

Pengembangan Prototipe Smart Street Lighting Berbasis Solar Cell dengan Monitoring Jarak Jauh melalui Platform IoT

Muhammad Ilham Adi Perdana¹, Lukmanul Khakim^{2*}, Nurohim³

Program Studi Teknik Komputer, Universitas Harkat Negeri

Email: ¹milhamperdana@gmail.com, ^{2*}khakimthy@gmail.com, ³nurohim77@gmail.com

(Naskah masuk: 10 Oktober 2025, diterima untuk diterbitkan: 15 November 2025)

Abstrak: Penelitian ini mengembangkan sistem lampu jalan otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan sensor Light Dependent Resistor (LDR) dan solar cell sebagai sumber energi utama. Pengujian dilakukan untuk memverifikasi kinerja sistem, termasuk kemampuan sensor dalam mendeteksi perubahan intensitas cahaya serta fungsi otomatisasi lampu. Simulasi kondisi terang dilakukan dengan penyinaran menggunakan lampu senter, sedangkan kondisi gelap direpresentasikan dengan menutup sensor. Pengujian deteksi kondisi lampu dilakukan melalui pemutusan dan penyambungan kabel lampu pada relay untuk mensimulasikan keadaan lampu rusak maupun berfungsi normal. Hasil pengujian di Titik 1 Jalan Harapan Bersama menunjukkan bahwa sistem beroperasi sesuai rancangan. Lampu tetap mati pada simulasi kondisi terang dan menyala pada kondisi gelap. Sistem juga mampu mengidentifikasi kondisi lampu yang tidak berfungsi melalui pembacaan sensor. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan menunjukkan performa yang baik dalam mengimplementasikan fungsi otomatisasi serta pemantauan kondisi lampu, sehingga berpotensi diterapkan sebagai solusi penerangan jalan yang efisien dan mandiri.

Kata Kunci – Smart Street Lighting; Solar Cell; IoT; Monitoring; Otomatisasi

Development of a Solar Cell–Based Smart Street Lighting Prototype with Remote Monitoring via an IoT Platform

Abstract: This study develops an automatic street lighting system based on the Internet of Things (IoT) by utilizing a Light Dependent Resistor (LDR) sensor and a solar cell as the primary energy source. System testing was conducted to verify overall performance, including the sensor's ability to detect changes in light intensity and the functionality of the lighting automation. Bright conditions were simulated by illuminating the sensor with a flashlight, while dark conditions were represented by covering the sensor. Lamp condition detection tests were performed by disconnecting and reconnecting the lamp cable via a relay to simulate both faulty and normal operating states. The test results at Point 1 of Harapan Bersama Street indicate that the system operates in accordance with the design specifications. The lamp remains off under simulated bright conditions and turns on under dark conditions. The system is also capable of identifying non-functional lamp conditions through sensor readings. Overall, the developed system demonstrates good performance in implementing automation and lamp condition monitoring functions, indicating its potential application as an efficient and self-sustaining street lighting solution.

Keywords – Smart Street Lighting; Solar Cell; Internet of Things (IoT); Monitoring; Automation

1. PENDAHULUAN

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan infrastruktur esensial yang berperan dalam meningkatkan keselamatan, kenyamanan, dan keamanan masyarakat pada malam hari. Namun, tingginya jumlah instalasi PJU menyebabkan meningkatnya konsumsi energi listrik dan membebani anggaran pemerintah daerah, sehingga diperlukan inovasi sistem penerangan yang lebih efisien dan berkelanjutan. Pemanfaatan energi matahari melalui PJU tenaga surya menjadi salah satu solusi karena mampu mengurangi ketergantungan pada jaringan listrik konvensional dan menekan biaya operasional [1][2]. Meskipun demikian, teknologi ini memiliki keterbatasan, terutama terkait kebutuhan pemeliharaan panel surya secara rutin untuk menjaga efisiensi konversi energi [3]. Debu, polusi, dan kondisi iklim tropis Indonesia dapat menurunkan kinerja panel, sehingga memerlukan alokasi biaya tambahan bagi tenaga kerja dan perawatan. Tantangan ini menunjukkan perlunya pengembangan sistem PJU tenaga surya yang lebih adaptif, efisien, dan mudah dikelola.

Jalan raya berperan strategis sebagai penghubung antarwilayah dan pendukung aktivitas sosial-ekonomi, sehingga ketersediaan penerangan jalan yang memadai menjadi aspek krusial bagi keselamatan dan keamanan pada malam hari. Kekurangan Penerangan Jalan Umum (PJU) terbukti meningkatkan risiko kecelakaan dan kriminalitas, sehingga menurunkan rasa aman masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan sistem penerangan yang efisien dan andal. PJU berbasis tenaga surya menjadi solusi alternatif melalui pemanfaatan panel photovoltaic sebagai sumber energi, baterai sebagai penyimpan daya, serta solar charge controller untuk mengatur proses pengisian dan perlindungan baterai [4][5]. Penggunaan lampu LED serta sensor Light Dependent Resistor (LDR) memungkinkan pengoperasian otomatis yang lebih hemat energi.

Seiring meningkatnya kebutuhan energi global dan dorongan menuju pemanfaatan energi terbarukan, energi surya menjadi pilihan yang menjanjikan karena ketersediaannya yang melimpah dan biaya operasional yang rendah. Implementasi teknologi ini pada sistem penerangan jalan merupakan langkah strategis untuk meningkatkan efisiensi energi sekaligus mendukung pembangunan berkelanjutan.

Penelitian yang dilakukan oleh A.E. Restu Anugrah A.N. (2022) mengkaji perancangan sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJU-TS) komunal di Desa Kurai Taji, Kecamatan Pariaman Selatan, Kota Pariaman. Studi tersebut bertujuan mendeskripsikan rancangan PJU-TS berbasis panel surya dan lampu LED yang beroperasi secara mandiri tanpa jaringan listrik konvensional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem komunal yang dikembangkan mampu berfungsi dengan baik, sesuai dengan spesifikasi perancangan, serta memenuhi prosedur pemasangan. Energi matahari menjadi satu-satunya sumber daya yang digunakan dalam sistem tersebut [6].

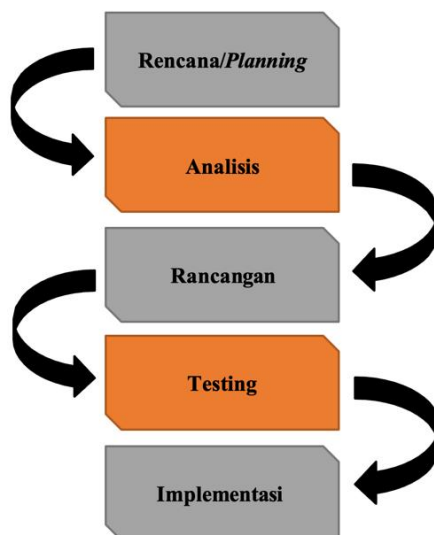
Penelitian oleh Arief Bagus Dermawan dkk. (2020) mengembangkan sistem lampu penerangan jalan otomatis yang dikendalikan berdasarkan intensitas cahaya dan keberadaan kabut atau asap. Arduino Uno berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang memproses data dari sensor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa lampu menyala ketika intensitas cahaya yang terdeteksi LDR berada di atas 400 lux dan mati ketika nilai tersebut berada di bawah 400 lux. Selain itu, keberadaan kabut atau asap dengan nilai resistansi sekitar 150 juga memicu lampu untuk menyala. Namun, pengujian berbasis waktu menunjukkan bahwa pola nyala lampu bersifat tidak stabil karena bergantung pada variasi intensitas cahaya yang diterima sensor [7].

Penelitian oleh Denny Yapari dkk. (2021) merancang sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) cerdas berbasis Arduino Uno R3 yang memanfaatkan energi matahari dan dilengkapi mekanisme pengaturan intensitas cahaya secara otomatis. Sistem ini mampu menyesuaikan tingkat pencahayaan berdasarkan deteksi objek sehingga konsumsi energi menjadi lebih efisien [8].

Berdasarkan berbagai pemaparan tersebut, penelitian ini berupaya merancang dan mengembangkan prototipe sistem penerangan jalan pintar sebagai solusi teknologi yang lebih efisien, adaptif, dan ekonomis. Dengan integrasi Internet of Things (IoT), sistem penerangan dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh, sehingga meningkatkan efektivitas operasional sekaligus mengurangi biaya pemeliharaan. Inovasi ini diharapkan mampu memberikan manfaat nyata dalam mendukung keselamatan pengguna jalan pada malam hari dengan biaya yang lebih terjangkau serta meningkatkan keberlanjutan energi dalam sektor penerangan publik.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian yang dilakukan, metode yang digunakan sebagai acuan untuk mencapai tujuan penelitian adalah system development life cycle (SDLC) [9][10], di mana metode tersebut memiliki prosedur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode SDLC

2.1. *Planning*

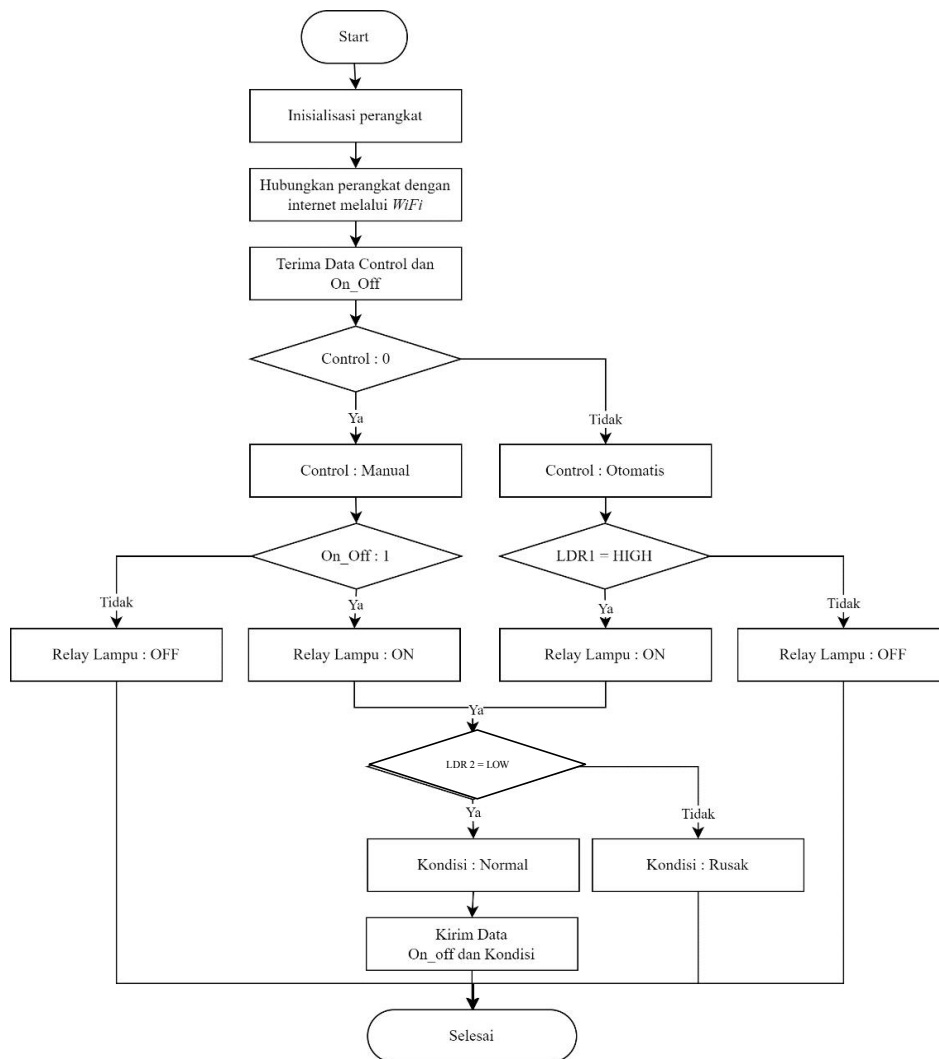
Tahap perencanaan merupakan fase awal dalam pelaksanaan penelitian, yang bertujuan merancang dan membangun prototipe lampu jalan otomatis berbasis IoT dengan sensor LDR dan solar cell. Produk yang dikembangkan difungsikan untuk mengimplementasikan serta mengevaluasi kinerja sistem otomatisasi pada lampu jalan. Proses perancangan memerlukan seperangkat komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang mendukung integrasi sensor dan sumber energi surya. Pengujian sistem dilakukan melalui beberapa tahapan, meliputi perancangan, analisis, serta pengumpulan data untuk menilai performa dan reliabilitas sistem. Alat dan bahan yang digunakan untuk sistem ini antara lain wemos D1 Mini, solar cell, LDR, relay.

2.2. *Analisis*

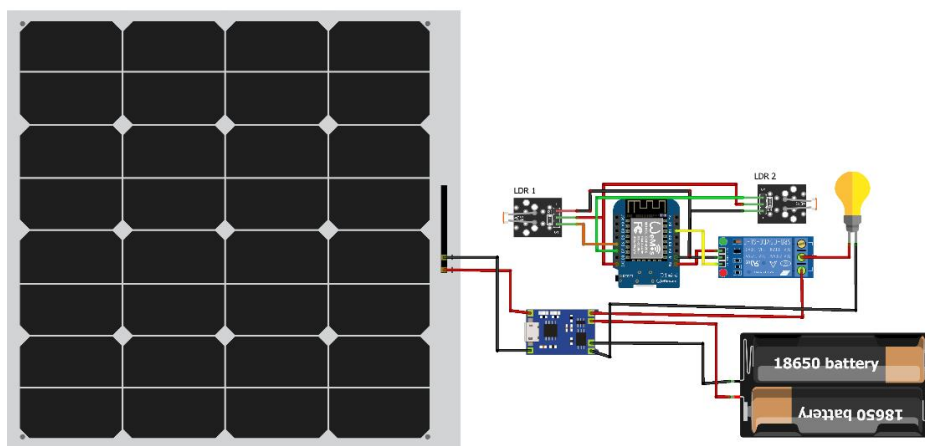
Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan di Desa Tembok Luwung atau lokasi observasi melalui wawancara untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna serta mengevaluasi kekurangan pada sistem yang akan dikembangkan. Jalan memiliki peran penting sebagai sarana mobilitas masyarakat di wilayah perkotaan maupun pedesaan, sehingga ketersediaan penerangan yang memadai pada malam hari menjadi faktor krusial bagi keselamatan pengguna jalan. Minimnya penerangan sering dikaitkan dengan meningkatnya risiko kecelakaan, tindak kriminalitas, dan pencurian, yang pada akhirnya menurunkan rasa aman dan kenyamanan masyarakat untuk melintasi area tersebut pada malam hari.

2.3. *Desain*

Perancangan sistem merupakan tahap lanjutan setelah proses analisis kebutuhan diselesaikan. Pada tahap ini, ditentukan komponen utama yang akan digunakan, yaitu Wemos D1 Mini sebagai modul IoT, solar cell sebagai sumber energi, sensor LDR sebagai pendeteksi intensitas cahaya, relay 1 channel sebagai saklar elektronik, lampu LED DC sebagai aktuator penerangan, serta baterai sebagai media penyimpanan energi. Selain perangkat keras, perancangan juga memerlukan perangkat lunak untuk pemrograman dan konfigurasi Wemos D1 Mini guna mengimplementasikan fungsi otomatisasi yang direncanakan.



Gambar 2. Alur kerja sistem penerangan jalan



Gambar 3. Skematik komponen menjadi sistem penerangan jalan pintar

2.4. Testing

Pengujian dilakukan untuk menilai tingkat keberhasilan prototipe yang telah dikembangkan serta mengevaluasi persentase ketercapaian fungsi sistem berdasarkan spesifikasi yang direncanakan. Tahap ini juga bertujuan mengidentifikasi berbagai kendala atau anomali yang muncul selama proses pengujian, sehingga dapat dilakukan perbaikan dan penyempurnaan sebelum sistem diimplementasikan secara nyata.

2.5. Implementasi

Hasil penelitian ini akan diuji secara langsung untuk mengevaluasi kinerja prototipe lampu jalan otomatis berbasis IoT dengan sensor LDR dan solar cell. Tahap pengujian bertujuan menilai efektivitas sistem serta mengidentifikasi dan memperbaiki potensi kesalahan yang muncul selama proses operasional. Setelah prototipe dinyatakan berfungsi dengan baik, sistem tersebut akan diimplementasikan pada lokasi sasaran, yaitu Desa Tembokluwung RT 09 RW 02.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Upaya yang dilakukan untuk memastikan perangkat berfungsi secara optimal, dilakukan serangkaian pengujian yang mencakup evaluasi kinerja sistem secara menyeluruh. Pengujian ini bertujuan memverifikasi bahwa seluruh fitur dan komponen yang dirancang mampu beroperasi sesuai spesifikasi serta memenuhi standar performa yang diharapkan.

Pengujian dilakukan untuk memastikan seluruh sensor berfungsi sesuai perannya dalam mendeteksi kondisi pencahayaan. Tahap awal pengujian mencakup verifikasi kontrol otomatis dengan menggunakan sensor LDR sebagai input utama [11][12]. Sensor LDR yang bertugas mendeteksi intensitas cahaya lingkungan diuji dengan memberikan cahaya menggunakan lampu senter untuk mensimulasikan kondisi terang, serta menutup sensor untuk mensimulasikan kondisi gelap. Sementara itu, sensor yang berfungsi mendeteksi kondisi lampu (baik atau rusak) diuji dengan memutus sambungan kabel lampu ke relay sebagai simulasi kerusakan, dan menghubungkannya kembali untuk mensimulasikan kondisi lampu berfungsi normal. Prosedur ini dilakukan untuk memastikan sistem mampu merespons perubahan kondisi secara akurat.

Setelah dilakukan serangkaian pengujian terhadap sistem kontrol otomatis, diperoleh hasil sebagai berikut. Pengujian pada Titik 1 Jalan Harapan Bersama dilakukan dengan menyinari sensor LDR1 untuk mensimulasikan kondisi siang hari. Pada kondisi tersebut, sistem beroperasi sesuai dengan yang diharapkan, di mana lampu tetap dalam keadaan mati. Ilustrasi hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengujian kontrol otomatis 1

Pengujian kontrol otomatis berikutnya pada Titik 1 Jalan Harapan Bersama dilakukan dengan mensimulasikan kondisi gelap, sehingga lampu berada dalam keadaan menyala. Selanjutnya, untuk mensimulasikan kondisi lampu rusak, lampu ditutup menggunakan kertas sehingga sistem mendeteksi tidak adanya cahaya dari sumber penerangan. Hasil pengujian tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian kontrol otomatis 2

Berdasarkan hasil pengujian pada Titik 1 Jalan Harapan Bersama, dapat disimpulkan bahwa perangkat mampu berfungsi dengan baik dalam mode kontrol otomatis dan bekerja sesuai dengan rancangan sistem. Hasil tersebut ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian kontrol otomatis 3

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem lampu jalan yang dikembangkan mampu beroperasi secara otomatis berdasarkan tingkat intensitas cahaya lingkungan. Sensor Light Dependent Resistor (LDR) menunjukkan kinerja yang efektif dalam mendeteksi perubahan pencahayaan, sehingga sistem dapat mengaktifkan lampu secara otomatis pada kondisi gelap dan menonaktifkannya kembali pada kondisi terang. Selain itu, sensor LDR juga berfungsi sebagai indikator kondisi operasional lampu, di mana nilai intensitas cahaya yang tinggi merepresentasikan lampu dalam kondisi berfungsi normal, sedangkan nilai intensitas cahaya yang rendah mengindikasikan adanya gangguan atau kerusakan pada lampu. Dengan demikian, sistem yang dirancang tidak hanya mampu mendukung otomatisasi penerangan jalan, tetapi juga menyediakan mekanisme pemantauan status lampu secara andal dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Ulum Mahfud et al., "Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Menggunakan Sistem Off-Grid untuk Meningkatkan Kemandirian Energi Masyarakat," 2025, doi: [10.24853/jpmt.7.2.137-142](https://doi.org/10.24853/jpmt.7.2.137-142).

- [2] Anisa Niwanda, Elsa Kardiana, Muhammad Arif, Putri Rahmadani, Ridho Amalan Saufi, and Suandro Mangihut Manik, "Analisis Potensi Pemanfaatan Energi Matahari Melalui Panel Surya di Kota Medan," *SOSIAL: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPS*, vol. 3, no. 3, pp. 01–11, Jun. 2025, doi: [10.62383/sosial.v3i3.967](https://doi.org/10.62383/sosial.v3i3.967).
- [3] F. Pijoh, B. D. PK, and L. P. Purba, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Energi Ramah Lingkungan yang Berkelanjutan," no. 2, Jun. 2024.
- [4] L. Khakim, A. H. Sulasmoro, and I. Afriliana, "Alat Peringatan Volume Septic Tank dan Netralisasi Kadar Sewer Gas Berbasis Mikrokontroler dan Teknologi Panel Surya," *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, vol. 12, no. 148, pp. 35–42, 2023, doi: [10.34010/komputika.v12i1.7538](https://doi.org/10.34010/komputika.v12i1.7538).
- [5] L. Khakim and E. Budihartono, "Performance Analysis of HC-SR04 and JSN-SRT04T Sensors for Optimization of Microcontroller-based Septic Tank Volume Monitoring Tools," *International Journal of Science*, vol. 6, no. 3, pp. 553–560, May 2025, [Online]. Available: <http://ijstm.inarah.co.id553>
- [6] A. Atmanegara, "Rancang Bangun Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya Sistem Komunal Untuk Jalan Lingkung Desa Simpang Kurai Taji," *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, vol. 2, no. 1, Oct. 2022.
- [7] A. B. Dermaawan, E. Apriaskar, and Djunaidi, "Lampu Penerangan Jalan Otomatis Berdasarkan Intensitas Cahaya Dan Keberadaan Kabut Atau Asap," *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro Undiksha*, vol. 9, no. 1, Apr. 2020.
- [8] D. Yapari, N. Nurdjan, and M. N. I. Daud, "Rancang Bangun Penerangan Jalan Umum (PJU) Cerdas Yang Dapat Mengatur Intensitas Cahaya Berbasis Arduino Uno R3," *INSECT*, vol. 7, 2021.
- [9] L. Khakim, I. Afriliana, N. Nurohim, and A. Rakhman, "Alat Proteksi Kebocoran Gas LPG Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler," *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, vol. 11, no. 1, pp. 40–47, 2022, doi: [10.34010/komputika.v11i1.4977](https://doi.org/10.34010/komputika.v11i1.4977).
- [10] C. Yandhika et al., "Sebuah Tinjauan Literatur Sistematis Tentang Metode Pengembangan Perangkat Lunak Sistem Informasi Berbasis Web A Systematic Literature Review of Web-Based Information Systems Software Development Methods," 2024.
- [11] M. A. M. Bindar, M. Nurhayati, I. F. Ashari, A. S. Tanjung, and V. Agustine, "Pengembangan Lampu Jalan Otomatis Berbasis Sensor Cahaya Sebagai Infrastruktur Cerdas di Desa Sukajadi Lampung," *Jurnal Ilmiah Pangabdhi*, vol. 11, no. 1, pp. 41–47, May 2025, doi: [10.21107/pangabdhi.v11i1.29471](https://doi.org/10.21107/pangabdhi.v11i1.29471).
- [12] D. Aribowo, G. Priyogi, and S. Islam, "Aplikasi Sensor Ldr (Light Dependent Resistor) Untuk Efisiensi Energi Pada Lampu Penerangan Jalan Umum," *Jurnal PROSISKO*, vol. 9, no. 1, Mar. 2022.