



Analisis Kelayakan Pembangunan PLTS pada Kafe Pondok Juice

Risse Entikaria Rachmanita^{1*}, Syahrir Rojib², Nur Faizin³, Ahmad Fahrriannur⁴

^{1,2,3,4} Politeknik Negeri Jember, Indonesia

Email : *risse_rachmanita@polije.ac.id

Alamat: Jl. Mastrip PO.BOX 164 Jember

Korespondensi penulis: risse_rachmanita@polije.ac.id

Abstract. *Indonesia, which is located on the equator, has great potential to utilize solar energy, with an average solar radiation reaching 4.80 kWh/m² per day. This provides an advantage in the development of Solar Power Plants (SPP), one of which is through the installation of rooftop on the roof of the building as a source of electrical energy. This study aims to analyze the feasibility of SPP development by considering the techno-economic aspects of the Pondok Juice cafe. The total real electrical energy consumption required by the Pondok Juice cafe is 32,548 Wh/day. Assuming a system loss of 15%, the total electrical energy requirement that must be supplied by the SPP is 37,430.2 Wh/day. The initial investment projection is IDR 204,265,197, with operational and maintenance costs for 25 years of IDR 105,760,028. The investment feasibility analysis shows NPV of IDR 441,523,820.10, BCR 4.11, DPP ±5 years, and IRR 15.55%, which proves that this SPP planning is feasible to implement.*

Keywords: Solar Power Plant, feasibility, pondok juice.

Abstrak. Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa memiliki potensi besar untuk memanfaatkan energi surya, dengan rata-rata radiasi matahari mencapai 4,80 kWh/m² per hari. Hal ini memberikan keuntungan dalam pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), salah satunya melalui pemasangan PLTS rooftop di atap bangunan sebagai sumber energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan pembangunan PLTS dengan mempertimbangkan aspek teknokonomi pada kafe Pondok Juice. Total konsumsi energi listrik nyata yang dibutuhkan oleh kafe Pondok Juice sebesar 32.548 Wh/hari. Asumsi kerugian sistem yang digunakan sebesar 15% maka total kebutuhan energi listrik yang harus disuplai oleh PLTS adalah 37.430,2 Wh/hari. Proyeksi investasi awal sebesar Rp 204.265.197, dengan biaya operasional dan pemeliharaan selama 25 tahun Rp 105.760.028. Analisis kelayakan investasi menunjukkan NPV Rp 441.523.820,10, BCR 4,11, DPP ±5 tahun, dan IRR 15,55 %, yang membuktikan bahwa perencanaan PLTS ini layak diterapkan.

Kata kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Surya, kelayakan, pondok juice.

1. LATAR BELAKANG

Matahari merupakan salah satu energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi manusia. Energi matahari dapat dimanfaatkan melalui radiasi matahari yang dapat dikonversi menjadi energi listrik (Puriza et al., 2021). Seiring dengan berkembangnya teknologi penyimpanan energi pada baterai, energi surya merupakan salah satu sumber energi yang dapat diperhitungkan karena pasokannya yang tidak ada habisnya dan ramah lingkungan karena tidak menimbulkan polusi (Rabaia et al., 2021).

Kafe Pondok Juice merupakan tempat yang populer di Kabupaten Probolinggo dan telah menjadi tempat favorit bagi warga lokal dan wisatawan untuk menikmati berbagai minuman dan makanan yang segar. Lokasi kafe di Kabupaten Probolinggo memiliki iradiasi surya rata-rata 5,5 kWh/m²/hari, membuatnya lokasi yang ideal untuk pengembangan energi surya. Pihak manajemen Pondok Juice berusaha untuk mengimplementasikan teknologi ramah lingkungan

dan mudah pengoperasionalannya. Selain itu, diperlukan penyimpanan energi apabila terjadi pemadaman listrik oleh PLN (Hayusman, 2022). Hal inilah yang mendasari peneliti untuk melakukan analisis kelayakan pembangunan PLTS sistem off-grid pada kafe Pondok Juice.

Perencanaan dan desain yang cermat diperlukan untuk membangun sistem fotovoltaik off-grid (Rafli et al., 2022). Ini harus dilakukan untuk memastikan bahwa sistem tersebut dapat memenuhi kebutuhan energi kafe secara ekonomis dan efektif. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah memberikan gambaran bagi manajemen Pondok Juice dan bisnis lain di Kabupaten Probolinggo untuk mempertimbangkan pemasangan PLTS.

Dalam perencanaan sistem PLTS hal yang harus dipertimbangkan adalah aspek ekonomi. Aspek ini berperan penting dalam pengambilan keputusan untuk investasi jangka menengah dan panjang. Pembangunan PLTS perlu dilakukan kajian ekonomi melalui metode teknologi-ekonomi (Setiawan & Hermanto, 2022). Dalam kajian tersebut seluruh sumber daya yang diinvestasikan akan dianalisis kelayakannya ditinjau dari aspek finansial. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah sebuah investasi layak untuk dilakukan dengan menghitung nilai investasi awal, pendapatan, biaya operasional dan perawatan, faktor suku bunga yang berlaku, dan kurun waktu analisis (Hendra et al., 2024).

2. KAJIAN TEORITIS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem pembangkit yang memanfaatkan energi matahari untuk dikonversi menjadi energi listrik. Teknologi ini bekerja berdasarkan efek fotovoltaik. Sel surya yang digunakan sebagai komponen utama penghasil energi terbuat dari bahan semikonduktor. Secara umum bahan semikonduktor yang digunakan adalah silikon. Bahan semikonduktor merupakan bahan yang memiliki sambungan dua tipe yakni tipe-n (negatif) dan tipe-p (positif). Prinsip kerja dari efek fotovoltaik yaitu energi foton cahaya matahari mengenai permukaan sel surya, energi dari foton tersebut diserap oleh material semikonduktor dan membebaskan elektron dari ikatan atomnya. Elektron yang terlepas kemudian mengalir melalui sambungan antara semikonduktor tipe-n dan tipe-p, menciptakan arus listrik. Arus inilah yang kemudian dapat digunakan sebagai energi listrik.

PLTS merupakan sistem tenaga listrik yang ramah lingkungan, karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca maupun polusi udara. Berbeda dengan pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil, PLTS tidak menghasilkan limbah berbahaya selama operasinya, sehingga sangat sesuai untuk mendukung transisi energi bersih dan berkelanjutan. Selain itu, karena Indonesia merupakan negara tropis yang terletak di garis khatulistiwa, intensitas penyinaran matahari cukup tinggi dan tersedia hampir sepanjang tahun. Hal ini menjadikan

PLTS sebagai solusi energi terbarukan yang sangat potensial dan diminati untuk dikembangkan di berbagai wilayah Indonesia (Nurjaman & Purnama, 2022).

Pada prinsipnya, energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTS berasal dari radiasi matahari yang diterima oleh panel surya. Ketika cahaya matahari mengenai sel surya, energi foton yang dibawa oleh cahaya tersebut menyebabkan elektron-elektron pada material semikonduktor berpindah dari tipe-n ke tipe-p. Pergerakan elektron ini menghasilkan arus listrik. Listrik yang dihasilkan oleh panel surya berupa listrik searah (DC). Besarnya tegangan dan arus listrik bergantung pada jumlah dan konfigurasi sel surya yang terpasang dalam sebuah panel. Semakin banyak sel surya yang digunakan, maka semakin besar pula daya listrik yang dihasilkan. Listrik DC ini dapat langsung digunakan untuk peralatan atau beban yang bekerja pada tegangan DC dan arus rendah. Apabila digunakan pada beban yang memerlukan arus AC, dibutuhkan komponen tambahan yaitu inverter. Inverter ini berfungsi untuk mengubah arus DC menjadi AC. Karena sumber energi panel surya hanya dari cahaya matahari maka panel surya hanya memproduksi listrik saat siang hari saja. Pemanfaatan PLTS pada malam hari atau saat cuaca mendung memerlukan media penyimpanan energi yaitu berupa baterai (Afandi et al., 2021).

Metode pemasangan PLTS ada 3 yaitu sistem *on-grid*, *off-grid* dan *hybrid*. Pada penelitian ini dipilih sistem *off-grid* karena memiliki kelebihan dalam hal fleksibilitasnya. Sistem *off-grid* tidak bergantung pada jaringan listrik PLN. Pada proses perencanaan pembangunan PLTS harus memperhitungkan biaya investasi jangka panjang. Hal ini dikarenakan biaya investasi untuk membangun PLTS tidak murah sehingga memerlukan perhitungan kelayakan secara finansial secara cermat. Biaya investasi bergantung pada daya yang akan dibangkitkan. semakin besar daya yang dibangkitkan maka biaya investasi semakin besar. Oleh karena itu aspek ekonomi sangat penting dalam pembangunan PLTS.

Beberapa metode yang digunakan untuk menentukan kelayakan sebuah investasi antara lain *Net Present Value* (NPV), *Benefit Cost Ratio* (BCR), *Discounted Payback Period* (DPP), *Internal Rate of Return* (IRR). *Net Present Value* menyatakan bahwa seluruh aliran kas bersih dinilai sekarang atas dasar faktor diskonto (*discount factor*). Teknik ini menghitung selisih antara seluruh kas bersih nilai sekarang dengan investasi awal yang ditanamkan. (Suhendar, 2022). BCR merupakan metode yang menggunakan data ekivalensi nilai sekarang dari penerimaan dan pengeluaran yang dalam hal ini, rasio BC merupakan perbandingan antara nilai sekarang dari penerimaan atau pendapatan dari kegiatan investasi dengan nilai sekarang dari pengeluaran, atau biaya, selama investasi berlangsung dalam jangka waktu tertentu (Putra et al., 2022). *Discounted Payback Period* (DPP) adalah waktu yang diperlukan untuk

mengembalikan modal atau uang yang telah diinvestasikan ke aliran kas tahunan yang dihasilkan oleh proyek investasi dalam bentuk *Present Value* (PV) (Hiswandi et al., 2023). Metode penghitungan investasi yang dikenal sebagai IRR yaitu menghitung tingkat suku bunga yang menyamakan nilai sekarang dari penerimaan dengan nilai sekarang dari pengeluaran untuk investasi (Rani, 2023).

3. METODE PENELITIAN

Pembangunan PLTS harus mempertimbangkan peralatan yang akan diinvestasikan. Sebelum memutuskan untuk membangun PLTS, penting untuk melakukan analisis teknologi ekonomi yang menyeluruh. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah sebuah investasi layak untuk laksanakan dengan menghitung nilai investasi awal, pendapatan, biaya operasional dan perawatan, faktor suku bunga yang berlaku, dan kurun waktu analisis.

Biaya investasi awal merupakan salah satu faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan PLTS. Biaya ini meliputi biaya pembelian peralatan, instalasi, dan perizinan. Biaya operasional dan pemeliharaan untuk pekerjaan pembersihan panel surya, biaya pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan dan instalasi adalah 1% dari total investasi awal (Sihotang, 2019). Biaya operasional dapat dihitung dengan persamaan 1,

$$OP = 1\% \times IA, \quad (1)$$

dimana OP adalah Biaya operasional dan maintenance dalam 1 tahun dan IA adalah biaya investasi awal. Nilai sekarang dari biaya operasional dan pemeliharaan yang akan dikeluarkan beberapa waktu mendatang dapat dihitung dengan persamaan 2,

$$OP_{pw} = OP \left(\frac{(i+1)^n - 1}{i(i+1)^n} \right), \quad (2)$$

dimana OP_{pw} adalah Biaya *present value* OP, i adalah tingkat suku bunga, n adalah *lifetime*. Biaya tambahan yang dikeluarkan oleh PLTS selama usia pakainya adalah biaya penggantian komponen sistem yang lebih tua daripada usia proyek, karena garansi yang diberikan oleh produsen. Biaya penggantian komponen dengan menggunakan persamaan berikut (Ardiansyah et al., 2021). Biaya penggantian dapat dihitung dengan persamaan 3,

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

F adalah Biaya pembelian awal komponen dan DF adalah *Discount Factor*. Biaya siklus hidup ditentukan sebagai nilai sekarang dari biaya total sistem. Biaya ini merupakan penjumlahan dari biaya investasi, operasional dan penggantian komponen. Biaya siklus hidup dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4,

$$LCC = IA + OP_{pw} + R_{pw}. \quad (4)$$

Faktor pemulihan modal adalah faktor yang dipergunakan untuk mengonversikan semua arus kas LCC menjadi serangkaian pembayaran atau biaya tahunan dengan jumlah yang sama (Suhendar, 2022). Faktor pemulihan modal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 5,

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

dimana i adalah tingkat suku bunga dan n adalah *lifetime*. Biaya energi merupakan perbandingan antara biaya total per tahun dari PLTS dengan energi yang dihasilkannya selama periode yang sama. Perhitungan biaya energi suatu PLTS ditentukan oleh biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF) dan produksi tahunan PLTS. Biaya energi PLTS dihitung dengan persamaan 6,

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{E}, \quad (6)$$

dimana COE adalah biaya energi dan E adalah energi yang dibangkitkan (kWh/tahun).

Setelah ditentukan biaya-biaya yang dikeluarkan selama umur investasi selanjutnya perlu dilakukan analisis kelayakan proyek. Analisis kelayakan proyek dapat menggunakan beberapa metode. Adapun metode analisis yang dapat digunakan antara lain *Net Present Value* (NPV), *Benefit Cost Ratio* (BCR), *Discounted Payback Period* (DPP), dan *Internal Rate of Return* (IRR).

NPV menyatakan bahwa seluruh aliran kas bersih dinilai sekarangkan atas dasar faktor diskonto (*discount factor*). Teknik ini menghitung selisih antara seluruh kas bersih nilai sekarang dengan investasi awal yang ditanamkan. NPV dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 7,

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{(NCF)_t}{(1+i)^t} - I, \quad (7)$$

dimana NCF_t adalah jumlah aliran kas bersih tahun ke-1 s/d ke-n, I adalah biaya investasi awal, i adalah tingkat suku bunga dan n adalah *lifetime*. Investasi yang dilaksanakan layak apabila nilai NPV bernilai positif (>0), sedangkan investasi dinilai tidak layak, apabila NPV bernilai negatif (< 0).

Selain NPV, suatu investasi dapat dianalisis dengan menggunakan BCR. Metode ini menggunakan data ekivalensi nilai sekarang dari penerimaan dan pengeluaran. Secara umum BCR merupakan perbandingan antara nilai sekarang dari penerimaan atau pendapatan dengan nilai sekarang dari pengeluaran selama investasi tersebut berlangsung dalam kurun waktu tertentu (Putra et al., 2022). BCR dapat dihitung dengan persamaan 8,

$$BCR = \frac{\sum \text{Pendapatan}}{\sum \text{Pengeluaran}}, \quad (8)$$

Pendapatan dapat diperoleh dari total kas masuk sedangkan pengeluaran dapat diperoleh dari LCC. Suatu investasi disebut layak apabila $BCR > 1$ dan investasi disebut tidak layak jika $BCR < 1$ (Jamil et al., 2022). Selain menggunakan BCR kelayakan sebuah investasi dapat juga dianalisis menggunakan metode *Internal Rate of Return* (IRR). Metode ini adalah suatu nilai petunjuk yang identik dengan seberapa besar suku bunga yang dapat diberikan oleh investasi tersebut dibandingkan dengan suku bunga bank yang berlaku umum atau *Minimum Attractive Rate of Return* (MARR). Pada suku bunga IRR akan diperoleh $NPV = 0$. Sebuah investasi dinilai layak apabila nilai $IRR > MARR$ (Kim, 2022). Penentuan nilai IRR dapat menggunakan persamaan 9,

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1(i_2 - i_1)}{(NPV_1 - NPV_2)}, \quad (9)$$

dimana NPV_1 adalah NPV pada i_1 , NPV_2 adalah NPV saat i_2 , dan i_1 adalah diskon rate rendah, dan i_2 adalah diskon rate tinggi.

Pengembalian modal awal merupakan hal yang penting dalam investasi. Metode yang dapat digunakan untuk menentukan waktu pengembalian modal adalah *Discounted Payback Period* (DPP) (Mohan et al., 2022). DPP digunakan untuk menentukan waktu pengembalian modal pada sebuah investasi dalam bentuk Present Value (PV) (Hiswandi et al., 2023). Nilai DPP dari proyek investasi dapat dihitung dengan persamaan 10,

$$DPP = YbR + \frac{I}{NPV_k}, \quad (10)$$

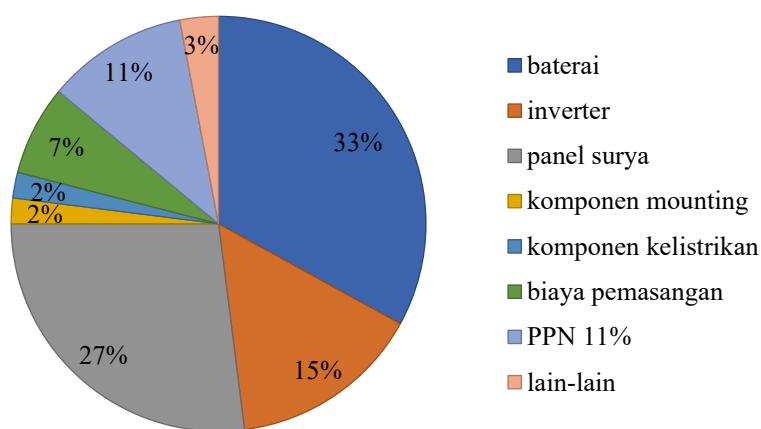
Dimana YbR adalah tahun sebelum pengembalian modal, I adalah investasi awal, dan NPV_k adalah total biaya keseluruhan *Present Value Net Cash Flow*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Tekno Ekonomi sistem PLTS off-grid, mencakup aspek biaya dan kelayakan investasi. Pembahasan meliputi Biaya Investasi Awal, Biaya Operasional dan Pemeliharaan, serta Biaya Siklus Hidup (LCC) untuk mengevaluasi total pengeluaran sistem. Selain itu, Biaya Energi PLTS dan Penghematan Biaya Energi Listrik dianalisis untuk menilai efisiensi serta manfaat ekonomi yang diperoleh.

Biaya Investasi Awal

Biaya investasi awal dalam analisis teknno-ekonomi perencanaan PLTS merujuk pada total biaya yang diperlukan untuk membangun dan menginstal sistem PLTS, termasuk pembelian komponen utama seperti panel surya, inverter, baterai, komponen kelistrikan, serta biaya pemasangan dan pengadaan peralatan pendukung lainnya. Biaya investasi awal PLTS memang cukup besar, namun akan terbayar lunas dalam jangka panjang. Keuntungan terbesarnya adalah bisa bebas dari tagihan listrik PLN selama 25 tahun atau bahkan lebih. Persentase komponen biaya awal yang diperlukan untuk membangun PLTS seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Biaya Investasi Awal PLTS

Total biaya investasi awal untuk sistem PLTS di Kafe Pondok Juice mencakup berbagai komponen seperti panel surya, baterai, inverter, komponen mounting, komponen kelistrikan, jasa pemasangan, serta biaya lain-lain. Setelah perhitungan total biaya sebesar Rp 182.379.640 dan penambahan PPN 12% sebesar Rp 21.885.557, maka total investasi awal yang diperlukan untuk sistem PLTS ini mencapai Rp 204.265.197.

Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan dapat terdiri atas biaya pengadaan bahan baku, biaya listrik dan bahan bakar, biaya tenaga kerja dan gaji staf, biaya bahan kemasan dan bahan pendukung lainnya, biaya distribusi, serta biaya umum dan operasional kantor (Kartika & Oktarini, 2022). Dimana biaya operasional dan perawatan sebesar 1%-2% dari biaya investasi (Jannah et al., 2023).

Biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) tahunan untuk sistem PLTS OffGrid di Kafe Pondok Juice ditetapkan sebesar Rp 2.042.651,97, yang diperoleh dari 1% total investasi sistem sebesar Rp 204.265.197. Dengan asumsi masa operasional 25 tahun, sesuai dengan umur pakai panel surya, dan tingkat diskonto 6% berdasarkan suku bunga kredit Bank Indonesia per 18

Desember 2024, total biaya O&M selama masa operasional dihitung menggunakan faktor diskonto. Faktor diskonto digunakan untuk mengkonversi nilai penerimaan di masa depan menjadi nilai kini, sehingga memungkinkan perbandingan langsung dengan biaya saat ini. Berdasarkan perhitungan, total biaya O&M selama 25 tahun mencapai Rp 26.111.947,61, yang merepresentasikan nilai kini dari seluruh biaya pemeliharaan sistem selama masa pakainya. Perhitungan ini penting dalam analisis ekonomi proyek karena memastikan bahwa seluruh biaya pemeliharaan telah diperhitungkan secara akurat, sehingga investasi dalam sistem PLTS tetap efisien, berkelanjutan, dan layak dioperasikan dalam jangka panjang. Detail biaya O&M sistem PLTS setiap tahun selama masa operasionalnya seperti ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Biaya O&M

Tahun ke-	Biaya O&M
1	Rp 1.927.030
2	Rp 1.817.953
3	Rp 1.715.050
4	Rp 1.617.972
5	Rp 1.526.388
6	Rp 1.439.989
7	Rp 1.358.480
8	Rp 1.281.585
9	Rp 1.209.043
10	Rp 1.140.606
11	Rp 1.076.044
12	Rp 1.015.135
13	Rp 957.675
14	Rp 903.467
15	Rp 852.327
16	Rp 804.082
17	Rp 758.568
18	Rp 715.630
19	Rp 675.123
20	Rp 636.909
21	Rp 600.857
22	Rp 566.846
23	Rp 534.761
24	Rp 504.491
25	Rp 475.935
Total	Rp 26.111.948

Biaya tambahan yang timbul dari sistem PLTS selama masa operasionalnya mencakup biaya penggantian inverter dan baterai. Kedua komponen tersebut memiliki masa pakai sekitar 10 tahun, sehingga perlu diganti setelah periode tersebut. Diperkirakan bahwa harga inverter dan baterai akan mengalami penurunan setiap tahun sesuai dengan faktor diskonto yang telah dihitung.

Total biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) sistem PLTS selama 25 tahun mencakup biaya tahunan serta penggantian inverter dan baterai pada tahun ke-11 dan ke-21. Biaya penggantian 2 inverter pada tahun ke-11 sebesar Rp 15.803.625,8 dan tahun ke-21 sebesar Rp 8.824.662,08, sehingga totalnya mencapai Rp 24.628.287,8. Sementara itu, biaya penggantian 12 baterai pada tahun ke-11 sebesar Rp 35.305.426,38 dan tahun ke-21 sebesar Rp 19.714.365,69, dengan total Rp 55.019.792,07. Jika ditambahkan dengan biaya O&M tahunan, total keseluruhan biaya O&M sistem PLTS selama masa operasionalnya mencapai Rp 105.760.028, yang mencakup semua pengeluaran untuk memastikan kinerja sistem tetap optimal sepanjang masa pakainya.

Biaya Siklus Hidup (LCC)

Biaya siklus hidup (LCC) sistem PLTS mencakup seluruh pengeluaran selama masa operasionalnya, termasuk investasi awal serta biaya operasional, pemeliharaan, dan penggantian komponen. Dengan investasi awal sebesar Rp 204.265.197 dan total biaya O&M selama 25 tahun sebesar Rp 105.760.028, maka total LCC sistem PLTS ini mencapai Rp 310.025.224.

Biaya Energi PLTS

Biaya energi dari sistem PLTS sangat penting untuk dipahami sebagai salah satu faktor dalam menilai kelayakan perencanaan PLTS. Perhitungan biaya energi dari suatu sistem PLTS ditentukan oleh biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF), dan jumlah kWh yang diproduksi setiap tahun oleh PLTS tersebut (Jannah et al., 2023). Faktor pemulihan modal (CRF) dihitung menggunakan tingkat diskonto 6% selama 25 tahun, menghasilkan nilai sebesar 0,078.

Biaya energi (COE) sistem PLTS dihitung berdasarkan total biaya siklus hidup dan faktor pemulihan modal, menghasilkan nilai sebesar Rp 650/kWh. Menurut perhitungan biaya energi (COE), sistem PLTS membutuhkan biaya sebesar Rp 650 jika ingin menghasilkan energi per kWh. LCoE pada sistem PLTS ini layak untuk diterapkan karena lebih murah dibandingkan dengan tarif listrik PLN (Ariyani et al., 2021).

Penghematan Biaya Energi Listrik

Sistem PLTS Off-Grid tidak bergantung pada listrik PLN, sehingga dapat sepenuhnya menghilangkan biaya tagihan listrik dari PLN. Penghematan ini dapat dihitung dengan mengetahui jumlah energi yang dihasilkan oleh sistem PLTS.

Sistem PLTS memiliki kapasitas daya terpasang sebesar 11,7 kWp. Berdasarkan hasil simulasi, penghematan konsumsi energi listrik diperoleh dari estimasi produksi energi PLTS sebesar 37.292,16 kWh pada tahun pertama. Jika dikonversikan ke dalam bentuk nilai rupiah, produksi energi listrik PLTS dikalikan dengan tarif dasar listrik (TDL) PLN. Tarif yang berlaku untuk Kafe Pondok Juice adalah TDL kategori B-2/TR dengan 2 kWh meter 2.200 VA dan 7.700 VA sehingga total kapasitas daya 9.900 VA yaitu sebesar Rp1.444,70 per kWh.

Penghematan biaya energi listrik melalui sistem PLTS dihitung berdasarkan estimasi produksi dan tarif dasar listrik, menghasilkan penghematan sebesar Rp 53.875.983,55 per tahun. Energi yang dihasilkan oleh PLTS akan mengalami penurunan setiap tahun sebesar 0,45% dengan asumsi beroperasi selama 25 tahun. Estimasi penghematan biaya energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTS selama 25 tahun masa operasinya seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Estimasi penghematan biaya energi listrik

Tahun Ke-	Estimasi Produksi Energi (kWh)	Penghematan (Rp)
1	37.292,16	53.875.984
2	37.124,34	53.633.534
3	36.957,28	53.392.182
4	36.790,97	53.151.914
5	36.625,41	52.912.730
6	36.460,60	52.674.629
7	36.296,53	52.437.597
8	36.133,19	52.201.620
9	35.970,59	51.966.711
10	35.808,72	51.732.858
11	35.647,59	51.500.073
12	35.487,17	51.268.314
13	35.327,48	51.037.610
14	35.168,51	50.807.946
15	35.010,25	50.579.308
16	34.852,70	50.351.696
17	34.695,86	50.125.109
18	34.539,73	49.899.548
19	34.384,30	49.674.998
20	34.229,57	49.451.460

21	34.075,54	49.228.933
22	33.922,20	49.007.402
23	33.769,55	48.786.869
24	33.617,59	48.567.332
25	33.466,31	48.348.778
Total	883.654,14	1.276.615.135

Berdasarkan Tabel 2, penggunaan sistem PLTS selama 25 tahun menghasilkan penghematan energi listrik sebesar 883.654,14 kWh. Selain itu, biaya energi listrik yang dapat dihemat mencapai Rp 1.276.615.136. Penghematan biaya ini dapat dianggap sebagai arus kas masuk bagi sistem PLTS.

Analisis Kelayakan Investasi

Analisis kelayakan investasi untuk perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) melibatkan berbagai metode evaluasi ekonomi yang bertujuan untuk menentukan apakah proyek tersebut layak direalisasikan atau tidak. Dalam penelitian ini, digunakan empat metode perhitungan untuk mengevaluasi kelayakan investasi sistem PLTS di Kafe Pondok Juice. Metode tersebut meliputi *Net Present Value* (NPV), *Benefit Cost Ratio* (BCR), *Discounted Payback Period* (DPP), dan *Internal Rate of Return* (IRR).

1. Net Present Value (NPV)

Nilai Bersih Sekarang (NPV) dihitung dengan mengurangkan biaya investasi awal sebesar Rp 204.265.197 dari nilai bersih arus kas sebesar Rp 645.789.016,90, sehingga perhitungan NPV menghasilkan nilai positif sebesar Rp 441.523.820,10 (>0), yang menunjukkan bahwa investasi PLTS Rooftop yang direncanakan untuk Kafe Pondok Juice dinilai layak untuk direalisasikan (Hidayat et al., 2019).

2. Benefit Cost Ratio (BCR)

Metode BCR dilakukan dengan membandingkan keuntungan yang diperoleh selama masa operasional PLTS dengan total biaya yang dikeluarkan dalam periode yang sama. Pada penelitian ini, perhitungan BCR dilakukan dengan mengasumsikan total kas masuk sebagai keuntungan dan biaya siklus hidup sebagai biaya (Rafli et al., 2022).

Pada perhitungan ini, total kas masuk diasumsikan sebagai keuntungan sebesar Rp 1.276.615.136, sedangkan biaya siklus hidup sebagai biaya sebesar Rp 310.025.224. Berdasarkan perhitungan, nilai BCR yang diperoleh adalah 4,11 yang artinya nilai tersebut lebih dari 1. Apabila nilai BCR lebih besar dari 1, maka investasi pada perencanaan PLTS ini dianggap layak untuk direalisasikan (Rafli et al., 2022).

3. *Discounted Payback Period (DPP)*

Sebuah investasi memerlukan waktu pengembalian modal awal atau disebut sebagai *Payback Period*. Investasi yang direncanakan untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga surya akan kembali dalam jangka waktu tertentu (Jannah et al., 2023). *Discounted Payback Period* (DPP) dihitung dengan membagi biaya investasi awal sebesar Rp 204.265.197 dengan nilai arus kas bersih yang didiskon sebesar Rp 645.789.016,90, kemudian menambahkan hasilnya dengan periode tahun ke-5 berdasarkan tabel ekonomi Teknik pada lampiran. Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai DPP sebesar 5,3163 tahun. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa PLTS Off-Grid di Kafe Pondok Juice layak untuk direalisasikan, karena waktu pengembaliannya lebih singkat dibandingkan masa umur proyek.

4. *Internal Rate of Return (IRR)*

Untuk menghitung IRR saat NPV sama dengan nol, metode interpolasi diterapkan antara tingkat diskonto yang menghasilkan NPV positif dan yang menghasilkan NPV negatif (Husen Sobana, 2018). IRR dihitung dengan menggunakan selisih antara nilai NPV1 sebesar Rp 441.523.820,10 dan NPV2 sebesar Rp 256.743.648,75, dikombinasikan dengan tingkat diskonto awal sebesar 6%. Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai IRR sebesar 15,55%. Angka ini melebihi suku bunga yang ditetapkan oleh Bank Indonesia pada Desember 2024, yaitu 6%. Dengan demikian, hasil dari perencanaan investasi untuk sistem PLTS *On-Grid* di Kafe Pondok Juice dinilai memenuhi syarat untuk dilaksanakan (Febriani, 2024).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Total investasi awal yang diperlukan untuk membangun sistem PLTS *off-grid* di Kafe Pondok Juice mencapai Rp 204.265.197, sedangkan total biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) sistem PLTS selama masa pakainya yang berlangsung selama 25 tahun mencapai Rp 105.760.028. Berdasarkan aspek Analisis kelayakan investasi dengan menggunakan metode *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp 441.523.820,10, *Benefit Cost Ratio* (BCR) sebesar 4,11, *Discounted Payback Period* (DPP) sekitar ± 5 tahun, dan *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 15,55 %. Hasil analisis kelayakan menunjukkan bahwa perencanaan PLTS pada Kafe Pondok Juice dinyatakan layak untuk direalisasikan.

DAFTAR REFERENSI

- Afandi, A. N., Fadlika, I., Gumilar, L., Andriansyah, M. R., Mistakim, E., Fakhri, A. S., Muazib, A., Asyhari, M. R. I., & Sidiq, M. F. (2021). Rancang bangun off-grid system pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebagai modul pembelajaran bagi mahasiswa Universidade Oriental De Timor Lorosa'e (UNITAL). Prosiding SNAPP: Sosial Humaniora, Pertanian, Kesehatan dan Teknologi, 1(1), 349–359.
- Ardiansyah, A., Setiawan, I. N., & Sukerayasa, I. W. (2021). Perancangan PLTS atap on grid system pada kantor Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Penelitian dan Pengembangan Kota Probolinggo. Jurnal SPEKTRUM, 8(4).
- Ariyani, S., Wicaksono, D. A., Fitriana, F., Taufik, R., & Germenio, G. (2021). Studi perencanaan dan monitoring system pembangkit listrik tenaga surya di remote area. Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika, 20(2), 113–124.
- Hayusman, L. M. (2022). Studi perencanaan panel kendali PLTS-PLN berdasarkan kapasitas baterai untuk PLTS off-grid. JST (Jurnal Sains Terapan), 8(1), 35–44.
- Hendra, M. P., Pradana, R. A., Masulili, A. N., & Wisudanto, W. (2024). Mengukur kinerja dan analisis kelayakan investasi ditinjau dari aspek finansial pada pengadaan truck mounted crane di Kilang Sei Pakning. Sebatik, 28(1), 98–104.
- Hidayat, F., Winardi, B., & Nugroho, A. (2019). Analisis ekonomi perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro. Transient, 7(4), 875.
- Hiswandi, M. F., Iswahyudi, F., & Soeroto, W. M. (2023). Analisis kelayakan investasi pembangkit listrik tenaga surya atap dengan sistem on-grid di pabrik minuman siap saji. Sebatik, 27(1), 22–29.
- Husen Sobana, H. D. (2018). Studi kelayakan bisnis. Pustaka Setia.
- Jamil, S. R., Wang, L., Tang, C., Khan, H. M. S., & Che, D. (2022). The role and impact of costing method in the decision-making of energy project: A comparative assessment between levelized cost of energy and benefit-to-cost ratio analysis. International Journal of Energy Research, 46(4), 4754–4769.
- Jannah, H. H. N., Styana, U. I. F., Kurniawan, A., & Hindarti, F. (2023). Analisis teknik dan ekonomi perencanaan PLTS rooftop sistem on-grid di SDN 1 Temuwuh. Proceeding of ITY Green Technology.
- Kartika, W., & Oktarini, I. D. (2022). Pengaruh biaya operasional terhadap produktivitas tenaga kerja di KJPP Herman Meirizki Surabaya. Jurnal Akuntansi, 3(1).
- Kim, J. (2022). Do NPV and IRR measure the profitability of investment opportunities? Conditions as measures of profitability. Journal of Korean Society of Industrial and Systems Engineering, 45(4), 167–173.
- Mohan, K. S., Mahapatra, S., Febin, D. J. L., Perumal, T., Raj, S., & Prabhakaran, P. (2022). Economic feasibility studies of simple and discounted payback periods for 1 MWp

ground mounted solar PV plant at Tirupati Airport. In Smart Grids and Microgrids: Technology Evolution (pp. 59–73).

Nurjaman, H. B., & Purnama, T. (2022). Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebagai solusi energi terbarukan rumah tangga. *Jurnal Edukasi Elektro*, 6(2), 136–142.

Puriza, M. Y., Yandi, W., & Asmar, A. (2021). Perbandingan efisiensi konversi energi panel surya tipe polycrystalline dengan panel surya monocrystalline berbasis Arduino di Kota Pangkalpinang. *Jurnal Ecotype (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 8(1), 47–52.

Putra, I. W. S., Kumara, I. N. S., & Hartati, R. S. (2022). Analisis teknologi ekonomi implementasi sistem PLTS atap pada gedung kantor Walikota Denpasar. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 21(2), 185–194.

Rabaia, M. K. H., Abdelkareem, M. A., Sayed, E. T., Elsaied, K., Chae, K.-J., Wilberforce, T., & Olabi, A. G. (2021). Environmental impacts of solar energy systems: A review. *Science of The Total Environment*, 754, 141989.

Rafli, R., Ilham, J., & Salim, S. (2022). Perencanaan dan studi kelayakan PLTS rooftop pada gedung Fakultas Teknik UNG. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(1), 8–15.

Rani, C. T. (2023). Perencanaan dan analisa teknologi ekonomi PLTS on-grid system pada smart greenhouse Politeknik Negeri Jember menggunakan software PVSYST. [Tesis tidak dipublikasikan]. Politeknik Negeri Jember.

Setiawan, A., & Hermanto, A. (2022). Pengembangan perangkat lunak optimasi ekonomi dan analisa finansial PLTS studi kasus PLTS 10 MWAC. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 17(2), 59–71.

Sihotang, G. H. (2019). Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya rooftop di Hotel Kini Pontianak. *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, 7(1).

Suhendar, S. (2022). Dasar-dasar perencanaan pembangkit listrik tenaga surya. Media Edukasi Indonesia.