

**ANALISIS KELAYAKAN INVESTASI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA SURYA ON-GRID MENGGUNAKAN SOFTWARE
PVSYST PADA RUMAH TINGGAL DENGAN DAYA 2200 VA**

¹Andre antonio*, ²Bambang Widodo, ³Judo Ignatius Nempung
^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Kristen

Jalan Mayjen Sutoyo No. 2, Cawang, Jakarta Timur

*Corresponding author : andreantonio2412@gmail.com

Abstrak

Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) on-grid dengan kapasitas total 1.885 Wp menggunakan perangkat lunak PVSYST menunjukkan bahwa sistem ini mampu menghasilkan energi bersih sebesar 2.567 kWh per tahun. Sistem ini memberikan penghematan energi tahunan sebesar 33,83%, yaitu dari konsumsi awal sebesar 7.586 kWh menjadi 5.019 kWh. Dari sisi finansial, hal ini menghasilkan penghematan biaya listrik sebesar Rp 3.708.545 per tahun. Analisis kelayakan ekonomi menunjukkan bahwa investasi awal yang dibutuhkan untuk instalasi PLTS ini adalah sebesar Rp 26.740.662, dengan biaya operasional dan pemeliharaan tahunan sebesar Rp 3.010.803. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa proyek ini memiliki Net Present Value (NPV) positif sebesar Rp 18.799.027, nilai Profitability Index (PI) sebesar 1,7 (lebih dari 1), serta Discounted Payback Period (DPP) selama 10,6 tahun, yang lebih singkat dibandingkan masa operasional proyek selama 25 tahun. Selain itu, titik impas (Break Even Point) dicapai pada tahun ke-8. Berdasarkan nilai nilai tersebut, proyek PLTS on-grid ini dinyatakan layak secara ekonomi untuk diimplementasikan.

Kata kunci : Kelayakan investasi, PLTS on-grid, PVsyst.

1. PENDAHULUAN

Listrik telah menjadi kebutuhan utama bagi manusia modern, namun peningkatan permintaan energi menimbulkan beberapa tantangan, seperti meningkatnya emisi karbon dan semakin menipisnya sumber daya alam, terutama cadangan minyak bumi yang semakin berkurang serta batu bara yang menghasilkan banyak limbah karbon. Untuk mengatasi tantangan ini, Energi Baru Terbarukan (EBT)

muncul sebagai solusi dengan menawarkan sumber daya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. EBT memanfaatkan sumber daya yang dapat diperbarui seperti sinar matahari, angin, air, dan panas bumi. Salah satu contohnya adalah energi surya, yang menggunakan panel surya untuk mengubah sinar matahari menjadi listrik tanpa menghasilkan emisi gas rumah kaca dengan cara pemasangan yang cukup sederhana.^[19]

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sebuah sistem yang menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan cahaya matahari melalui panel surya (fotovoltaik) untuk mengkonversi radiasi foton dari sinar matahari menjadi energi listrik. Agar dapat berfungsi secara optimal, PLTS membutuhkan beberapa komponen utama yang harus terpasang dengan benar. Komponen-komponen tersebut antara lain modul surya, pengatur pengisian baterai (solar charge controller/SCC), akumulator, dan pengubah arus (inverter). Dengan instalasi yang tepat dari seluruh komponen ini, modul surya mampu menghasilkan listrik yang siap digunakan.^[19]

Energi matahari merupakan salah satu sumber energi yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia karena keberadaannya yang tidak akan habis meskipun digunakan secara berkelanjutan. Menurut data yang dirilis oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) pada tahun 2023, Indonesia memiliki potensi besar dalam energi terbarukan, dengan total lebih dari 3.600 GW, di mana potensi energi surya mencapai lebih dari 3.200 GW. Angka tersebut menunjukkan betapa melimpahnya sumber energi matahari di Indonesia.^[19]

Ada beberapa variasi dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya, salah satunya adalah PLTS On-Grid. Ini adalah sistem pembangkit listrik alternatif yang memanfaatkan sinar matahari sebagai satu-satunya sumber energi. PLTS On-Grid tidak dilengkapi dengan baterai karena listrik yang dihasilkan akan langsung disuplai ke beban. Dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan untuk

menghasilkan listrik, pengguna dapat mengurangi biaya tagihan listrik bulanan.^[19]

Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) selaras dengan panduan dalam Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN 2021-2030 serta kebijakan pengembangan Energi Baru Terbarukan (EBT). Salah satu jenis PLTS yang semakin diminati adalah PLTS Atap (Rooftop), yang diatur melalui Peraturan Menteri ESDM No. 49 Tahun 2019. Implementasi PLTS Atap diharapkan dapat berkontribusi dalam mencapai target EBT sebesar 23% pada 2025. Blue Print Pengelolaan Energi Nasional (BPPN) menargetkan kapasitas terpasang PLTS Atap sebesar 400 MW pada 2024. Menurut data Kementerian ESDM, PLTS Atap memiliki umur teknis sekitar 20-30 tahun, dengan kebutuhan penggantian inverter hanya sekali selama masa pakainya, tergantung pada jenis panel surya yang digunakan.^[19]

2. KERANGKA TEORI

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sebuah teknologi energi terbarukan yang mengandalkan sinar matahari sebagai sumber utamanya. Sistem ini bekerja dengan mengubah energi radiasi matahari menjadi listrik melalui komponen utama berupa panel surya atau modul fotovoltaik (PV).^[19]

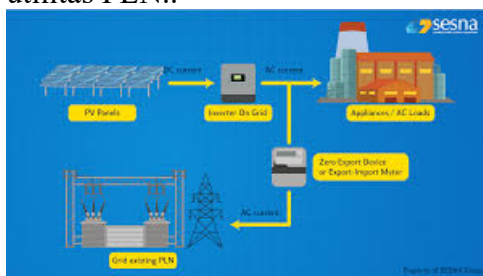


Gambar 2. 1 Pembangkit Listrik

Tenaga Surya

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-grid

PLTS On-Grid adalah sistem generasi listrik yang terinterkoneksi secara langsung dengan jaringan distribusi PLN, dengan karakteristik utama tidak membutuhkan baterai untuk menyimpan energi. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel fotovoltaik dapat langsung dikonsumsi oleh pengguna atau diekspor ke jaringan PLN ketika produksi melebihi permintaan. Sistem PLTS On-Grid memiliki kelayakan aplikasi yang tinggi baik untuk skala rumah tangga maupun komersial, mengingat kemampuannya dalam menekan biaya konsumsi energi dari jaringan utilitas PLN.^[12]



Gambar 2. 2 Konfigurasi Sistem PLTS on-grid

2.3 Komponen-Komponen PLTS on-grid

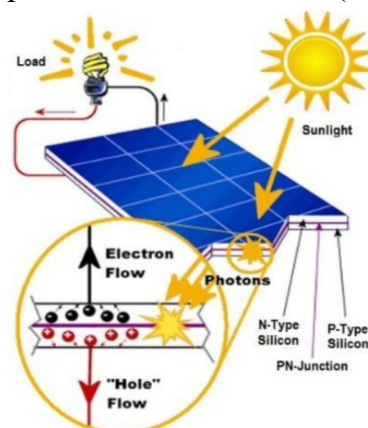
PLTS on-grid terdiri dari sejumlah komponen yang memiliki penting peran masing-masing. Berikut adalah komponen-komponen PLTS on-grid :

2.3.1 Modul Surya

Modul surya adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Modul ini terdiri dari sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor tipe-n (bermuatan negatif) dan tipe-p (bermuatan positif). Ketika kedua jenis semikonduktor ini digabungkan, terbentuk zona deplesi,

yaitu area netral Sel surya memiliki medan listrik internal yang terbentuk dari interaksi antara lapisan semikonduktor tipe-n dan tipe-p. Medan listrik ini berfungsi untuk memisahkan elektron bebas dan hole. Ketika sinar matahari menyinari permukaan modul surya, energi foton dari cahaya matahari diserap oleh bahan semikonduktor. Energi tersebut membuat elektron dalam semikonduktor terlepas dari orbitnya, sehingga menghasilkan pasangan elektron dan hole.^[15]

Medan listrik internal mengarahkan elektron untuk bergerak menuju lapisan tipe-n dan hole ke lapisan tipe-p. Aliran elektron yang dihasilkan ini menciptakan arus listrik searah (DC).



Gambar 2. 3 Cara Kerja Modul Surya

2.3.2 Inverter

Inverter merupakan alat yang digunakan untuk mengkonversi arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Komponen ini sangat penting karena listrik yang dihasilkan oleh PLTS berbentuk arus searah, sementara sebagian besar perangkat elektronik membutuhkan arus bolak-balik untuk dapat beroperasi.

2.4 Software PVSYS

PVSyst merupakan perangkat lunak yang dirancang untuk membantu dalam proses pembelajaran, perencanaan, dan

analisis data sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) secara menyeluruh. Software ini menawarkan fitur simulasi untuk berbagai jenis sistem, baik yang terhubung ke jaringan listrik (on-grid) maupun yang berdiri sendiri (stand-alone). Selain itu, PVSyst juga dilengkapi dengan basis data meteorologi yang lengkap, seperti Meteonorm.

Software ini memiliki kemampuan untuk memodelkan sistem PLTS secara detail dengan mempertimbangkan berbagai faktor, seperti intensitas radiasi matahari, kondisi cuaca, arah orientasi dan sudut kemiringan panel, serta tipe modul surya yang digunakan. Selain aspek teknis, PVSyst juga mendukung analisis ekonomi, termasuk perhitungan biaya instalasi, estimasi efisiensi penghematan energi, dan analisis potensi pengembalian investasi.



Gambar 2. 4 Software PVSYST

2.5 Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi dilakukan dengan menerapkan prinsip ekonomi dan pendekatan teknis guna mendukung pengambilan keputusan, khususnya dalam menilai biaya dan manfaat dari suatu proyek atau investasi. Penilaian ini didasarkan pada suku bunga acuan Bank Indonesia sebesar 5,75% dan masa proyek yang direncanakan selama 25 tahun.

2.5.1 Biaya Operational and Maintenance (O&M)

Biaya yang dibutuhkan setiap tahun untuk mengoperasikan dan merawat komponen agar tetap berfungsi optimal dikenal sebagai biaya operasional dan pemeliharaan yang ditunjukkan pada persamaan berikut.^[19]

$$O\&M = 1\% \times \text{Biaya Investasi} \quad (1)$$

Untuk menghitung nilai sekarang dari biaya tahunan yang akan dikeluarkan selama proyek, rumus ini dapat digunakan dengan mempertahankan jumlah pengeluaran yang tetap dipelihatkan pada persamaan sebagai berikut.

$$M_{pw} = O\&M \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (2)$$

Keterangan :

M_{PW} : Biaya pemeliharaan dan operasional selama n tahun atau selama umur proyek.

O&M : Biaya operasi dan pemeliharaan /tahun

I : Tingkat diskonto.

N : Umur proyek.

2.5.2 Life Cycle Cost (LCC)

Life Cycle Cost (LCC) merupakan keseluruhan biaya yang dikeluarkan sepanjang siklus hidup suatu aset, produk, atau sistem, mulai dari tahap perencanaan dan pengadaan hingga operasional, pemeliharaan, hingga penggantian yang ditunjukkan pada persamaan berikut.^[18]

$$LCC = C + M_{pw} \quad (3)$$

Keterangan :

LCC :biaya siklus hidup

C :biaya investasi awal

M_{PW} :biaya operasional dan pemeliharaan dalam jangka panjang

2.5.3 Discount Factor (DF)

Discount factor adalah nilai yang digunakan untuk menghitung nilai sekarang (*present value*) dari arus kas di masa depan. Faktor ini memperhitungkan efek dari nilai uang berdasarkan waktu yang ditunjukkan pada persamaan sebagai berikut.

$$DF = \frac{1}{(1 + i)^n} \quad (4)$$

Keterangan :

DF : Faktor diskonto.

i : Tingkat Diskonto atau suku bunga

n : Periode dalam tahun (umur investasi)

2.5.4 *Capital Recovery Factor (CRF)*

Capital Recovery Factor (CRF) adalah faktor yang digunakan untuk menghitung pembayaran tahunan tetap yang diperlukan untuk memulihkan investasi awal beserta bunga selama periode tertentu yang ditunjukkan pada persamaan sebagai berikut.^[18]

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

Keterangan :

CRF : Faktor pemulihan modal.

i : Tingkat diskonto atau suku bunga

n : Periode dalam tahun (umur investasi)

2.5.5 Analisis Kelayakan Investasi

1. *Net Present Value (NPV)*

Net Present Value (NPV)

adalah metode yang digunakan untuk menilai kelayakan suatu investasi atau proyek dengan menghitung selisih antara nilai sekarang dari aliran kas yang masuk (*cash inflow*) dan nilai sekarang dari aliran kas yang keluar (*cash outflow*). Dalam

NPV, nilai uang dihitung dengan mempertimbangkan waktu, karena uang yang diterima atau dibayar di masa depan memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan uang yang diterima masa sekarang yang ditunjukkan pada persamaan sebagai berikut.^[18]

$$NPV = \sum_t^n \frac{NCF_t}{(1 + i)^n} - Ia \quad (6)$$

(6)

Keterangan :

NCF_t : *Net Cash Flow* periode tahun ke-1 sampai tahun ke-n.

I_a : Investasi awal (*Initial Investment*).

i : Tingkat diskonto atau suku bunga

n : Periode dalam tahun (umur investasi).

2. *Profitability Indeks (PI)*

Profitability Index (PI) adalah indikator yang digunakan untuk menilai kelayakan suatu investasi dengan membandingkan nilai kumulatif dari net cash flow (aliran kas bersih) yang diterima sepanjang periode investasi terhadap biaya investasi awal dengan persamaan sebagai berikut.^[18]

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

(7)

Keterangan :

NCF_t : *Net Cash Flow* periode tahun ke-1 sampai tahun ke-n.

I_a : Investasi awal (*Initial Investment*).

i : Tingkat Diskonto atau Suku Bunga

n : Periode dalam tahun (Umur Investasi)

3. Discounted Payback Period (DPP)

Discounted Payback Period (DPP) mengukur waktu yang diperlukan dalam memulihkan pengembalian yang telah didiskontokan. Periode Pengembalian Diskontokan (PVNCF) dihitung dengan menjumlahkan arus kas bersih sampai jumlah tersebut mencapai nilai investasi awal dengan persamaan sebagai berikut.^[18]

$$DPP = Year\ Before\ Recovery \quad (8)$$

Keterangan :

Year Before Recovery : Tahun sebelum modal investasi kembali
Ia : Investasi

Awal

NPV_{kumulatif} : Penjumlahan NPV

4. Break Event Point (BEP)

Break Even point merupakan waktu yang di mana total pendapatan sama dengan total biaya atau titik impas dari PLTS yang ditunjukkan oleh persamaan sebagai berikut.^[18]

$$BEP = \frac{LCC}{W \times Harga\ jual\ listrik} \quad (9)$$

Keterangan :

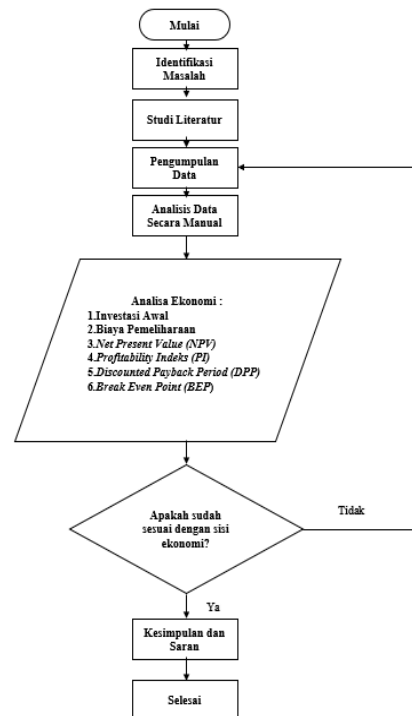
BEP :Titik impas (*Break Event Point*)

W : Energi listrik yang dihasilkan dalam setahun

3. METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yaitu metode yang mengandalkan data numerik untuk dianalisis secara sistematis. Dalam pelaksanaannya, pendekatan kuantitatif ini melibatkan beberapa variabel, yaitu Rumah Tinggal dengan daya 2200 VA sebagai variabel terikat, penggunaan aplikasi PVSYST sebagai variabel bebas, serta data beban listrik sebagai variabel kontrol. Penelitian dilakukan dengan berbagai tahapan untuk mencapai kesimpulan sebagaimana ditunjukkan pada gambar sebagai berikut.^[6]



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian
3.2 Pengumpulan Data

Pada tugas akhir tentang perencanaan PLTS On-grid (Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-grid), pengumpulan data merupakan salah satu tahap penting yang harus dilakukan untuk mendukung analisis dan perencanaan yang akurat. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini bisa

melibatkan beberapa pendekatan berikut:

1. Potensi Intensitas Radiasi Matahari
2. Survey Konsumsi Energi Listrik
3. Pengukuran Kebutuhan Daya
4. Pengumpulan Data Tentang Sistem On-grid
5. Simulasi Menggunakan Software PVSYST
6. Analisis Kelayakan Ekonomi dan Investasi

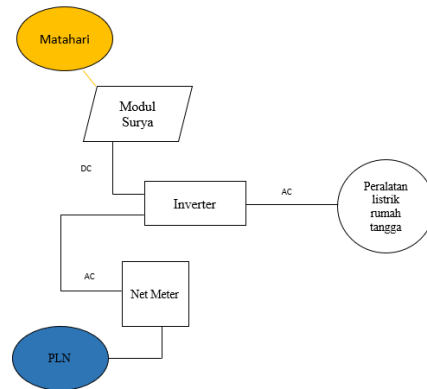
3.3 Analisis data

Penelitian ini secara khusus bertujuan untuk mengevaluasi langkah-langkah yang diperlukan dalam menganalisis aspek ekonomi terkait dengan pembiayaan dalam proses pembangunan serta untuk menilai kelayakan investasi pada PLTS On-grid yang sedang dianalisis. Fokus utama dari studi ini mencakup:

1. Potensi Matahari
2. Komponen PLTS on-grid
3. Energi Listrik yang dihasilkan
4. Investasi Awal
5. Biaya O&M
6. Analisis kelayakan bisnis menggunakan konsep Ekonomi Teknik

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum



Gambar 4. 1 Blok diagram PLTS dengan jaringan PLN

4.2 Data penelitian

4.2.1 Data beban listrik pada rumah tinggal

Untuk menentukan kapasitas yang dibutuhkan PLTS On-Grid, kita perlu merincikan kapasitas daya listrik yang digunakan dari PLN sebesar 1.896 W dengan pemakaian energi pada bulan Desember 2024 sebesar 632,259 kWh/Bulan Maka , pemakaian energi untuk 1 tahun sebesar 7586 kWh/Tahun.

Tabel 4. 1 Data kapasitas beban listrik yang terpakai

Nama Peralatan	Jumlah	Kapasitas Daya (Watt)	Total Kapasitas Daya (Watt)
	A	B	C= B x A
AC	1	690	690
Freezer 1	1	260	260
Freezer 2	1	140	140
Kulkas	1	233	233
Lampu Led	10	15	150
Lampu Led	1	25	25
Rice Cocker	1	365	365
Kipas Angin	1	33	33
Total			1.896

4.3 Pengolahan Hasil Data

4.3.1 Data energi yang dibangkitkan PLTS menggunakan Software Pvsyst

Sistem PLTS dengan kapasitas 1.855 Wp diperkirakan mampu menghasilkan energi sebesar

2.567 kWh per tahun, sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut.

	GlobHor kWh/m ²	DifHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEFF kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	122.7	65.57	24.63	116.3	110.2	177.8	168.8	0.782
February	137.8	79.87	24.46	133.9	127.7	207.3	197.8	0.796
March	144.0	82.61	25.06	140.9	134.9	216.5	205.3	0.789
April	144.5	73.63	25.11	149.0	142.6	228.0	217.4	0.786
May	140.5	72.02	25.69	149.0	142.5	226.6	218.1	0.789
June	138.1	69.21	24.97	148.8	143.0	231.4	221.0	0.801
July	148.5	70.92	24.75	159.3	153.5	247.5	236.3	0.800
August	155.7	81.78	25.16	162.5	156.5	251.1	239.8	0.795
September	157.2	82.81	25.05	159.4	152.8	244.8	233.7	0.780
October	167.9	97.44	25.87	164.8	157.8	253.2	241.9	0.791
November	140.4	90.13	25.02	134.6	127.8	207.8	198.2	0.794
December	135.9	80.51	24.93	127.8	121.0	196.9	187.4	0.790
Year	1729.6	944.50	25.05	1746.5	1670.2	2690.9	2566.8	0.792

Legends
 GlobHor Global horizontal irradiation
 DifHor Horizontal diffuse irradiation
 T_Amb Ambient Temperature
 GlobInc Global incident in coil plane
 GlobEFF Effective Global, corr. for IAM and shadings
 EArray Effective energy at the output of the array
 E_Grid Energy injected into grid
 PR Performance Ratio

Gambar 4. 2 Data energi yang dibangkitkan oleh PLTS menggunakan software PVSYSY 4.3.2 Biaya Perancangan PLTS

Biaya investasi dihitung berdasarkan komponen sistem PLTS On-grid sebesar Rp.26.740.662 yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4. 2 Biaya komponen PLTS on-grid

Komponen PLTS On-grid	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Biaya (Rp)
	A	B	C = B x A
Modul Surya 265 Wp Trina Solar TSM-265 PD05	7 Modul	1.782.856	12.479.992
Sunny Boy SWR 2000 (1,8kWp)	1 Buah	9.250.670	9.250.670
Kabel PV ke Junction	10	22.000	220.000
Kabel Junction ke Inverter	20	32.000	640.000
Kabel Inverter ke Grid	20	22.000	440.000
TOTAL			23.030.662
Biaya pemasangan (kWp)	1,855 kwp	2.000.000	3.710.000
TOTAL			26.740.662

4.3.3 Biaya O&M

Tabel 4. 3 Biaya O&M

Komponen PLTS On-grid	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	O&M satuan (Rp)	Total Biaya O&M (Rp)
	A	B	C = B x 1%	D = A x C
Modul Surya 265 Wp Trina Solar TSM-265 PD05	7 Modul	1.782.856	17.828,56	124.799,92
Sunny Boy SWR 2000 (1,8kWp)	1 Buah	9.250.670	92.506,7	92.506,7
Kabel PV ke Junction	10 Buah	22.000	220	2.200
Kabel Junction ke Inverter	20	32.000	320	6.400
Kabel Inverter ke Grid	20	22.000	220	4.400
Total				230.307

Maka biaya O&M akan dihitung berdasarkan tingkat suku bunga bank pada januari tahun 2025 sebesar 5,75% selama 25 tahun ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 Mpw &= O\&M \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \\
 &= 230.307 \frac{(1+0,0575)^{25} - 1}{0,0575(1+0,0575)^{25}} \\
 &= 230.307 \frac{(1,0575)^{25} - 1}{0,0575(1,0575)^{25}} \\
 &= 230.307 \frac{4,046 - 1}{0,0575(4,046)} \\
 &= 230.307 \frac{3,046}{0,233} \\
 &= 230.307 \cdot 13,073 \\
 &= Rp.3.010.803,-
 \end{aligned}$$

4.3.4 Perhitungan Biaya Siklus Hidup (LCC)

Perhitungan LCC merupakan penjumlahan antara biaya investasi awal dengan biaya O&M pada persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 LCC &= C + Mpw \\
 &= Rp. 26.740.662 + Rp.3.010.803 \\
 &= Rp. 29.751.465,-
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan Discount factor (DF) adalah :

$$\begin{aligned}
 DF &= \frac{1}{(1+i)^n} \\
 &= \frac{1}{(1+0,0575)^{25}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{(1,0575)^{25}}$$

$$= \frac{1}{4,046}$$

$$= 0,247$$

Berdasarkan hasil perhitungan analisis data sistem PLTS On-grid pada rumah tinggal dengan periode umur proyek selama 25 tahun berdasarkan suku bunga Bank Indonesia sebesar 5,75% pada Januari tahun 2025 dengan nilai LCC sebesar Rp. 29.751.465 dan diskon factor sebesar 0,247.

4.3.5 Faktor Pemulihan Modal (CRF)

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

$$= \frac{0,0575(1 + 0,0575)^{25}}{(1 + 0,0575)^{25} - 1}$$

$$= \frac{0,0575(1,0575)^{25}}{(1,0575)^{25} - 1}$$

$$= \frac{0,0575(4,046)}{4,046 - 1}$$

$$= \frac{0,2327}{3,046}$$

$$= 0,077$$

$$= 0,077$$

Bedasarkan persamaan diatas nilai CRF yang telah dihitung berdasarkan tingkat suku bunga sebesar 5,75% dan periode proyek selama 25 tahun adalah sebesar 0,077. Pembayaran listrik dalam setahun tanpa menggunakan energi dari PLTS dengan cara mengalikan energi yang dikonsumsi bersumber dari PLN dengan tarif yang sudah ditetapkan berdasarkan tarif pelanggan bisnis dengan daya 2200VA golongan B-1 sebesar Rp.1.444,70 / kWh dan dihitung berdasarkan persamaan berikut.

Biaya listrik setahun =
 konsumsi energi tahunan x tarif pln
 = 7.586 kWh per tahun x Rp.1.444,70
 = Rp.10.959.494,-

Nilai jual energi yang dihasilkan PLTS On-grid selama setahun:

Nilai jual energi yang dihasilkan PLTS per tahun =
 Energi listrik yang dihasilkan PLTS x
 Harga jual listrik =
 2.567 kWh/Years x Rp.1.444,70
 = Rp.3.708.545,-

Maka, biaya yang harus dibayarkan tiap tahunnya setelah menggunakan PLTS On-grid dinyatakan oleh persamaan berikut. Biaya tiap tahun setelah pemasangan plts

= Biaya Listrik Setahun – Nilai Jual Energi PLTS
 = Rp.10.959.494 - Rp.3.708.545,-
 = Rp.7.250.949,-

4.3.6 Analisis Kelayakan Ekonomi

1. Net Present Value (NPV)

Tabel 4. 4Net Cash Flow periode tahun ke-1 sampai dengan tahun ke-25

Periode	Biaya Investasi Awal (Rp)	Ausuk Masa (Rp)	Ausuk Tahun (Rp)	Ausuk Bersih (Rp)	DF	PMCF (Rp)	jumlah PMCF (Rp)
1		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,9434	3.299.113,9480	3.299.113,9480
2		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,8922	3.120.273,2089	6.419.387,1569
3		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,8410	2.941.106,2762	9.360.493,4331
4		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,7908	2.762.226,1779	12.122.719,6110
5		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,7415	2.583.033,0935	14.705.752,7045
6		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,6931	2.403.602,5801	17.109.355,2846
7		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,6457	2.223.779,8939	19.333.135,1785
8		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,6001	2.052.862,7735	21.385.997,9520
9		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,5561	1.890.202,8804	23.276.199,8324
10		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,5137	1.735.248,0461	25.011.447,8785
11		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,4728	1.587.362,8842	26.608.810,7627
12		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,4333	1.445.907,1745	28.064.717,9372
13		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,3951	1.309.248,0461	29.373.965,9833
14		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,3581	1.176.748,0461	30.540.714,0294
15		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,3231	1.047.748,0461	31.573.962,0755
16		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,2899	921.607,1745	32.485.569,2500
17		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,2584	807.607,1745	33.287.176,4245
18		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,2284	705.207,1745	34.000.383,5990
19		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,1998	612.807,1745	34.633.590,7735
20		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,1725	529.807,1745	35.196.797,9480
21		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,1464	455.807,1745	35.699.005,1225
22		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,1214	389.807,1745	36.150.212,2970
23		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,0983	331.807,1745	36.560.419,4715
24		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,0771	280.807,1745	36.940.626,6460
25		3.708.545,00	180.300,00	3.528.245,00	0,0577	236.807,1745	37.301.833,8205

Berdasarkan Tabel 4.4 dengan nilai total Net Cash Flow pada tahun ke-25 sebesar Rp.45.539.689 dengan investasi awal sebesar Rp.26.740.662 Maka , NPV dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

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

$$= Rp.45.539.689 - Rp.26.740.662$$

$$= Rp.18.799.027,-$$

Hasil perhitungan NPV menunjukkan nilai positif sebesar Rp.18.799.027 yang mengindikasikan bahwa investasi PLTS On-grid di rumah tinggal layak untuk dibangun.

2. Profitability Indeks (PI) Profitability Index (PI)

merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengevaluasi kelayakan suatu investasi dengan membandingkan total nilai kumulatif dari arus kas bersih (net cash flow) yang diperoleh selama periode investasi, yaitu sebesar Rp45.539.689, terhadap biaya awal investasi yang dikeluarkan sebesar Rp26.740.662, sesuai dengan persamaan berikut.

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n NCF_t(1+i)^{-t}}{Ia}$$

$$= \frac{Rp.45.539.689}{Rp.26.740.662}$$

$$= 1,7$$

3. Discounted Payback Period (DPP)

$$DPP = \text{Year Before Recovery} + \frac{Ia}{NPV_{\text{Kumulatif}}}$$

$$= 10 + \frac{Rp.26.740.662}{Rp.45.539.689}$$

$$= 10 + 0,589$$

$$= 10,6 \text{ Tahun}$$

Dengan nilai DPP sebesar 10,6 tahun, perencanaan investasi PLTS On-grid di rumah tinggal dianggap layak untuk dibangun, karena periode pengembalian yang didiskontokan lebih pendek dibandingkan dengan masa proyek yang berlangsung selama 25 tahun.

4. Break Even Point (BEP)

Perhitungan BEP merupakan perhitungan titik impas suatu proyek yang dinyatakan pada persamaan berikut :

$$BEP = \frac{LCC}{W \times \text{Harga Jual Listrik}}$$

$$= \frac{Rp.29.751.465}{2567 \times Rp.1.444,70}$$

$$= \frac{Rp.29.751.465}{Rp.3.708.546}$$

$$= 8,02 \text{ Tahun}$$

$$= 8 \text{ Tahun}$$

Hasil diatas menunjukkan bahwa Pembangunan mendapat titik balik modal setelah 8 tahun proyek .

5.SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1.Berdasarkan hasil perhitungan NPV yang menunjukkan nilai positif sebesar Rp.18.799.027, dapat disimpulkan bahwa investasi PLTS On-grid di rumah tinggal layak untuk direalisasikan.

Berdasarkan persamaan di atas, diperoleh nilai PI sebesar 1,7 ($PI > 1$). Hal ini mengindikasikan bahwa investasi PLTS On-grid di rumah tinggal layak untuk dibangun. Berdasarkan nilai DPP sebesar 10,6 tahun, perencanaan investasi PLTS On-grid di rumah tinggal dianggap layak untuk dibangun, karena periode pengembalian yang didiskontokan lebih pendek dibandingkan dengan masa proyek yang berlangsung selama 25 tahun. Maka dapat disimpulkan bahwa proyek dinyatakan layak untuk direalisasikan karena sudah terbukti berdasarkan perhitungan analisa Ekonomi Teknik. Berdasarkan simulasi PVSyst, energi bersih yang dapat dihasilkan mencapai 2567 kWh per tahun.

2.Sebelum perencanaan PLTS On-grid, konsumsi energi dari PLN dengan kapasitas daya 2200 VA mencapai 7.586 kWh per tahun, yang jika dikalikan dengan tarif pelanggan bisnis golongan B-1 sebesar Rp.1.444,70/kWh menghasilkan biaya listrik tahunan sebesar Rp.10.959.494. Setelah perancangan PLTS On-grid dengan kapasitas 1,855 kWp, energi bersih yang dihasilkan setelah memperhitungkan rugi-rugi adalah 2.567 kWh per tahun. Dengan tarif yang sama, biaya

untuk energi yang dihasilkan oleh PLTS menjadi Rp.3.708.545. Oleh karena itu, total biaya listrik yang harus dibayar setelah perencanaan PLTS On-grid adalah Rp.7.250.949 per tahun.

3. Hasil dari perhitungan BEP diatas menunjukkan bahwa Pembangunan PLTS On-grid mendapat titik balik modal setelah 8 tahun proyek

5.2 Saran

Dalam penelitian ini, PLTS On-grid terbukti mampu mengurangi konsumsi energi listrik, namun hanya terbatas pada jam operasional efektif panel surya, yaitu pukul 10.00 WIB - 16.00 WIB. Oleh karena itu, penulis menyarankan penggunaan PLTS Hybrid yang dapat beroperasi di luar jam tersebut dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan lainnya, seperti PLTB.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Fuaddin, D., & Daud, A. (2020). Rancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya on-grid kapasitas 20 kWp untuk residensial. *Jurnal Teknik Energi*, 10(1), 53-57.
[2] Patabang, S., Sampebatu, L., & Kamolan, A. (2023). Analisa Potensi Penggunaan PLTS On Grid di Kota Makasar. *Jurnal Ampere*, 8(1), 60-70.
[3] Pardede, D. F. (2024). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Di Gedung Kesenian Dharma Negara Alaya Denpasar.
[4] Arthadi, K. P., Sugirianta, I. B. K., & Budiada, I. (2023). Perencanaan PLTS On-Grid Berdasarkan Audit Energi Listrik Berbasis PVsyst pada Sebuah Rumah Tinggal di Kuta Selatan (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bali).
[5] Jalaluddin, R., & Safarudin, Y. M. (2020, December). Perbandingan Biaya Perancangan Plts On-Grid dan

Off-Grid pada Laboratorium Listrik PPSDM MIGAS. In *Prosiding Seminar Nasional NCIET* (Vol. 1, No. 1, pp. 162-169).

[6] Tukan, B. R., Widodo, B., & Purba, R. (2023). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid di Gedung Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UKI-Jakarta menggunakan Aplikasi PVSyst. L

[7] SOPIAN, A. (2023). Simulasi Perbandingan Sudut Orientasi Pada Pemasangan Modul PLTS Atap On Grid 272 kWp di PT. KINO INDONESIA TBK CIDAHU SUKABUMI

[8] Asta, P. K. T. (2024). Analisis Ekonomi pada Perencanaan PLTS Rooftop di Villa Manusa (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bali).

[9] Al Bahar, A. K. (2018). Perencanaan dan Simulasi Sistem PLTS Off-Grid untuk Penerangan Gedung Fakultas Teknik Unkris. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 6 (3), 97-107.

[10] Ali, M. &. (2020). Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Energi Bersih yang Ramah Lingkungan. *JEBT: Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, 01 (02), 68-77.

[11] Asrori, A. H. (2021). Aplikasi Home Solar System sebagai Penerangan untuk TPQ-AI Murtadho di Kota Malang. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 08 (01), 99-106.

[12] Fuaddin, D. &. (2020). Rancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid Kapasitas 20 kWp untuk Residensial. *Jurnal Energi*, 10 (1), 53-57.

[13] Hajir, N. H. (2022). Analisa Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap dengan Sistem Hybrid di PT. Koloni Timur. *Elektrika*, 14 (01), 20-25.

- [14] Hidayat, F. R. (2019). Evaluasi Kinerja PLTS 1000 Wp di Iteas Bandung. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 7 (1), 195-208.
- [15] Husnayain, F. &. (2020). Analisis Rancang Bangun PLTS On-Grid Hibrid Baterai dengan Pvsyst pada Kantin Teknik FTUI. *ELECTRICES*, 2 (1), 21-29.
- [16] Rafli, R. I. (2022). Perencanaan dan Studi Kelayakan PLTS Rooftop Pada Gedung Fakultas Teknik UNG. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4 (1), 8-15.
- [17] Sianipar, R. (2014). Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *JETri*, 11 (02), 61-78.
- [18] Hutasoit, B. H. C., Susilo, S., & Nempung, J. I. (2024). Analisis Sistem PLTS On-Grid di Trans Studio Mall Cibubur dengan Kapasitas 1507 Kwp Ditinjau dari Aspek Ekonomi Teknik. *Lektrokom: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 7(2), 27-36.
- [19] Putranto, F., Nempung, J. I., & Widodo, B. (2024). Analisa Perbandingan Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid, dengan Generator Set dan Perusahaan Listrik Negara di PT. Kipra Sarana Duta Agung. *Lektrokom: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 7(2), 18-26.
- [20]
<https://solarsuryaindotama.co.id/news-and-updates/pemerintah-terbitkan-aturan-terbaru-plts-atap-kapasitas-pemasangan-tidak-dibatasi>