



Kajian Tekno Ekonomi Sistem *On-Grid* pada *Smart Greenhouse*

Siti Diah Ayu Febriani ^{1*}, Chela Tia Rani ¹

Sitasi: Febriani, S. D. A.; Rani, C. T. (2024). Kajian Tekno Ekonomi Sistem *On-Grid* pada *Smart Greenhouse*. J-TETA: Jurnal Teknik Terapan, V(3) N(1), hlm. 1 – 9.

¹ Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember

* Korespondensi: siti_diah@polije.ac.id; Tel: +6282140923391

Abstract: Solar power Plant system is one of the renewable energy that potential to be developed in Indonesia. Indonesia have an area with solar potential for solar radiation with average of 4,8 kWh/m²/day. The aims of The application of solar photovoltaic (PLTS) technology to the Smart Greenhouse of Politeknik Negeri Jember is achieve electricity savings and emission reduction. In this research was conducted using PVSyst software for simulations to design the PLTS system and conducted feasibility analysis. A quantitative research method was employed to analyze PLTS planning and its techno-economic aspects. Economic Value Parameters that used is Net present value (NPV), Payback Period (PP), Internal Rate of Return (IRR). The results of the plan indicate the requirement of 42 AE Solar AE540-144MD solar modules and 1 Huawei SUN2000-20KTL-M2 inverter. PVSyst simulation estimates the first-year energy production at 38,799 kWh with a performance ratio of 81.8%. The economic analysis reveals an initial investment cost of IDR 345,563,674.64, with projected savings of IDR 1,312,620,158.33 over 25 years. The investment feasibility analysis yields an NPV of IDR 316,793,501.42, a BCR of 3.20, a payback period of eight years and two months, and an IRR of 12.47%. Based on the result of the research that has been carried out, the Smart Greenhouse PLTS plan is feasible to realize.

Keywords: on-grid system, PVSyst, techno-economic, greenhouse

Abstrak: Sistem pembangkit listrik tenaga surya merupakan salah satu energi terbarukan yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia. Indonesia mempunyai wilayah dengan potensi radiasi matahari rata-rata sebesar 4,8 kWh/m²/hari. Tujuan penerapan teknologi surya fotovoltaik (PLTS) pada Smart Greenhouse Politeknik Negeri Jember adalah mencapai penghematan listrik dan pengurangan emisi. Dalam penelitian ini dilakukan penggunaan software PVSyst untuk simulasi merancang sistem PLTS dan melakukan analisis kelayakan. Metode penelitian kuantitatif digunakan untuk menganalisis perencanaan PLTS dan aspek tekno-ekonominya. Parameter Nilai Ekonomi yang digunakan adalah Net Present Value (NPV), Payback Period (PP), Internal Rate of Return (IRR). Hasil perencanaan menunjukkan kebutuhan 42 modul surya AE Solar AE540-144MD dan 1 inverter Huawei SUN2000-20KTL-M2. Simulasi PVSyst memperkirakan produksi energi tahun pertama sebesar 38.799 kWh dengan rasio kinerja 81,8%. Analisis ekonomi menunjukkan biaya investasi awal sebesar Rp345.563.674,64 dengan proyeksi penghematan sebesar Rp1.312.620.158,33 selama 25 tahun. Analisis kelayakan investasi menghasilkan NPV sebesar Rp316.793.501,42, BCR sebesar 3,20, payback period delapan tahun dua bulan, dan IRR sebesar 12,47%. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, rencana PLTS Smart Greenhouse Politeknik Negeri Jember layak untuk direalisasikan.

Kata kunci: on-grid, PVSyst, tekno ekonomi, greenhouse



Copyright: © 2024 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

1. Pendahuluan

Energi adalah salah satu permasalahan yang dihadapi di berbagai negara, termasuk Indonesia, hal ini selaras dengan banyaknya pembangunan di banyak sektor yakni Infrastruktur, transportasi, industri, yang dapat meningkatkan akan kebutuhan energi di Indonesia [1]. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menyatakan bahwa potensi energi terbarukan di Indonesia sangat besar yakni energi surya sekitar 207,80 GW [2]. Penerapan sistem fotovoltaik panel surya (PLTS) membutuhkan perencanaan yang komprehensif misalnya penilaian kebutuhan peralatan untuk sistem PLTS, penggunaan perangkat lunak dalam desain sistem, dan analisis kelayakan tekno-ekonomi. Kegiatan perhitungan sistem PLTS dapat juga dilakukan secara manual atau menggunakan perangkat lunak seperti PVSyst. Perangkat lunak tersebut mempermudah dalam estimasi produksi energi dan memfasilitasi desain sistem PLTS, walaupun PLTS memiliki keunggulan, terdapat kendala terkait biaya investasi yang tinggi, sehingga perlu adanya Analisis tekno-ekonomi yang digunakan untuk menilai kelayakan sebuah investasi PLTS dan periode pengembalian modal.

Penelitian terhadap Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya telah banyak dilakukan oleh para peneliti. [3] yang meneliti analisis tekno ekonomi PLTS di Vietnam dimana hasil menunjukkan bahwa energi yang dihasilkan pada perencanaan tersebut yaitu sebesar 1631 MW per tahun dan NPV dengan tingkat diskonto 8% dan LCOE sebesar 21 sen USD/kWh. Harga jual produksi listrik ke EVN sebesar 9,35 sen dan tahun pengembalian modal pada perencanaan berada dalam kisaran 9-12 tahun.

Smart Green House yang ada di Politeknik Negeri Jember mempunyai luas 840m², yang digunakan untuk budidaya tanaman hidroponik, semi hidroponik, dan konvensional. Bangunan ini terdiri dari 3 gedung untuk tanaman buah dan sayur seperti melon, tomat, selada, dan paprika [4]. Analisis sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan energi listriknya mahal, termasuk untuk peralatan seperti komputer, exhaust fan, dan pompa air. Upaya penghematan energi dengan jadwal operasional belum efektif. Biaya energi selama masa tanam hingga panen mencapai ±Rp15.000.000 dalam 3 bulan [5], sehingga penulis berinovasi dengan alternatif solusi yakni menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai upaya penghematan energi yang ramah lingkungan.

2. Metode Penelitian

2.1 Analisis Tekno Ekonomi

Analisis tekno ekonomi merupakan sebuah teknik analisis untuk mengetahui kelayakan sebuah investasi dengan menghitung nilai investasi awal, pendapatan, biaya operasional dan perawatan, faktor suku bunga yang berlaku, serta kurun waktu analisis.

2.1.1 Biaya Investasi Awal

Perhitungan biaya investasi awal meliputi biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan PLTS, seperti biaya komponen, biaya pengiriman serta biaya

2.1.2 Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan sistem PLTS digunakan untuk pekerjaan biaya pemeliharaan, biaya pembersihan panel surya biaya penggantian komponen dan instalasi PLTS ditetapkan sebesar 1% dari total investasi awal. Biaya operasional dan pemeliharaan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [6]:

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

Keterangan:

O&M = Biaya operasional dan maintenance dalam 1 tahun.

S = Biaya investasi awal.

Biaya O&M yang dikeluarkan selama usia proyek akan berbeda dari tahun ke tahun, oleh karena itu perlu didiskontokan ke nilai sekarang berdasarkan suku bunga Bank Indonesia yang berlaku. Hal ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [6]:

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

Keterangan

O&M_{PW} = Biaya present value O&M.

O&M = Biaya operasional dan maintenance dalam 1 tahun.

i = Interest (tingkat suku bunga).

n = Lifetime (usia proyek)

Biaya tambahan yang dikeluarkan PLTS selama usia pakai yaitu biaya penggantian komponen sistem PLTS yang umurnya kurang dari umur proyek, mengacu pada garansi yang diberikan oleh produsen. Menghitung biaya penggantian komponen yang harus dikeluarkan selama usia proyek dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [7]:

$$R_{pw} = F \times DF \quad (3)$$

Keterangan:

R_{pw} = Biaya penggantian komponen.
 F = Biaya pembelian awal komponen.
 DF = Discount Factor.

2.1.3 Biaya Siklus Hidup (LCC)

Biaya siklus hidup (*Life Cycle Cost*) merupakan seluruh biaya yang dikeluarkan selama usia proyek. Biaya siklus hidup ditentukan oleh nilai sekarang dari biaya total sistem PLTS yang terdiri dari biaya investasi awal, biaya jangka panjang untuk operational dan pemeliharaan, serta biaya penggantian komponen [6]:

$$LCC = S + O\&MPW + RPW \quad (4)$$

Keterangan:

LCC = *Life Cycle Cost* atau biaya siklus hidup.
 S = Biaya investasi awal.
 $O\&MPW$ = Biaya present value O&M.
 RPW = Biaya penggantian komponen.

2.1.4 Biaya Energi PLTS (LcoE)

Biaya energi (*Levelized Cost of Energy*) suatu PLTS, ditentukan oleh biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF) dan produksi energi listrik tahunan. Faktor pemulihan modal untuk mengkonversi semua arus kas biaya siklus hidup menjadi serangkaian biaya tahunan dihitung dengan persamaan sebagai berikut [8]

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

Keterangan:

CRF = *Cost Recovery Factor*.
 I = Suku bunga BI 2023 (%).
 N = lifetime (usia proyek)

Setelah mengetahui nilai LCC, CRF dan kWh produksi tahunan, maka besar biaya energi (LCoE) PLTS ini adalah sebagai berikut [9]:

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

Keterangan:

$LCoE$ = *Levelized Cost of Energy*.
 CRF = *Cost Recovery Factor*.
 $A \text{ kWh}$ = Produksi energi tahunan PLTS (kWh/tahun)

2.1.5 Penghematan Biaya Energi Listrik

Penggunaan PLTS sistem *On-Grid* dapat mengurangi jumlah pemakaian energi listrik dan listrik PLN, sehingga dapat menghemat biaya energi listrik. Penghematan dapat diketahui berdasarkan produksi energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS dan Tarif Dasar Listrik (TDL) PLN.

2.2 Analisa Kelayakan Investasi

Kelayakan suatu perencanaan PLTS ini berdasarkan metode *Net Present Value (NPV)*, *Benefit Cost Ratio (BCR)*, *Discounted Payback Period (DPP)*, dan *Internal Rate of Return (IRR)*.

2.2.1 Net Present Value (NPV)

Net present value (NPV) adalah metode menghitung nilai bersih (*net value*) pada waktu sekarang (present). Metode ini menggunakan teknik *discounted cash flow (DFC)* untuk memperhitungkan nilai waktu uang dari semua aliran kas proyek. Penggunaan metode NPV dalam menilai kelayakan suatu investasi mengikuti persamaan berikut [10]:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - S \quad (7)$$

Keterangan:

NPV = *Net Present Value*.

NCF_t = Jumlah aliran kas bersih tahun ke-1 s/d ke-n.

S = Biaya investasi awal.

i = Suku bunga BI 2023 (%).

n = *Lifetime* (usia proyek)

Kriteria pengambilan keputusan dengan metode ini untuk menentukan apakah proyek layak diwujudkan atau tidak yaitu jika nilai NPV lebih dari 0 maka investasi akan menguntungkan/layak (*feasible*) dan jika nilai NPV kurang dari 0 maka investasi tidak menguntungkan/tidak layak (*unfeasible*).

2.2.2 Benefit Cost Ratio (BCR)

Metode BCR atau PI memberikan penekanan terhadap nilai perbandingan antara aspek manfaat (*benefit*) yang akan diperoleh dengan aspek biaya dan kerugian yang akan ditanggung (*cost*) dengan adanya investasi tersebut [10] BCR dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$BCR = \frac{\text{Benefit (B)}}{\text{Cost (C)}} \quad (8)$$

Keterangan:

BCR = Benefit Cost Ratio.

Benefit = Total kas masuk (*cash in*)

Cost = *Life Cycle Cost*.

Kriteria keputusan untuk mengetahui apakah suatu rencana investasi layak secara ekonomis atau tidak layak menggunakan metode ini yaitu jika nilai BCR lebih dari 1 maka investasi layak (*feasible*) dan jika nilai BCR kurang dari 1 maka investasi tidak layak (*unfeasible*).

2.2.3 Discounted Payback Period (DPP)

Payback Period merupakan periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi melalui penerimaan-penerimaan yang dihasilkan oleh proyek (investasi). Teknik DPP dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [11]:

$$DPP = \text{year before recovery} + \frac{S}{PVNCF \text{ Kumulatif}} \quad (9)$$

Keterangan:

DPP = *Discounted Payback Period*.

Year before recovery = Tahun sebelum pengembalian modal.

S = Biaya investasi awal

PVNCF Kumulatif = Total biaya keseluruhan *Present Value Net Cash Flow*.

2.2.4 Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return (IRR) merupakan tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang dari aliran kas keluar dan nilai sekarang dari aliran kas masuk [12] IRR dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$IRR = i_1 + \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 + NPV_2} \right) \times (i_2 - i_1) \quad (10)$$

Keterangan:

IRR = *Internal Rate of Return*.

NPV₁ = *Net Present Value* ketika i₁.

NPV₂ = *Net Present Value* ketika i₂.

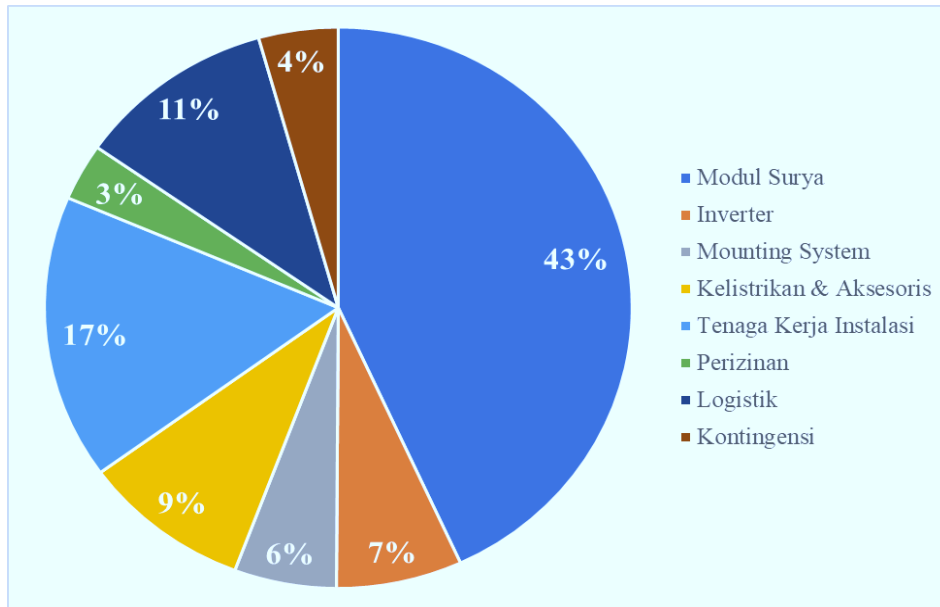
i₁ = *Discount rate* rendah.

i₂ = *Discount rate* tinggi.

3. Hasil

3.1 Biaya Investasi Awal

Membangun sistem PLTS membutuhkan biaya-biaya yang harus dikeluarkan meliputi biaya komponen, biaya pengiriman dan instalasi. Sistem PLTS memiliki biaya investasi yang cukup besar, namun biaya operational dan pemeliharannya relatif rendah. Besarnya biaya investasi awal PLTS dapat dilihat pada diagram sebagai berikut.



Gambar 3. 1. Biaya Investasi Awal PLTS

Tabel 3.1. Biaya Investasi awal Sistem PLTS

No.	Komponen	Total (Rp.)
1	Modul Surya 42 modul 540 Wp AE Solar AE540MD-144	134.400.000,00
2	Inverter 20 kW Huawei SUN2000-17KTL-M2	21.571.778,00
3	Mounting System Ground mounted	17.512.000,00
4	Kelistrikan & Aksesoris	28.920.500,00
5	Tenaga Kerja Instalasi	51.017.526,00
6	Perizinan	10.217.113,20
7	Logistik	34.056.968,40
8	Kontingensi	13.622.742,00
Total Harga (Tidak termasuk PPN)		311.318.627,60
PPN 11%		34.245.049,04
Total Harga (Termasuk PPN)		345.563.674,64

3.2 Biaya Operational dan Pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) dalam proyek Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Smart Greenhouse (SGH) ditetapkan sebesar 1% dari total biaya investasi awal. Ini mengikuti standar umum di mana biaya O&M PLTS berkisar antara 1-2% dari total investasi. Adapun di Indonesia, karena hanya memiliki 2 musim (hujan dan kemarau), biaya perawatan PLTS tidak sebesar negara dengan 4 musim. Biaya O&M SGH adalah sekitar Rp3.455.636,74 per tahun. Jika diasumsikan PLTS beroperasi selama 25 tahun dengan tingkat suku bunga 5,75% (mengacu pada suku bunga BI per Maret 2023), total biaya O&M selama 25 tahun adalah sekitar Rp45.243.776,57. Untuk menghitung biaya O&M tiap tahun selama umur proyek, kita perlu faktor diskonto (DF), yang mengubah nilai penerimaan di masa depan menjadi nilai saat ini agar bisa dibandingkan dengan biaya saat ini.

Tabel 3.2. Biaya O&M PLTS tiap tahun

Tahun ke-	Biaya O &M (Rp)	Tahun Ke-	Biaya O &M(Rp)
1	3.267.741,60	14	1.579.802,58
2	3.090.062,98	15	1.493.903,15
3	2.922.045,37	16	1.412.647,37
4	2.763.163,47	17	1.335.862,29
5	2.612.920,54	18	1.263.226,75
6	2.470.846,84	19	1.194.540,66
7	2.336.498,20	20	1.129.589,39
8	2.209.454,56	21	1.068.169,53
9	2.089.318,73	22	1.010.089,39
10	1.975.715,11	23	955.167,27
11	1.868.288,52	24	903.231,46
12	1.766.703,10	25	854.119,59
13	1.670.641,23		

Selama masa operasional, sistem PLTS akan menghadapi biaya tambahan untuk mengganti inverter setelah 10 tahun penggunaan. Harga inverter diantisipasi akan merosot sejalan dengan faktor diskonto. Biaya penggantian inverter pada tahun ke-11 mencapai Rp11.648.760,12, sementara pada tahun ke-21, biayanya turun menjadi Rp6.667.836,57. Dengan demikian, total biaya O&M selama usia pakai 25 tahun mencapai Rp63.560.373,26.

3.3 Biaya Siklus Hidup (LCC)

Berdasarkan perencanaan yang telah dijelaskan, biaya siklus hidup (Life Cycle Cost) dari sistem PLTS selama usia pakai 25 tahun dapat dihitung dengan menggabungkan biaya investasi awal (S) dan biaya operasional serta pemeliharaan (O&M) selama periode tersebut. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa biaya siklus hidup yang harus dikeluarkan untuk sistem PLTS selama 25 tahun adalah sejumlah Rp409.124.047,9.

3.4 Biaya Energi PLTS

Berdasarkan hasil perhitungan biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF), dan produksi energi PLTS dalam satu tahun, dapat dihitung biaya energi PLTS (Levelized Cost of Energy, LCoE). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa biaya energi yang diperlukan untuk menghasilkan 1 kWh energi dari PLTS adalah sekitar Rp801,39. Hal ini menunjukkan bahwa LCoE dari sistem PLTS ini berada dalam kisaran yang layak untuk diterapkan, karena harganya lebih rendah dari harga tarif listrik yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 17 Tahun 2013 tentang Pembelian Tenaga Listrik oleh PT Perusahaan Listrik Negara (persero).

3.5 Penghematan Biaya Energi Listrik

Dengan menggunakan sistem PLTS On-Grid di Smart Greenhouse Politeknik Negeri Jember, perkiraan penghematan biaya energi listrik pada tahun pertama adalah sekitar Rp56.052.915,30. Energi yang dihasilkan oleh modul surya sekitar 38.799 kWh pada tahun pertama, dengan tarif dasar listrik PLN sebesar Rp1.444,70/kWh. Energi PLTS akan mengalami penurunan sekitar 0,55% tiap tahunnya, berdasarkan data sheet modul surya. Meski perhitungan untuk 25 tahun tidak diberikan dalam paragraf ini, Anda bisa menggunakan informasi tersebut untuk menghitung penghematan biaya energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS selama 25 tahun operasional.

Tabel 3.3 Penghematan biaya energi listrik dengan menggunakan sistem PLTS selama 25 tahun beroperasi

Tahun Ke-	Estimasi Produksi Energi (kWh)	Penghematan (Rp)
1	38.799	56.052.915,30
2	38.585,61	55.744.624,27
3	38.373,38	55.438.028,83
4	38.162,33	55.133.119,67
5	37.952,44	54.829.887,52
6	37.743,70	54.528.323,13
7	37.536,11	54.228.417,36
8	37.329,66	53.930.161,06
9	37.124,35	53.633.545,18
10	36.920,16	53.338.560,68
11	36.717,10	53.045.198,59
12	36.515,16	52.753.450,00
13	36.314,33	52.463.306,03
14	36.114,60	52.174.757,84
15	35.915,97	51.887.796,67
16	35.718,43	51.602.413,79
17	35.521,98	51.318.600,52
18	35.326,61	51.036.348,21
19	35.132,31	50.755.648,30
20	34.939,08	50.476.492,23
21	34.746,92	50.198.871,53
22	34.555,81	49.922.777,73
23	34.365,75	49.648.202,46
24	34.176,74	49.375.137,34
25	33.988,77	49.103.574,09
TOTAL	908.576,28	1.312.620.158,33

Berdasarkan Tabel 3.3, didapatkan penghematan energi listrik selama 25 tahun dengan menggunakan sistem PLTS yaitu sebesar 908.576,28 kWh dan penghematan biaya energi listrik dengan menggunakan sistem PLTS yaitu sebesar Rp1.312.620.158,33, nilai penghematan biaya energi listrik ini dapat dikatakan sebagai arus kas masuk sistem PLTS. Bagian ini dapat dibagi dengan *subheading*. Ini harus memberikan deskripsi singkat dan tepat tentang hasil eksperimen, interpretasinya, serta kesimpulan eksperimen yang dapat ditarik.

4. Pembahasan



Gambar 4.1 Smart Greenhouse

Penelitian ini mengevaluasi kelayakan investasi sistem PLTS di smart greenhouse melalui empat metode: NPV, BCR, DPP, dan IRR. Hasil perhitungannya berikut :

4.1 Net Present Value (NPV)

Analisis NPV mengukur nilai sekarang dari arus kas terhadap discount factor. Total nilai sekarang dari arus kas bersih adalah Rp662.357.176,06 dengan biaya investasi awal Rp345.563.674,64. Dalam perencanaan PLTS, NPV positif menunjukkan kelayakan. Menurut Rafli et al. (2022), $NPV > 0$ menandakan layak diterapkan.

4.2 Benefit Cost Ratio (BCR)

Metode ini membandingkan antara total kas masuk sebagai (benefit) dengan biaya siklus hidup (LCC). Total nilai kas masuk yaitu sebesar Rp1.312.620.158,33 dan biaya siklus hidup sebesar Rp409.124.047,9. Besar *Benefit Cost Ratio*. Nilai BCR pada perencanaan ini bernilai lebih dari 1. Apabila nilai $BCR > 1$ maka investasi dalam perencanaan PLTS ini layak untuk diterapkan [10]. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [13] menghasilkan nilai BCR sebesar 1,43 lebih rendah dibandingkan nilai BCR.

4.3 Discounted Payback Period (DPP)

DPP menunjukkan bahwa dalam 8 tahun 2 bulan, investasi awal PLTS dapat tergantikan oleh arus kas bersih saat ini. Hasil ini mengindikasikan kelayakan PLTS Smart Greenhouse Politeknik Negeri Jember, sesuai dengan umur proyek 25 tahun seperti yang dijelaskan oleh [11]. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Le et al. (2018) yang menunjukkan pengembalian modal PLTS di Vietnam, berkisar antara 9-12 tahun.

4.4 Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return (IRR) digunakan untuk mencari tingkat bunga yang membuat total nilai sekarang dari penerimaan arus kas yang diharapkan sama dengan total nilai sekarang yang diperlukan untuk investasi. Dalam analisis ini, ditemukan bahwa nilai IRR adalah 12,47%. Angka ini melebihi suku bunga bank yang ditetapkan (BI) pada Maret 2023 sebesar 5,75%. Oleh karena itu, hasil perencanaan investasi sistem PLTS On-Grid di Smart Greenhouse dianggap layak dilaksanakan, sesuai dengan temuan dari [14].

5. Kesimpulan

Analisa ekonomi, biaya investasi awal PLTS pada perencanaan ini sebesar Rp345.563.674,64 dan biaya O&M selama 25 tahun sebesar Rp63.560.373,26. Estimasi penghematan yang didapat dengan menggunakan PLTS selama 25 tahun yaitu sebesar Rp1.312.620.158,33, sedangkan berdasarkan analisa kelayakan investasi menghasilkan NPV sebesar Rp316.793.501,42, BCR sebesar 3,20, DPP selama 8 tahun 2 bulan dan IRR sebesar 12,47%. Berdasarkan analisis kelayakan, pembangunan PLTS Smart Greenhouse ini layak untuk dilaksanakan. Penelitian ini memiliki ruang untuk pengembangan di masa mendatang: Mendalamkan Pembahasan Aspek Lainnya: Penelitian dapat lebih rinci dalam membahas aspek pasar dan lingkungan yang mendukung penerapan sistem ini. Pengukuran Radiasi Matahari yang Lebih Panjang: Melakukan pengukuran radiasi matahari dalam jangka waktu yang lebih lama untuk data yang lebih akurat. Langkah-langkah ini akan memperkaya penelitian dan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang penerapan sistem PLTS dalam konteks smart greenhouse.

Ucapan Terima Kasih: Terimakasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Jember yang telah memberikan fasilitas untuk kegiatan penelitian ini.

Referensi

- [1] Elinur, D. P. 2010. *Perkembangan Konsumsi dan Penyediaan Energi dalam Perekonomian Indonesia*. Indonesia Journal of Agricultural Economics (IJAE).
- [2] Kementerian ESDM. 2021. *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT .PL N Persero Tahun 2021– 2030*. Jakarta
- [3] Le, P. T., Nguyen, V. D., & Le, P. L. 2018. *Techno-Economic Analysis of Solar Power Plant Project in Binh Thuan, Vietnam*. Proceedings 2018 4th International Conference on Green Technology and Sustainable Development, GTSD. P 82–85.
- [4] Parlinggoman, D. F.S. 2022. *Monitoring Kondisi Tanaman Hidroponik pada UPT Pertanian dan Peternakan Terpadu Smart Greenhouse Politeknik Negeri Jember*. Tesis Politeknik Negeri Jember
- [5] Syafi'i, M. Y. 2021. *Analisa Konsumsi Energi di Teaching Factory Smart Green House Bagian Barat Politeknik Negeri Jember*. Laporan Praktek Kerja Lapangan. Politeknik Negeri Jember.
- [6] Sihotang, G. H. 2019. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop Di Hotel Kini Pontianak* . Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura. Vol 1. No. 1. Hal. 1–10.

-
- [7] Ardiansyah, A., Setiawan, I. N., Sukareyasa, I. W. 2021. *Perancangan PLTS Atap On-Grid System pada Kantor Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Penelitian Dan Pengembangan Kota Probolinggo*. Jurnal SPEKTRUM.
- [8] Ari, I. D. A. S. S. 2011. *Studi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Tambahan pada Industri Perhotelan di Nusa Lembongan Bali*. Tesis Universitas Udayana.
- [9] Qosim, M. N., Hariyati, R., Isworo Pujotomo. 2021. *Kajian Kelayakan Finansial Fotovoltaik Terintegrasi On Grid Dengan Kapasitas 20 kWp*. Jurnal Kajian Ilmu Dan Teknologi. Vol. 10. No. 1. Hal. 1–9
- [10] Rafli, Ilham, J., & Salim, S. 2022. *Perencanaan dan Studi Kelayakan PLTS Rooftop pada Gedung Fakultas Teknik UNG*. Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering. Vol. 4. No. 1. Hal. 8–15.
- [11] Halim, A. 2009. *Analisis Kelayakan Investasi Bisnis*. 1st ed. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [12] Husni, F., Syukri, Muliadi, & Asyadi, T. M. 2022. *Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Gedung Pasca Sarjana Universitas Iskandar Muda*. Jurnal Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology. Vol. 2. No. 1. Hal. 19–24.
- [13] Widyanto, M. S. N. (2022). *Perancangan dan Analisis Tekno Ekonomi PLTS Rooftop On-Grid System di Tefa Fish Canning Politeknik Negeri Jember Menggunakan Software Helioscope*. Skripsi. Politeknik Negeri Jember
- [14] Nugroho, Y. A. 2016. *Analisis Tekno-Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di PT Pertamina (Persero) Unit Pengolahan IV Cilacap*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.