

ANALISIS TEKNO-EKONOMI KINERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK FASILITAS PUBLIK DI KAWASAN WISATA PUNCAK LABUANG

TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF SOLAR POWER PLANTS FOR PUBLIC FACILITIES IN THE PUNCAK LABUANG TOURIST AREA

Rizki Aditio Pribadi ^{1*}, Fitriadi ², Junaidi Asrul ³, Firmansyah ⁴, Herisajani ⁵,
Yuhaidizen ⁶

^aPoliteknik Negeri Padang, Teknik Elektro Kampus Limau Manis Padang 25163, Indonesia
Telp. 0751-72590 Fax. 0751-72576

e-mail: rizkiaditopribadi@gmail.com, fitriadi@pnp.ac.id, junaidiasrul@pnp.ac.id, firmansyah@pnp.ac.id,
herisajani@pnp.ac.id, yuhaidizen@pnp.ac.id

ABSTRACT

This article discusses the performance analysis of solar power plants for public facilities reviewed from a techno-economic perspective using the Homer application. The research location in this article is the public facility of Surau Nur Jannah in the Puncak Labuang Limau Manis Tourism Area, Padang City. Based on field visits, the community conveyed the limited resources related to the development of the tourism area, one of which is the availability of electrical energy. Based on the problems conveyed by the community, Padang State Polytechnic through the Department of Electrical Engineering provides a solution to the problem of limited electrical energy sources, by offering the concept of Renewable Energy. The initial stage of providing electrical energy sources is to build an Off-Grid Solar Power Plant with a capacity of 240 WP. In order to support the construction of the Solar Power Plant at the specified location, it is necessary to conduct a performance and economic analysis of the development. This location has a fairly large potential for solar resources, on average in one year this place receives solar radiation of 4.91 kWh/m²/Day. The most optimal configuration from the simulation results is a combined system, two units of 1 kW Generic Photovoltaic, Converter, Storage / Battery. The production of electrical energy with this configuration obtains 39.6 kWh/year of electricity with a total consumption in one year of 29.2 kWh/year. The results of the analysis of the power plant's performance from a techno-economic aspect provide positive results, with a Cost Of Energy (COE) of Rp. 1,095.34/kWh. This article aims to provide an understanding of the construction of small-scale power plants for public facilities with minimum costs.

Keywords: *Solar Power Plant, Renewable Energy, Homer*

I. PENDAHULUAN

Sumatera Barat berada di pesisir barat pulau Sumatera, yang memiliki wilayah berupa kepulauan dan sebagian lagi merupakan dataran tinggi perbukitan. Secara geografis provinsi ini memiliki iklim tropis yang tandai dengan suhu tinggi sepanjang tahun, terlebih lagi provinsi ini di lintasi oleh garis katulistiwa. Sumatera Barat memiliki banyak potensi pariwisata yang tersebar dari pantai sampai daerah pegunungan, akan tetapi belum semuanya bisa dimanfaatkan secara maksimal. Letak geografis merupakan salah satu faktor penghambat potensi ini untuk berkembang, terutama keterbatasan sumber energi listrik. Letak wilayah yang jauh dari daerah operasional perusahaan penyedia aliran listrik, menjadi alasan

utama terbatasnya energi listrik menuju daerah tersebut. Oleh karena itu, penting untuk dilakukan pengembangan kemandirian di bidang energi listrik. Salah satu solusi yang bisa di manfaatkan adalah pembangunan pembangkit listrik tenaga surya, yang mampu melayani energi listrik dengan memanfaatkan panas matahari.[1]

Kawasan Wisata Puncak Labuang berada di Kelurahan Limau Manis Kecamatan Pauh Kota Padang merupakan satu dari sekian banyak kawasan wisata yang belum terjangkau dari akses energi listrik. Secara geografis tempat ini berjarak lebih kurang 2 km dari kampus Politeknik Negeri Padang (PNP) dan juga telah mendapat izin resmi dari Dinas Kehutanan Provinsi Sumatera Barat untuk dikelola oleh masyarakat. Pengelolaan yang

dizinkan oleh Pemerintah pada Kawasan Wisata ini bertujuan untuk menciptakan lapangan pekerjaan bagi masyarakat sekitar, dengan harapan mampu meningkatkan pendapatan ekonomi, yang akan sejalan dengan meningkatnya taraf hidup dan pendidikan.[2]

Lokasi Kawasan Wisata Puncak Labuang jika dilihat dari satelit berada di atas perbukitan, seperti yang di tunjukkan gambar 1 [3]



Gambar 1. Foto citra satelit kawasan wisata Puncak Labuang

Latar belakang dalam penelitian ini adalah keterbatasan sumber energi listrik yang disampaikan oleh masyarakat pada Kawasan Wisata Puncak Labuang. Politeknik Negeri Padang melalui jurusan Teknik Elektro memberikan solusi permasalahan tersebut, dengan menawarkan konsep Energi Baru Terbarukan (EBT). Penelitian akan membahas perancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan kapasitas 240 WP yang akan disimulasikan dengan menggunakan aplikasi Homer, ditinjau dari aspek ekonomi dalam perencanaan pembangunannya [4]. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan mempertimbangkan biaya yang efisien, tetapi tidak mengesampingkan fungsi dan kinerja dari pembangkit listrik tersebut. Harapannya adalah untuk mendedukasi masyarakat dalam mengatasi keterbatasan energi listrik, dengan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya berbiaya murah.[5] Fokus lokasi penelitian ini adalah suatu fasilitas publik yang berada di Kawasan Wisata Puncak Labuang yaitu Surau Nur Jannah. Surau ini adalah fasilitas tempat beribadah yang digunakan oleh masyarakat dan wisatawan.

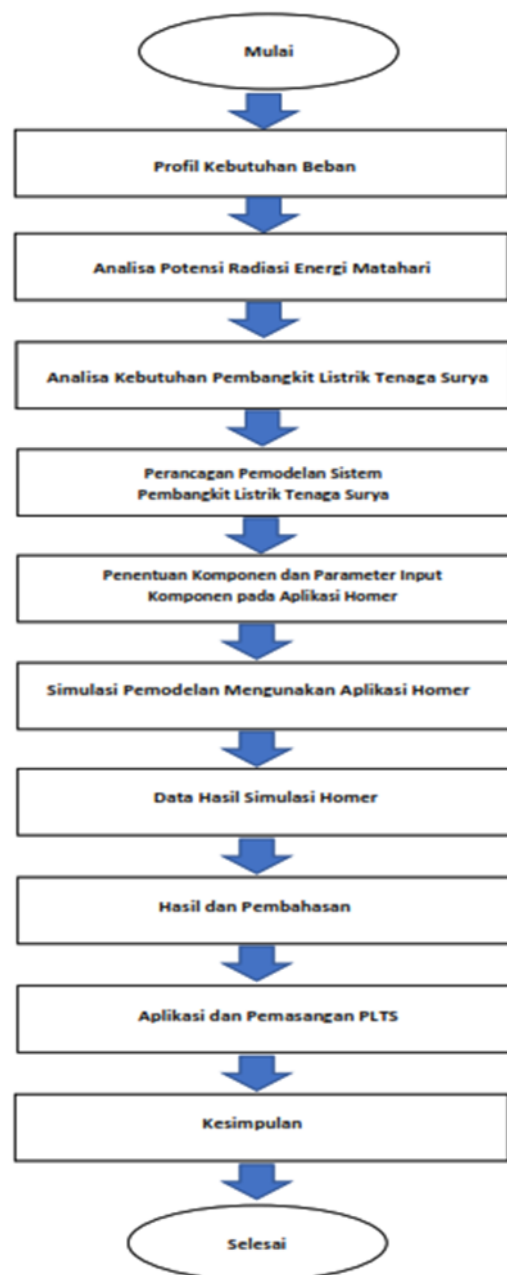
Penelitian ini menggunakan perangkat lunak Homer Pro dalam menjalankan simulasi pada sistem Pembangkit Tenaga Surya. Perangkat lunak Homer (*Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources*) adalah perangkat lunak komersial yang dikembangkan oleh *Homer Energy*, yang berfokus pada perancangan dan analisis optimal suatu sistem pembangkit listrik hibrida. Perbedaan yang mendasar pada perangkat

lunak ini dengan perangkat lunak lainnya adalah, kemampuan yang sangat baik dalam mensimulasikan berbagai konfigurasi sistem, membandingkan biaya dan mengoptimalkan desain untuk mencapai efisiensi dan keandalan yang optimal.[6] Dalam konteks penelitian ini, perangkat lunak Homer telah menjadi alat penting dalam merancang, mengoptimalkan dan menganalisis sistem tenaga listrik yang mencakup energi terbarukan. [7]

II. METODE

A. Metode Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan tujuan penelitian yang telah di jelaskan, maka diagram alir dari penelian ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

B. Data Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

1. Data Beban Listrik

Penelitian ini menggunakan data beban listrik yang dibutuhkan oleh Surau Nur Jannah, yang menjadi sarana tempat ibadah masyarakat. Kebutuhan beban listrik pada tempat ibadah ini berupa penerangan dan pengeras suara. Total daya kebutuhan sebesar 80 Watt, dengan asumsi penggunaan normal dan minimum. Lebih jelas di tampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Profil Beban Surau Nur Jannah

Beban	Daya (W)
Penerangan 1	10
Penerangan 2	10
Penerangan 3	10
Penerangan 4	10
Penerangan 5	10
Audio	30
Total	80

2. Data Sumber Energi Matahari

Intensitas penyinaran matahari atau radiasi matahari adalah komponen awal dalam penentuan pemasangan suatu PLTS, maka dari itu perlu dilakukan analisis tempat pemasangan. Salah satu tujuan dari analisis sumber energi matahari suatu tempat adalah untuk menilai potensi energi matahari yang di terima oleh sistem PLTS.[8]

Dalam perkembangannya ada dua metode verifikasi data, yaitu pengumpulan data secara primer dan secara sekunder. Data primer didapat dari pengukuran langsung radiasi matahari pada tempat yang telah ditentukan, selama kurang lebih satu tahun. Sedangkan data sekunder dapat diperoleh dari suatu lembaga atau badan yang berwenang.

Tabel 2. Radiasi Matahari Rata-rata Setiap Bulan

Bulan	Radiasi (kWh/m ² /Hari)
Januari	4,850
Februari	5,230
Maret	5,150
April	5,130
Mei	5,030
Juni	4,970
Juli	4,870
Agustus	4,850
September	4,870
Oktober	4,880
November	4,530
Desember	4,580
Rata-rata	4,91

Data pada tabel 2 merupakan data rata-rata radiasi matahari setiap bulan selama satu tahun pada lokasi penelitian ini. Rata-rata dalam satu tahun lokasi ini memperoleh radiasi matahari sebesar 4.91 kWh/m²/Hari.

Tabel 3. Temperatur Rata-rata Setiap Bulan

Bulan	Temperatur (°C)
Januari	25,110
Februari	25,280
Maret	25,400
April	25,570
Mei	25,790
Juni	25,500
Juli	25,130
Agustus	25,120
September	25,070
Oktober	24,930
November	24,850
Desember	25,850
Rata-rata	25,22

Temperatur yang ditampilkan pada tabel 3 merupakan suhu rata-rata selama satu tahun pada lokasi penelitian ini, dengan temperatur rata-rata sebesar 25,22 °C. Nilai ini sudah sangat memadai untuk menjadi dasar pembangunan pembangkit listrik tenaga surya.[9] Data sekunder ini diperoleh dari data satelit NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) dan data BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika). [10]

C. Perhitungan Kebutuhan PLTS

1. Perhitungan Energi Listrik Dipakai

Kebutuhan beban listrik seperti yang telah dijelaskan sebelumnya dengan total daya kebutuhan sebesar 80 Watt, dengan rincian 5 buah penerangan dengan daya masing-masing 10 Watt, dan audio dengan daya 30 Watt. Waktu operasional beban listrik ini diasumsikan selama 12 jam, dari pukul 18.00 Wib sampai pukul 06.00Wib setiap harinya. Data pemakaian energi listrik ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4. Data Pemakaian Energi Listrik

Beban	Jumlah	Waktu Operasi	Total Daya Listrik	Total Energi
Penerangan	5	12 Jam	50 W	600 Wh
Audio	1	12 Jam	30 W	360 Wh
Total				960 Wh

Dari tabel 4 dapat diketahui jika penggunaan energi listrik setiap hari sebesar 960 Wh.

2. Perhitungan Kebutuhan Panel Surya

Kebutuhan jumlah panel surya dapat ditentukan dengan mengetahui nilai Watt Peak yang dipergunakan. Watt Peak adalah satuan yang digunakan untuk mengukur daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel surya dalam kondisi standar pengujian. Waktu operasional photovoltaic umumnya hanya berkisar 5 jam.[8] Sehingga untuk menghitung kebutuhan panel surya, dapat menggunakan persamaan (1).

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Panel Surya} &= \frac{(Wh)}{\text{Waktu Operasional PV}} \quad (1) \\
 &= \frac{960 Wh}{5} = 192 Wp
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, maka didapatkan hasil sebesar 192 Wp kebutuhan panel surya. Hasil perhitungan ini menjadi dasar penetapan kebutuhan panel surya yang direncanakan. Berdasarkan hasil perhitungan, maka di tetapkan kebutuhan panel surya sebanyak 2 buah dengan kapasitas masing-masingnya 100 Wp. Kebutuhan ini sengaja dibuat lebih besar dari beban listrik saat ini, tujuannya adalah untuk mengakomodir pertambahan kebutuhan beban listrik dikemudian hari.

3. Perhitungan Kebutuhan Baterai

Baterai menjadi komponen yang sangat penting dalam pembangunan PLTS, tujuan utamanya adalah untuk menyimpan energi listrik. Sehingga bisa dimanfaatkan ketika malam hari. Perhitungan kapasitas baterai dapat menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Baterai} &= 1,5 \times \frac{(\text{Total Energi})}{\text{Tegangan Baterai}} \quad (2) \\
 &= 1,5 \times \frac{960}{12} = 120 Ah
 \end{aligned}$$

Secara efisien dan ketahanan baterai yang ideal umumnya adalah 1,5 kali lebih besar dari kebutuhan beban.[11]. Dari hasil perhitungan, maka ditentukan penggunaan baterai pada penelitian ini dengan kapasitas 83,4 Ah sebanyak 2 buah. Tujuan dipergunakannya kapasitas baterai yang lebih besar dari perhitungan adalah untuk mengakomodir pertambahan beban listrik atau penambahan jumlah panel surya di masa yang akan datang.

D. Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

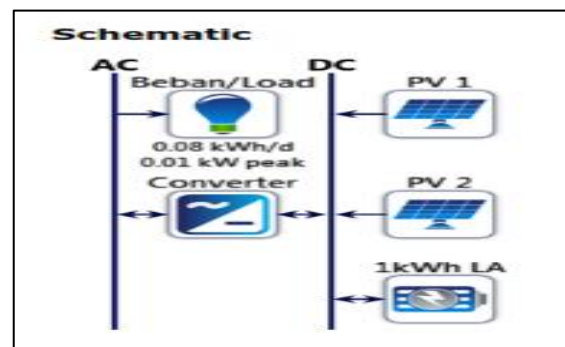
Perancangan pembangkit listrik tenaga surya pada penelitian ini mempertimbangkan biaya komponen yang minimum, tetapi tidak mengesampingkan fungsi dan operasional sistem. Pemodelan sistem dilakukan dengan bantuan aplikasi Homer yang sudah dikalibrasi dan memiliki lisensi untuk penggunaanya.

Arsitektur pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk fasilitas publik menggunakan aplikasi Homer ditampilkan pada gambar 4.

E. Komponen dan Biaya

Setelah dilakukan pemodelan pada aplikasi Homer, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pengisian data-data (Parameter Input) komponen yang dipergunakan. Tabel 5

memperlihatkan *parameter input* fotovoltaik dengan jumlah unit sebanyak 2 unit, sedangkan untuk tabel 6 dan tabel 7 merupakan komponen pendukung yang terdiri dari battery dan converter. *Parameter input* selain berisikan spesifikasi komponen, juga berisikan biaya komponen yang digunakan dalam perancangan pembangkit listrik tenaga surya pada penelitian ini. Biaya yang digunakan adalah biaya komponen utama dan belum termasuk biaya operasional pemasangan dan komponen tambahan lainnya. Perancangan Pembangkit ini dilaksanakan dengan umur pakai 25 tahun. [12]



Gambar 4. Scematic Perancangan PLTS

Tabel 5. Parameter Input Fotovoltaik 1 dan 2

Fotovoltaik 1 & 2	
Type	Generic 1 kW
Initial capital cost	IDR. 875.000
Replacement cost	IDR. 875.000 / 25 Year
Lifetime (Year)	25
Quantity (Unit)	2

Tabel 6. Parameter Input Storage / Battery

Storage / Battery	
Type	Generic 1 kWh / 83,4 Ah
Initial capital cost	IDR. 1.050.000
Replacement cost	IDR. 1.050.000
Lifetime (Year)	10
Quantity (Unit)	2

Tabel 7. Parameter Input Converter

Converter	
Type	Generic 1 kW
Initial capital cost	IDR. 550.000
Replacement cost	IDR. 550.000
Lifetime (Year)	15
O&M Cost (IDR/op.hour)	0
Quantity (Unit)	1

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi Homer

Hasil simulasi bertujuan untuk menunjukkan kemungkinan terbaik dari suatu konfigurasi, dari hasil simulasi juga dapat diperoleh suatu konfigurasi paling optimal yang dapat ditentukan biaya operasional pembangkit.

Konfigurasi yang paling optimal dari hasil simulasi berupa gabungan sistem, Fotovoltaik Generic 1 kW sebanyak dua unit, Converter, Storage / Battery. Produksi energi listrik dengan konfigurasi ini memperoleh listrik sebanyak 39.6 kWh/Tahun dengan total konsumsi dalam satu tahun adalah 29.2 kWh/Tahun. Produksi energi dan konsumsi energi ditampilkan pada tabel 8 dan tabel 9.

Tabel 8. Produksi Energi Listrik

Produksi Listik	kWh/Tahun	%
Fotovoltaik unit 1	22.6	57.1
Fotovoltaik unit 2	17.0	43.9
Total	39.6	100

Tabel 9. Konsumsi Energi Listrik

Produksi Listik	kWh/Tahun	%
AC Primary Load	29.2	100
DC Primary Load	0	0
Deferrable Load	0	0
Total	29.2	100



Gambar 5. Produksi Listrik Bulanan

Grafik pada gambar 5 menjelaskan produksi listrik yang dilakukan oleh kedua unit fotovoltaik. Dari grafik ini terbaca kemampuan untuk masing-masing fotovoltaik yang bekerja saling bergantian untuk memproduksi energi listrik seriap bulannya.

B. Net Present Cost (NPC)

Net Present Cost memiliki pengertian tentang biaya keseluruhan dalam pembangunan suatu proyek pada waktu yang telah ditentukan. Aplikasi homer memberikan kemudahan pada pengguna untuk mengetahui nilai suatu investasi pembangunan.

Biaya total pada Net Present Cost meliputi biaya yang di keluarkan selama proyek

berlangsung, termasuk biaya pembelian komponen, biaya penggantian komponen, dan biaya pemeliharaan sesuai dengan perhitungan masa pakai suatu proyek kelistrikan. Biaya total ini juga memperhitungkan nilai suku bunga setiap tahunnya. Pada penelitian ini nilai dari Net Present Cost (NPC) sebesar Rp1,267,538.00.

C. Cost Of Energy (COE)

Cost Of Energy (COE) memiliki pengertian biaya rata-rata untuk menghasilkan energi listrik dalam satu kWh, yang dihasilkan oleh suatu pembangkit listrik energi terbarukan. Nilai COE membantu memberikan pengetahuan awal apakah suatu pembangkit listrik energi terbarukan layak secara finansial untuk dibangun.

Nilai COE pada penelitian ini memiliki total biaya operasi tahunan sebesar Rp 31.984 dengan konsumsi energi listrik dalam satu tahun sebesar 29.2 kWh, maka didapatkan perhitungan sebagai berikut.

$$COE = \frac{Rp\ 31.984}{29,2\ kWh} = 1.095,34\ Rp/kWh \quad (3)$$

Hasil dari nilai Cost Of Energy (COE) menunjukkan harga jual listrik yang lebih rendah dari penyedia listrik milik negara.[13] Dengan mengetahui nilai COE, maka dapat diketahui pendapatan yang diperoleh dalam satu tahun dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \text{Pendapatan Per tahun} &= COE \times AC\ Primary\ load \quad (4) \\ &= 1.095,34\ Rp/kWh \times 29,2\ Kwh/Tahun \\ &= Rp31.983,928 \end{aligned}$$

D. Analisa Ekonomi Teknik

1. Biaya Investasi Awal

Biaya awal untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga surya ini dapat dilihat pada tabel 10.

Biaya investasi awal adalah biaya keseluruhan dalam pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga surya pada penelitian ini, dan sudah termasuk biaya pengiriman komponen dari distributor. Sedangkan untuk biaya lainnya adalah biaya yang digunakan untuk pembelian komponen pendukung lainnya.

2. Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan yang digunakan merupakan biaya 1% dari biaya investasi awal.[14] Untuk biaya operasional dan pemeliharaan selama satu tahun ditampilkan pada tabel 11. Biaya operasional dan pemeliharaan adalah biaya yang dikeluarkan untuk menjaga semua komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya dapat tetap bekerja dan beroperasi secara optimal dalam kurun waktu yang direncanakan dalam penelitian ini.

Tabel 10. Biaya Investasi Awal

Komponen	Harga (Rp) Per-Unit	Jumlah	Total Harga (Rp)
Panel Surya 100 Wp	Rp.875.000,-	2	Rp.1.750.000,-
Baterai 83,4 Ah	Rp.1.050.000,-	2	Rp.2.100.000,-
Coverter	Rp.550.000,-	1	Rp.550.000,-
Biaya Lainnya	-	-	Rp.600.000,-
Total Biaya			Rp.5.000.000,-

Tabel 10. Biaya Investasi Awal

Komponen	O&M (Rupiah)/Tahun
Panel Surya 100 Wp 2 Unit	Rp.8.750,-
Baterai 83,4 Ah 2 Unit	Rp.10.500,-
Coverter 1 Unit	Rp.5.500.
Biaya Lainnya	Rp.100.000
Total Biaya	Rp.124.750,-

E. Aplikasi dan Pemasangan

Pada tahapan ini merupakan pemasangan peralatan pembangkit listrik tenaga surya untuk fasilitas publik di kawasan wisata puncak Labuang. Setelah dilakukanya perhitungan aspek ekonomis dan perhitungan energi listrik dengan dibantu oleh aplikasi homer, maka didapat suatu analisis terukur yang berguna untuk mendukung teori pada proses penerapanya di lapangan.



Gambar 6. Persiapan Pemasangan PLTS

Penelitian ini melibatkan banyak unsur terkait, mulai dari masyarakat, mahasiswa dan seluruh civitas akademika Politeknik Negeri Padang. Pada gambar 6 dan gambar 7 merupakan kegiatan pemasangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), yang sudah dilakukan analisis sebelumnya. Terlihat pada proses ini mahasiswa berperan aktif untuk memberikan kontribusi ilmu pengetahuan yang telah didapat di kampus dan langsung menerapkannya di tengah masyarakat.



Gambar 7. Pemasangan Komponen PLTS



Gambar 8. Kondisi Surau Nur Jannah Malam Hari

Setelah proses pemasangan semua komponen pembangkit listrik tenaga surya selesai dilakukan maka dilakukan pengujian semua komponen apakah bekerja dengan baik. Pengujian ini dilakukan juga untuk memastikan semua parameter di kelistrikan sesuai dengan yang ditentukan dan berkerja secara optimal. Gambar 8 merupakan kondisi pada malam hari setelah semua komponen PLTS terpasang di Surau Nur Jannah. Terlihat semua sistem penerangan telah bekerja dengan baik dan komponen PLTS telah berhasil menyimpan energinya yang didapat pada siang hari.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan hasil simulasi dari aplikasi Homer didapat kesimpulan diantaranya. lokasi kawasan wisata Puncak Labuang memiliki potensi sumber daya matahari sebesar 4.91 kWh/m³/Hari dengan temperatur rata-rata sebesar 25,22 °C, nilai ini sudah sangat memadai untuk menjadi dasar pembangunan pembangkit listrik tenaga surya. Konfigurasi yang paling optimal dari hasil simulasi berupa gabungan sistem, Fotovoltaik Generic 1 kW sebanyak dua unit, Converter, Storage / Battery. Produksi energi listrik dengan konfigurasi ini memperoleh listrik sebanyak 39.6 kWh/Tahun dengan total konsumsi dalam satu tahun adalah 29.2 kWh/Tahun. Biaya keseluruhan dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga surya dalam waktu 25 tahun atau *Net Present Cost*

(NPC) sebesar Rp1,267,538.00. Akan tetapi biaya ini belum termasuk biaya komponen penunjang dan proteksi pengamanan pada sistem, serta biaya akomodasi dalam pemasangannya. Nilai biaya rata-rata untuk menghasilkan listrik dalam satu kWh atau *Cost Of Energy* (COE) sebesar Rp.1.095,34 Rp/kWh.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Verry, "Optimalisasi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Guna Mewujudkan Kemandirian Energi Nasional," 2024, [Online]. Available: <http://lib.lemhannas.go.id/public/media/catalog/0010-092400000000104/swf/7869/90-Verry.pdf>
- [2] W. Padang, "Perda RTRW Kota Padang Nomor 4," 2012.
- [3] Google Earth, "Foto citra satelit kawasan wisata Puncak Labuang, Limau Manis, Padang,," Google Earth. [Online]. Available: <https://earth.google.com/web>
- [4] J. Asrul, F. -, Z. Hendri, and D. D. Putri, "Rancang Bangun Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Metoda Off Grid dan On Grid Sebagai Media Perkuliahan Sistem Pembangkit," *J. Ilm. Poli Rekayasa*, vol. 19, no. 1, p. 41, 2024, doi: 10.30630/jipr.19.1.328.
- [5] T. Alamsyah, A. Hiendro, and Z. Abidin, "Analisis Potensi Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel Mono-Crystalline dan Poly-Crystalline Di Kota Pontianak dan Sekitarnya," *J. Tek. Elektron.*, p. 10, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteunta/article/viewFile/48425/75676590121>
- [6] P. Seminar and N. Mipa, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Berbasis Homer Di Sma Negeri 6 Surakarta Sebagai Sekolah Hemat Energi Dan Ramah Lingkungan," pp. 21–36, 2019.
- [7] R. M. Simanjuntak and A. Triyanto, "Studi Performa Panel Surya 100 WP Menggunakan Software Homer Di Universitas Pamulang," *J. Elektro*, vol. 17, no. 2, pp. 77–84, 2024, doi: 10.25170/jurnalelektro.v17i2.5884.
- [8] R. Rauf, F. Rachim, A. T. Dahri, H. Andre, R. A. M. Napitupulu, and ..., *Matahari sebagai Energi Masa Depan| Panduan Lengkap Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*, vol. 1. 2023. [Online]. Available: <https://repository.uhn.ac.id/handle/123456789/9285>
- [9] Jutisya Putrih Senaen, Alfrie Rampengan, and Farly Tumimomor, "Analisis Pengaruh Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Tegangan Dan Arus Pada Panel Surya Di Universitas Negeri Manado," *J. Arjuna Publ. Ilmu Pendidikan, Bhs. dan Mat.*, vol. 1, no. 6, pp. 220–231, 2023, doi: 10.61132/arjuna.v1i6.327.
- [10] D. B. Klimatologi, B. Meteorologi, and D. A. N. Geofisika, *Catatan Iklim dan Kualitas Udara Indonesia*, 2024th ed. Indonesia, 2024.
- [11] S. Teknika *et al.*, "PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 100 Wp UNTUK PENERANGAN LAMPU DI RUANG SELASAR," vol. 3, no. 2, pp. 96–106, 2020.
- [12] A. Irma Aryanti, C. Angel, M. Rezky, A. . Shiddiq Yunus, D. Nur, and Y. Yanafirana, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Atap Kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar dengan Sistem Hybrid," *J. Tek. Mesin Sinergi*, vol. 22, no. 1, pp. 143–157, 2024, doi: 10.31963/sinergi.v22i1.5000.
- [13] P. P. (Persero), "tarif-listrik-2025.pdf," 2025, Copyright © 2025 PT PLN (Persero) All Rights Reserved, Indonesia. [Online]. Available: <https://web.pln.co.id/pelanggan/tarif-tenaga-listrik>
- [14] V. Ragidup, T. Manullang, A. Nugroho, and W. Sinuraya, "PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MENGGUNAKAN SOFTWARE HOMER DI DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI UNIVERSITAS DIPONEGORO," vol. 9, no. 2, pp. 148–156, 2020.