

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTS Dan PLTMH-*GRID*) Di Desa Tiworiwu I Dan Desa Bea Pawe, Kabupaten Ngada, Nusa Tenggara Timur (NTT)

¹Mardelin Kastela*, ²Bambang Widodo, ³Robinson Purba

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Jakarta

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

*Corresponding author: mardelin2001@gmail.com

Abstrak

Desa Tiworiwu I dan Desa Bea Pawe, yang terletak di Kabupaten Ngada, memiliki pembangkit listrik energi terbarukan, Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Wae Roa, yang terhubung ke PLN. Kapasitas daya total yang dihasilkan dari pembangkit listrik ini, mencapai 370 kW dan lokasi pembangkit berada di Desa Bea Pawe. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan merancang Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH) dengan menggabungkan PLTMH-*Grid* dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Tingkat radiasi matahari di Desa Bea Pawe mencapai 5,531 kWh/m². Kapasitas modul surya yang digunakan dalam penelitian ini adalah 325 Wp/modul. Total kapasitas keseluruhan mencapai 525.200 Wp dengan jumlah modul *Photovoltaic* (PV) sebanyak 1616 unit dan 53 unit inverter dengan kapasitas 10 kW, sehingga total kapasitas inverter mencapai 530 kW. Setelah melakukan analisis simulasi terhadap PLTH dengan menggunakan perangkat lunak HOMER, menunjukkan bahwa produksi energi listrik yang dihasilkan oleh PLTH di Desa Tiworiwu I dan Desa Bea Pawe adalah sebesar 3.131.745 kWh/tahun. Kontribusi PLTS dalam produksi energi adalah sebesar 27,5%, kontribusi PLTMH sebesar 51,5%, dan kontribusi dari jaringan listrik (*grid*) sebesar 21%. Dari segi ekonomi, estimasi nilai *Net Present Cost* (NPC) pada PLTH jauh lebih rendah dibandingkan dengan PLTMH-*Grid*, dengan selisih sebesar Rp. 5.304.430.000. *Levelized Cost of Electricity* (LCOE) pada PLTMH-*Grid* juga lebih rendah, dengan selisih Rp. 383,39/kWh. *Break Even Point* (BEP) diperkirakan terjadi dalam waktu sekitar 5,05 tahun. Nilai NPC dan LCOE dari PLTH lebih rendah dibandingkan dengan PLTMH-*Grid* PLN.

Kata Kunci : PLTH, PLTS, PLTMH, NPC, LCOE, BEP dan HOMER

Abstract

Tiworiwu I Village and Bea Pawe Village, located in Ngada Regency, have a renewable energy power plant, the Wae Roa Microhydro Power Plant (PLTMH), which is connected to PLN. The total power capacity generated from this power plant reaches 370 kW and the location of the plant is in Bea Pawe Village. This research was conducted with the aim of designing a Hybrid Power Plant (PLTH) by combining PLTMH-Grid and Solar Power Plant (PLTS). The level of solar radiation in Bea Pawe Village reached 5,531 kWh/m². The capacity of the solar module used in this study was 325 Wp/module. The total total capacity reaches 525,200 Wp with the number of Photovoltaic (PV) modules as many as 1616 units and 53 inverter units with a capacity of 10 kW, so that the total inverter capacity reaches 530 kW. After conducting a simulation analysis of PLTH using HOMER software, it shows that the production of electrical energy produced by PLTH in Tiworiwu I Village and Bea Pawe Village is 3,131,745 kWh / year. The contribution of PLTS in energy production is 27.5%, the contribution of PLTMH is 51.5%, and the contribution of the electricity network (grid) is 21%. From an economic point of view, the estimated Net Present Cost (NPC) value of PLTH is much lower than that of PLTMH-Grid, with a difference of Rp. 5,304,430,000. Levelized Cost of Electricity (LCOE) at PLTMH-Grid is also lower, with a difference of Rp. 383.39 / kWh. Break Even Point (BEP) is expected to occur in about 5.05 years. The NPC and LCOE values of PLTH are lower than PLTMH-Grid PLN.

Keywords: PLTH, PLTS, PLTMH, NPC, LCOE, BEP and HOMER

1. PENDAHULUAN

Setiap tahun, seiring pertumbuhan ekonomi dan peningkatan jumlah penduduk, kebutuhan listrik nasional juga semakin meningkat. Dalam periode sepuluh tahun terakhir, mulai dari tahun 2010 hingga 2020, penggunaan energi akhir di Indonesia meningkat dari 134 juta TOE menjadi 258 TOE, dengan pertumbuhan rata-rata sebesar 8,5% setiap tahun. Seiring dengan peningkatan konsumsi energi, ketersediaan sumber energi primer juga mengalami peningkatan^[1].

Dengan pertumbuhan kebutuhan energi yang terus berkembang, penggunaan sumber energi fosil semakin meningkat dan mengakibatkan penipisan cadangan energi fosil. Arifin menyatakan bahwa, jika tidak ditemukan cadangan baru, maka cadangan minyak bumi di Indonesia akan habis dalam 9 tahun ke depan. Sementara itu, cadangan gas bumi diperkirakan akan habis dalam

22 tahun dan batubara diperkirakan akan habis dalam 65 tahun^[2].

Penggunaan energi fosil pada pembangkit tenaga listrik, menimbulkan gas CO₂ yang merupakan salah satu jenis gas rumah kaca. Efek dari gas rumah kaca ini akan menyebabkan radiasi infra merah dari bumi terperangkap kembali oleh gas rumah kaca di atmosfer sehingga mengakibatkan pemanasan global di permukaan bumi^[3].

Peraturan Pemerintah (PP) No. 79 tahun 2014 tentang kebijakan Energi Nasional, Bab 2 Pasal 9, menetapkan pembatasan penggunaan sumber energi fosil dan menetapkan target penggunaan energi baru.

Tahun 2025 ditetapkan bahwa, peran Energi Baru dan Terbarukan (EBT) paling sedikit 23% dan pada tahun 2050 paling sedikit 31%^[4]. Oleh karena itu, transisi dari penggunaan energi fosil ke sumber EBT seperti mikrohidro, energi surya, biomassa, energi nuklir dan energi angin^[5] menjadi sangat penting.

Pembangkit listrik berbasis EBT, diharapkan dapat berkontribusi dalam upaya menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 156,6 juta ton CO₂, yang setara dengan 49,8% dari total tindakan mitigasi dalam sektor energi [6].

Pemanfaatan sumber EBT, khususnya energi surya sebagai sumber pembangkit listrik, memiliki potensi yang sangat besar di Indonesia karena negara ini terletak di daerah tropis dengan sinar matahari yang tersedia sepanjang waktu. Di Indonesia, potensi energi surya mencapai 4,8 kWh/m²[5]. Selain itu, keberadaan kekayaan sungai yang melimpah di Indonesia memberikan peluang besar untuk mengembangkan sumber EBT berbasis mikrohidro. Indonesia memiliki potensi mikrohidro sebesar 450 MW[5].

Terdapat beberapa jenis sistem PLTS yaitu *off-grid*, *on-grid* dan *hybrid* [7][8][9]. PLTS *off-grid* merupakan sistem yang berdiri sendiri dan tidak terkoneksi dengan jaringan listrik PLN. Sistem ini sangat cocok digunakan di daerah yang belum terkoneksi jaringan listrik PLN[7]. PLTS sistem *On-Grid* merupakan sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan listrik utama atau *grid*. Kelebihan energi disalurkan ke jaringan listrik utama, sedangkan kekurangan energi diperoleh dari jaringan listrik utama. Sistem ini sangat cocok digunakan di daerah yang sudah terhubung dengan jaringan listrik PLN[8]. PLTS sistem *Hybrid* merupakan kombinasi dari sumber energi PLTS dan jaringan listrik PLN. Sistem kombinasi ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu kombinasi yang berkerja secara mandiri dan yang terhubung ke *grid*. Sistem ini sangat cocok dibangun di daerah terpencil[9].

Desa Tiworiwu I dan Desa Bea pawe merupakan dua Kawasan yang terletak di Kecamatan Jerubuu dan Gelowa Barat,

Kabupaten Ngada, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Kabupaten Ngada berada di koordinat antara 8^o20' - 8^o57' LS dan 120^o48' - 121^o11' BT. Tingkat intensitas matahari rata-rata di desa tersebut adalah sebesar 5,531 kWh/m² per hari [10], menunjukkan tingkat intensitas yang cukup baik.

Selain itu, Desa Tiworiwu I dan Bae Pawe sudah memiliki Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) yang terhubung ke jaringan PLN. PLTMH tersebut berlokasi di Desa Bea Pawe dan memanfaatkan air dari sungai Wae Roa dengan kapasitas mencapai 370 kW[11].

Dengan memanfaatkan potensi intensitas matahari dan PLTMH Wae roa yang sudah ada di Desa Tiworiwu I dan Desa Bea Pawe, direncanakan pembangunan sistem pembangkit listrik tenaga hibrida, PLTS dan PLTMH-Grid.

PLTS merupakan sebuah sistem yang menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan foton dari sinar matahari sebagai sumber energi[12]. Pada penelitian ini, digunakan PLTS tanpa menggunakan *battery* karena harganya yang cukup mahal, serta diperlukan pergantian dalam jangka waktu 5 tahun[13].

PLTH adalah penggunaan beberapa jenis sumber energi listrik dengan sumber energi yang berbeda untuk melayani beban yang sama. Tujuan utama sistem hibrida adalah untuk menggabungkan dua atau lebih sumber energi (sistem pembangkit) agar dapat saling melengkapi kelemahan masing-masing pembangkit[14].

Sistem pembangkit ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan daya listrik di Desa Tiworiwu I dan Desa Bea Pawe, serta memiliki potensi untuk menjual kelebihan produksi energi listrik ke PLN.

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Untuk menentukan jumlah PV sel dan inverter yang sesuai dengan beban listrik di desa Tiworiwu I dan Desa Bea Pawe.
2. Untuk menentukan produksi energi listrik yang dihasilkan dari Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH).
3. Untuk menentukan NPC, LCOE, BEP dan nilai jual per kWh.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Energi matahari adalah energi yang dipancarkan oleh matahari dalam bentuk radiasi dan panas. Energi ini dimanfaatkan langsung atau diubah menjadi bentuk energi lain dengan menggunakan berbagai teknologi, salah satunya teknologi solar *photovoltaic* yang mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik^[8]. Energi ini dipancarkan oleh matahari ke segala arah dengan menggunakan rumus *Planck's blackbody* seperti yang ditunjukkan oleh persamaan (1)^[15]:

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

Keterangan:

W_{λ} : kerapatan radiasi spektrum elektromagnetik (W/ m^2 /satuan panjang gelombang dalam meter)

c : kecepatan cahaya (m/s)

λ : panjang gelombang (m)

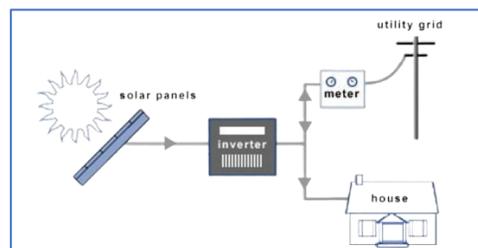
h : $6,63 \times 10^{-34}$ watt second² (*Planck's Constant*)

k_B : $1,38 \times 10^{-23}$ Joules/^oK (*Boltzmann's Constant*)

T : temperatur, derajat kelvin (^oK)

Prinsip kerja PLTS berdasarkan gambar 1, adalah konversi radiasi matahari oleh modul surya menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah

(DC atau *Direct Current*). Untuk mengubah tegangan listrik searah menjadi arus bolak-balik (AC atau *Alternating Current*) diperlukan inverter. Energi listrik dengan tegangan bolak-balik yang dihasilkan inverter dapat digunakan untuk menambah beban listrik bahkan dapat dijual kembali ke jaringan listrik PLN. Hal ini dihitung sebagai pengurangan jumlah "kWh yang diekspor" atau dalam konteks pengukuran bersih. Apabila produksi energi listrik dari PLTS tidak mencukupi kebutuhan beban, maka kekurangan energi dapat diperoleh dari pasokan jaringan listrik PLN.



Gambar 1 Prinsip Kerja PLTS

(Sumber:

<https://www.gesainstech.com/2021/05/ongrid-offgrid-hybrid.html>)

Keterangan:

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

2.1.2 Panel Surya

Panel surya merupakan komponen utama dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya yang berfungsi untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Panel surya terdiri dari unit-unit kecil yang disebut sel surya, terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon dan dihubungkan secara seri dan paralel.

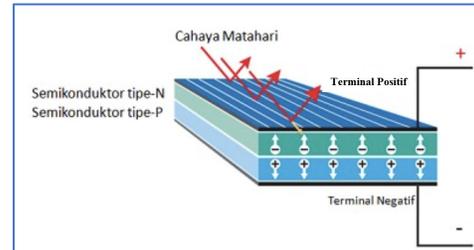
Silikon merupakan bahan semikonduktor yang umumnya digunakan dalam pembuatan sel surya. Berdasarkan penelitian Quaschnig (2005), jumlah sel surya dalam sebuah panel surya biasanya berkisar antara 32 hingga 40, tergantung pada ukuran panel^[14]. Sel surya sering juga disebut sebagai sel *photovoltaic*, yang artinya “cahaya-listrik”^[7].

Prinsip kerja sel surya dapat dijelaskan berdasarkan gambar 2. Cahaya matahari memancarkan sinar ke arah sel surya dan sel surya ini terdiri dari partikel-partikel kecil yang dikenal sebagai foton. Foton-foton ini berinteraksi dengan atom-atom dari bahan semikonduktor silikon di dalam sel surya, sehingga menimbulkan energi yang cukup untuk memisahkan elektron-elektron dari susunan atomnya. Elektron-elektron yang terpisah ini, membawa muatan negatif (-), menjadi bergerak di dalam pita konduksi bahan semikonduktor tersebut. Pada saat yang bersamaan, atom-atom yang kehilangan elektron-elektron ini menciptakan celah-celah dalam strukturnya, yang disebut “hole” atau lubang dan membawa muatan positif (+).

Daerah semikonduktor yang menyimpan elektron-elektron yang terlepas mengadopsi muatan negatif dan berperan sebagai donor elektron, daerah ini dikenal sebagai semikonduktor tipe N. Sebaliknya, daerah yang memiliki lubang (*hole*) mengambil muatan positif dan berfungsi sebagai penerima elektron, yang dikenal sebagai semikonduktor tipe P.

Di antara lapisan terminal positif dan negatif (*PN Junction*), energi yang dihasilkan mendorong elektron dan hole bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron bergerak menjauh daerah negatif, sementara hole bergerak

menjauhi daerah positif. Apabila suatu beban seperti lampu atau peralatan listrik lainnya ditempatkan pada terminal positif dan negatif, maka akan timbul arus listrik.



Gambar 2 Prinsip Kerja Sel Surya

(Sumber:

<https://teknikelektronika.com/pengertian-sel-surya-solar-cell-prinsip-kerja-sel-surya/>)

2.1.3 Inverter

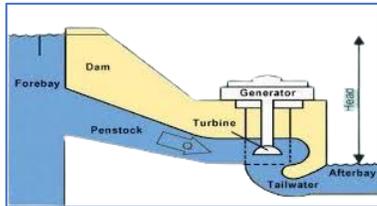
Inverter atau dikenal juga dengan sebutan konverter arus searah (DC atau *Direct Current*) ke arus bolak-balik (AC atau *Alternating Current*), yang berfungsi untuk mengubah tegangan searah masukan menjadi tegangan bolak-balik keluaran dengan magnitude dan frekuensi yang diinginkan^[16].

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

PLTMH adalah suatu sistem pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai sumber energi. PLTMH dengan kapasitas 100 kW mampu memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga, peternakan, serta perkebunan yang ada di desa^[17].

Prinsip dasar dari PLTMH adalah memanfaatkan energi potensial yang dihasilkan dari air yang jatuh (*head*). Semakin tinggi tingkat air jatuh, semakin besar pula energi potensial yang dapat diubah menjadi energi listrik. Secara skematis, proses ini dijelaskan pada gambar 3. Air yang jatuh dengan ketinggian tertentu, dialirkan melalui pipa pesat (*penstock*) untuk

menggerakkan turbin. Turbin tersebut kemudian menggerakkan generator yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik.



Gambar 3 Tinggi Air Jatuh (*Head*)^[18]

Energi potensial dari aliran air ditentukan oleh persamaan (2)^[17].

$$E = m g H \quad (2)$$

Keterangan:

m : massa air (kg/m^3)

g : percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

H : *head* (m)

Head terbentuk akibat perbedaan ketinggian antara titik masuk pipa dan turbin air. Dalam perhitungan hidroenergi, *head* umumnya diukur dengan satuan kaki atau meter. Untuk menghitung daya (P) air, digunakan persamaan (3)^[19].

$$P = \rho \cdot g \cdot \eta \cdot Q \cdot H \quad (3)$$

Keterangan:

P : daya listrik yang dihasilkan (watt)

ρ : massa jenis air (1000 kg/m^3)

g : gravitasi bumi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

η : efisiensi (%)

Q_{eff} : debit air yang memasuki turbin (m^3/s)

H_{eff} : tinggi jatuh air yang memasuki turbin (m)

2.3 Aspek Ekonomi

Dalam kajian ini dilakukan perhitungan pembangunan PLTS dengan mempertimbangkan masa operasional selama 25 tahun^[20].

2.3.1 Net Present Cost (NPC)

NPC merupakan biaya bersih saat ini dari semua komponen selama masa proyek, termasuk biaya modal, operasi & pemeliharaan, penggantian dan biaya bahan bakar. NPC dapat dihitung berdasarkan persamaan (4)^[21].

$$NPC = \text{Capital Cost} + \text{Replacement Cost} + \text{O\&M} - \text{Salvag} \quad (4)$$

Keterangan:

Capital Cost : biaya modal

O&M : biaya operasi dan pemeliharaan

Replacement Cost : biaya Pergantian

Salvag : biaya komponen pada akhir umur efektifnya

2.3.2 Levelized Cost of Electricity (LCOE)

LCOE adalah ukuran yang digunakan untuk mengevaluasi biaya rata-rata dalam menghasilkan listrik selama masa operasional dari suatu sistem pembangkit. Umumnya LCOE dinyatakan sebagai biaya per unit listrik yang dihasilkan dan dihitung berdasarkan persamaan (5)^[21].

$$LCOE = \frac{\text{Total AC}}{\text{Energi total produksi sistem}} \quad (5)$$

Untuk memperoleh nilai AC, dihitung berdasarkan persamaan (6)^[22].

$$AC = \text{Capital Cost} + \text{Replacement Cost} + \text{O\&M} - \text{Salvag} \quad (6)$$

Keterangan:

Total AC : total *Annualized Cost*

Capital Cost : biaya modal

O&M : biaya operasi dan pemeliharaan

Replacement Cost : biaya Pergantian

Salvag : biaya komponen pada akhir umur efektifnya

2.3.3 Break Even Point (BEP)

BEP adalah titik di mana total biaya sama dengan total pendapatan, sehingga tidak ada kerugian atau keuntungan. BEP digunakan untuk memperkirakan

pada tahun ke berapa investor akan mulai memperoleh keuntungan^[23]. Untuk menghitung nilai BEP dalam unit tertentu, dapat menggunakan rata-rata biaya operasional dan pemeliharaan dengan menggunakan persamaan (7)^[24].

$$BEP = \frac{Total\ capital}{E_{Total\ served} - harga\ jual\ listrik\ ke\ PLN} \quad (7)$$

Keterangan:

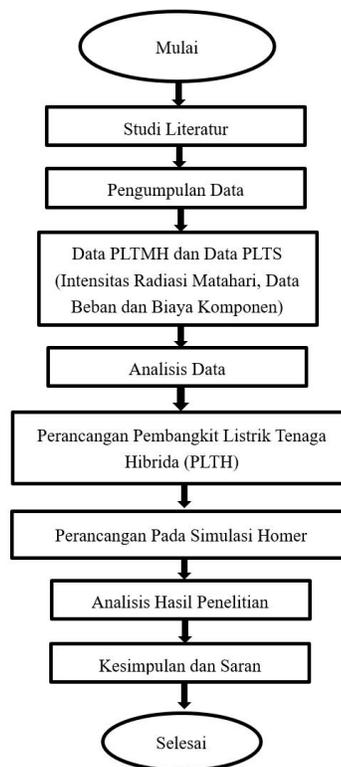
Total capital : total biaya komponen (Rp)

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

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah jenis penelitian yang mengumpulkan dan menganalisis data dalam bentuk angka-angka yang dijumlahkan. Metode penelitian kuantitatif digunakan untuk menjelaskan fenomena dengan menggunakan data numerik yang kemudian dianalisis, biasanya melalui penggunaan metode statistik (Daniel Mujis, 2004)^[25].

Selain itu, dalam penelitian juga menggunakan beberapa metode lainnya, antara lain studi literatur, pengumpulan data dan analisis data. Studi literatur bertujuan mengumpulkan data dari buku referensi dan jurnal yang relevan dengan topik penelitian. Pengumpulan data dilakukan untuk melengkapi data penelitian yang akan diolah dan selanjutnya dilakukan proses analisis. Tujuan dari analisis data adalah melakukan pengolahan data yang telah diperoleh. Alur penelitian diperlihatkan pada gambar 4.



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

1. Data Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

a. Data Potensi Radiasi Matahari

Tabel 1 memperlihatkan tingkat intensitas radiasi matahari selama 12 bulan dalam setahun di Desa Tiworiwu I dan Bea Pawe Kabupaten Ngada (NTT). Data ini mencakup periode dari bulan Januari hingga Desember.

Tabel 1 Intensitas Radiasi matahari

Month	Clearness Index	Daily Radition (kWh/m ² /day)
Jan	0,471	5,120
Feb	0,470	5,100
Mar	0,541	5,680
Apr	0,576	5,580
May	0,626	5,490
Jun	0,608	5,030

Jul	0,608	5,150
Aug	0,621	5,740
Sep	0,637	6,450
Oct	0,608	6,490
Nov	0,566	6,130
Dec	0,519	5,620

(Sumber: <https://www.nasa.gov/> diakses melalui software homer)

b. Data Beban Desa Tiworiwu I dan Desa Bea Pawe

Untuk menentukan kapasitas PLTS yang akan dibangun, langkah pertama adalah melakukan survei terhadap seluruh beban yang digunakan di Desa Tiworiwu I dan Desa Bea Pawe. Tabel 2, memperlihatkan data beban listrik yang terpasang di Desa Tiworiwu I dan Desa Bea Pawe.

Tabel 2 Data Beban Listrik Yang Terpasang Di Desa Tiworiwu I Dan Desa Bea Pawe

Beban harian Desa Tiworiwu I dan Bea Pawe (W)	Beban harian Desa Tiworiwu I dan Bea Pawe	Beban Puncak (kW)	Beban harian Desa Tiworiwu I dan Bea Pawe
525.000	525	339	12.600

Dari data tabel 2, terlihat bahwa beban yang akan disuplai adalah sebesar 525.000 watt (W) atau 525 kilowatt (kW). Modul PV yang akan digunakan memiliki kapasitas 325 watt peak (Wp), sehingga modul dapat dihitung melalui persamaan (8).

$$\text{Jumlah PV} = \frac{\text{Total daya beban (W)}}{\text{Daya modul PV}} \quad (8)$$

Sesuai dengan persamaan (8), maka jumlah PV yang dibutuhkan adalah:

$$\text{Jumlah PV} = \frac{525.000 \text{ W}}{325 \text{ Wp}} = 1.615,38 \text{ atau } 1.616 \text{ modul}$$

Setelah mengetahui kapasitas daya yang akan dipasang pada PLTS tersebut, Langkah berikutnya adalah menentukan inverter yang akan digunakan. Kapasitas inverter yang digunakan harus disesuaikan dengan daya yang akan dibangkitkan. Dalam penelitian ini, digunakan inverter dengan kapasitas 10 kW. Jumlah inverter yang dibutuhkan, dihitung berdasarkan persamaan (9).

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{\text{Daya beban (kW)}}{\text{Daya inverter}} \quad (9)$$

Sesuai dengan persamaan (9), maka jumlah inverter yang dibutuhkan adalah:

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{525 \text{ kW}}{10 \text{ kW}} = 52,5 \text{ atau } 53 \text{ unit}$$

c. Biaya Komponen

Data terkait harga komponen dan rincian teknis yang dipakai dalam perancangan ini dapat dilihat dalam tabel 3.

Tabel 3 Daftar Biaya Komponen Beserta Spesifikasinya Yang Digunakan Dalam Perancangan Ini

Komponen	Spesifikasi	Vol	Harga Per Unit	Total
Panel Surya (Sumber: Tokopedia)	Sankelux 325 Wp Poly	1616	Rp. 1.968.938	Rp. 3.181.803.808
Inverter (Sumber: Shopee)	Kenika 10 kW	53	Rp. 23.000.000	Rp. 1.219.000.000
Total				Rp. 4.400.803.808

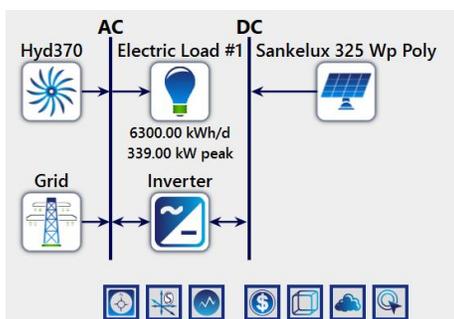
2. Data Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Listrik di Desa Tiworiwu I dan Desa Bea Pawe dipasok oleh Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) yang terhubung ke *grid*. Total investasi untuk PLTMH ini mencapai Rp. 14.049.594.128. Daya yang dihasilkan oleh PLTMH mencapai 370 kW dengan tinggi jatuh air sebesar 157 m dan debit air sebesar 300 liter per detik.

4.2 Hasil Penelitian

1. Desain Sistem Hibrida (PLTS dan PLTMH-Grid)

Gambar 5 merupakan desain yang diimplementasikan dalam kajian ini, melalui penerapan aplikasi HOMER serta sistem hibrida.



Gambar 5 Desain Skematik Sistem PLTH

Gambar 5 terdiri dari:

- a. Panel Surya
Kapasita panel surya yang digunakan adalah dengan kapasitas 325 Wp/modul terdiri dari 1616 unit modul dengan total daya sebesar 525.200 Wp.
- b. Inverter
Kapasitas inverter yang digunakan adalah dengan kapasitas 10 kW, terdiri dari 53 unit inverter dengan total daya 530 kW.
- c. Mikrohidro
Kapasitas daya total yang dihasilkan dari pembangkit listrik mencapai 370 kW.
- d. Grid
Daya yang dipasok oleh PLN memiliki daya sebesar 656,25 kVA.

2. Hasil Simulasi HOMER Pada Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTS dan PLTMH-Grid)

a. Aspek Teknik

Gambar 6 memperlihatkan empat opsi penawaran dari HOMER, yakni: PLTH (PLTS dan PLTMH-Grid), PLTS dengan Grid, Grid dengan PLTMH dan Grid. Namun, dalam penelitian ini, kajian yang dilakukan difokuskan pada dua opsi, yaitu PLTH dan Grid dengan PLTMH.

Gambar 6 Hasil Analisis Konfigurasi

Tabel 4 memperlihatkan produksi energi listrik PLTH lebih tinggi daripada penggunaan PLTMH-Grid, yaitu sebesar 3.131.745 kWh/yr. Penjualan listrik ke jaringan PLN (Grid Sales), sistem PLTH mampu menjual lebih banyak energi listrik daripada sistem PLTMH-Grid, dengan total penjualan 832.245 kWh/yr.

Tabel 4 Produksi Energi

Sistem Pembangkit	Beban yang dilayani (kWh/yr)	Total energi listrik yang dihasilkan (kWh/yr)	Grid Sales	
			(kWh/yr)	(%)
PLTMH-Grid	2.299.500	2.301.923	2.423	0,105
PLTH (PLTS dan PLTMH-Grid)	2.299.500	3.131.745	832.245	26,6

b. Aspek Ekonomi

Berdasarkan hasil simulasi HOMER yang tertera pada tabel 5 menunjukkan bahwa, nilai NPC dan LCOE pada sistem pembangkit PLTH lebih rendah dibandingkan sistem pembangkit PLTMH-Grid. Nilai NPC-nya adalah Rp. 23.038.160.000 dan LCOE-nya adalah Rp. 569,04/kWh.

Tabel 5 Nilai NPC dan LCOE pada PLTMH-Grid dan PLTH (PLTS dan PLTMH-Grid)

Aspek Ekonomi	PLTMH-Grid	PLTH (PLTS dan PLTMH-Grid)
NPC	Rp. 28.342.590.000	Rp. 23.038.160.000
LCOE	Rp. 952,43/kWh	Rp. 569,04/kWh

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisis menggunakan HOMER pada perancangan PLTH, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat 1616 unit modul PV dengan daya 325 Wp/modul, menghasilkan total kapasitas PV sebesar 525.200 Wp dan 53 unit inverter dengan daya 10 kW, sehingga total kapasitas inverter mencapai 530 kW.
2. Hasil simulasi HOMER menunjukkan bahwa PLTH menghasilkan produksi total energi listrik sebesar 3.131.745 kWh/tahun, dengan kontribusi PLTS sebesar 27,5%, kontribusi PLTMH sebesar 51,5% dan kontribusi dari *Grid* sebesar 21%.
3. Dalam aspek ekonomi, berdasarkan hasil simulasi HOMER nilai *Net Present Cost* (NPC) pada PLTH lebih rendah dibandingkan dengan PLTMH-Grid dengan selisih sebesar Rp. 5.304.430.000. Selain itu, *Levelized Cost of Electricity* (LCOE) pada PLTMH juga lebih rendah, dengan selisih Rp. 383,39/kWh. *Break Even Point* (BEP) diperkirakan terjadi dalam waktu sekitar 5,05 tahun.

5.2 Saran

Diperlukan perancangan dan pelaksanaan penggunaan pembangkit listrik baru dan terbarukan di Indonesia,

sesuai dengan PP Nomor 79 tahun 2014, dengan tujuan mengurangi emisi gas rumah kaca.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kristyadi, T., & Arfianto, T. (2021). Optimasi Perancangan PLTS Terpusat Di Wilayah Pulau Terluar. *Jurnal Infotekmesin* (Vol. 12, No. 02), 2087-1627, 2685-9858.
- [2] Tasrif, A. (2020). Direktorat Jendral Energi baruTerbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE).
- [3] Harjanto, N. T. (2019). Dampak lingkungan pusat listrik tenaga fosil dan prospek pltn sebagai sumber energi listrik nasional. No. 1, pp. 39–50.
- [4] Presiden Republik Indonesia. (2014). Peraturan Pemerintah Tentang Kebijakan Energi Nasional PP No. 79 Tahun.
- [5] ESDM. (2008).
- [6] Direktorat Jendral Energi baruTerbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE). (2020).
- [7] Suhendar. (2022). *Dasar - Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya* (1st ed). Tangerang: Media Edukasi Indonesia (Anggota IKAPI).
- [8] Harefa, B., Stepanus., & Widodo, B. (2020). Perhitungan Energi Solar Photovoltaic. *Jurnal Ilmiah Program Studi Teknik Elektro* (Vol. 3, No. 1, pp. 2–3).
- [9] Brilliant., Widodo, B., Purba, R., & Soebagio, A. (2019). Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terhubung Dengan Jaringan Listrik PLN pada kantor Bintaro - Jakarta Selatan. *Jurnal Lektrokom* (vol. 2, pp. 1–6).
- [10] Global Solar Atlas.

- [11] Yudi, A. P. (2022) “Analisa Desain Turbin PLTMH Wae Roa erhadap Performa Daya Dan Debit Air Dengan Simulasi Cad. Doctoral Dissertation, Universitas Kristen Indonesia.
- [12] Jamaaluddin. (2021). Buku Petunjuk Pengoperasian Pembangkit Listrik *Tenaga Surya (PLTS)*. Sidoarjo: UMSIDA Press. doi: 10.21070/2021/978-623-6292-10-5.
- [13] Jalaluddin, R., & S, Y, M. (2020). Perbandingan Biaya Perancangan PLTS On-Grid dan Off-Grid Pada Laboratorium PPSDM Migas. Prosidang Seminar Nasional (Vol. 1, pp. 162–169).
- [14] Soebagio, A., Purba, R., Widodo, B., & Susilo. (2018). Seminar Nasional Renewable & Smart Energy Systems. Jakarta: UKI Press.
- [15] 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.
- [16] Rashid, M. H. (2014). *Power Electronics Devices, Circuits & Applications* (4th ed). Harlow, Inggris: Pearson Education Limited.
- [17] Ghosh, T. K., & Prelas, M, A. (2011). *Energy Resource and System*. Columbia: Springer Science + Business Media B.V.
- [18] Susilo., Setiyadi., Widodo, B., Mulyani, A. S., Silalahi, J., Samosir, R., Purba, R., & Soebagio, A. (2014). *Panduan Survei Untuk Memprediksi Kapasitas Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)* (1st ed). Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia (UKI).
- [19] Fitrawansyah, Y., Purnama, A., & Negara, K. M. T. (2022). Analisis Pengaruh Debit Air Dan Ketinggian Air Terhadap Besar Daya Yang Dihasilkan Oleh Pltmh Tepal I Pada Saat Musim Kemarau. *Jurnal sains TekA* (Vol. 3, No. 3, pp. 20–26) doi: 10.58406/sainteka.v3i3.1036.
- [20] ESDM. (2021)
- [21] Fathurrachman, M. G., Busaeri, N., & Hiron, N. (2022). Analisis Integrasi Pembangkit Listrik Hybrid Di Wilayah Daerah Pantai Tasikmalaya Selatan Menggunakan Aplikasi Homer. *Journal of Energy and Electrical Engineering* (Vol. 62, No. 02).
- [22] Razak, I. (2019). Studi Kelayakan Pemasangan Pembangkit Listrik Energi Terbarukan Tenaga Hybrid.
- [23] Bagaskoro, B., Windarta, J., & Denis. (2019). Perancangan Dan Analisis Ekonomi Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Offgrid Menggunakan Perangkat Lunak Homer Di Kawasan Wisata Pantai Pulau Cemara. *Transient* (vol. 8, no. 2, pp. 152–157).
- [24] Windarta, J., Sinuraya, E, W., Abidin, A. Z., Setyawan, A. E., & Angghika. (2019). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berbasis Homer Di SMA Negeri 6 Surakarta Sebagai Sekolah Hemat Energi Dan Ramah Lingkungan. Prosidang Seminar Nasional MIPA 2019 (Vol. 2, No. 1, pp. 21–36, 2019).
- [25] Suharsaputra, U. (2012). *Metode Penelitian* (1st ed). Bandung: Refika Aditama.

