

SKRIPSI

**ANALISIS KELAYAKAN EKONOMI PADA
PERENCANAAN SISTEM PLTS *ROOFTOP ON-
GRID* KAPASITAS 13.200 WP PADA KANTOR PT
PLN (PERSERO) UNIT LAYANAN PELANGGAN
ATAMBUA**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Ardhian Dwi Candra Purnama

NIM. 2415374005

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi biaya produksi energi listrik dan kelayakan ekonomi dari sistem PLTS *Rooftop On-Grid* berkapasitas 13.200 Wp yang direncanakan di Kantor PT PLN (Persero) ULP Atambua. Analisis *Levelized Cost of Energy* (LCOE) dilakukan dengan membagi total *Life Cycle Cost* terhadap total *output* energi selama umur proyek. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa LCOE sistem PLTS ini berada pada nilai kompetitif dibandingkan tarif listrik konvensional, yaitu sebesar Rp. 689,40/kWh, mencerminkan efisiensi biaya produksi energi dari sistem yang diusulkan. Kelayakan ekonomi proyek dianalisis menggunakan pendekatan *Life Cycle Cost* (LCC) serta empat parameter utama: *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Profitability Index* (PI), dan *Discounted Payback Period* (DPP). Hasil evaluasi menunjukkan proyek ini layak secara finansial, dengan NPV sebesar Rp. 222.054.811,22, IRR sebesar 11,7%, lebih tinggi dari MARR sebesar 6%, dan PI sebesar 2,03. DPP tercapai pada tahun ke-13 dari umur proyek selama 25 tahun, serta rasio *Benefit-Cost* (BCR) juga sebesar 2,03, memperkuat kesimpulan bahwa investasi ini menguntungkan. Dari sisi penghematan, sistem PLTS menghasilkan efisiensi biaya tahunan sebesar Rp. 37.947.174,00, atau sekitar 70% dari total tagihan sebelum PLTS. Temuan ini membuktikan bahwa sistem PLTS memberikan manfaat ekonomi dan teknis yang nyata bagi keberlanjutan energi di Kantor PLN ULP Atambua.

Kata Kunci: *On Grid System*, PLN ULP Atambua, Kelayakan Ekonomis

ABSTRACT

This study aims to evaluate the electricity production cost and economic feasibility of a 13.200 Wp On-Grid Rooftop Solar Power System (PLTS) planned for the PT PLN (Persero) ULP Atambua office. The Levelized Cost of Energy (LCOE) analysis was conducted by dividing the total Life Cycle Cost (LCC) by the total energy output over the project's lifetime. The calculation results show that the LCOE of this PLTS system is at a competitive value compared to conventional electricity tariffs, amounting to Rp 689.58/kWh, reflecting the cost efficiency of energy production from the proposed system. The economic feasibility of the project was assessed using the Life Cycle Cost approach along with four main financial indicators: Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Profitability Index (PI), and Discounted Payback Period (DPP). The evaluation results indicate that the project is financially feasible, with an NPV of Rp. 222.054.811,22, an IRR of 11.7%, which is higher than the Minimum Attractive Rate of Return (MARR) of 6%, and a PI of 2,03. The DPP is reached in the 13th year of the project's 25-year lifespan, and the Benefit-Cost Ratio (BCR) is also 2,03, further strengthening the conclusion that this investment is profitable. In terms of savings, the PLTS system achieves an annual cost efficiency of Rp. 37.947.174,00, or approximately 70% of the total electricity bill prior to PLTS implementation. These findings confirm that the PLTS system provides real economic and technical benefits in supporting energy sustainability at the PLN ULP Atambua office.

Keywords: *On-Grid System, PLN ULP Atambua, Economic Feasibility*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	7
2.2 Dasar Teori Penunjang	9
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	9
2.2.2 <i>Inverter</i>	11
2.2.3 <i>PV (Photovoltaic)</i>	13
2.2.4 Energi PLTS.....	16
2.2.5 Faktor -Faktor Efisiensi dan Output Panel Surya	17
2.2.6 Baterai	19
2.2.7 <i>Surge Protector Device (SPD)</i>	20
2.2.8 <i>Solar Charge Controller (SCC)</i>	20
2.2.9 <i>Performance Ratio</i>	21
2.2.10 Kabel Penghantar	22
2.2.11 Pemilihan Penghantar	23

2.2.12 Analisa Struktur Atap.....	24
2.2.13 Analisis Kelayakan Ekonomis	25
2.2.14 Perhitungan Biaya Operasional dan Pemeliharaan	25
2.2.15 Life Cycle Cost (LCC).....	26
2.2.16 Faktor Diskonto.....	26
2.2.17 <i>Cost of Energy</i> (COE).....	27
2.2.18 <i>Payback period</i> (PP)	27
2.2.19 <i>Net Present Value</i> (NPV).....	28
2.2.20 <i>Internal Rate of Return</i> (IRR)	28
2.2.21 <i>Profitability Index</i> (PI).....	29
2.2.22 <i>Benefit Cost Ratio</i> (CBR).....	29
2.2.23 Kelayakan ekonomi.....	30
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Diagram Alir Penelitian	31
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	32
3.3 Lokasi Penelitian.....	32
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	33
3.5 Pengolahan Data	33
3.6 Metode Analisis Data.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Analisis <i>Levelized Cost of Energy</i> (LCOE) dari sistem PLTS <i>Rooftop On-Grid</i> di Kantor PLN ULP Atambua.....	38
4.2 Kelayakan Ekonomi Teknis pada Perencanaan Sistem PLTS <i>Rooftop On-Grid</i> di Kantor PLN ULP Atambua.....	39
4.2.1 Estimasi Biaya Investasi	46
4.2.2 Perhitungan Biaya Operasional dan Pemeliharaan	49
4.2.4 <i>Cost of Energy</i>	50
4.2.5 Kelayakan Investasi	51
4.2.6 <i>Payback period</i>	53
4.2.7 <i>Net Present Value</i>	54
4.2.8 IRR (<i>Internal Rate of Return</i>)	55
4.2.9 <i>Profitability Index</i>	56
4.2.10 <i>Gross Benefit Ration</i> (<i>Gross B/C</i>)	57

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema PLTS <i>Off-Grid PV System With Storage</i>	14
Gambar 2. 2 Sistem PLTS <i>Grid-Connected</i> dengan Penyimpanan (a) <i>Charge Control</i> dan <i>Inverter Charge Control Terpisah</i> , dan <i>Charge Control Terintegrasi (b)</i>	14
Gambar 2. 3 Skema Prinsip Inverter Satu Fasa	15
Gambar 2. 4 Inverter	15
Gambar 2. 5 Prinsip Teknologi PWM	16
Gambar 2. 6 Diagram Dari Sebuah Potongan Sel Surya	17
Gambar 2. 7 Hubungan Sel Surya, PV Modul dan Array	18
Gambar 2. 8 <i>Monocrystalline Silicon Module</i>	18
Gambar 2. 9 <i>Polycrystalline Silicon Module</i>	19
Gambar 2. 10 <i>Thin Film Photovoltaic</i>	20
Gambar 2. 11 Kurva I-V Daya Terhadap Perubahan Temperatur	22
Gambar 2. 12 Efek <i>Insolation Intensity</i> Terhadap Arus	24
Gambar 2. 13 Sudut Kemiringan Panel Surya yang Berbeda	27
Gambar 2. 14 <i>Surge Charge Controller (SCC)</i>	27
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian	34

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Spesifikasi RAB.....	39
Tabel 4. 2 Biaya Penggantian Inverter.....	42
Tabel 4. 3 Penurunan dari Tahun Sebelumnya	43
Tabel 4. 4 <i>Payback period</i> PLTS.....	44
Tabel 4. 5 <i>Net Present Value</i>	45
Tabel 4. 6 Nilai NPV Postif dan NPV Negatif	46
Tabel 4. 7 Pemakaian kWh PLN ULP Atambua Tahun 2024.....	50
Tabel 4. 8 Produksi Energi, Konsumsi Energi dan Selisih Energi	50
Tabel 4.9 Produksi Energi, Konsumsi Energi,Selisih	51
Tabel 4.10 Perhitungan Tagihan	53
Tabel 4.11 Penghematan Tagihan Energi Listrik	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Rooftop On-Grid* merupakan sistem pemanfaatan energi matahari yang terhubung langsung dengan jaringan listrik utama (*grid*). Sistem ini bekerja dengan mengubah sinar matahari menjadi listrik melalui panel surya, yang kemudian digunakan untuk kebutuhan listrik harian bangunan atau kantor. Ketika terjadi surplus energi, listrik dapat dialirkan kembali ke jaringan PLN. Karena tidak menggunakan baterai, sistem ini bergantung pada sinar matahari langsung dan ideal digunakan pada siang hari. PLTS *Rooftop On-Grid* menjadi solusi efisien dalam menurunkan konsumsi listrik dari PLN dan mampu menghemat biaya listrik hingga 70% [1]. Oleh karena itu, pemanfaatan PLTS *Rooftop On-Grid* sangat relevan dalam upaya peningkatan efisiensi energi dan penghematan biaya operasional, khususnya pada gedung perkantoran.

Dalam mendukung transisi energi menuju sumber yang lebih bersih, Pemerintah Indonesia telah menerbitkan sejumlah regulasi penting. Salah satunya adalah Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, yang menargetkan pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) sebesar 23% dari total bauran energi nasional pada tahun 2025. Selanjutnya, Peraturan Menteri ESDM Nomor 2 Tahun 2024 tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap mengatur teknis pelaksanaan PLTS Atap yang terhubung dengan jaringan listrik PLN. Salah satu poin penting dalam regulasi ini adalah penghapusan batasan kapasitas 100% dari daya terpasang PLN, diganti dengan sistem kuota berdasarkan unit pelayanan PLN (UP3), yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan setiap lima tahun. Kebijakan ini memberikan kepastian dan fleksibilitas dalam perencanaan sistem PLTS bagi masyarakat dan institusi [2].

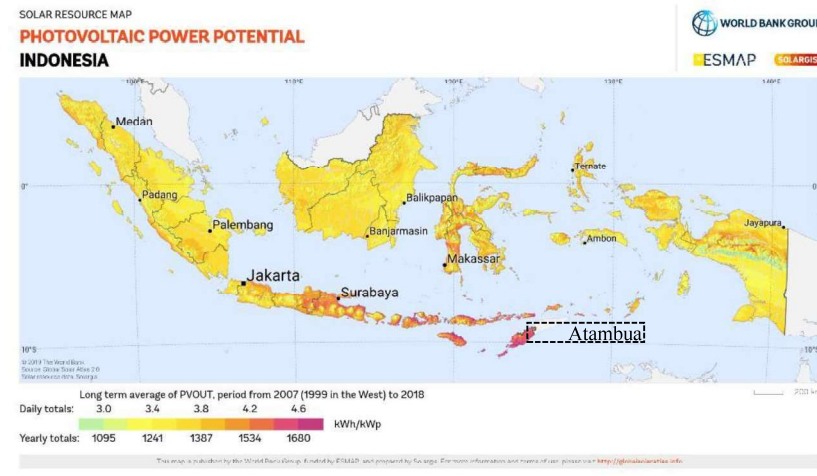
Memperhitungkan sisi ekonomi dalam proyek adalah langkah strategis untuk menilai kelayakan, mengelola risiko, dan memastikan efisiensi serta keberlanjutan. Dalam konteks manajemen proyek modern, pengambilan keputusan tanpa dasar ekonomi yang kuat berisiko menimbulkan pemborosan dan kegagalan investasi. Dalam upaya memperluas adopsi PLTS secara masif dan terukur, diperlukan pemahaman yang lebih dalam terhadap aspek investasi. Hal ini penting mengingat proyek energi surya tidak hanya melibatkan kelayakan teknis, tetapi juga menyangkut struktur pembiayaan, pengembalian modal

(*payback period*), dan risiko finansial jangka panjang. Dengan mempelajari aspek investasi secara menyeluruh, baik pemerintah, institusi, maupun masyarakat dapat mengambil keputusan yang lebih tepat, efisien, dan berkelanjutan dalam pengembangan energi terbarukan di Indonesia.

Sebagai acuan awal, sejumlah penelitian terdahulu telah menunjukkan kelayakan teknis dan ekonomis dari penerapan PLTS *Rooftop On-Grid* di berbagai instansi pemerintah. Berdasarkan kajian teknis dan ekonomis, penerapan PLTS *Rooftop On-Grid* di Kantor BAPPEDA LITBANG Kota Probolinggo menunjukkan perancangan PLTS Skenario 1 kapasitas 21,6 kWp membutuhkan investasi sebesar Rp. 267.000.000 sedangkan PLTS Skenario 2 kapasitas 32,4 kWp membutuhkan investasi sebesar Rp. 395.850.000. PLTS *Rooftop On-Grid* skenario 1 potensi penghematan biaya listrik bulanan sebesar Rp. 43.979.592 dan PLTS *Rooftop On-Grid* skenario 2 potensi penghematan biaya listrik bulanan sebesar Rp. 64.642.977 [3]. Penelitian serupa di Universitas Negeri Gorontalo menemukan bahwa sistem PLTS *Rooftop On-Grid* di gedung Fakultas Teknik memiliki *performance ratio* sebesar 70%, *net present value* (NPV) sebesar Rp. 488.730.414,17, *benefit-cost ratio* (BCR) 1,77, dan *payback period* (PP) selama 12,17 tahun (Suleman & Toding, 2021). Sementara itu, kajian di Kantor PT KPBJ, PLTU Tanjung Jati B, juga menunjukkan kelayakan ekonomi dengan NPV Rp. 210.436.003, BCR 1,17, dan PP 16,9 tahun. Studi-studi tersebut memberikan gambaran empiris sebagai pembandingan yang dapat digunakan dalam perencanaan serupa di lokasi lain.

PLN ULP Atambua yang berlokasi di Jalan Cut Nyak Dien No.45, Berdao, Kabupaten Belu, Nusa Tenggara Timur merupakan salah satu unit pelaksana di bawah PLN Unit Induk Wilayah NTT. Dengan jumlah 15 pegawai organik dan 170 tenaga alih daya, konsumsi energi listrik kantor pada tahun 2024 tercatat sebesar 34.008 kWh dengan daya terpasang 13.200 VA. Salah satu tantangan utama yang dihadapi adalah tingginya kebutuhan listrik pada siang hari saat beban puncak, yang meningkatkan ketergantungan terhadap jaringan PLN. Kondisi ini mendorong perlunya solusi yang tidak hanya efisien, tetapi juga berkelanjutan, salah satunya melalui pemanfaatan PLTS *Rooftop On-Grid*. Namun demikian, hingga saat ini belum tersedia kajian komprehensif terkait kelayakan ekonomis pemasangan sistem tersebut di kantor PLN ULP Atambua. NTT merupakan salah satu wilayah dengan tingkat iradiasi matahari tertinggi di Indonesia, dengan rata-rata *photovoltaic power potential* 4.6 kWh/kWp. Menurut data dari ESDM, wilayah ini sangat cocok untuk pengembangan PLTS skala besar maupun tersebar. Letaknya yang tersebar

dan luas juga memberi ruang untuk instalasi panel surya tanpa mengganggu lahan produktif lainnya.



Gambar 1.1 *Photovoltaic Power Potential di Indonesia*

Berdasarkan kondisi di atas, penting dilakukan penelitian untuk menjawab beberapa tantangan mendasar, seperti penentuan kapasitas sistem PLTS *Rooftop On-Grid* yang optimal, dan perancangan sistem teknis yang efisien serta ekonomis. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis kelayakan ekonomi pada perencanaan sistem PLTS *Rooftop On-Grid* kapasitas 13.200 Wp di Kantor PLN ULP Atambua. Hasil dari analisis ini diharapkan dapat memberikan dasar pertimbangan dalam pengambilan keputusan investasi, mendukung transisi energi hijau, dan menjadi kontribusi nyata terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca, sekaligus mendukung misi PLN ULP Atambua untuk menyelenggarakan usaha yang berwawasan lingkungan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini yaitu :

- Bagaimana analisis *Levelized Cost of Energy* (LCOE) dilakukan untuk menilai biaya produksi energi listrik per kWh dari sistem PLTS *Rooftop On-Grid* berkapasitas 13.200 Wp yang direncanakan di Kantor PLN ULP Atambua?
- Bagaimana kelayakan ekonomi teknis dengan menggunakan metode *Life Cycle Cost* (LCC) pada perencanaan sistem PLTS *Rooftop On-Grid* kapasitas 13.200 Wp di Kantor PLN ULP Atambua?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada :

- a. Perhitungan kelayakan ekonomi teknik dilakukan berdasarkan metode *Life Cycle Cost* (LCC) yang mencakup biaya investasi awal, biaya *replacement*, biaya operasional dan pemeliharaan (O&M).
- b. Evaluasi kelayakan ekonomi dilakukan dengan menggunakan parameter *Cost of Energy* (COE), *Net Present Value* (NPV), *Profitability Index* (PI), *Payback period* dan *Internal Rate of Return* (IRR) sebagai indikator utama dalam menilai efisiensi biaya dan kelayakan investasi sistem.
- c. Sumber data perhitungan kelayakan ekonomi diperoleh dari desain PLTS *Rooftop On-Grid* yang dikembangkan oleh salah satu kelompok dalam kegiatan *Capstone Project*, dengan studi kasus yang sama berlokasi di Kantor PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Atambua.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

- a. Melakukan analisis *Levelized Cost of Energy* (LCOE) dilakukan untuk menilai biaya produksi energi listrik per kWh dari sistem PLTS *Rooftop On-Grid* berkapasitas 13.200 Wp yang direncanakan di Kantor PLN ULP Atambua.
- b. Menghitung kelayakan ekonomi teknis perencanaan sistem PLTS *Rooftop On-Grid* berkapasitas 13.200 Wp di Kantor PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Atambua dengan metode *Life Cycle Cost* (LCC).

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara akademik maupun praktis yaitu :

1.5.1 Manfaat Akademik

- a. Memberikan kontribusi dalam pengembangan kajian energi terbarukan, khususnya sistem PLTS *Rooftop On-Grid* pada bangunan instansi Pemerintah;
- b. Menambah literatur ilmiah terkait analisis kelayakan ekonomi sistem PLTS *Rooftop On-Grid* di lingkungan perkantoran;
- c. Mendukung pencapaian target bauran energi nasional sesuai Kebijakan Energi Nasional (KEN) melalui pengembangan energi baru dan terbarukan;

- d. Mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil serta mendorong penelitian lanjutan terkait mitigasi emisi karbon di sektor energi;
- e. Memberikan masukan akademis bagi pengambil kebijakan dalam penyusunan strategi pemanfaatan PLTS *Rooftop On-Grid* di sektor publik.

1.5.2 Manfaat Praktis

- a. Mendukung pemenuhan kebutuhan energi listrik di Kantor PT PLN ULP Atambua secara efisien, khususnya pada saat beban puncak di siang hari, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pasokan listrik dari jaringan utama PLN;
- b. Menyediakan alternatif solusi energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan melalui penerapan sistem PLTS *Rooftop On-Grid* sebagai bentuk kontribusi nyata upaya pengurangan emisi karbon di sektor energi;
- c. Memberikan gambaran teknis dan ekonomis yang aplikatif bagi instansi pemerintah dalam mempertimbangkan pemasangan sistem PLTS *Rooftop On-Grid*;
- d. Menjadi dasar pertimbangan bagi PT PLN dalam pengambilan keputusan investasi sistem PLTS *Rooftop On-Grid* dari aspek efisiensi biaya dan kelayakan ekonomi.

1.6 Sistematika Penulisan

a. Bab I: Pendahuluan

Bab ini membahas secara rinci mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan ruang lingkup penelitian, tujuan yang ingin dicapai, manfaat dari penelitian, serta sistematika penulisan laporan.

b. Bab II: Tinjauan Pustaka

Bagian ini menyajikan kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan, landasan teori terkait Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), konsep dasar perencanaan sistem PLTS, komponen utama yang digunakan dalam rancangan, serta gambaran awal investasi yang dibutuhkan.

c. Bab III: Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan lokasi dan waktu pelaksanaan penelitian, desain pendekatan yang digunakan, teknik pengumpulan data, metode analisis data yang diterapkan, serta penjadwalan kegiatan penelitian secara sistematis.

d. Bab IV: Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini dijelaskan hasil dari analisis permasalahan penelitian, yang meliputi deskripsi data yang diperoleh di lapangan, hasil perhitungan dan simulasi, serta pembahasan mendalam berdasarkan analisis teknis dan evaluasi investasi sistem PLTS.

e. Bab V: Penutup

Bab terakhir memuat kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, serta saran-saran yang ditujukan untuk pengembangan sistem ke depan dan potensi implementasi pada skala yang lebih luas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan diatas, ditarik dua kesimpulan yang menjawab dua rumusan masalah yang ditetapkan yakni :

1. *Levelized Cost of Energy* (LCOE) dilakukan untuk mengetahui sebesar besar biaya produksi energi listrik per kilowatt-jam (kWh) dari sistem PLTS *Rooftop On-Grid* berkapasitas 13.200 Wp yang direncanakan di Kantor PT PLN (Persero) ULP Atambua. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai LCOE sebesar Rp. 689,40 kWh. Nilai ini mencerminkan biaya rata-rata untuk menghasilkan satu kWh energi selama umur proyek. Biaya tersebut dihitung dari total biaya investasi, operasi, dan pemeliharaan sistem PLTS dibagi dengan total energi listrik yang dihasilkan selama 25 tahun. Nilai LCOE yang relatif rendah menunjukkan bahwa sistem PLTS ini dapat menjadi alternatif energi yang efisien dan kompetitif dalam jangka panjang.
2. Kelayakan ekonomi teknis menggunakan metode *Life Cycle Cost* (LCC) menunjukkan bahwa proyek ini layak untuk direalisasikan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *Net Present Value* (NPV) dari proyek sebesar Rp. 222.054.811,22, yang berarti bahwa proyek menghasilkan nilai ekonomi lebih besar dari biaya investasinya. Selain itu, nilai *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 11,73% menunjukkan bahwa tingkat pengembalian investasi lebih tinggi dibanding tingkat diskonto 5,75% yang digunakan dalam analisis. Hal ini menandakan bahwa sistem PLTS ini menguntungkan secara finansial dan layak dijalankan dari sudut pandang teknis dan ekonomi di lingkungan operasional PT PLN ULP Atambua.

5.2 Saran

1. Disarankan untuk mengembangkan model pemeliharaan prediktif berbasis *data analytics* dan *IoT sensor*, agar pengeluaran dalam *Operation & Maintenance* (O&M) dapat diminimalkan dan efisiensi kinerja panel tetap tinggi sepanjang umur proyek. Hal ini sejalan dengan prinsip optimasi LCC secara real-time dan dinamis.
2. Perlu dilakukan perbandingan antara *Cost of Energy* dari PLTS *Rooftop On-Grid* dengan sumber energi konvensional yang disuplai oleh jaringan PLN (diesel, batu bara). Ini akan memperjelas seberapa kompetitif energi surya secara finansial, terutama jika insentif atau carbon pricing diberlakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. S. Anjaini, A. Lomi, and A. U. Krismanto, “Perencanaan PLTS *Rooftop* di Klinik Hewan Tutu Kota Banjarbaru Kalimantan Selatan,” [Online]. Available: <http://eprints.itn.ac.id/11072/>
- [2]. A. Ardiansyah, I. N. Setiawan, and I. W. Sukerayasa, “Perancangan PLTS Atap On Grid System pada Kantor Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Penelitian dan Pengembangan Kota Probolinggo,” *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 4, p. 200, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.24843/spektrum.2021.v08.i04.p23>
- [3]. N. Caglayan, “The Technical and Economic Assessment of a Solar Rooftop Grid-Connected Photovoltaic System for a Dairy Farm,” *Energies*, vol. 16, no. 20, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/en16207043>
- [4]. I. K. H. Wijaya, I. N. S. Kumara, and W. G. Ariastina, “Analisis PLTS Atap 25 kWp On Grid Kantor DPRD Provinsi Bali,” *J. SPEKTRUM*, vol. 9, no. 2, pp. 128–135, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.24843/spektrum.2022.v09.i02.p15>
- [5]. A. Kusumawardani and M. I. Alamsyah, “Analisis perhitungan BEP (break even point) dan margin of safety dalam penentuan harga jual pada usaha kecil menengah,” *J. Ilmu Keuangan dan Perbankan (JIKA)*, vol. 9, no. 2, pp. 117–130, 2020.
- [6]. C. T. Manik, F. D. Wijaya, and T. Juliandhy, “Evaluation of *Hybrid* System Solar-Wind-Diesel in Nusa Penida Bali-Indonesia,” *Int. J. Sci. Eng. Res.*, 2014.
- [7]. I. M. A. Nugraha et al., “Pendampingan teknis pemasangan dan perawatan pembangkit listrik tenaga surya di Desa Tablolong Nusa Tenggara Timur,” *Rengganis J. Pengabd. Masy.*, vol. 1, no. 2, pp. 97–107, 2021.
- [8]. N. A. Pambudi, R. A. Firdaus, R. Rizkiana, D. K. Ulfa, and M. S. Salsabila, “Renewable Energy in Indonesia: Current Status, Potential, and Future Development,” *Sustainability*, vol. 15, no. 3, p. 2342, 2023.
- [9]. I. W. S. Putra, I. N. S. Kumara, and R. S. Hartati, “Analisis Tekno Ekonomi Implementasi Sistem PLTS Atap Pada Gedung Kantor Walikota Denpasar,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 21, no. 2, pp. 185–192, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.24843/mite.2022.v21i02.p05>
- [10]. W. Sukadana, G. N. A. P. Pujana, W. Y. Sugara, and M. Asna, “Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap On Grid System Pada PT. Balifoam Nusa Megah Bali,” *RELE: Rekayasa Elektrikal dan Energi: J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 45, pp. 151–160, 2024. [Online]. Available:

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

- [11]. I. G. N. S. Waisnawa, I. M. Rajendra, and I. M. Sudana, “Analisis Risiko Investasi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu di Nusa Penida,” **Matrix: J. Manaj. Teknol. dan Inform.**, vol. 5, no. 2, pp. 1–7, 2017.
- [12]. I. W. Y. M. Wiguna, W. G. Ariastina, and I. N. S. Kumara, “Kajian Pemanfaatan Stand Alone Photovoltaic System untuk Penerangan Jalan Umum di Pulau Nusa Penida,” **Buletin Electr. Technol.**, vol. 11, no. 2, 2012.
- [13]. I. W. S. Yasa, G. Nur, and M. Asna, “Analisis Sistem House Load dalam Menunjang Keandalan Penyaluran Listrik di PLTDG Pesanggaran,” **J. Ilm. Telsinas Elektro, Sipil dan Tek. Informasi**, vol. 4, no. 2, pp. 110–119, 2021.
- [14]. Z. Zulkifli, W. Wilopo, and M. K. Ridwan, “An Analysis of Energy Production of Rooftop On Grid Solar Power Plant on A Government Building (A Case Study of Setjen KESDM Building Jakarta),” **JPSE (J. Phys. Sci. Eng.)**, vol. 4, no. 2, pp. 55–66, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.17977/um024v4i22019p055>
- [15]. Bagaskoro, B., Windarta, J., & Denis, D. (2019). Perancangan Dan Analisis Ekonomi Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Offgrid Menggunakan Perangkat Lunak Homer Di Kawasan Wisata Pantai Pulau Cemara. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 8(2), 152-157.
- [16]. Halim, L. (2022). Analisis Teknis dan Biaya Investasi Pemasangan PLTS On Grid dan Off Grid di Indonesia. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 5(2), 131-136.
- [17]. Windarta, J. (2021). Analisis Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-Grid* Menggunakan Software PVSyst untuk Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) Coffeeshop Remote Area.
- [18]. Pramudita, B. A., Aprillia, B. S., & Ramdhani, M. (2021). Analisis ekonomi on grid plts untuk rumah 2200 va. *Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan*, 1(2).
- [19]. Herliyanso, D., & Rozak, O. A. (2023). Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-Grid* Sebagai Suplai Daya Listrik Perpustakaan Universitas Pamulang. *Electrices*, 5(1), 20-29.
- [20]. Husnayain, F., & Luthfy, D. (2020). Analisis rancang bangun PLTS *Off-Grid* hibrid baterai dengan PVSYST pada kantin teknik FTUI. *Electrices*, 2(1), 21-29.
- [21]. Pasaribu, R. M., & Tharo, Z. (2023). Mekanisme Perencanaan Plts *Off-Grid* Untuk Daya 1300va Pada Rumah Tinggal. *E-Link: Jurnal Teknik Elektro dan*

Informatika, 18(2), 52-58.

- [22]. Raya, K. S. R. K. K. (2015). Kajian Teknis dan Analisis Ekonomis PLTS *Off-Grid* Solar System sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Vol*, 7(1).
- [23]. Kossi, V. R. (2018). Perencanaan PLTS Terpusat (*Off-Grid*) di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah. *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, 6(1).
- [24]. Windarta, J., Sinuraya, E. W., Abidin, A. Z., Setyawan, A. E., & Angghika, A. (2020, January). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berbasis Homer Di SMA Negeri 6 Surakarta Sebagai Sekolah Hemat Energi Dan Ramah Lingkungan. In *Prosiding Seminar Nasional MIPA Kolaborasi* (Vol. 2, No. 1, pp. 21-36).
- [25]. Sirumapea, P. (2023). *Perencanaan dan Analisis Ekonomi Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Offgrid di Wilayah Kecamatan Onan Runggu Samosir, Sumatera Utara* (Doctoral dissertation, Universitas Kristen Indonesia).
- [26]. Michael Parningotan Sitohang, M. (2019). *PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) TERPUSAT OFF-GRID SYSTEM (Studi Kasus: Desa Tanjung Beringin, Kabupaten Kampar, Riau)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau).