

Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Kelayakan Ekonomi Pada PT. Jasa Prima Logistik Kendari

Sapri D¹, Andi Caroline², Arnovan Bernad Patabang³, Suryanto^{4*}, Chandra Bhuana⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

*E-Mail korespondensi: suryanto@poliupg.ac.id

Abstract: This study aims to design an Hybrid Solar Power Plant (PLTS) system specifically designed to meet the daily load requirements at the PT. JPLB SULTRA Building, as well as to reduce the Company's operational costs in energy costs. The research method used is descriptive analysis with numerical calculations based on theoretical foundations and simulations using HOMER Pro and PVSyst software. The planning process begins with a survey and data collection in the field to identify the electricity demand of the building, with a total energy demand estimated at around 30,527 kWh per day. The results showed that a 7 kWp PLTS system was designed with 12 units of 580 Wp solar panels and one 10,200 W inverter connected in a hybrid system with PLN Grid. The annual energy production from PLTS is 11,339 kWh based on numerical calculations, while HOMER simulation produces 11,176 kWh per year, and PVSyst produces 10,712 kWh per year. From an economic feasibility perspective, the Net Present Value (NPV) is positive at Rp. 118,913,888, the Internal Rate of Return (IRR) is 13,89% > 7% (discount factor), and the Profitability Index (PI) is 1.98 > 1, indicating that this project is feasible to implement.

Keywords: PLTS; Hybrid; PT. JPLB SULTRA; system design; economic analysis; PVSyst; HOMER Pro

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Hybrid yang dirancang khusus memenuhi kebutuhan beban harian di Gedung PT. JPLB SULTRA, serta untuk menekan biaya operasional Perusahaan dalam biaya energi. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis deskriptif dengan perhitungan numerik berdasarkan landasan teori dan simulasi menggunakan software Homer Pro, dan PVSyst. Proses perencanaan dimulai dengan survei dan pengambilan data di lapangan untuk mengidentifikasi kebutuhan listrik dari gedung, dengan total kebutuhan energi diperkirakan sekitar 30,527 kWh per hari. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa didesain sistem PLTS berkapasitas 7 kWp dengan 12 unit panel surya 580 Wp dan 1 unit inverter 10.200 W yang terhubung hybrid dengan Grid PLN. Produksi energi dari PLTS selama satu tahun adalah sebesar 11,339 kWh berdasarkan perhitungan numerik, sedangkan simulasi HOMER menghasilkan 11,176 kWh per tahun, dan PVSyst menghasilkan 10,712 kWh per tahun. Ditinjau dari sisi kelayakan ekonomi, Net Present Value (NPV) bernilai positif Rp. 118.913.888, Internal Rate of Return (IRR) sebesar 13,89% > 7,5% (nilai faktor diskonto), dan Profitability Index (PI) bernilai 1,98 > 1 yang menunjukkan bahwa proyek ini layak untuk dilaksanakan.

Kata kunci: PLTS Hybrid; PT. JPLB SULTRA; desain sistem; analisis ekonomi; PVSyst; HOMER Pro

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang andal dan efisien menjadi faktor penting dalam mendukung kegiatan operasional industri dan perusahaan logistik di Indonesia. Gedung PT. Jasa Prima Logistik Bulog Cabang Sulawesi Tenggara (PT. JPLB Sultra) merupakan salah satu fasilitas strategis yang digunakan untuk kegiatan administrasi, layanan transportasi logistik, serta pusat *data center* yang memantau pergerakan komoditas di seluruh wilayah Sulawesi Tenggara secara *real-time*. Kondisi ini menuntut ketersediaan suplai energi listrik yang stabil dan berkelanjutan.

Saat ini, kebutuhan energi listrik gedung tersebut sepenuhnya dipasok dari jaringan PLN. Namun, pasokan tersebut tidak selalu stabil karena adanya pemadaman bergilir, terutama pada jam-jam puncak. Kondisi ini berdampak pada operasional sistem monitoring dan komunikasi data logistik. Berdasarkan permasalahan tersebut, dibutuhkan solusi energi alternatif berupa Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan sistem hybrid yang terintegrasi dengan jaringan PLN, guna menjaga kontinuitas pasokan energi serta menekan biaya operasional perusahaan.

Pemanfaatan energi surya di Indonesia memiliki potensi yang besar, mengingat posisi geografis Indonesia berada di garis khatulistiwa dengan intensitas rata-rata penyinaran matahari mencapai 4,8–5,7 kWh/m²/hari [1], [2]. Energi surya juga menjadi sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berperan penting dalam pengurangan emisi karbon serta mendukung target *Net Zero Emission* pada tahun 2060 [3]. Namun, implementasi PLTS, khususnya di sektor industri dan perkantoran, masih menghadapi tantangan dalam hal perencanaan kapasitas optimal, efisiensi sistem, serta analisis kelayakan ekonominya [4], [5].

Berbagai penelitian terdahulu telah membahas penerapan sistem PLTS hybrid untuk memenuhi kebutuhan energi di berbagai sektor. Sudarjo dkk. [6] meneliti perencanaan PLTS atap hybrid di PT. Koloni Timur dengan hasil bahwa sistem hybrid mampu meningkatkan efisiensi energi hingga 20%. Ariawan dan Sinaga [7] melakukan perencanaan PLTS hybrid di Pondok Pesantren Al-Anwar 4 Serang dengan hasil bahwa sistem hybrid mampu memenuhi kebutuhan energi dengan biaya investasi yang layak secara ekonomi. Sementara itu, penelitian oleh Saputra dan Setyawan [8] menyoroti pengaruh konfigurasi panel terhadap efisiensi konversi energi pada PLTS atap.

Penelitian lain oleh Pratama dkk. [9] menggunakan perangkat lunak HOMER Pro untuk menganalisis performa sistem PLTS hybrid, sedangkan Sari dan Nugroho [10] menggunakan PVSyst untuk mengkaji rasio performa (*Performance Ratio*) dan *losses* sistem. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pendekatan berbasis simulasi dan perhitungan numerik mampu memberikan hasil analisis yang lebih akurat terhadap performa dan keekonomian sistem PLTS hybrid.

Namun, belum terdapat kajian yang secara spesifik menganalisis desain sistem PLTS hybrid berbasis simulasi HOMER Pro dan PVSyst untuk bangunan logistik di kawasan perkotaan Sulawesi Tenggara, khususnya pada PT. Jasa Prima Logistik Bulog Kendari. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Merancang sistem PLTS atap hybrid yang optimal sesuai kebutuhan energi di Gedung PT. JPLB Sultra;
2. Melakukan analisis teknis melalui perhitungan numerik dan simulasi menggunakan HOMER Pro serta PVSyst; dan
3. Menilai kelayakan ekonominya menggunakan parameter NPV, IRR, PI, dan *Payback Period*.

Hasil penelitian diharapkan menjadi acuan teknis dalam pengembangan sistem PLTS hybrid di lingkungan industri logistik serta mendukung peningkatan bauran energi terbarukan di Indonesia.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Gedung PT. JPL Bulog Sultra, Jl. Drs. H. Abdullah silondae No.1, Mandonga, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara 93111, Pada lokasi tersebut memiliki titik koordinat dengan latitude 3°58'20"S dan longitude 122°30'53"E. Orientasi bangunan yakni pada bagian depan menghadap ke arah barat daya, sedangkan atap bagian belakang menghadap timur laut.



Gambar 1. Peta Lokasi

A. Tahapan Penelitian

Dalam melakukan perencanaan PLTS *Hybrid* pada Gedung PT. Jasa Prima Logistik Bulog Cabang Sulawesi Tenggara, ada beberapa tahapan yang dilakukan agar perencanaan dapat terstruktur sehingga hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan proyek. Tahapan penelitian meliputi:

1. Pengumpulan data primer melalui survei lapangan untuk mendapatkan data total kebutuhan beban energi listrik harian, pengukuran iradiasi dan kondisi lokasi.
2. Pengumpulan data sekunder berupa data iradiasi matahari dari software *Meteonorm 8.1*.
3. Perhitungan kebutuhan daya dan kapasitas komponen PLTS.
4. Simulasi kinerja sistem menggunakan software *PVSyst* dan *Homerpro*
5. Analisis teknis, analisis kelayakan ekonomi dan membuat desain perencanaan.

B. Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan merupakan langkah awal dalam tahapan proses penelitian yang bertujuan untuk mengumpulkan informasi sebelum melakukan penelitian lanjutan dan mengidentifikasi masalah dan area penelitian sesuai dengan judul penelitian yang menjadi fokus dalam permasalahan yang akan teliti. Pada studi pendahuluan ini dilakukan tinjauan lokasi, lokasi penelitian ini berada di Gedung PT. Jasa Prima Logistik Bulog Cabang Sulawesi Tenggara. Data yang dikumpulkan meliputi:

- Data iradiasi matahari dan temperatur

Letak geografis Indonesia yang berada dalam garis khatulistiwa memberikan keuntungan tersendiri bagi Indonesia, dimana akan mendapatkan cahaya matahari dengan intensitas yang lebih besar dibanding wilayah bumi lainnya.

- Data kebutuhan energi listrik harian

Data Beban adalah data komponen listrik (perangkat atau mesin) yang merupakan bagian dari rangkaian listrik yang mengkonsumsi listrik (daya), seperti penerangan dan peralatan elektronik lainnya. Data Beban di peroleh melalui data primer di mana dilakukan survey secara langsung kondisi sekitar, wawancara dengan klien dan mencatat beban –beban apa saja di lokasi tersebut.

- Spesifikasi dan parameter komponen PLTS

Data spesifikasi dan parameter dari komponen sistem *off-grid* dibutuhkan untuk keperluan pemodelan dan simulasi dengan perangkat lunak *PVSyst*, agar nantinya simulasi dapat dilakukan sedemikian rupa dengan kondisi aktual. Data-data tersebut diperoleh dengan data sekunder dari datasheet setiap komponen yang nantinya akan diinputkan ke perangkat lunak dan internet

- Biaya komponen dan operasional

Data terkait biaya-biaya komponen seperti biaya pembelian komponen, hingga biaya operasional dan pemeliharaan dibutuhkan untuk keperluan simulasi sistem dan perhitungan *net present cost*. Data-data biaya tersebut diperoleh melalui data sekunder, jurnal, hingga situs jual beli komponen elektronik.

C. Metode Analisa Data

- Analisa Teknis

Setelah melakukan rancangan sistem PLTS, dapat dianalisis secara teknis yaitu berdasarkan energi listrik yang dihasilkan dan menghitung performa sistem, analisis teknis ini diperoleh dari hasil perhitungan numerik, software *PVSyst* dan *Homer pro*

- Analisa Ekonomi

Analisis ini mencakup biaya awal untuk memasang sistem PLTS *Hybrid*, berdasarkan harga komponen dari situs tokoh online dan yang beredar di pasaran. Kemudian menghitung biaya operasional dan maintenance, biaya siklus hidup dan biaya energi, untuk analisa kelayakan investasi PLTS ditentukan dari hasil perhitungan *Payback Periode (PP)*, *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, dan *Profitability Index (PI)*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kebutuhan Energi

Berdasarkan hasil survei dan analisis kebutuhan energi listrik harian pada Gedung PT. Jasa Prima Logistik Kendari dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 1. Kebutuhan Energi Harian

No	Jenis Peralatan / Beban	Jumlah Unit	Daya (Watt)	Daya Total (Watt)	Operasi Siang (Jam)	Operasi Malam (Jam)	Energi Siang (Wh)	Energi Malam (Wh)	Energi Harian Total (kWh)
1	AC SHARP (1/2 PK)	1	350	350	6	-	2.1	-	2,1
2	AC DAIKIN (1 PK)	1	745	745	8	-	5.96	-	5,96
3	AC SHARP (1 PK)	1	762	762	8	-	6.096	-	6,096
4	AC LG (1 PK)	1	920	920	6	-	5.52	-	5,52
5	Lampu Ruang 1	2	12	24	2	12	48	288	0,336
6	Lampu Ruang 2	1	12	12	1	-	12	-	0,012
7	Lampu Teras	1	12	12	1	12	12	144	0,156
8	Lampu Ruang 3	2	14,5	29	1	12	29	348	0,377
9	Lampu Ruang 4	1	8	8	1	-	8	-	0,008
10	Lampu Toilet	1	7	7	1	-	7	-	0,007
11	Printer	4	30	120	8	-	960	-	0,96
12	Mesin Foto Copy	1	900	900	0,5	-	450	-	0,45
13	Kulkas	1	72	72	12	12	864	864	1,728
14	Komputer	6	65	390	8	-	3.12	-	3,12
15	TV	1	48	48	1	-	48	-	0,048
16	CCTV	3	24	72	12	12	864	864	1,728
17	Laptop	1	120	120	8	-	960	-	0,96
18	Rice Cooker	1	200	200	1	-	200	-	0,2
19	Dispenser	1	185	185	1	-	185	-	0,185
20	Router WiFi	1	24	24	12	12	288	288	0,576
Total				5000			27.731	2.796	30,527

Pada Tabel 1. Rata rata total kebutuhan energi harian pada gedung tersebut adalah sebesar 30,527 kWh/hari, penggunaan pada siang hari sebesar 27,731 kWh dan pada malam hari sebesar 2,79 kWh. Dengan asumsi *ESH* 4,5 jam/hari maka kebutuhan daya pada kantor tersebut sebesar 6,8 kW.

B. Data Iradiasi

Pada Gambar dibawah ini merupakan data yang bersumber dari *Meteonorm 8.1, 2016-2021* dan diinput secara manual pada *software homer pro*, menunjukkan rata-rata iradiasi matahari perhari pada lokasi Gedung PT. JPLB Sultra sebesar 5,70 kWh/m²/hari, nilai iradiasi terbesar terdapat pada bulan november sebesar 6,60 kWh/m²/hari dan terendah terdapat pada bulan Februari sebesar 4,53 kWh/m²/hari.



Gambar 2. Grafik data harian Iradiasi di lokasi Gedung PT. JPLB Kendari

C. Perancangan Sistem PLTS

- Desain kapasitas sistem PLTS

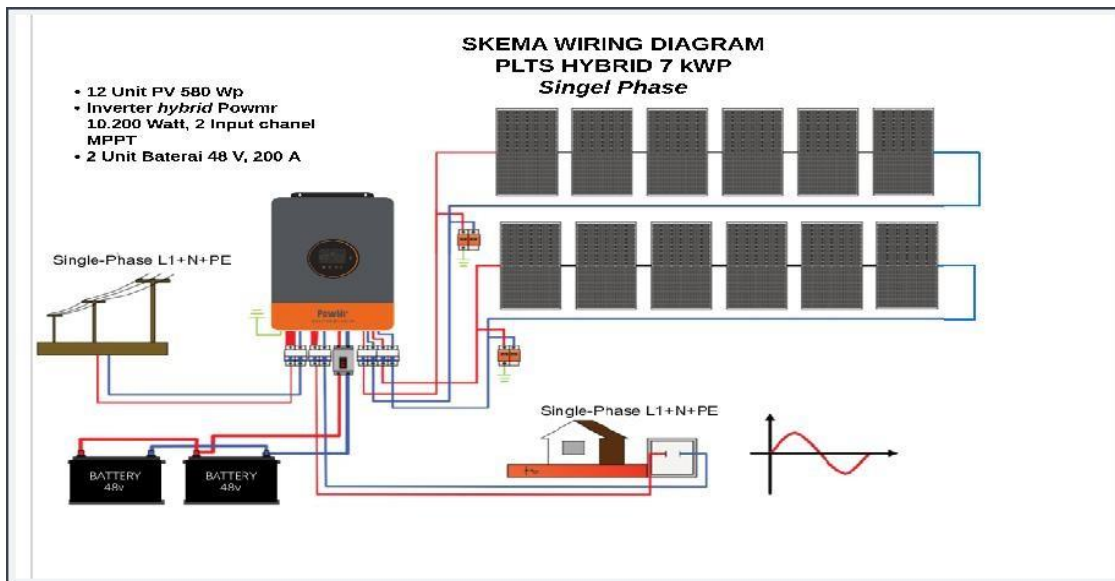
Berdasarkan hasil perhitungan Kebutuhan daya pada kantor PT. JPLB Kendari dengan memperhitungkan rugi rugi sistem maka perencanaan PLTS hybrid ini akan didesain dengan kapsistas daya sebsar 7 kW. Agar sesuai dengan sistem kelistrikan Grid/PLN maka ditetapkan sistem kelistrikan dengan tegangan 220 V dan frekuensi 50 Hz (1 Phasa).

- Orientasi Panel Surya

Panel surya tersebut akan diletakan di atap bagian belakang bangunan, berdasarkan simulasi pada software PVSyst untuk mencapai losses 0% maka panel surya pada Gedung PT. JPLB Sultra akan diletakan dengan sudut kemiringan 10°, dan *Azimuth* 30° menghadap timur laut.

- Konfigurasi PLTS

Pada Gamabr 6 merupakan konfigurasi sistem PLTS *hybrid* yang akan diimplementasikan pada Gedung PT. Jasa Prima Logistik Kendari meggunakan 12 unit panel surya kapasitas 580 Wp, 2 unit baterai 100 A, dan 1 unit inverter 10,2 kW yang terhubung ke Grid/PLN. Inverter yang akan digunakan adalah *smart hybrid* memiliki beberapa mode operasi yaitu *USB, SBU, SUB dan Miks*. Penyusunan array akan dirangkai dengan 6 seri 2 paralel sehingga Total Vmpp 230,4 V dan Imp 30,2 A. Konfigurasi seitem PLTS tersebut dapat menghasilkann daya sebesar 7 kW, dengan asumsi *ESH* 4,5 jam/hari maka energi yang dihasilkan selama satu hari adalah sebesar 31,5 kWh/hari, dan 11.339 kWh/tahun



Gambar 3. Konfigurasi Sistem PLTS

D. Hasil Simulasi Software Homer Pro dan PVSyst

- Hasil simulasi *Electrical*

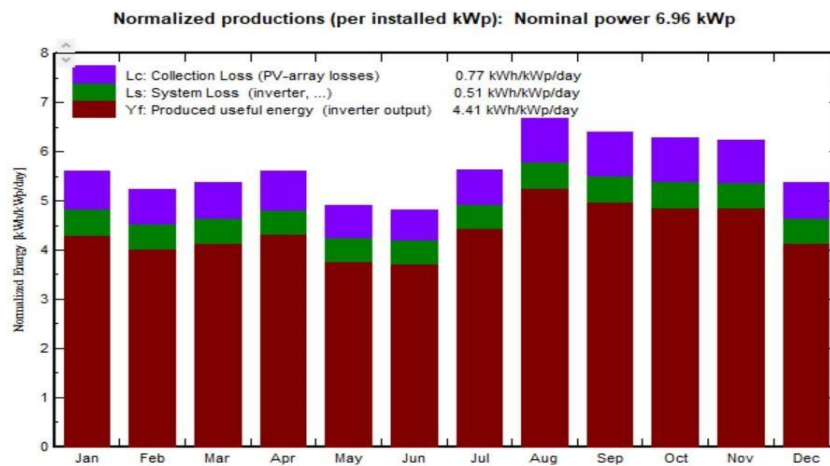
Hasil simulasi electrical pada software homer pro dapat dilihat pada gambar sebagai berikut



Gambar 4. Simulasi *Electrical Homer Pro*

Dari simulasi yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa pasokan listrik yang dihasilkan oleh PV sebesar 11.176 kWh per tahun sedangkan energi listrik yang dibeli dari grid yaitu 2.280 kWh per tahun. Total energi yang dihasilkan dari sistem hybrid berjumlah 13.456 kWh per tahun.

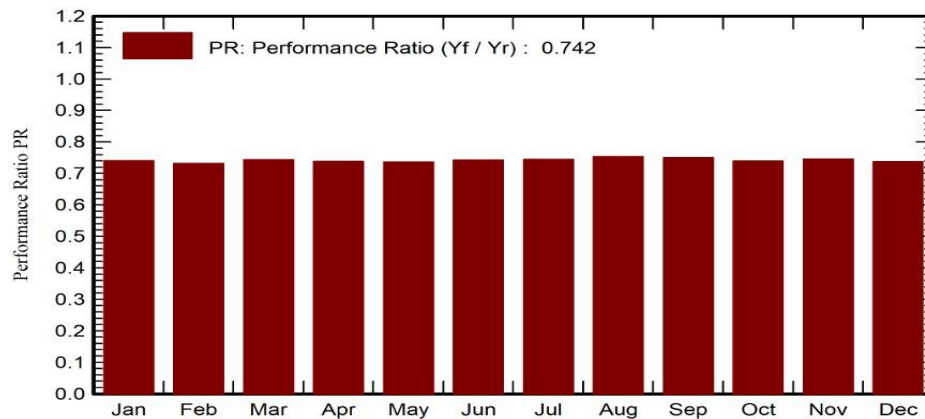
- Grafik *Normalized Productions PVSyst*



Gambar 5. Grafik Balok Normalized Productions

Gambar 7 menunjukkan grafik rugi-rugi yang terdapat pada hasil simulasi ini yaitu *PVstring losses* dan *system losses* yang terjadi di inverter dan baterai. *PV-string losses* dapat sebesar 0,77 kWh/kWp/hari, *system losses* sebesar 0,51 kWh/kWp/hari dan Produced useful energy 4.41 kWh/kWp/

- Grafik Performance Ratio PR PVSystem



Gambar 6. Grafik Performance Ratio PR

Performance Ratio sebesar 74,22 % menunjukkan bahwa 25,78 % dari energi matahari yang diterima oleh modul surya yang terpasang tidak dikonversi menjadi energi listrik.

E. Analisis Kelayakan Ekonomi

Analisis kelayakan ekonomi dilakukan dengan asumsi umur proyek 16 tahun dan tingkat suku bunga 7,5% dengan biaya investasi awal sebesar Rp. 120.765.288, hasil analisis yaitu sebagai berikut

- Net present Value (NPV) : Rp. 118.913.888
- Profitability index (PI) : 1,98 (>1)
- Discounted Payback period (DPP) : 7,11 bulan
- Internal Rate Return (IRR) : 13,89% > 7,5% (tingkat suku bunga)

Dari hasil analisis kelayakan ekonomi menunjukkan bahwa proyek ini layak untuk dilaksanakan, karena NPV positif menunjukkan bahwa proyek akan menghasilkan keuntungan bersih selama masa hidupnya, IRR yang lebih tinggi dari tingkat diskonto menunjukkan bahwa tingkat pengembalian proyek lebih tinggi dari biaya modal, PI lebih besar dari 1 menunjukkan bahwa manfaat proyek lebih besar dari biayanya dan Payback period kurang dari umur proyek juga menunjukkan bahwa investasi dapat kembali dalam waktu yang relatif cepat

F. Perbandingan Hasil Perhitungan Numerik, PVSyst dan Homer pro

Berdasarkan hasil perhitungan numerik, hasil *software PVSyst* dan Homer pro yang telah dilakukan maka diperoleh hasil perbandingan yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Perhitungan Numerik, PVSyst, dan HOMER Pro

	Perhitungan Numerik	PVSyst	HOMER PRO
Energi Produksi (kWh/Tahun)	11.339	10.712,54	11.176
Biaya O & M / Thn	Rp.1.207.653	Rp. 3.209.379.55	Rp. 4.285.216
Biaya Energi (COE) / kWh	Rp.1.576,94	Rp. 1.576	Rp. 1.074,98
Net Present Value	Rp. 118.913.888	Rp103.260.409,59	Rp. 70.421.750
Payback Priode (Tahun)	7,11	8,9	6,8
Internal Of Return (IRR) (%)	13,89%	16,33%	15,2%

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil perhitungan numerik diperoleh energi produksi yaitu sebesar 11.339 kWh/tahun dengan COE yaitu sebesar Rp. 1.576,94/kWh, dengan *payback priode* yaitu 7,11 dan IRR sebesar 13,89 %. Hasil simulasi PVSyst diperoleh energi produksi yaitu sebesar 10.712 kWh/tahun dengan biaya energi Rp. 1.576 /kWh, dengan *payback priode* yaitu 8,9 dan IRR sebesar 16,33%. Dan hasil simulasi HOMER Pro diperoleh energi produksi yaitu sebesar 11.176 kWh/tahun dengan biaya energi Rp. 1.074 /kWh, dengan *payback priode* yaitu 6,8 dan IRR sebesar 15,2%.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan:

- a. Sistem PLTS Hybrid dengan kapasitas 7 kWp dapat memenuhi kebutuhan energi harian untuk gedung PT. Jasa Prima Logistik BULOG Sulawesi Tenggara sebesar 30,52 kWh/hari.
- b. Hasil analisis ekonomi dan kelayakan melalui perhitungan numerik, software PVSyst dan HOMER Pro menunjukkan proyek ini layak dilaksanakan dengan NPV positif dan IRR di atas suku bunga acuan 7,5%
- c. Pada perencanaan PLTS digedung PT. Jasa Prima Logistik BULOG Sulawesi Tenggara menggunakan desain PLTS atap (*Rooftop*) yang dipasang dengan sistem *hybrid*. Berdasarkan kondisi bangunan dan hasil simulasi pada PVSyst untuk mengantisipasi *losses* yang besar panel surya tersebut dipasang dengan sudut kemiringan 10° dengan azimuth 30° atau menghadap ke timur laut dengan jumlah panel surya 12 unit kapasitas 580 Wp dengan luas area lokasi tersebut adalah 34,78 m².

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan fasilitas dan peralatan selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. S. Alim, S. Thamrin, and R. L. W., “Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Alternatif Ketahanan Energi Nasional Masa Depan,” *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, vol. 4, no. 3, pp. 2427–2435, 2023.

- [2] Kementerian ESDM RI, Outlook Energi Indonesia 2023, Jakarta: Badan Litbang ESDM, 2023.
- [3] A. M. Simanjuntak, “Pengoptimalan Pemanfaatan Energi Surya untuk Pengurangan Jejak Karbon – Sebuah Review Literatur,” *Technopex* 2023, pp. 241–246, 2023.
- [4] S. T. Nugraha and A. K. Dewi, “Analisis Kelayakan PLTS Rooftop untuk Gedung Perkantoran Pemerintah,” *Jurnal Energi dan Kelistrikan Indonesia*, vol. 5, no. 2, pp. 89–97, 2022.
- [5] R. Firmansyah, L. Rahman, and D. Nurdiansyah, “Kajian Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid dengan Grid PLN pada Bangunan Komersial,” *Jurnal Rekayasa Energi*, vol. 9, no. 1, pp. 33–42, 2021.
- [6] N. H. Sudarjo, M. Haddin, and A. Suprajitno, “Analisa Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap dengan Sistem Hybrid di PT. Koloni Timur,” *Elektrika*, vol. 14, no. 1, pp. 20–26, 2022.
- [7] A. M. Ariawan and N. Sinaga, “Perencanaan Pembangunan PLTS Hybrid di Pondok Pesantren Al-Anwar 4 Serang, Kabupaten Rembang,” *Jurnal Sains dan Teknologi Reaksi*, vol. 19, no. 1, 2021.
- [8] R. Saputra and A. Setyawan, “Analisis Pengaruh Konfigurasi Panel Terhadap Efisiensi PLTS Atap,” *Jurnal Energi dan Teknologi Terbarukan*, vol. 8, no. 3, pp. 145–153, 2022.
- [9] I. Pratama, E. Wijayanto, and D. R. Putra, “Analisis Kinerja PLTS Hybrid Menggunakan HOMER Pro,” *Jurnal Keteknikan Energi*, vol. 11, no. 2, pp. 56–64, 2022.
- [10] A. Sari and D. Nugroho, “Evaluasi Kinerja Sistem PLTS Atap dengan PVSyst di Daerah Tropis,” *Jurnal Teknologi Elektro dan Energi Terbarukan*, vol. 6, no. 1, pp. 12–20, 2023.