Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Cahaya Mandalika (Abdimandalika)
https://ojs.cahayamandalika.com/index.php/abdimandalika
Vol. 7, No. 1, 2026
ISSN: 2722-824X (Online)
hh. 140-150

Implementasi PJU berbasis energi surya di SMA nurul falaah gunung sindur

Ikrom Muta'al Muhaemin[1]*, Dimas Anugrah Hidayat[2], Sukma Labib Zahroni[3], Viki Natalion Dominggu Sing[4], Dimas Prayogi[5]
[1,2,3,4,5]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang
*Correspondence author Email : dimasprayogi040903@gmail.com, Tangerang Selatan, Indonesia

disubmit:2026-06-02 dipublish: 2026-07-14

Abstrak

Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis tenaga surya merupakan solusi alternatif yang ramah lingkungan, hemat energi, dan mandiri dalam penyediaan energi listrik. Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini dilaksanakan di SMA Nurul Falaah Gunung Sindur dengan tujuan meningkatkan kualitas penerangan lingkungan sekolah sekaligus memberikan edukasi mengenai pemanfaatan energi terbarukan. Sistem yang diterapkan terdiri atas panel surya *monocrystalline* 50 Wp, *solar charge controller*, baterai $LiFePO_4$ yang dilengkapi *Battery Management System* (BMS), dan lampu LED DC hemat energi. Metode pelaksanaan meliputi survei lokasi, perancangan sistem, instalasi perangkat, pengujian kinerja, serta sosialisasi dan pelatihan kepada siswa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan baterai meningkat dari 0,02 V pada menit ke-0 menjadi 13,22 V pada menit ke-30 dan 13,49 V pada menit ke-60, yang menunjukkan proses pengisian berlangsung dengan baik. Selain itu, hasil evaluasi pre-test dan post-test menunjukkan peningkatan pemahaman peserta lebih dari 30% setelah mengikuti kegiatan. Sistem PJU tenaga surya mampu beroperasi secara mandiri, memberikan penerangan yang optimal pada malam hari, meningkatkan keamanan dan kenyamanan lingkungan sekolah, serta menjadi media edukasi mengenai energi terbarukan. Teknologi ini berpotensi diterapkan pada lokasi lain dengan karakteristik serupa.
Kata Kunci: Penerangan Jalan Umum, Panel Surya, *Battery Management System* (BMS), Energi Terbarukan, *Solar Street Lighting*, $LiFePO_4$ Battery.

Abstract

Solar-powered Public Street Lighting is an environmentally friendly, energy-efficient, and self-sufficient alternative solution for electricity supply. This Community Service activity was carried out at SMA Nurul Falaah Gunung Sindur with the aim of improving the quality of school environment lighting while providing education on the utilization of renewable energy. The implemented system consists of a 50 Wp monocrystalline solar panel, a solar charge controller, a LiFePO□ battery equipped with a Battery Management System (BMS), and energy-efficient DC LED lamps. The implementation methods included site surveys, system design, device installation, performance testing, and socialization and training for students. Test results showed that the battery voltage increased from 0.02 V at minute 0 to 13.22 V at minute 30 and 13.49 V at minute 60, indicating a successful charging process. Furthermore, the pre-test and post-test evaluation results showed an increase in participant understanding of over 30% after participating in the activity. The solar-powered PJU system is capable of operating independently, providing optimal lighting at night, enhancing the security and comfort of the school environment, and serving as an educational medium for renewable energy. This technology has the potential for application in other Locations With Similar characteristics.
Keywords: *Public Street Lighting, Solar Panel, Battery Management System (BMS), Renewable Energy, Solar Street Lighting, LiFe PO Battery.*

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat mendorong pemanfaatan sumber energi terbarukan yang lebih efisien dan berkelanjutan. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar di Indonesia adalah energi surya karena ketersediaannya yang melimpah sepanjang tahun. Energi surya dapat dikonversi menjadi energi listrik menggunakan panel surya

Copyright©2026, Author (s)
This is an open-access article under the CC-BY-SA License.
https://doi.org/10.36312/abdimandalika.v6i1.5759

melalui efek *photovoltaic*, kemudian disimpan dalam baterai untuk digunakan saat intensitas cahaya matahari rendah atau pada malam hari (Pangestuningtyas dkk., 2013; Yuliananda dkk., 2015).

Pemanfaatan panel surya telah banyak diterapkan pada sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) karena mampu menyediakan sumber energi yang mandiri dan ramah lingkungan. Namun, kinerja sistem PJU tenaga surya sangat dipengaruhi oleh kemampuan penyimpanan energi pada baterai. Oleh karena itu, penggunaan *Battery Management System* (BMS) menjadi penting untuk menjaga keamanan dan efisiensi baterai melalui pengendalian proses pengisian dan pengosongan, perlindungan terhadap *overcharging* dan *overdischarging*, serta menjaga keseimbangan tegangan antar sel baterai (Yuliananda dkk., 2015).

Berbagai penelitian dan kegiatan pengabdian sebelumnya umumnya berfokus pada aspek teknis instalasi maupun analisis ekonomi sistem PJU tenaga surya. Namun, implementasi sistem PJU tenaga surya yang terintegrasi dengan baterai LiFePO dan *Battery Management System* (BMS) sekaligus dijadikan sebagai media edukasi energi terbarukan bagi siswa sekolah menengah masih relatif terbatas. Padahal, institusi pendidikan memiliki peran penting dalam meningkatkan literasi energi dan kesadaran lingkungan sejak dini. Oleh karena itu, kegiatan ini tidak hanya berorientasi pada penyediaan fasilitas penerangan, tetapi juga pada peningkatan pemahaman siswa mengenai teknologi energi terbarukan melalui keterlibatan langsung dalam proses instalasi, pengoperasian, dan pemeliharaan sistem.

SMA Nurul Falaah Gunung Sindur dipilih sebagai lokasi kegiatan berdasarkan hasil survei lapangan yang menunjukkan masih terdapat area akses jalan dan lingkungan sekolah yang memiliki tingkat pencahayaan terbatas pada malam hari. Kondisi tersebut berpotensi mengurangi kenyamanan dan keamanan aktivitas di lingkungan sekolah ketika terdapat kegiatan di luar jam belajar. Selain itu, lokasi sekolah memiliki paparan sinar matahari yang cukup sepanjang hari sehingga sangat potensial untuk penerapan sistem PJU berbasis tenaga surya. Berdasarkan kondisi tersebut, implementasi PJU tenaga surya di SMA Nurul Falaah diharapkan dapat meningkatkan kualitas penerangan lingkungan sekolah sekaligus menjadi sarana pembelajaran praktis mengenai pemanfaatan energi terbarukan yang berkelanjutan.

TINJAUAN PUSTAKA

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) tenaga surya memiliki potensi besar sebagai solusi energi terbarukan yang efisien dan ramah lingkungan. Penelitian Bernat Ruba Sampe Padang dkk. (2023) menunjukkan bahwa sistem *Solar Public Street Lighting* (SPSL) di Manokwari telah memenuhi standar teknis dan beroperasi dengan baik, namun secara ekonomi belum layak karena nilai investasi masih lebih tinggi dibandingkan penggunaan listrik konvensional. Sementara itu, penelitian Mulyanto dkk. (2023) membuktikan bahwa penerapan PJU tenaga surya di lingkungan Politeknik Negeri Balikpapan layak diterapkan secara teknis dan mampu mengurangi ketergantungan terhadap listrik PLN melalui penggunaan panel surya 100 Wp dan baterai 50 Ah.

Penelitian Nixon dkk. (2021) juga menyatakan bahwa sistem *solar streetlight standalone* efektif meningkatkan akses energi dan keamanan di kawasan pengungsian, terutama pada wilayah tanpa jaringan listrik. Keberhasilan sistem tersebut sangat dipengaruhi oleh desain teknis, kapasitas

baterai, dan perawatan berkala. Selain itu, penelitian Kurpiel dkk. (2021) menegaskan bahwa *Battery Management System* (BMS) berperan penting dalam menjaga stabilitas, keamanan, dan efisiensi baterai lithium melalui pengendalian tegangan, arus, suhu, dan keseimbangan antar sel. Sistem balancing aktif pada BMS terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi dan memperpanjang umur baterai.

Selanjutnya, penelitian B.J. Huang dkk. (2009) menunjukkan bahwa meskipun biaya awal instalasi PJU tenaga surya berbasis LED lebih tinggi dibandingkan sistem konvensional, teknologi ini mampu menghemat konsumsi energi hingga 75% serta menurunkan biaya operasional dan pemeliharaan dalam jangka panjang. Oleh karena itu, PJU tenaga surya dinilai layak dikembangkan terutama di daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik konvensional.

Meskipun berbagai penelitian sebelumnya telah membahas implementasi Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis tenaga surya dari aspek teknis, ekonomi, dan kinerja sistem, sebagian besar penelitian ini berfokus pada evaluasi efisiensi energi serta kelayakan instalasi pada lingkungan sekolah seperti halnya pada ruangan kelas maupun koridor sekolah serta sebagian jalan yang menuju kearah sekolah SMA Nurul Falaah. Penelitian yang mengintegrasikan penggunaan baterai LiFePO dengan *Battery Management System* (BMS) sekaligus menjadikan sistem PJU tenaga surya sebagai media edukasi energi terbarukan di lingkungan sekolah masih relatif terbatas. Oleh karena itu, kegiatan ini memiliki kebaruan pada penerapan sistem PJU tenaga surya yang tidak hanya berfungsi sebagai sarana penerangan, tetapi juga sebagai media pembelajaran praktis bagi siswa untuk meningkatkan pemahaman mengenai teknologi energi terbarukan.

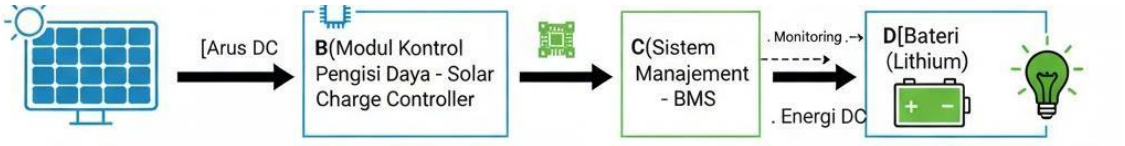
Pemilihan SMA Nurul Falaah Gunung Sindur sebagai lokasi kegiatan didasarkan pada hasil survei lapangan yang menunjukkan masih terdapat beberapa area akses jalan dan lingkungan sekolah yang memiliki tingkat pencahayaan yang kurang memadai pada malam hari. Kondisi tersebut berpotensi mengurangi kenyamanan dan keamanan siswa maupun masyarakat yang beraktivitas di lingkungan sekolah di luar jam pembelajaran. Selain itu, lokasi sekolah memiliki paparan sinar matahari yang cukup sepanjang tahun sehingga sangat mendukung penerapan sistem tenaga surya. Berdasarkan kondisi tersebut, implementasi PJU tenaga surya di SMA Nurul Falaah diharapkan mampu meningkatkan kualitas penerangan lingkungan sekolah sekaligus menjadi sarana edukasi yang mendukung peningkatan literasi energi terbarukan bagi warga sekolah.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah metode penelitian secara deskriptif kualitatif. Deskriptif kualitatif adalah teknik analisis yang difokuskan pada pemahaman akan suatu permasalahan, konteks, kompleksitas, dan subjektivitas. Sumber data kualitatif bisa berupa teks, audio, dan juga data visual. Subjek pada penelitian ini yaitu para siswa di SMA Nurul Falaah beserta Masyarakat di wilayah SMA tersebut. Sedangkan teknik pengumpulan data dalam penelitian ini kami menggunakan 2 cara, yaitu dengan melakukan wawancara mendalam dan studi literatur. Penelitian ini menggunakan data primer. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari pihak sekolah. dalam hal ini yang disebut sebagai data primer adalah hasil wawancara kepada kepala sekolah beserta para guru yang ada di SMA Nurul Faalah dalam bidang kurikulum. Dari proses wawancara tersebut kami kemudian melakukan analisis data menggunakan teknik analisis dengan cara reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan dari beberapa narasumber.

Sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) tenaga surya pada penelitian ini bekerja secara mandiri (*stand-alone*) tanpa menggunakan listrik PLN. Sistem terdiri dari panel surya, *charge controller*, baterai $LiFePO_4$, *Battery Management System* (BMS), dan lampu LED DC. Pada siang hari, panel surya mengubah energi matahari menjadi listrik DC yang kemudian diatur oleh *charge controller* untuk mengisi baterai secara stabil dan aman. Energi yang tersimpan pada baterai digunakan untuk menyalakan lampu LED saat malam hari.

BMS berfungsi memantau tegangan, arus, suhu, serta menjaga keseimbangan antar sel baterai agar sistem tetap aman, efisien, dan memiliki umur pakai yang lebih panjang. Lampu LED dipilih karena hemat energi, efisiensi tinggi, dan tahan lama. Dengan rancangan tersebut, sistem PJU tenaga surya mampu bekerja otomatis, efisien, dan ramah lingkungan tanpa bergantung pada listrik konvensional.



Gambar 1. ***Skema Aliran Daya dari Panel Surya ke Lampu LED dengan Pengamanan Baterai Lithium (BMS)***

Komponen panel surya tipe *monocrystalline* dipilih karena memiliki efisiensi konversi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan panel tipe *polycrystalline* . Hal ini dikarenakan pada tipe *monocrystalline* memiliki struktur sel silicon tunggal dengan fungsi untuk penyerapan energi cahaya lebih optimal, selain itu panel jenis ini memiliki umur pakai lebih panjang dan performa yang lebih stabil terhadap perubahan temperatur lingkungan. Sementara itu, sistem ini menggunakan *Battery Management System* (BMS) 4S $LiFePO_4$ 12.8 PRO 30A dengan *balanced charger* 14.8V. BMS jenis ini memiliki kemampuan proteksi lengkap terhadap *overcharge*, *overdischarge*, *short circuit*, dan suhu berlebih. Pada bagian pengendali pengisian, digunakan modul kontrol charger konvensional tipe 3 – 24 V karena pertimbangan harga yang jauh lebih terjangkau dibandingkan tipe MPPT, namun tetap memadai untuk sistem berskala kecil hingga menengah. Modul ini mampu menjaga kestabilan tegangan pengisian serta mencegah pengisian berlebih pada baterai, sehingga tetap memberikan proteksi dasar terhadap umur pakai baterai dengan biaya investasi yang rendah.

Sistem penerangan menggunakan lampu sorot LED DC 12 V jenis *waterproof* yang memiliki efisiensi cahaya tinggi, konsumsi daya rendah, dan umur pakai panjang. Lampu ini dapat beroperasi langsung dengan tegangan DC dari baterai tanpa *inverter* tambahan serta tahan terhadap kondisi luar ruangan, sehingga cocok untuk penerangan jalan. Sebagai penyimpanan energi digunakan baterai $LiFePO_4$ yang unggul dibandingkan baterai VRLA, Gel, dan AGM karena memiliki umur siklus lebih panjang, stabilitas termal lebih baik, serta tingkat keamanan tinggi. Selain lebih ringan dan kompak, baterai ini juga memiliki efisiensi pengisian dan pelepasan energi di atas 90%, sehingga ideal untuk sistem energi terbarukan mandiri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap perencanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) dilakukan secara sistematis untuk memastikan implementasi sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) tenaga surya di lingkungan SMA Nurul Falaah Gunung Sindur dapat berjalan secara efektif, aman, dan berkelanjutan. Kegiatan diawali dengan survei lapangan guna mengidentifikasi area yang membutuhkan tambahan pencahayaan serta menentukan lokasi pemasangan yang paling optimal. Selain itu, dilakukan pengukuran intensitas cahaya pada beberapa titik yang minim penerangan pada malam hari sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan sistem.

Data hasil survei digunakan untuk merancang spesifikasi teknis sistem, meliputi jumlah lampu yang diperlukan, kapasitas panel surya, kapasitas baterai, serta konfigurasi instalasi kelistrikan. Sistem dirancang menggunakan panel surya, lampu LED hemat energi, baterai penyimpanan tipe $LiFePO_4$, serta *Battery Management System* (BMS) yang berfungsi menjaga stabilitas pengisian dan pengosongan daya baterai agar perangkat dapat bekerja lebih aman dan tahan lama.

Selain perencanaan teknis, penyusunan jadwal pelaksanaan kegiatan juga dilakukan dengan melibatkan dosen, mahasiswa, siswa, dan staf sekolah. Setiap pihak diberikan pembagian tugas yang jelas mulai dari proses instalasi, pengujian sistem, hingga kegiatan edukasi mengenai energi terbarukan. Melalui perencanaan yang matang, kegiatan ini diharapkan tidak hanya menghasilkan sistem penerangan yang berfungsi optimal, tetapi juga memberikan manfaat edukatif dan meningkatkan kesadaran terhadap penggunaan energi ramah lingkungan.

Pelaksanaan kegiatan dilakukan berdasarkan tahapan yang telah disusun sebelumnya. Kegiatan diawali dengan sesi penyuluhan mengenai konsep energi terbarukan, prinsip kerja panel surya, serta fungsi *Battery Management System* (BMS) dalam menjaga kestabilan sistem penyimpanan energi. Selanjutnya dilakukan demonstrasi instalasi sistem PJU tenaga surya yang terdiri atas panel surya 50 Wp, *solar charge controller*, baterai penyimpanan, modul BMS, dan lampu LED DC. Setelah demonstrasi, kegiatan dilanjutkan dengan praktik langsung yang melibatkan siswa dalam proses perakitan, pengkabelan, dan pengujian sistem. Seluruh rangkaian diuji secara manual untuk memastikan sistem dapat bekerja dengan baik sebelum dipasang secara permanen.

Dokumentasi kegiatan dilakukan pada setiap tahapan, mulai dari penyuluhan, proses instalasi, hingga pengujian sistem. Hasil pelaksanaan menunjukkan antusiasme peserta yang tinggi selama kegiatan berlangsung. Berikut merupakan dokumentasi dari salah satu kegiatan PkM yang telah dilakasanakan di SMA Nurul Falaah, Gunung Sindur, berupa kegiatan instalasi serta sosialisasi di kelas maupun di luar kelas SMA Nurul Falaah, Gunung Sindur.



Gambar 2. **Sosialisasi dan Penyuluhan**

Penyampaian materi dilakukan secara interaktif menggunakan media presentasi dan demonstrasi perangkat secara langsung. Peserta diberikan pemahaman mengenai alur kerja sistem mulai dari proses konversi energi matahari menjadi energi listrik, penyimpanan energi pada baterai, hingga distribusi daya menuju lampu penerangan jalan. Kegiatan ini bertujuan meningkatkan pemahaman peserta terhadap teknologi energi terbarukan serta pentingnya efisiensi energi di lingkungan pendidikan.



Gambar 3. ***Praktik dan Implementasi Sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) Tenaga Surya***

Tahap kedua merupakan kegiatan praktik instalasi dan implementasi sistem PJU tenaga surya secara langsung. Pada tahap ini dilakukan proses perakitan sistem yang terdiri atas panel surya 50 Wp, *solar charge controller*, modul BMS, baterai penyimpanan, dan lampu LED hemat energi.peserta dilibatkan secara aktif dalam proses pemasangan kabel, penyusunan rangkaian, hingga pengujian setiap komponen. Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem mampu bekerja dengan stabil serta menghasilkan suplai daya yang sesuai dengan kebutuhan lampu PJU. Selain itu, dilakukan pemeriksaan tegangan keluaran dan arus pengisian guna memastikan sistem beroperasi dalam kondisi aman. Kegiatan praktik ini memberikan pengalaman aplikatif kepada peserta sehingga pemahaman terhadap teknologi panel surya tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga dapat diterapkan secara langsung.



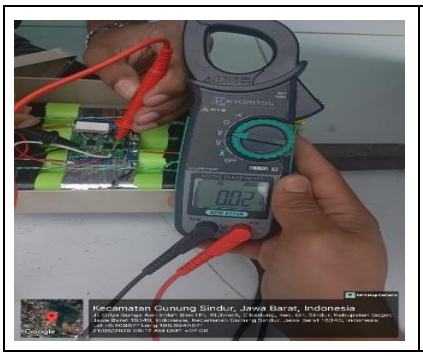
Gambar 4. ***Pemasangan Sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) Tenaga Surya***

Tahap ketiga merupakan proses pemasangan sistem PJU tenaga surya pada lokasi yang telah ditentukan di lingkungan sekolah. Kegiatan ini dilakukan untuk mengintegrasikan seluruh komponen sistem ke dalam instalasi permanen agar dapat beroperasi secara mandiri. Panel surya dipasang dengan sudut kemiringan tertentu untuk memperoleh intensitas cahaya matahari yang optimal. Sementara itu, *solar charge controller*, modul BMS, dan baterai ditempatkan di dalam *box panel* berbahan ABS guna melindungi komponen dari pengaruh cuaca dan lingkungan luar. Setelah seluruh komponen terpasang, dilakukan pengujian fungsi sistem untuk memastikan panel surya mampu mengisi baterai dengan baik dan lampu PJU dapat menyala secara stabil. Tahap ini menjadi penanda bahwa sistem telah siap digunakan sebagai sarana penerangan berbasis energi terbarukan di lingkungan sekolah.



Gambar 5. ***Evaluasi dan Serah Terima***

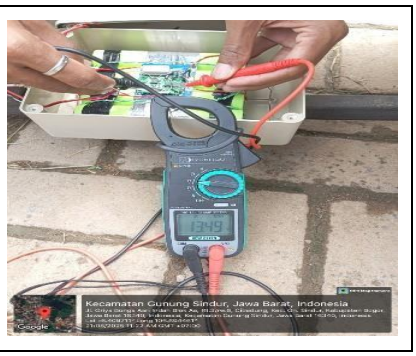
Tahap evaluasi dilakukan setelah seluruh rangkaian kegiatan selesai dilaksanakan. Evaluasi bertujuan untuk menilai keberhasilan implementasi sistem PJU tenaga surya serta kesesuaian antara rancangan awal dengan hasil pemasangan di lapangan. Berdasarkan hasil pengamatan, seluruh kegiatan dapat berjalan sesuai rencana tanpa kendala teknis yang berarti. Sistem PJU tenaga surya mampu bekerja dengan baik, ditunjukkan dengan lampu yang menyala stabil setelah baterai memperoleh pengisian energi dari panel surya pada siang hari. Selain evaluasi teknis, dilakukan pula diskusi bersama pihak sekolah terkait manfaat dan keberlanjutan penggunaan sistem tersebut. Sebagai penutup kegiatan, dilakukan proses serah terima unit PJU tenaga surya kepada pihak sekolah secara simbolis. Tim pelaksana juga memberikan penjelasan mengenai prosedur pengoperasian, pemeliharaan, dan pemeriksaan sistem agar perangkat dapat digunakan secara mandiri dan berkelanjutan.



Gambar 6. ***Pengukuran pertama***



Gambar 7. ***Pengukuran kedua***



Gambar 8. ***Pengukuran Ketiga***

Table . ***Data Pengukuran Pengisian Baterai Selama Satu Jam***

Waktu Pengukuran	Tegangan Baterai (VDC)
Menit ke-0	**0,02**
Menit ke-30	**13,22**
Menit ke-60	**13,49**

Berdasarkan hasil pengukuran, tegangan baterai meningkat dari 0,02 V pada menit ke-0 menjadi 13,22 V pada menit ke-30 dan mencapai 13,49 V pada menit ke-60. Peningkatan tegangan tersebut menunjukkan bahwa panel surya 50 Wp dan *solar charge controller* mampu bekerja secara efektif dalam mengonversi energi matahari menjadi energi listrik yang kemudian disimpan pada baterai LiFePO□. Hasil ini sejalan dengan teori yang menyatakan bahwa keluaran panel surya akan meningkat seiring penerimaan radiasi matahari yang cukup, sehingga proses pengisian baterai dapat berlangsung secara optimal (Yuliananda dkk., 2015).

Tegangan akhir sebesar 13,49 V menunjukkan bahwa baterai berada pada kondisi pengisian yang mendekati penuh. Nilai tersebut masih berada dalam rentang tegangan kerja yang aman untuk baterai LiFePO□ 12,8 V yang dilengkapi Battery Management System (BMS). Menurut Kurpiel dkk. (2021), BMS berfungsi menjaga kestabilan tegangan serta melindungi baterai dari kondisi

overcharge dan *overdischarge* sehingga umur pakai baterai dapat dipertahankan lebih lama. Dengan demikian, peningkatan tegangan yang terjadi selama pengujian mengindikasikan bahwa sistem pengisian dan proteksi baterai telah bekerja sesuai dengan fungsinya.

Hasil implementasi ini juga mendukung penelitian Mulyanto dkk. (2023) yang menyatakan bahwa sistem PJU tenaga surya mampu beroperasi secara mandiri dan menjadi alternatif yang efektif untuk mengurangi ketergantungan terhadap listrik konvensional. Selain memberikan manfaat teknis berupa penyediaan energi untuk lampu penerangan, sistem yang diterapkan pada kegiatan ini juga memberikan nilai edukatif. Hal tersebut ditunjukkan oleh peningkatan pemahaman peserta lebih dari 30% berdasarkan hasil *pre-test* dan *post-test*. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi energi terbarukan secara langsung di lingkungan sekolah dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep energi bersih dan pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) di SMA Nurul Falaah Gunung Sindur, implementasi sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis tenaga surya terbukti mampu menyediakan sumber penerangan yang mandiri, ramah lingkungan, dan mendukung pemanfaatan energi terbarukan di lingkungan sekolah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pengisian baterai dapat bekerja dengan baik, ditandai dengan peningkatan tegangan baterai dari 0,02 V menjadi 13,49 V selama proses pengisian. Selain manfaat teknis, kegiatan ini juga berhasil meningkatkan pemahaman peserta mengenai teknologi energi surya yang ditunjukkan oleh peningkatan hasil evaluasi pembelajaran lebih dari 30%.

Implementasi sistem PJU tenaga surya tidak hanya berkontribusi pada peningkatan kualitas penerangan dan keamanan lingkungan sekolah, tetapi juga berfungsi sebagai media pembelajaran praktis untuk meningkatkan literasi energi terbarukan bagi siswa. Dengan demikian, kegiatan ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi energi surya di lingkungan pendidikan dapat memberikan manfaat teknis sekaligus edukatif secara berkelanjutan.

Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan dilakukan pemantauan kinerja sistem dalam jangka panjang, meliputi pengukuran intensitas pencahayaan (lux), efisiensi pengisian baterai, konsumsi energi lampu, serta ketahanan komponen terhadap kondisi lingkungan. Selain itu, sistem dapat dikembangkan dengan penggunaan panel surya berkapasitas lebih besar, penambahan titik lampu penerangan, dan integrasi sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) agar proses pemantauan dan pemeliharaan dapat dilakukan secara lebih efektif. Hasil pengembangan tersebut diharapkan dapat menjadi model implementasi PJU tenaga surya yang lebih optimal dan dapat direplikasi pada sekolah maupun fasilitas umum lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Huang, B. J., Wu, M.-S., Huang, H. H., & Chen, J. W. (2009). *Economic Analysis of Solar-Powered LED Roadway Lighting*. In *Proceedings of ISES World Congress 2007* (pp. 466–470). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-75997-3_83
2. Kurpiel, W., Deja, P., Polnik, B., Skóra, M., Miedziński, B., Habrych, M., Debita, G., Zamłyńska, M., & Falkowski-Gilski, P. (2021). Performance of passive and active balancing systems of lithium batteries in onerous mine environment. *Energies, 14*(22), 7624. https://doi.org/10.3390/en14227624

3. Mulyanto, S., Kurniawan, Y., Arwin, Dwimas, H., & Huda, N. (2024). Kajian pemasangan lampu penerangan jalan umum dengan panel surya sebagai sumber energi alternatif di Politeknik Negeri Balikpapan. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan, 8*(1), 340–348. https://doi.org/10.33379/gtech.v8i1.3669
4. Nixon, J. D., Bhargava, K., Halford, A., & Gaura, E. (2021). Analysis of standalone solar streetlights for improved energy access in displaced settlements. *Renewable Energy, 177*, 895–914. https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.105
5. Pangestuningtyas, D. L., Hermawan, H., & Karnoto. (2014). Analisis pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap radiasi matahari yang diterima oleh panel surya tipe larik tetap. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 2*(4), 930–937. https://doi.org/10.14710/transient.v2i4.930-937
6. Priatam, P. T. D., Zambak, M. F., & Harahap, P. (2021). Analisa radiasi sinar matahari terhadap panel surya 50 WP. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro, 4*(1), 48–54. https://doi.org/10.30596/rele.v4i1.7825
7. Padang, B. R. S., Mulyadi, R., & Yusran. (2023). *Evaluating and analyzing the solar public street lighting utilization: A case study in Manokwari*. Indonesian Journal of Multidisciplinary Science, 2(8),2967–2982. https://doi.org/10.55324/ijoms.v2i8.512
8. Yuliananda, S., Sarya, G., & Hastijanti, R. A. R. (2015). Pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya. *JPM17: Jurnal Pengabdian Masyarakat, 1*(02), 193–202. https://doi.org/10.30996/jpm17.v1i02.545
9. Carrasco, J. M., Franquelo, L. G., Bialasiewicz, J. T., Galván, E., Portillo Guisado, R. C., Prats, M. A. M., León, J. I., & Moreno-Alfonso, N. (2006). Power-electronic systems for the grid integration of renewable energy sources: A survey. *IEEE Transactions on Industrial Electronics, 53*(4), 1002–1016. https://doi.org/10.1109/TIE.2006.878356
10. Esram, T., & Chapman, P. L. (2007). Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques. *IEEE Transactions on Energy Conversion, 22*(2), 439–449. https://doi.org/10.1109/TEC.2006.874230
11. Hohm, D. P., & Ropp, M. E. (2003). Comparative study of maximum power point tracking algorithms. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 11*(1), 47–62. https://doi.org/10.1002/pip.459
12. Messenger, R. A., & Ventre, J. (2010). *Photovoltaic Systems Engineering* (3rd ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420073385
13. Luque, A., & Hegedus, S. (2011). *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering* (2nd ed.). Wiley. https://doi.org/10.1002/9780470974703
14. Koutroulis, E., & Kalaitzakis, K. (2003). Development of a microcontroller-based photovoltaic maximum power point tracking control system. *IEEE Transactions on Power Electronics, 16*(1), 46–54. https://doi.org/10.1109/63.903988
15. Nema, P., Nema, R. K., & Agnihotri, G. (2009). MATLAB/Simulink based study of photovoltaic cells/modules/array and their experimental verification. *International Journal of Energy and Environment, 1*(3), 487–500. https://doi.org/10.5281/zenodo.1335600
16. Khatib, T., Mohamed, A., & Sopian, K. (2012). A review of solar energy modeling techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16*(5), 2864–2869. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.064
17. Huld, T., Müller, R., & Gambardella, A. (2012). A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa. *Solar Energy, 86*(6), 1803–1815. https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.03.006

18. Wenham, S. R., Green, M. A., Watt, M. E., & Corkish, R. (2013). *Applied Photovoltaics* (2nd ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315881552
19. Linden, D., & Reddy, T. B. (2011). *Handbook of Batteries* (4th ed.). McGraw-Hill. https://doi.org/10.1036/0071624213
20. Goodenough, J. B., & Park, K. S. (2013). The Li-ion rechargeable battery: A perspective. *Journal of the American Chemical Society, 135*(4), 1167–1176. https://doi.org/10.1021/ja3091438
21. Nitta, N., Wu, F., Lee, J. T., & Yushin, G. (2015). Li-ion battery materials: Present and future. *Materials Today, 18*(5), 252–264. https://doi.org/10.1016/j.mattod.2014.10.040
22. Tie, S. F., & Tan, C. W. (2013). A review of energy sources and energy management system in electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 20*, 82–102. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.077
23. Kalogirou, S. A. (2004). Solar thermal collectors and applications. *Progress in Energy and Combustion Science, 30*(3), 231–295. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2004.02.001
24. Parida, B., Iniyan, S., & Goic, R. (2011). A review of solar photovoltaic technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*(3), 1625–1636. https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.032
25. Rehman, S., Al-Hadhrami, L. M., & Alam, M. M. (2015). Pumped hydro energy storage system: A technological review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 44*, 586–598. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.040