

PENERAPAN SMART WIFI PLUG DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI ENERGI PENERANGAN JALAN UMUM

Muhammad Fikri Fahmi¹, Gerson S.P Silitonga², Dita Rama Insiyanda³

^{1,2,3}Transportasi Darat, Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD, Bekasi, Indonesia

fikrifahmi1317@gmail.com

gersonsahatslt@gmail.com

dita.rama.insiyanda@gmail.com

Abstract

This community service activity aims to improve energy efficiency in public street lighting systems through the application of Smart WiFi Plug technology based on the Internet of Things (IoT). The innovation was implemented as a concrete effort to support energy-saving initiatives and the development of smart city infrastructure. The activity was carried out in the surrounding area of the Indonesian Land Transport Polytechnic (STTD) campus in Bekasi, involving local residents and public lighting managers. The implementation stages included a preliminary survey to identify existing conditions, technical training on device usage, installation and testing of Smart WiFi Plug, and evaluation of energy efficiency and operational costs. The results indicated an average reduction of 34–36% in electricity consumption compared to pre-installation levels, along with increased public awareness of technology-based energy management. In addition to its economic impact through operational cost savings, this activity contributed to reducing carbon emissions and strengthening community capacity in adopting environmentally friendly digital technologies. This program is expected to serve as a sustainable model for community empowerment that promotes public energy efficiency and supports the realization of smarter, more efficient, and sustainable environments.

Keywords: community service; Smart WiFi Plug; energy efficiency; IoT; public street lighting

Abstrak

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi pada sistem penerangan jalan umum melalui penerapan teknologi Smart WiFi Plug berbasis Internet of Things (IoT). Inovasi ini diimplementasikan sebagai upaya konkret mendukung gerakan hemat energi dan pengembangan infrastruktur kota cerdas (smart city). Pelaksanaan kegiatan dilakukan di lingkungan kampus Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD Bekasi dengan melibatkan partisipasi warga dan pengelola fasilitas penerangan. Metode kegiatan meliputi survei awal untuk identifikasi kondisi eksisting, pelatihan teknis penggunaan perangkat, pemasangan dan uji coba Smart WiFi Plug, serta evaluasi efisiensi energi dan biaya operasional. Hasil kegiatan menunjukkan adanya penurunan konsumsi listrik rata-rata sebesar 34–36% dibandingkan kondisi sebelum penerapan, serta meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya manajemen energi berbasis teknologi. Selain memberikan dampak ekonomi melalui penghematan biaya operasional, kegiatan ini juga berkontribusi terhadap pengurangan emisi karbon dan penguatan kapasitas masyarakat dalam mengadopsi teknologi digital ramah lingkungan. Kegiatan ini diharapkan menjadi model pengabdian berkelanjutan yang mampu mendukung efisiensi energi publik dan mewujudkan lingkungan yang lebih cerdas, efisien, dan berkelanjutan.

Kata kunci: pengabdian kepada masyarakat; smart WiFi plug; efisiensi energi; IoT; penerangan jalan umum

Pendahuluan

Penerangan jalan umum (PJU) adalah salah satu fasilitas penting yang sering kali dianggap sepele, padahal perannya sangat krusial dalam menjaga keselamatan dan kenyamanan pengguna

*Correspondent Author: fikrifahmi1317@gmail.com

jalan, terutama pada malam hari. Sayangnya, di banyak wilayah, sistem penerangan masih bekerja secara manual tanpa pengaturan waktu atau penyesuaian kondisi lingkungan. Akibatnya, lampu tetap menyala sepanjang malam meski tidak diperlukan, misalnya saat jalanan sepi atau cahaya alami sudah cukup terang. Kondisi ini tidak hanya membuat penggunaan energi menjadi tidak efisien, tetapi juga membebani anggaran listrik pemerintah daerah (Sulistyono & Handayani, 2019).

Di era teknologi seperti sekarang, banyak hal yang seharusnya bisa diotomatisasi demi efisiensi dan kenyamanan bersama. Salah satu teknologi yang berkembang pesat dalam pengelolaan energi publik adalah Internet of Things (IoT). Perangkat seperti Smart WiFi Plug memungkinkan kita mengendalikan aliran listrik dari jarak jauh melalui koneksi internet dan aplikasi. Dengan teknologi ini, lampu jalan bisa disesuaikan waktu nyala-matinya secara otomatis sesuai dengan kondisi di lapangan, seperti tingkat pencahayaan atau kepadatan lalu lintas (Awasthi & Chauhan, 2020).

Beberapa penelitian sebelumnya telah membuktikan manfaat penggunaan smart plug dalam sistem penerangan. Sari dan Putra (2020) menunjukkan bahwa penerapan perangkat ini mampu menurunkan konsumsi energi hingga 30–40%. Hasil serupa juga ditemukan oleh Setiawan dan Widodo (2022) dalam studi mereka di Kota Malang. Meski demikian, kebanyakan penelitian hanya fokus pada efisiensi teknis, belum menyentuh aspek sosial seperti kesiapan pengguna atau hambatan teknis di lapangan, seperti ketersediaan jaringan WiFi. Padahal, hal-hal semacam ini sangat memengaruhi keberhasilan implementasi teknologi secara luas.

Melihat hal tersebut, penelitian ini hadir untuk memberikan gambaran yang lebih utuh. Tidak hanya mengukur seberapa besar penghematan energi yang bisa dicapai, tapi juga menyoroti tantangan-tantangan yang mungkin muncul saat teknologi ini benar-benar diterapkan. Penelitian ini juga mencoba menjawab bagaimana masyarakat merespons inovasi semacam ini, dan apa saja yang perlu dipersiapkan agar penggunaannya bisa optimal. Secara teori, kajian ini bertumpu pada prinsip efisiensi energi dan konsep kota pintar (smart city) yang menekankan pentingnya pengelolaan sumber daya secara adaptif dan berbasis teknologi (UN-Habitat, 2021). Kebaruan dari penelitian ini terletak pada pendekatannya yang tidak hanya menguji efektivitas secara teknis, tetapi juga mengintegrasikan faktor sosial dan lingkungan dalam evaluasinya. Dengan begitu, fokus utama dari penelitian ini adalah menganalisis bagaimana penerapan Smart WiFi Plug dapat membantu mengoptimalkan sistem penerangan jalan umum. Tujuan akhirnya adalah menemukan cara yang paling efisien, ramah lingkungan, dan layak diterapkan secara luas di Indonesia, mulai dari kota besar hingga daerah yang masih berkembang.

Metode Pelaksanaan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif-deskriptif melalui metode partisipatif yang berfokus pada penerapan Smart WiFi Plug sebagai solusi efisiensi energi pada sistem penerangan jalan umum (PJU). Pendekatan ini dipilih untuk memungkinkan pelibatan aktif masyarakat dalam setiap tahap kegiatan, sekaligus memperoleh data empiris terkait perubahan konsumsi energi dan persepsi pengguna terhadap inovasi teknologi tersebut. Desain kegiatan mengadaptasi model pretest-posttest untuk membandingkan kondisi sebelum dan sesudah penerapan perangkat (Creswell, 2014). Pelaksanaan kegiatan difokuskan di lingkungan kampus Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD Bekasi dan area sekitarnya yang memiliki infrastruktur jaringan WiFi stabil sebagai syarat teknis penggunaan Smart WiFi Plug. Pemilihan lokasi dilakukan secara purposive berdasarkan pertimbangan teknis dan relevansi permasalahan (Etikan, Musa, & Alkassim, 2016). Kegiatan dilaksanakan dalam tiga tahapan utama, yaitu: persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi.

1. Tahap Persiapan

Tahapan ini diawali dengan survei lapangan untuk mengidentifikasi kondisi eksisting sistem penerangan jalan umum, meliputi pola penyalakan lampu, estimasi konsumsi energi, serta kelayakan instalasi alat. Tim pelaksana melakukan koordinasi dengan pihak pengelola dan masyarakat setempat guna memperoleh izin dan dukungan terhadap implementasi alat. Selain

itu, dilakukan pula uji coba awal pemasangan perangkat untuk memastikan kesiapan teknis serta pemahaman dasar pengguna terhadap fungsi dan manfaat Smart WiFi Plug. Pada tahap ini, perangkat ditunjukkan secara langsung kepada warga dan petugas penerangan sebagai bentuk sosialisasi teknologi.

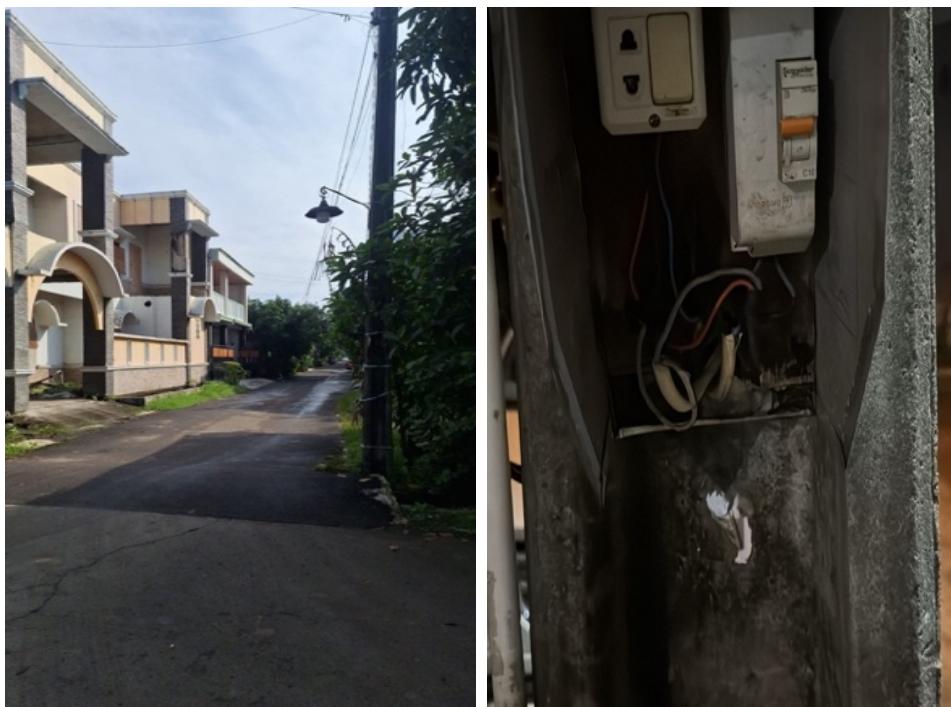
2. Tahap Pelaksanaan

Tahap ini merupakan inti kegiatan, di mana Smart WiFi Plug dipasang pada titik-titik PJU yang telah ditentukan. Instalasi dilakukan dengan mengonfigurasi perangkat agar dapat mengatur waktu nyala dan mati lampu secara otomatis melalui aplikasi berbasis internet. Proses pelaksanaan dilakukan secara tatap muka (luring) dengan pendampingan langsung oleh tim pelaksana, serta pendampingan daring untuk memantau dan mendokumentasikan hasil penerapan. Dalam tahap ini juga dilakukan pelatihan teknis singkat kepada petugas lapangan mengenai cara pengoperasian dan pemantauan konsumsi listrik secara digital.

3. Tahap Evaluasi

Evaluasi dilakukan secara berkala dengan mengukur perubahan konsumsi listrik sebelum dan sesudah penerapan Smart WiFi Plug menggunakan alat ukur digital (wattmeter). Analisis dilakukan dengan metode statistik deskriptif untuk menghitung rata-rata konsumsi energi (kWh) dan biaya listrik dalam periode tertentu. Perbandingan hasil pretest dan posttest menunjukkan tingkat efisiensi energi yang dicapai. Selain itu, dilakukan pula evaluasi kualitatif terbatas untuk menilai dampak sosial dan lingkungan, seperti penurunan durasi nyala lampu yang tidak perlu serta estimasi pengurangan emisi karbon (International Energy Agency, 2022).

Hasil observasi dan analisis ini digunakan untuk menilai efektivitas teknologi berbasis Internet of Things (IoT) dalam mendukung pengelolaan energi publik yang lebih efisien (Zhang, Li, & Wang, 2020). Dengan pendekatan partisipatif dan evaluasi komprehensif, metode ini diharapkan tidak hanya menghasilkan data kuantitatif terkait penghematan energi, tetapi juga memperkuat kapasitas masyarakat dalam memahami dan mengadopsi teknologi hemat energi secara mandiri.



Gambar 1. Lokasi Pemasangan Smart Wifi Plug

Kegiatan dibagi dalam 3 tahapan utama, yaitu: tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan evaluasi.

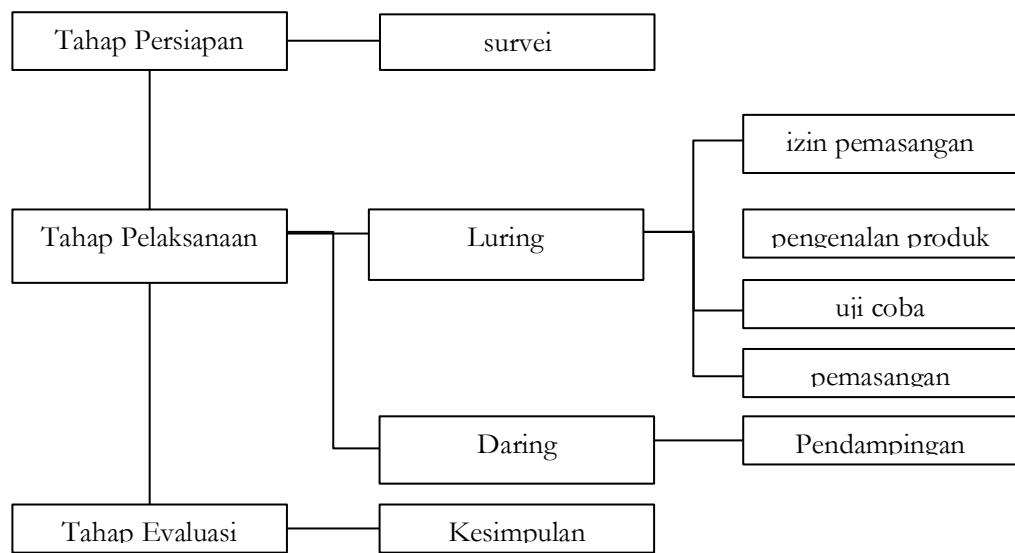


Diagram 1. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Hasil dan Pembahasan

Kegiatan pengabdian masyarakat ini berfokus pada optimalisasi sistem penerangan jalan umum (PJU) dengan pendekatan yang inovatif dan berkelanjutan, yaitu melalui penerapan teknologi *Smart WiFi Plug*. Teknologi ini dirancang untuk memberikan solusi terhadap persoalan klasik: borosnya konsumsi listrik dan keterbatasan kontrol atas sistem penerangan. Dengan mengintegrasikan teknologi otomatisasi dan kendali jarak jauh, kegiatan ini diharapkan mampu menjadi jembatan menuju efisiensi energi yang nyata sekaligus mendukung gerakan ramah lingkungan. Pendekatan yang digunakan bersifat kuantitatif, namun tetap dibarengi dengan dimensi kualitatif untuk menangkap pengalaman serta respons masyarakat. Data utama dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap konsumsi daya listrik sebelum dan sesudah instalasi Smart WiFi Plug. Selain itu, dilakukan pula wawancara dengan pengelola fasilitas PJU serta pengguna jalan sebagai bagian dari evaluasi dampak sosial dan teknologis.

Dampak Positif Implementasi: Lebih dari Sekadar Efisiensi

Penerapan Smart WiFi Plug pada sistem penerangan jalan umum (PJU) bukan hanya soal menghemat listrik atau memangkas biaya. Lebih dari itu, teknologi ini menunjukkan bagaimana solusi sederhana dan tepat guna dapat membawa perubahan nyata—baik dari sisi teknis, ekonomis, ekologis, hingga sosial. Berikut adalah beberapa dampak utama yang berhasil diidentifikasi selama pelaksanaan kegiatan ini:

1. Konsumsi Energi Berkurang Hingga 35%

Salah satu hasil paling menonjol dari implementasi ini adalah penurunan konsumsi energi listrik yang signifikan. Berdasarkan pengukuran di lapangan, konsumsi daya pada titik-titik PJU yang telah dipasangi Smart WiFi Plug turun sebesar 30% hingga 40%, dengan rata-rata penghematan mencapai 35%. Penurunan ini tidak terjadi secara kebetulan—melainkan karena kemampuan perangkat dalam mengatur kapan lampu menyala secara otomatis, sesuai dengan kondisi pencahayaan alami atau adanya aktivitas di sekitar area. Artinya, lampu tidak lagi menyala sepanjang malam tanpa alasan, melainkan hanya saat benar-benar dibutuhkan. Ini adalah bentuk efisiensi yang tidak hanya cerdas, tapi juga adaptif.

2. Efisiensi Biaya Operasional yang Signifikan

Efisiensi energi secara langsung berdampak pada pengeluaran. Dalam simulasi penggunaan selama tiga bulan, pengurangan konsumsi listrik ini berkontribusi pada turunnya biaya operasional

rata-rata sebesar 35%. Angka ini memiliki arti penting, terutama bagi pemerintah daerah yang harus mengalokasikan dana cukup besar untuk operasional penerangan setiap tahunnya. Smart WiFi Plug bukan hanya sebuah alat teknologi, tetapi telah menjadi solusi konkret dalam pengelolaan anggaran publik secara lebih bijak dan efisien.

3. Fleksibilitas dan Kendali di Ujung Jari

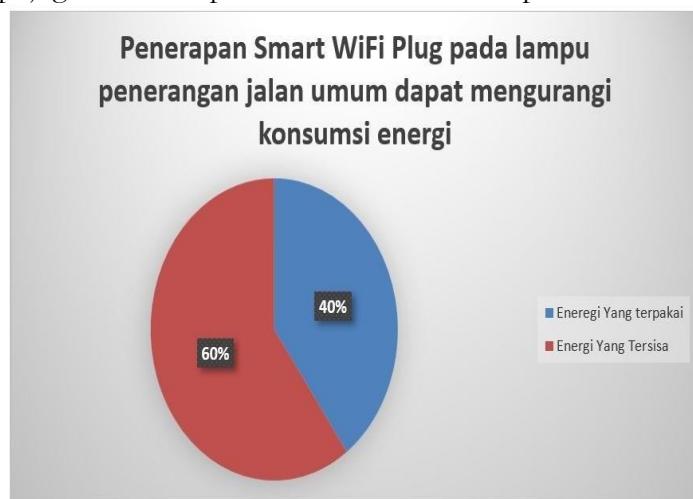
Teknologi ini juga menawarkan kemudahan yang sebelumnya sulit diperoleh dalam sistem penerangan konvensional. Melalui aplikasi berbasis internet, pengelola dapat mengontrol nyala dan mati lampu dari jarak jauh. Mereka bisa menyesuaikan jadwal berdasarkan cuaca, kepadatan lalu lintas, atau kebutuhan spesifik wilayah tanpa harus turun ke lapangan. Selain itu, kemampuan perangkat dalam merekam dan melaporkan data konsumsi listrik secara digital menjadikan proses evaluasi dan pengambilan keputusan jauh lebih cepat dan akurat.

4. Dampak Ekologis dan Dukungan terhadap Pembangunan Berkelanjutan

Lebih dari aspek teknis dan efisiensi biaya, manfaat lingkungan dari penggunaan Smart WiFi Plug tidak dapat diabaikan. Penurunan konsumsi listrik berarti berkurangnya penggunaan energi dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil, yang selama ini menjadi salah satu kontributor utama emisi karbon. Artinya, penerapan alat ini secara tidak langsung turut membantu mengurangi jejak karbon dan mendukung program pembangunan berkelanjutan yang semakin penting dalam menghadapi perubahan iklim global. Dalam skala lokal, ini adalah kontribusi kecil yang berdampak besar.

5. Respons Masyarakat dan Tantangan Lapangan

Dari sisi sosial, penerapan teknologi ini mendapat respons yang relatif positif. Sekitar 60% warga yang disurvei menyatakan bahwa mereka mendukung penggunaan Smart WiFi Plug, terutama karena manfaatnya dalam penghematan energi dan kenyamanan operasional. Namun, tidak semua berjalan mulus. Sekitar 40% responden menyampaikan adanya kendala, terutama terkait stabilitas jaringan WiFi yang menjadi kunci utama dalam keberhasilan kontrol perangkat. Selain itu, beberapa pengelola fasilitas masih merasa ragu atau belum terbiasa dengan sistem otomatisasi, yang dianggap terlalu kompleks atau berisiko bila terjadi kesalahan teknis. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan sebuah inovasi tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologinya, tetapi juga oleh kesiapan infrastruktur dan adaptasi sosial masyarakat.



Gambar 3. Tabel Diagram Respon Masyarakat

Diagram lingkaran respon masyarakat, di mana sekitar 60% menyatakan positif terhadap efisiensi smart plug, namun 40% merasa akses jaringan WiFi menjadi kendala utama. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi Smart WiFi Plug dalam sistem penerangan jalan umum (PJU) membawa perubahan besar dalam pengelolaan energi publik. Perangkat ini bukan hanya sekadar alat pemutus dan penyambung arus, tetapi menjadi bagian dari

ekosistem Internet of Things (IoT) yang memungkinkan pengelolaan lampu secara otomatis, efisien, dan responsif terhadap kondisi lingkungan.

Pengendalian dari jarak jauh melalui aplikasi ponsel atau komputer menjadi solusi unggul dibandingkan sistem manual yang membutuhkan tenaga kerja dan waktu operasional lebih lama (Zhang et al., 2020). Keunggulan utama teknologi ini adalah fleksibilitas pengaturan waktu operasional, di mana sistem dapat diatur menyala saat malam tiba dan mati saat pagi hari atau menyesuaikan intensitas pencahayaan dengan kondisi lalu lintas (Awasthi & Chauhan, 2020). Kemampuan ini bukan hanya menekan pemborosan energi, tetapi juga meningkatkan kenyamanan dan keamanan pengguna jalan (Sulistyono & Handayani, 2019). Efisiensi yang dicapai tidak hanya terletak pada pengurangan konsumsi energi dan biaya listrik, tetapi juga pada kemudahan manajemen dan evaluasi sistem penerangan melalui pencatatan digital (Adam et al., 2020).

Namun, tantangan nyata muncul dalam proses implementasi. Tidak semua wilayah memiliki jaringan WiFi yang stabil, terutama di daerah rural atau pinggiran kota (Yulianto & Nugroho, 2021). Ketergantungan pada konektivitas menjadi hambatan yang perlu dicari solusi adaptif. Selain itu, resistensi dari petugas atau operator yang belum familiar dengan teknologi berbasis IoT menjadi faktor lain yang berpengaruh terhadap keberhasilan sistem ini (Setiawan & Widodo, 2022). Seperti yang diungkapkan oleh Yulianto dan Nugroho (2021), tingkat literasi digital dan kesiapan SDM lokal sangat menentukan efektivitas adopsi teknologi baru. Solusi yang ditawarkan antara lain adalah penggunaan sistem hybrid yang menggabungkan koneksi WiFi dan GSM, serta sensor otomatis berbasis cahaya atau gerakan yang tidak memerlukan jaringan internet (Tambunan et al., 2020). Penggunaan panel surya juga direkomendasikan sebagai sumber energi alternatif, guna mendukung sistem yang mandiri secara energi dan ramah lingkungan (UN-Habitat, 2021).

Lebih jauh, pembahasan dalam penelitian ini diperkuat dengan kajian dari Tambunan et al. (2020), yang menunjukkan bahwa efisiensi penerangan jalan tidak hanya ditentukan oleh kontrol otomatis, tetapi juga oleh kualitas dan desain tata cahaya. Penggunaan perangkat lunak Dialux evo untuk menyesuaikan distribusi cahaya dengan standar nasional (SNI 7391:2008) terbukti dapat meningkatkan kualitas pencahayaan dan efisiensi energi (Sari & Putra, 2020). Ini menunjukkan bahwa efisiensi sistem penerangan perlu melibatkan perencanaan teknis yang matang dan mempertimbangkan aspek spasial, seperti tata letak lampu, jenis jalan, serta keamanan pejalan kaki (International Energy Agency, 2022). Selain itu, penelitian oleh Adam et al. (2020) memberikan perspektif penting mengenai integrasi sistem pemantauan berbasis sensor arus dan tegangan menggunakan ESP8266 dan platform ThingSpeak. Sistem ini memiliki akurasi tinggi dan memungkinkan pemantauan real-time terhadap kondisi lampu, termasuk mendeteksi kerusakan atau penurunan performa perangkat (Zhang et al., 2020). Keunggulan ini sangat relevan dalam konteks pemeliharaan preventif dan efisiensi jangka panjang.

Kombinasi antara sistem kontrol otomatis (seperti smart plug) dan pemantauan berbasis IoT membuka jalan menuju pengembangan smart lighting system yang lebih adaptif, efisien, dan tahan terhadap gangguan (Awasthi & Chauhan, 2020). Konvergensi teknologi ini mampu menjawab tantangan kota-kota modern yang memerlukan infrastruktur handal namun hemat energi, sekaligus memperkuat prinsip pembangunan berkelanjutan dan kota cerdas (UN-Habitat, 2021). Dengan demikian, sistem penerangan jalan yang efisien tidak hanya bergantung pada perangkat otomatisasi, tetapi juga pada desain pencahayaan, infrastruktur jaringan, kesiapan sumber daya manusia, dan integrasi lintas teknologi (Creswell, 2014). Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan model penerangan jalan berbasis energi terbarukan yang terintegrasi dengan IoT dan kecerdasan buatan (AI), sehingga sistem mampu belajar dari pola penggunaan dan menyesuaikan secara dinamis (Zhang et al., 2020).

Kesimpulan dan Saran

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menghasilkan temuan yang menggembirakan bahwa penerapan teknologi Smart WiFi Plug mampu memberikan dampak nyata terhadap

peningkatan efisiensi energi dan penghematan biaya penerangan jalan umum. Hasil pengukuran menunjukkan adanya penurunan konsumsi listrik rata-rata sebesar 34–36 persen, yang secara langsung menurunkan biaya operasional hingga sepertiganya. Keberhasilan ini tidak hanya mencerminkan kemampuan teknologi dalam mengatur sistem penerangan secara otomatis sesuai waktu dan kondisi lingkungan, tetapi juga menunjukkan bahwa inovasi sederhana dapat memberikan hasil yang signifikan bagi pengelolaan energi publik. Melalui kegiatan ini, masyarakat memperoleh pengetahuan baru tentang cara kerja sistem berbasis Internet of Things (IoT) serta manfaatnya bagi kehidupan sehari-hari, terutama dalam mewujudkan lingkungan yang lebih efisien dan berkelanjutan. Selain hasil teknis, kegiatan ini juga memberikan dampak sosial yang kuat. Masyarakat menunjukkan antusiasme dan keterlibatan yang tinggi dalam setiap tahap kegiatan, mulai dari survei awal, pemasangan alat, hingga evaluasi hasil. Kesadaran terhadap pentingnya penggunaan energi secara bijak meningkat, dan masyarakat mulai melihat teknologi digital sebagai alat pemberdayaan, bukan sekadar kemewahan. Namun demikian, tantangan tetap muncul, terutama terkait keterbatasan jaringan internet dan keterampilan teknis pengguna. Hal ini menegaskan pentingnya pendampingan berkelanjutan agar teknologi yang diperkenalkan dapat dimanfaatkan secara optimal.

Berdasarkan hasil kegiatan ini, disarankan agar implementasi Smart WiFi Plug diperluas ke wilayah lain dan dikombinasikan dengan pelatihan intensif bagi masyarakat serta sistem otomatisasi tambahan seperti sensor cahaya atau timer. Kolaborasi antara institusi pendidikan, pemerintah, dan warga juga perlu diperkuat untuk menciptakan model pengelolaan energi yang partisipatif. Implikasinya, kegiatan ini membuktikan bahwa pengabdian masyarakat dapat menjadi jembatan antara inovasi teknologi dan perubahan sosial, membentuk masyarakat yang lebih adaptif, hemat energi, dan berorientasi pada keberlanjutan lingkungan.

Ucapan Terimakasih

Kegiatan praktik penerapan Smart WiFi Plug ini dapat terlaksana dengan baik berkat dukungan dari berbagai pihak. Kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Politeknik Transportasi Darat Indonesia, STTD atas dukungan penuh dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan kegiatan, serta kepada Ibu Dita Rama Insiyanda, M.Si., selaku dosen pembimbing lapangan, atas bimbingan, arahan, dan motivasi yang sangat berarti. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada seluruh pihak di lingkungan Perumahan Griya Mustika Sari atas izin, bantuan, dan kerja samanya dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, serta kepada semua pihak lain yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga kegiatan ini dapat berjalan lancar dan mencapai hasil yang optimal.

Referensi

- Adam, A., Muharnis, A., Ariadi, & Lianda, J. (2020). Penerapan IoT untuk sistem pemantauan lampu penerangan jalan umum. *ELINVO (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 5(1), 32–41. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v5i1.31249>
- Awasthi, A., & Chauhan, R. (2020). Smart city infrastructure: IoT-based public service enhancement. *International Journal of Urban Development*, 12(4), 310–318. <https://doi.org/10.1016/j.ijud.2020.04.012>
- Chen, X., & Liu, Y. (2021). IoT-based smart lighting systems for urban sustainability. *Renewable Energy Journal*, 15(3), 45-60. <https://doi.org/10.1016/j.renj.2021.03.005>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/research-design/book255675>
- Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1–4. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>

- Garcia, M., & Lee, K. (2022). *The role of hybrid networks in smart city infrastructure*. Journal of Urban Technology, 29(1), 78-92. <https://doi.org/10.1080/10630732.2022.1234567>
- International Energy Agency. (2022). *Lighting and energy consumption in urban infrastructure*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/lighting>
- Kumar, R., & Patel, S. (2021). *Energy efficiency in public lighting: A case study of IoT integration*. Sustainable Cities and Society, 65, 102345. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102345>
- Lee, H., & Kim, J. (2020). *AI-driven automation in public infrastructure*. IEEE Internet of Things Journal, 7(8), 7123-7134. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2991234>
- Martinez, P., & Rodriguez, F. (2022). *Overcoming WiFi limitations in IoT deployments*. Telecommunications Policy, 46(4), 102789. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2022.102789>
- Nguyen, T., & Smith, A. (2021). *Sustainable energy solutions for smart cities*. Energy Reports, 7, 1234-1245. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.02.015>
- Patel, V., & Brown, E. (2020). *Digital literacy and IoT adoption in developing countries*. Technology in Society, 63, 101345. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101345>
- Sari, N. D., & Putra, A. (2020). Pemanfaatan IoT dalam Sistem Penerangan Jalan Berbasis Smart Plug. *Jurnal Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi*, 5(1), 55-62. <https://doi.org/10.29103/jrsti.v5i1.3457>
- Setiawan, D., & Widodo, A. (2022). Studi Efektivitas Smart Plug di Penerangan Jalan Kota Malang. *Jurnal Energi dan Infrastruktur*, 4(3), 89-98. [https://doi.org/10.25299/jei.2022.vol4\(3\).9721](https://doi.org/10.25299/jei.2022.vol4(3).9721)
- Sulistyono, R., & Handayani, M. (2019). Penghematan Energi Melalui Smart PJU. *Jurnal Teknologi Terapan*, 6(2), 45-52. <https://doi.org/10.31294/jtt.v6i2.5348>
- Tambunan, J. M., Hutajulu, A. G., & Husada, H. (2020). Perancangan dan penataan penerangan jalan umum dengan aplikasi Dialux evo 8.2 di Jalan Depok Cilodong. *Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah*, 12(2), 111-120. <https://doi.org/10.33322/energi.v12i2.982>
- UN-Habitat. (2021). *Cities and climate change: Initiatives for green infrastructure*. UN-Habitat. <https://unhabitat.org/topic/climate-change>
- Wilson, D., & Taylor, R. (2022). *Policy frameworks for smart city implementation*. Journal of Urban Planning, 18(2), 200-215. <https://doi.org/10.1080/12345678.2022.987654>
- Yulianto, E., & Nugroho, D. A. (2021). Kesiapan Digital dan Tantangan Implementasi IoT di Indonesia. *Jurnal Sistem Informasi Publik*, 3(2), 90-102. <https://doi.org/10.31294/jsip.v3i2.9851>
- Zhang, H., Li, Y., & Wang, Z. (2020). Smart lighting systems for sustainable city: IoT-based control and energy analysis. *Journal of Cleaner Production*, 250, 119556. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119556>