



Studi Kelayakan Penerapan Panel Surya pada PJU Menggunakan Metode *Life Cycle Cost* dan *Payback Period*

Ahya Hidayat^{1*}, Muhammad Hardiman Nur Ramadhan², Gerarda Siagian³, Martua Manik⁴, Andri Yoshana⁵, Muhammad Irvan⁶, Renno Satrio⁷

¹⁻³Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Indonesia

⁴⁻⁷Program Studi Teknik Industri, Universitas Indraprasta PGRI, Indonesia

*Penulis Korespondensi: ahyahidayat@gmail.com

Abstract. *This study aims to analyze the feasibility of implementing Solar-Powered Street Lighting (PJUTS) as an alternative lighting solution in Campus C of UNINDRA PGRI. The background of this research is driven by the high operational electricity costs of the existing conventional street lighting system and the need to transition toward clean energy. The analysis methods include a technical comparison of off-grid systems, an economic evaluation based on cost savings, and an assessment of environmental impacts. The technical analysis indicates that PJUTS is highly feasible due to its ability to operate independently without reliance on the national electricity grid, thereby ensuring lighting continuity during power outages. From an economic perspective, although the initial investment (CAPEX) is higher than that of conventional street lighting, the project is considered feasible as it eliminates monthly electricity bills permanently, resulting in long-term budget efficiency and financial benefits. The Payback Period analysis shows that the initial investment can be recovered through cumulative operational cost savings. Environmentally, the implementation of PJUTS significantly contributes to carbon emission reduction and supports the Green Campus vision through the utilization of renewable energy. Overall, the transformation of the existing street lighting system into PJUTS represents a strategic and feasible initiative that fulfills effectiveness, efficiency, and sustainability criteria.*

Keywords: *Feasibility Study; Life Cycle Cost; Payback Period; Solar Panel; Solar Street Lighting.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan penerapan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) sebagai solusi alternatif pencahayaan di area kampus C UNINDRA PGRI. Latar belakang penelitian ini didasari oleh tingginya biaya operasional listrik pada sistem PJU eksisting dan perlunya transisi menuju energi bersih. Metode analisis yang digunakan meliputi perbandingan teknis sistem off-grid, evaluasi ekonomi melalui aspek penghematan biaya, serta tinjauan dampak lingkungan. Hasil analisis teknis menunjukkan bahwa PJUTS sangat layak diterapkan karena kemampuannya beroperasi secara mandiri tanpa ketergantungan pada jaringan PLN, sehingga menjamin kontinuitas cahaya saat terjadi pemadaman. Dari aspek ekonomi, meskipun investasi awal (CAPEX) lebih tinggi dibandingkan PJU konvensional, proyek ini dinyatakan layak karena mampu meniadakan biaya tagihan listrik bulanan secara permanen, yang memberikan keuntungan finansial melalui efisiensi anggaran dalam jangka panjang. Analisis *Payback Period* menunjukkan bahwa modal investasi akan kembali melalui akumulasi penghematan biaya operasional. Secara lingkungan, implementasi PJUTS berkontribusi signifikan dalam mereduksi emisi karbon dan mendukung visi *Green Campus* melalui pemanfaatan energi terbarukan. Secara keseluruhan, transformasi PJU eksisting ke sistem PJUTS merupakan langkah strategis yang layak diterapkan karena memenuhi aspek efektivitas, efisiensi, dan keberlanjutan.

Kata kunci: *Life Cycle Cost; Panel Surya; Payback Period; Solar Street Lighting; Studi Kelayakan.*

1. LATAR BELAKANG

Penerangan Jalan Umum (PJU) berperan penting dalam meningkatkan keselamatan lalu lintas, keamanan, dan kenyamanan pengguna jalan pada malam hari dengan menekan risiko kecelakaan serta tindak kriminal, sekaligus mendukung aktivitas sosial ekonomi masyarakat, salah satunya prasarana penerangan di Kampus C UNINDRA PGRI. Namun, sistem PJU konvensional yang bergantung pada pasokan listrik dari jaringan utama menimbulkan beban biaya operasional yang tinggi bagi pemerintah daerah. Selain itu, penggunaan energi fosil

sebagai sumber utama listrik berkontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca (Agustini et al., 2020).

Ketergantungan ini menyebabkan tingginya biaya operasional akibat tagihan listrik yang berkelanjutan, sementara sebagian besar pasokan listrik nasional masih bersumber dari energi fosil yang tidak terbarukan dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Selain itu, keterbatasan pemerataan infrastruktur kelistrikan mengakibatkan sejumlah wilayah terpencil belum terjangkau jaringan PLN, sehingga penyediaan penerangan jalan di daerah tersebut belum optimal (Nadeak et al., 2024).

Sebagai solusi alternatif, energi surya memiliki potensi besar di Indonesia karena intensitas penyinaran matahari yang tinggi sepanjang tahun dan dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui panel fotovoltaik yang disimpan dalam baterai untuk penggunaan malam hari (Duffie & Beckman, 2013). Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan Penerangan Jalan Umum tenaga surya (PJU-TS) mampu meningkatkan efisiensi energi, menurunkan biaya operasional, serta menjamin keandalan pencahayaan, khususnya di wilayah yang belum terjangkau jaringan listrik konvensional (Hidayat & Suaedi, 2019; Rohman et al., 2023; Hudişteanu et al., 2024; Berutu et al., 2025). Sistem PJU-TS juga dapat beroperasi secara mandiri tanpa ketergantungan pada jaringan PLN, sehingga dinilai efektif dan aplikatif sebagai solusi penerangan berkelanjutan di berbagai kondisi wilayah (SNI, 2008).

Penelitian ini dilakukan untuk menilai kelayakan penerapan panel surya pada sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) dengan menggunakan metode *Life Cycle Cost* (LCC) dan *Payback Period* sebagai dasar pertimbangan investasi. Pemanfaatan panel surya pada PJU berpotensi mengurangi biaya energi dan emisi karbon serta menghasilkan efisiensi biaya operasional dalam jangka panjang, meskipun membutuhkan investasi awal yang relatif besar. Oleh karena itu, diperlukan studi kelayakan yang menyeluruh guna meninjau aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan agar penerapan panel surya sebagai sumber energi PJU dapat direncanakan dan diimplementasikan secara optimal dan berkelanjutan (Hidayat & Suaedi, 2019).

2. KAJIAN TEORITIS

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan infrastruktur publik yang berperan penting dalam meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Namun, sistem PJU konvensional umumnya memiliki biaya operasional yang tinggi akibat ketergantungan pada pasokan listrik dari jaringan utama. Oleh karena itu, pemanfaatan panel surya sebagai sumber

energi terbarukan menjadi alternatif yang potensial untuk menekan biaya operasional sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan (Duffie & Beckman, 2013; Kalogirou, 2014).

Penerapan panel surya pada sistem PJU perlu dianalisis melalui studi kelayakan untuk memastikan efisiensi dan efektivitas investasi. Studi kelayakan berfungsi sebagai dasar pengambilan keputusan dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomis, dan operasional guna meminimalkan risiko investasi jangka panjang. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa PJU berbasis panel surya mampu memberikan penghematan biaya dalam jangka panjang, meskipun tingkat kelayakannya dipengaruhi oleh kondisi teknis dan besarnya investasi awal (Blank & Tarquin, 2020; Megantoro et al., 2022).

Metode *Life Cycle Cost* (LCC) digunakan untuk mengevaluasi total biaya sistem PJU tenaga surya selama seluruh siklus hidupnya, mencakup biaya investasi awal, operasional, pemeliharaan, dan penggantian komponen, sehingga memberikan gambaran ekonomi yang menyeluruh dan jangka panjang (Woodward, 1997; Pambudi et al., 2023). Sementara itu, metode *Payback Period* digunakan untuk menentukan waktu pengembalian investasi berdasarkan penghematan biaya operasional yang diperoleh (Blank & Tarquin, 2020). Kombinasi kedua metode ini memungkinkan analisis kelayakan ekonomi yang lebih komprehensif dan relevan sebagai dasar pengambilan keputusan investasi sistem PJU berbasis panel surya.

3. METODE PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis ekonomi teknik melalui metode *Life Cycle Cost* (LCC) dan *Payback Period* untuk menghitung dan membandingkan biaya serta kelayakan finansial penerapan panel surya pada sistem PJU tenaga surya.

Objek dan Lokasi Penelitian

Objek penelitian adalah sistem Penerangan Jalan Umum tenaga surya (PJU-TS) sebagai alternatif atau pelengkap PJU berbasis PLN. Penelitian dilakukan pada Oktober–November 2025 di Kampus C Universitas Indraprasta PGRI, Depok, dengan menggunakan data teknis dan ekonomi dari studi literatur, standar teknis, serta data pendukung yang sesuai dengan kondisi dan potensi energi surya setempat.

Jenis dan Sumber Data

Data penelitian terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer mencakup spesifikasi teknis PJU tenaga surya, seperti kapasitas panel, lampu LED, baterai, dan umur pakai

komponen, sedangkan data sekunder meliputi harga dan biaya sistem, tarif listrik PLN, tingkat diskonto, serta standar dan regulasi PJU yang diperoleh dari literatur dan sumber resmi.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan penelitian meliputi komponen utama PJU tenaga surya, yaitu panel surya, baterai, lampu LED, dan charge controller, serta alat pendukung seperti lux meter dan data teknis. Penelitian juga menggunakan data sekunder berupa spesifikasi peralatan, standar PJU, dan literatur pendukung untuk analisis teknis dan ekonomi.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan studi literatur dan penentuan objek penelitian PJU tenaga surya sebagai alternatif PJU konvensional, kemudian dilanjutkan dengan beberapa perhitungan untuk mengetahui energi listrik yang dihasilkan panel fotovoltaik berdasarkan intensitas radiasi, luas, efisiensi panel, dan durasi penyinaran menggunakan Persamaan 1 (Duffie & Beckman, 2013).

$$P = G \times A \times \eta \dots\dots\dots (1)$$

P merupakan daya listrik (W), G intensitas radiasi matahari (W/m^2), A luas panel (m^2), dan η efisiensi panel. Energi yang dihasilkan disimpan dalam baterai untuk penggunaan malam hari, sedangkan kebutuhan energi harian dihitung menggunakan Persamaan 2 (Hughes, 2013).

$$E = P_{lampu} \times t \dots\dots\dots (2)$$

E merupakan energi (Wh), P merupakan daya lampu (W), dan t adalah waktu operasi (jam). Kebutuhan energi harian dan kapasitas panel surya yang diperlukan masing-masing dihitung menggunakan Persamaan 3 dan 4 (Hughes, 2013).

$$E = P \times t \dots\dots\dots (3)$$

$$P_{panel} = E / H \times \eta \dots\dots\dots (4)$$

Energi listrik harian (E) dihitung dari daya lampu LED (P) dan waktu operasi lampu (t), dengan mempertimbangkan jam penyinaran efektif (H) serta efisiensi sistem (η) yang berkisar antara 0,7–0,8. Kapasitas baterai selanjutnya dihitung untuk memastikan kecukupan energi sistem menggunakan Persamaan 5 (Duffie & Beckman, 2013).

$$C = (E \times N) / (V \times DOD) \dots\dots\dots (5)$$

Kapasitas baterai (C) dalam Ah ditentukan berdasarkan kebutuhan energi harian (E) dalam Wh, jumlah hari cadangan atau *day autonomy* (N), tegangan baterai (V), serta nilai *Depth of Discharge* (DOD) yang umumnya berkisar antara 0,5–0,8 untuk menjamin keandalan dan umur pakai sistem. Selanjutnya, menghitung nilai LCC sebagai dasar pengambilan keputusan investasi yang lebih efisien dan berkelanjutan menggunakan Persamaan 6 (Woodward, 1997).

$$LCC + C_0 \sum_{t=1}^n \frac{C_{op,t} + C_{m,t} + C_{r,t}}{(1+i)^t} \dots\dots\dots (6)$$

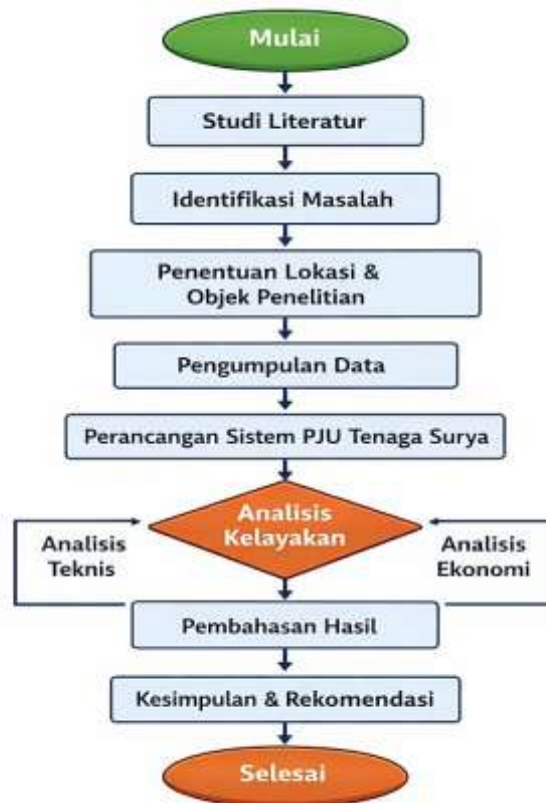
Di mana C_0 adalah biaya investasi awal, $C_{op,t}$ adalah biaya operasional, $C_{m,t}$ adalah biaya pemeliharaan, $C_{r,t}$ adalah biaya penggantian komponen pada tahun ke-t, i adalah tingkat diskonto, dan n adalah umur pakai sistem. Tahap terakhir menghitung nilai *Payback Period* menggunakan Persamaan 7 (Garrison et al., 2018).

$$\text{Payback Period} = \frac{C_0}{CF} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana C_0 adalah biaya investasi awal dan CF adalah arus kas bersih tahunan. Hasil perhitungan *Payback Period* digunakan sebagai indikator kelayakan finansial, di mana semakin singkat periode pengembalian, semakin layak investasi tersebut diterapkan.

Kriteria Kelayakan dan Rekomendasi

Kelayakan penerapan panel surya pada sistem PJU ditentukan berdasarkan hasil analisis *Life Cycle Cost* dan *Payback Period*. Sistem PJU tenaga surya dinyatakan layak apabila total biaya siklus hidup lebih rendah atau kompetitif dibandingkan PJU konvensional, serta memiliki *Payback Period* yang lebih pendek dari umur pakai sistem. Hasil analisis ini diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan investasi yang efisien dan berkelanjutan. Tahapan penelitian secara rinci ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Kondisi PJU Eksisting

Hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa lokasi penelitian belum dilengkapi PJU dan hanya mengandalkan pencahayaan dari fasilitas gedung yang bersumber dari jaringan PLN (Gambar 2). Lampu yang digunakan memiliki daya 50–100 W dengan waktu operasi sekitar 10–12 jam per hari, sehingga menimbulkan beberapa permasalahan yaitu; Secara teknis, pencahayaan PJU belum merata dan sangat bergantung pada pasokan listrik PLN, sehingga tidak berfungsi saat terjadi pemadaman. Dari sisi ekonomi, biaya operasional relatif tinggi akibat konsumsi listrik yang berkelanjutan meskipun investasi awal lebih rendah. Sementara itu, dari aspek lingkungan, sistem PJU eksisting masih bergantung pada energi fosil yang berkontribusi terhadap emisi karbon.



Gambar 2. Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian.

Hasil Analisis Intensitas Matahari

Hasil pengukuran dilakukan pada bulan Oktober-November 2025 dengan menggunakan alat ukur lux meter, data pengukuran dilakukan pada setiap minggu. Untuk lebih jelas hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Intensitas Matahari.

Bulan	Minggu	Radiasi Matahari (kWh/m ² /hari)	Rata-rata
Oktober	1	5,4	5,3
	2	5,2	
	3	5,2	
	4	5,2	
November	1	5,2	5,2
	2	5,2	
	3	5,4	
	4	4,9	
Rata-rata			5,2

Hasil pengukuran, didapatkan nilai rata-rata sebesar 5,2 kWh/m²/hari. Berdasarkan pengukuran lapangan dan data BMKG (sebagai validasi) memperlihatkan rata-rata radiasi matahari di lokasi penelitian adalah 5,05 kWh/m²/hari (Tabel 2) (Spark, 2025). Intensitas radiasi yang relatif stabil sepanjang tahun memberikan peluang yang baik bagi panel surya untuk menghasilkan energi listrik yang cukup, sehingga sistem PJU tenaga surya dapat beroperasi secara optimal dan memenuhi kebutuhan penerangan malam hari secara berkelanjutan. Hal ini juga mendukung perencanaan kapasitas panel dan baterai yang efisien, sehingga lampu LED tetap berfungsi pada berbagai kondisi cuaca.

Tabel 2. Data Pengukuran BMKG.

Bulan	Radiasi Matahari (kWh/m²/hari)
Januari	4,8
Februari	5,1
Maret	5,3
April	5,4
Mei	5,2
Juni	4,9
Juli	4,7
Agustus	5,0
September	5,1
Oktober	5,3
November	5,2
Desember	4,9
Rata-rata	5,05

Hasil Analisis Kelayakan Teknis PJU Tenaga Surya

Penerapan PJU tenaga surya dinilai layak secara teknis berdasarkan perhitungan kebutuhan energi dan spesifikasi sistem, berikut analisisnya:

Hasil Analisis Kebutuhan Energi Lampu

Kebutuhan energi yang dibutuhkan menggunakan lampu 50 Watt, 100 Watt dan 150 Watt. Hasil perhitungan sebagai berikut:

$$E = 50 \times 12 = 600 \text{ Wh/hari}$$

$$E = 100 \times 12 = 1200 \text{ Wh/hari}$$

$$E = 150 \times 12 = 1800 \text{ Wh/hari}$$

Analisis Kapasitas Panel Surya

Untuk nilai H = jam penyinaran efektif (5 jam/hari), maka hasil kapasitas kebutuhan panel surya dapat dihitung menggunakan Persamaan 4.

Kebutuhan 50 Watt

$$P_{panel} = \frac{600}{5 \times 0,75} = 160 \text{ Wp}$$

Kebutuhan 100 Watt

$$P_{panel} = \frac{1200}{5 \times 0,75} = 320 \text{ Wp}$$

Kebutuhan 150 Watt

$$P_{panel} = \frac{1800}{5 \times 0,75} = 480 \text{ Wp}$$

Hasil Perhitungan Energi Pertahun

Energi harian yang dapat dihasilkan panel surya dihitung menggunakan rumus:

$$E_{tahun} = E_{panel} \times 365$$

Jika digunakan panel surya 160 Wp, maka;

$$E_{tahun} = 600 \times 365 = 219.000 \text{ Wh/tahun atau } 219 \text{ kWh/tahun}$$

Jika digunakan panel surya 160 Wp, maka;

$$E_{tahun} = 1200 \times 365 = 438.000 \text{ Wh/tahun atau } 438 \text{ kWh/tahun}$$

Jika digunakan panel surya 160 Wp, maka;

$$E_{tahun} = 1800 \times 365 = 657.000 \text{ Wh/tahun atau } 657 \text{ kWh/tahun}$$

Hasil Analisis Kapasitas Baterai

Berikut hasil analisis kapasitas baterai yang dibutuhkan dalam penelitian dengan menggunakan Persamaan 5.

Kebutuhan 50 Watt

$$C = \frac{600 \times 1}{12 \times 0,8} = 62,5 \text{ Ah}$$

Kebutuhan 100 Watt

$$C = \frac{1200 \times 1}{12 \times 0,8} = 125 \text{ Ah}$$

Kebutuhan 150 Watt

$$C = \frac{1800 \times 1}{12 \times 0,8} = 187,5 \text{ Ah}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa panel surya, baterai, dan lampu LED yang direncanakan mampu memenuhi kebutuhan energi malam hari secara optimal, termasuk saat cuaca kurang optimal.

Hasil Analisis Kelayakan Ekonomi

Berikut diperlihatkan data harga komponen panel surya sesuai dengan kebutuhan daya yang ditunjukkan pada Tabel 3 (Shopee, 2025).

Tabel 3. Data Harga Komponen Panel Surya.

Komponen	Spesifikasi	Harga (Rp)	Spesifikasi	Harga (Rp)	Spesifikasi	Harga (Rp)
Panel Surya	160 Wp	1.100.000	320 Wp	2.200.000	320 Wp	2.200.000
Baterai	12 V, 65 Ah	1.800.000	12 V, 125 Ah	3.200.000	12 V, 480Ah	11.500.000
Lampu LED	50 W	650.000	100 W	1.100.000	150 W	1.600.000
Solar Controller	PWM/MPP T 10A-20A	350.000	MPPT 30A	850.000	MPPT 40A-60A	1.500.000
Tiang PJU	6 m	1.800.000	6 m	1.800.000	6 m	1.800.000
Instalasi	Kabel, konektor, tenaga kerja	1.500.000	Kabel, konektor, tenaga kerja	1.750.000	Kabel, konektor, tenaga kerja	2.500.000
Jumlah		7.200.000		10.900.000		21.100.000

Berdasarkan tabel diatas merupakan perkiraan harga pasar dan dapat bervariasi sesuai merk, kualitas, distributor, serta periode pembelian harga komponen, serta harga bisa berubah-ubah. Peneliti hanya memberikan gambaran secara jelas terkait kelayakan ekonomis dalam pembuatan PJU panel surya.

Analisis Perhitungan Investasi

Analisis perhitungan investasi dilakukan untuk mengevaluasi kelayakan ekonomi dengan membandingkan biaya modal awal pengadaan komponen dan instalasi terhadap potensi penghematan biaya operasional jangka panjang. Berikut analisis perhitungan dengan menggunakan rumus berdasarkan Tabel 3.

Kebutuhan 50 Watt

$$\begin{aligned}
 C_0 &= C_{\text{panel}} + C_{\text{baterai}} + C_{\text{lampu}} + C_{\text{controller}} + C_{\text{tiang}} + C_{\text{instalasi}} \\
 &= 1.100.000 + 1.800.000 + 650.000 + 350.000 + 1.800.000 + 1.500.000 \\
 &= \text{Rp } 7.200.000,-
 \end{aligned}$$

Kebutuhan 100 Watt

$$\begin{aligned}
 C_0 &= C_{\text{panel}} + C_{\text{baterai}} + C_{\text{lampu}} + C_{\text{controller}} + C_{\text{tiang}} + C_{\text{instalasi}} \\
 &= 2.200.000 + 3.200.000 + 1.100.000 + 850.000 + 1.800.000 + 1.750.000 \\
 &= \text{Rp } 10.900.000,-
 \end{aligned}$$

Kebutuhan 150 Watt

$$C_0 = C_{\text{panel}} + C_{\text{baterai}} + C_{\text{lampu}} + C_{\text{controller}} + C_{\text{tiang}} + C_{\text{instalasi}}$$

$$\begin{aligned} &= 2.200.000 + 11.500.000 + 1.600.000 + 1.500.000 + 1.800.000 + 2.500.000 \\ &= \text{Rp } 21.100.000,- \end{aligned}$$

Penghematan Biaya Listrik

Penghematan biaya listrik dari penerapan PJU tenaga surya dicapai dengan menggantikan ketergantungan pada jaringan PLN, sehingga menghilangkan tagihan listrik bulanan dan memberikan keuntungan finansial jangka panjang melalui efisiensi anggaran operasional. Berikut hasil analisis perhitungannya:

Kebutuhan 50 Watt

$$E = 50 \text{ W} \times 12 \text{ jam} = 600 \text{ Wh/hari} = 0,6 \text{ kWh/hari}$$

$$CF = 0,6 \times 1.500 \times 30 = 27.000 \text{ Rp/bulan}$$

$$= 0,6 \times 1.500 \times 365 = 328.500 \text{ Rp/tahun}$$

Kebutuhan 100 Watt

$$E = 100 \text{ W} \times 12 \text{ jam} = 1200 \text{ Wh/hari} = 1,2 \text{ kWh/hari}$$

$$CF = 1,2 \times 1.500 \times 30 = 54.000 \text{ Rp/bulan}$$

$$= 1,2 \times 1.500 \times 365 = 657.000 \text{ Rp/tahun}$$

Kebutuhan 150 Watt

$$E = 150 \text{ W} \times 12 \text{ jam} = 1800 \text{ Wh/hari} = 1,8 \text{ kWh/hari}$$

$$CF = 1,8 \times 1.500 \times 30 = 81.000 \text{ Rp/bulan}$$

$$= 1,8 \times 1.500 \times 365 = 985.500 \text{ Rp/tahun}$$

Hasil perhitungan didapatkan nilai terendah pada penggunaan lampu 50 Watt sebesar Rp. 27.000 /bulan dan terbesar pada penggunaan lampu 150 Watt sebesar Rp. 81.000 /bulan. Semakin tinggi nilai Wattnya maka nilai harga juga berpengaruh.

Analisis Payback Period (PP)

Analisis *Payback Period* (PP) digunakan untuk menentukan jangka waktu yang dibutuhkan agar nilai investasi awal pada sistem PJU Tenaga Surya dapat kembali melalui penghematan biaya listrik yang dihasilkan.

Kebutuhan 50 Watt

$$\text{Payback Period} = \frac{C_0}{CF}$$

$$PP = 7.200.000 / 328.500 = 22 \text{ tahun}$$

Kebutuhan 100 Watt

$$PP = \frac{C_0}{CF}$$

$$PP = 10.900.000 / 657.000 = 17 \text{ tahun}$$

Kebutuhan 150 Watt

$$PP = \frac{C_0}{CF}$$

$$PP = 21.100.000 / 985.500 = 21 \text{ tahun}$$

Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun biaya awal relatif tinggi, penghematan biaya operasional dan manfaat jangka panjang membuat proyek layak secara ekonomi.

Analisis Perbandingan PJU Eksisting dan PJU Tenaga Surya

Analisis perbandingan antara PJU eksisting dan PJU tenaga surya dilakukan untuk membedah perbedaan fundamental dalam hal efisiensi energi, biaya operasional, dan dampak lingkungan antara kedua sistem tersebut. Berikut perbandingan tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisa Perbandingan PJU Konvensional dan PJU Panel Surya.

Aspek	PJU Eksisting (PLN)	PJU Tenaga Surya	Keterangan
Sumber Energi	Listrik PLN	Panel surya + baterai	Tenaga surya mandiri, tidak tergantung PLN
Daya Lampu	50–100 W LED konvensional	50 W LED	Hemat energi dan sesuai kebutuhan penerangan
Waktu Operasi	10–12 jam/hari	10–12 jam/hari	Sama, dengan cadangan baterai untuk hari mendung
Biaya Investasi Awal	Rendah	Tinggi (panel, baterai, instalasi)	PJU surya memerlukan modal awal lebih tinggi
Biaya Operasional	Tinggi (listrik & perawatan)	Rendah (perawatan rutin)	Penghematan signifikan jangka panjang
Keandalan Sistem	Rendah (tergantung PLN)	Tinggi (off-grid, mandiri)	Tetap beroperasi saat pemadaman listrik
Pencahayaan	Kurang merata	Optimal	Lampu LED efisien, posisi dan jumlah titik dioptimalkan
Dampak Lingkungan	Emisi karbon tinggi	Emisi karbon rendah	Ramah lingkungan, mendukung energi terbarukan
Umur Sistem	10–15 tahun	15–20 tahun	LED & panel surya tahan lama, baterai perlu penggantian rutin

Tabel 4 menunjukkan bahwa meskipun PJU Tenaga Surya memerlukan investasi awal yang lebih besar, sistem ini jauh lebih unggul dalam efisiensi jangka panjang karena mampu meniadakan biaya tagihan listrik bulanan dan tetap beroperasi secara mandiri saat terjadi

pemadaman listrik. Dengan umur sistem yang lebih lama dan penggunaan lampu LED yang optimal, transisi ini tidak hanya memberikan keuntungan finansial melalui penghematan biaya operasional, tetapi juga mewujudkan infrastruktur kampus yang lebih andal dan ramah lingkungan melalui pengurangan emisi karbon secara signifikan.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

PJU tenaga surya terbukti layak secara ekonomi meskipun membutuhkan biaya investasi awal tinggi, yaitu Rp 7.200.000 untuk lampu 50 W, Rp 10.900.000 untuk 100 W, dan Rp 21.100.000 untuk 150 W, dengan penghematan listrik tahunan masing-masing Rp 328.500, Rp 657.000, dan Rp 985.500, serta *payback period* tercepat 17 tahun pada lampu 100 W. Sistem ini unggul dibanding PJU konvensional karena mandiri menggunakan panel surya dan baterai, lebih hemat energi dengan lampu LED, tetap beroperasi saat pemadaman listrik, biaya operasional rendah, lebih ramah lingkungan, dan memiliki umur sistem lebih panjang (15–20 tahun). Kapasitas lampu 100 W menawarkan efisiensi investasi terbaik, sedangkan semakin tinggi kapasitas lampu, biaya awal meningkat lebih cepat daripada penghematan energi. Selain itu, PJU tenaga surya mendukung keberlanjutan energi terbarukan dan meningkatkan keandalan penerangan publik tanpa tergantung pada jaringan PLN.

Rekomendasi pemilihan lampu 100 W untuk efisiensi optimal dan *payback period* terpendek, melakukan perawatan rutin panel surya dan penggantian baterai sesuai umur pakai, serta menggunakan MPPT *controller* dan penempatan lampu LED yang tepat untuk mengurangi biaya. Evaluasi kombinasi lampu dan panel sesuai kebutuhan lokasi dapat memaksimalkan penghematan energi, sementara implementasi PJU tenaga surya mendukung infrastruktur ramah lingkungan dan pengurangan emisi karbon.

DAFTAR REFERENSI

- Agustini, D., Il Sanuriza, I., Ihwan, K., Dewi, I. R., & Fauzi, A. A. (2020). Pelatihan pengolahan limbah kertas menjadi benda seni kerajinan pada siswa-siswi SMPN 19 Mataram. *Alamtana: Jurnal Pengabdian Masyarakat UNW Mataram*, 1(1), 13–16. <https://www.ejournal.unwmataram.ac.id/jaltn/article/view/281>
- Berutu, A. A., Dani, A., & Satria, B. (2025). Modeling the effect of changes in solar radiation rays on solar cell output using MATLAB/Simulink. *INFOKUM*, 13(4), 1085–1097. <https://doi.org/10.58471/infokum.v13i04>
- Blank, L., & Tarquin, A. (2020). *Basics of engineering economy*. McGraw-Hill.
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar engineering of thermal processes* (4th ed.). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118671603>

- Hidayat, S., & Suaedi, D. A. (2019). Perawatan listrik tenaga surya untuk penerangan jalan desa bagi karang taruna Desa Glanggang Kecamatan Pakisaji Malang. *Jurnal Graha Pengabdian*, *1*(1), 10–17. <http://journal2.um.ac.id/index.php/jgp/article/view/9957/4464>
- Hudișteanu, V. S., Cherecheș, N. C., Țurcanu, F. E., Hudișteanu, I., & Romila, C. (2024). Impact of temperature on the efficiency of monocrystalline and polycrystalline photovoltaic panels: A comprehensive experimental analysis for sustainable energy solutions. *Sustainability*, *16*(23), Article 10566. <https://doi.org/10.3390/su162310566>
- Hughes, E. (2013). *Electrical and electronic technology* (11th ed.). Pearson Education.
- Kalogirou, S. A. (2014). *Solar energy engineering: Processes and systems*. Academic Press.
- Megantoro, P., Syahbani, M. A., Sukmawan, I. H., Perkasa, S. D., & Vigneshwaran, P. (2022). Effect of peak sun hour on energy productivity of solar photovoltaic power system. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, *11*(5), 2442–2449. <https://doi.org/10.11591/eei.v11i5.3962>
- Nadeak, O. R., Lisapaly, L., Martua, M., & Ridwan, U. (2024). Studi kasus pengembangan energi surya sebagai stimulus ekonomi hijau 2045. *Jurnal Teknik Mesin*, *17*(1), 38–45. <https://doi.org/10.30630/jtm.17.1.1372>
- Pambudi, N. A., Firdaus, R. A., Rizkiana, R., Ulfa, D. K., & Salsabila, M. S. (2023). Renewable energy in Indonesia: Current status, potential, and future development. *Sustainability*, *15*(3), Article 2342. <https://doi.org/10.3390/su15032342>
- Rohman, M. F., Pambudi, W. S., Wati, T., & Prabowo, Y. A. (2023). Prototipe dan monitoring penerangan jalan umum (PJU) menggunakan tenaga surya. *BEES: Bulletin of Electrical and Electronics Engineering*, *4*(2), 72–82. <https://doi.org/10.47065/bees.v4i2.4284>
- Shopee. (2025). *Panel surya*. <https://shopee.co.id/list/Panel%20Surya>
- Standar Nasional Indonesia. (2008). *Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan (SNI 7391:2008)*. Badan Standardisasi Nasional.
- WeatherSpark. (2025). *Iklim dan cuaca rata-rata sepanjang tahun di Kota Depok*. <https://id.weatherspark.com/y/116856/Cuaca-Rata-rata-pada-bulan-in-Kota-Depok-Indonesia-Sepanjang-Tahun>
- Woodward, D. G. (1997). Life cycle costing: Theory, information acquisition and application. *International Journal of Project Management*, *15*(6), 335–344. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(96\)00089-0](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(96)00089-0)