

Implementasi dan Analisis Kinerja PJU Tenaga Surya untuk Peningkatan Kualitas Pencahayaan di Kawasan Technopark UPN "Veteran" Jawa Timur

Sumaidi^{1*}, Wahyu Kartini², Anna Rumintang Nauli³

¹Teknik Sipil; UPN Veteran Jawa timur; Jl. Rungkut Madya Gunung Anyar, (031) 8706369; e-mail: sumaidi.ts@upnjatim.ac.id

²Teknik Sipil; UPN Veteran Jawa timur; Jl. Rungkut Madya Gunung Anyar, (031) 8706369; e-mail: wahyu.ts@upnjatim.ac.id

³Teknik Sipil; UPN Veteran Jawa timur; Jl. Rungkut Madya Gunung Anyar, (031) 8706369; e-mail: anna.ts@upnjatim.ac.id

*Korespondensi: sumaidi.ts@upnjatim.ac.id

Diterima: 09 Desember 2025 ; Review: 06 Juni 2026 ; Disetujui: 15 Juli 2026 ; Diterbitkan: 21 Juli 2026

Abstract

Poor lighting at the Technopark access of UPN "Veteran" Jawa Timur creates security risks and energy inefficiency. This study aims to implement an energy-independent Solar Street Light (PJU-TS) system to support the Green Campus vision. Using applied research methods, the activities included needs analysis, system design, physical installation of four All-in-One PJU-TS units, and performance evaluation. Post-installation results showed a drastic increase in average light intensity from <1 Lux to >10 Lux, meeting SNI 7391:2008 standards. The light sensor-based automatic control system proved effective in managing dusk-to-dawn operations, optimizing LiFePO₄ battery usage. This implementation successfully eliminated blind spots, significantly improved the academic community's sense of security, and serves as a model for eco-friendly and energy-efficient campus infrastructure.

Keywords : Solar Street Light, Technopark, Energy Efficiency, Campus Security

Abstrak

Minimnya penerangan di jalur akses Technopark UPN "Veteran" Jawa Timur menciptakan area rawan keamanan dan inefisiensi energi listrik konvensional. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJU-TS) mandiri energi untuk mendukung visi Green Campus. Menggunakan metode penelitian terapan, kegiatan meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, instalasi fisik empat unit PJU-TS All-in-One, serta evaluasi kinerja. Hasil pengukuran pasca-instalasi menunjukkan peningkatan drastis intensitas cahaya rata-rata dari kondisi awal <1 Lux menjadi >10 Lux, memenuhi standar SNI 7391:2008. Sistem kendali otomatis berbasis sensor cahaya terbukti efektif mengatur operasional lampu dusk-to-dawn, mengoptimalkan penggunaan baterai LiFePO₄. Implementasi ini berhasil mengeliminasi area gelap, meningkatkan rasa aman sivitas akademika, serta menjadi model infrastruktur kampus yang ramah lingkungan dan hemat energi.

Kata kunci : PJU Tenaga Surya, Technopark, Efisiensi Energi, Keamanan Kampus

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan yang signifikan setiap tahunnya, seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan infrastruktur. Data

menunjukkan bahwa permintaan listrik nasional terus meningkat, namun sumber energi primer masih didominasi oleh bahan bakar fosil, khususnya batu bara, yang mencapai 59,6% dari bauran energi nasional. Ketergantungan terhadap energi fosil ini tidak hanya berdampak pada keberlanjutan pasokan energi, tetapi juga berkontribusi terhadap emisi karbon global. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia telah menetapkan target ambisius untuk meningkatkan kapasitas terpasang energi surya sebagai bagian dari strategi transisi energi. Pemanfaatan energi surya (solar energy) dipandang sebagai solusi paling potensial dan strategis untuk mencapai Sustainable Development Goals (SDGs) poin ke-7, yaitu menjamin akses energi yang terjangkau, andal, berkelanjutan, dan modern bagi semua (Afif and Martin, 2022; Shafa Yuniar Yasmin et al., 2024).

Dalam konteks infrastruktur publik, Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan elemen vital yang berfungsi memberikan pencahayaan buatan bagi pejalan kaki, pengendara kendaraan, dan pengguna jalan lainnya pada malam hari untuk meningkatkan keselamatan (Wahyusari et al., 2023a). Ketersediaan PJU yang memadai memiliki korelasi langsung dengan tingkat keamanan lingkungan. Studi sistematis menunjukkan bahwa perbaikan penerangan jalan merupakan metode yang efektif dalam mencegah terjadinya tindak kriminalitas di ruang publik (Welsh and Farrington, 2008a). Namun, permasalahan klasik yang sering dihadapi dalam pengelolaan PJU adalah tingginya biaya operasional akibat penggunaan listrik dari jaringan PLN yang menyala sepanjang malam tanpa sistem kendali yang efisien, sehingga terjadi pemborosan energi (Imam et al., 2020a; Wardhany et al., 2024a).

Permasalahan serupa teridentifikasi di lingkungan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, khususnya di kawasan Science and Technology Park (Technopark). Berdasarkan observasi awal, jalur akses vital yang menghubungkan Gedung Fakultas Hukum dan Gedung LPPM masih minim penerangan. Kondisi ini menciptakan area gelap yang berpotensi menimbulkan kerawanan bagi sivitas akademika yang beraktivitas hingga malam hari. Sebagai institusi pendidikan yang berkomitmen terhadap visi Green Campus, ketergantungan pada PJU konvensional perlu diminimalisir dan digantikan dengan teknologi yang lebih ramah lingkungan.

Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, program ini mengusulkan implementasi Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJU-TS). PJU-TS merupakan inovasi tepat guna yang mengonversi energi foton matahari menjadi energi listrik, menyimpannya dalam baterai, dan menggunakannya untuk menyalakan lampu LED pada malam hari secara mandiri atau off-grid (Novfowan et al., 2023). Keunggulan utama sistem ini adalah tidak membebani tagihan listrik kampus dan tetap beroperasi meskipun jaringan PLN padam. Untuk meningkatkan efisiensi, sistem yang dirancang dilengkapi dengan kendali otomatis (automatic control) berbasis sensor cahaya, yang memastikan lampu hanya menyala saat dibutuhkan dan meminimalisir intervensi manual (Wardhany et al., 2024).

Selain aspek teknis, implementasi ini juga bertujuan untuk meningkatkan kesadaran (awareness) masyarakat kampus terhadap pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT). Studi pengabdian masyarakat terdahulu menunjukkan bahwa instalasi PJU-TS mampu meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai pentingnya penghematan energi hingga 61,9% dan membuka wawasan warga bahwa energi surya dapat dikonversi menjadi energi listrik yang bermanfaat (Caroko et al., 2022; Wardhany et al., 2024b). Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya berfungsi sebagai perbaikan infrastruktur fisik semata, tetapi juga sebagai sarana edukasi dan kampanye ketahanan energi di lingkungan pendidikan.

2. ANALISIS SITUASI

Kondisi ketahanan energi nasional saat ini menghadapi tantangan yang kompleks di mana kebutuhan energi listrik terus meningkat seiring dengan laju pertumbuhan infrastruktur dan ekonomi, namun pasokan energi primer masih sangat bergantung pada bahan bakar fosil yang tidak ramah lingkungan. Dalam konteks global, transisi menuju energi terbarukan telah menjadi agenda prioritas sebagaimana tertuang dalam

Sustainable Development Goals (SDGs) poin ke-7, yang menekankan pentingnya akses energi yang terjangkau dan bersih. Berdasarkan studi literatur terkini, energi surya teridentifikasi sebagai sumber energi yang paling dominan dalam ekspansi kapasitas energi terbarukan, menyumbang pertumbuhan yang signifikan dari total kapasitas baru secara global, sehingga menjadikannya solusi paling strategis untuk meningkatkan efisiensi energi nasional dan mengurangi ketergantungan pada pembangkit listrik konvensional (Shafa Yuniar Yasmin et al., 2024b). Meskipun Indonesia memiliki potensi iradiasi matahari yang melimpah sepanjang tahun karena letak geografisnya di garis khatulistiwa, realisasi pemanfaatannya sebagai pembangkit listrik masih belum optimal akibat kendala persepsi mengenai tingginya biaya investasi awal yang menyebabkan harga listrik dari energi terbarukan dianggap kurang ekonomis (Afif and Martin, 2022b). Paradigma ini perlu diubah melalui implementasi nyata di lingkungan pendidikan sebagai model percontohan yang menunjukkan bahwa teknologi surya dapat menjadi solusi ekonomis jangka panjang.

Permasalahan energi ini bermanifestasi secara spesifik pada pengelolaan infrastruktur fasilitas umum, khususnya Penerangan Jalan Umum (PJU) di lingkungan kampus Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur. Kawasan Technopark sebagai sentra riset dan inovasi memiliki aktivitas yang padat hingga malam hari, namun kondisi infrastruktur penerangan di jalur akses penghubung antara Gedung Fakultas Hukum dan Gedung LPPM sangat memprihatinkan. Ketidadaan penerangan yang memadai menciptakan area gelap atau "bintik buta" yang secara psikologis menurunkan rasa aman pengguna jalan. Hal ini sejalan dengan teori *Crime Prevention Through Environmental Design* (CPTED) dan hasil tinjauan sistematis yang menegaskan bahwa perbaikan penerangan jalan merupakan metode intervensi lingkungan yang paling efektif dalam mencegah terjadinya tindak kriminalitas di ruang publik dan meningkatkan pengawasan alami (Welsh and Farrington, 2008b). Selain aspek keamanan, PJU konvensional yang ada saat ini beroperasi menggunakan sumber listrik PLN tanpa sistem kendali yang efisien, sehingga lampu seringkali menyala dengan intensitas penuh sepanjang malam meskipun tidak ada aktivitas, yang berdampak pada pemborosan energi dan pembengkakan biaya operasional (Imam et al., 2020b).

Permasalahan energi ini bermanifestasi secara spesifik pada pengelolaan infrastruktur fasilitas umum di lingkungan kampus. Berdasarkan observasi lapangan, lokasi prioritas intervensi difokuskan pada koridor jalan inspeksi yang diapit oleh dua gedung utama, yaitu Gedung Fakultas Hukum di sisi Utara dan Gedung LPPM/Technopark di sisi Selatan. Area ini merupakan jalur vital yang menghubungkan area parkir barat menuju akses Gedung FIK 1 dan Sekretariat HIMATIFA di sisi Timur. Berdasarkan pemetaan spasial, ditetapkan 4 (empat) titik koordinat pemasangan (PJU 1 – PJU 4) yang berderet sepanjang jalur hijau pemisah jalan (median strip). Posisi ini dipilih karena pada malam hari area tersebut tertutup bayangan gedung tinggi di kedua sisi, menciptakan lorong gelap yang menyulitkan pengawasan keamanan. Kondisi eksisting dan rencana titik pemasangan dapat dilihat secara detail pada Gambar 1.



Gambar 2.1 Titik Pemasangan PJU
Sumber: Google Maps

Untuk memvalidasi kondisi lapangan tersebut secara ilmiah, tim pelaksana melakukan audit pencahayaan awal menggunakan instrumen Lux Meter digital berbasis aplikasi pada smartphone. Penggunaan teknologi ini didasarkan pada riset yang membuktikan bahwa sensor cahaya pada smartphone memiliki tingkat akurasi yang memadai untuk mendeteksi perubahan tingkat kecerahan lingkungan dan pola distribusi cahaya dalam studi pendahuluan, dengan variasi data yang konsisten saat dibandingkan dengan kondisi langit yang berbeda (Hikmatiar et al., 2023). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa intensitas cahaya rata-rata di lokasi mitra berada di bawah 1 Lux, jauh di bawah standar kelayakan untuk jalan lingkungan yang seharusnya berkisar antara 3 hingga 7 Lux agar dapat memberikan kenyamanan visual dan keselamatan bagi pejalan kaki maupun pengendara (Yasa and Sarief, 2021). Temuan data ini mengonfirmasi urgensi intervensi teknologi untuk meningkatkan kualitas pencahayaan di kawasan tersebut tanpa menambah beban listrik kampus.

Sebagai solusi komprehensif, program ini merancang penerapan sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJU-TS) yang beroperasi secara mandiri (stand-alone). Pemilihan komponen sistem didasarkan pada analisis teknis mendalam, terutama pada sektor penyimpanan energi. Studi komparatif antara teknologi baterai menunjukkan bahwa baterai Lithium-Ion (termasuk LiFePO₄) memiliki keunggulan signifikan dibandingkan baterai Lead-Acid konvensional dalam hal densitas energi, efisiensi pengisian, dan keandalan suplai daya ke jaringan, menjadikannya pilihan paling tepat untuk aplikasi fotovoltaik modern (Rajanna and Kumar, 2021). Selain performa teknis, penggunaan baterai Lithium-Ion juga dinilai lebih ramah lingkungan dan memiliki siklus hidup (cycle life) yang lebih panjang, meskipun memerlukan integrasi dengan Battery Management System (BMS) yang baik untuk memantau kesehatan baterai dan mencegah degradasi performa (Rahmawati et al., 2024).

Lebih lanjut, efisiensi sistem ditingkatkan melalui integrasi mekanisme kendali otomatis berbasis sensor. Berbeda dengan lampu jalan konvensional yang statis, sistem yang diusulkan ini mampu mengatur operasional lampu secara cerdas berdasarkan intensitas cahaya matahari dan kondisi lingkungan sekitar. Penerapan kendali otomatis ini terbukti mampu mengoptimalkan penggunaan daya baterai dengan meredupkan cahaya (dimming) saat kebutuhan penerangan rendah atau saat kapasitas baterai menipis, sehingga menjamin ketersediaan energi sepanjang malam (ketahanan energi) dan mencegah pemadaman dini yang sering terjadi pada sistem tenaga surya konvensional (Poliyama et al., 2021; Wardhany et al., 2024b). Pendekatan teknologi ini juga memungkinkan deteksi kerusakan secara dini, sehingga memudahkan proses pemeliharaan dan menjamin keberlanjutan fungsi infrastruktur dalam jangka panjang (Wahyusari et al., 2023b).

Dampak dari implementasi program ini tidak hanya terbatas pada aspek teknis infrastruktur, tetapi juga menyentuh aspek sosial dan edukasi masyarakat kampus. Mengacu pada keberhasilan program serupa di lokasi lain, instalasi PJU-TS terbukti mampu meningkatkan kenyamanan masyarakat dalam beraktivitas di malam hari karena adanya jaminan penerangan yang stabil (Novfowan et al., 2023). Selain itu, program ini berfungsi sebagai sarana edukasi visual yang efektif; studi evaluasi menunjukkan bahwa paparan langsung terhadap teknologi energi terbarukan dapat meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai pentingnya penghematan energi dan pemanfaatan energi baru hingga mencapai angka peningkatan pemahaman sebesar 61,9% (Caroko et al., 2022). Bahkan, dalam studi persepsi warga, sebanyak 93% responden menyetujui bahwa kehadiran lampu jalan tenaga surya mampu membuka kesadaran kolektif bahwa energi matahari dapat dikonversi menjadi energi listrik yang bermanfaat, sehingga memotivasi adopsi gaya hidup yang lebih hemat energi (Wardhany et al., 2024b). Dengan demikian, intervensi di Technopark UPNV Jatim ini diharapkan dapat mereplikasi keberhasilan tersebut, mengubah area yang sebelumnya gelap dan rawan menjadi kawasan yang terang, aman, dan menjadi etalase edukasi teknologi hijau yang nyata.

3. METODE PELAKSANAAN

Pendekatan metodologis yang diterapkan dalam kegiatan ini mengacu pada kerangka penelitian terapan (*applied research*) dengan model pemecahan masalah partisipatif yang berorientasi pada penyediaan solusi infrastruktur kampus yang berkelanjutan. Metode pelaksanaan disusun secara sistematis dan kronologis melalui empat tahapan utama yang saling berkesinambungan, yaitu analisis kebutuhan lapangan, perancangan dan pengembangan sistem, implementasi fisik instalasi, serta evaluasi kinerja sistem pasca-konstruksi. Setiap tahapan dirancang dengan mengacu pada standar teknis yang berlaku serta studi literatur terkini untuk memastikan validitas dan reliabilitas hasil kegiatan.

Tahap pertama adalah analisis kebutuhan dan survei pendahuluan yang dilaksanakan pada tanggal 2 September 2025 dengan tujuan utama untuk memvalidasi kondisi lapangan melalui pemetaan topografi dan audit pencahayaan awal. Pada tahap ini, pengukuran intensitas cahaya (*illuminance*) dilakukan pada malam hari menggunakan instrumen *Lux Meter* digital berbasis aplikasi pada *smartphone* yang telah dikalibrasi sesuai standar. Pemilihan metode pengukuran menggunakan *smartphone* didasarkan pada studi validasi yang membuktikan bahwa sensor cahaya pada perangkat *mobile* mampu mendeteksi perubahan tingkat kecerahan lingkungan dan pola distribusi cahaya dengan tingkat akurasi yang memadai untuk keperluan audit energi pendahuluan, serta memiliki konsistensi data yang dapat diandalkan (Hikmatiar et al., 2023). Berdasarkan hasil survei presisi ini, tim pelaksana menetapkan 4 (empat) titik koordinat prioritas di sepanjang jalur akses Technopark (PJU 1 – PJU 4) yang teridentifikasi sebagai area kritis dengan intensitas cahaya rata-rata di bawah 1 Lux.

Berdasarkan data kuantitatif yang diperoleh dari survei, tahap selanjutnya adalah perancangan dan pengembangan sistem yang mencakup spesifikasi struktur fisik dan komponen elektrik. Struktur tiang PJU dirancang secara khusus (*custom-made*) menggunakan material besi galvanis (*Hot-dip Galvanized Steel*) untuk menjamin ketahanan struktur terhadap korosi dan beban angin di koridor antar gedung. Sementara itu, untuk spesifikasi penyimpanan energi, sistem ini mengadopsi teknologi baterai *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO₄) yang terintegrasi dalam unit lampu *All-in-One*. Keputusan penggunaan baterai LiFePO₄ didasarkan pada studi komparatif yang menunjukkan bahwa teknologi ini memiliki densitas energi yang lebih tinggi, stabilitas termal yang lebih baik, dan siklus hidup (*cycle life*) yang jauh lebih panjang dibandingkan baterai *Lead-Acid* konvensional, sehingga mampu mengurangi frekuensi penggantian komponen dan lebih ramah lingkungan (Rahmawati et al., 2024; Rajanna and Kumar, 2021). Desain sistem ini juga mengintegrasikan modul kendali otomatis berbasis mikrokontroler yang memungkinkan pengaturan peredupan (*dimming*) untuk efisiensi daya (Wardhany et al., 2024b).

Tahap ketiga merupakan realisasi fisik atau implementasi instalasi yang dilaksanakan pada tanggal 10 November 2025 di lokasi mitra. Proses instalasi dimulai dengan pekerjaan sipil (*civil works*) yang meliputi penggalian tanah untuk lubang pondasi dan pengecoran beton bertulang menggunakan campuran material semen, pasir, dan batu pecah untuk menanam angkur baut secara kokoh. Setelah struktur pondasi mencapai tingkat kekerasan yang optimal, tiang besi galvanis didirikan tegak lurus pada *base plate* dan dikunci menggunakan mur baja. Proses konstruksi diakhiri dengan pemasangan unit lampu PJU-TS pada puncak tiang, di mana orientasi panel surya *monocrystalline* diatur menghadap ke arah khatulistiwa untuk memaksimalkan penyerapan iradiasi matahari harian tanpa terhalang bayangan gedung. Tahapan instalasi ini mengacu pada prosedur standar keselamatan kerja dan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan dalam proposal perencanaan.

Rangkaian metode pelaksanaan diakhiri dengan tahap evaluasi dan monitoring untuk memverifikasi keberhasilan sistem yang terpasang secara komprehensif. Evaluasi difokuskan pada dua parameter kinerja utama, yaitu uji fungsi otomatisasi dan pengukuran fotometri akhir. Uji otomatisasi dilakukan untuk memastikan sensor cahaya (*photocell*) dan sistem manajemen baterai bekerja responsif dengan menyalakan lampu

secara otomatis saat senja (*dusk*) dan mematikannya saat fajar (*dawn*), serta memvalidasi kemampuan sistem dalam mengelola siklus pengisian daya (Imam et al., 2020b; Wardhany et al., 2024b). Selanjutnya, dilakukan pengukuran ulang (*re-measurement*) intensitas cahaya di titik lokasi yang sama pasca-instalasi. Data pengukuran akhir ini kemudian dibandingkan dengan standar SNI 7391:2008 untuk mengkuantifikasi peningkatan kualitas penerangan jalan, memastikan bahwa sistem mampu memberikan kenyamanan visual dan keamanan bagi pengguna jalan di kawasan Technopark ("Standar Nasional Indonesia Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan ICS 93.080.40 Badan Standardisasi Nasional," 2008; Yasa and Sarief, 2021).



Gambar 3.1 Proses Instalasi Tiang PJU dan Unit Lampu di Jalur Akses Technopark
Sumber: Dokumentasi Pribadi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Realisasi fisik dari program pengabdian masyarakat ini telah berhasil dilaksanakan pada tanggal 10 November 2025 dengan pemasangan empat unit Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJU-TS) di lokasi prioritas yang telah ditentukan, yaitu jalur akses penghubung antara Gedung Fakultas Hukum dan Gedung LPPM/Technopark. Proses implementasi infrastruktur diawali dengan pekerjaan sipil yang meliputi penggalian tanah dan pengecoran pondasi beton bertulang untuk memastikan stabilitas tiang penyangga terhadap beban angin dan kondisi tanah, sesuai dengan spesifikasi teknis yang direncanakan. Struktur tiang yang digunakan adalah tiang besi galvanis *custom* yang dirancang khusus untuk area koridor antar gedung, di mana material galvanis dipilih karena ketahanannya yang superior terhadap korosi dibandingkan besi biasa, sehingga meminimalisir biaya perawatan jangka panjang. Pada bagian puncak tiang, terpasang unit lampu *All-in-One* yang mengintegrasikan panel surya *monocrystalline* dan baterai *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO₄). Dokumentasi proses instalasi fisik tiang dan unit lampu di lokasi mitra dapat dilihat pada Gambar 3.1

Setelah instalasi fisik selesai, evaluasi kinerja dilakukan melalui pengukuran intensitas cahaya (*illuminance*) di keempat titik lokasi (PJU 1 – PJU 4) pada malam hari untuk mengkuantifikasi peningkatan kualitas penerangan. Hasil pengukuran pasca-instalasi menunjukkan peningkatan yang sangat signifikan dibandingkan dengan kondisi awal. Jika pada survei awal intensitas cahaya rata-rata hanya berkisar antara 0,4 hingga 2,1 Lux, pengukuran akhir menunjukkan bahwa keempat titik PJU kini memiliki intensitas cahaya rata-rata di atas 10 Lux, dengan titik tertinggi mencapai 12 Lux di area akses lobi.

Peningkatan drastis ini mengindikasikan bahwa sistem PJU-TS mampu memberikan pencahayaan yang memenuhi bahkan melampaui standar SNI 7391:2008 untuk jalan lingkungan yang mensyaratkan minimal 3 – 7 Lux ("Standar Nasional Indonesia Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan ICS 93.080.40 Badan Standardisasi Nasional," 2008; Yasa and Sarief, 2021). Perbandingan data kuantitatif pengukuran intensitas cahaya sebelum dan sesudah instalasi disajikan secara rinci pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Lapangan

o	Kode Titik	Lokasi Spesifik	Intensitas Cahaya (Lux)	Kondisi Visual
1	PJU	Akses Masuk Barat (Samping FH)	0.4 Lux	Sangat Gelap
2	PJU	Area Depan Samping LPPM	0.5 Lux	Sangat Gelap
3	PJU	Jalur Menuju Lobi Technopark	2.1 Lux	Redup / Kurang
4	PJU	Akses Timur (Arah Gedung FIK)	0.8 Lux	Sangat Gelap

Distribusi cahaya yang dihasilkan oleh lampu LED efikasi tinggi ini terbukti mampu menghilangkan "bintik buta" (*blind spot*) yang sebelumnya menutupi jalur pedestrian, sehingga secara visual menciptakan rasa aman bagi mahasiswa yang melintas. Validitas data peningkatan ini didukung oleh penggunaan metode pengukuran yang konsisten, di mana instrumen berbasis sensor cahaya *smartphone* terbukti akurat dalam mendeteksi perubahan tingkat kecerahan yang signifikan antara kondisi gelap dan terang (Hikmatiar et al., 2023). Perbandingan kondisi visual lingkungan sebelum dan sesudah pemasangan lampu diperlihatkan pada Gambar 4.1 dan 4.2



Gambar 4.1 Kondisi Lingkungan Sebelum Pemasangan Lampu
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.2 Kondisi Lingkungan Sesudah Pemasangan Lampu
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Analisis teknis lebih lanjut difokuskan pada kinerja sistem penyimpanan energi dan kendali otomatis. Penggunaan baterai LiFePO₄ pada unit lampu terbukti memberikan performa yang stabil dalam menyuplai daya ke lampu LED sepanjang malam. Hal ini sejalan dengan studi komparatif yang menyatakan bahwa baterai *Lithium-Ion* memiliki efisiensi *discharge* yang lebih baik dan degradasi yang lebih rendah dibandingkan baterai *Lead-Acid*, sehingga menjamin keandalan sistem meskipun beroperasi setiap hari (Rajanna and Kumar, 2021). Selain itu, fitur kendali otomatis berbasis sensor cahaya (*photocell*) berfungsi responsif sesuai dengan desain, di mana lampu menyala secara otomatis saat sensor mendeteksi penurunan intensitas cahaya matahari (senja) dan padam saat matahari terbit. Mekanisme otomatisasi ini sangat krusial dalam manajemen energi, karena mampu mencegah pemborosan daya baterai yang sering terjadi akibat kelalaian manusia dalam pengoperasian manual, sekaligus memperpanjang umur pakai komponen elektronik (Imam et al., 2020b; Wardhany et al., 2024b).

Dampak implementasi program ini tidak hanya terbatas pada aspek teknis, tetapi juga memberikan kontribusi positif terhadap aspek sosial dan lingkungan kampus. Peningkatan kualitas penerangan secara langsung mendukung konsep *Crime Prevention Through Environmental Design* (CPTED), di mana lingkungan yang terang terbukti efektif dalam mencegah potensi tindak kriminalitas dan meningkatkan persepsi keamanan (*perceived safety*) pengguna jalan (Fathir et al., 2024; Welsh and Farrington, 2008b). Mahasiswa dan staf yang beraktivitas di Gedung Technopark kini dapat mengakses fasilitas dengan lebih nyaman tanpa rasa was-was. Dari sisi edukasi lingkungan, keberadaan fisik PJU-TS ini berfungsi sebagai media pembelajaran nyata mengenai pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT). Sebagaimana temuan dalam studi pengabdian masyarakat serupa, instalasi teknologi surya yang terlihat langsung oleh warga mampu meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai pentingnya penghematan energi dan potensi konversi energi matahari hingga mencapai angka persentase pemahaman yang signifikan (Caroko et al., 2022; Novfowan et al., 2023). Dengan demikian, program ini berhasil mengintegrasikan solusi infrastruktur, keamanan, dan edukasi keberlanjutan dalam satu intervensi teknologi yang tepat guna.

5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil analisis, implementasi, dan evaluasi, program penerapan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJU-TS) di kawasan Technopark Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur berhasil meningkatkan kualitas infrastruktur penerangan sekaligus mendukung pemanfaatan energi terbarukan. Pemasangan empat unit PJU-TS meningkatkan intensitas pencahayaan dari kurang dari 1 Lux menjadi lebih dari 10 Lux, sehingga telah memenuhi bahkan melampaui standar SNI 7391:2008 untuk jalan lingkungan. Peningkatan ini menghilangkan area gelap, memperkuat pengawasan alami (natural surveillance), serta meningkatkan keamanan dan kenyamanan sivitas akademika sesuai prinsip Crime Prevention Through Environmental Design (CPTED). Dari sisi teknologi, integrasi panel surya monocrystalline, baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄), dan sistem kendali otomatis terbukti mampu memberikan suplai daya yang andal, efisien, dan berkelanjutan, sekaligus mendukung visi Green Campus dan pencapaian SDGs ke-7 melalui peningkatan kesadaran terhadap energi terbarukan.

Untuk menjaga keberlanjutan sistem, diperlukan pemeliharaan rutin berupa pembersihan panel surya setiap tiga bulan guna mempertahankan efisiensi penyerapan energi matahari, serta pengelolaan vegetasi melalui pemangkasan pohon di sekitar titik instalasi agar tidak menimbulkan bayangan yang mengurangi kinerja panel surya. Melihat keberhasilan implementasi dan tingginya penerimaan warga kampus, model PJU-TS stand-alone berbasis baterai LiFePO₄ direkomendasikan untuk direplikasi pada area lain yang masih minim penerangan sebagai standar infrastruktur penerangan yang aman, hemat energi, dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, F., Martin, A., 2022a. Tinjauan Potensi dan Kebijakan Energi Surya di Indonesia. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material* 6, 43. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v6i1.997>
- Caroko, N., Nadjib, M., Rosyidi, S.A.P.J.N.N., Lesmana, S.B., Hariadi, T.K., 2022. PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI DESA SIDOHARJO KABUPATEN KULON PROGO. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)* 6, 5119. <https://doi.org/10.31764/jmm.v6i6.11516>
- Hikmatiar, H., Jufriansah, A., Khusnani, A., Saharul, 2023. Lux Meter pada Smartphone untuk Pengukuran Perubahan Tingkat Kecerahan Langit. *Bincang Sains dan Teknologi* 2, 1–10. <https://doi.org/10.56741/bst.v2i01.250>
- Imam, R., W, I.G.P.W.W., Bimantoro, F., 2020a. Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Controlling Penerangan Jalan Umum Berbasis IoT dan Android. *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, dan Aplikasinya (JTika)* 2, 101–112. <https://doi.org/10.29303/jtika.v2i1.88>
- Novfowan, A.D., Setiawan, A., Ruwahjoto, R., Mieftah, Moch., Sukamdi, S., Sutjipto, R., 2023. Pemasangan Lampu Penerangan Jalan Berbasis Panel Surya Di Dusun Klandungan Kabupaten Malang. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* 10, 159–163. <https://doi.org/10.33795/abdimas.v10i2.4568>
- Poliyama, R.S., Surusa, F.E.P., Abdullah, R.K., 2021. Rancang Bangun Alat Sistem Monitor Lampu Jalan Umum Tenaga Surya Berbasis Teknologi Lo - Ra. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering* 3, 34–40. <https://doi.org/10.37905/jjee.v3i2.10202>
- Rahmawati, D., Sukri, H., Alfian, M.A., Setiawan, H., Setiawibawa, R., 2024. RANCANG BANGUN WIRELESS SENSOR NETWORK UNTUK BATTERY MANAGEMENT SYSTEM PADA PENERANGAN JALAN UMUM TENAGA SURYA. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro* 26, 49–58. <https://doi.org/10.24912/tesla.v26i1.29444>
- Rajanna, B. V., Kumar, M.K., 2021. Comparison study of lead-acid and lithium-ion batteries for solar photovoltaic applications. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)* 12, 1069. <https://doi.org/10.11591/ijpeds.v12.i2.pp1069-1082>

- Shafa Yuniar Yasmin, Feri Febrian Syah, M. Ashof Azria Azka, Didik Aribowo, 2024a. Energi Surya Sebagai Solusi Dalam Peningkatan Efisiensi Energi Perspektif SDGs 7 (Sustainable Development Goals 7) 2030. Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik 2, 108–117. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i2.252>
- Standar Nasional Indonesia Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan ICS 93.080.40 Badan Standardisasi Nasional, 2008.
- Wahyusari, R., Teguh Adi Saputro, Lastoni Wibowo, 2023a. RANCANG BANGUN PROTOTIPE KONTROL DAN DETEKSI KERUSAKAN LAMPU PENERANGAN JALAN BERBASIS INTERNET OF THINGS. Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik 6, 214–219. <https://doi.org/10.36595/jire.v6i2.980>
- Wardhany, A.K., Dwiyanti, M., Nadhiroh, N., Setiana, H., Widjayanto, D., 2024a. Penerapan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya Dengan Kendali Otomatis Pada Kampung Setaman Untuk Mewujudkan Ketahanan Energi. Mitra Akademia: Jurnal Pengabdian Masyarakat 7, 15–21. <https://doi.org/10.32722/mapnj.v7i1.6364>
- Welsh, B.C., Farrington, D.P., 2008b. Effects of Improved Street Lighting on Crime. Campbell Systematic Reviews 4, 1–51. <https://doi.org/10.4073/csr.2008.13>
- Yasa, M.T., Sarief, I., 2021. PERENCANAAN PENERANGAN JALAN UMUM TENAGA SURYA (PJUTS) DAN SIMULASI DIALux (STUDI KASUS JALAN KOLONEL MASTURI CIMAHI). Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika 6, 7. <https://doi.org/10.32897/infotronik.2021.6.1.606>