

Desain Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid Off-Grid* Menggunakan *Software* HOMER Untuk Elektrifikasi Di Desa Suryawangi Kecamatan Labuhan Haji Kabupaten Lombok Timur

Harsandi Hidayatullah¹, Ihda Adhevina¹, Agung Budi Muljono¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No.62 Mataram, Mataram, NTB (83125), Indonesia

ARTICLE INFO

Article history :

Received July 5, 2024
Revised July 31, 2024
Accepted Juli 31, 2024

Keywords:

Microhydro Powerplant;
Power System Modelling;
Solar Photovoltaic;
Off-Grid;
Hybrid System;

ABSTRACT

Energy and environmental problems are major challenge in the world. These problems related to the need to replace conventional fuels with new renewable energy sources. New renewable energy is scattered throughout Indonesia, including geothermal, wind, solar, hydro, and biomass. However, the utilization in the national energy is still low. This study offers a solution to this problem by planning a hybrid powerplant in Suryawangi Village, East Lombok, to serve the electrical energy needs of the village. In this study, solar and microhydro powerplant will be simulated to provide electrical energy using HOMER software. The data needed in this study was taken from BPS data and the global solar atlas. Suryawangi village has hydro energy potential with a 477,97 liters per seconds of Kokok Tebaban water flow and also 4,725 kWh/m²/day solar radiation at coordinates -8°39'49" S, 116°34'43" E which has potential to be source for solar powerplant. Simulation results shows the hybrid powerplant system with 20,7 kW capacity of microhydro powerplant and 229 kW capacity of solar plant cost a total of Rp. 689.721.500,- with cost of energy Rp. 377,52 and operating cost Rp. 9.197.444,-. The hybrid powerplant system generates total energy of 434.259 kWh/year, where the solar powerplant generates 321.295 kWh/year and the microhydro powerplant generates 112,964 kWh/year of energy.

Corresponding Author:

Harsandi Hidayatullah^{1*}, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No.62 Mataram, Mataram, NTB (83125), Indonesia
Email: harsandi77@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Dalam Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) G20, Presiden Indonesia mencanggankan kawasan Net Zero yaitu kawasan yang menggunakan energi baru dan terbarukan yang menghasilkan *Green Product* pada tahun 2060 [1]. Kemunculan *The Paris Agreement* dan *Conference Of Parties 26* yang sama-sama bertujuan mengendalikan pemanasan global menjadi penanda pentingnya mengembangkan energi baru terbarukan [2]. Sumber daya alam yang dapat terus digunakan merupakan asal dari energi terbarukan [3]. Contoh energi terbarukan yaitu energi surya yang bersumber dari matahari [4], dan juga tenaga air yaitu energi berbasis air [5]. Energi surya dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan mengonversi radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik [6]. Faktor lingkungan, temperatur, PV modul, dan intensitas cahaya matahari adalah beberapa faktor yang mempengaruhi unjuk kerja PLTS [7]. Komponen-komponen PLTS terdiri dari modul PV untuk mengkonversi sinar matahari, inverter untuk mengubah output DC menjadi AC, kabel, *junction box* [8], baterai untuk menyimpan kelebihan daya dan memberi daya listrik, dan *solar charge controller* untuk mengatur pengisian baterai menjadi lebih optimal [9]. Sedangkan energi air dapat dimanfaatkan sebagai tenaga penggerak pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) [10]. Secara umum, komponen PLTMH terdiri dari bendungan penyadap, saluran pembawa, bak penenang, pipa pesat, rumah pembangkit, turbin air, generator listrik, dan saluran pembuang. Prinsip PLTMH adalah memanfaatkan energi air untuk memutar turbin yang kemudian memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik [11]. Perencanaan desain pembangkit listrik tenaga *hybrid off-grid* dapat dibuat dengan memanfaatkan bantuan *software* yaitu HOMER.

2. METODE

Dalam penelitian kali ini, adapun metodologi yang dilakukan antara lain sebagai berikut:

2.1. Memilih Lokasi Studi

Langkah pertama adalah memilih lokasi studi. Lokasi studi dalam penelitian kali ini adalah Desa Suryawangi yang terletak di Kecamatan Labuhan Haji, Kabupaten Lombok Timur, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Lokasi tersebut dipilih karena dirasa memiliki potensi untuk pengembangan energi baru terbarukan dengan sumber energi hidro dan surya.



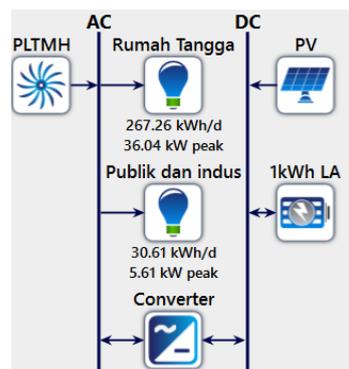
Gambar 1. Lokasi Studi Desa Suryawangi

2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperlukan untuk mendukung perencanaan dan simulasi sistem pembangkit listrik tenaga hybrid. Data yang diperlukan antara lain data geografis, astronomis, dan demografis lokasi studi dan data iklim seperti aliran air dan intensitas radiasi matahari. Data-data tersebut dapat diperoleh melalui sumber sekunder dari instansi terkait.

2.3. Perencanaan dan Simulasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Dengan Software HOMER

Perencanaan dan simulasi sistem pembangkit tenaga hybrid dilakukan menggunakan *software* HOMER. Proses ini mencakup menginput data beban (*load*) dan sumber energi (*resources*) serta komponen dalam sistem (*components*) seperti PLTS, PLTMH, beban listrik, konverter, dan baterai. Pada proses ini juga ditentukan kapasitas dan estimasi biaya dari setiap komponen dari sistem pembangkit listrik tenaga hybrid. Setelah semua data dan komponen dimasukkan, simulasi dijalankan untuk mendapatkan rincian terkait biaya sistem dan energi yang dihasilkan oleh sistem.



Gambar 2. Konfigurasi Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

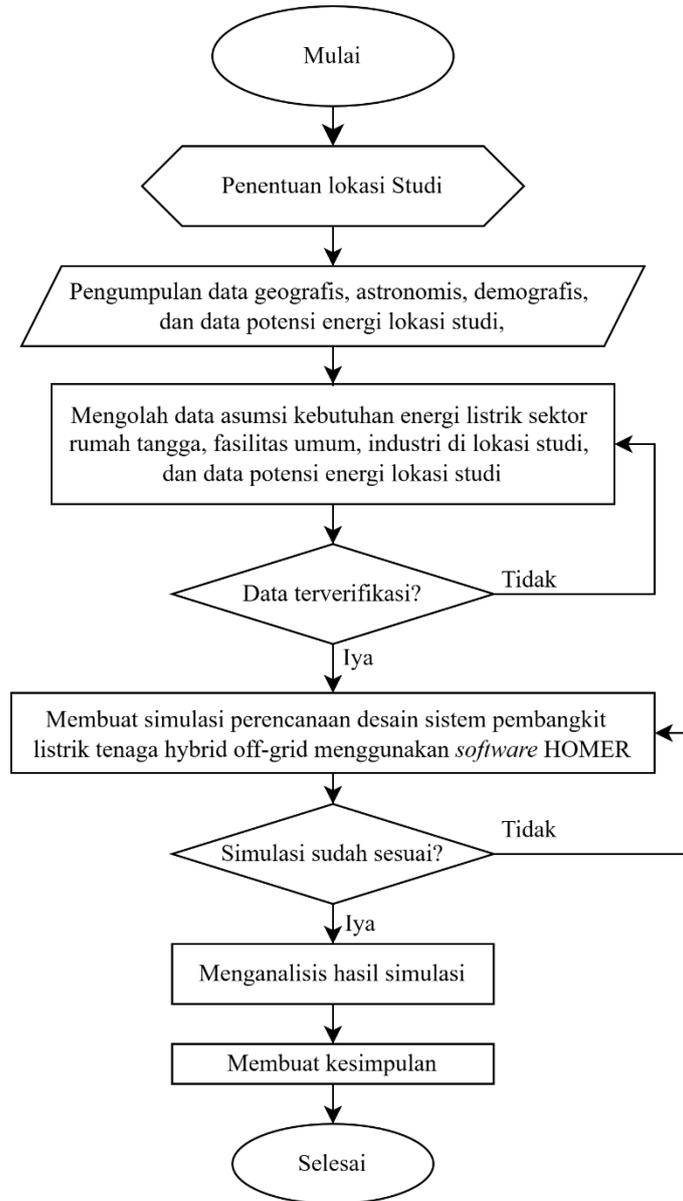
2.4. Analisis Hasil Simulasi

Hasil simulasi kemudian dianalisis untuk mengevaluasi kinerja dari sistem pembangkit listrik tenaga hybrid. Parameter yang diamati antara lain, biaya sistem, produksi energi sistem, dan biaya energi untuk 1 kWh. Parameter-parameter tersebut dianalisis untuk melihat efektifitas dan efisiensi sistem pembangkit listrik tenaga hybrid.

2.5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini diambil dari hasil analisis dan simulasi yang telah dilakukan. Kesimpulan dari penelitian ini berupa potensi energi terbarukan di Desa Suryawangi, biaya total dari sistem

pembangkit listrik tenaga *hybrid* di Desa Suryawangi, dan produksi energi dari sistem pembangkit listrik *hybrid* di desa Suryawangi.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran Umum

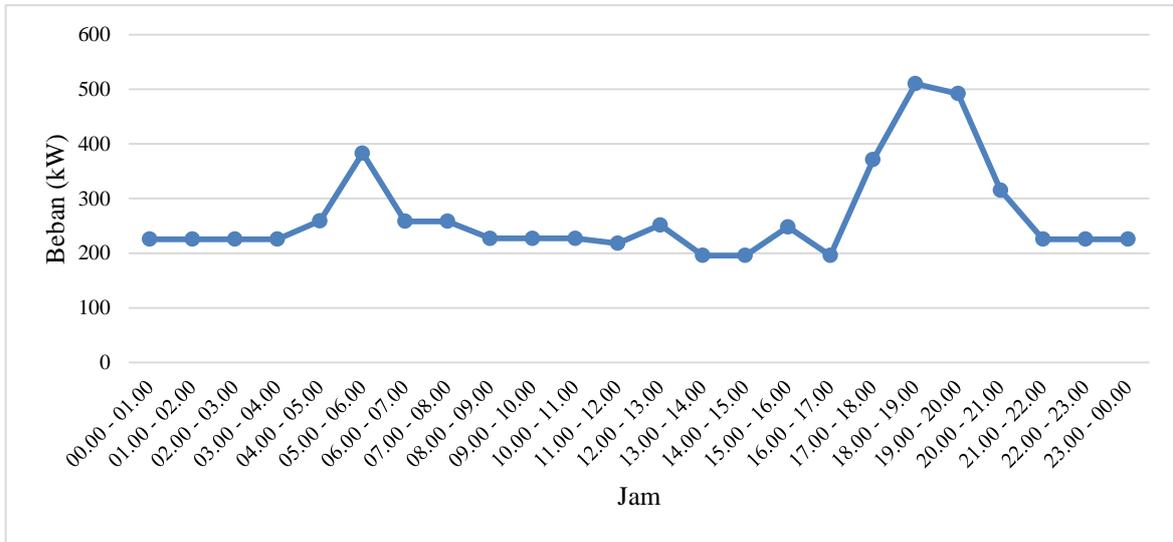
Desa Suryawangi merupakan salah satu desa yang terletak di Kecamatan Labuhan Haji, Kabupaten Lombok Timur. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Lombok Timur tahun 2022, luas wilayah Desa Suryawangi sebesar 4,82 km² dengan jumlah penduduk sebanyak 5.794 jiwa. Secara astronomis desa Suryawangi terletak di 8°40'0" Lintang Selatan dan 116°34'47" Bujur Timur. Potensi energi di desa Suryawangi berupa potensi energi surya dan energi hidro [12].

3.2. Pengumpulan Data dan Klasifikasi Data Beban

1. Data Beban Harian Sektor Fasilitas Umum

Gambar 4 menunjukkan profil beban harian sektor rumah tangga yang dimana profil beban harian tersebut didapatkan dengan menggunakan asumsi. Jenis beban listrik yang diasumsikan pada sektor rumah tangga yaitu lampu 8 watt, kulkas 150 watt, *rice cooker* 100 watt, TV 80 watt, dan setrika 250 watt.

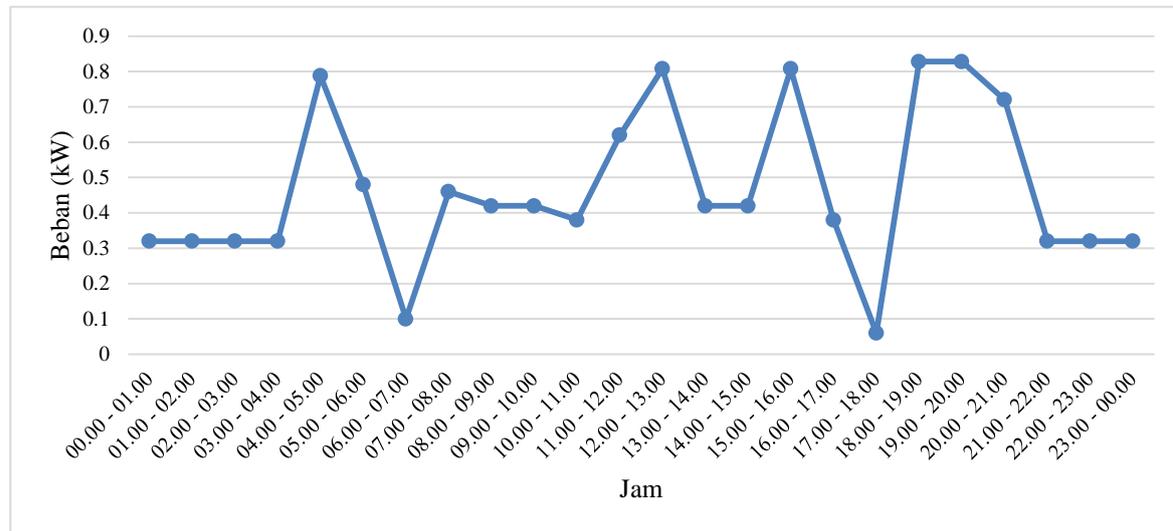
Didapatkan total kebutuhan energi harian sebesar 6.414,295 kWh/hari dengan beban puncak pada pukul 18.00 sampai 19.00 WITA sebesar 510,078 kW.



Gambar 4. Profil Beban Harian Rumah Tangga

2. Data Beban Harian Sektor Fasilitas Umum

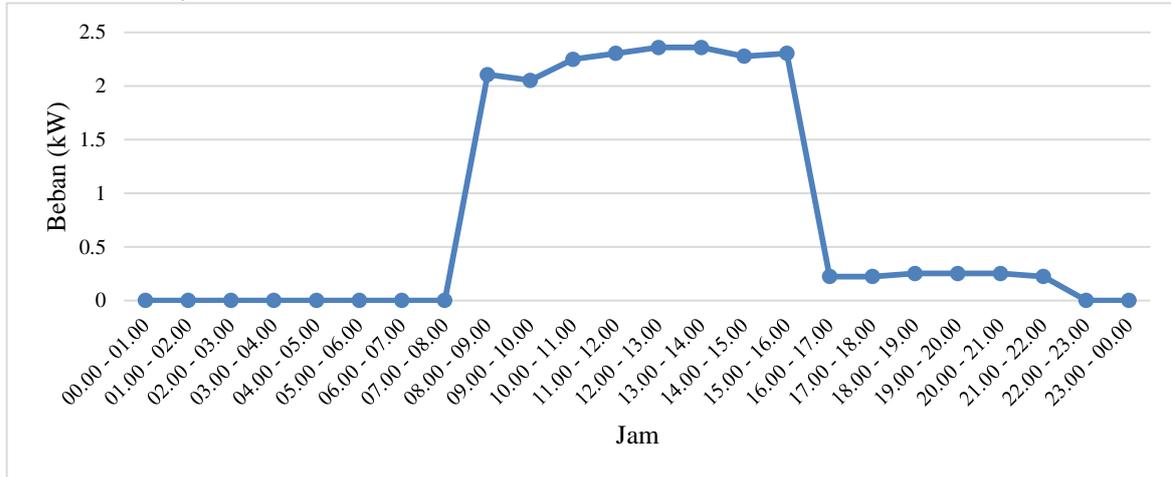
Gambar 5 menunjukkan profil beban harian sektor fasilitas umum yang dimana profil beban harian tersebut didapatkan dengan menggunakan asumsi. Beban fasilitas umum yang dimasukkan ke dalam asumsi yaitu beban pada gedung sekolah, masjid, kantor, dan puskesmas. Beban yang diasumsikan pada gedung sekolah berupa lampu 15 watt dan pengeras suara 25 watt. Pada gedung masjid diasumsikan beban berupa lampu 20 watt, pengeras suara 60 watt, dan kipas angin 75 watt. Untuk gedung kantor beban yang diasumsikan berupa lampu 10 watt dan komputer 80 watt serta gedung puskesmas berupa lampu 10 watt dan pengeras suara 25 watt. Didapatkan total kebutuhan energi harian sebesar 11,18 kWh/hari dengan beban puncak pada pukul 18.00 sampai 19.00 WITA sebesar 0,828 kW.



Gambar 5. Profil Beban Harian Fasilitas Umum

3. Data Beban Harian Sektor Industri

Gambar 6 menunjukkan profil beban harian sektor industri yang dimana profil beban harian tersebut didapatkan dengan menggunakan asumsi. Jenis industri dan beban yang diasumsikan yaitu industri penggilingan padi dengan beban berupa mesin heler 1800 watt, industri pertanian dengan beban berupa pompa air 600 watt, dan toko atau warung dengan beban berupa blender 350 watt. Didapatkan total kebutuhan energi harian sebesar 19,343 kWh/hari dengan beban puncak pada pukul 13.00 sampai 14.00 WITA sebesar 2,358kW.



Gambar 6. Profil Beban Harian Industri

3.3. Potensi Energi Terbarukan

1. Potensi Energi Hidro

Desa Suryawangi dilewati oleh aliran sungai Kokok Tebaran yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Data debit air aliran sungai Kokok Tebaran didapatkan dengan melakukan perhitungan. Dalam perhitungan debit air data yang dibutuhkan yaitu jumlah hari hujan, curah hujan, dan luas daerah lokasi studi yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) serta data luas area yang terkena hujan yang didapatkan dengan asumsi. Tabel 1 menunjukkan hasil perhitungan debit aliran air sungai Kokok Tebaran.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Debit Aliran Air

BULAN	HARI HUJAN	Luas Yang Terkena Hujan (dm ²)	Curah Hujan (dm)	Debit Air (L/s)
Januari	17	49.570.000	34,34	1.158,93
Februari	17	49.570.000	26,35	889,28
Maret	10	49.570.000	2,2	126,22
April	4	49.570.000	2,12	304,08
Mei	8	49.570.000	0,4	28,69
Juni	9	49.570.000	4,41	281,13
Juli	1	49.570.000	0,02	11,47
Agustus	4	49.570.000	0,52	74,58
September	7	49.570.000	0,63	51,64
Oktober	17	49.570.000	21,08	711,42
Nopember	17	49.570.000	25,16	849,12
Desember	16	49.570.000	17,92	642,57
Debit Rata-rata				477,96

2. Potensi Energi Surya

Data potensi energi surya di Desa Suryawangi didapatkan dengan memanfaatkan bantuan situs global solar atlas. Global solar atlas akan menyediakan data intensitas radiasi matahari pada sebuah lokasi setelah mengatur titik lokasi dan sistem PLTS. Dengan mengatur lokasi yaitu $-8^{\circ}39'49''$ LS, $116^{\circ}34'43''$ BT dan mengatur sistem PLTS *ground mounted large scale* didapatkan data potensi energi surya seperti yang ditunjukkan pada gambar 7.

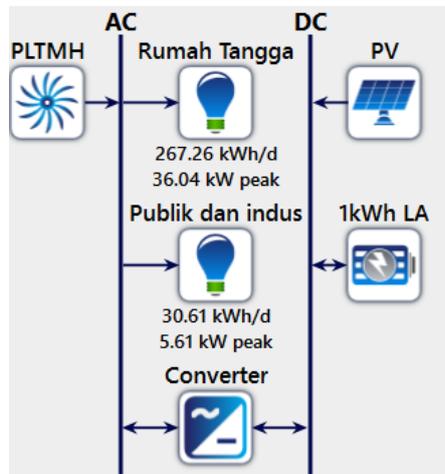


Gambar 7. Grafik Potensi Energi Surya Global Solar Atlas

3.4. Analisis Hasil Simulasi HOMER Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

3.4.1 Analisis Ekonomis Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Berdasarkan data-data yang telah didapat dan diolah, maka dibuat konfigurasi sistem dengan dua beban yaitu beban sektor rumah tangga dan beban fasilitas digabung dengan industri. Kemudian pembangkit yang digunakan adalah PLTS kapasitas 10 kW dan PLTMH 20,8 kW dengan sebuah konverter dan sebuah baterai. Konfigurasi sistem yang direncanakan dapat dilihat pada gambar 5.



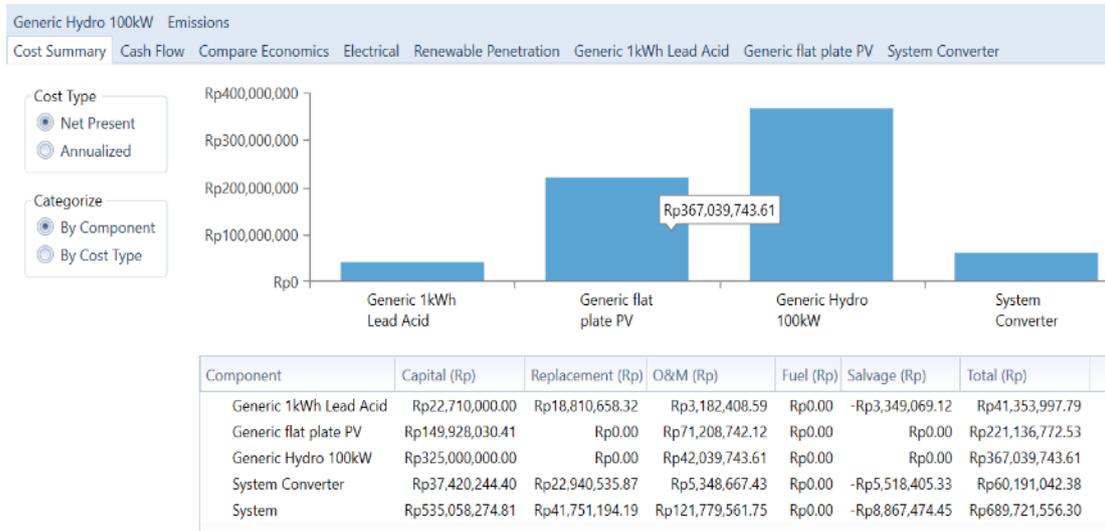
Gambar 8. Konfigurasi Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Hasil simulasi HOMER akan menampilkan perhitungan dari NPC (*Net Present Cost*) dan COE (*Cost Of Energy*) sebuah sistem dan juga biaya investasi untuk setiap komponen. HOMER dapat memberikan optimalisasi biaya dari perencanaan sistem yang disimulasikan. Berikut hasil simulasi HOMER yang menampilkan NPC, COE, dan biaya komponen dari sistem.

Architecture							Cost			System	
PV (kW)	1kWh LA	PLTMH (kW)	Converter (kW)	Dispatch	NPC (Rp)	COE (Rp)	Operating cost (Rp/yr)	Initial capital (Rp)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	
229	757	20.8	37.4	CC	Rp690M	Rp377.52	Rp9.20M	Rp535M	100	0	

Gambar 9. Biaya Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Gambar 9. menunjukkan hasil simulasi perencanaan sistem. NPC untuk sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* sebesar Rp. 689.721.500,- juta. COE untuk sistem ini sebesar Rp. 377,52. *Operating cost* dari sistem tersebut sebesar Rp. 9.197.444,- per tahun.



Gambar 10. Cost Summary Perencanaan Sistem



Gambar 11. Produksi Energi Listrik Tahunan Sistem

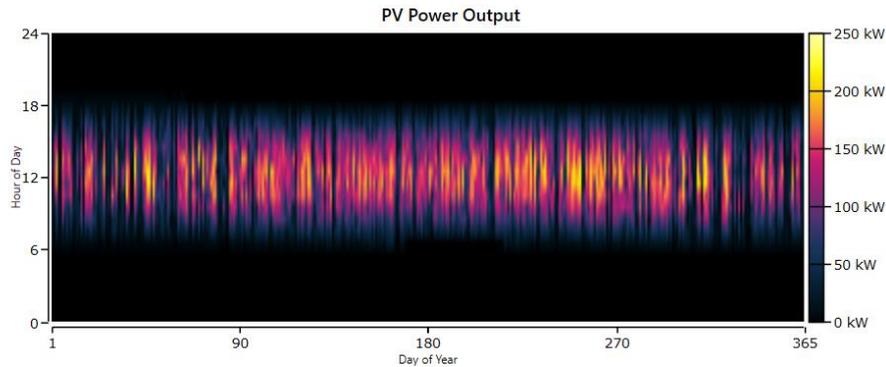
Gambar 10 menunjukkan menu *cost summary* hasil simulasi perencanaan sistem. Berdasarkan *menu cost summary* dapat diketahui *capital cost* dari sistem sebesar Rp. 535.058.274,81, *replacement cost* Rp. 41.751.194,19, *O&M cost* Rp. 121.779.561,75 dengan *salvage* Rp. 8.867.474,45. Total biaya sistem sebesar Rp. 689.721.556,33. 3.4.2 Analisis Produksi Energi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Gambar 11 menunjukkan produksi energi listrik tahunan dari sistem dan setiap komponennya. Berdasarkan gambar 11 diketahui bahwa energi listrik yang dibangkitkan sistem sebesar 434.259 kWh/tahun dengan rincian PLTS sebesar 321.129 kWh/tahun atau sebesar 74% dari produksi sistem, PLTMH sebesar 112.964 kWh/tahun atau sebesar 26% dari produksi sistem.

3.4.3 Operasional PLTS

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	229	kW
Mean Output	36.7	kW
Mean Output	880	kWh/d
Capacity Factor	16.0	%
Total Production	321,295	kWh/yr

Quantity	Value	Units
Minimum Output	0	kW
Maximum Output	217	kW
PV Penetration	296	%
Hours of Operation	4,400	hrs/yr
Levelized Cost	40.9	Rp/kWh



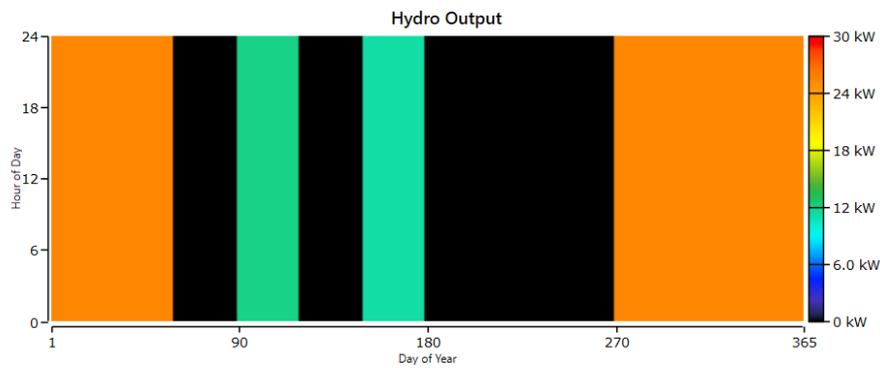
Gambar 12. Operasional PLTS

Berdasarkan gambar 12. dapat diketahui kapasitas daya listrik PLTS adalah sebesar 229 kW dengan maksimum daya yang dihasilkan sebesar 217 kW dengan daya rata-rata sebesar 36,7 kW. Energi listrik yang dihasilkan per tahunnya adalah 321.295 kWh/tahun dengan lama operasi 4.400 jam/tahun dan harga jual energi 40,9 Rupiah/kWh.

3.4.4 Operasional PLTMH

Quantity	Value	Units
Nominal Capacity	20.7	kW
Mean output	12.9	kW
Capacity factor	62.4	%
Total Production	112,964	kWh/yr

Quantity	Value	Units
Minimum output	0	kW
Maximum output	26.3	kW
Hydro penetration	104	%
Hours of operation	5,064	hrs/yr
Levelized Cost	193	Rp/kWh



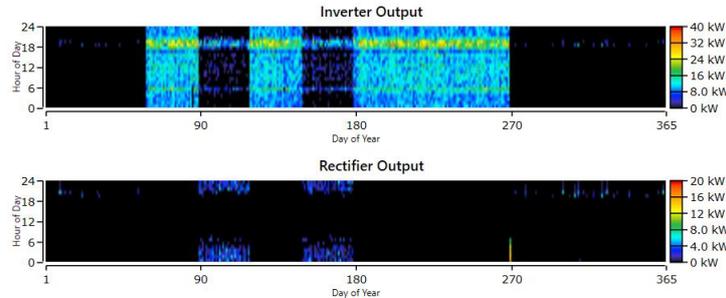
Gambar 13. Operasional PLTMH

Berdasarkan gambar 13. dapat diketahui kapasitas daya dari PLTMH sebesar 20,7 kW dengan daya rata-rata sebesar 12,9 kW. *Output* daya maksimum dari PLTMH sebesar 26,3 kW dengan lama operasi 5.064 jam/tahun. Energi Listrik yang dihasilkan oleh PLTMH sebesar 112.964 kWh/tahun dengan harga energi sebesar 193 Rupiah/kWh.

3.4.5 Operasional Konverter

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Capacity	37.4	37.4	kW
Mean Output	5.58	0.139	kW
Minimum Output	0	0	kW
Maximum Output	36.2	16.6	kW
Capacity Factor	14.9	0.371	%

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Hours of Operation	4,378	1,599	hrs/yr
Energy Out	48,872	1,218	kWh/yr
Energy In	51,444	1,282	kWh/yr
Losses	2,572	64.1	kWh/yr



Gambar 14. Operasional Konverter

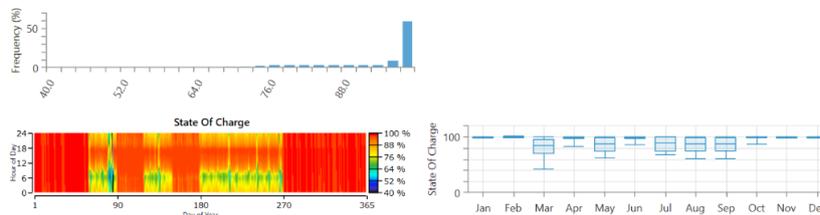
Berdasarkan gambar 14. dapat diketahui kapasitas konverter sebesar 37,4 kW untuk *inverter* dan *rectifier* dengan rata-rata daya untuk *inverter* 5,58 kW sedangkan *rectifier* 0,139 kW. Daya *output* maksimum untuk *inverter* 36,2 kW sedangkan *rectifier* 16,6 kW. Lama operasi konverter yaitu untuk *inverter* selama 4.378 jam/tahun sedangkan *rectifier* selama 1.599 jam/tahun.

3.4.6 Operasional Baterai

Quantity	Value	Units
Batteries	757	qty.
String Size	1.00	batteries
Strings in Parallel	757	strings
Bus Voltage	12.0	V

Quantity	Value	Units
Autonomy	36.6	hr
Storage Wear Cost	28.0	Rp/kWh
Nominal Capacity	758	kWh
Usable Nominal Capacity	455	kWh
Lifetime Throughput	319,460	kWh
Expected Life	10.0	yr

Quantity	Value	Units
Average Energy Cost	0	Rp/kWh
Energy In	35,717	kWh/yr
Energy Out	28,573	kWh/yr
Storage Depletion	0.000404	kWh/yr
Losses	7,143	kWh/yr
Annual Throughput	31,946	kWh/yr



Gambar 15. Operasional Baterai

Berdasarkan gambar 15, baterai memiliki kapasitas 758 kWh, dari kapasitas yang disediakan penggunaannya hanya sebesar 455 kWh. *Autonomy* yang berarti waktu dapat bertahan tanpa adanya suplai sebesar 36,6 jam. Energi yang masuk ke dalam baterai sebesar 35.717 kWh/tahun sedangkan energi yang keluar sebesar 28.573 kWh/tahun. *Losses* antara energi listrik yang tersalurkan dan terpakai sebesar 7.143 kWh/tahun.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan, simulasi, dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Desa Suryawangi yang secara astronomis terletak di koordinat 8°40'01"LS, 116°34'47" BT memiliki potensi energi baru terbarukan yaitu energi hidro dan surya untuk dimanfaatkan menjadi sumber energi pembangkit tenaga listrik untuk PLTMH dan PLTS.
2. Hasil simulasi HOMER untuk sistem pembangkit listrik tenaga hybrid membutuhkan total biaya sebesar Rp. 689.721.500,- dengan operating cost Rp.9.197.444,- dan *cost of energy* sebesar Rp. 377,52.

3. Hasil simulasi HOMER untuk sistem pembangkit listrik tenaga hybrid memproduksi total energi listrik sebesar 434.259 kWh/tahun dengan PLTS sebesar 321.295 kWh/tahun dan PLTMH sebesar 112.964 kWh/tahun.

5. REFERENSI

- [1] C. D. P. Hertadi, M. Sulaiman, dan P. G. P. Anwar, “Kajian Industri Energi Terbarukan Tenaga Listrik di Indonesia Berdasarkan Arah Kebijakan dan Potensi Alam,” *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 6, no. 2, hlm. 276–283, Sep 2022, doi: 10.33379/gtech.v6i2.1690.
- [2] D. Muhammad, F. Berlianto, ; Riko, dan S. Wijaya, “Pengaruh transisi konsumsi energi fosil menuju energi baru terbarukan terhadap produk domestik bruto di Indonesia.”
- [3] R. Megavitry, R. Ridlo Al-Hakim, S. Aisyah, dan S. Sutiharni, “Teknologi Pertanian.” Tersedia pada: <https://www.researchgate.net/publication/365414027>
- [4] M. Dada dan P. Popoola, “Recent advances in solar photovoltaic materials and systems for energy storage applications: a review,” *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 12, no. 1. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 1 Desember 2023. doi: 10.1186/s43088-023-00405-5.
- [5] R. R. Al Hakim, “Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energy Terbarukan Untuk Ketahanan,” *ANDASIH Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [6] P. Gunoto dan S. Sofyan, “PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 100 Wp UNTUK PENERANGAN LAMPU DI RUANG SELASAR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS RIAU KEPULAUAN,” *Sigma Teknika*, vol. 3, no. 2, hlm. 96–106.
- [7] M. Naim, S. Pengajar, T. Mesin, dan A. T. Sorowako, “RANCANGAN SISTEM KELISTRIKAN PLTS OFF GRID 1000 WATT DI DESA LOEHA KECAMATAN TOWUTI.”
- [8] T. E. K. Zidane *dkk.*, “Grid-Connected Solar PV Power Plants Optimization: A Review,” *IEEE Access*, vol. 11. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., hlm. 79588–79608, 2023. doi: 10.1109/ACCESS.2023.3299815.
- [9] D. Liestyowati, I. Rachman, E. Firmansyah, dan Mujiburrohman, “Rancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berkapasitas 100 WP dengan Inverter 1000 Watt,” *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 5, hlm. 623–634, Okt 2022, doi: 10.55123/insologi.v1i5.1027.
- [10] D. P. A. Laksana, I. A. D. Giriantari, dan I. N. Satya Kumara, “Redesain Turbin 175 KW Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Desa Mekar Sari Buleleng Bali,” *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 19, no. 2, hlm. 241, Des 2020, doi: 10.24843/mite.2020.v19i02.p17.
- [11] R. Barry Astro dan H. Doa, “FISIKA KONTEKSTUAL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO,” vol. 6, no. 1, 2020.
- [12] Badan Pusat Statistik Kabupaten Lombok Timur. “Kecamatan Labuhan Haji Dalam Angka 2023”. 2023.