

RANCANG BANGUN SISTEM SENSOR OTOMATIS PADA ALAT PENERANGAN JALAN (APJ) DI JALAN BUKIT DHARMA RAYA JIMBARAN

I Wayan Darsana¹, I Wayan Sukerayasa², Cokorde Gede Indra Partha²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kab. Badung, Bali 80361

wayan.darsana070@student.unud.ac.id , sukerayasa@unud.ac.id , cokindra@unud.ac.id

ABSTRAK

Penerangan jalan berperan penting dalam menunjang keamanan dan kenyamanan masyarakat, terutama di malam hari, namun masih banyak wilayah seperti Jalan Bukit Dharma Raya Jimbaran yang belum memiliki sistem yang memadai. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem penerangan jalan cerdas berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan ESP32 Devkit V1 sebagai pusat kendali, sensor LDR, sensor ultrasonik, serta pengatur intensitas cahaya AC Light Dimmer yang bekerja otomatis sesuai waktu dan kondisi lalu lintas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja efisien dan adaptif, mampu menghemat energi hingga 17,6% dan biaya sebesar Rp 54,39 dibandingkan sistem manual, dengan tingkat efisiensi yang bervariasi tergantung aktivitas pengguna jalan. Prototipe ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi dan memberikan solusi penerangan adaptif yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung kota pintar yang berkelanjutan.

Kata kunci : Penerangan jalan, Internet of Things (IoT), ESP32 DevkitV1, sensor LDR, sensor ultrasonik, AC Light Dimmer, efisiensi energi, otomatisasi pencahayaan.

ABSTRACT

Street lighting plays a crucial role in supporting public safety and comfort, especially at night. However, many areas, such as Jalan Bukit Dharma Raya Jimbaran, still lack adequate lighting systems. This study designs and implements an intelligent street lighting system based on the Internet of Things (IoT), utilizing the ESP32 Devkit V1 as the central controller, along with an LDR sensor, ultrasonic sensor, and an AC Light Dimmer to automatically adjust light intensity according to time and traffic conditions. Test results show that the system operates efficiently and adaptively, achieving energy savings of up to 17.6% and cost savings of Rp 54.39 compared to a manual system, with efficiency levels varying depending on road user activity. The prototype has proven effective in enhancing energy efficiency and offers an adaptive lighting solution that can be further developed to support the concept of a sustainable smart city.

Key Words : Street lighting, Internet of Things (IoT), ESP32 DevkitV1, LDR sensor, ultrasonic sensor, AC Light Dimmer, energy efficiency, lighting automation.

1. PENDAHULUAN

Jalan sebagai sarana transportasi utama memiliki peran penting dalam mendukung aktivitas masyarakat, baik di kawasan perkotaan maupun pedesaan [1]. Salah satu aspek krusial yang mendukung keamanan dan kenyamanan pengguna jalan adalah penerangan yang memadai,

terutama pada malam hari. Penerangan jalan tidak hanya membantu pengemudi dan pejalan kaki untuk melihat lebih jelas, tetapi juga dapat mengurangi risiko kecelakaan serta meningkatkan rasa aman di lingkungan sekitar pada malam hari. Namun, kondisi ini belum sepenuhnya terwujud di beberapa wilayah, seperti di

Jalan Bukit Dharma Raya Jimbaran, yang hingga kini belum dilengkapi dengan fasilitas penerangan sama sekali. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi yang segera untuk menyediakan penerangan jalan yang efektif guna mendukung keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan di kawasan tersebut.

Peningkatan populasi serta urbanisasi dari waktu ke waktu mendorong kebutuhan mendesak akan sistem penerangan jalan yang lebih cerdas dan efisien. Alat penerangan jalan tidak hanya berkontribusi pada keselamatan dan kenyamanan masyarakat saja, tetapi juga berperan besar dalam mengurangi konsumsi energi dan dampak lingkungan. Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Menteri Perhubungan No. 47 Tahun 2023 tentang Alat Penerangan Jalan, telah menetapkan regulasi yang jelas terhadap penggunaan teknologi yang lebih ramah lingkungan serta efisien dalam sistem penerangan jalan. Peraturan ini juga menekankan pentingnya penerapan teknologi yang dapat mengoptimalkan penggunaan energi serta mendukung upaya konservasi energi di seluruh wilayah Indonesia.

Penelitian ini mengacu dari penelitian dengan judul Aplikasi Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) Untuk Efisiensi Energi Pada Lampu Penerangan Jalan Umum sistem efisiensi energi pada lampu jalan umumnya dilakukan dengan menggunakan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) untuk mendeteksi intensitas cahaya lingkungan [2]. Pada penelitian sebelumnya, metode efisiensi ini diterapkan dengan memasang dua sensor LDR, satu dipasang pada lampu untuk mendeteksi nilai tahanan cahayanya, dan satu lagi dipasang di atas lampu untuk mengukur intensitas cahaya lingkungan sekitar. Kedua nilai tahanan tersebut kemudian dibandingkan untuk menentukan kapan lampu harus menyala atau meredup, menyesuaikan dengan tingkat kecerahan lingkungan. Pembaruan dari penelitian ini adalah dengan tidak hanya mempertimbangkan faktor kecerahan

lingkungan, tetapi juga memasukkan variabel pejalan kaki dan kendaraan sebagai faktor penentu intensitas penerangan. Dengan demikian, lampu jalan tidak hanya akan menyala dan meredup berdasarkan kondisi cahaya di sekitar, tetapi juga akan diatur berdasarkan ada atau tidaknya pengguna jalan baik itu pejalan kaki atau pengendara.

Penerapan sistem sensor pada penerangan jalan memiliki peran yang sangat penting dalam meningkatkan efisiensi energi sekaligus menjaga keselamatan pengguna jalan. Melalui pemanfaatan sensor cahaya seperti LDR (*Light Dependent Resistor*), sistem dapat mendeteksi tingkat pencahayaan di lingkungan sekitar dan secara otomatis menyesuaikan intensitas lampu sesuai kebutuhan, misalnya saat cuaca cerah atau siang hari sehingga lampu dapat diredupkan atau dimatikan. Selain itu, penggunaan sensor ultrasonik memungkinkan sistem mendeteksi keberadaan kendaraan atau pejalan kaki di sekitar area lampu jalan, sehingga lampu dapat menyala lebih terang saat ada aktivitas dan meredup ketika kondisi sepi. Pendekatan ini tidak hanya menekan konsumsi listrik dan memperpanjang umur lampu, tetapi juga bekerja otomatis dan responsif tanpa perlu pengendalian manual terus-menerus, sehingga biaya operasional lebih hemat. Penerapan teknologi sensor pada penerangan jalan mendukung terwujudnya konsep kota pintar (*smart city*) yang berkelanjutan, ramah lingkungan, dan mampu meningkatkan kenyamanan serta keamanan masyarakat, khususnya saat malam hari.

Pada penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem sensor otomatis pada alat penerangan jalan sebagai upaya peningkatan efisiensi energi dan memenuhi standar keselamatan pengguna jalan. Dengan demikian, inovasi dalam penerangan jalan tidak hanya berfungsi untuk memenuhi kebutuhan dasar masyarakat saja tetapi juga sebagai langkah strategis dalam mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan. Sistem ini diharapkan menjadi model percontohan yang dapat diterapkan di Jalan Bukit Dharma Raya Jimbaran.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikrokontroler ESP32 DevkitV1

ESP32 merupakan mikrokontroler buatan Espressif Systems yang berbasis di Shanghai, Tiongkok, yang dirancang untuk menyediakan solusi konektivitas Wi-Fi mandiri sehingga dapat menghubungkan mikrokontroler ke jaringan nirkabel. Dalam sistem penerangan jalan, ESP32 memiliki peran penting karena mampu mengelola sambungan Wi-Fi dan memproses data secara efisien [3]. Melalui ESP32, lampu jalan dapat terintegrasi dengan jaringan *Internet of Things* (IoT) dan berkomunikasi langsung dengan server pusat atau aplikasi kontrol secara real-time. Perangkat ini juga dapat diprogram untuk mengatur waktu penyalaan dan pemadaman lampu berdasarkan deteksi sensor cahaya atau sesuai jadwal tertentu, sehingga lampu hanya menyala saat diperlukan, seperti saat gelap atau di jam tertentu. Dengan demikian, pemanfaatan ESP32 mendukung terwujudnya *smart city* melalui sistem pencahayaan jalan yang lebih efisien, terkelola, dan responsif terhadap kondisi sekitar.



Gambar 1. Mikrokontroler ESP32 DevkitV1
Sumber: [4]

2.2 Sensor Cahaya LDR

Sensor cahaya LDR berfungsi menangkap fenomena fisik atau kimia, lalu mengubahnya menjadi sinyal listrik berupa arus atau tegangan [5]. Stimulus fisik yang dapat memicu sensor ini meliputi cahaya, suhu, tekanan, gaya, medan magnet, hingga gerakan. *Light Dependent Resistor* (LDR) sendiri berbentuk cakram semikonduktor dengan dua elektroda di permukaannya, di mana nilai resistansi akan berubah sesuai intensitas cahaya yang diterima. Dalam kondisi gelap, resistansinya dapat mencapai sekitar 10 Ω , sedangkan saat terang turun menjadi 1 k Ω atau lebih rendah. LDR biasanya dibuat dari material semikonduktor seperti cadmium sulfide yang mampu melepaskan lebih banyak muatan listrik

ketika terkena cahaya, sehingga meningkatkan arus listrik dan menurunkan resistansi. LDR bekerja dengan prinsip bahwa saat kondisi gelap atau cahaya lemah, jumlah elektron bebas yang dihasilkan sedikit sehingga hambatannya tinggi, sedangkan saat terkena cahaya terang, elektron bebas bertambah sehingga LDR menjadi lebih konduktif dan resistansinya menurun. Sensor ini pada dasarnya mengonversi energi cahaya menjadi energi listrik untuk berbagai aplikasi.



Gambar 2. Sensor LDR
Sumber: [6]

2.3 Sensor Ultrasonik

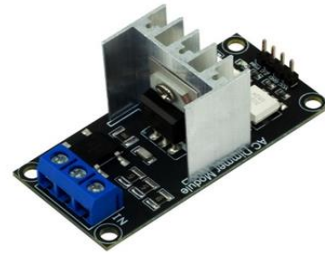
Gelombang ultrasonik adalah gelombang akustik dengan frekuensi antara 20 kHz hingga sekitar 20 MHz, dan frekuensi kerjanya dapat bervariasi tergantung pada medium yang dilalui, baik gas, cair, maupun padat [7]. Sensor ultrasonik berfungsi mengubah energi bunyi menjadi sinyal listrik, dengan gelombang ultrasonik dihasilkan oleh material piezoelektrik yang memancarkan gelombang berfrekuensi sekitar 40 kHz saat dialiri osilator. Sensor jenis ini umumnya digunakan dalam aplikasi pengukuran jarak tanpa sentuhan, di mana sensor memancarkan gelombang ultrasonik ke arah target dan kemudian mendeteksi gelombang pantulannya. Sistem ini menghitung jarak dengan mengukur selang waktu dari pemancaran hingga penerimaan kembali gelombang, berdasarkan kecepatan rambat suara di medium tersebut. Komponen utama sensor ultrasonik terdiri dari *transmitter*, *receiver*, dan *komparator*, sedangkan sumber gelombangnya berasal dari kristal tipis yang bersifat piezoelektrik..



Gambar 3. Sensor Ultrasonik
Sumber: [8]

2.4 AC Light Dimmer

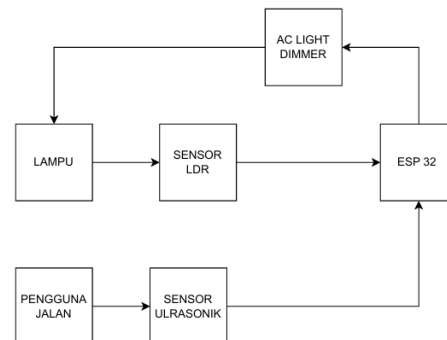
AC dimmer adalah rangkaian yang berfungsi untuk mengatur besarnya tegangan AC yang disuplai ke perangkat tertentu. Modul *AC Light Dimmer* sendiri merupakan jenis *AC dimmer* yang dapat dikendalikan secara langsung menggunakan sinyal PWM dari mikrokontroler [9]. Modul ini dilengkapi dengan pin *zero cross detector* yang membantu mikrokontroler menentukan waktu yang tepat untuk mengirimkan sinyal PWM, sehingga pengaturan tegangan menjadi lebih presisi. Secara umum, modul ini terdiri dari beberapa komponen utama yang dirangkai menjadi satu, seperti tiga resistor, satu triac, dua diac, satu optocoupler, serta dua pin untuk sambungan beban (LOAD) dan dua pin untuk input listrik (AC-IN). Modul *AC Light Dimmer* dapat dikontrol oleh berbagai mikrokontroler seperti Arduino, NodeMCU, Raspberry Pi, dan lain-lain. Dalam sistem rancangan ini, modul tersebut dipilih karena keberadaan fitur *zero crossing detector* yang memungkinkan sinkronisasi sinyal PWM dengan arus AC. Tanpa sinkronisasi yang tepat, kontrol triac akan menghasilkan sinyal output yang tidak stabil, sehingga fungsi dimmer tidak berjalan sebagaimana mestinya. Modul ini mendukung rentang tegangan AC mulai dari 110 V hingga 220 V.



Gambar 4. AC Light Dimmer
Sumber: [10]

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Workshop & Instalasi Listrik Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Kampus Bukit, Jimbaran. Penelitian ini dikerjakan selama enam bulan, yaitu dari Bulan Januari 2025 sampai dengan Bulan Juni 2025. Pemilihan tempat dan waktu tersebut didasarkan ketersediaan fasilitas dan peralatan yang diperlukan untuk melakukan pengujian dan analisis data.



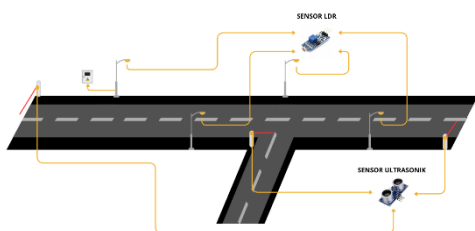
Gambar 5. Skematik Sistem
Sumber: Data Primer

Sistem sensor dimulai dari bagian sensor ultrasonik yang mendeteksi pengguna jalan dimana jika ada pengguna jalan yaitu pengguna trotoar dan pengguna kendaraan yang melewati sensor ultrasonik, maka sensor ultrasonik akan mengirim data hasil deteksi tersebut ke Mikrokontroler ESP32 Devkit V1, setelah itu ESP32 akan memproses data yang dikirimkan oleh sensor ultrasonik dan melanjutkannya ke AC Light Dimmer. Sistem sensor ini juga meliputi sensor cahaya LDR yang memantau nilai intensitas cahaya pada setiap lampu. Sensor cahaya LDR akan

mengirimkan data hasil deteksi nilai intensitas cahaya tersebut ke ESP32 yang nantinya data tersebut akan diakses pengguna Telegram.

Sistem kontrol meliputi AC Light Dimmer yang memiliki fungsi untuk mengontrol intensitas cahaya. AC Light Dimmer sebagai pengatur tingkat kecerahan cahaya lampu untuk menyesuaikan intensitas cahaya sesuai kebutuhan dan menciptakan pencahayaan otomatis. Lampu akan menyala selama 12 jam dari pukul 18.00 – 06.00. Pada kondisi tidak ada pengguna jalan, lampu menyala 50% pada pukul 18.00 – 00.00 dan menyala 25% pada pukul 00.01 – 06.00. AC Light Dimmer akan bekerja setelah menerima data hasil deteksi sensor ultrasonik, AC Light Dimmer ini akan memproses dan meningkatkan intensitas cahaya lampu, dimana ketika terdapat pengguna jalan pada Jalan Bukit Dharma Raya Jimbaran, lampu akan menyala 100% selama 118 detik untuk pejalan kaki dan 27 detik untuk kendaraan serta pada Jalan Bukit Dharma I Jimbaran lampu akan menyala 100% selama 86 detik jika pengguna jalan terdeteksi.

Penelitian ini bertujuan merancang sistem sensor untuk penerangan jalan umum (APJ) guna meningkatkan efisiensi dan performa lampu jalan. Sistem ini dirancang agar dapat secara otomatis memantau kondisi jalan, mendeteksi kehadiran pengguna jalan, serta mengidentifikasi kerusakan lampu. Terdiri dari dua jenis sensor utama, yaitu sensor cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) dan sensor ultrasonik, masing-masing memiliki peran berbeda namun saling mendukung dalam pengelolaan dan pengendalian penerangan jalan, seperti ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Sistem Sensor pada APJ
Sumber : Data Primer

Sensor cahaya LDR digunakan untuk mendeteksi tingkat intensitas cahaya pada APJ, dipasang tepat di bawah lampu setiap unit APJ. Sensor ini bekerja dengan mengubah nilai resistansi sesuai dengan jumlah cahaya yang diterima; ketika lampu APJ menyala, sensor akan membaca intensitas cahaya yang dipancarkan. Dari data ini, sistem dapat mengevaluasi apakah lampu berfungsi normal atau mengalami kerusakan. Sebagai contoh, saat lampu menyala penuh (100%) resistansi tercatat ≤ 1.700 , pada intensitas 50% resistansi ≤ 2.000 , 25% ≤ 2.900 , dan saat lampu mati tercatat sekitar 4095. Data ini juga bermanfaat untuk menganalisis kondisi pencahayaan lampu APJ. Sementara itu, sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi kehadiran pengguna jalan seperti pejalan kaki maupun kendaraan. Sensor ini dipasang di sisi trotoar dan sekitar 10 meter sebelum titik APJ, sehingga pengguna jalan dapat terdeteksi lebih awal. Sensor bekerja dengan memancarkan gelombang suara berfrekuensi tinggi, kemudian mengukur waktu pantulannya untuk menentukan jarak objek sesuai jangkauan deteksi yang ditetapkan (lihat Tabel 1.).

Tabel 1. Klasifikasi Deteksi Sensor Ultrasonik

Jarak Yang Terdeteksi	Jenis Pengguna Jalan
0 – 2 meter	Pejalan kaki pada Jalan Bukit Dharma Raya Jimbaran
2 – 5,2 meter	Kendaraan pada Jalan Bukit Dharma Raya Jimbaran
0 – 2 meter	Pejalan kaki/Kendaraan pada Jalan Bukit Dharma I Jimbaran

Sensor ultrasonik dipasang untuk mendeteksi keberadaan pejalan kaki atau kendaraan pada Jalan Bukit Dharma I Jimbaran. Saat sensor mendeteksi adanya pengguna jalan, lampu jalan yang awalnya

redup (25% atau 50%) akan ditingkatkan menjadi 100% guna memberikan penerangan maksimal. Berdasarkan data penelitian, rata-rata kecepatan pejalan kaki adalah sekitar 1,28 m/detik, sehingga untuk melintasi jarak 150 meter, lampu akan tetap menyala penuh selama kurang lebih 1 menit 58 detik. Sementara itu, untuk kendaraan dengan kecepatan bervariasi, waktu tempuh terpendek dipakai sebagai acuan dan dibulatkan menjadi sekitar 27 detik agar lampu tetap menyala cukup lama saat kendaraan melintas. Selain itu, ditetapkan juga durasi khusus berdasarkan jarak terpanjang jalur yang sering dilalui, yaitu sejauh 110 meter, yang dihitung menggunakan kecepatan pejalan kaki, sehingga lampu akan tetap menyala penuh selama sekitar 1 menit 26 detik. Dengan pengaturan ini, sistem sensor membantu memastikan lampu selalu memberikan penerangan optimal sesuai kondisi lalu lintas, baik untuk pejalan kaki maupun kendaraan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian dan Analisis Prototipe APJ Pada Pukul 18.00 – 00.00

Pengujian prototipe APJ pada pukul 18.00 – 00.00 dilakukan langsung di Jalan Bukit Dharma Raya Jimbaran dan Jalan Bukit Dharma I Jimbaran dimana didapatkan hasil pengujian sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian dan Analisis Prototipe APJ Pada Pukul 18.00 – 00.00

Kondisi Jalan	Intensitas Cahaya (%)	Nilai Resistansi Sensor Cahaya LDR				Sensor Ultrasonik (cm)			Waktu (s)
		1	2	3	4	1	2	3	
Tidak ada pengguna jalan	50	1.247	1.389	1.203	1.372	0	0	0	-
Sepeda motor	100	481	542	554	511	322	0	0	27
Mobil	100	514	578	532	547	0	0	253	27
Pejalan kaki	100	543	621	590	616	0	27	0	86
Dua pengguna jalan	100	512	634	597	543	254	0	28	140
Tidak ada pengguna jalan dengan lampu 1 dan 4 mati	50/0	4.095	1.438	1.321	4.095	0	0	0	-

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil merespons berbagai kondisi pengguna jalan. Saat jalan kosong, lampu menyala pada intensitas 50% dengan resistansi sensor cahaya LDR stabil, dan sensor ultrasonik tidak mendeteksi objek. Ketika sepeda motor atau mobil terdeteksi, lampu otomatis meningkat ke 100% selama 27 detik, sedangkan untuk pejalan kaki lampu menyala penuh lebih lama, sekitar 86 detik. Dalam kasus dua pengguna jalan terdeteksi, sistem menyesuaikan durasi lampu menyala hingga total sekitar 140 detik agar penerangan tetap optimal. Sensor cahaya LDR juga mampu mendeteksi lampu padam melalui nilai resistansi maksimum, sedangkan sensor ultrasonik akurat membaca jarak objek. Secara keseluruhan, sistem ini dapat mengatur intensitas dan durasi lampu secara otomatis, mendukung efisiensi energi dan meningkatkan keamanan penerangan jalan.

4.2. Pengujian dan Analisis Prototipe APJ Pada Pukul 00.01 – 06.00

Pengujian prototipe APJ pada pukul 00.01 – 06.00 dilakukan langsung di Jalan Bukit Dharma Raya Jimbaran dan Jalan Bukit Dharma I Jimbaran dimana didapatkan hasil pengujian sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian dan Analisis Prototipe APJ Pada Pukul 00.01 – 06.00

Kondisi Jalan	Intensitas Cahaya (%)	Nilai Resistansi Sensor Cahaya LDR				Sensor Ultrasonik (cm)			Waktu (s)
		1	2	3	4	1	2	3	
Tidak ada pengguna jalan	25	3.171	3.010	2.987	2.913	0	0	0	-
Sepeda motor	100	494	555	567	524	257	0	0	27
Mobil	100	474	536	548	512	0	0	291	27
Pejalan kaki	100	513	551	563	521	31	0	0	118
Dua pengguna jalan	100	498	529	572	538	0	29	27	130
Tidak ada pengguna jalan dengan lampu 2 dan 3 mati	25/0	3.223	4.095	4.095	2.993	0	0	0	-

Berdasarkan pengujian, diperoleh data sensor cahaya LDR, sensor ultrasonik, dan waktu nyala lampu sesuai berbagai kondisi. Saat jalan kosong, lampu menyala pada intensitas 25% dengan resistansi LDR stabil

dan sensor ultrasonik tidak mendeteksi objek. Ketika sepeda motor atau mobil terdeteksi, lampu otomatis naik ke 100% selama 27 detik, dan resistansi tetap stabil antar lampu. Untuk pejalan kaki, lampu menyala penuh lebih lama, yaitu sekitar 118 detik. Pada skenario dua pengguna jalan, sistem menyesuaikan durasi lampu menyala menjadi total 118 detik agar tetap aman. Sementara itu, saat dua lampu padam, sensor LDR berhasil mendeteksi kondisi ini melalui nilai resistansi maksimum. Secara keseluruhan, sistem terbukti responsif mendeteksi keberadaan dan jenis pengguna jalan lewat sensor ultrasonik, otomatis mengatur intensitas cahaya dengan *AC Light Dimmer*, serta memantau kondisi lampu melalui sensor LDR secara akurat, mendukung efisiensi dan keandalan penerangan jalan.

4.3. Hasil Pengujian dan Analisis

Efisiensi Energi pada Prototipe APJ

Pengujian dan analisis efisiensi energi pada prototipe Alat Penerangan Jalan (APJ) bertujuan membandingkan konsumsi energi antara sistem penerangan otomatis dan sistem tanpa kontrol otomatis. Pengukuran dilakukan selama dua jam untuk masing-masing kondisi, di mana sistem efisiensi mengatur intensitas cahaya secara adaptif—50% dan 25% saat tidak ada aktivitas pengguna jalan, serta 100% saat pengguna jalan terdeteksi. Pengujian dilaksanakan di dua lokasi, yaitu Jalan Bukit Dharma Raya dan Jalan Bukit Dharma I, Jimbaran. Di lokasi pertama, sistem mencatat 56 pengguna kendaraan dan 6 pejalan kaki, sedangkan di lokasi kedua tercatat 8 pengguna kendaraan dan 3 pejalan kaki.

Hasil biaya tersebut merupakan hasil dengan menyesuaikan tarif PLN untuk penerangan jalan umum sebesar Rp 1.699,53 per kWh. Untuk menghitung persentase efisiensi energi maka digunakan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \% \text{Efisiensi Energi} &= \left(\frac{|\text{Energi awal} - \text{Energi Akhir}|}{\text{Energi awal}} \right) \times 100\% \\ \% \text{Efisiensi Energi} &= \left(\frac{|0,17 - 0,14|}{0,17} \right) \times 100\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, penggunaan sistem efisiensi energi menghasilkan penghematan sebesar 17,6% dibandingkan sistem tanpa kontrol, dengan potensi penghematan biaya sebesar Rp 54,39. Tingkat efisiensi energi sangat dipengaruhi oleh frekuensi aktivitas pengguna jalan—semakin rendah aktivitas, semakin besar potensi penghematan karena durasi pencahayaan penuh menjadi lebih singkat, meskipun pada area padat lalu lintas sistem tetap lebih hemat dibanding sistem manual.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dari penelitian, perancangan, pengujian, dan implementasi Rancang Bangun Sistem Sensor Otomatis pada Alat Penerangan Jalan (APJ) di Jalan Bukit Dharma Raya Jimbaran adalah sebagai berikut.

1. Sistem sensor otomatis menggunakan sensor ultrasonik berhasil mendeteksi keberadaan pengguna jalan dengan jangkauan deteksi efektif dari satu arah karena hanya menerapkan sensor ultrasonik di satu arah saja sehingga sistem ini mampu membaca lalu lintas dari satu arah dan mampu mengaktifkan lampu secara otomatis. Selain itu, nilai resistansi sensor LDR pada setiap lampu diuji sebelum dan sesudah kalibrasi, dengan hasil rata-rata nilai resistansi sudah seragam, menunjukkan kondisi nyala lampu yang stabil dan dapat digunakan sebagai indikator tingkat pencahayaan sehingga dapat mengetahui kondisi lampu.
2. Sistem kontrol lampu otomatis berhasil mengatur intensitas cahaya menggunakan *AC Light Dimmer* berdasarkan kondisi lalu lintas yang dideteksi oleh sensor ultrasonik. Pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat menyesuaikan nyala lampu dalam empat tingkat pencahayaan, yaitu 0%, 25%, 50%, dan 100% sehingga sistem kontrol otomatis berhasil.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Susanti, P. D., & Sabardila, A. (2023). Pembangunan Jalan dan Jembatan Penghubung Akibat Bendungan Jlantah di Desa Tlobo dan Karang Sari. *Jurnal Administrasi Publik dan Pembangunan*, 5(1), 57.
- [2] Desmira, D. (2022). Aplikasi Sensor Ldr (Light Dependent Resistor) Untuk Efisiensi Energi Pada Lampu Penerangan Jalan Umum: Aplikasi Sensor Ldr (Light Dependent Resistor) Untuk Efisiensi Energi Pada Lampu Penerangan Jalan Umum. *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer*, 9(1), 21–29.
- [3] Yazid, Y. A. M., & Permana, R. A. (2023). Prototipe Monitoring Lampu Jalan Otomatis Menggunakan Mikrokontroler ESP32 dan Api BOT Telegram. 2.
- [4] Mohanan, V. (2025, May 6). Interfacing ASAIR DHT20 temperature & humidity sensor with Arduino. *CIRCUITSTATE Electronics*. Diakses dari <https://www.circuitstate.com/latest-posts/>
- [5] Desmira, D. (2022). APLIKASI SENSOR LDR (LIGHT DEPENDENT RESISTOR) UNTUK EFISIENSI ENERGI PADA LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM: APLIKASI SENSOR LDR (LIGHT DEPENDENT RESISTOR) UNTUK EFISIENSI ENERGI PADA LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM. *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer*, 9(1), 21–29.
- [6] Electroduino. (2020, May 25). Arduino Tutorial #1 – Introduction to LDR Sensor ElectroDuino. Retrieved July, 2025, from <https://www.electroduino.com/>
- [7] Arief, U. M. (2011). Pengujian Sensor Ultrasonik PING untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air. 09.
- [8] Aris Prastyo, E. (2022, September). Pengertian dan Penjelasan tentang Sensor Jarak Ultrasonik. *Arduino Indonesia*. Diakses from *Arduino Indonesia* website
- [9] Artha Lesmana, D. D., Arsa Suyadnya, I. M., & Shandyasa, I. W. (2023). RANCANG BANGUN PERANGKAT KERAS SISTEM SMART LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS INTERNET OF THINGS GUNA MENDUKUNG IMPLEMENTASI SMART CITY. *Jurnal SPEKTRUM*, 10(3), 21.
- [10] RobotDyn. (2023, 2 November). AC Dimmer Module, 1 Channel, 3.3 V/5 V logic, AC 50/60 Hz, 110 V–400 V. Diambil dari RobotDyn website: RobotDyn