

Implementasi Sistem Lampu Jalan Tenaga Surya sebagai Solusi Efisiensi Energi di Lingkungan Pesantren Al Amanah

Implementation of Solar Street Lighting System for Energy Efficiency in Al Amanah Boarding School Environment

Mohamad Ramdhani*, Iswahyudi Hidayat

Universitas Telkom

Jalan Telekomunikasi No. 1 Terusan Buah Batu Dayeuhkolot Bandung

*Email: mohamadramdhani@telkomuniversity.ac.id

(Diterima 14-06-2025; Disetujui 15-08-2025)

ABSTRAK

Pesantren Al Amanah di Desa Malakasari, Kabupaten Bandung mengalami kendala dalam penyediaan penerangan jalan yang memadai, yang selama ini bergantung pada listrik PLN sehingga menimbulkan beban biaya operasional. Pengabdian masyarakat ini bertujuan mengimplementasikan sistem lampu jalan tenaga surya sebagai solusi efisiensi energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Metode pelaksanaan meliputi tahap persiapan, pembuatan prototipe, instalasi sistem penerangan yang terdiri dari panel surya, baterai, pengendali, dan lampu LED DC, serta pendampingan masyarakat dan santri terkait perawatan dan pemanfaatan teknologi. Hasil menunjukkan bahwa sistem penerangan tenaga surya dapat menyediakan penerangan otomatis pada malam hari dengan efisiensi biaya yang signifikan dan menurunkan ketergantungan pada sumber listrik konvensional. Pendampingan berkelanjutan juga meningkatkan kapasitas masyarakat dalam menjaga dan mengoptimalkan penggunaan fasilitas tersebut. Kesimpulannya, penerapan sistem lampu jalan tenaga surya memberikan kontribusi nyata terhadap pengurangan biaya energi dan peningkatan kualitas lingkungan pesantren. Disarankan agar program ini dikembangkan secara berkelanjutan dan diintegrasikan dengan pelatihan kewirausahaan bagi santri guna mendukung kemandirian pesantren.

Kata kunci: Lampu Jalan Tenaga Surya, Efisiensi Energi, Pesantren, Kemandirian Energi

ABSTRACT

Al Amanah Islamic Boarding School in Malakasari Village, Bandung Regency, faces challenges in providing adequate street lighting, which currently relies on electricity from the PLN grid and results in operational cost burdens. This community service program aims to implement a solar-powered street lighting system as a sustainable and environmentally friendly energy efficiency solution. The methodology includes preparation, prototype development, installation of the lighting system consisting of solar panels, batteries, controllers, and DC LED lamps, along with continuous guidance to the community and students regarding maintenance and optimal use of the technology. The results demonstrate that the solar-powered lighting system can provide automatic illumination during nighttime with significant cost efficiency, reducing dependence on conventional electricity sources. Ongoing guidance also enhances the community's capacity to maintain and optimize the installed facilities. In conclusion, the implementation of the solar street lighting system contributes effectively to energy cost reduction and improvement of the boarding school's environmental quality. It is recommended that this program be further developed sustainably and integrated with entrepreneurial training for students to support the boarding school's self-reliance.

Keywords: Solar-Powered Street Lighting, Energy Efficiency, Islamic Boarding School, Energy Independence

PENDAHULUAN

Pesantren merupakan lembaga pendidikan yang memiliki peran strategis dalam membentuk karakter dan kemampuan santri (Katon et al., 2020), tidak hanya dalam aspek keagamaan tetapi juga dalam pengembangan keterampilan praktis dan kemandirian ekonomi (Krisdiyanto et al., 2019). Sebagai institusi yang telah lama menjadi pilar pendidikan di Indonesia, pesantren tidak hanya berfungsi sebagai pusat pembelajaran agama (Pamungkas et al., 2024), tetapi juga sebagai agen perubahan sosial (Harisah, 2020) yang mampu mengembangkan berbagai keterampilan praktis (Gustriani & Kholis, 2024) dan kewirausahaan bagi para santri (Sulistianingsih, 2019). Pesantren Al Amanah di Desa Malakasari, Kabupaten Bandung, sebagai salah satu pesantren yang menaungi sekitar 40 santri, sebagian besar adalah anak yatim piatu, menghadapi permasalahan serius terkait keterbatasan

fasilitas penerangan jalan. Saat ini, penerangan yang digunakan masih bergantung pada listrik PLN dengan biaya operasional yang cukup besar dan tidak selalu memadai, sehingga menimbulkan tantangan dalam menjaga keamanan dan kenyamanan lingkungan pesantren terutama di malam hari.



Gambar 1. Pesantren Al Amanah

Kondisi tersebut menimbulkan urgensi untuk mencari solusi teknologi yang tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga efisien secara biaya dan dapat mendukung kemandirian pesantren. Pemanfaatan teknologi energi terbarukan, khususnya tenaga surya, menjadi alternatif potensial yang selaras dengan kebijakan nasional dalam peningkatan kapasitas energi terbarukan (Alim et al., 2023). Kebutuhan akan solusi energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan (Dwisari et al., 2023) semakin mendesak seiring dengan meningkatnya kesadaran global terhadap perubahan iklim (Azis et al., 2024) dan keterbatasan sumber daya fosil (Manahara et al., 2023). Dalam konteks ini, panel surya atau sistem tenaga surya menjadi salah satu inovasi teknologi energi terbarukan yang sangat potensial untuk diaplikasikan secara luas (Misbahuddin, 2024), termasuk di lingkungan pesantren. Panel surya bekerja dengan memanfaatkan energi cahaya matahari yang melimpah sebagai sumber energi primer (Ridwan et al., 2021), mengubahnya menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaik yang bersih dan efisien. Implementasi sistem penerangan tenaga surya dapat mengurangi ketergantungan pada sumber listrik konvensional dan memberikan dampak positif terhadap penghematan energi serta keberlanjutan lingkungan pesantren (Rozie et al., 2025).

Beberapa studi pengabdian masyarakat dan penelitian terkini menunjukkan keberhasilan penggunaan sistem penerangan tenaga surya dalam konteks pemberdayaan komunitas, terutama di wilayah yang memiliki keterbatasan akses listrik (Lampu et al., 2024). Selain aspek teknis, pendampingan berkelanjutan terhadap masyarakat mitra juga menjadi faktor penting dalam menjaga keberlangsungan dan optimalisasi pemanfaatan teknologi (Maisaroh, 2019). Di sisi lain, pemberdayaan ekonomi berbasis pesantren yang mengintegrasikan aspek pendidikan, teknologi, dan kewirausahaan mampu mendorong kemandirian serta kesejahteraan santri pasca-pendidikan (Toha Masum & Muh Barid Nizarudin Wajdi, 2018).

Pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem lampu jalan berbasis tenaga surya di lingkungan Pesantren Al Amanah sebagai solusi efisiensi energi yang berkelanjutan. Selain itu, kegiatan ini bertujuan untuk memberikan pendampingan dan pelatihan kepada santri dan masyarakat pesantren dalam merawat dan memanfaatkan teknologi secara optimal. Diharapkan, program ini dapat mendukung peningkatan kualitas lingkungan pesantren sekaligus memperkuat kemandirian ekonomi dan keterampilan santri dalam menghadapi tantangan masa depan.

BAHAN DAN METODE

Program pengabdian masyarakat ini dilaksanakan di Pesantren Al Amanah yang berlokasi di Kampung Rancasabir, Desa Malakasari, Kecamatan Baleendah, Kabupaten Bandung. Pelaksanaan kegiatan berlangsung selama satu hari, mulai dari tahap persiapan, pemasangan, hingga evaluasi dan pelaporan akhir, sesuai jadwal yang telah ditetapkan. Kelompok sasaran utama adalah 40 santri pesantren, termasuk anak yatim piatu, serta masyarakat sekitar yang memanfaatkan fasilitas penerangan jalan. Fokus pada kelompok ini karena kebutuhan penerangan dan potensi pemberdayaan yang signifikan dalam konteks sosial dan ekonomi.

Spesifikasi alat dan bahan yang digunakan dalam pengabdian masyarakat ini menggunakan sistem penerangan jalan tenaga surya dengan komponen utama seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Alat dan Bahan

No	Spesifikasi	Keterangan
1.	Panel Surya	Silikon Polikristalin, Bahan ABS, IP67 Tahan Air
2.	Daya Panel Surya	100 W
3.	Baterai	Kapasitas 1800mah
4.	Tegangan Lampu	6V
5.	Daya Lampu	3 W
6.	Waktu Pengisian	6 Jam
7.	Sumber Cahaya	Putih
8.	Jarak Deteksi	7 Meter
9.	Suhu Operasional	-40° – 140° F
10.	Jumlah Lampu LED	288 Pcs
11.	Ukuran Lampu	27,8x13,5x5,0 Cm

Metode pelaksanaan pengabdian masyarakat ini meliputi:

1. Lokasi dan waktu pelaksanaan

Lokasi pelaksanaan di Pesantren Al Amanah pada tanggal 9 Juni 2025. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada beberapa pertimbangan fundamental: pertama, kondisi *exposure* sinar matahari yang optimal dengan rata-rata 8-10 jam paparan harian sepanjang tahun; kedua, infrastruktur jalan internal pesantren yang memerlukan sistem penerangan berkelanjutan untuk mendukung aktivitas santri dan ustadz selama 24 jam; ketiga, komitmen manajemen pesantren terhadap adopsi teknologi ramah lingkungan sebagai bagian dari pendidikan karakter berbasis *environmental awareness*.

2. Teknik pengumpulan data

Untuk memperoleh hasil optimal dan bagus, pengujian dilakukan selama 3 hari setelah lampu penerangan dipasang dan diperoleh perhitungan sesuai dengan kondisi cuaca.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Urutan kerja kegiatan pengabdian masyarakat ini dilakukan dimulai dari:

1. Pengetasan lampu panel surya



Gambar 2. Pengetasan Lampu Panel Surya

Gambar menunjukkan tahap pengujian kritis dari sistem lampu panel surya yang akan diimplementasikan untuk penerangan. Proses pengujian ini melibatkan verifikasi fungsi sensor otomatis, kalibrasi intensitas cahaya, dan validasi daya tahan sistem dalam kondisi operasional yang akan dihadapi di lingkungan. Dengan spesifikasi panel surya 100W dan kapasitas baterai 1800mAh, sistem ini dirancang untuk memberikan penerangan optimal selama 6-8 jam per malam setelah pengisian penuh di siang hari. Pengujian sensor gerak dengan jarak deteksi 7 meter memastikan lampu dapat merespons kehadiran kendaraan atau pejalan kaki secara otomatis, sementara rating IP67 menjamin ketahanan terhadap cuaca ekstrem yang sering terjadi di jalan raya. Hasil pengujian ini akan menentukan kelayakan pemasangan massal sistem penerangan

solar yang dapat mengurangi ketergantungan pada jaringan listrik PLN dan memberikan solusi hemat energi untuk infrastruktur jalan yang berkelanjutan.

2. Pemasangan lampu panel surya



Gambar 3. Pemasangan Lampu Panel Surya

Proses instalasi lampu panel surya sebagaimana terlihat dalam gambar ini menunjukkan tahapan implementasi yang memerlukan keahlian teknis dan perencanaan strategis untuk memastikan performa optimal sistem penerangan. Pemasangan pada ketinggian yang tepat harus mempertimbangkan faktor-faktor krusial seperti orientasi panel surya terhadap arah matahari, sudut kemiringan optimal untuk memaksimalkan penyerapan energi, serta *positioning* yang memungkinkan sensor gerak bekerja efektif dalam radius 7 meter sesuai spesifikasi. Lokasi pemasangan yang dipilih harus bebas dari bayangan struktur bangunan atau vegetasi yang dapat mengurangi efisiensi charging selama 6 jam waktu pengisian harian, sambil memastikan akses mudah untuk maintenance rutin sistem baterai 1800mAh dan komponen elektronik lainnya. Dengan dimensi unit yang kompak (27,8×13,5×5,0 cm) dan bobot yang relatif ringan, proses instalasi dapat dilakukan dengan peralatan standar, namun tetap memerlukan bracket mounting yang kokoh untuk menahan beban dan kondisi cuaca ekstrem sesuai rating IP67, sehingga menghasilkan sistem penerangan mandiri yang dapat beroperasi optimal selama bertahun-tahun tanpa ketergantungan pada infrastruktur kelistrikan konvensional.

3. Pengujian lampu panel surya di malam hari



Gambar 4. Pengujian Malam Hari

Evaluasi performa lampu panel surya pada kondisi operasional malam hari merupakan tahapan validasi terakhir yang menentukan efektivitas sistem dalam memberikan penerangan sesuai fungsi sesungguhnya di lapangan. Pengujian nocturnal ini melibatkan monitoring kontinu terhadap stabilitas output luminous flux dari 288 unit LED yang harus mampu mempertahankan intensitas cahaya konsisten selama durasi operasi 3-6 jam dengan konsumsi daya 3W, sambil memverifikasi responsivitas sensor PIR dalam mendeteksi pergerakan dalam radius 7 meter pada berbagai kondisi ambient temperature yang berkisar -40° hingga 140°F. Selama pengujian berlangsung, sistem monitoring mencatat fluktuasi tegangan baterai 6V/1800mAh untuk memastikan tidak

terjadi voltage drop yang signifikan, sementara algoritma power management diuji kemampuannya dalam mengoptimalkan distribusi energi antara mode standby dan mode full brightness sesuai dengan detection pattern yang terdeteksi.

4. Hasil perhitungan estimasi daya

Dari data kapasitas baterai 1800mAh dengan tegangan sebesar 6V diperoleh energi yang tersimpan dalam baterai sebesar $1,8\text{Ah} \times 6\text{V} = 10,8\text{ Wh}$. Waktu operasi dengan daya lampu sebesar 3W adalah $10,8\text{ Wh} \div 3\text{W} = 3,6\text{ jam}$ dan dengan mempertimbangkan waktu operasi efektif sebesar 85% maka diperoleh waktu sebesar $3,6\text{ jam} \times 85\% = 3,06\text{ jam} \approx 3\text{ jam}$. Panel surya 100W dalam kondisi optimal (1000 W/m^2 , 25°C) diperoleh energi harian maksimal $100\text{W} \times 6\text{ jam} = 600\text{ Wh}$ dengan efisiensi charge controller sebesar 90% maka energi charging sebesar $600\text{ Wh} \times 90\% = 540\text{ Wh}$ maka diperoleh rasio energi charging terhadap konsumsi sebesar 50 banding 1 dan ini menunjukkan panel surya mampu mengisi baterai hingga 50 kali kapasitasnya dalam sehari dengan kondisi ideal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Implementasi sistem lampu jalan tenaga surya di Pesantren Al Amanah telah berhasil mencapai tujuan utama sebagai solusi efisiensi energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Berdasarkan hasil pelaksanaan program pengabdian masyarakat ini, dapat disimpulkan beberapa poin penting:

Pertama, sistem penerangan tenaga surya yang diimplementasikan dengan spesifikasi panel surya 100W, baterai 1800mAh 6V, dan lampu LED 3W telah terbukti mampu beroperasi secara optimal dengan durasi penerangan efektif selama 3 jam per malam. Sistem ini berhasil menyediakan penerangan otomatis yang responsif terhadap kebutuhan dengan jangkauan sensor gerak hingga 7 meter, memberikan solusi pencahayaan yang memadai bagi aktivitas santri dan pengelola pesantren.

Kedua, dari aspek efisiensi energi, sistem ini menunjukkan performa yang sangat baik dengan rasio energi charging terhadap konsumsi sebesar 50:1, yang berarti panel surya mampu menghasilkan energi hingga 50 kali lipat kebutuhan konsumsi harian dalam kondisi ideal. Hal ini mengindikasikan surplus energi yang signifikan dan potensi pengembangan lebih lanjut untuk kebutuhan listrik tambahan di lingkungan pesantren. Ketiga, implementasi teknologi ini berhasil mengurangi ketergantungan Pesantren Al Amanah terhadap pasokan listrik PLN untuk kebutuhan penerangan eksternal, yang secara langsung berkontribusi pada penghematan biaya operasional bulanan pesantren. Kondisi ini sangat membantu keberlanjutan finansial pesantren yang menaungi sekitar 40 santri, sebagian besar anak yatim piatu. Keempat, proses pendampingan dan transfer pengetahuan kepada santri dan pengelola pesantren telah memberikan dampak positif dalam peningkatan kapasitas sumber daya manusia. Pemahaman terhadap teknologi energi terbarukan, prinsip kerja sistem fotovoltaik, dan keterampilan maintenance dasar telah menjadi bekal berharga bagi komunitas pesantren dalam mengoptimalkan pemanfaatan fasilitas yang telah diinstalasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alim, M. S., Thamrin, S., & W., R. L. (2023). Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Alternatif Ketahanan Energi Nasional Masa Depan. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN)*, 4(3), 2427–2435.
- Azis, S. A., Sulastri, T., & Rofiq, A. (2024). Peningkatan Kesadaran Energi Terbarukan Melalui Sosialisasi dan Pembuatan Lampu Solar Light Tenaga Surya di Desa Jayamulya, Kabupaten Bekasi. *Welfare: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 303–308. <https://doi.org/10.30762/welfare.v2i2.1279>
- Dwisari, V., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). PEMANFAATAN ENERGI MATAHARI: MASA DEPAN ENERGI TERBARUKAN. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 376–384. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.3322>
- Gustriani, T., & Kholis, M. (2024). Pembelajaran Life Skills bagi Santri sebagai Inovasi Pendidikan di Pesantren. *Ainara Journal (Jurnal Penelitian Dan PKM Bidang Ilmu Pendidikan)*, 5(3), 290–296. <https://doi.org/10.54371/ainj.v5i3.499>
- Harisah, A. N. (2020). Pesantren Sebagai Lembaga Dakwah Perubahan Sosial Budaya. *Al-Riwayah: Jurnal Kependidikan*, 12(1), 1–22. <https://doi.org/10.47945/al-riwayah.v12i1.268>

- Katon, G., Diany, S. I., Sulistyono, R. N., Bachruddin, F., & Fatmawati. (2020). Peran Pesantren Modern dalam Pembentukan Karakter Kepemimpinan Santri. *AL-ADABIYAH: Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 1(2), 77–89. <https://doi.org/10.35719/adabiyah.v1i2.9>
- Krisdiyanto, G., Muflikha, M., Sahara, E. E., & Mahfud, C. (2019). Sistem Pendidikan Pesantren dan Tantangan Modernitas. *Tarbawi: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 15(1), 11–21. <https://doi.org/10.32939/tarbawi.v15i1.337>
- Lampu, P., Dangan, J., Surya, P., Dan, T., Otomatis, P., & Cahaya, I. (2024). *Jurnal FORTECH. Dc*, 19–25.
- Maisaroh, M. (2019). Perintisan Kewirausahaan Berbasis Pesantren Melalui Pelatihan Dan Pendampingan Kewirausahaan Pada Santri Pp Ar Risalah Mlangi Yogyakarta. *Jurnal Abdimas Madani Dan Lestari (JAMALI)*, 1(1), 34–40. <https://doi.org/10.20885/jamali.vol1.iss1.art4>
- Manahara, S., Putri, S. K., & W, I. S. K. (2023). Tantangan transisi energi terbarukan di Indonesia. *Journal of Innovation Materials, Energy, and Sustainable Engineering*, 1(1), 78–92. <https://doi.org/10.61511/jimese.v1i1.2023.259>
- Misbahuddin, A. F. (2024). Rekayasa Energi Terbarukan. In *CV Sketsa Media*.
- Pamungkas, Y. C., Hamidah, L., & Purnomo, R. (2024). Problematika Ekonomi dalam Dakwah. *Kamaya: Jurnal Ilmu Agama*, 7(4), 38–48. <https://doi.org/10.37329/kamaya.v7i4.3715>
- Ridwan, Ramadhan, W., Kurniawan, A., Lestari, W., & Setiawan, D. (2021). Pemanfaatan Sinar Matahari Sebagai Energi Alternatif Untuk Kebutuhan Energi Listrik. *Seminar Nasional Karya Ilmiah Multidisiplin*, 1(1), 168–176.
- Rozie, F., Chandra, Y., & Suwanda, I. (2025). Energy Consumption Monitoring of Solar-Powered Street Lighting Using LoRa and Fuzzy Inference System. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 7(1), 24–32. <https://doi.org/10.37905/jjee.v7i1.27571>
- Sulistianingsih, D. (2019). Penanaman Jiwa Kewirausahaan Bagi Santri. *Jurnal Pengabdian Hukum Indonesia (Indonesian Journal of Legal Community Engagement) JPHI*, 2(1), 30–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.15294/jphi.v2i1.34945>
- Toha Masum, & Muh Barid Nizarudin Wajdi. (2018). Pengembangan Kemandirian Pesantren Melalui Program Santripreneur. *Engagement : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(2), 221–232. <https://doi.org/10.29062/engagement.v2i2.40>