

Implementasi Otomasi Pju Berbasis Iot Menggunakan Energi Terbarukan di Jumpang Nganjuk

Mohammad Erik Echsony¹⁾, R. Akbar Nur Apriyanto^{2)*}, R. Gaguk Pratama Yudha³⁾, Adiratna Ciptaningrum⁴⁾, Hanum Arrosida⁵⁾, Givan Sang Pradana⁶⁾

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Madiun, Jl. Serayu No. 84, Kota Madiun
email: akbar@pnm.ac.id

Abstract

This Community Service Program aimed to implement an Internet of Things (IoT)-based Public Street Lighting (PSL) automation system powered by renewable energy in Jumpang RT 04 RW 01, Nganjuk Regency. The program adopted a Participatory Action Research approach consisting of field surveys, community socialization, system design, installation, training, and evaluation. The implemented system integrated a solar photovoltaic panel, battery, solar charge controller, Light Dependent Resistor (LDR), ESP32 microcontroller, relay, and LED street lamp. Technical evaluation demonstrated that all components operated according to their specifications, with solar panel output voltage of 20.48–21.23 V, charging current of 4.32–4.68 A, lighting intensity of 32.4–36.7 lux in compliance with SNI 7391:2008, and stable IoT communication performance. Training evaluation indicated a significant improvement in participants' knowledge from 43.75% to 90.0%, while the overall participant satisfaction reached 92.4%, categorized as excellent. The implemented system successfully improved street lighting quality, energy efficiency, and community capacity in operating and maintaining IoT-based technology. This program demonstrates the potential of smart renewable-energy street lighting as a sustainable solution for community infrastructure development.

Keywords: Internet of Things, Public Street Lighting, Renewable Energy, Solar Panel, Community Service.

Abstrak

Program Pengabdian kepada Masyarakat ini bertujuan mengimplementasikan sistem otomasi Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis Internet of Things (IoT) dengan sumber energi terbarukan di Lingkungan Jumpang RT 04 RW 01, Kabupaten Nganjuk. Kegiatan dilaksanakan menggunakan pendekatan Participatory Action Research melalui tahapan survei, sosialisasi, perancangan, instalasi, pelatihan, dan evaluasi. Sistem yang diterapkan mengintegrasikan panel surya, baterai, solar charge controller, sensor cahaya (LDR), mikrokontroler ESP32, relay, dan lampu LED. Hasil pengujian menunjukkan seluruh komponen bekerja sesuai spesifikasi, dengan tegangan panel surya sebesar 20,48–21,23 V, arus pengisian 4,32–4,68 A, intensitas pencahayaan 32,4–36,7 lux sesuai SNI 7391:2008, serta komunikasi IoT yang berjalan stabil. Hasil evaluasi pelatihan menunjukkan peningkatan pemahaman masyarakat dari 43,75% menjadi 90,0%, dengan tingkat kepuasan peserta mencapai 92,4% (kategori sangat baik). Implementasi sistem berhasil meningkatkan kualitas penerangan jalan, efisiensi penggunaan energi, serta kapasitas masyarakat dalam mengoperasikan dan memelihara teknologi berbasis IoT. Program ini berpotensi menjadi model penerapan penerangan jalan cerdas berbasis energi terbarukan untuk mendukung pembangunan permukiman yang aman, hemat energi, dan berkelanjutan.

Kata kunci: Internet of Things, Penerangan Jalan Umum, Energi Terbarukan, Panel Surya, Pengabdian kepada Masyarakat

PENDAHULUAN

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan salah satu infrastruktur dasar yang berperan penting dalam mendukung keamanan, keselamatan, dan kenyamanan masyarakat pada

malam hari. Ketersediaan penerangan yang memadai dapat meningkatkan visibilitas pengguna jalan, mengurangi potensi kecelakaan, serta menekan risiko tindak kriminal di lingkungan permukiman [1]. Namun, pada banyak kawasan permukiman, termasuk

Lingkungan Jlumpang RT 04 RW 01 Kelurahan Jatirejo Kabupaten Nganjuk, sistem PJU yang digunakan masih bersifat konvensional dan bergantung sepenuhnya pada pasokan listrik dari jaringan PLN. Kondisi tersebut menyebabkan penggunaan energi kurang efisien dan biaya operasional relatif tinggi.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang penerapan sistem penerangan jalan yang lebih cerdas melalui pengendalian otomatis dan pemantauan jarak jauh. Teknologi IoT memungkinkan integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan jaringan komunikasi sehingga perangkat dapat beroperasi secara adaptif sesuai kondisi lingkungan [2],[3]. Dalam konteks penerangan jalan, penggunaan sensor cahaya dan mikrokontroler berbasis IoT dapat mengatur proses penyalan dan pemadaman lampu secara otomatis sehingga konsumsi energi menjadi lebih efisien.

Selain penerapan IoT, pemanfaatan energi terbarukan menjadi solusi strategis untuk mendukung pembangunan berkelanjutan. Energi surya merupakan sumber energi yang melimpah di Indonesia dan memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan pada sistem PJU [4]. Penggunaan panel surya sebagai sumber energi utama dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi listrik konvensional sekaligus mendukung program pemerintah dalam pengembangan energi bersih dan pengurangan emisi karbon [5].

Permasalahan utama yang dihadapi mitra meliputi keterbatasan kualitas penerangan jalan, belum adanya sistem pengendalian otomatis, tingginya ketergantungan terhadap listrik PLN, serta rendahnya pengetahuan masyarakat mengenai pemanfaatan teknologi IoT dan energi terbarukan. Berdasarkan hasil observasi lapangan, beberapa titik penerangan masih dioperasikan secara manual sehingga sering terjadi pemborosan energi akibat lampu menyala pada waktu yang tidak diperlukan.

Urgensi kegiatan pengabdian ini terletak pada kebutuhan masyarakat terhadap sistem penerangan jalan yang hemat energi, mudah dioperasikan, dan berkelanjutan. Rasionalisasi kegiatan didasarkan pada potensi penerapan teknologi IoT dan energi surya sebagai solusi yang sesuai dengan karakteristik wilayah mitra. Oleh karena itu, kegiatan ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem otomasi PJU berbasis IoT dengan sumber energi terbarukan, meningkatkan efisiensi penggunaan energi, serta meningkatkan kapasitas masyarakat dalam pengoperasian dan pemeliharaan sistem.

Rencana pemecahan masalah dilakukan

melalui beberapa tahapan, yaitu sosialisasi teknologi kepada masyarakat, perancangan sistem PJU berbasis IoT, instalasi perangkat, pelatihan pengoperasian dan pemeliharaan, serta pendampingan dan evaluasi kinerja sistem. Sistem yang diterapkan mengintegrasikan panel surya, baterai, solar charge controller, lampu LED hemat energi, sensor cahaya (LDR), dan mikrokontroler ESP32 untuk menghasilkan sistem penerangan yang bekerja secara otomatis dan efisien.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan sistem smart street lighting berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi energi dan mempermudah proses pengelolaan infrastruktur penerangan [6],[7]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa penggunaan panel surya pada sistem PJU dapat menurunkan biaya operasional dan mendukung keberlanjutan energi pada kawasan permukiman [8]. Berdasarkan kajian tersebut, pengembangan sistem otomasi PJU berbasis IoT dengan sumber energi terbarukan memiliki potensi untuk diterapkan sebagai teknologi tepat guna pada lingkungan masyarakat.

Hipotesis kegiatan ini adalah penerapan sistem otomasi PJU berbasis IoT dengan sumber energi terbarukan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi, meningkatkan kualitas penerangan jalan, serta meningkatkan pengetahuan dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan fasilitas umum berbasis teknologi. Dengan demikian, program pengabdian ini diharapkan dapat menjadi model penerapan teknologi cerdas dan ramah lingkungan yang dapat direplikasi pada wilayah lain dengan karakteristik serupa.

METODE PENELITIAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini menggunakan pendekatan Participatory Action Research (PAR), yaitu metode yang menekankan keterlibatan aktif masyarakat dalam setiap tahapan kegiatan mulai dari identifikasi permasalahan, perancangan solusi, implementasi teknologi, hingga evaluasi hasil. Pendekatan ini dipilih agar teknologi yang diterapkan sesuai dengan kebutuhan mitra serta dapat dioperasikan dan dipelihara secara mandiri setelah kegiatan berakhir.

Rancangan kegiatan terdiri atas lima tahapan utama, yaitu (1) sosialisasi dan identifikasi kebutuhan mitra, (2) perancangan sistem otomasi Penerangan Jalan Umum (PJU), (3) instalasi perangkat, (4) pelatihan dan pendampingan masyarakat, serta (5) monitoring dan evaluasi. Tahapan sosialisasi dilakukan melalui diskusi

bersama pengurus RT dan masyarakat untuk mengidentifikasi kondisi eksisting sistem penerangan jalan serta menentukan lokasi pemasangan perangkat. Selanjutnya dilakukan perancangan sistem berdasarkan hasil observasi lapangan dengan mempertimbangkan kebutuhan energi, intensitas pencahayaan, dan kondisi lingkungan. Tahap implementasi meliputi pemasangan panel surya, baterai, solar charge controller, lampu LED, sensor cahaya (Light Dependent Resistor/LDR), mikrokontroler ESP32, serta modul komunikasi Internet of Things (IoT). Setelah sistem terpasang, dilakukan pelatihan mengenai pengoperasian dan pemeliharaan perangkat kepada masyarakat, kemudian dilanjutkan dengan monitoring dan evaluasi kinerja sistem.

Ruang lingkup kegiatan difokuskan pada implementasi sistem otomasi PJU berbasis IoT dengan sumber energi terbarukan di Lingkungan Jlumpang RT 04 RW 01, Kelurahan Jatirejo, Kabupaten Nganjuk. Objek kegiatan meliputi sistem penerangan jalan yang dipasang pada lokasi mitra serta masyarakat sebagai pengguna sekaligus pengelola sistem.

Peralatan utama yang digunakan terdiri atas panel surya monokristalin 100 Wp, baterai VRLA 12 V 40 Ah, solar charge controller 10 A, mikrokontroler ESP32, sensor cahaya LDR, relay 10 A, lampu LED DC 30 W, modem Wi-Fi, multimeter digital, lux meter, clamp meter, laptop, serta perangkat pendukung instalasi. Sementara itu, bahan yang digunakan meliputi kabel listrik, pipa PVC, box panel kedap air, konektor, baut, tiang penyangga, dan perlengkapan instalasi lainnya.

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa teknik. Observasi digunakan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi awal penerangan jalan dan proses implementasi teknologi. Wawancara dilakukan kepada pengurus RT dan masyarakat untuk mengetahui kebutuhan serta tingkat kepuasan terhadap sistem yang diterapkan. Dokumentasi digunakan untuk merekam seluruh tahapan kegiatan sebagai bukti pelaksanaan program. Selain itu, dilakukan pengukuran teknis terhadap parameter sistem meliputi tegangan panel surya, arus pengisian baterai, intensitas pencahayaan lampu, serta fungsi otomatisasi berdasarkan perubahan intensitas cahaya.

Variabel yang diamati dalam kegiatan ini terdiri atas variabel teknis dan variabel sosial. Variabel teknis meliputi kinerja panel surya, tegangan baterai, fungsi sensor cahaya, waktu respons sistem otomatis, intensitas pencahayaan

lampu LED, dan keberhasilan komunikasi IoT. Variabel sosial meliputi tingkat pemahaman masyarakat mengenai teknologi IoT, kemampuan mengoperasikan sistem, serta tingkat kepuasan terhadap implementasi program. Definisi operasional masing-masing variabel disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Definisi Operasional Variabel

Variabel	Indikator	Cara Pengukuran
Kinerja panel surya	Tegangan dan arus keluaran	Multimeter digital
Kinerja baterai	Tegangan pengisian dan pemakaian	Multimeter digital
Intensitas pencahayaan	Tingkat iluminasi (Lux)	Lux meter
Otomasi sistem	Respon penyalaaan dan pemadaman lampu	Observasi langsung
Monitoring IoT	Keberhasilan pengiriman data	Dashboard IoT
Pengetahuan masyarakat	Pemahaman teknologi	Kuesioner sebelum dan sesudah pelatihan
Kepuasan masyarakat	Tingkat kepuasan terhadap program	Angket skala Likert

Data hasil pengukuran dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan deskriptif kualitatif. Analisis kuantitatif digunakan untuk mengevaluasi performa teknis sistem berdasarkan hasil pengukuran tegangan, arus, intensitas cahaya, dan keberhasilan fungsi otomatisasi. Data disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan persentase untuk memudahkan interpretasi hasil. Sementara itu, analisis kualitatif dilakukan terhadap hasil wawancara, observasi, dan tanggapan masyarakat mengenai manfaat teknologi yang diterapkan. Tingkat keberhasilan program dievaluasi berdasarkan ketercapaian indikator, yaitu berfungsinya sistem otomasi PJU sesuai rancangan, meningkatnya pengetahuan masyarakat setelah pelatihan, serta meningkatnya kualitas pelayanan penerangan jalan di lingkungan mitra.

Metode yang diterapkan diharapkan mampu menghasilkan sistem penerangan jalan yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan sekaligus meningkatkan kapasitas masyarakat dalam memanfaatkan teknologi IoT dan energi

terbarukan sebagai solusi atas permasalahan penerangan jalan di lingkungan permukiman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pelaksanaan Program

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat dilaksanakan di Lingkungan Jlumpang RT 04 RW 01, Kelurahan Jatirejo, Kabupaten Nganjuk. Pelaksanaan program dilakukan secara bertahap, dimulai dari survei lokasi, koordinasi dengan mitra, sosialisasi, instalasi sistem otomasi Penerangan Jalan Umum (PJU), pelatihan pengoperasian, hingga pendampingan dan evaluasi.

Hasil survei menunjukkan bahwa sistem penerangan jalan yang telah tersedia masih dioperasikan secara konvensional sehingga belum efisien dari sisi penggunaan energi. Selain itu, belum terdapat pemanfaatan energi terbarukan maupun sistem pengendalian otomatis. Berdasarkan kondisi tersebut, tim pengabdian mengimplementasikan sistem PJU berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan panel surya sebagai sumber energi utama.

Tabel 2. Tahapan Pelaksanaan Program

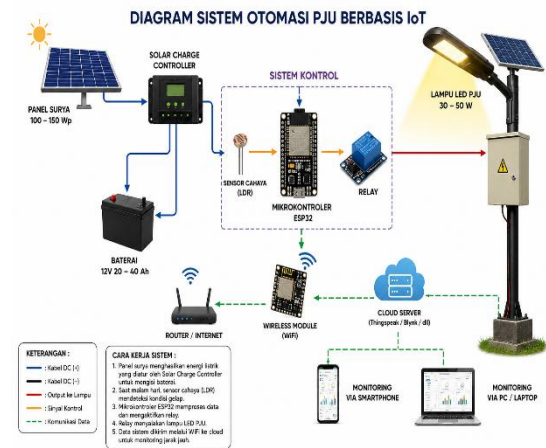
Tahapan	Kegiatan	Luaran
Survei	Identifikasi kebutuhan mitra	Titik pemasangan ditentukan
Sosialisasi	Penyampaian materi IoT dan energi terbarukan	Masyarakat memahami konsep sistem
Instalasi	Pemasangan panel surya dan sistem kontrol	Sistem PJU terpasang
Pelatihan	Operasional dan pemeliharaan	Mitra mampu mengoperasikan sistem
Evaluasi	Monitoring sistem	Sistem berjalan sesuai fungsi

2. Implementasi Teknologi

Teknologi yang diterapkan terdiri atas panel surya, baterai, solar charge controller, lampu LED DC, sensor cahaya (LDR), mikrokontroler ESP32, relay, dan modul komunikasi IoT. Seluruh komponen diintegrasikan menjadi sistem penerangan jalan yang dapat bekerja secara otomatis berdasarkan kondisi pencahayaan lingkungan.

Pada siang hari, panel surya mengubah energi matahari menjadi energi listrik untuk mengisi baterai melalui solar charge controller. Ketika intensitas cahaya menurun, sensor LDR mendeteksi kondisi gelap dan mengirimkan

sinyal kepada ESP32 untuk mengaktifkan relay sehingga lampu LED menyala secara otomatis. Sebaliknya, saat pagi hari sistem memadamkan lampu secara otomatis.



Gambar 1. Diagram Sistem Otomasi PJU Berbasis IoT

Keterangan: Diagram menunjukkan integrasi panel surya, baterai, pengendali pengisian, mikrokontroler ESP32, sensor LDR, dan lampu LED.

3. Hasil Implementasi di Lapangan

Pelaksanaan instalasi berjalan sesuai dengan rencana. Panel surya dipasang pada posisi yang memperoleh paparan sinar matahari optimal, sedangkan box kontrol ditempatkan pada lokasi yang aman dari gangguan cuaca. Setelah seluruh perangkat terpasang, dilakukan pengujian fungsi untuk memastikan sistem bekerja sesuai rancangan.



Gambar 2. Proses Instalasi Sistem PJU



Gambar 3. Sistem PJU Setelah Implementasi

4. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan terhadap beberapa parameter utama untuk memastikan sistem bekerja dengan baik.

Tabel 3. Parameter Pengujian Sistem

Parameter	Hasil Pengukuran		Spesifikasi / Standar
	Siang Hari (10.00-14.00)	Malam Hari (18.00-22.00)	
Tegangan Panel Surya	20,48-21,23 (V)	-	> 18 V (100 Wp)
Arus Panel Surya	4,32-4,68 (A)	-	> 4,0 A (100 Wp)
Tegangan Baterai (Charging)	13,65-13,98 (V)	12,92-13,10 (V)	11,0-12,6 V
Tegangan Baterai (Discharging)	-	12,10-12,45 (V)	13,6-14,4 V
Intensitas Cahaya LED	-	32,4-36,7	> 30 Lux (SNI 7391:2008)



Gambar 4. Dokumentasi Pengukuran Parameter Sistem

Data pada Tabel 3 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa seluruh parameter teknis dapat dievaluasi menggunakan instrumen yang sesuai (alat ukur) dan standar SNI 7391:2008. Pengukuran dilakukan pada siang dan malam hari. Sistem dapat dioperasikan dengan baik untuk memastikan setiap komponen berfungsi sesuai spesifikasi.

5. Peningkatan Pengetahuan Masyarakat

Selain implementasi teknologi, kegiatan ini bertujuan meningkatkan kapasitas masyarakat melalui pelatihan pengoperasian dan pemeliharaan sistem.

Tabel 4. Evaluasi Pelatihan

Aspek	Sebelum (%)	Sesudah (%)
Pengetahuan IoT	38	86
Pemahaman panel surya	45	91
Pengoperasian sistem	32	88
Pemeliharaan sistem	60	95

Rata-rata Evaluasi Pelatihan sebelum pelaksanaan pelatihan 43,75% dan sesudah melaksanakan pelatihan 90%.

Tabel 5. Tingkat Kepuasan Peserta Pelatihan

Jumlah responden = 15 orang

No	Indikator Kepuasan	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang
1	Materi mudah dipahami	12	3	0	0
2	Penyampaian	13	2	0	0

	narasumber				
3	Demonstrasi alat	11	4	0	0
4	Kesesuaian materi dengan kebutuhan	12	3	0	0
5	Manfaat kegiatan	14	1	0	0
6	Keseluruhan kegiatan	13	2	0	0

Indeks Kepuasan Masyarakat (IKM) = 92,4% (Kategori Sangat Baik)

Evaluasi dilakukan menggunakan angket atau wawancara sederhana untuk mengetahui peningkatan pemahaman masyarakat terhadap teknologi yang diterapkan.

6. Pembahasan

Implementasi sistem otomasi PJU berbasis Internet of Things (IoT) menunjukkan bahwa penerapan teknologi tepat guna dapat menjadi solusi terhadap permasalahan penerangan jalan di lingkungan permukiman. Integrasi panel surya sebagai sumber energi utama memungkinkan sistem beroperasi secara mandiri sehingga mengurangi ketergantungan terhadap pasokan listrik konvensional. Kondisi ini sejalan dengan kebijakan pemerintah dalam mendorong pemanfaatan energi baru dan terbarukan sebagai bagian dari pembangunan berkelanjutan.

Penggunaan sensor cahaya dan mikrokontroler ESP32 memungkinkan lampu menyala dan padam secara otomatis sesuai kondisi lingkungan. Otomatisasi tersebut berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan energi karena lampu hanya beroperasi ketika diperlukan.

Selain memberikan manfaat teknis, kegiatan ini juga meningkatkan kapasitas masyarakat melalui sosialisasi dan pelatihan. Masyarakat memperoleh pengetahuan mengenai prinsip kerja panel surya, sistem otomasi, dan pemeliharaan perangkat sehingga diharapkan mampu menjaga keberlanjutan program. Pendekatan partisipatif yang diterapkan juga memperkuat rasa memiliki (sense of ownership) terhadap fasilitas yang telah dibangun, sebagaimana direkomendasikan dalam panduan Pengabdian kepada Masyarakat oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi.

Secara keseluruhan, kegiatan ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT yang dipadukan dengan energi terbarukan dapat meningkatkan kualitas pelayanan penerangan jalan, efisiensi penggunaan energi, dan

pemberdayaan masyarakat. Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambahkan sistem pemantauan berbasis cloud dan sensor kondisi baterai sehingga mendukung konsep smart village yang lebih terintegrasi.

SIMPULAN

- 1) Sistem otomasi PJU berbasis IoT dengan sumber energi terbarukan berhasil diimplementasikan dan seluruh komponen berfungsi sesuai rancangan.
- 2) Hasil pengujian menunjukkan parameter teknis memenuhi spesifikasi, termasuk intensitas pencahayaan sesuai SNI 7391:2008 serta komunikasi IoT yang stabil.
- 3) Pelatihan meningkatkan kompetensi masyarakat secara nyata, ditunjukkan oleh peningkatan nilai pemahaman sebelum pelaksanaan pelatihan 43,75% dan sesudah melaksanakan pelatihan 90%, dan tingkat kepuasan peserta sebesar 92,4%.
- 4) Program memberikan manfaat teknis dan sosial serta berpotensi dikembangkan sebagai model penerangan jalan cerdas berbasis energi terbarukan pada kawasan permukiman lainnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Madiun melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) atas dukungan terhadap pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ketua RT 04 RW 01 Lingkungan Jumpang, Kelurahan Jatirejo, Kabupaten Nganjuk, beserta seluruh masyarakat yang telah berpartisipasi aktif dalam pelaksanaan program. Apresiasi turut diberikan kepada seluruh anggota tim pengabdian dan mahasiswa yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan kegiatan hingga penyusunan manuskrip ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). Jakarta: KESDM; 2017.
- [2] Gubbi J, Buyya R, Marusic S, Palaniswami M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*. 2013;29(7):1645–1660.
- [3] Al-Fuqaha A, Guizani M, Mohammadi M, Aledhari M, Ayyash M. Internet of Things: A survey on enabling technologies,

- protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 2015;17(4):2347–2376.
- [4] Kementerian PPN/Bappenas. *Peta Jalan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) Indonesia*. Jakarta: Bappenas; 2020.
- [5] International Energy Agency. *Renewables 2023: Analysis and Forecast to 2028*. Paris: IEA; 2023.
- [6] Mahapatra S, Chanak P, Banerjee S. Smart street lighting system using IoT and renewable energy resources. *International Journal of Engineering Research & Technology*. 2018;7(6):1–5.
- [7] Sharma P, Singh D. Solar powered smart street lighting system based on IoT. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*. 2017;6(7):5523–5528.
- [8] Kusuma A, Santoso H. Rancang bangun sistem monitoring energi berbasis IoT pada penerangan jalan umum. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*. 2021;9(3):145–152.