



PKM Pelatihan Pengembangan Sistem Penerangan Jalan Bertenaga Surya dengan Aplikasi Internet of Things (IoT)

Ahmad Muhtadi¹, Moh.Rosan Taufel A.², Lukky Mahendra³

^{1,2,3}Universitas Nurul Jadid Paiton, Indonesia

Corresponding Author: ahmadmuhtadi@unuja.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Article history Submit 14 Desember 2025 Revised 21 Desember 2025 Accepted 28 Desember 2025</p>	<p><i>This community service program at SMK Nurul Jadid (Paiton, Probolinggo, East Java) designed and implemented a solar-powered outdoor lighting system integrated with the Nodered application using Internet of Things (IoT) technology. The partner school faced limited lighting on the access road, parking area, and main yard, which affected safety and school activities after sunset. The system uses a solar panel as the primary energy source, a battery for power storage, a NodeMCU ESP8266 microcontroller as the controller, and the Nodered dashboard for remote monitoring and manual override. An LDR sensor detects ambient light intensity so the lamp turns on automatically at night and turns off during the day. The implementation and training results show that the system operates reliably, is energy-efficient, and is easy to operate by teachers and students. This program strengthens participants' competence in renewable energy utilization and IoT-based automation and has potential to be replicated in similar school environments.</i></p>
<p>Keywords: <i>Solar street lighting; NodeMCU ESP8266; Nodered; Internet of Things (IoT); LDR sensor.</i></p>	<p>ABSTRAK</p>
<p>Katakunci: Energi surya; Penerangan jalan/area; NodeMCU ESP8266; Nodered; Sensor LDR</p>	<p><i>Pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di SMK Nurul Jadid (Paiton, Probolinggo, Jawa Timur) dengan tujuan merancang dan mengimplementasikan sistem penerangan area luar ruang berbasis energi surya yang terintegrasi aplikasi Nodered menggunakan teknologi Internet of Things (IoT). Permasalahan mitra adalah keterbatasan penerangan pada akses jalan masuk sekolah, area parkir, dan halaman, yang berdampak pada keamanan serta aktivitas sekolah pada malam hari. Sistem menggunakan panel surya sebagai sumber energi utama, baterai sebagai penyimpanan daya, mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendali, serta aplikasi Nodered untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh melalui smartphone. Sensor LDR dipakai untuk mendeteksi intensitas cahaya lingkungan sehingga lampu menyala otomatis saat malam hari dan mati saat siang hari, dengan opsi kontrol manual melalui aplikasi. Hasil pelaksanaan dan pelatihan menunjukkan sistem berfungsi baik, hemat energi, dan mudah dioperasikan oleh guru serta siswa. Program ini meningkatkan pemahaman dan keterampilan peserta terkait energi terbarukan dan otomasi berbasis IoT, serta berpotensi direplikasi pada lingkungan sekolah lain dengan kondisi serupa.</i></p>

1. Pendahuluan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di SMK Nurul Jadid, yang berlokasi di Desa Karanganyar, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. Secara geografis, lingkungan sekolah berada di wilayah pesisir yang memiliki intensitas sinar matahari relatif tinggi sepanjang tahun. Kondisi tersebut sangat potensial untuk dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan, khususnya energi surya. Namun demikian, fasilitas penerangan area luar ruang, seperti akses jalan masuk sekolah, area parkir, dan halaman utama, masih terbatas sehingga berdampak pada tingkat keamanan dan kenyamanan lingkungan sekolah, terutama pada malam hari.

Sebagai sekolah menengah kejuruan yang memiliki konsentrasi pada bidang teknik dan teknologi, SMK Nurul Jadid diharapkan mampu mengembangkan inovasi berbasis teknologi terapan. Akan tetapi, hasil observasi dan komunikasi dengan pihak sekolah menunjukkan bahwa implementasi teknologi seperti sistem penerangan bertenaga surya yang terintegrasi dengan Internet of Things (IoT) belum dapat direalisasikan secara optimal. Kendala utama yang dihadapi meliputi keterbatasan anggaran untuk pengadaan perangkat pendukung, seperti panel surya, baterai, lampu LED, kontroler, dan mikrokontroler, serta keterbatasan pengalaman teknis dalam pemrograman dan integrasi sistem IoT.

Selain itu, minimnya pendampingan teknis dan akses terhadap pelatihan praktik turut menjadi faktor penghambat. Meskipun minat dan antusiasme siswa terhadap pembelajaran berbasis teknologi tergolong tinggi, penerapan pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) dengan perangkat seperti ESP8266 dan platform Node-RED belum berjalan secara optimal. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan fasilitas praktik, ketersediaan materi pendukung yang aplikatif, serta waktu pendampingan yang memadai.

Pemilihan SMK Nurul Jadid, Desa Karanganyar, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo sebagai lokasi kegiatan pengabdian kepada masyarakat didasarkan pada sejumlah pertimbangan teoretis yang relevan dengan pengembangan teknologi tepat guna, pendidikan vokasi, serta pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*).

Pertama, dari perspektif teori kesesuaian konteks (*contextual relevance theory*) (Mat et al., 2023), kegiatan pengabdian akan efektif apabila dirancang sesuai dengan karakteristik lingkungan dan kebutuhan mitra. Wilayah pesisir dengan intensitas sinar matahari yang tinggi sepanjang tahun menjadikan SMK Nurul Jadid sebagai konteks yang ideal untuk

penerapan teknologi energi surya. Menurut teori teknologi tepat guna (*appropriate technology*), inovasi yang dikembangkan harus memanfaatkan potensi lokal agar lebih efisien, berkelanjutan, dan mudah diadopsi oleh masyarakat pengguna (Aulia et al., 2023). Oleh karena itu, sistem penerangan berbasis energi surya sangat relevan diterapkan di lokasi ini.

Kedua, berdasarkan teori pendidikan vokasional dan *link and match*, sekolah menengah kejuruan merupakan ruang strategis untuk mengintegrasikan pembelajaran dengan praktik teknologi industry (Nugroho, 2022). SMK Nurul Jadid memiliki bidang keahlian teknik dan teknologi yang secara kurikulum selaras dengan pengembangan sistem IoT dan energi terbarukan. Namun, keterbatasan fasilitas dan pendampingan menyebabkan potensi tersebut belum berkembang optimal. Secara teoretis, intervensi pengabdian di lembaga vokasi akan menghasilkan dampak ganda, yakni peningkatan kompetensi peserta didik sekaligus penyelesaian permasalahan nyata di lingkungan sekolah (Effendi et al., 2024).

Ketiga, pemilihan lokasi ini juga didukung oleh teori pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) dan *experiential learning* yang menekankan pentingnya keterlibatan langsung peserta didik dalam pemecahan masalah autentik (Mutmainah et al., 2025). Implementasi sistem penerangan surya berbasis IoT memungkinkan siswa belajar melalui pengalaman nyata, mulai dari perancangan, perakitan, pemrograman, hingga evaluasi system (Sobirin et al., 2025). Secara teoretis, pembelajaran semacam ini terbukti meningkatkan keterampilan teknis, kemampuan berpikir kritis, serta kesiapan kerja siswa kejuruan (Haniah & Wirawan, 2025).

Keempat, dari sudut pandang teori adopsi inovasi (*Diffusion of Innovations*), sekolah berfungsi sebagai *early adopter* dan pusat difusi teknologi di lingkungan sekitarnya. SMK Nurul Jadid memiliki posisi strategis sebagai institusi pendidikan yang berpotensi menjadi agen perubahan dalam pengenalan teknologi energi terbarukan dan IoT kepada masyarakat sekitar. Dengan demikian, pemilihan lokasi ini memungkinkan terjadinya replikasi dan perluasan dampak pengabdian secara lebih luas dan berkelanjutan.

Kelima, berdasarkan teori pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*), pengembangan sistem penerangan berbasis energi surya mendukung aspek lingkungan, ekonomi, dan pendidikan secara simultan (Nur Rofiuddin et al., 2025). Secara lingkungan, penggunaan energi terbarukan mengurangi ketergantungan pada energi fosil; secara ekonomi, menekan biaya operasional jangka panjang; dan secara pendidikan,

memperkuat kompetensi hijau (green skills) siswa SMK. Oleh karena itu, SMK Nurul Jadid dipandang sebagai lokasi yang tepat untuk mengimplementasikan model pengabdian yang berorientasi pada keberlanjutan.

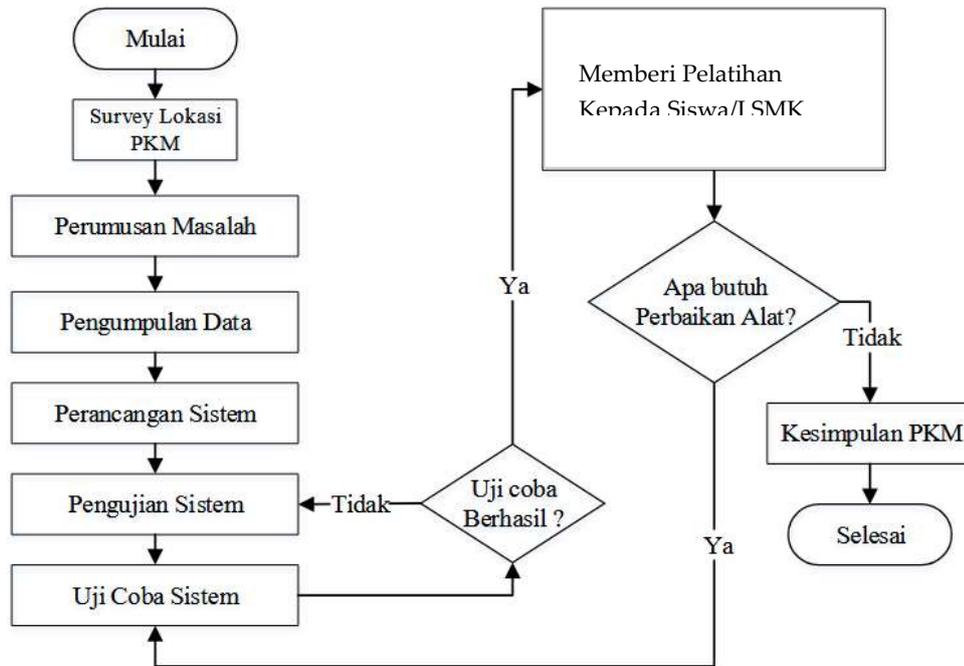
Berdasarkan permasalahan tersebut, tim pengabdian kepada masyarakat hadir untuk menjembatani kebutuhan sekolah dalam penerapan teknologi tepat guna yang kontekstual dengan lingkungan dan kompetensi kejuruan. Program pengabdian ini tidak hanya menawarkan solusi teknis berupa perancangan dan implementasi sistem penerangan area luar ruang berbasis energi surya yang terintegrasi dengan IoT, tetapi juga berfokus pada peningkatan kapasitas siswa melalui pelatihan perakitan perangkat, pemrograman, instalasi, serta perawatan sistem. Dengan pendekatan ini, sekolah diharapkan memiliki kemandirian dalam mengembangkan dan mereplikasi teknologi serupa di masa mendatang.

Secara umum, tujuan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem penerangan area luar ruang berbasis energi surya yang terintegrasi dengan aplikasi Node-RED menggunakan teknologi Internet of Things (IoT), guna meningkatkan keamanan dan kenyamanan lingkungan SMK Nurul Jadid, khususnya pada waktu malam hari.

Adapun manfaat kegiatan pengabdian ini bersifat praktis dan berkelanjutan, meliputi: (1) peningkatan keterampilan siswa dalam pemanfaatan energi terbarukan dan aplikasi IoT; (2) pengurangan ketergantungan terhadap listrik konvensional sehingga berpotensi menekan biaya operasional sekolah; (3) peningkatan kualitas penerangan pada akses jalan masuk sekolah, area parkir, dan halaman; serta (4) terbukanya peluang replikasi program sebagai proyek pembelajaran berbasis produk (teaching factory) yang mendukung penguatan kompetensi vokasional siswa.

2. Metode

Metode menjelaskan desain pengabdian kepada masyarakat (PKM), survey lokasi, teknik pengumpulan data, teknik analisis data hingga kesimpulan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1 metode pengabdian kepada masyarakat berikut ini



Gambar 1 : Metode PKM Pelatihan PJUTS

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan untuk mengatasi permasalahan mitra terkait keterbatasan penerangan area luar ruang yang berdampak pada aspek keamanan dan kelancaran aktivitas sekolah pada malam hari. Mengingat mitra merupakan satuan pendidikan vokasional, metode pelaksanaan solusi dirancang secara sistematis, partisipatif, dan berbasis pembelajaran praktik agar selaras dengan karakteristik dan kebutuhan sekolah.

Tahap awal pelaksanaan kegiatan diawali dengan identifikasi permasalahan dan kebutuhan mitra melalui survei lapangan serta wawancara dengan guru, siswa, dan manajemen sekolah. Kegiatan ini bertujuan untuk memperoleh gambaran kondisi eksisting penerangan area luar ruang, titik-titik yang membutuhkan penerangan tambahan, serta dampaknya terhadap keamanan dan aktivitas setelah jam sekolah. Hasil identifikasi ini menjadi dasar dalam perumusan desain sistem dan penentuan spesifikasi teknis yang sesuai dengan kondisi lingkungan sekolah.

Berdasarkan hasil identifikasi, tahap selanjutnya adalah perancangan sistem penerangan area luar ruang berbasis energi surya yang terintegrasi dengan Internet of Things (IoT). Sistem dirancang menggunakan panel surya sebagai sumber energi utama, baterai sebagai penyimpan daya, serta mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendali. Integrasi dengan aplikasi Node-RED dilakukan untuk memungkinkan fungsi monitoring dan pengendalian lampu secara jarak jauh, baik secara otomatis melalui sensor

LDR maupun secara manual melalui dashboard berbasis web atau smartphone.

Tahap berikutnya adalah pemasangan dan instalasi sistem di lokasi mitra. Pada tahap ini dilakukan pemasangan perangkat keras, meliputi panel surya, lampu LED, baterai, sensor LDR, serta komponen pendukung lainnya di area luar ruang sekolah yang telah ditentukan. Selain itu, dilakukan konfigurasi aplikasi Node-RED untuk memastikan sistem dapat memantau status lampu, tegangan baterai, dan intensitas cahaya, serta menjalankan fungsi kontrol sesuai dengan rancangan sistem.

Untuk menjamin keberlanjutan pemanfaatan teknologi, kegiatan ini dilengkapi dengan pelatihan dan pendampingan kepada siswa sebagai pengguna utama sistem. Pelatihan dilaksanakan menggunakan pendekatan pelatihan berbasis proyek (*project-based training*) dan pendampingan partisipatif, di mana siswa dilibatkan secara aktif sejak tahap perakitan perangkat, pemrograman NodeMCU ESP8266, hingga instalasi dan uji coba sistem di lapangan. Materi pelatihan meliputi pengenalan konsep energi surya, sistem baterai, keselamatan kerja, perakitan rangkaian panel surya–baterai–lampu LED, pemrograman otomasi lampu berbasis sensor LDR, serta konfigurasi dashboard Node-RED untuk monitoring dan kontrol sistem.

Setelah sistem terpasang dan pelatihan dilaksanakan, dilakukan tahap monitoring dan evaluasi untuk memastikan sistem berfungsi sesuai dengan rancangan dan kebutuhan mitra. Monitoring dilakukan melalui pengamatan langsung dan pemantauan data pada aplikasi Node-RED selama periode tertentu. Evaluasi mencakup uji fungsional perangkat, seperti keandalan otomasi lampu, kestabilan suplai daya, serta respons kontrol manual. Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap peningkatan kompetensi siswa melalui penilaian unjuk kerja menggunakan lembar observasi, pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan pemahaman, serta kuesioner kepuasan mitra untuk menilai tingkat keberterimaan dan kemudahan pengoperasian sistem.

Tahap akhir dari metode pelaksanaan adalah perbaikan dan pengembangan sistem berdasarkan hasil monitoring dan evaluasi. Penyesuaian teknis dilakukan apabila ditemukan kendala dalam operasional sistem, baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak, dengan tujuan meningkatkan kinerja, keandalan, dan keberlanjutan pemanfaatan sistem penerangan berbasis energi surya dan IoT di lingkungan SMK Nurul Jadid.

Sepanjang pelaksanaan kegiatan, mitra berpartisipasi aktif dalam setiap tahapan, mulai dari penyampaian kebutuhan dan kondisi lapangan, dukungan instalasi dan logistik, hingga keterlibatan siswa dalam pelatihan dan evaluasi. Pembagian peran dalam tim pengabdian dilakukan secara jelas, di mana ketua tim bertanggung jawab atas koordinasi dan pengendalian kegiatan, anggota tim menangani perancangan teknis, instalasi, dan pelatihan, sementara mahasiswa berperan mendukung kegiatan lapangan, pendampingan penggunaan aplikasi Node-RED, serta dokumentasi dan pelaporan. Kolaborasi ini diharapkan mampu menjamin keberhasilan program sekaligus mendorong keberlanjutan implementasi teknologi di sekolah mitra.

3. Hasil

Pelaksanaan program pengabdian ini telah melalui beberapa tahapan penting sesuai rencana yang tercantum dalam proposal. Hingga saat ini, sejumlah solusi telah berhasil diimplementasikan sebagian maupun seluruhnya. Berikut adalah deskripsi hasil sementara berdasarkan masing-masing solusi yang telah dilakukan:

Perancangan dan Pembuatan Sistem Penerangan Tenaga Surya

Perancangan dan perakitan sistem penerangan jalan berbasis energi surya. Kegiatan ini dimulai dengan survei kebutuhan daya dan lokasi ideal pemasangan panel surya serta lampu. Tim teknis melakukan analisis kebutuhan daya dan durasi penyinaran untuk menentukan kapasitas panel surya, baterai, dan lampu LED yang sesuai.

Tabel 1 Data Pengujian PLTS

Waktu	Output Panel Surya		Output Inverter			Cahaya Irradiasi(W/m ²)
	Tegangan (V _{DC})	Arus (A _{DC})	Tegangan (V _{AC})	Arus (A _{AC})	Daya (Watt)	
08.25	18,9	0,53	236	0,02	9,7	6322,0
09.00	19,9	1,95	228	0,01	7	1608,00
10.00	19,5	2,44	234	0,03	5,9	1633,00
11.00	19,5	2,53	235	0,02	5,9	1638,00
12.15	19,6	2,32	222	0,06	6,1	1460,00
13.00	19,6	2,24	234	0,02	6,9	1197,00

14.00	19,6	1,61	233	0,02	7	9666,0
15.00	19,9	1,20	240	0,03	7,1	6966,0
16.00	18,1	0,28	239	0,04	9,3	1876,0

Panel surya dipasang pada tiang yang memiliki paparan sinar matahari langsung, kemudian dihubungkan ke baterai penyimpanan dan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Sistem juga dilengkapi sensor LDR untuk mengatur waktu menyala otomatis berdasarkan intensitas cahaya lingkungan. Proses perakitan berlangsung selama tiga hari dan berjalan lancar tanpa hambatan teknis yang berarti. Setelah diuji, sistem dapat menyala otomatis saat hari mulai gelap dan padam saat fajar, menunjukkan keberhasilan fungsi dasar perangkat.

Integrasi Sistem dengan Aplikasi Nodered Berbasis IoT

Mengintegrasikan sistem penerangan dengan aplikasi Nodered, yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian lampu secara jarak jauh melalui smartphone. Tim memprogram mikrokontroler agar terhubung dengan jaringan Wi-Fi dan merespons perintah dari aplikasi Nodered. Melalui aplikasi ini, pengguna dapat memantau status baterai, intensitas cahaya, serta menyalakan/mematikan lampu secara manual jika diperlukan. Tim juga menyusun panduan penggunaan yang ringkas dan mudah dipahami oleh Siswa. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem tidak hanya berfungsi otomatis, tetapi juga memberi kendali tambahan kepada pengguna untuk kebutuhan khusus atau kondisi darurat.

Gambar 2 Monitoring Menggunakan Node-red



Memberikan pelatihan teknis kepada Siswa mengenai cara kerja sistem, penggunaan aplikasi Nodered, serta perawatan ringan perangkat seperti membersihkan panel surya dan memeriksa sambungan kabel.

Pelatihan dilakukan secara langsung dengan metode praktik lapangan. Partisipasi peserta sangat baik; sebagian besar peserta cepat memahami cara pengoperasian sistem dan ikut terlibat dalam proses instalasi, sehingga meningkatkan rasa kepemilikan dan tanggung jawab terhadap keberlanjutan sistem.

4. Pembahasan

Bagian ini membahas ketercapaian indikator keberhasilan, manfaat bagi mitra, serta faktor pendukung dan kendala selama implementasi sistem PJUTS berbasis IoT di SMK Nurul Jadid. Melalui kombinasi kegiatan tersebut, tim PKM di SMK Nurul Jadid berupaya:

Tabel 2. Indikator Keberhasilan yang Terukur

Aspek	Indikator Utama	Target	Metode Ukur
Implementasi	PJUTS tenaga surya terpasang dan berfungsi	Beroperasi normal	Dokumentasi, uji nyala
Otomasi	Sensor LDR mengatur nyala lampu	Akurasi $\geq 90\%$	Observasi, log
IoT Monitoring	Dashboard Node-RED real-time	Update ≤ 10 detik	Uji akses, log
Kontrol Jarak Jauh	Override ON/OFF via dashboard	Keberhasilan $\geq 95\%$	Uji perintah
Kinerja Energi	Daya baterai mencukupi	Nyala ≥ 8 jam/malam	Pengukuran durasi
Kompetensi Peserta	Pemahaman energi surya & IoT	Nilai naik $\geq 20\%$	Pre-test/Post-test
Keterampilan Praktik	Perakitan & konfigurasi sistem	$\geq 80\%$ tuntas	Checklist
Keberterimaan	Kemudahan & manfaat sistem	$\geq 80\%$ puas	Kuesioner
Keberlanjutan	SOP & penanggung jawab tersedia	Dokumen lengkap	SOP & penugasan

Tabel ketercapaian di atas disusun sebagai instrumen evaluasi untuk mengukur keberhasilan pelaksanaan program secara komprehensif, baik dari aspek teknis, edukatif, maupun keberlanjutan. Setiap aspek dirancang saling terintegrasi agar capaian program tidak hanya berhenti pada pemasangan teknologi, tetapi juga memastikan manfaat jangka panjang bagi lingkungan sekolah sebagai mitra kegiatan.

Aspek implementasi menekankan pada keberhasilan pemasangan sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) di area prioritas sekolah, seperti akses masuk, area parkir, dan halaman. Ketercapaian pada

aspek ini ditunjukkan dengan sistem yang terpasang dan beroperasi secara normal, yang dibuktikan melalui dokumentasi instalasi dan uji nyala sebagai indikator fungsional dasar.

Aspek otomasi berfokus pada kinerja sensor LDR dalam mengendalikan nyala dan mati lampu secara otomatis berdasarkan kondisi cahaya lingkungan. Target akurasi operasi minimal 90 persen menunjukkan bahwa sistem diharapkan bekerja andal dan konsisten, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada kontrol manual serta meningkatkan efisiensi energi.

Aspek IoT monitoring bertujuan memastikan sistem dapat dipantau secara real-time melalui dashboard Node-RED. Ketercapaian aspek ini diukur dari kemampuan dashboard menampilkan status lampu, tegangan baterai, dan intensitas cahaya dengan jeda pembaruan data tidak lebih dari 10 detik, yang menjadi indikator stabilitas komunikasi dan keandalan sistem IoT.

Aspek kontrol jarak jauh menilai efektivitas fitur override ON/OFF yang memungkinkan pengelola sekolah mengendalikan lampu sesuai kebutuhan tertentu. Tingkat keberhasilan perintah minimal 95 persen menunjukkan bahwa sistem kontrol tidak hanya bersifat tambahan, tetapi benar-benar dapat diandalkan dalam kondisi operasional nyata.

Aspek kinerja energi menilai kemampuan baterai dalam menyuplai daya penerangan sepanjang malam. Target durasi nyala minimal delapan jam per malam mencerminkan kesesuaian desain sistem dengan kebutuhan operasional sekolah serta menjadi indikator efisiensi penyimpanan dan pemanfaatan energi surya.

Selanjutnya, aspek kompetensi peserta, keterampilan praktik, keberterimaan mitra, dan keberlanjutan program menjadi tolok ukur dampak non-teknis kegiatan. Peningkatan pemahaman dan keterampilan peserta menunjukkan keberhasilan transfer pengetahuan, sementara tingkat kepuasan mitra dan ketersediaan SOP serta penanggung jawab sistem memastikan bahwa program dapat dioperasikan, dirawat, dan dilanjutkan secara mandiri oleh pihak sekolah setelah kegiatan berakhir.

5. Kesimpulan

Berdasarkan tabel ketercapaian dan uraian pelaksanaannya, dapat disimpulkan bahwa program pemasangan PJUTS berbasis otomasi dan IoT di lingkungan sekolah dirancang dan dievaluasi secara menyeluruh, mencakup aspek teknis, peningkatan kapasitas sumber daya manusia, serta keberlanjutan program. Keberhasilan implementasi tidak hanya diukur dari

berfungsinya perangkat, tetapi juga dari keandalan sistem, efisiensi energi, dan kemudahan pengelolaan.

Capaian pada aspek otomasi, monitoring IoT, dan kontrol jarak jauh menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara stabil, responsif, dan adaptif terhadap kebutuhan operasional sekolah. Hal ini memperkuat fungsi PJUTS sebagai solusi penerangan yang efisien, aman, dan berbasis teknologi tepat guna, sekaligus mendukung upaya pemanfaatan energi terbarukan di satuan pendidikan.

Selain itu, peningkatan kompetensi dan keterampilan peserta, disertai tingkat keberterimaan mitra yang tinggi, menegaskan bahwa program ini berhasil mentransfer pengetahuan dan membangun rasa kepemilikan terhadap sistem yang diterapkan. Dengan tersedianya SOP serta penetapan penanggung jawab di sekolah, program ini memiliki potensi keberlanjutan yang kuat dan dapat direplikasi sebagai model penerapan teknologi energi surya dan IoT untuk mendukung keamanan dan kenyamanan lingkungan sekolah.

References

- Aulia, W., Santosa, I., Ihsan, M., & Nugraha, A. (2023). Pemanfaatan Paradigma Teknologi Tepat Guna dalam Desain Produk: Sebuah Kajian Literatur. *Jurnal Desain Indonesia*, 5(2), 70–86. <https://doi.org/10.52265/jdi.v5i2.276>
- Effendi, M. I., Firdausia, F., Nurjanah, L., & Sugandi, R. M. (2024). Kontribusi Lifelong Learning Pada Pendidikan Vokasi Otomotif Non-Formal Terhadap Stakeholder dalam Lembaga Pendidikan. *Jurnal Pendidikan: Riset dan Konseptual*, 8(2), 314–322. https://doi.org/10.28926/riset_konseptual.v8i2.889
- Haniah, N. R., & Wirawan, A. W. (2025). Pengaruh Kompetensi, Literasi Digital, Berpikir Kritis terhadap Kesiapan Kerja Siswa Kelas XII. *Paedagogie*, 20(2), 111–120. <https://doi.org/10.31603/paedagogie.v20i2.14480>
- Mat, N. N. T., Rahman, N. E. A., & Mat, A. C. (2023). Penelitian Literatur Terhadap Penerapan Teori Relevans Untuk Menangani Makna Figuratif dalam Karya Sastra Terjemahan Arab-Melayu dan Karya Sastra Melayu: [Literature Research on the Application of Relevance Theory to Address Figurative Meaning in Arabic-Malay Translated Literary Works and Malay Literary Works]. *BITARA International Journal of Civilizational Studies and Human Sciences (e-ISSN: 2600-9080)*, 6(1), 132–150.
- Mutmainah, R., Supriyatno, T., & Susilawati, S. (2025). Konstruksi dan Desain Kurikulum Berbasis Pendekatan Experiential Learning John Dewey dalam Konteks Pendidikan Islam di Sekolah dan Perguruan Tinggi. *MUKADIMAH: Jurnal Pendidikan, Sejarah, Dan Ilmu-Ilmu Sosial*, 9(2), 572–582. <https://doi.org/10.30743/mkd.v9i2.11192>
- Nugroho, W. (2022). INTEGRASI PENDIDIKAN KARAKTER PADA PENDIDIKAN VOKASI DI SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN. *VOCATIONAL: Jurnal Inovasi Pendidikan Kejuruan*, 2(1), 73–84. <https://doi.org/10.51878/vocational.v2i1.936>
- Nur Rofiuddin, A., Fardhany Aslam, P., Halimatus Sa'diyah, S., Mujito, M., Suwito, S., Darmawan, D., Rachman Putra, A., & Arifin, S. (2025). PENERANGAN JALAN DENGAN TENAGA SURYA DI DESA BALUNGANYAR KECAMATAN LEKOK KABUPATEN PASURUAN. *Prospeks: Prosiding Pengabdian Ekonomi Dan Keuangan Syariah*, 3(2), 676–684. <https://doi.org/10.32806/ppps.v3i2.629>
- Sobirin, M., Mufit, C., Khana, R., Rofii, A., Muliadi, J., Santoso, K. A., Nugraha, Y. A., Fernando, F., & Putra, G. D. (2025). Penguatan Keterampilan IoT melalui Pelatihan Smarthome Sederhana bagi Siswa SMK Negeri 12 Jakarta. *BERDIKARI*, 8(1). <https://doi.org/10.52447/berdikari.v8i01.8461>