{-34}$ watt second²
(Planck's Constant)
 k_B : $1,38 \times 10^{-23}$ Joules/°K
(Boltzmann's Constant)
 T : temperatur, derajat kelvin (°K)

Persamaan (1) menunjukkan kepadatan energi dipermukaan matahari, dan menempuh jarak sejauh 150 juta kilometer untuk sampai ke bumi dengan kepadatan energi ekstra-terrestrial yang telah berkurang menjadi 1367 Watt per meter persegi (W/m²).

Prinsip kerja PLTS sebagaimana gambar 1, adalah mengubah radiasi sinar matahari oleh modul surya menjadi energi listrik dengan tegangan listrik searah (*Direct Current/DC*). Untuk mengubah tegangan listrik searah menjadi tegangan listrik bolak-balik (*Alternating Current/AC*), diperlukan inverter. Energi listrik dengan tegangan bolak-balik yang keluar dari inverter, dapat digunakan oleh beban listrik dan dapat pula dijual ke jaringan listrik PLN, dihitung sebagai pengurangan jumlah "kWh ekspor" atau "*Net metering*". Ketika energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS tidak mencukupi kebutuhan beban, maka kekurangan energi tersebut, dapat dipasok dari jaringan listrik PLN^[12].



Gambar 1 Prinsip PLTS

(sumber <https://www.builder.id/perbedaan-plts->

[On-Grid-dan-off-grid-serta-hybrid-system/](#))

Keterangan :

1. Modul surya
2. Inverter
3. PLN
4. Rumah (beban)

2.1 Fotovoltaic

Fotovoltaic (PV) merupakan komponen dasar dari PLTS yang berfungsi untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik dan dilakukan melalui penggunaan sel PV yang sering dikenal sebagai sel surya^[13].

2.2 Inverter

Inverter merupakan alat elektronik yang mengkonversikan arus searah menjadi arus bolak-balik^[8].

2.3 Ekonomi Teknik

Perhitungan biaya yang terkait dengan pembangunan PLTS, didasarkan kepada pertimbangan periode operasional dari PLTS selama 25 tahun^[14].

$$BEP = \frac{\text{Total Capital}}{E_{\text{total served}} \times \text{Harga jual listrik ke PLN}} \quad (4)$$

2.3.1 Net Present Cost (NPC)

Net Present Cost (NPC) merupakan estimasi jumlah biaya instalasi dan operasional yang terkait dengan pembangunan PLTS dan dihitung berdasarkan persamaan (2)^[15].

$$NPC = \text{Capital Cost} + \text{Replacement cost} + \text{O\&M Cost} - \text{Salvage} \quad (2)$$

Keterangan:

Capital Cost : biaya modal

Replacement cost : biaya pergantian

O&M : biaya operasi dan pemeliharaan

Salvage : Biaya komponen pada akhir umur efektifnya

2.3.2 Levelized Cost of Electricity (LCOE)

Levelized Cost of Electricity

(LCOE) merupakan nilai rata-rata yang digunakan untuk menghitung biaya produksi per unit energi listrik dalam suatu sistem pembangkit listrik dan dihitung berdasarkan persamaan (3)^[15].

$$LCOE = \frac{\text{Total AC}}{\text{Energi total produksi sistem}} \quad (3)$$

2.3.2 Break Event Point (BEP)

Break Even Point (BEP) merupakan waktu yang diperlukan agar biaya investasi dapat dikembalikan melalui pendapatan dari PLTS. Perhitungan ini didasarkan pada persamaan (4)^[16].

Keterangan:

Total capital : total biaya komponen (Rp)

E_{total served} : total energi listrik yang dikonsumsi beban per tahun (kWh/tahun)

Harga jual listrik ke PLN :

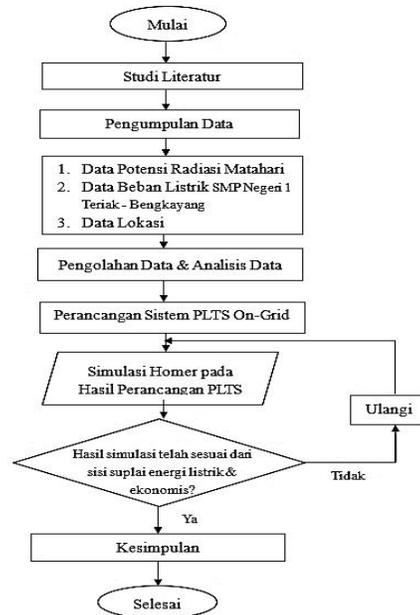
Rp. 1.653,17/kWh^[17].

3. METODE PENELITIAN

Metode perancangan pada penelitian ini digunakan pendekatan kuantitatif. Penelitian kuantitatif merupakan bentuk penelitian yang mengambil dan menguraikan data dalam bentuk numerik yang dapat dijumlahkan. Metode penelitian kuantitatif dipakai untuk menguraikan fenomena dengan menggunakan informasi berupa angka yang kemudian diolah dengan menggunakan metode statistik^[18].

3.1 Diagram Alir

Penelitian dilakukan melalui berbagai proses sebagai mana ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir

4. HASIL DAN ANALISIS PERHITUNGAN

4.1.1 Data Potensi Matahari

Intensitas radiasi sinar matahari di SMPN 1 Teriak, Bengkayang Kalimantan Barat berdasarkan data dari NASA dalam *software* Homer, ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Intensitas Radiasi Sinar Matahari

<i>Month</i>	<i>Clearness Index</i>	<i>Daily Radiation (kWh/m²/day)</i>
Jan	0.460	4.590
Feb	0.480	4.960
Mar	0.489	5.130
Apr	0.498	5.100
May	0.506	4.920
Jun	0.530	4.980
Jul	0.513	4.880
Aug	0.509	5.070
Sep	0.468	4.840
Oct	0.458	4.730
Nov	0.451	4.520
Dec	0.453	4.450

(sumber: <https://www.nasa.gov/> diakses melalui *software* Homer)

4.1.2 Data Beban Listrik

Tabel 2 merupakan data beban listrik yang terpasang pada SMPN 1 Teriak Bengkayang. Beban ini merupakan beban yang terpasang selama 24 jam.

Tabel 2 Data Beban

No	Komponen	Jumlah	Daya Per Unit	Total Daya (Watt)	Jam Operasional	Kebutuhan Energi (Wh)	Energi (kWh)
1	Lampu	60	15	900	10	9.000	9
2	Kipas	15	50	750	3	2.250	2,25
3	Dispenser	1	200	200	9	1.800	1,8
4	Kulkas	1	110	110	9	990	0,99
5	Komputer	20	230	4.600	2	460	0,46
Total		605	6.560	Total	14.500	14,5	

4.1.3 Biaya komponen

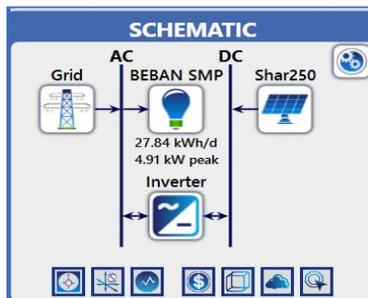
Tabel 3 memperlihatkan biaya komponen dan spesifikasi yang digunakan dalam perancangan PLTS.

Tabel 3 Biaya Komponen dan Spesifikasi

Komponen	Spesifikasi	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
Solar Panel (Sumber: TokoPedia)	Sharp ND-250QCS	27	3.986.620	107.638.740
Inverter (Sumber: TokoPedia)	KENIKA EAN 3000W	3	9.253.000	27.759.000
Total				130.397.740

4.1.4 Skema sistem On-Grid

Gambar 3 merupakan skema perancangan untuk membangun PLTS on-Grid dengan menggunakan Software Homer.



Gambar 3 Skema Perancangan

a. Panel Surya

Kapasitas panel surya yang digunakan dalam skema pada gambar 3 adalah panel yang berkapasitas 250 Wp. Jumlah panel surya yang diperlukan, dihitung berdasarkan (5).

$$\text{Jumlah PV} = \frac{\text{Total daya beban}}{\text{Daya Modul PV}} \quad (5)$$

$$\text{Jumlah PV} = \frac{6.560}{250 \text{ Wp/modul}} = 26,24 = (27 \text{ Panel Surya})$$

Total panel surya yang diperlukan adalah 27 panel.

b. Inverter

Kapasitas inverter yang dipilih dalam perancangan ini adalah 3 kW. Jumlah inverter yang dibutuhkan, dihitung berdasarkan persamaan (6).

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{\text{Daya beban (KW)}}{\text{Daya Inverter}} \quad (6)$$

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{6,56 \text{ kW}}{3 \text{ kW}} = 3 \text{ unit}$$

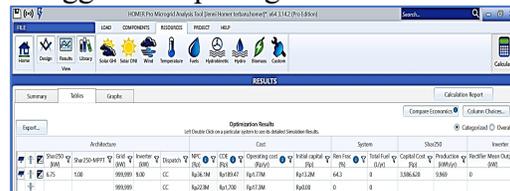
c. Grid

SMPN 1 Teriak, Bengkayang, Kalimantan Barat, menerima daya dari PLN sebesar 6600 W. Dalam grid PLN, tarif listrik PLN (*Grid Power Price*) yang digunakan adalah golongan R-2/TR sebesar Rp.1.699,53/kWh (untuk konsumen PLN dengan daya 3.500VA s/d 5.500 VA)^[19], dan harga beli PLN (*Grid Net Excess Price*) untuk kapasitas PLTS < 1MW dengan faktor pengali 100%, yaitu sebesar Rp.1.653,17/kWh^[17].

4.2 Hasil Simulasi Homer Pada Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

4.2.1 Hasil Analisis Konfigurasi

Gambar 4 menampilkan hasil analisis simulasi yang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Homer.



Gambar 4 Hasil Simulasi Homer

Tujuan dari simulasi ini adalah, untuk membandingkan sistem mana yang paling optimal. Terlihat ada 2 konfigurasi berbeda berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan yaitu:

1. Konfigurasi dengan *grid* 100 %

2. Pembebanan dengan konfigurasi PLTS + Grid

Gambar 5 merupakan perbandingan produksi panel surya dan *grid*. Panel surya memproduksi energi listrik sekitar 9.969 kWh/tahun (65,5%), sementara energi listrik *grid* sekitar 5.254 kWh/tahun (34,5%). Total energi listrik yang dihasilkan adalah 15.223 kWh/tahun.

Production			Consumption		
	kWh/yr	%		kWh/yr	%
Sharp ND-250QCS	9,969	65,5	AC Primary Load	10,162	69,0
Grid Purchases	5,254	34,5	DC Primary Load	0	0
Total	15,223	100	Deferrable Load	0	0
			Grid Sales	4,563	31,0
			Total	14,724	100

Gambar 5 Hasil Simulasi *Grid* + PLTS

Gambar 6 memperlihatkan perbandingan beban antara *Grid* tanpa PLTS. Total produksi energi listrik *Grid* tanpa PLTS per tahun adalah 10.162 kWh.

Production			Consumption		
	kWh/yr	%		kWh/yr	%
Grid Purchases	10,162	100	AC Primary Load	10,162	100
Total	10,162	100	DC Primary Load	0	0
			Deferrable Load	0	0
			Total	10,162	100

Gambar 6 Hasil Simulasi *Grid* 100%

4.2.2 Aspek Ekonomi

A. PLTS + *Grid*

Hasil simulasi Homer pada gambar 7 memperlihatkan bahwa, nilai NPC dari *Grid* + PLTS sebesar Rp.36.064.610,00 sementara nilai LCOE sebesar Rp.189,47/kWh.

Total NPC:	Rp36,064,610.00
Levelized COE:	Rp189.47

Gambar 7 Perbandingan NPC, LCOE, PLTS + *Grid*

B. *Grid* PLN 100% tanpa PLTS

Gambar 8 memperlihatkan nilai NPC 100% tanpa PLTS dan nilai NPC sebesar Rp.223.257.500,00 serta nilai LCOE sebesar Rp.1.699,53/kWh.

Total NPC:	Rp223,257,500.00
Levelized COE:	Rp1,699.53

Gambar 8 NPC dan LCOE *Grid* 100% tanpa PLTS

4.2.3 Break Event Point (BEP)

Dari hasil perancangan dilakukan kalkulasi BEP yang dapat dinyatakan dalam waktu mingguan, bulanan maupun tahunan sesuai dengan keinginan dan dihitung berdasarkan persamaan (4).

$$BEP = \frac{Total\ Capital}{E_{total\ served} \times \text{Harga jual listrik ke PLN}}$$

keterangan:

Total Capotal : Rp. 13.397.740
berdasarkan tabel 3.

$E_{total\ served}$: total energi yang dikonsumsi beban per tahun = 14.724 kWh/tahun, sebagaimana diperlihatkan pada gambar 5.

Harga jual listrik ke PLN : Rp.1.653,17/kWh^[17].

Dengan demikian, maka BEP adalah:

$$BEP = \frac{Rp.13.397.740}{14.724\ kWh/tahun \times Rp.1.653,17/kWh}$$

$$BEP = 5,36\ \text{tahun} = 5\ \text{tahun}\ 4\ \text{bulan.}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, diperoleh hasil BEP yang menunjukkan lamanya pengembalian modal biaya adalah 5,36 tahun atau 5 tahun 4 bulan.

4.2.4 Perbandingan PLTS + *Grid* dan *Grid* 100% tanpa PLTS

Tabel 4 memperlihatkan perbandingan aspek ekonomis NPC, LCOE dan BEP pada sistem PLTS + *Grid* dan *Grid* PLN 100% tanpa PLTS.

Tabel 4 Perbandingan aspek ekonomi

Variabel	PLTS + Grid	Grid PLN 100% Tanpa PLTS
NPC (Rp)	36.064.610	223.257.500
LCOE (Rp/kWh)	189,47	1.699,53
BEP (Tahun)	5,36	Tidak Terjadi BEP

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa dan simulasi terhadap data perancangan PLTS *On-Grid* di SMPN 1 Teriak, Bengkayang, Kalimantan Barat, maka dapat di tarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. SMPN 1 Teriak, Bengkayang memerlukan energi listrik per hari yaitu: 14.500 Wh atau 14,5 kWh.
2. Kapasitas PLTS sistem *On-Grid* pada SMPN 1 Teriak, Bengkayang, adalah 0,250 kW/modul dengan jumlah modul PV 27 buah dan 3-unit inverter dan total biaya kedua komponen adalah Rp. 130.397.740.
3. Berdasarkan hasil simulasi Homer, maka diperoleh produksi energi listrik PLTS sistem *On-Grid* sebesar 9.969 kWh/tahun (65,5%), produksi energi listrik *Grid* sebesar 5.254 kWh/hari (34,5%), dengan total energi listrik yang diproduksi sebesar 15.223 kWh/tahun (100%).
4. Aspek ekonomi dari PLTS sistem *On-Grid* berdasarkan hasil simulasi Homer sebagai berikut:
 - a. Nilai NPC sistem PLTS+*Grid* Rp.36.064.610 lebih rendah dari pada biaya NPC sistem *Grid*.
 - b. Nilai LCOE sistem PLTS+*Grid* Rp.189,47/kWh lebih rendah dari nilai LCOE sistem *Grid* Rp.1.699,53/kWh.
 - c. Dari hasil perhitungan BEP sistem PLTS+*Grid* diperoleh

lamanya pengembalian modal biaya adalah 5,36 tahun.

5.1 Saran

Diperlukan perancangan dan pelaksanaan disetiap gedung perkantoran, bangunan pemerintahan, dan institusi pendidikan, dengan tujuan mengurangi emisi gas rumah kaca dan dalam rangka melaksanakan Peraturan Pemerintah No. 79 tentang Kebijakan Energi Nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azhar, M., & Setiawan, D, A. (2018). Implementasi Kebijakan Energi Baru Dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional. *Administrative Law & Governance Journal* (Vol. 1, No. 4, Pp. 398–412). Doi:10.15710.
- [2] “ESDM. (2020). Cadangan Batubara Masih 38,84 Miliar Ton, Teknologi Bersih Pengelolaannya Terus Didorong Title. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.”
- [3] Sulistyono, (2012) “Pemanasan Global (Global Warming) Dan Hubungannya Dengan Penggunaan Bahan Bakar Fosil,” *J. Forum Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 47–56.
- [4] Talib, R, M. (2022). Pengaruh Gas Pembakaran Batubara Terhadap Pertumbuhan, Kandungan Lipid Dan Karotenoid Total Serta Profil Asam Lemak *Chlorella Emersonii*. Vol. 2, No. 8.5.
- [5] P. R. Indonesia (2014). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Tentang Kebijakan Energi Nasional. PP No. 79.

- [6] ESDM (2023). POTENSI ENERGI BARU TERBARUKAN INDONESIA.
- [7] ESDM (2012). Matahari Untuk PLTS di Indonesia.
- [8] Brilliant., Widodo, B., Purba, R., & Soebagio, A. (2019) Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terhubung Dengan Jaringan Listrik PLN Pada Kantor Di Bintaro - Jakarta Selatan. Jurnal Ilmiah Program Studi Teknik Elektro LEKTROKOM (Vol. 2, Pp. 1–6).
- [9] Harefa, B., Stepanus., Widodo, B., & Purba, R. (2020). Perhitungan Energi Solar Photovoltaic Di Wilayah Kabupaten Nias Dan Kabupaten Mentawai Dengan Menggunakan Metode Probabilistik. vol. 3, No. Pp. 1–8.
- [10] Suhendara. (2022) Dasar-Dasar Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (1st Ed). Tangerang: Media Edukasi Indonesia (Anggota IKPAPI).
- [11] Messenger, R, A., & Ventre, J. (2005) Photovoltaic Systems Engineering (2nd Ed). Boca Raton London New York Washington, D.C : CRC PRESS. Doi: 10.1201/B12389.
- [12] Ardiansyah, A., Setiawan, I, N., & Sukerayasa I,W. (2021) Perancangan PLTS Atap On Grid System Pada Kantor Badan Perancangan Pembangunan Daerah Penelitian Dan Pengembangan Kota Probolinggo. Jurnal Spektrum (Vol. 8, No. 4, Pp. 200–209).
- [13] Rashid, M, H,. (2014) *Power electronics and applications*. doi: 10.1109/pedstc.2014.6799390.
- [14] Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia (2021). Panduan Evaluasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Fotovoltaik PP. 106.
- [15] Harrich, M., Kamel, S., Abdeen, M., et all: (2021) Developed Approach Based On Equilibrium Optimizer For Optimal Design Of Hybrid PV / Wind / Diesel / Battery Microgrid In Dakhla , Morocco. IEEE Access (pp. 13655–13670) Doi: 10.1109/ACCESS.2021.3051573.
- [16] Windarta, J., Sinuraya, E, W., Abidin, A, Z., Setyawan, A, E., & Angghika Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berbasis Homer Di Sma Negeri 6 Surakarta Sebagai Sekolah Hemat Energi Dan Ramah Lingkungan. Prosiding Seminar Nasional MIPA 2019 Univ. Tidar (Vol. 2, No. 1, Pp. 21–36).
- [17] PPRI No 112 (2022) Peraturan Presiden Republik Indonesia Tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik, No. 135413, Pp. 1–37.
- [18] M., P., Dr.UHAR SUHARSAPUTRA (2012). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Tindakan. Bandung.
- [19] ESDM Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 28 (2016). ESDM No. 879. (Pp.2004–2006).