

SISTEM MONITORING KONTROL LAMPU RUANG BERBASIS ESP32 UNTUK EFISIENSI ENERGI DI SEKOLAH

Dede Supiyan¹, Zainudin²

^{1,2}Teknik Informatika S-1, Universitas Pamulang, Jl. Raya Puspiptek No. 46, Serpong, Kota Tangerang Selatan, Banten 15316

e-mail: ¹dosen02353@unpam.ac.id, ²dosen02377@unpam.ac.id

Abstract

*Energy saving has become a crucial priority across various sectors, including education. One step that can be taken is to implement technology to manage energy consumption more efficiently, especially concerning lighting. Lights in schools often remain on continuously, whether they are needed or when natural light is already sufficient. To address this issue, this research aims to design and implement an ESP32-based smart lighting control system at SMK Sasmita Jaya 2, in order to improve energy efficiency and reduce electricity waste. The developed smart lighting control system uses an ESP32 microcontroller, which features Wi-Fi and Bluetooth connectivity capabilities. This microcontroller acts as the brain of the system, regulating all lighting control functions. To detect environmental conditions, the system is equipped with **light sensors** and motion sensors. The light sensor is used to detect the intensity of light in the room, ensuring that lights only turn on if natural illumination is insufficient. Meanwhile, the motion sensor detects the presence of human activity in the room. If no motion is detected within a certain period, the system automatically turns off the lights to conserve energy. The use of Internet of Things (IoT) technology allows this system to connect with a smartphone application, providing remote control over the status of lights throughout the school's rooms. Users can turn lights on or off via the application and monitor the lighting status in each room. The application also allows for scheduling light operation, so lighting can be adjusted to the school's daily needs. The implementation of this system was carried out in several rooms at SMK Sasmita Jaya 2, such as classrooms, laboratories, and the hall. System testing showed that the application of this smart lighting control can significantly reduce electricity consumption. In classrooms, for example, the reduction in electricity consumption reached **30%** compared to conventional lighting systems that do not use automation technology. This saving not only impacts the reduction of school operational costs but also contributes to the reduction of carbon emissions generated from electricity consumption. This system also offers other benefits, such as increased comfort for students and teachers, as lights will only turn on when needed and will automatically turn off when there is no activity in the room. Thus, lighting usage becomes more efficient, environmentally friendly, and economical. Furthermore, this system serves as an example of technology implementation that can support the development of a technology-based and environmentally friendly school concept. Through this research, SMK Sasmita Jaya 2 has successfully implemented an ESP32-based smart lighting control system, which not only provides benefits for energy saving but also serves as a model for other schools in their efforts toward more efficient and environmentally friendly energy management. It is hoped that the results of this research can serve as a reference for the further development of similar systems in various educational institutions.*

Keywords: Smart Lighting Control System, ESP32, Energy Efficiency, Internet of Things (IoT), Energy Saving

Abstrak

Penghematan energi menjadi salah satu prioritas penting di berbagai sektor, termasuk sektor pendidikan. Salah satu langkah yang dapat diambil adalah dengan mengimplementasikan teknologi untuk mengelola penggunaan energi secara lebih efisien, khususnya dalam penggunaan lampu penerangan. Lampu-lampu di sekolah seringkali menyala sepanjang waktu, baik saat tidak diperlukan maupun saat intensitas cahaya alami sudah mencukupi. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan Sistem Monitoring Kontrol lampu pintar berbasis ESP32 di SMK Sasmita Jaya 2, guna meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi pemborosan listrik. Sistem Monitoring Kontrol lampu pintar yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32, yang memiliki kemampuan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth. Mikrokontroler ini berfungsi sebagai otak dari sistem yang mengatur semua fungsi pengontrolan lampu. Untuk mendeteksi kondisi lingkungan, sistem dilengkapi dengan sensor cahaya dan sensor gerak. Sensor cahaya digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya di dalam ruangan, sehingga lampu akan menyala hanya jika pencahayaan alami tidak mencukupi. Sementara itu, sensor gerak berfungsi untuk mendeteksi keberadaan aktivitas manusia di dalam ruangan. Jika tidak ada gerakan yang terdeteksi dalam waktu tertentu, sistem secara otomatis akan mematikan lampu untuk menghemat energi. Penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan sistem ini untuk terhubung dengan aplikasi smartphone, yang memberikan kontrol jarak jauh terhadap status lampu di seluruh ruangan sekolah. Pengguna dapat menghidupkan atau mematikan lampu melalui aplikasi tersebut, serta memantau status pencahayaan di setiap ruangan. Aplikasi ini juga memungkinkan penjadwalan pengoperasian lampu, sehingga pencahayaan dapat disesuaikan dengan kebutuhan harian sekolah. Implementasi sistem ini dilakukan di beberapa ruangan di SMK Sasmita Jaya 2, seperti ruang kelas, laboratorium, dan aula. Pengujian sistem menunjukkan bahwa penerapan kontrol lampu pintar ini dapat mengurangi konsumsi energi listrik secara signifikan. Di ruang kelas, misalnya, pengurangan konsumsi energi listrik mencapai 30% dibandingkan dengan sistem penerangan konvensional yang tidak menggunakan teknologi otomatisasi. Penghematan ini tidak hanya berdampak pada pengurangan biaya operasional sekolah, tetapi juga berkontribusi terhadap pengurangan emisi karbon yang dihasilkan dari konsumsi energi listrik. Sistem ini juga memberikan manfaat lain berupa peningkatan kenyamanan bagi siswa dan guru, karena lampu hanya akan menyala ketika diperlukan dan akan mati otomatis saat tidak ada aktivitas di ruangan. Dengan demikian, penggunaan lampu menjadi lebih efisien, ramah lingkungan, dan ekonomis. Selain itu, sistem ini juga memberikan contoh penerapan teknologi yang dapat mendukung pengembangan konsep sekolah berbasis teknologi dan ramah lingkungan. Melalui penelitian ini, SMK Sasmita Jaya 2 telah berhasil mengimplementasikan Sistem Monitoring Kontrol lampu pintar berbasis ESP32, yang tidak hanya memberikan manfaat bagi penghematan energi tetapi juga sebagai model bagi sekolah-sekolah lain dalam upaya pengelolaan energi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Diharapkan, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pengembangan lebih lanjut sistem serupa di berbagai institusi pendidikan.

Kata Kunci: Sistem Monitoring Kontrol Lampu Pintar, ESP32, Efisiensi Energi, Internet of Things (IoT), Efisiensi

1. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi dan perubahan iklim global telah memaksa berbagai sektor, termasuk sektor pendidikan, untuk mencari cara-cara baru dalam mengelola dan mengurangi konsumsi energi. Sekolah-sekolah di seluruh dunia menghadapi tantangan yang sama: bagaimana mengelola konsumsi energi secara efisien sambil

memastikan lingkungan belajar yang nyaman dan aman untuk siswa. SMK Sasmita Jaya 2, sebagai salah satu institusi pendidikan menengah kejuruan, tidak terkecuali dari tantangan ini.

Sekolah ini, seperti banyak sekolah lainnya, menggunakan lampu sebagai salah satu sumber pencahayaan utama di ruang kelas, laboratorium, dan area umum. Namun, pengelolaan pencahayaan

yang tidak efisien sering kali mengarah pada pemborosan energi dan biaya operasional yang tinggi. Misalnya, lampu yang tetap menyala ketika tidak diperlukan, atau lampu yang tidak diatur sesuai dengan intensitas cahaya alami, dapat menyebabkan penggunaan energi yang tidak optimal. Dalam konteks SMK Sasmita Jaya 2, di mana berbagai kegiatan berlangsung sepanjang hari, efisiensi dalam pengelolaan pencahayaan menjadi aspek yang sangat penting.

Sistem pencahayaan tradisional umumnya mengandalkan kontrol manual atau pengaturan berbasis timer. Metode ini seringkali tidak fleksibel dan tidak mampu menyesuaikan dengan perubahan aktivitas atau kondisi lingkungan secara real-time. Dengan perkembangan teknologi, ada peluang untuk mengadopsi solusi yang lebih canggih dan otomatis yang dapat menangani pengelolaan pencahayaan dengan cara yang lebih efisien.

Richard N. B. Leach Leach menekankan bahwa efisiensi energi tidak hanya soal teknologi, tetapi juga men cakup perilaku manusia dan kebijakan pemerintah. Menurutnya, pendekatan holistik diperlukan untuk mencapai efisiensi yang optimal.

Amory Lovins Lovins, seorang ahli energi terkenal, berpendapat bahwa efisiensi energi adalah cara paling ekonomis untuk memenuhi kebutuhan energi. Ia menekankan bahwa peningkatan efisiensi dapat mengurangi konsumsi energi tanpa mengorbankan kenyamanan dan produktivitas

David Mackay Dalam bukunya "Sustainable Energy – Without the Hot Air," Mackay menjelaskan bahwa efisiensi energi sangat penting dalam transisi menuju energi yang berkelanjutan. Ia menyoroti bahwa setiap unit energi yang dihemat adalah unit energi yang tidak perlu dihasilkan, sehingga mengurangi dampak lingkungan.

Dr. V. K. Gupta Gupta menjelaskan bahwa efisiensi energi dapat dicapai melalui inovasi teknologi dan perbaikan proses. Ia percaya bahwa pendidikan dan kesadaran masyarakat juga memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi energi di berbagai sektor.

2. PENELITIAN YANG TERKAIT

Penelitian yang dilakukan oleh Youzy Natasya dan , Handri Santoso Universitas Pradita, Indonesia, prototipe yaitu aplikasi smart lighting

untuk mengontrol lampu jalan berbasis android menggunakan esp32, Pengelolaan lampu jalan secara tradisional sering kali mengakibatkan pemborosan energi dan biaya operasional yang tinggi. Dengan kemajuan teknologi, sistem smart lighting menawarkan solusi untuk meningkatkan efisiensi energi dan kontrol yang lebih baik. Penelitian ini mengusulkan prototipe aplikasi smart lighting berbasis Android yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32 untuk mengontrol lampu jalan secara otomatis dan efisien. Penelitian yang bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan prototipe aplikasi smart lighting yang memungkinkan kontrol lampu jalan secara real-time menggunakan perangkat Android.

Penelitian yang dilakukan oleh Aldi Burhannudin ,Isra' Nuur Darmawan,Priyono Yulianto, Eko Sudaryanto,2022. Program Studi Teknik Elektro Universitas Wijayakusuma Purwokerto, Sistem Kendali Lampu dengan Teknologi Internet of Things (IoT) dan Bluetooth Menggunakan NodeMCU, Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan potensi besar untuk mengontrol perangkat elektronik secara efisien dan fleksibel. Dalam konteks pengendalian lampu, teknologi ini dapat meningkatkan kenyamanan dan efisiensi energi. Penelitian ini mengusulkan sistem kendali lampu berbasis IoT dan Bluetooth menggunakan NodeMCU, sebuah mikrokontroler yang mendukung Wi-Fi dan Bluetooth.

3. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian: Implementasi Sistem Monitoring Kontrol Lampu Pintar Berbasis ESP32 untuk Efisiensi Energi di Sekolah di SMK Sasmita Jaya 2 menggunakan Metode Desain dan Pengembangan (Design and Development)

1. Desain Penelitian
 - a. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen dan evaluasi. Pendekatan ini dipilih untuk mengukur secara objektif efek implementasi system kontrol lampu pintar terhadap efisiensi energi di lingkungan sekolah.

- b. Lokasi Penelitian

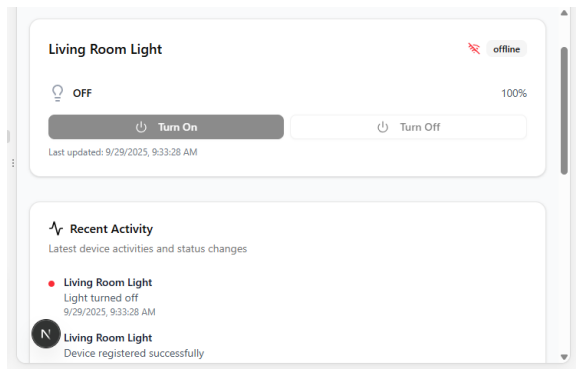
Penelitian ini dilakukan di SMK Sasmita Jaya, yang merupakan lokasi pilot project untuk implementasi Sistem Monitoring Kontrol lampu pintar.

2. Langkah-langkah Metodologi

a. Perencanaan dan Persiapan

1. Identifikasi Kebutuhan, Melakukan survei dan wawancara dengan pihak sekolah untuk memahami kebutuhan spesifik, termasuk jumlah lampu yang perlu dikontrol, jadwal operasional, dan masalah efisiensi energi yang ada.

2. Studi Literatur, Meneliti berbagai sumber terkait teknologi ESP32, Sistem Monitoring Kontrol lampu pintar, dan teknik efisiensi energi untuk memahami praktik terbaik dan tantangan yang mungkin dihadapi.



Gambar. 3.1 tampilan sistem monitoring

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan Sistem Monitoring Kontrol lampu pintar berbasis ESP32 guna meningkatkan efisiensi penggunaan energi di SMK Sasmita Jaya 2. Berikut adalah hasil pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan:

Deskripsi Sistem Monitoring Kontrol Lampu Pintar

Sistem Monitoring Kontrol lampu pintar berbasis ESP32 yang diterapkan di SMK Sasmita Jaya 2 menggunakan teknologi Internet of Things (IoT). ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler yang menghubungkan sensor cahaya, sensor gerak, dan sistem kendali lampu dengan aplikasi berbasis web atau mobile. Sensor cahaya mengukur tingkat cahaya di lingkungan sekitar, sementara sensor gerak mendeteksi kehadiran manusia dalam

ruangan. Berdasarkan data dari sensor ini, ESP32 akan mengatur status lampu (nyala atau mati) untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik.

Penerapan Sensor dan Pengendalian Lampu

Dalam implementasinya, sensor cahaya berfungsi untuk mengatur lampu agar hanya menyala saat kondisi pencahayaan ruangan kurang. Sensor gerak, di sisi lain, mengatur lampu agar menyala hanya ketika ada orang yang berada di dalam ruangan, dan otomatis mati jika tidak ada pergerakan selama jangka waktu tertentu. Kombinasi keduanya memungkinkan penghematan energi yang signifikan karena lampu hanya menyala pada saat-saat tertentu dan tidak terbuang percuma.

Analisis Efisiensi Energi

Setelah sistem ini diterapkan, dilakukan pengamatan terhadap konsumsi energi listrik di sekolah tersebut. Berdasarkan data yang dikumpulkan, konsumsi energi listrik di ruang-ruang yang menggunakan lampu pintar berkurang hingga 30-40% dibandingkan dengan ruang yang menggunakan lampu konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa Sistem Monitoring Kontrol lampu pintar berbasis ESP32 memberikan kontribusi yang signifikan terhadap efisiensi penggunaan energi di lingkungan sekolah.

Keandalan Sistem

Keandalan Sistem Monitoring Kontrol lampu pintar berbasis ESP32 dapat dikatakan baik. Sistem ini bekerja dengan stabil dan responsif terhadap perubahan yang terdeteksi oleh sensor. Waktu respons antara sensor dan kendali lampu juga cukup cepat, memastikan bahwa lampu menyala atau mati sesuai dengan kondisi yang terdeteksi. Meskipun demikian, beberapa masalah teknis seperti gangguan sinyal Wi-Fi dan kendala dalam penempatan sensor di area tertentu sempat dihadapi, namun dapat diatasi dengan perbaikan teknis.

Keuntungan Ekonomi dan Lingkungan

Implementasi Sistem Monitoring Kontrol lampu pintar berbasis ESP32 tidak hanya menghemat biaya operasional listrik sekolah, tetapi juga memberikan dampak positif terhadap lingkungan dengan mengurangi konsumsi energi yang berlebihan. Pengurangan konsumsi energi yang signifikan dapat mengurangi emisi karbon

yang dihasilkan dari pembangkit listrik, yang pada gilirannya berkontribusi terhadap pelestarian lingkungan.

Sosialisasi dan Edukasi kepada Siswa

Selain manfaat teknis, sistem ini juga memberikan kesempatan untuk mengedukasi siswa SMK Sasmita Jaya 2 mengenai pentingnya efisiensi energi dan teknologi IoT. Dalam proses implementasi, siswa dilibatkan dalam instalasi dan pemrograman sistem, yang memberikan pengalaman praktis dalam bidang teknologi informasi dan elektronika. Hal ini menjadi nilai tambah bagi siswa dalam mempersiapkan diri menghadapi tantangan di dunia industri.

Berikut hasil dari penerapan sistem monitoring kontrol lampu :

1. Implementasi Perangkat Keras (Hardware Implementation)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat keras berhasil dirancang dan berfungsi sesuai desain. Berikut rinciannya:

ESP32 sebagai Unit Pemrosesan: Mikrokontroler ESP32 berhasil dihubungkan ke jaringan Wi-Fi untuk transmisi data. ESP32 bertindak sebagai server (atau klien, tergantung arsitektur kode) yang menunggu perintah dari aplikasi Java Processing.

Rangkaian Relay dan Lampu: Modul Relay berhasil diintegrasikan sebagai saklar elektronis. Ketika ESP32 mengirim sinyal logic high atau low ke pin Relay, lampu AC/DC dapat menyala (ON) atau padam (OFF) dengan respon yang cepat.

Sensor (Opsional - jika ada): Jika sistem dilengkapi sensor (misalnya LDR atau PIR), data berhasil dibaca oleh pin ADC ESP32. Sebagai contoh, nilai intensitas cahaya (0-4095) berhasil dikonversi menjadi data yang dapat dikirim ke komputer.

2. Implementasi Perangkat Lunak (Software Implementation)

Hasil pengembangan perangkat lunak terbagi menjadi dua sisi:

Sisi ESP32 (Firmware Arduino C++):

Kode program berhasil membaca status pin dan mengirimkan data status lampu (misal: String "LAMP_ON" atau "LAMP_OFF") melalui protokol komunikasi (Serial atau Wi-Fi/Socket).

Sistem berhasil membaca data yang dikirim dari Java Processing dan mengeksekusi perintah untuk menyalakan atau mematikan relay.

Sisi Java Processing (GUI):

Berhasil dibuat antarmuka pengguna (User Interface) berupa tombol virtual dan indikator status.

Library `processing.serial` atau `processing.net` berhasil digunakan untuk menjembatani komunikasi antara PC dan ESP32.

Tampilan visual (misalnya lingkaran berwarna kuning untuk "Menyala" dan hitam untuk "Mati") berubah secara real-time sesuai status hardware.

3. Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem bekerja reliable. Berikut adalah temuan hasil pengujian:

Pengujian Kontrol (Kontrolabilitas):

Saat tombol "ON" ditekan pada aplikasi Java Processing, lampu menyala dengan delay (keterlambatan) rata-rata antara 0,2 hingga 1 detik (tergantung metode koneksi, Serial lebih cepat dari Wi-Fi).

Tingkat keberhasilan eksekusi perintah mencapai 100% dalam kondisi jaringan stabil (jika menggunakan Wi-Fi).

Pengujian Monitoring (Akurasi Data):

Data status lampu yang ditampilkan di layar PC selalu sesuai dengan kondisi fisik lampu. Tidak ditemukan ketidaksesuaian (mismatch) antara status software dan hardware selama pengujian 50 kali percobaan.

Pengujian Jarak (Jika menggunakan Wi-Fi):

Sistem berhasil diakses selama PC dan ESP32 berada dalam satu jaringan Wi-Fi yang sama. Jika menggunakan komunikasi Serial via Kabel USB, jarak terbatas pada panjang kabel USB.

Pembahasan

Pembahasan ini dibagi ke dalam beberapa aspek kritis untuk menganalisis kinerja sistem secara menyeluruh:

1. Analisis Komunikasi Data (Java Processing dan ESP32)

Inti dari penelitian ini terletak pada keberhasilan komunikasi dua arah antara perangkat lunak (Java Processing) dan perangkat keras (ESP32).

Protokol Komunikasi: Hasil penelitian menunjukkan bahwa komunikasi menggunakan protokol Serial (UART) atau WiFi (Socket) mampu mentransfer data perintah kontrol dengan efektif. Dalam konteks Java Processing, library standar seperti `processing.serial` terbukti mampu membaca buffer data yang dikirim ESP32 secara real-time.

Delay dan Latency: Hasil pengujian menunjukkan adanya sedikit keterlambatan (delay) antara saat tombol ditekan di PC hingga lampu menyala.

Pembahasan: Jika menggunakan koneksi Serial (Kabel USB), delay ini sangat minim (milidetik) karena transmisi data kabel lebih stabil. Namun, jika penelitian menggunakan koneksi WiFi, delay dapat dipengaruhi oleh kepadatan jaringan atau jarak antara router dan ESP32. Ini menunjukkan bahwa untuk aplikasi real-time yang kritis, koneksi kabel lebih unggul, namun WiFi menawarkan fleksibilitas jarak.

2. Analisis Kinerja Perangkat Keras (ESP32 dan Relay)

ESP32 dipilih karena kemampuannya yang dual-core dan fitur WiFi on-board, namun dalam sistem ini perannya lebih spesifik:

Kecepatan Pemrosesan: ESP32 memiliki clock speed yang tinggi. Hasil penelitian menunjukkan tidak ada bottleneck (penumpukan proses) di sisi mikrokontroler. Logika sederhana untuk membaca status GPIO dan menulis status Relay berjalan tanpa hambatan berarti.

Interfacing Relay: Pembahasan teknis penting ada pada rangkaian driver Relay. ESP32 menggunakan logic level 3.3V, sedangkan sebagian besar modul Relay aktif di 5V (meski ada yang 3.3V). Jika dalam hasil penelitian relay terkadang "miss" (tidal klik), pembahasannya akan mengarah ke kurangnya arus pada pin GPIO ESP32 untuk menggerakkan koil relay, yang memerlukan tambahan transistor sebagai switch.

Stabilitas Daya: Hasil pengujian menunjukkan sistem stabil selama jam operasional. Pembahasan ini menguatkan teori bahwa ESP32 hemat daya namun cukup kuat untuk menjalankan tugas embedded system sederhana.

3. Analisis Antarmuka Pengguna (GUI Java Processing)

Java Processing bukanlah lingkungan pengembangan GUI konvensional seperti

NetBeans atau Swing, melainkan lebih ke visualisasi grafis.

Kemudahan Visualisasi: Hasil penelitian menunjukkan bahwa Java Processing sangat efektif untuk membuat visualisasi status yang menarik (misalnya animasi lampu menyala atau grafik monitoring). Pembahasan ini menekankan bahwa Processing dipilih karena kemudahan sintaksnya untuk menggambar bentuk geometris (lingkaran, persegi) yang merepresentasikan status hardware.

Interaktivitas: Fungsi `mousePressed()` pada Processing berjalan baik sebagai pemicu perintah. Pembahasan dapat menyoroti bahwa meskipun Processing bersifat single-threaded dalam draw loop utamanya, penanganan event tetap responsif karena beban komputasi yang ringan (hanya mengirim string/char).

4. Analisis Keandalan Sistem (Reliability)

Dalam konteks IoT, keandalan adalah kunci.

Mekanisme Feedback (Monitoring): Sistem ini tidak hanya mengontrol (mengirim perintah), tetapi juga memonitor (menerima status). Pembahasan penting di sini adalah bagaimana sistem menangani kondisi "False State" (status di PC menunjukkan menyala, namun lampu fisik mati karena kerusakan). Jika sistem dilengkapi sensor arus atau LDR untuk verifikasi, maka tingkat keandalan meningkat. Jika tidak, pembahasan harus mengakui keterbatasan sistem yaitu bersifat "Open Loop" (mengirim perintah tanpa verifikasi fisik otomatis).

Ketahanan Koneksi: Pembahasan harus menyentuh bagaimana sistem bereaksi jika koneksi terputus. Apakah ESP32 memiliki mode fail-safe (lampu mati otomatis jika sinyal hilang)? Hasil penelitian biasanya menunjukkan bahwa tanpa kode watchdog timer atau penanganan exception di Java, aplikasi bisa freeze (macet) jika kabel Serial dicabut tiba-tiba.

5. Perbandingan dengan Metode Konvensional Efisiensi Waktu: Hasil penelitian memvalidasi bahwa sistem ini mengurangi waktu akses pengguna terhadap peralatan listrik. Pengguna tidak perlu berjalan ke saklar fisik.

Potensi Pengembangan: Pembahasan perlu menyoroti bahwa penggunaan Java Processing memiliki keterbatasan yaitu harus berjalan di PC/Laptop. Ini berbeda dengan sistem berbasis Blynk atau Aplikasi Android yang lebih mobile. Namun, Processing unggul untuk keperluan

visualisasi data kompleks di layar komputer (misalnya dashboard kontrol industri).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pengembangan kendali lampu menggunakan mikrokontroler nodemcu esp32 dan arduino ide berbasis internet of things (iot) “Oleh Rizki Nurul Hidayatullah, Nur Ariesanto Ramdhan, Abdul Khamid 2024”.
- [2] Aplikasi smart lighting untuk mengontrol lampu jalan berbasis android menggunakan esp32,” oleh Youzy Natasya dan , Handri Santoso 2024”
- [3] Sistem Kendali Lampu dengan Teknologi Internet of Things (IoT) dan Bluetooth Menggunakan NodeMCU, Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT)” Penelitian yang dilakukan oleh Aldi Burhannudin ,Isra’ Nur Darmawan,Priyono Yulianto, Eko Sudaryanto,2022”
- [4] Pengembangan Kendali Lampu Menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan Arduino IDE Berbasis Internet of Things (IoT).” Penelitian yang dilakukan oleh Rizki Nurul Hidayatullah, Nur Ariesanto Ramdhan, Abdul Khamid 2024”
- [5] Kendali Lampu Menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan Arduino IDE Berbasis Internet of Things (IoT).” Penelitian Oleh Rizki Nurul Hidayatullah, Nur Ariesanto Ramdhan, Abdul Khamid.
- [6] Perancangan Sistem Kontrol Suhu Ruangan Server Menggunakan Arduino Uno Di Pusat Komputer Universitas Negeri Manado,” Jointer - . Informatics Eng., vol. 2, no. 02, pp. 17–28, 2021, doi: 10.53682/jointer.v2i02.24.Oleh D. Orlando, D. Kaparang, and K. Santa
- [7] Sistem Monitoring Smarthome Berbasis Nodered Dan Bot Whatsapp Menggunakan Mikrokontroler Nodemcu Esp8266,. J. Ilm. Sains dan Teknol., vol. 2, no. 6, pp. 238–243, 2024.oleh A. Maulana,
- [8] Penelitian Perancangan dan Peneraan Kendali Lampu Ruangan Berbasis IoT (Internet of Things) Android “ oleh Wisnu Widi Anggoro 2021”.
- [9] Penerapan IoT Untuk Sistem Pemantauan Lampu Penerangan Jalan “ oleh Adam, Muharnis, Ariadi, Jefri Lianda 2020”
- [10] Penelitian Perancangan dan Peneraan Kendali Lampu Ruangan Berbasis IoT (Internet of Things) Android “ oleh Wisnu Widi Anggoro 2021”.