

SISTEM LAMPU PINTAR LOW-VOLTAGE DENGAN KONTROL APLIKASI BLYNK UNTUK EFISIENSI ENERGI RUMAH TANGGA

Arian Jatiaji Wicaksono^{1*}, Muhammad Baharuddin Hussein², Muhammad Afdal Dzikri Maulana³

^{1,2,3}Universitas Singaperbangsa Karawang; Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur Karawang, Jawa Barat 41361; (0267) 641177

Keywords:

Blynk;
Energy Efficiency;
ESP32;
Low-Voltage;
Smart Home.

Correspondent Email:

arian.jtj@gmail.com

Abstrak. Konsumsi energi listrik yang tidak terkontrol pada sektor rumah tangga sering kali disebabkan oleh manajemen pencahayaan yang tidak efisien. Penelitian ini bertujuan merancang bangun sistem kendali lampu pintar *low-voltage* yang mengintegrasikan otomatisasi sensor lingkungan dengan fleksibilitas kendali jarak jauh berbasis *Internet of Things* (IoT). Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses utama, sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) untuk deteksi intensitas cahaya, serta aplikasi Blynk sebagai antarmuka pengguna. Sistem dikembangkan dengan mekanisme *hybrid*, memungkinkan lampu beroperasi secara mandiri saat kondisi gelap dan dapat diintervensi secara manual melalui konektivitas Wi-Fi. Hasil pengujian menunjukkan sistem memiliki responsivitas tinggi dengan latensi kontrol rata-rata di bawah 1 detik dan akurasi pembacaan sensor yang presisi dalam membedakan kondisi siang dan malam. Implementasi sistem ini terbukti mampu mengeliminasi penggunaan energi yang sia-sia melalui penjadwalan otomatis dan pemantauan *real-time*, serta menawarkan solusi keamanan instalasi listrik melalui arsitektur tegangan rendah.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. Uncontrolled electricity consumption in the household sector is frequently attributed to inefficient lighting management. This study aims to design and construct a low-voltage smart lamp control system that integrates environmental sensor automation with the flexibility of Internet of Things (IoT)-based remote control. The research method employs an experimental approach utilizing the ESP32 microcontroller as the main processing unit, an LDR (*Light Dependent Resistor*) sensor for light intensity detection, and the Blynk application as the user interface. The system is developed with a hybrid mechanism, allowing the lamp to operate autonomously in low-light conditions while permitting manual intervention via Wi-Fi connectivity. Test results demonstrate high system responsiveness with an average control latency of under 1 second and precise sensor accuracy in distinguishing day and night conditions. The implementation of this system proves capable of eliminating wasteful energy usage through automatic scheduling and real-time monitoring, while offering electrical installation safety solutions through a low-voltage architecture.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) di era Revolusi Industri 4.0 telah

mengubah paradigma interaksi manusia dengan perangkat elektronik, khususnya dalam ekosistem *Smart Home*. Konsep rumah pintar

menawarkan otomatisasi yang tidak hanya meningkatkan kenyamanan tetapi juga efisiensi energi, sebuah isu krusial mengingat konsumsi listrik sektor rumah tangga terus meningkat setiap tahunnya [1]. Salah satu sumber inefisiensi terbesar adalah kelalaian mematikan lampu saat tidak digunakan, yang berkontribusi signifikan terhadap pemborosan energi dan biaya listrik bulanan [2], [3], [4]. Oleh karena itu, diperlukan sistem kendali cerdas yang mampu meminimalisir ketergantungan pada intervensi manual manusia.

Berbagai pendekatan teknologi telah dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Desmira (2022) merancang sistem penerangan otomatis berbasis sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) [5]. Meskipun mampu bekerja mandiri, sistem ini memiliki keterbatasan fatal berupa ketiadaan fitur kendali jarak jauh, sehingga sulit dikelola jika terjadi anomali pada sensor. Di sisi lain, Efendi (2018) menawarkan solusi kontrol berbasis aplikasi *mobile* menggunakan Raspberry Pi [6]. Namun, penggunaan *platform* tersebut dinilai kurang efisien dari segi biaya (*cost*) dan konsumsi daya untuk skala rumah tangga dibandingkan dengan mikrokontroler modern seperti ESP32.

Keunggulan ESP32 dalam sistem IoT telah divalidasi oleh penelitian Arifin dan Sunardi (2024) yang dipublikasikan di jurnal JITET. Studi tersebut menegaskan bahwa ESP32 memiliki performa komputasi *dual-core* dan konektivitas ganda yang sangat andal untuk sistem *monitoring* keamanan rumah, meskipun belum secara spesifik mengoptimalkan mekanisme pencahayaan hibrida untuk efisiensi energi luar ruang [7], [8]. Hal ini mengindikasikan adanya peluang pengembangan untuk memaksimalkan potensi ESP32 dalam manajemen pencahayaan yang adaptif.

Berdasarkan tinjauan tersebut, terdapat celah penelitian (*research gap*) di mana mayoritas sistem yang ada cenderung terpolarisasi: hanya otomatis penuh (sensor) atau manual penuh (aplikasi). Penelitian ini bertujuan mengisi kekosongan tersebut dengan merancang sistem lampu pintar *low-voltage* yang menerapkan mekanisme kendali *hybrid*. Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada integrasi sensor LDR untuk efisiensi pasif dan aplikasi Blynk untuk fleksibilitas aktif, serta penggunaan arsitektur tegangan rendah untuk

menjamin keamanan instalasi mandiri (*DIY*). Sistem ini diharapkan dapat memberikan solusi penghematan energi yang responsif, aman, dan terjangkau bagi masyarakat luas.

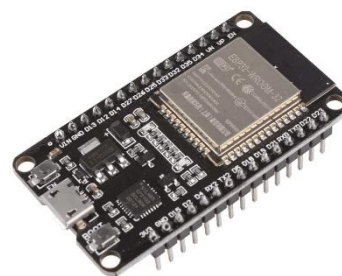
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) didefinisikan sebagai arsitektur jaringan yang menghubungkan objek fisik dengan dunia digital melalui protokol internet. Konsep ini mentransformasi perangkat elektronik konvensional menjadi perangkat cerdas yang mampu mengirim dan menerima data secara *real-time* [9]. Dalam konteks manajemen energi, implementasi IoT memungkinkan transisi dari sistem kendali manual menjadi sistem otomatisasi terpusat yang dapat diakses global.

2.2 Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah *System on Chip* (SoC) mikrokontroler yang mengintegrasikan modul Wi-Fi dan *Bluetooth* dalam satu kemasan. Perangkat ini ditenagai oleh prosesor Tensilica Xtensa LX6 32-bit (hingga 240 MHz) yang menawarkan performa komputasi lebih tinggi dibanding pendahulunya, ESP8266. Fitur krusial ESP32 dalam penelitian ini adalah ketersediaan pin ADC (*Analog to Digital Converter*) dengan resolusi 12-bit, yang memungkinkan pembacaan data sensor dengan presisi tinggi [10].



Gambar 1. ESP32

2.3 Sensor *Light Dependent Resistor* (LDR)

Sensor LDR merupakan komponen elektronika pasif yang nilai resistansinya berubah secara invers terhadap intensitas

cahaya yang diterima (efek fotokonduktivitas). Pada kondisi gelap, resistansi internal LDR meningkat signifikan, sedangkan pada kondisi terang resistansinya menurun drastis. Karena mikrokontroler membaca sinyal tegangan, LDR harus dirangkai dalam konfigurasi pembagi tegangan (*voltage divider*) dengan resistor tetap $10\text{k}\Omega$ agar perubahan resistansi dapat dikonversi menjadi sinyal analog yang terbaca oleh pin GPIO ESP32 [11].



Gambar 2. Sensor LDR

2.4 Modul Relay 1-Channel

Relay adalah sakelar elektromekanik yang berfungsi mengendalikan beban arus besar menggunakan sinyal kontrol arus kecil. Komponen ini bertindak sebagai isolator galvanis yang memisahkan sirkuit kontrol DC 5V (mikrokontroler) dengan sirkuit beban AC 220V (lampu). Dalam perancangan ini, relay dikonfigurasi pada terminal *Normally Open* (NO), yang berarti sirkuit lampu hanya akan terhubung apabila koil relay mendapatkan pemicu logika dari mikrokontroler [12].



Gambar 2. Relay

2.5 Platform Aplikasi Blynk

Blynk merupakan *platform* IoT yang dirancang untuk memfasilitasi antarmuka antara perangkat keras dan pengguna melalui aplikasi seluler (Android/iOS). Platform ini menyediakan berbagai *widget* kontrol (seperti tombol dan grafik) yang dapat disusun dengan metode *drag-and-drop*. Blynk menangani komunikasi data dua arah antara *smartphone* dan ESP32 melalui server *cloud*, memungkinkan pengendalian perangkat dengan latensi rendah tanpa memerlukan konfigurasi *backend* yang kompleks [13], [14].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

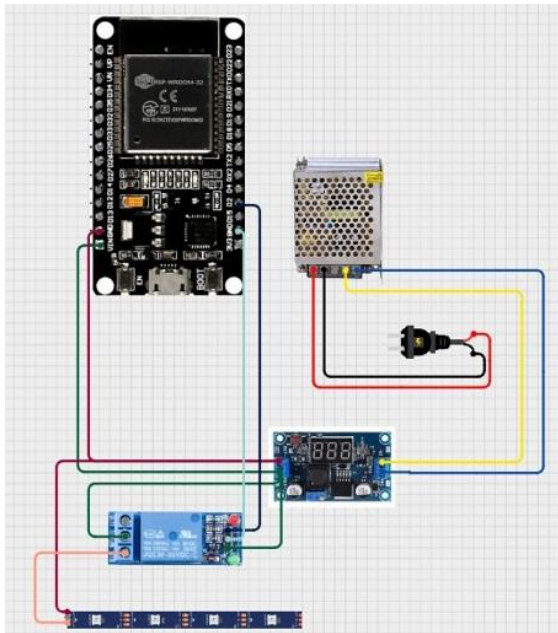
Penelitian ini menerapkan metode eksperimental dengan pendekatan *prototyping*. Metode ini dipilih untuk memungkinkan iterasi desain yang fleksibel mulai dari perakitan komponen hingga pengujian fungsi. Tahapan penelitian disusun secara sistematis meliputi: (1) Studi literatur terkait karakteristik ESP32 dan protokol IoT; (2) Perancangan arsitektur sistem; (3) Implementasi perangkat keras dan perangkat lunak; serta (4) Pengujian kinerja sistem untuk memvalidasi fungsionalitas mode otomatis dan manual.

3.2 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan perangkat keras difokuskan pada integrasi komponen elektronika DC bertegangan rendah dengan beban AC. Skema rangkaian dibuat untuk memastikan keamanan operasional sistem.

1. Rangkaian Sensor: Sensor LDR disusun dalam konfigurasi pembagi tegangan dengan resistor $10\text{k}\Omega$. Titik keluaran dihubungkan ke pin GPIO 36 (VP) pada ESP32 yang mendukung fungsi ADC, memungkinkan konversi perubahan resistansi menjadi nilai digital (0-4095).
2. Rangkaian Aktuator: Pin sinyal modul relay dihubungkan ke GPIO 26. Relay dikonfigurasi menggunakan terminal *Normally Open* (NO), sehingga sirkuit lampu hanya tertutup saat mikrokontroler mengirimkan sinyal logika HIGH.

3. Catu Daya: Sistem kontrol (ESP32 dan Relay) mendapatkan suplai daya DC 5V yang stabil melalui adaptor eksternal, terpisah dari jalur daya AC 220V untuk lampu guna mencegah interferensi.



Gambar 4. Skema Rangkaian Elektronik Sistem

3.3 Perancangan Perangkat Lunak (Software Design)

Pengembangan logika kendali mikrokontroler dilakukan menggunakan *Integrated Development Environment (IDE)* Arduino. Bahasa pemrograman berbasis C++ digunakan dengan mengintegrasikan pustaka (*library*) spesifik, yaitu `WiFi.h` untuk manajemen konektivitas jaringan dan `BlynkSimpleEsp32.h` untuk menangani protokol komunikasi data dengan server Blynk. Penggunaan pustaka ini memastikan efisiensi penulisan kode dalam menangani otentikasi token dan stabilitas koneksi TCP/IP.

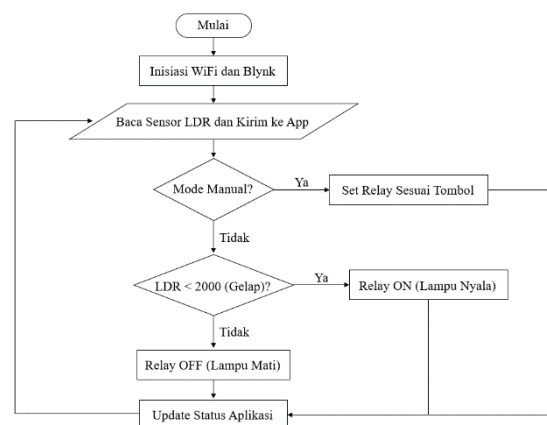
3.4 Algoritma Sistem

Alur kerja sistem dirancang mengikuti logika siklus tertutup (*loop*) yang memprioritaskan pembacaan sensor dan respon interupsi dari aplikasi. Tahapan algoritma meliputi:

1. Inisialisasi: Saat daya aktif, sistem membangun koneksi Wi-Fi dan

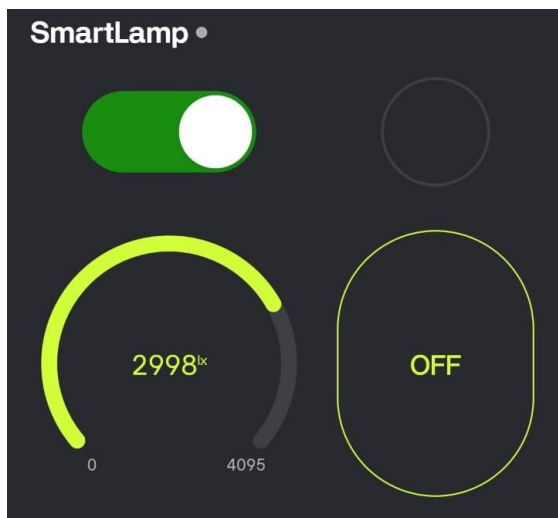
melakukan jabat tangan (*handshake*) dengan server Blynk.

2. Akuisisi Data: Sistem membaca tegangan analog dari sensor LDR pada pin ADC (VP) dan mengonversinya menjadi nilai digital (0-4095).
3. Logika Kendali Hybrid
 - *Mode Otomatis*: Mikrokontroler membandingkan nilai sensor dengan nilai ambang (*threshold*) yang telah dikalibrasi. Jika nilai sensor $< threshold$ (gelap), relay diaktifkan (ON).
 - *Mode Manual*: Jika terdapat perintah interupsi dari tombol virtual aplikasi, sistem mengabaikan status sensor dan memaksa kondisi relay mengikuti input pengguna (Override).
4. Sinkronisasi: Status terkini dikirim kembali ke aplikasi untuk pemantauan *real-time*.



Gambar 5. Diagram Alir Algoritma Sistem

3.5 Konfigurasi Antarmuka Blynk



Gambar 6. Antarmuka Aplikasi Blynk

Antarmuka pengguna pada *smartphone* disusun menggunakan *widget* yang dihubungkan ke *Virtual Pins* pada ESP32:

1. *Switch Widget*: Berfungsi sebagai sakelar penggantian mode antara mode otomatis dan mode manual.

Gambar 7. *Switch Widget*

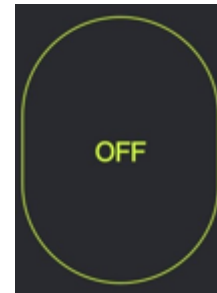
2. *Icon Widget*: Indikator menyala atau matinya lampu.

Gambar 8. *Icon Widget*

3. *Gauge Widget*: Menampilkan visualisasi intensitas cahaya lingkungan berdasarkan data sensor yang diperbarui setiap 1 detik.

Gambar 9. *Gauge Widget*

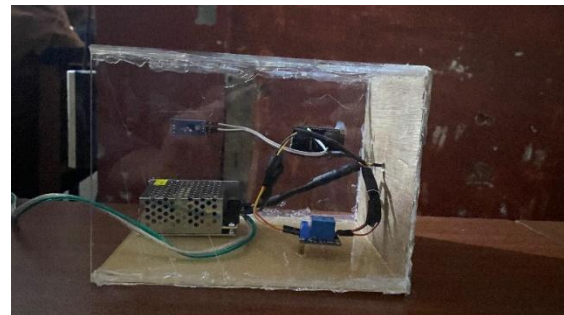
4. *Button Widget*: Berfungsi sebagai sakelar manual untuk menyalakan atau mematikan lampu.

Gambar 10. *Button Widget*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Perangkat Keras

Realisasi sistem dikemas dalam panel berbahan ABS isolator untuk mencegah risiko induksi listrik dari tegangan AC 220V. Mikrokontroler ESP32 ditempatkan pada header PCB untuk stabilitas koneksi, sementara sensor LDR diposisikan di sisi luar panel agar terpapar cahaya lingkungan secara optimal tanpa terhalang bayangan casing. Indikator LED pada ESP32 difungsikan sebagai monitor status koneksi ke server Blynk.



Gambar 11. Realisasi Perangkat Keras Sistem

4.2 Karakteristik Sensor LDR dan Kalibrasi Otomatis

Pengujian respons sensor dilakukan dengan membandingkan nilai pembacaan ADC (0-4095) terhadap intensitas cahaya referensi (Lux) untuk menentukan titik ambang batas (threshold) pemicu relay.

Tabel 2. Data Pengujian Respons Sensor LDR

Kondisi Cahaya	Estimasi Lux	Nilai ADC	Status Relay	Kondisi Lampu
----------------	--------------	-----------	--------------	---------------

		Rata-rata		
Gelap (Malam)	0 Lux	450	HIGH	ON
Remang (Senja)	50 Lux	1850	HIGH	ON
Batas Ambang	~100 Lux	2000	Transisi	Switching
Terang (Pagi)	300 Lux	2600	LOW	OFF
Terang (Siang)	>1000 Lux	3800	LOW	OFF

Data menunjukkan korelasi linear positif antara intensitas cahaya dan nilai ADC. Berdasarkan percobaan, nilai *setpoint* ditetapkan pada angka 2000. Logika program dikonfigurasi agar lampu menyala saat $ADC < 2000$ (gelap) dan mati saat $ADC > 2000$ (terang), sejalan dengan konsep pengendalian berbasis intensitas cahaya pada penelitian [15], serta dilengkapi fitur *hysteresis* untuk mencegah kedipan lampu saat kondisi transisi.

4.3 Analisis Latensi Kendali Manual

Pengujian respons sistem terhadap perintah manual aplikasi Blynk bertujuan memastikan reliabilitas fitur override. Parameter yang diukur adalah End-to-End Latency (waktu tunda) dari penekanan tombol virtual hingga aktivasi relay. Hasil pengujian pada berbagai kondisi jaringan disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Latensi Kontrol

Percobaan	Jaringan Ponsel	Latensi (ms)	Status Eksekusi
1	4G LTE	420 ms	Sukses
2	Wi-Fi Lokal	150 ms	Sukses
3	4G (Sinyal Lemah)	890 ms	Sukses
Rata-rata		~486 ms	100% Berhasil

Rata-rata latensi tercatat di bawah 500 milidetik (0.5 detik). Dalam konteks kendali IoT, angka ini dikategorikan *near real-time*, yang berarti sistem mampu merespon intervensi

pengguna tanpa jeda yang mengganggu kenyamanan.

4.4 Efisiensi Konsumsi Energi

Evaluasi penghematan energi dilakukan melalui komparasi estimasi konsumsi daya antara penggunaan konvensional dan sistem cerdas selama 30 hari (Beban Lampu LED 18 Watt).

1. Skenario Konvensional: Lampu menyala 14 jam/hari (17.00-07.00). Total: 7.56 kWh/bulan.
2. Skenario *Smart Lamp*: Lampu menyala efektif 11.5 jam/hari (18.00-05.30). Total: 6.21 kWh/bulan.
3. Penghematan: Selisih konsumsi sebesar 1.35 kWh (17.8%).

Implementasi sistem terbukti mampu mereduksi konsumsi listrik sebesar 17.8%. Jika diaplikasikan secara masif pada hunian dengan banyak titik lampu luar, akumulasi penghematan biaya akan signifikan.

4.5 Perbandingan dengan Studi Terdahulu

Sistem yang dikembangkan menawarkan keunggulan komparatif dibanding penelitian sebelumnya. Berbeda dengan Desmira (2022) yang hanya mengandalkan sensor tunggal [2], sistem ini dilengkapi fitur kendali ganda (*redundancy*) yang memungkinkan intervensi manual saat sensor gagal. Dibandingkan solusi berbasis Raspberry Pi oleh Efendi (2018) [5], penggunaan ESP32 menawarkan efisiensi biaya dan daya yang lebih superior untuk skala rumah tangga. Temuan ini juga memperkuat studi Arifin dan Sunardi (2024) di jurnal JITET mengenai keandalan arsitektur ESP32 dalam ekosistem Smart Home [7], namun dengan nilai tambah pada aspek keamanan low-voltage yang belum banyak dibahas pada literatur sejenis.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang bangun sistem lampu pintar *hybrid* berbasis ESP32 yang mengintegrasikan otomatisasi sensor LDR dan kendali IoT Blynk. Kesimpulan yang diperoleh adalah:

1. Sistem mampu beroperasi dalam dua mode: otomatis berdasarkan intensitas cahaya (Threshold ADC 2000) dan manual melalui aplikasi dengan prioritas interupsi.

2. Kinerja kendali sangat responsif dengan latensi rata-rata < 0.5 detik pada jaringan stabil.

Implementasi sistem memberikan efisiensi energi sebesar 17.8% dibandingkan operasional manual, serta menjamin keamanan pengguna melalui desain perangkat keras bertegangan rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. K. P. Sari and T. W. Wisnu, "Analisis Konsumsi Energi Listrik Pada Rumah Tangga," *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, pp. 45-52, 2021.
- [2] Desmira, D., "Aplikasi sensor LDR (Light Dependent Resistor) untuk efisiensi energi pada lampu penerangan jalan umum," *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer*, vol. 9, no. 1, pp. 21-29, 2022.
- [3] R. K. Kodali and S. Yarroju, "Smart home automation using ESP32," in *Proc. Int. Conf. on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, Tirunelveli, India, 2018.
- [4] W. A. Jabbar et al., "Design and Implementation of IoT-Based Home Automation System," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 61288-61300, 2019.
- [5] Y. Efendi, "Internet of Things (IoT) sistem pengendalian lampu menggunakan Raspberry Pi berbasis mobile," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 1, pp. 19-26, 2018.
- [6] A. E. Pratama, M. Hurairah, and Eliza, "Otomasi Sistem Hidroponik Berbasis Mikrokontroler ESP32," *Jurnal Surya Energy*, vol. 9, no. 1, pp. 1-7, 2024.
- [7] A. S. Arifin and S. Sunardi, "Perancangan Sistem Smart Home Berbasis IoT Menggunakan ESP32," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)*, vol. 12, no. 1, pp. 15-22, 2024.
- [8] P. Rahayu, S. Sularno, and I. Sari, "Perancangan sistem smart home berbasis IoT menggunakan ESP32 dan aplikasi Blynk," *Jurnal Sistem Informasi dan Informatika (JISKA)*, vol. 3, no. 2, pp. 95-100, 2025.
- [9] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645-1660, 2013.
- [10] Espressif Systems, "ESP32 Series Datasheet," ver. 3.4, 2022. [Online]. Available: <https://www.espressif.com>.
- [11] T. H. Nasution, "Perancangan Lampu Otomatis Berbasis Arduino Uno R3 Menggunakan Sensor LDR," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 5, no. 2, 2020.
- [12] S. Monk, *Programming Arduino: Getting Started with Sketches*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.
- [13] M. F. Syah and Y. Shalahuddin, "Prototipe smart home berbasis aplikasi Android Blynk," *Jurnal Teknologi*, vol. 8, no. 2, 2022.
- [14] Blynk Inc., "Blynk IoT Platform Documentation," 2023. [Online]. Available: <https://docs.blynk.io>.
- [15] A. Mahmudah, M. Machmud, and S. Lazuardi, "Pengembangan sistem pengendalian lampu otomatis berbasis deteksi gerak dan intensitas cahaya," *Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 6, pp. 225-236, 2024.