

ANALISIS ENERGI DAN EKONOMI PLTS *ON-GRID* PADA RUMAH DINAS PASTORI HKBP PAPAN MAS - BEKASI

¹David Martua, ²Eva Magdalena Silalahi*, ³Atmonobudi, ⁴Antonius Doddy Tyas Prasetyo,
⁵Dery Elfando

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia
Jl. Mayjen Sutoyo No.2 Cawang, Jakarta Timur 13630, DKI Jakarta

¹kyomanoy@gmail.com, ²eva.silalahi@uki.ac.id,

*Corresponding author: ²eva.silalahi@uki.ac.id

Abstrak

PLTS yang dirancang pada Rumah Dinas Pendeta HKBP Papan Mas - Bekasi, merupakan PLTS on-grid dengan tujuan untuk: a) merancang sistem PLTS berbasis Solar Home System (SHS) on-grid menggunakan software PVsyst; b) menentukan nilai Break Event Point (BEP) dan biaya energi listrik per kWh (Rp/kWh) PLTS on-grid; c) mengetahui dampak penerapan PLTS terhadap pengurangan emisi CO₂. Dari hasil simulasi PVsyst, diperoleh rancangan sistem PLTS on-grid dengan total daya beban listrik harian 2.419 W yaitu: modul surya 8 buah dengan kapasitas per modul 305 Wp, 1 unit inverter 6 kW, dengan sudut kemiringan modul surya 14°. Energi listrik PLTS rata-rata 9261,4 kWh/tahun, dengan total energi listrik rumah 21.190,44 kWh/tahun, dan rasio kinerja sistem PLTS 0,826/tahun. Nilai BEP PLTS on-grid 1,715 tahun, dan biaya energi listrik Rp.286,180 per kWh. Nilai NPV PLTS on-grid Rp.34.159.708. Juga diperoleh, pengurangan emisi CO₂ sekitar 181,4 ton untuk 35 tahun penggunaan PLTS on-grid.

Kata Kunci: ekonomi teknik, energi listrik, on-grid, PLTS, PVsyst

Abstract

The PLTS designed in the HKBP Papan Mas official residence The PLTS designed at the HKBP Papan Mas - Bekasi Pastor's Official Residence is an on-grid PLTS with the aim of: a) designing a PLTS system based on the on-grid Solar Home System (SHS) using PVsyst software; b) determining the Break Event Point (BEP) value and the cost of electrical energy per kWh (Rp/kWh) of the on-grid PLTS; c) determining the impact of implementing PLTS on reducing CO₂ emissions. From the results of the PVsyst simulation, a design for an on-grid PLTS system was obtained with a total daily electrical load of 2,419 W, namely: 8 solar modules with a capacity of 305 Wp per module, 1 unit of 6 kW inverter, with a solar module tilt angle of 14-degree. The average PLTS electrical energy is 9261.4 kWh per year, with total household electrical energy of 21,190.44 kWh/year, and a PLTS system performance ratio of 0.826/year. BEP value of on-grid PLTS 1,715 years, and the cost of electricity is Rp.286,180 per kWh. NPV value of on-grid PLTS Rp.34,159,708. Also obtained, a reduction in CO₂ emissions of around 181.4 tons for 35 years of use of on-grid PLTS.

Keywords: engineering economics, electrical energy, on-grid, PLTS, PVsyst.

PENDAHULUAN

Pada tahun 2018, mayoritas energi fosil yang digunakan di Indonesia pada tahun 2018 untuk pembangkit listrik berasal dari batu bara, mencapai 50%, diikuti oleh gas alam sebesar 29%, dan

bahan bakar minyak (BBM) sebesar 7%. Energi terbarukan menyumbang 14% dari total konsumsi energi tersebut (Suripto & Fathoni, 2021).

Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) menetapkan target untuk

mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, dimana tahun 2050, penggunaan bahan bakar fosil dapat dikurangi sebesar 19,5%, dengan memanfaatkan Energi Baru Terbarukan (EBT), namun pemanfaatannya masih rendah hanya 2% dari total potensi EBT di Indonesia. Kendala utamanya adalah harga yang masih tinggi untuk komponen sistem, kurangnya inisiatif dari pengembang EBT, serta minimnya fasilitas pembuatan komponen yang mengakibatkan biaya tinggi. Selain itu, perkembangan EBT juga dipengaruhi oleh kurangnya pengetahuan tentang sumber daya manusia dalam bidang EBT (Sarina Julien Binti, 2019).

Energi Baru dan Terbarukan (EBT) merupakan sumber daya alam yang sangat penting saat ini untuk mendukung kehidupan makhluk hidup, khususnya manusia. EBT berperan sebagai alternatif bagi energi fosil yang tidak dapat diperbaharui dan memiliki keterbatasan jumlahnya jika digunakan secara terus-menerus. EBT dapat menjadi sumber energi yang berkelanjutan untuk masa depan. Regulasi terkait penggunaan EBT di Indonesia diatur dalam beberapa peraturan seperti Permen ESDM dan UU tentang Energi (Faisal, 2021).

Melalui Peraturan Menteri ESDM Nomor 2/2024 pemerintah melakukan beberapa perbaikan pengaturan yang secara umum bertujuan untuk efisiensi dan transparansi sekaligus meningkatkan minat masyarakat dalam memasang PLTS Atap (Kementerian ESDM, 2024).

Ada beberapa metode untuk menerapkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), salah satunya adalah menggunakan sistem PLTS *on grid*. Sistem PLTS *on grid* adalah sistem jaringan yang terhubung langsung dengan jaringan listrik umum (PLN) dengan tujuan mengoptimalkan pemanfaatan energi dari panel surya untuk

menghasilkan listrik sebanyak mungkin (Fatur Rahman, 2023).

Diharapkan masyarakat dapat memanfaatkan potensi energi surya, misalnya untuk rumah tangga, komersial, pertanian, perikanan, Perkebunan, industry kecil, dan keperluan air bersih, dan juga mendukung ketahanan energi nasional (Ayu Arsita, Eko Saputro, & Susanto, 2021).

Berdasarkan tempat pemasangan PLTS dibagi menjadi dua jenis yaitu: atap dan *ground mounted*. PV atap ditempatkan di atap rumah atau bangunan milik konsumen residensial atau industrial (Ni Kadek Risma Arisanti, 2023).

Penelitian PLTS *on-grid* yang dirancang pada gedung SMPN 1 Teriak, Bengkayang Kalimantan Barat, dengan tujuan tagihan biaya listrik turun menggunakan Homer. Hasilnya, PLTS *on-grid* memproduksi energi listrik 9.969 kWh per tahun (65,5%), dan *Grid* menghasilkan energi listrik 5.254 kWh per hari (34,5%), dengan total energi listrik yang dihasilkan 15.223 kWh per tahun. Dan nilai NPC dan nilai LCOE PLTS *on-grid* lebih rendah dari sistem *Grid*. Nilai BEP PLTS *on-grid* 5,36 tahun (Jenni Lisdawati, Eva Magdalena Silalahi, & Robinson Purba, 2022).

Kajian yang membahas sistem PLTS *hybrid on-grid* menggunakan HOMER. Hasil kajian, diperoleh energi listrik beban BTS 3,96 kWh per hari dan PLTS kapasitas 1,3 kW menghasilkan energi Listrik 5,06 kWh per hari. Pada skenario PLTS *hybrid on-grid* tanpa baterai, nilai LCOE Rp1.144,39 per kWh dan nilai BEP 3,3 tahun. Karena itu, PLTS *hybrid on-grid* tanpa baterai, dianggap dapat diaplikasikan memasok energi listrik BTS Desa Saibi Samukop, Kepulauan Mentawai (Riyan Siyentanu Mareat Sakeru, Eva Magdalena Silalahi, & Robinson Purba, 2023).

Hasil penelitian potensi energi surya di Pulau Tidung Kepulauan Seribu menggunakan PVSYSY. Penelitian ini untuk mengetahui besarnya energi listrik PLTS setiap hari, untuk mensuplai kebutuhan energi listrik Pulau Tidung. Hasilnya, besarnya energi listrik PLTS yang diproduksi 31,490 MWh per tahun, dan besar energi listrik PLTS *off-grid* Rp1.471 per kWh (Mila Novita, Eva Magdalena Silalahi, Bambang Widodo, & Robinson Purba, 2024).

Hasil kajian berdasarkan simulasi Matlab/Simulink pada *on-grid PV grid-tie inverter*, menyatakan bahwa daya maksimum panel surya 940 W pada waktu 11.00-12.00 siang hari dengan iradiasi tertinggi 954 W/m² dan daya rata-rata 291 W. Juga, tegangan maksimum 34,91V dan arus maksimum 26,92A. Namun, beban puncak terjadi pada jam 20.00 sebesar 1.128W yang disuplai dari *grid* (Sripanus Sungkalang, Eva Magdalena Silalahi, & Bambang Widodo, 2023).

Berdasarkan hasil penelitian yang membahas analisis energi listrik simulasi MATLAB/Simulink pada PLTS *on-grid* menggunakan *boost converter* dan inverter untuk mensuplai beban listrik rumah tangga 220V satu fasa AC, di Samarinda, Kalimantan Timur. Hasil simulasi, pada sisi keluaran panel PV, nilai V_{rms} 119,7 V, I_{rms} 109.6 A, daya $P = 4.944$ W. Pada sisi keluaran inverter, diperoleh V_{rms} 128,9 V, I_{rms} 37,61 A, daya $P = 315,1$ W, daya $Q = 873,6$ VAR, faktor daya rendah 0,3445, frekuensi 49,99 Hz (Bestan Waruwu, Eva Magdalena Silalahi, & Bambang Widodo, 2025).

Penelitian yang mengkaji aspek teknis dan ekonomis PLTH (PLTS, PLTD dengan HOMER. Hasil simulasi, PLTH memproduksi listrik 261.967 kWh per tahun, melebihi konsumsi energi listrik Pulau Tidung 43.800 kWh per tahun. Dan nilai NPC PLTH lebih rendah

dibandingkan PLTD *on-grid* PLN. Dan biaya energi listrik per kWh PLTH Rp1.671,72, lebih rendah dibandingkan biaya energi listrik per kWh PLTD *on-grid* PLN Rp13.193,80/kWh (Emilia Veronika, Eva Magdalena Silalahi, Bambang Widodo, & Robinson Purba, 2024).

Sesuai hasil penelitian dan kajian yang telah dibahas sebelumnya, yang menyatakan bahwa pembangkit listrik tenaga surya memiliki keunggulan dalam bidang ekonomi dan ramah lingkungan, maka penelitian ini fokus tentang analisis kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On-Grid* pada Rumah Dinas HKBP Papanmas Bekasi.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk merancang PLTS *on-grid* sebagai pasokan alternatif energi listrik selain PLN dan juga untuk memperhitungkan BEP dan biaya energi listrik per kWh pada pemasangan PLTS sistem *on-grid*. Beberapa batasan masalah yang digunakan yaitu:

- Simulasi hanya menggunakan PVSyst dalam waktu 1 (satu) tahun.
- Data beban listrik yang digunakan pada sistem tegangan 220 V 1 fasa AC yang terpasang dalam Rumah Dinas Pendeta HKBP Papanmas Bekasi.
- Data iradiasi matahari sesuai koordinat letak geografis Rumah Dinas Pendeta HKBP Papanmas Bekasi yang diukur menggunakan data satelit.
- Dalam penelitian ini, tidak membahas aspek teknis instalasi panel surya, kualitas daya PLTS, jaringan distribusi listrik, aliran daya, susut tegangan dan sistem proteksi instalasi.

Beberapa manfaat penelitian ini yaitu:

- dapat dijadikan referensi untuk perancangan PLTS *on-grid*.
- Dengan diperolehnya BEP dan biaya energi listrik per kWh yang rendah dari PLTS, maka diharapkan dapat menjadi

daya tarik masyarakat untuk memanfaatkan PLTS sebagai sumber energi listrik.

- dapat dijadikan referensi untuk penelitian PLTS *on-grid*.

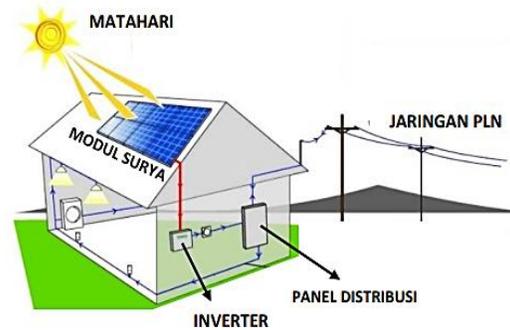
KERANGKA TEORI

Teknologi pembangkit listrik yang mengubah energi foton dari sinar matahari menjadi energi listrik disebut Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Sel fotovoltaik pada panel surya melakukan konversi energi foton menjadi energi listrik. Sel surya adalah kumpulan modul yang digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi listrik.

Berdasarkan teknologi yang digunakan, PLTS dibagi menjadi dua sistem, yaitu PLTS *grid-connected* dan PLTS *off-grid (stand-alone)*, PLTS *grid-connected* adalah sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan listrik PLN, dan PLTS *hybrid* jenis PLTS yang dalam pengoperasiannya dikombinasikan dengan pembangkit listrik lainnya yang menggunakan sumber energi berbeda (dua atau lebih) (Adel A. Elbaset, Saad Awad Mohamed Abdelwahab, Hamed Anwer Ibrahim, & Mohammed Abdelmowgoud Elsayed Eid, 2019).

PLTS *on-grid* adalah sistem PLTS yang terhubung langsung dengan jaringan listrik utama. Berdasarkan cara operasinya, sistem ini dibagi menjadi dua jenis. Pertama, adalah sistem PLTS dengan *battery energy storage* atau disebut *Grid-connected PV with a battery backup*. Kedua, adalah sistem tanpa penyimpanan baterai atau disebut *Grid-connected PV without a battery backup*. Baterai pada PLTS *on-grid* berfungsi sebagai energi listrik cadangan bila terjadi gangguan pada jaringan atau grid dalam periode tertentu, dan juga mengirimkan kelebihan daya listrik PLTS menuju ke *grid* (Adel A. Elbaset et al., 2019).

Salah satu kelemahan dari jenis sistem ini adalah tidak dilengkapi baterai sebagai cadangan waktu malam dan ketika jaringan listrik PLN padam maka sistem PLTS juga tidak dapat digunakan. Dalam menghasilkan energi listrik terdapat beberapa komponen pada PLTS *on-grid* seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Komponen PLTS *On-grid* (Rizkasari, Wilopo, & Ridwan, 2020).

Energi Matahari

Matahari terdiri dari campuran gas yang didominasi gas hidrogen, ketika matahari mengubah hidrogen menjadi helium pada reaksi fusi termonuklir, maka massa diubah menjadi energi sesuai rumus relativitas Einstein $E = mc^2$. Akibat reaksi ini, maka suhu pada permukaan matahari tetap sekitar $5800^\circ K$.

Energi matahari ini dipancarkan serba sama ke semua arah dengan rumus *Planck's blackbody* yang dinyatakan oleh persamaan (1) (Patel, 2005).

$$W_\lambda = \frac{2\pi hc^2 \lambda^{-5}}{e^{(hc/\lambda kT)} - 1} \quad (1)$$

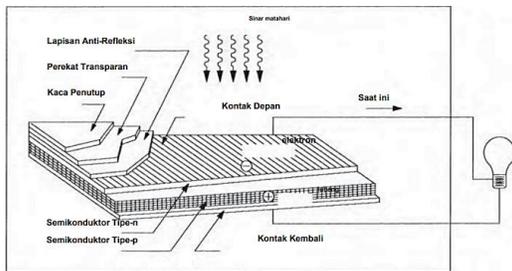
dimana:

- W_λ : densitas pancaran spektrum elektromagnetik ($W/m^2/satuan$ panjang gelombang dalam meter)
- c : kecepatan cahaya (m/detik)
- λ : panjang gelombang (m)
- h : konstanta *Planck* = $6,63 \times 10^{-34} W.s^2$
- k : konstanta *Boltzmann* = $1,38 \times$

$$T : \text{temperatur } (^{\circ}\text{K})$$

Modul Surya

Modul surya adalah alat untuk menangkap radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Beberapa sel harus dihubungkan secara berurutan untuk mendapatkan kapasitas daya yang diinginkan. Sel dapat menghasilkan nilai sekitar 5 W pada sekitar 0,5 V_{dc}.



Gambar 2. Komponen dasar sel surya (Patel, 2005).

Karakteristik Modul Surya

Pengeluaran listrik total (watt) yang berasal dari modul surya dihitung dengan mengalikan tegangan listrik (V) ketika beroperasi dengan arus listrik (I). Keluaran dari tegangan listrik dan arus listrik timbul akibat sel surya menyerap radiasi matahari yang ditunjukkan dalam bentuk kurva I-V seperti gambar 3. Dari kurva tersebut menampilkan ketika tegangan dan arus mencapai titik kerja maksimum (*Maximum Power Point*) atau MPP, sehingga daya output maksimal (P_{MPP}) akan tercapai.

Terdapat tiga karakteristik dari sel surya.

a) *Short Circuit Current* (I_{sc})

Pada suatu titik tertentu, tegangannya mencapai nol sehingga daya keluarannya menjadi nol.

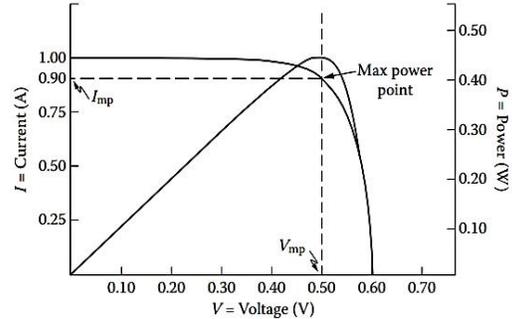
b) *Open Circuit Voltage* (V_{oc})

Pada suatu titik tertentu, arusnya

mencapai nol sehingga daya keluarannya menjadi nol.

c) *Maximum Power Point* (MPP)

Pada titik daya keluaran maksimum yang disebut *knee* dari kurva I-V.



Gambar 3. Kurva I-V (Chetan Singh Solanki, 2015).

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode penelitian yang digunakan yaitu: penelitian literatur, penelitian berbasis internet, dan penelitian kuantitatif yang mencari data numerik dan statistik melalui pengambilan sampel uji di lapangan (data beban/energi listrik, data lokasi geografis dan data iradiasi matahari, serta data lainnya yang diperlukan dalam penelitian ini).

Metode penelitian pustaka bertujuan mencari teori pendukung dan acuan sebagai landasan teori. Berdasarkan asumsi dan tujuan penelitian, maka metode penelitian ini dilakukan dalam tahapan sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah yaitu dengan merumuskan latar belakang hingga tujuan penelitian ini, dimana PLTS *on-grid* sebagai sumber suplai utama energi listrik.
2. Studi literatur, yaitu mengumpulkan data literatur bersumber dari buku acuan yang valid dan jurnal ilmiah sesuai topik penelitian.
3. Koleksi data secara langsung melalui pengukuran dan observasi di lapangan, dan selanjutnya hasil koleksi data

diolah menggunakan *PVSyst*.

- Selanjutnya, dilakukan analisis dari hasil pengolahan data *PVSyst*, dan hasilnya dapat dibuat dalam kesimpulan.

Metode penelitian ini dibuat dalam diagram alur penelitian yang ditampilkan pada gambar 4.

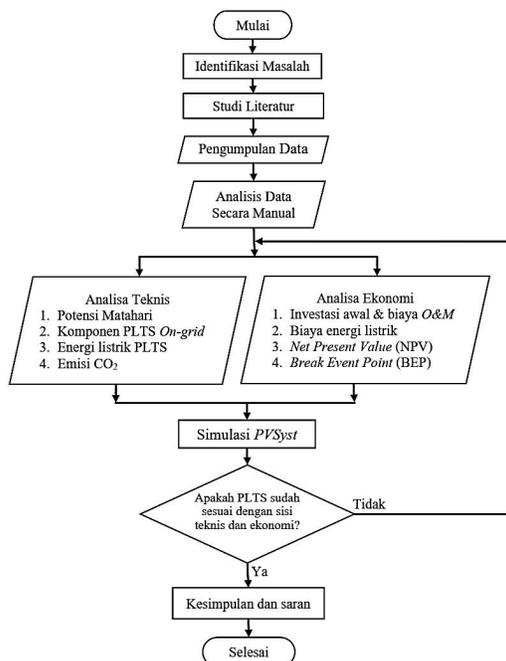
Beberapa aspek analisis yang digunakan dalam penelitian berdasarkan hasil simulasi *PVSyst* yaitu:

- a. Aspek teknis

Merupakan tahapan untuk mengetahui berbagai aspek yang berkaitan dengan PLTS, seperti potensi energi matahari di lokasi penelitian, komponen-komponen PLTS *on-grid*, dan energi listrik yang dapat dihasilkan.

- b. Aspek ekonomi

Merupakan tahapan untuk menganalisis aspek ekonomi, yang meliputi keuangan dalam pembangunan serta waktu yang dibutuhkan agar PLTS ini dapat mencapai titik impas, guna memperoleh nilai dari investasi awal, biaya O&M, nilai NPV, nilai BEP dan LCOE.



Gambar 4. Flow chart penelitian.

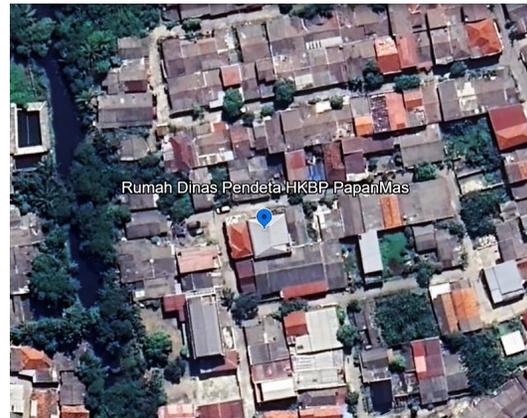
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan database *PVSyst* yang menyediakan informasi terkait dengan penelitian, seperti data radiasi matahari dan data meteorologi lainnya. Selain itu, penelitian ini memerlukan beberapa data tambahan terkait pembangunan PLTS, seperti data beban listrik yang digunakan.

Pada perhitungan aspek ekonomi, digunakan *interest rate* BI 5,75% sesuai data yang diambil pada April 2023.

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dari bulan April sampai bulan Juni 2024 di Rumah Dinas Pendeta HKBP Papan Mas – Bekasi, Mangunjaya, Tambun Selatan, Bekasi, Jawa Barat.



Gambar 5. Rumah Dinas Pendeta HKBP Papan Mas.

Data Potensi Iradiasi Matahari

Data potensi iradiasi global surya tertinggi terjadi pada bulan Oktober sebesar 5,48 kWh/m² dan nilai terendah pada bulan Januari sebesar 3,98 kWh/m².

Data Daya Beban Listrik Gedung

Total daya beban listrik 2.419 W. Energi listrik yang dikonsumsi per hari 17,426 kWh.

Komponen PLTS

Daya listrik 2.419 W, sehingga jumlah modul surya kapasitas 305 Wp adalah:

$$= \frac{\text{total daya beban}}{\text{daya modul surya}} = \frac{2419W}{305W/\text{modul}} = 8 \text{ modul}$$

Jumlah inverter yang dibutuhkan, ditentukan berdasarkan beban puncak sebesar 2,419 kW yang terjadi pada jam 15.00 hingga jam 16.00, sehingga jumlah inverter kapasitas 6 kW adalah:

$$= \frac{\text{total daya beban}}{\text{daya inverter}} = \frac{2419W}{6kW/\text{inverter}} = 0,403 \text{ inverter} \approx 1 \text{ inverter (dibulatkan)}$$

Biaya Komponen PLTS *On-Grid*

Dalam menentukan ekonomi teknik, diperlukan estimasi harga tiap komponen PLTS *on-grid* dengan estimasi lamanya proyek selama 25 tahun yang ditunjukkan pada tabel 1 dengan total biaya komponen PLTS sebesar Rp12.960.000.

Tabel 1. Biaya komponen PLTS

Komponen	Jumlah	Biaya (Rp)
Modul Surya	8	10.400.000
Inverter	1	2.500.000
Kabel Surya	1	60.000
Total biaya (Rp)		12.960.000

Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Estimasi biaya O&M pada PLTS dapat dihitung dengan mengalikan sekitar 1% atau 2% dari total biaya setiap komponen. Rincian biaya O&M pada tabel 2.

Tabel 2. Biaya O&M komponen

Komponen	Jumlah	Biaya O&M (Rp)
Modul Surya	8	104.000
Inverter	1	25.000
Kabel Surya	1	600

Total biaya O&M	129.600
----------------------------	----------------

Hasil simulasi PLTS *On-Grid*

Pada simulasi *PVSyst* dengan sudut kemiringan modul surya 14° dapat menghasilkan energi listrik sebesar 9261,4 kWh pertahun dari total energi listrik yang dibutuhkan pertahun sebesar 21.190,44 kWh, walaupun pada desain awal data yang dimasukan merupakan total daya yang ada pada gedung. Hal ini menunjukkan bahwa pembangunan PLTS *on-grid* sangat efektif dan rasio kinerja (*Performance Ratio*, PR) dari sistem PLTS *on-grid* sebesar 0,826 yang merupakan indikator dari efisiensi sistem PLTS dalam menghasilkan energi listrik.

Pada tabel 3 terlihat bahwa produksi energi listrik mencapai nilai tertinggi pada bulan Agustus, yaitu sebesar 879,4 kWh, sementara pada bulan Januari mencapai nilai terendah, yaitu sebesar 578,5 kWh.

Tabel 3. Hasil simulasi PLTS *on-grid* menggunakan *PVSyst*.

Month	<i>GlobHor</i> kWh/m ²	<i>E_{array}</i> kWh	<i>E_{Grid}</i> kWh	<i>PR</i> ratio
January	123.3	608.0	578.5	0.825
February	138.9	696.5	666.7	0.826
March	143.2	745.2	712.8	0.822
April	144.7	786.9	754.9	0.825
May	143.3	808.0	775.3	0.824
June	139.2	810.5	779.0	0.832
July	151.1	871.2	837.3	0.827
August	158.6	879.4	844.6	0.824
September	160.3	849.4	816.2	0.824
October	169.7	859.5	825.7	0.823
November	140.8	695.0	665.7	0.829
December	134.6	651.9	622.0	0.825
Year	1748.1	9261.4	8878.7	0.826

Perhitungan Ekonomi Teknik

Pada tabel 4, terdapat perhitungan ekonomi teknik menggunakan aplikasi *PVSyst*. Dalam perhitungan ini, biaya investasi awal senilai Rp12.600.000 dan biaya O&M senilai Rp129.600. Juga, diperoleh nilai LCOE Rp.286,180 per kWh,

dan nilai NPV Rp.34.159.708.

Tabel 4. Hasil perhitungan ekonomi teknik.

<i>Net present values (NPV)</i>	34.159.708 IDR
<i>Payback period</i>	2.3 years
<i>Return on investment (ROI)</i>	263.6%

Penghematan Biaya Tagihan Listrik

Dalam menentukan biaya tagihan listrik, digunakan harga listrik PLN untuk golongan S-2 sebesar Rp900/kWh, maka:

Biaya listrik PLN/tahun

$$\begin{aligned}
 &= \text{biaya listrik 1 thn} \\
 &\quad \times \text{harga listrik PLN} \\
 &= 21.190,44 \text{ kWh} \times \text{Rp}900/\text{kWh} \\
 &= \text{Rp}19.071.396
 \end{aligned}$$

Penghematan biaya listrik PLTS/tahun adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \text{energi listrik PLTS} \\
 &\quad \times \text{harga listrik PLN} \\
 &= 9261,4 \text{ kWh} \times \text{Rp}900/\text{kWh} \\
 &= \text{Rp}8.335.260.
 \end{aligned}$$

Sehingga, biaya tagihan listrik 1 tahun sistem PLTS *on-grid* adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \text{biaya listrik PLN/thn} - \text{penghematan} \\
 &\quad \text{biaya listrik PLTS/thn} \\
 &= \text{Rp}19.071.396 - \text{Rp}8.335.260 \\
 &= \text{Rp}10.736.136.
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa besar biaya penghematan pembayaran ketika menggunakan PLTS *on-grid* dalam setahun sebesar Rp 8.335.260 atau Rp694.605 perbulan yaitu 43,70% dari biaya pembayaran listrik total sebesar Rp19.071.396 tiap tahunnya atau Rp1.589.283 perbulan, sehingga dapat dikatakan cukup baik dalam mengurangi biaya penghematan pembayaran energi listrik.

Break Even Point (BEP)

Berdasarkan harga jual listrik yaitu Rp900 untuk golongan S-2 maka diperoleh hasil bahwa pembangunan PLTS *on-grid* mendapatkan pengembalian modal atau titik impas pada tahun ke 1,715 atau 1 tahun 8,6 bulan setelah pembangunan PLTS.

SIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan simulasi menggunakan aplikasi *PVSyst*, didapat beberapa kesimpulan terkait pembangunan PLTS *on-grid* di Rumah Dinas Pastori HKBP Papan Mas – Bekasi sebagai berikut:

1. Rancangan sistem PLTS *on-grid* berbasis *Solar Home System* (SHS), dengan total daya beban listrik harian 2.419 W menggunakan *PVSyst*, diperoleh hasil sebagai berikut:

- PLTS dengan jumlah modul surya 8 buah dengan kapasitas per modul 305 Wp, dan 1 unit inverter 6 kW, dengan sudut kemiringan modul surya 14°.
- energi listrik PLTS rata-rata 9261,4 kWh pertahun, dengan total energi listrik yang dibutuhkan pertahun 21.190,44 kWh, dan rasio kinerja sistem PLTS *on-grid* 0,826 per tahun.

2. Nilai *Break Event Point* (BEP) PLTS *on-grid* 1,715 tahun atau 1 tahun 8,6 bulan setelah pembangunan PLTS, dan biaya energi listrik Rp.286,180 per kWh. Juga diperoleh, nilai *Net Present Value* (NPV) PLTS *on-grid* Rp.34.159.708.

DAFTAR PUSTAKA

Adel A. Elbaset, Saad Awad Mohamed Abdelwahab, Hamed Anwer Ibrahim, & Mohammed Abdelmowgoud Elsayed Eid. (2019). *Performance Analysis of Photovoltaic Systems*

- with Energy Storage System*. Switzerland: Springer.
- Ayu Arsita, S., Eko Saputro, G., & Susanto, S. (2021). Perkembangan Kebijakan Energi Nasional dan Energi Baru Terbarukan Indonesia. *Jurnal Syntax Transformation*, 2(12), 1779–1788. Retrieved from <https://doi.org/10.46799/jst.v2i12.473>
- Bestan Waruwu, Eva Magdalena Silalahi, & Bambang Widodo. (2025). ANALISIS ENERGI LISTRIK PLTS ON-GRID DENGAN BOOST CONVERTER DAN INVERTER BERBASIS MATLAB/SIMULINK. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1). Retrieved 10 February 2025 from <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5959>
- Chetan Singh Solanki. (2015). *Solar Photovoltaics: Fundamentals, Technologies And Applications* (3rd ed.). Delhi: PHI Learning.
- Emilia Veronika, Eva Magdalena Silalahi, Bambang Widodo, & Robinson Purba. (2024). Analysis of the hybrid power plants of PLTD and PLTS on Tidung Island, Seribu Islands, DKI Jakarta using homer. In *AIP Conference Proceedings* (p. 020004). AIP Conference Proceedings. Retrieved 4 January 2025 from <https://doi.org/10.1063/5.0209809>
- Faisal, F. (2021). Urgensi Pengaturan Pengembangan Energi Terbarukan Sebagai Wujud Mendukung Ketahanan Energi Nasional. *Ensiklopedia Sosial Review*, 3(1), 18–24. Retrieved from <https://doi.org/10.33559/esr.v3i1.675>
- Fatur Rahman. (2023). *Studi Kelayakan PLTS Atap On Grid Dan Efek Terhadap Profil Tegangan Di Jaringan Tegangan Rendah (JTR)*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia.
- Jenni Lisdawati, Eva Magdalena Silalahi, & Robinson Purba. (2022). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sistem On-Grid Berbasis Homer Untuk Memenuhi Energi Listrik Di Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 1 Teriak, Bengkayang Kalimantan Barat. *Jurnal Lektrokom*, 5(1), 38–46.
- Kementerian ESDM. (2024). Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesianomor 2 Tahun 2024 Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Yang Terhubung Pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Untuk Kepentingan Umum.
- Mila Novita, Eva Magdalena Silalahi, Bambang Widodo, & Robinson Purba. (2024). Evaluation of solar power's potential to fulfill Tidung Island's electricity demands. *AIP Conference Proceedings*, 3039(1).
- Ni Kadek Risma Arisanti. (2023). *Analisis Kelayakan Investasi PLTS Rooftop Sistem On-Grid Di Villa The Royal Santrian, Kuta Selatan, Badung*. Program Studi D4 Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali, Kuta Selatan, Badung, Bali.
- Patel, M. R. (2005). *Wind and Solar Power Systems*. CRC Press. Retrieved from <https://doi.org/10.1201/9781420039924>
- Riyan Siyentanu Mareat Sakeru, Eva Magdalena Silalahi, & Robinson Purba. (2023). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sistem On-Grid Untuk Memenuhi Kebutuhan Listrik Base Transceiver

- Station (BTS) di Desa Sabi Samukop Kepulauan Mentawai. *Jurnal Lektrokom*, 6(1), 14–23.
- Rizkasari, D., Wilopo, W., & Ridwan, M. K. (2020). Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Untuk PLTS di Kantor Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral (PUP-ESDM) Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Journal of Appropriate Technology for Community Services*, 1(2), 104–112. Retrieved from <https://doi.org/10.20885/jattec.vol1.is2.art7>
- Sarina Julien Binti. (2019). *Strategi Edukasi Pada Perilaku Penggunaan Energi Terbarukan Yang Efisien Dan Berkelanjutan (Studi Kasus PLTS Bunaken)*. Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia.
- Sripanus Sungkalang, Eva Magdalena Silalahi, & Bambang Widodo. (2023). Pemodelan dan Simulasi On-Grid Photovoltaic Dengan Grid-Tied Inverter Menggunakan Matlab/Simulink. *Jurnal Lektrokom*, 6(2), 75–86. Retrieved 4 January 2025 from <https://doi.org/https://doi.org/10.33541/lektrokom.v6i2.5164>
- Suripto, H., & Fathoni, A. (2021). Analisis Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya; sebuah review berdasarkan data histori, metode analisis, dan nilai ekonomi. *Aptek*, 13(1), 33–41. Retrieved from <https://doi.org/10.30606/aptek.v13i1.490>