

Studi Teknis dan Ekonomis PLTS Atap Kapasitas 38,2 KWp

Bunga Jasmine Alvriyanto^{1*}, Triwahju Hardianto¹, Azmi Saleh¹, Widjanarko¹, RB. Moch. Gozali¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember

Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Kec. Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121

*Corresponding author. Email: bungajasmine494@gmail.com

Abstrak

Studi ini menganalisis pemasangan Sistem PLTS atap pada Gedung IsDB Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology Fakultas Teknik Universitas Jember. Gedung tersebut memiliki luas bangunan 4.888 m² dengan pemanfaatan ruangan sebesar 64%. Listrik Gedung ini dipasok dari PLN sebagai pelanggan kategori LS-3 dengan daya terpasang 690.000 VA dan biaya pembayaran Rp. 2.032,-/kWh. Tagihan listrik gedung tersebut mencapai Rp. 849.611.700. Data beban listrik dicatat secara otomatis menggunakan sistem Automatic Meter Reading (AMR), dengan profil konsumsi tertinggi pada pukul 12.00 WIB sebesar 51,8 kWh dan terendah pada pukul 6.00 WIB sebesar 27,5 kWh. Desain PLTS atap gedung ini menggunakan software Helioscope dengan kapasitas 38.2 kWp dan produksi tahunan sebesar 46,12 MWh. Dalam Permen ESDM No. 21 tahun 2021, energi PLTS yang dapat dijual mencapai 100% dari hasil produksi. Penggunaan listrik yang belum maksimal dan tagihan listrik di bawah rekening minimum memungkinkan energi berlebih dapat dijual ke PLN dengan perkiraan pendapatan Rp93.310.066 per tahun. Investasi total pemasangan PLTS atap gedung ini adalah Rp. 544.236.000. Hasil analisis menunjukkan parameter investasi yang layak, dengan Net Present Value (NPV) positif sebesar Rp. 534.162.123, indeks profitabilitas (Profitability Index) sebesar 1,98, dan Payback Period (PBP) sebesar 8,5 tahun. Hasil tersebut menunjukkan nilai yang lebih kecil dari umur investasi 25 tahun yang direncanakan.

Kata Kunci — helioscope, net present value, panel surya, Payback Period, plts atap, Profitability Index

Abstract

Abstract— This study analyzes the installation of a Solar Power Generation System on the roof of the IsDB Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology, Faculty of Engineering, Universitas Jember. The building has a total area of 4,888 m² with room utilization rate of 64%. Currently, the electricity for this building is supplied by the state-owned electricity company, Perusahaan Listrik Negara (PLN), as a LS-3 category customer, with an installed capacity of 690,000 VA and a tariff of Rp. 2,032 per kWh. The electricity bill for the building amounts to Rp. 849,611,700 per year. The electricity load data is automatically recorded using an AMR system, with the highest consumption profile recorded at 12:00 PM (WIB) at 51.8 kWh and the lowest at 6:00 AM (WIB) at 27.5 kWh. The design of the rooftop PLTS for this building uses Helioscope software with a capacity of 38.2 kWp and an annual production of 46.12 MWh. According to Minister of

Energy and Mineral Resources Regulation No. 21 of 2021, solar energy can be sold up to 100% of the production. The underutilized electricity consumption and the electricity bill below the minimum payment allow the excess energy to be sold back to PLN, with an estimated income of Rp. 93,310,066 per year. The total investment for the installation of the rooftop PLTS in this building is Rp. 544,236,000. The analysis results show favorable investment parameters, with a positive Net Present Value (NPV) of Rp. 534,162,123, a Profitability Index of 1.98, and a Payback Period (PBP) of 8.5 years. These results indicate values that are lower than the planned 25-year investment lifespan.

Keywords — helioscope, net present value, Payback Period, Profitability Index, solar panel, solar rooftop system

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan pola konsumsi energi [1]. Namun, ketersediaan energi fosil yang menjadi sumber utama pembangkit listrik semakin menipis dan berkontribusi besar terhadap emisi gas rumah kaca [2]. Dalam upaya menurunkan emisi gas rumah kaca, pemerintah Indonesia berkomitmen untuk mengembangkan sumber energi terbarukan. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar di Indonesia adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [3]. Indonesia, sebagai negara tropis dengan letak di sepanjang garis khatulistiwa, memiliki tingkat penyinaran matahari yang tinggi [4]. Namun pemanfaatan energi surya hanya sekitar 0,05% dari potensi yang ada. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia memiliki target ambisius untuk mengembangkan PLTS dengan kapasitas 6,5 GW pada tahun 2025 dan 45 GW pada tahun 2050 [5]. Dukungan terhadap pengembangan energi terbarukan juga muncul dalam RUPTL PLN 2021-2030, yang memperbesar porsi pembangkit Energi Baru Terbarukan (EBT) [6].

Penelitian ini merujuk pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Muhammad Fakhrial dari Universitas Jember. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa PLTS Atap memiliki potensi yang layak dan menguntungkan secara teknis dan ekonomis [7]. Jurnal [8] dengan judul "Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar". Penelitian ini menggunakan PLTS jenis On Grid dan menggunakan software simulator Helioscope. Hasilnya

menunjukkan bahwa pemasangan PLTS dengan sudut optimal menghasilkan energi yang lebih besar. Jurnal [9] dengan judul "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 KWP pada Kanto Gubernur Bali". Penelitian ini juga menggunakan PLTS jenis On Grid dengan menggunakan software simulator Helioscope. Hasilnya menunjukkan produksi energi yang berbeda-beda pada setiap bulan. Penelitian [10] dengan judul "Analisa Keekonomian Tarif Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1 MWP Bangli dengan Metode *Life Cycle Cost*". Penelitian ini menggunakan PLTS jenis On Grid Connected dengan konfigurasi inverter string. Hasilnya menunjukkan kelayakan ekonomi berdasarkan parameter NPV, PBP, IRR, dan PI.

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN METODE

A. Potensi Matahari

Matahari merupakan salah satu energi terbesar yang bisa diperbaharui dan mampu menghasilkan energi listrik [11]. Energi ini dihasilkan dari radiasi cahaya matahari dengan berbagai panjang gelombang, mulai dari ultraviolet, cahaya tampak, sampai infrared dari spektrum elektromagnetik [12].

Indonesia terletak pada garis khatulistiwa, sehingga Indonesia memiliki berbagai potensi terbaharukan [13]. Salah satu potensi tersebut adalah sumber energi matahari yang berlimpah. Rata-rata intensitas radiasi matahari di Indonesia setiap harinya adalah 4,8 kWh/m² [14]. Jawa Timur memiliki intensitas radiasi matahari rata-rata 3,786 kWh/m²/hari. Penelitian ini berlokasi pada salah satu bangunan di Universitas Jember yaitu Gedung IsDB *Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology* yang memiliki potensi energi matahari cukup besar yaitu 1915,0 kWh/m²/tahun atau 5,247 kWh/m² per hari [15].

Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Pengukuran akan dilakukan untuk mengumpulkan luas atap bangunan, beban listrik, instalasi listrik, dan konsumsi energi listrik pada gedung tersebut sebagai data primer. Data sekunder diperoleh melalui studi pustaka dan mencakup data radiasi matahari harian (kWh/m²/hari) serta spesifikasi komponen PLTS.

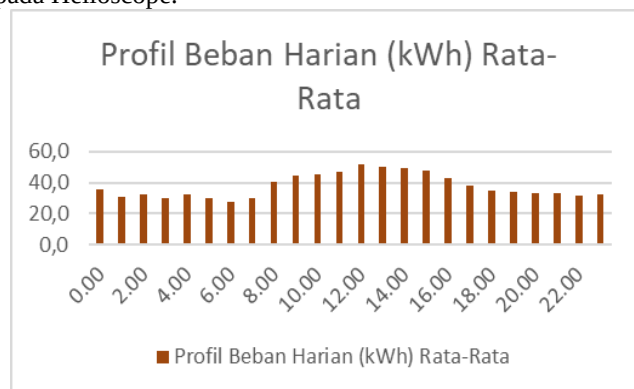
Analisis data teknis akan dilakukan untuk mengevaluasi potensi PLTS Atap pada Gedung IsDB *Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology* Fakultas Teknik. Perhitungan akan mencakup estimasi daya yang dapat dihasilkan oleh PLTS Atap dan produksi energi yang diperkirakan. Selain itu, perancangan sistem PLTS Atap yang sesuai akan dilakukan. Analisis data ekonomis akan melibatkan perhitungan beberapa rumus penunjang seperti *Net Present Value* (NPV), *Payback Period* (PBP), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Profitability Index* (PI). NPV digunakan untuk menghitung nilai bersih saat ini dari aliran kas masuk dan keluar yang diharapkan dari investasi PLTS Atap. PBP digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan agar investasi dapat mengembalikan modal awal. IRR digunakan untuk menghitung tingkat pengembalian

internal dari investasi. Sedangkan PI digunakan untuk mengukur profitabilitas suatu proyek atau investasi.

Hasil analisis data teknis dan ekonomis akan diinterpretasikan untuk menentukan potensi dan kelayakan PLTS Atap pada Gedung IsDB *Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology* Fakultas Teknik. Temuan penelitian ini akan digunakan untuk memberikan rekomendasi terkait implementasi PLTS Atap yang efisien dan ramah lingkungan.

B. Identifikasi Lokasi

Lokasi pemasangan PLTS Atap adalah pada atap utama, *concrete roof* kanan dan kiri gedung IsDB *Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology* Fakultas Teknik. Luasan atap utama adalah 4198,8 m² atau 390 m². Untuk luasan lantai ATAP atau *concrete roof* setiap sisinya adalah 85m². Sehingga luas *concrete roof* kanan dan kiri adalah 170 m². Luasan total seluruh atap gedung IsDB *Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology* Fakultas Teknik adalah 560m². Pada atap utama akan mengalami shading dari *concrete roof* kanan dan kiri dengan tinggi 3,3 m². Sehingga luasan atap nantinya akan berkurang saat desain PLTS Atap pada Helioscope.



Gambar 1. Grafik Profil Beban Harian Rata-rata

Berdasarkan Gambar 1, profil beban harian Gedung dapat diperoleh dari data AMR (*Automatic Meter Reading*) yang disediakan oleh PT. PLN ULP Jember. Data ini mencakup profil beban harian pada setiap jam selama satu minggu. Berdasarkan grafik rata-rata profil beban harian, terlihat bahwa puncak beban terjadi pada pukul 12.00 WIB dengan konsumsi listrik sebesar 51,8 kWh, sedangkan beban terendah terjadi pada pukul 6.00 WIB dengan konsumsi listrik sebesar 27,5 kWh.

Penggunaan listrik dalam gedung ini digunakan untuk mendukung berbagai fungsi, terutama dalam pelaksanaan kegiatan perkuliahan di laboratorium akademik. Beban listrik tersebut meliputi lampu, *Air Conditioner* (AC), komputer, LCD, proyektor, peralatan laboratorium, dan berbagai beban listrik lainnya. Data profil beban harian ini penting dalam analisis teknis untuk memahami pola konsumsi listrik gedung dan menentukan kebutuhan energi yang harus dipenuhi.

C. Komponen Sistem

Dalam penelitian ini, komponen pertama yang ditentukan adalah modul PV. Pemilihan modul PV didasarkan pada kebutuhan dan ketersediaannya di Indonesia. Modul PV yang digunakan dalam penelitian ini adalah produksi LONGi Solar, yang merupakan salah satu manufaktur panel PV surya teratas di kelas tier 1 menurut *The Bloomberg New Energy Finance* (BNEF) [16].

Selanjutnya, penentuan inverter dilakukan setelah mengetahui kapasitas total dari simulasi PLTS Atap. Inverter yang dipilih harus memiliki kapasitas yang lebih besar dari kapasitas total PLTS Atap. Pertimbangan harga dan ketersediaan inverter di Indonesia juga menjadi faktor dalam penentuan ini. Dalam simulasi ini, digunakan inverter produksi Growatt, yang merupakan salah satu dari 14 manufaktur inverter yang direkomendasikan menurut *The Bloomberg New Energy Finance* (BNEF).

Simulasi PLTS Atap dilakukan menggunakan perangkat lunak Helioscope. Input yang diperlukan dalam simulasi ini meliputi lokasi pemasangan, data geografis yang diperoleh dari Global Solar Atlas, rincian bangunan atau halangan di sekitar lokasi pemasangan, komponen yang akan digunakan, sudut azimuth, sudut tilt, tinggi pemasangan modul, dan jarak pemasangan modul. Sudut tilt atau sudut optimal yang digunakan adalah 12°, berdasarkan data dari *Global Solar Atlas* yang didapatkan dari letak geografis Kabupaten Jember sebagai bagian selatan bumi [17]. Dengan menggunakan data dan simulasi ini, akan dilakukan perancangan PLTS Atap yang optimal untuk Gedung IsDB *Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology* Fakultas Teknik Universitas Jember.

D. Perhitungan Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) untuk sistem PLTS Atap dihitung sebagai 1% dari total biaya investasi setiap tahun. Dalam penelitian ini, biaya O&M dihitung menggunakan persamaan 1.

$$O\&M = 1\% \times C \quad (1)$$

yaitu $O\&M = 1\% \times C$. Selanjutnya, biaya O&M selama umur investasi 25 tahun dapat dihitung menggunakan persamaan 2

$$Mpw = O\&M \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (2)$$

Selain itu, biaya penggantian komponen juga perlu ditentukan, dapat dihitung menggunakan persamaan 3

$$Rpw = R \left(\frac{1+d}{1+i} \right)^n \quad (3)$$

Untuk menghitung nilai *Life Cycle Cost* (LCC), seluruh biaya yang terkait dengan PLTS Atap harus diperhitungkan, termasuk biaya investasi awal, biaya O&M selama umur investasi, dan biaya penggantian komponen. LCC dihitung menggunakan persamaan 4.

$$LCC = C + Mpw + Rpw \quad (4)$$

Selanjutnya, biaya energi yang dibutuhkan untuk memproduksi setiap kWh energi listrik dengan PLTS Atap dapat dihitung. Perhitungan biaya energi menggunakan persamaan 5, untuk menghitung faktor pemulihan modal atau CRF. Kemudian, biaya energi (CoE) dihitung menggunakan persamaan 6

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5)$$

$$CoE = \frac{LCC \times CRF}{A \text{ kWh}} \quad (6)$$

Dengan menghitung biaya operasional, biaya penggantian komponen, dan biaya energi, dapat diperoleh gambaran mengenai aspek ekonomi dari penggunaan PLTS Atap pada Gedung IsDB *Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology* Fakultas Teknik Universitas Jember.

E. Parameter Kelayakan Ekonomi

Analisis kelayakan dari segi ekonomi menggunakan empat parameter yaitu NPV (Net Present Value), PI (*Profitability Index*), dan PBP (*Payback Period*).

1) Net Present Value

NPV digunakan untuk menentukan nilai penerimaan uang dengan mempertimbangkan kondisi masa mendatang. NPV adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kelayakan investasi. Nilai NPV dapat dihitung menggunakan persamaan 7-10 sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=25}^n PVNCF - C \quad (7)$$

$$PVNCF = NCFt \times DFt \quad (8)$$

$$NCFt = Kas \text{ Masuk} - Kas \text{ Keluar} \quad (9)$$

$$DFt = \frac{1}{(1+i)^t} \quad (10)$$

Dalam rumus NPV, terdapat beberapa variabel penting. PVNCF (*Present Value of Net Cash Flow*) merupakan hasil perkalian antara aliran kas bersih (NCFt) dengan faktor diskonto (DFt). Aliran kas bersih adalah selisih antara kas masuk dan kas keluar. Faktor diskonto (DFt) menggambarkan nilai saat ini dari aliran kas pada periode waktu tertentu, dengan memperhitungkan tingkat suku bunga (i) dan periode waktu (t). Selanjutnya, NPV dihitung dengan menjumlahkan seluruh PVNCF dan dikurangi dengan biaya investasi awal (C). Jika NPV bernilai positif, maka proyek dikatakan layak, jika negatif maka tidak layak, dan jika nol maka proyek tidak menguntungkan maupun merugikan.

2) Profitability Index

PI (*Profitability Index*) merupakan parameter yang membandingkan antara nilai penerimaan arus kas atau kumulatif PVNCF dengan nilai pengeluaran arus kas. Nilai PI dihitung menggunakan persamaan 11.

$$PI = \frac{kPVNCF}{c} \quad (11)$$

kPVNCF adalah nilai kumulatif dan C adalah biaya investasi awal sistem PLTS. Sebagai parameter kelayakan ekonomi, jika nilai PI sama atau lebih besar dari 1, maka proyek dinyatakan layak. Sebaliknya, jika nilai PI lebih kecil dari 1, maka proyek dikatakan tidak layak.

3) Payback Period

PBP (*Payback Period*) merupakan periode pengembalian investasi yang dicari dengan menghitung berapa tahun kas bersih nilai sekarang (PVNCF) kumulatif yang ditaksir akan sama dengan nilai investasi awal. Nilai PBP dapat dihitung menggunakan persamaan 12.

$$PBP = \text{Year before recovery} + \frac{C}{kPVNCF} \quad (12)$$

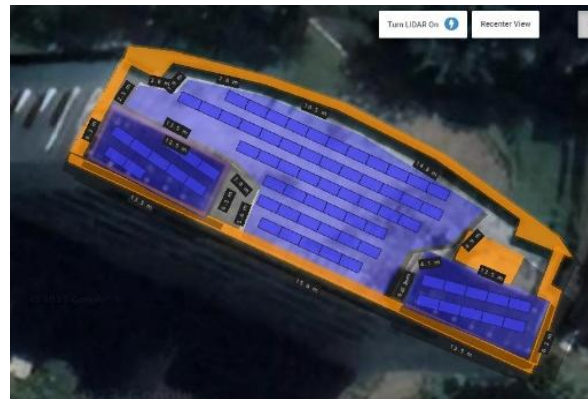
c adalah biaya investasi awal sistem PLTS dan kPVNCF adalah nilai kumulatif PVNCF. Dalam penelitian ini, ketiga parameter tersebut akan digunakan untuk mengevaluasi kelayakan ekonomi dari implementasi PLTS pada Gedung IsDB *Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology* Fakultas

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain Simulasi PLTS Atap

Dalam desain simulasi PLTS Atap menggunakan Helioscope, langkah pertama adalah memasukkan nama dan alamat lokasi pemasangan untuk mendapatkan data geografis. Setelah itu, dilakukan pemilihan area yang dapat digunakan untuk memasang PLTS Atap, dengan mempertimbangkan modul PV yang digunakan. Pada penelitian ini, modul PV yang digunakan adalah Solar LR5-72HPH-545M dengan STC Rating 545 W.

Selanjutnya, data seperti tinggi pemasangan modul, sudut azimuth, tilt, dan jarak antar baris pemasangan modul PV dimasukkan dalam simulasi. Setelah memasukkan data-input yang lengkap, didapatkan desain simulasi PLTS Atap dengan luasan yang dapat digunakan, serta disertai dengan desain tampak atas dan tampak samping PLTS Atap. Desain ini mencakup jarak antar baris modul PV sebesar 1 meter. Inverter yang dipilih untuk sistem PLTS Atap adalah menggunakan Growatt 40000TL3-NS (40 kW) sebagai inverter dalam simulasi. Jumlah inverter ini dipertimbangkan berdasarkan efisiensi dan harga komponen. Setelah memasukkan semua data yang diperlukan, diketahui bahwa kapasitas total PLTS Atap Gedung IsDB *Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology* Fakultas Teknik Universitas Jember adalah 38,2 kWp. Rincian kapasitas masing-masing lokasi, seperti concrete roof kanan, concrete roof kiri, dan atap utama, juga diberikan.



Gambar 2. Desain Tampak Atas PLTS Atap

Desain yang ditunjukkan Gambar 2 menggunakan total 70 modul surya yang didesain dalam 2 array, dengan setiap array terdiri dari 2 string. Jumlah modul dalam setiap string ditentukan berdasarkan kebutuhan. *Single line diagram* (SLD) juga disertakan dalam desain simulasi PLTS Atap.

B. Hasil Simulasi Unjuk Kerja PLTS Atap

Hasil simulasi unjuk kerja PLTS Atap menunjukkan bahwa nilai produksi energi tahunan sistem ini mencapai 49,15 MWh

Produksi energi bulanan PLTS Atap memiliki variasi yang signifikan. Pada bulan Agustus, produksi listrik mencapai nilai tertinggi sebesar 4.619,8 kWh, sementara pada bulan Desember, produksi listrik berada pada titik terendah sebesar 3.371,4 kWh. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan intensitas sinar matahari, suhu, dan kondisi iklim setiap bulannya.

Dalam perancangan PLTS Atap ini, terdapat beberapa faktor rugi-rugi daya yang mempengaruhi performa sistem. Beberapa faktor tersebut meliputi *AC System*, *Shading*, *Reflection*, *Soiling*, *Irradiance*, *Temperature*, *Mismatch*, *Wiring*, *Clipping*, dan *Inverters*. Dalam penelitian ini, rugi-rugi daya terbesar disebabkan oleh faktor *Temperature*, dengan persentase sebesar 6,7%. Hal ini menunjukkan bahwa suhu memainkan peran penting dalam performa sistem PLTS Atap. Sementara itu, faktor rugi-rugi daya yang paling kecil terjadi pada *Clipping*, dengan persentase 0,0%.

C. Perhitungan Investasi PLTS Atap

Biaya investasi PLTS Atap Gedung IsDB *Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology* Fakultas Teknik Universitas Jember telah dianalisis dan dijelaskan dalam Tabel 1.



TABEL I. RANCANGAN ANGGARAN BIAYA INVESTASI PLTS ATAP

No	BQ	Qty	Unit	Price/Qty	Price
1	Solar Panel	70	pcs	Rp3.500.000	Rp245.000.000
2	Inverter	1	pcs	Rp82.000.000	Rp82.000.000
3	Biaya Struktur	1	set	Rp67.150.000	Rp67.150.000
4	Biaya Aksesoris	1	set	Rp53.720.000	Rp53.720.000
5	Biaya Instalasi	1	set	Rp53.720.000	Rp53.720.000
6	Biaya SLO	690.000	VA	Rp13	Rp8.970.000
7	Net Metering	1	pcs	Rp1.700.000	Rp1.700.000
Total					Rp512.260.000
PPN 10%					Rp51.226.000
Total + PPN 10%					Rp563.486.000

D. Biaya Operasional and Maintenance, LCC, and Energy

Biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) PLTS Atap Gedung IsDB *Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology* Fakultas Teknik Universitas Jember telah dihitung. Berdasarkan persamaan 2.3, biaya O&M dihitung sebagai 1% dari total biaya investasi, yaitu sebesar Rp. 563.486.000. Oleh karena itu, biaya O&M setiap tahunnya adalah sebesar Rp. 5.634.860.

Selanjutnya, untuk menentukan biaya operasi dan pemeliharaan sistem PV selama umur investasi (n) selama 25 tahun, suku bunga bank yang digunakan adalah 5,75% sesuai dengan ketentuan Bank Indonesia. Menggunakan persamaan 2.4, biaya operasi dan pemeliharaan selama umur investasi (Mpw) dihitung menjadi Rp. 73.775.795. Selain itu, biaya penggantian komponen juga perlu ditentukan, terutama untuk inverter. Dalam penelitian ini, inflasi yang digunakan adalah 5,51% sesuai dengan ketentuan Bank Indonesia tahun 2023. Dalam datasheet Inverter Growatt 4000TL3-NS, penggantian inverter direkomendasikan setiap 10 tahun sesuai dengan masa garansi. Oleh karena itu, biaya penggantian komponen (Rpw) pada tahun ke-10 dihitung menggunakan persamaan 2.5 menjadi Rp. 80.157.898. Sedangkan pada tahun ke-20, biaya penggantian komponen (Rpw) dihitung menjadi Rp. 78.357.179. Kemudian, dilakukan perhitungan *Life Cycle Cost* (LCC) dengan persamaan 2.2, menjadi Rp. 795.776.872.

E. Analisa Kelayakan Ekonomi

Perhitungan NPV dipengaruhi oleh arus kas dan biaya investasi awal. Untuk menghitung NPV, diperlukan faktor diskonto (DF) yang digunakan untuk menyesuaikan nilai arus kas bersih (*Net Cash Flow*) dalam setiap tahunnya.

$$DF_t = \frac{1}{(1+0,0575)^t} \quad (13)$$

$$DF_t = 0,95 \quad (14)$$

Nilai arus kas bersih (NCF) didapatkan dari selisih antara kas masuk dan kas keluar, dengan asumsi kas masuk sebesar Rp99.428.629 yang diasumsikan stabil sepanjang umur investasi, biaya operasional dan pemeliharaan sebesar Rp5.634.860 setiap tahun, serta biaya penggantian inverter pada tahun ke-10 sebesar Rp80.157.898 dan pada tahun ke-20 sebesar Rp78.357.179.

$$NCF = Rp.99.428.629 - Rp.5.634.860 \quad (15)$$

$$NCF = Rp.93.793.769 \quad (16)$$

PVNCF pada tahun investasi ke-1 dihitung menggunakan persamaan 17.

$$PVNCF = Rp.93.793.769 \times 0,95 \quad (17)$$

$$= Rp.88.693.872 \quad (18)$$

1) Perhitungan Net Present Value

NPV diperoleh dengan menghitung selisih antara arus kas bersih kumulatif (K-PVNCF₂₅) dengan nilai investasi awal. Dalam penelitian ini, NPV dihitung menggunakan persamaan 19 sebagai berikut:

$$NPV = Rp.1.156.575.196 - Rp.563.486.000 \quad (19)$$

$$NPV = Rp.593.089.196 \quad (20)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, NPV memiliki nilai positif sebesar Rp. 593.089.196 (>0). Sesuai dengan kriteria kelayakan NPV, investasi ini dapat dikatakan layak karena nilai NPV lebih besar daripada 0 atau bernilai positif.

2) Perhitungan Profitability Index (PI)

PI diperoleh dengan membandingkan nilai arus kas kumulatif dengan biaya investasi. Dapat dihitung menggunakan persamaan 21 sebagai berikut:

$$PI = \frac{Rp1.156.575.196}{Rp563.486.000} \quad (21)$$

$$PI = 2,05 \quad (22)$$

Sebagai salah satu parameter kelayakan ekonomi, PI memiliki kriteria kelayakan yang menyatakan bahwa investasi dianggap layak jika nilai PI lebih besar dari 1. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai PI sebesar 2,05 (>1), sehingga investasi ini dapat dikatakan layak berdasarkan parameter PI.

3) Perhitungan Pay Back Period (PBP)

PBP didapatkan dari tahun saat nilai NPV positif yang dijumlahkan dengan hasil bagi investasi awal dengan kumulatif PVNCF. Nilai NPV bernilai positif pada tahun ke-8 investasi. Sehingga dapat diperoleh nilai PBP sesuai dengan persamaan 23 adalah sebagai berikut.

$$PBP = 8 + \frac{Rp563.486.000}{Rp1.156.575.196} \quad (23)$$

$$PBP = 8,5 \text{ Tahun} \quad (24)$$

Sebagai salah satu parameter kelayakan ekonomi PBP memiliki kriteria kelayakan ekonomi yaitu apabila nilai PBP lebih kecil daripada umur investasi maka investasi dikatakan

layak. Pada perhitungan diatas diketahui nilai PBP 8,5 dimana nilai ini lebih kecil daripada umur investasi yaitu 25 tahun. Sehingga investasi dapat dikatakan layak dari parameter PBP.

IV. KESIMPULAN

Potensi PLTS Atap penempatan di Gedung ISDB *Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology* Fakultas Teknik Universitas Jember memiliki kapasitas sebesar 38,2 kWp dan nilai produksi tahunan sebesar 49,15 MWh. Dalam perencanaan pemasangan PLTS Atap, digunakan modul PV Longi Solar LR5-72HPH-545M dan Inverter Growatt 40000TL3-NS. Pemasangan modul PV dilakukan pada atap utama dengan 50 modul PV, concrete roof kanan dengan 10 modul PV, dan concrete roof kiri dengan 10 modul PV. Dengan demikian, total keseluruhan modul PV yang digunakan adalah 70 modul. Dalam aspek ekonomi, biaya siklus hidup investasi pemasangan PLTS Atap di Gedung ISDB *Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology* Fakultas Teknik Universitas Jember diperkirakan sebesar Rp. 795.776.872. Berdasarkan tiga parameter evaluasi ekonomi, yaitu NPV, PI, dan PBP, investasi ini dapat dikatakan layak. Nilai NPV yang diperoleh sebesar Rp. 593.089.196 (>0) menunjukkan investasi layak. Nilai PI sebesar 2,05 (>1) juga menunjukkan kelayakan investasi. Selain itu, nilai PBP yang lebih kecil dari umur investasi, yaitu 8,5, juga menunjukkan kelayakan investasi untuk dijalankan. Dalam jangka waktu investasi, penghematan tagihan listrik mulai terlihat efektif pada tahun ke-8 dengan persentase penghematan sebesar 11%. Namun, terdapat penurunan penghematan pada tahun ke-10 dan ke-20 sebesar 1,6% dan 1,8% dikarenakan pergantian inverter. Investasi pemasangan PLTS Atap di Gedung ISDB *Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology* Fakultas Teknik Universitas Jember memiliki potensi yang baik dan layak untuk dilaksanakan. Selain memberikan kontribusi terhadap penghematan energi, investasi ini juga memberikan keuntungan finansial yang menguntungkan dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Dengan demikian, investasi PLTS Atap di Gedung ISDB *Integrated Laboratory for Engineering Biotechnology* Fakultas Teknik Universitas Jember merupakan pilihan yang baik untuk mendorong penggunaan energi terbarukan dan efisiensi energi di lingkungan kampus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis erterima kasih kepada Universitas Jember atas kesempatan yang diberikan untuk melaksanakan penelitian ini. Kami mengapresiasi lingkungan akademik yang inspiratif dan sumber daya yang telah disediakan oleh universitas untuk mendukung penelitian kami

REFERENSI

- [1] Elinur, "Perkembangan Konsumsi dan Penyediaan Energi dalam Perekonomian Indonesia," *Indones. J. Agric. Econ.*, vol. 1, no. 1, pp. 19–38, 2010.
- [2] M. Ali and J. Windarta, "Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Energi

- Bersih yang Ramah Lingkungan," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 1, no. 2, pp. 68–77, 2020, doi: 10.14710/jebt.2020.10059.
- [3] K. PPN/Bappenas., "PENYUSUNAN RANCANGAN PERUBAHAN PERATURAN PRESIDEN NOMOR 61 TAHUN 2011," 2016. <https://jdih.bappenas.go.id/berita/detailberita/305>
- [4] P. Herjuno and D. A. Citraningrum, "Rekayasa Shading Device Gedung Fakultas Teknik Pertanian Universitas Brawijaya untuk Mengurangi Penerimaan Radiasi Matahari," *J. Mhs. Jur. Arsit.*, vol. 6, no. 3, pp. 1–10, 2018.
- [5] D. J. EBTKE, "Peluang Besar Kejar Target EBT Melalui Energi Surya," 2019. <https://www.esdm.go.id/id/berita-unit/direktorat-jenderal-ebtke/peluang-besar-kejar-target-ebt-melalui-energi-surya>
- [6] Kemen-ESDM, "Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral No 26 Tahun 2021 Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Yang terhubung Pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Untuk Kepentingan Umum," *Ber. Negara RI tahun 2021 Nomor 948*, no. 1, pp. 1–35, 2021.
- [7] M. Fakhrial, "Kajian Teknis Dan Ekonomis Plts Atap Penempatan Di Gedung Mpp Kota Probolinggo," 2022.
- [8] H. Kristiawan, I. N. S. Kumara, and I. A. D. Giriantari, "Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar," *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 4, p. 66, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i04.p10.
- [9] M. R. Wicaksana, I. N. S. Kumara, and I. A. . Giriantari, "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 Kwp Pada Kantor Gubernur Bali," *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 3, p. 107, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i03.p15.
- [10] I. B. Ketut Sugirianta, I. Giriantari, and I. N. Satya Kumara, "Analisa Keekonomian Tarif Penjualan Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1 MWp Bangli Dengan Metode Life Cycle Cost," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 15, no. 2, pp. 121–126, 2016, doi: 10.24843/mites.1502.18.
- [11] D. F. Silalahi and D. Gunawan, "Solar Energy Potentials and Opportunity of Floating Solar PV in Indonesia," *Indones. Post-Pandemic Outlook Strateg. Towar. Net-Zero Emiss. by 2060 from Renewables Carbon-Neutral Energy Perspect.*, 2022, doi: 10.55981/brin.562.c5.
- [12] T. Artiningrum and J. Havianto, "Meningkatkan Peran Energi Bersih Lewat Pemanfaatan Sinar Matahari," *Geoplanart*, vol. 2, no. 2, pp. 100–115, 2019.
- [13] E. Y. Lestari, S. Sumarto, and I. Artikel, "Indonesian Journal of Conservation," *Indones. J. Conserv.*, vol. 8, no. 01, pp. 93–102, 2019, doi: 10.15294/ijc.v11i2.40599.
- [14] R. Arindya, *Energi Terbarukan*. Yogyakarta: Teknosain, 2018.
- [15] G. S. Atlas, "Global Solar Atlas." <https://globalsolaratlas.info/>
- [16] B. N. E. Finance, "Solar panel and inverter manufacturers rankings." <https://suntiago.com/essential-information/brands-ranking/>
- [17] Pemerintah Daerah Kabupaten Jember, "Geografis dan Topografi," 2023. <https://www.jemberkab.go.id/selayang-pandang/geografis-dan-topografi/>

