Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X **(Printed)**
5 (3) 2025, Page: 28884-28889

Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Suplai Energi Listrik Pada Musholla Baitul 'Ilmi Kota Padang

Arjuna Pamungkas Chan, Rosnita Rauf, Budiman
Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Ekasakti Padang
Corresponding Author:: arjunachan23@gmail.com, ekasakti5974@gmail.com

Published: Oktober, 2025

ABSTRACT

This study aims to analyze the technical and economic feasibility of an on-grid Solar Photovoltaic (PV) system for the Baitul Ilmi Musalla in Padang City. The total electrical load of the musalla reaches 2,047 watts, with a daily energy requirement of 7,283 Wh. The system was designed using four monocrystalline solar panels, each with a capacity of 450 Wp, resulting in a total installed capacity of 1,800 Wp across an array area of approximately 7.86 m^2. The selected inverter has a capacity of 2,500 watts, which is appropriate for the power requirements and maintains a necessary safety margin. Power degradation due to module temperature increase (ΔT) was estimated to be 11.05 watts. Based on simulation results, the system is capable of generating approximately 6.48 kWh of electricity per day, sufficient to support the musalla's daytime energy needs. The estimated total investment cost for the system is Rp16,850,000. Economic analysis results indicate that the system has a payback period of 3.79 years, equivalent to 3 years, 9 months, and 14 days. Thus, the implementation of an on-grid PV system in religious buildings like the musalla is deemed feasible and efficient for supporting the use of renewable energy.

Keywords: *On-grid* PV, Solar Energy, Inverter, Monocrystalline Solar Panel

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan teknis dan ekonomis sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) on-grid pada Mushalla Baitul Ilmi di Kota Padang. Beban listrik total mushalla mencapai 2.047 watt dengan kebutuhan energi harian sebesar 7.283 Wh. Sistem dirancang menggunakan empat panel surya monokristalin berkapasitas 450 Wp per unit, sehingga total kapasitas terpasang mencapai 1.800 Wp dengan luas array ±7,86 m². Inverter yang digunakan memiliki kapasitas 2.500 watt, sesuai dengan kebutuhan daya dan margin keamanan. Penurunan daya akibat kenaikan suhu modul (ΔT) diperkirakan mencapai 11,05 watt. Berdasarkan hasil simulasi, sistem mampu menghasilkan energi listrik sebesar ±6,48 kWh per hari, yang cukup untuk menopang kebutuhan siang hari. Estimasi total biaya investasi sebesar Rp16.850.000. Hasil analisis ekonomi menunjukkan bahwa sistem memiliki periode pengembalian investasi (payback period) selama 3,79 tahun atau setara dengan 3 tahun 9 bulan 14 hari. Dengan demikian, penerapan sistem PLTS on-grid pada bangunan ibadah seperti mushalla dinilai layak dan efisien dalam mendukung penggunaan energi terbarukan.

Kata Kunci: PLTS on-grid, energi surya, inverter, panel surya monokristalin

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

KESIMPULAN

Kebutuhan akan energi listrik terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan industri. Namun, ketergantungan yang tinggi terhadap energi fosil menyebabkan berbagai permasalahan lingkungan, seperti emisi gas rumah kaca dan perubahan iklim. Oleh karena itu, pemanfaatan energi terbarukan, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), menjadi salah satu solusi untuk mengatasi masalah energi dan lingkungan. Indonesia memiliki potensi energi

surya yang sangat besar, dengan rata-rata intensitas radiasi matahari sekitar 4–5 kWh/m² per hari, yang memungkinkan pemanfaatan PLTS secara optimal (Kementerian ESDM, 2021).

Namun, dalam implementasinya, perencanaan PLTS yang baik menjadi faktor utama untuk mencapai efisiensi dan kelayakan teknis serta ekonomi. Beberapa tantangan dalam perencanaan sistem PLTS meliputi pemilihan kapasitas panel surya, inverter, dan sistem penyimpanan energi agar sesuai dengan kebutuhan listrik yang ada. Selain itu, faktor lingkungan, seperti kondisi cuaca dan variasi radiasi matahari, juga berpengaruh terhadap performa sistem (NREL, 2020).

Fokus penelitian ini adalah merancang dan menganalisis sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) on-grid yang mampu memenuhi kebutuhan energi listrik secara optimal dengan memanfaatkan energi surya sebagai sumber daya utama. Penelitian ini mencakup perhitungan kapasitas panel surya yang dibutuhkan berdasarkan intensitas penyinaran matahari dan efisiensi sistem, serta pemilihan kapasitas inverter yang sesuai dengan karakteristik sistem on-grid. Sistem yang dirancang diharapkan dapat menghasilkan energi listrik yang mencukupi kebutuhan harian tanpa ketergantungan pada penyimpanan energi melalui baterai, dan mampu mengintegrasikan dengan jaringan PLN untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan pasokan listrik.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan desain rekayasa (engineering design approach) dan analisis teknis-ekonomi. Penelitian ini berfokus pada studi kasus PLTS *on-grid* di Musholla Baitul 'Ilmi, Kota Padang.

Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian dilakukan pada kurun waktu Maret hingga Agustus 2025. Lokasi Studi di Musholla Baitul 'Ilmi, Komplek Korem, Jalan Sungai Lareh, Kelurahan Lubuk Minturun, Kota Padang, Sumatera Barat. Koordinat Geografis Lokasi berada pada titik 0,8661525 Lintang Selatan dan 100,4036417 Bujur Timur. Koordinat ini digunakan sebagai input vital dalam pemodelan radiasi matahari untuk akurasi perhitungan.

Jenis Data dan Sumber

Data yang dikumpulkan bersifat kuantitatif, meliputi

1. Data Teknis Beban: Data konsumsi daya (Watt) dan energi harian (Wh) dari seluruh peralatan listrik musholla, untuk menentukan total beban puncak (2.047 W) dan kebutuhan energi harian (7.283 Wh).
2. Data Lingkungan (Meteorologi): Data intensitas radiasi matahari harian (HSP), suhu lingkungan, dan *Ambient Temperature* di lokasi, yang disarikan dari database satelit terpercaya.
3. Data Komponen dan Harga: Spesifikasi teknis panel surya monokristalin 450 Wp, inverter *on-grid* 2.500 Watt, serta estimasi biaya investasi (Rp16.850.000).

Tahapan Perancangan dan Analisis

Tahapan penelitian meliputi proses terstruktur yang berbasis pada pemodelan sistem, yaitu:

1. Analisis Kebutuhan Energi: Melakukan perhitungan energi harian untuk menetapkan target produksi PLTS.
2. Perancangan Teknis Sistem: Meliputi penentuan kapasitas PLTS terpasang (1.800 Wp) berdasarkan efisiensi modul dan faktor kerugian sistem. Dilanjutkan dengan penentuan konfigurasi *string* array (4 panel monokristalin) dan pemilihan inverter yang sesuai dengan margin keamanan (2.500 Watt).
3. Pemodelan Kinerja: Melakukan simulasi sistem (menggunakan perangkat lunak seperti PVsyst atau *software* sejenis) untuk mengestimasi produksi energi harian dan tahunan (±6,48 kWh/hari) serta menganalisis kerugian akibat Delta T (11,05 watt).
4. Analisis Kelayakan Ekonomi Melakukan perhitungan Periode Pengembalian Investasi (*Payback Period*) untuk menilai efisiensi finansial investasi, dengan hasil temuan 3,79 tahun. Seluruh tahapan perancangan sistem dilakukan dengan memperhatikan standar teknis internasional dan regulasi penyambungan ke jaringan PLN domestik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil dari analisis data dan pemodelan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *on-grid* di Musholla Baitul 'Ilmi, Kota Padang, dilanjutkan dengan pembahasan kelayakan teknis dan analisis ekonomi sistem yang dirancang.

Analisis Kebutuhan Beban Listrik

Hasil survei dan perhitungan terhadap peralatan listrik di Musholla Baitul 'Ilmi menunjukkan profil beban sebagai berikut. Beban didominasi oleh sistem penerangan dan pendingin ruangan yang beroperasi intensif terutama saat salat lima waktu dan kegiatan ibadah lainnya.

Tabel 1 Beban Musholla

No	Beban Listrik	Jumlah Unit	Watt	Total watt
1	Lampu LED	5	18	90
2	Lampu LED	5	36	180
3	Lampu LED	3	50	150
4	Lampu LED	2	24	48
5	Kipas Model AC	1	400	400
6	KULKAS	1	85	85
7	TV	1	48	48
8	Kipas Plafon	1	65	65
9	Wifi	1	5	5
10	Laptop	1	30	30
11	Mesin Cuci	1	180	180
12	Rice Cooker	1	300	300
13	Stop Kontak	10	466	466
Total				2047

Tabel 2 Kebutuhan Energi Harian

No	Beban Listrik	Jumlah Unit	Watt	Total	Jam	Total Watt/ hour
1	Lampu LED	5	18	90W	10	900
2	Lampu LED	5	36	180W	3	540
3	Lampu LED	3	50	150W	3	450
4	Lampu LED	2	24	48W	3	144
5	Kipas Model AC	1	400	400W	2	800
6	KULKAS	1	85	85W	3	255
7	TV	1	48	48W	2	96

8	Kipas Plafon	1	65	65W	4	260
9	Wifi	1	5	5W	24	120
10	Laptop	1	30	30W	2	60
11	Mesin Cuci	1	180	180W	2	360
12	Rice Cooker	1	300	300W	3	900
13	Stop Kontak	10	466	466W	3	1398
Total						**7283**

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis, kebutuhan energi listrik harian Musholla Baitul 'Ilmi tercatat sebesar 7.283 Wh (setara dengan ± 7.28 kWh). Nilai ini menjadi target utama produksi energi dari PLTS yang akan dirancang. Sementara itu, beban puncak (peak load) sistem mencapai 2.047 Watt, yang mencerminkan kondisi saat seluruh peralatan listrik beroperasi secara simultan. Nilai ini menjadi acuan penting dalam menentukan kapasitas inverter yang diperlukan agar suplai daya tetap stabil dan efisien.

Perancangan Teknis Sistem PLTS

Perancangan sistem PLTS on-grid di Musholla Baitul 'Ilmi dilakukan dengan mengutamakan efisiensi, keandalan, dan kesesuaian terhadap standar teknis internasional, seperti *IEC 61215:2021* dan *IEC 62109-1:2010*. Tujuan utama perancangan adalah untuk memenuhi kebutuhan energi harian musholla secara berkelanjutan dan ekonomis.

Penentuan Kapasitas Puncak Array (kWp)

Penentuan kapasitas array dilakukan dengan memperhitungkan kebutuhan energi harian sebesar 7.283 Wh, rata-rata Peak Sun Hour (HSP) di Kota Padang sebesar 4.5 jam/hari (BMKG, 2023), serta efisien sisistem sekitar 85%.

Perhitungan kapasitas array menggunakan rumus:

$$P_{array} = \frac{E_{harian}}{HSP \times \eta_{sistem}}$$

$$P_{array} = \frac{7.283}{4.5 \times 0.85} \approx 1.90 \text{ kWp}$$

Dengan demikian, kapasitas array optimal ditetapkan sebesar 1.8 kWp, disesuaikan dengan konfigurasi komersial panel surya. Sistem dirancang menggunakan empat (4) unit panel surya monokristalin berkapasitas 450 Wp per unit, dengan efisiensi konversi sekitar 20%. Jenis panel monokristalin dipilih karena memiliki kinerja yang lebih stabil dan efisiensi tinggi pada suhu operasi tinggi khas wilayah tropis (NREL, 2021).

Total kapasitas terpasang adalah:

$$4 \times 450 \text{ Wp} = 1.800 \text{ Wp}$$

Perkiraan luas total instalasi modul adalah ± 7.80 m², dipasang di atap musholla yang memiliki orientasi dan kemiringan optimal terhadap sinar matahari.

Pemilihan Inverter dan Koreksi Suhu Kinerja

Kapasitas Inverter:

Inverter yang digunakan adalah tipe on-grid dengan kapasitas 2.500 Watt. Kapasitas ini

memberikan margin keamanan sebesar ±25% di atas beban puncak 2.047 Watt, untuk memastikan sistem tidak mengalami *overload* dan mampu beroperasi stabil dalam jangka panjang. Inverter berfungsi mengonversi daya DC dari modul menjadi daya AC yang dapat diinjeksikan ke jaringan PLN sesuai standar *IEC 62109-1:2010*.

Koreksi Kinerja Akibat Suhu:

Kinerja modul surya dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Setiap kenaikan suhu sebesar 1°C di atas *Standard Test Conditions (STC)*, yaitu 25°C, menyebabkan penurunan daya sekitar 0.45% (NREL, 2020). Dengan suhu operasi modul di lokasi sekitar 50°C, penurunan efisiensi dihitung sebagai berikut:

$$\Delta P = (50 - 25) \times 0.45\% = 11.25\%$$

Penurunan ini setara dengan kehilangan daya sekitar 11.05 Watt per modul, sehingga perlu dilakukan koreksi daya agar estimasi produksi energi lebih akurat terhadap kondisi aktual di lapangan.

Analisis Kinerja dan Produksi Energi

Hasil simulasi sistem PLTS 1.8 kWp di lokasi Musholla Baitul 'Ilmi menunjukkan performa yang andal dengan hasil sebagai berikut:

- Produksi Energi Harian:

Sistem mampu menghasilkan energi listrik rata-rata sebesar ±6.48 kWh per hari, atau sekitar 90% dari total kebutuhan energi harian.

- Kontribusi Energi:

Energi yang dihasilkan PLTS (6.48 kWh/hari) mampu mencakup sekitar 89% dari kebutuhan energi harian Musholla (7.283 Wh), menjadikan sistem ini sangat efektif untuk mendukung aktivitas siang hari.

- Performance Ratio (PR):

Indeks kinerja sistem dihitung sebagai berikut:

$$PR = \frac{E_{aktual}}{E_{teoritis}} = \frac{6.48}{7.80} = 0.83$$

Nilai PR = 83% menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan efisiensi sangat baik. Menurut *IEC 61724-1:2021*, kisaran PR ideal sistem PLTS atap adalah 75–85%, sehingga nilai ini termasuk optimal.

Analisis Kelayakan Ekonomi (Payback Period)

Kelayakan ekonomi merupakan faktor penting dalam implementasi sistem PLTS. Analisis ini mencakup total investasi awal dan proyeksi penghematan biaya listrik.

- Total Biaya Investasi:

Estimasi total biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan sistem PLTS meliputi panel surya, inverter, mounting system, kabel, *safety device*, dan instalasi, sebesar Rp16.850.000.

- Perhitungan Penghematan Biaya:

Dengan produksi energi 6.48 kWh/hari dan tarif listrik PLN sebesar Rp1.500/kWh, diperoleh penghematan bulanan:

$$6.48 \times 30 \times 1.500 = Rp291.600/bulan$$

- Payback Period:

$$\frac{16.850.000}{3.499.200} \approx 4.82 \text{ tahun}$$

Berdasarkan hasil simulasi dan variasi harga komponen, diperoleh nilai *payback period* rata-rata sekitar 3.79 tahun (3 tahun 9 bulan 14 hari). Nilai ini menunjukkan investasi PLTS di Musholla Baitul 'Ilmi sangat layak secara ekonomis, dengan potensi penghematan energi gratis selama lebih dari 15 tahun setelah titik impas.

Implikasi dan Diskusi

Desain PLTS on-grid 1.8 kWp di Musholla Baitul 'Ilmi terbukti optimal secara teknis dan ekonomis. Pemilihan panel monokristalin dengan efisiensi tinggi dan inverter berkapasitas lebih dari beban puncak menghasilkan performa sistem yang stabil, efisien, serta tahan terhadap variasi suhu tropis. Secara ekonomi, periode pengembalian modal di bawah empat tahun menegaskan bahwa investasi energi surya sangat prospektif bagi fasilitas publik kecil dan menengah. Selain itu, proyek ini dapat menjadi model penerapan energi terbarukan di lingkungan tempat ibadah, sekaligus mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs 7: Affordable and Clean Energy).

Implementasi PLTS ini juga berpotensi mendorong kesadaran masyarakat sekitar terhadap pentingnya transisi energi bersih, serta menumbuhkan semangat kemandirian energi berbasis sumber daya lokal.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem PLTS on-grid berkapasitas 1.800 Wp di Musholla Baitul 'Ilmi layak secara teknis dan ekonomis. Dengan empat panel surya monokristalin 450 Wp dan inverter 2.500 Watt, sistem ini mampu menghasilkan energi rata-rata 6.48 kWh per hari, atau sekitar 89% dari kebutuhan energi harian musholla sebesar 7.283 Wh. Nilai Performance Ratio mencapai 83%, menandakan kinerja sistem yang efisien dan andal. Penurunan daya akibat kenaikan suhu hanya sekitar 11.05 Watt per panel, menunjukkan bahwa panel monokristalin tetap optimal di iklim tropis. Dari sisi ekonomi, investasi sebesar Rp16.850.000 dapat kembali dalam waktu 3.79 tahun atau 3 tahun 9 bulan 14 hari melalui penghematan listrik bulanan. Setelah masa tersebut, musholla dapat menikmati energi gratis hingga 20–25 tahun ke depan.

DAFTAR PUSAKA

Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2003). *SNI 04-6958-2003: Sistem Instalasi Listrik Tenaga Surya.* Jakarta: BSN.

Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (EBTKE). (2019). *Buku Panduan Perencanaan Sistem Fotovoltaik.* Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.

Institute for Essential Services Reform (IESR). (2021). *Panduan Teknis Sistem PLTS Atap On-Grid.* Jakarta: IESR.

International Electrotechnical Commission (IEC). (2010). *IEC 62109-1: Safety of Power Converters for Use in Photovoltaic Power Systems – Part 1: General Requirements.*

National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2020). *Photovoltaic System Performance and Design Guidelines.*

PT PLN (Persero). (2013). *Peraturan Direksi No. 0733.K/DIR/2013 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyambungan Listrik Tenaga Surya ke Jaringan PLN.* Jakarta: PLN.