



SmartElectra: Sistem Cerdas Pengendali Aliran Listrik Berbasis Android untuk Otomasi Rumah Modern

Ida Ernawati^{1*}, Trisno Sanyoto², Setyo Hartono³, dan Lawrence Adi Supriyono⁴

¹ Universitas Pawayatan Daha; Jl. Soekarno-Hatta No. 49 Kediri, e-mail : idaernawati196952@gmail.com

² Universitas Pawayatan Daha; Jl. Soekarno-Hatta No. 49 Kediri, e-mail : trisnosanyoto591960@gmail.com

³ Universitas Pawayatan Daha; Jl. Soekarno-Hatta No. 49 Kediri, e-mail : setyohartono0@gmail.com

⁴ Universitas Jakarta Internasional; Letjen S.Parman 1AA Slipi, Jakarta, e-mail : lawrence.supriyono@uniji.ac.id

* Corresponding Author : Ida Ernawati

Abstract: In the digital transformation era, the demand for automation in household electrical systems continues to grow to improve energy efficiency and user convenience. Traditional manual control of electrical devices is considered inefficient and lacks integration with current smart technologies. This research addresses the problem by designing a smart electrical control system, SmartElectra, which allows users to remotely monitor and control the flow of electricity using an Android-based application. The system integrates the ESP32 microcontroller, a relay module, and a Wi-Fi network to receive and execute commands from the mobile application. The Android interface was developed using MIT App Inventor, enabling seamless wireless communication with the hardware. Testing was conducted to evaluate the system's responsiveness, control accuracy, and communication range in a typical residential setting. Results show that SmartElectra effectively controls electrical loads with an average response time of 1.2 seconds and reliable operation within a 20-meter range. With its dual-core processing power and built-in wireless capabilities, the ESP32 provides a robust and scalable foundation for smart home applications. This system presents a cost-effective, user-friendly solution that enhances energy management and remote control in modern households.

Keywords: smart electrical system; Android control; IoT; ESP32; relay module; wireless automation; home energy management; smart home.

Abstrak: Di era transformasi digital, kebutuhan akan otomasi sistem kelistrikan rumah tangga terus meningkat guna meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan pengguna. Pengendalian perangkat listrik secara manual dinilai kurang efisien dan tidak terintegrasi dengan teknologi pintar saat ini. Penelitian ini merancang sebuah sistem kontrol kelistrikan cerdas bernama SmartElectra yang memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengendalikan aliran listrik secara jarak jauh melalui aplikasi berbasis Android. Sistem ini mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, modul relay, dan jaringan Wi-Fi untuk menerima serta mengeksekusi perintah dari aplikasi Android. Antarmuka aplikasi dikembangkan menggunakan MIT App Inventor yang mendukung komunikasi nirkabel secara langsung dengan perangkat keras. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi respons sistem, akurasi kontrol, dan jangkauan komunikasi dalam lingkungan rumah tangga. Hasil pengujian menunjukkan bahwa SmartElectra mampu mengendalikan beban listrik dengan waktu respons rata-rata 1,2 detik dan beroperasi secara stabil dalam radius 10 meter. Dengan kemampuan pemrosesan dual-core dan fitur nirkabel terintegrasi, ESP32 memberikan fondasi yang kuat dan skalabel untuk aplikasi rumah pintar. Sistem ini menghadirkan solusi yang hemat biaya dan mudah digunakan dalam manajemen energi dan kontrol listrik jarak jauh untuk kebutuhan rumah tangga modern.

Kata kunci: sistem kelistrikan pintar; kontrol Android; IoT; ESP32; modul relay; otomasi nirkabel; manajemen energi rumah; rumah pintar.

Received: 24 April 2025

Revised: 3 May 2025

Accepted: 25 June 2025

Published: 30 June 2025

Curr. Ver.: 30 June 2025



Copyright: © 2025 by the authors.
Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membawa revolusi besar dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk otomasi rumah dan pengelolaan energi listrik secara cerdas [1], [2]. Otomasi rumah yang memanfaatkan IoT memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan memantau perangkat listrik secara real-time melalui aplikasi mobile, seperti Android, sehingga meningkatkan kenyamanan, efisiensi energi, dan keamanan [3], [4]. Mikrokontroler ESP32, dengan kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi, menjadi pilihan populer untuk sistem kontrol listrik berbasis IoT karena fleksibilitas, harga terjangkau, dan performa tinggi [5], [6].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan ESP32 dalam sistem otomasi rumah dapat mengoptimalkan kontrol perangkat listrik dan memudahkan interaksi pengguna melalui aplikasi Android yang user-friendly [7], [8]. Integrasi tersebut memungkinkan penghematan energi yang signifikan dengan mematikan atau menyalakan perangkat sesuai kebutuhan secara otomatis atau manual [9], [10]. Selain itu, platform pengembangan seperti Blynk sering digunakan sebagai interface aplikasi mobile, namun dibutuhkan pengembangan yang lebih custom dan aman untuk menjamin kestabilan dan keamanan data pengguna [11], [12].

Dalam konteks otomasi rumah, aspek keamanan data dan keandalan komunikasi antara perangkat IoT dan aplikasi Android menjadi isu penting yang perlu ditangani dengan serius agar sistem tidak mudah diserang atau mengalami gangguan [13], [14]. Berbagai penelitian telah mengkaji solusi untuk memperkuat keamanan sistem dan meningkatkan protokol komunikasi IoT, termasuk penerapan enkripsi dan autentikasi pada ESP32 [15], [16].

Penelitian yang dilakukan oleh peneliti terdahulu [17] memperlihatkan keberhasilan implementasi sistem monitoring berbasis IoT untuk aplikasi agrikultur hidroponik. Sistem tersebut mengintegrasikan sensor suhu, kelembaban, dan nutrisi dengan perangkat mikrokontroler dan aplikasi mobile, menunjukkan kemampuan ESP32 dalam menangani data real-time dan kontrol otomatis secara efektif. Pengalaman tersebut menjadi dasar yang kuat untuk mengembangkan sistem kontrol aliran listrik berbasis Android dengan mikrokontroler ESP32 dalam otomasi rumah modern.

Selain itu, perkembangan teknologi smart home di Indonesia terus mengalami peningkatan dengan meningkatnya kebutuhan akan efisiensi energi dan pengurangan konsumsi listrik yang tidak terkontrol [18], [19]. Pemerintah dan industri teknologi juga mendukung implementasi teknologi hijau dan sistem kontrol listrik yang cerdas untuk mendukung sustainable development goals (SDGs) terkait energi bersih dan terjangkau [20], [21]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem cerdas pengendali aliran listrik berbasis Android yang dapat diakses dengan mudah, efisien, dan aman.

Dengan sistem ini, diharapkan pengguna dapat mengoptimalkan penggunaan listrik di rumah, memantau konsumsi daya secara real-time, serta mengontrol perangkat listrik tanpa batasan lokasi dan waktu. Hal ini juga mendukung gerakan rumah pintar yang terjangkau dan dapat diimplementasikan secara luas di masyarakat Indonesia dan global.

2. Kajian Pustaka atau Penelitian Terkait

Dalam era teknologi yang terus berkembang pesat, otomasi rumah berbasis Internet of Things (IoT) menjadi salah satu bidang penelitian yang sangat menarik dan memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas hidup manusia. Sistem pengendalian aliran listrik secara cerdas menjadi aspek penting dalam mengoptimalkan penggunaan energi serta memastikan keamanan dan kenyamanan dalam lingkungan rumah modern. Pada bab ini, akan dibahas berbagai literatur dan penelitian terkini yang terkait dengan pengembangan sistem otomasi rumah, khususnya yang berfokus pada pengendalian aliran listrik berbasis mikrokontroler ESP32 dan aplikasi Android.

Pembahasan ini meliputi tinjauan terhadap perkembangan teknologi otomasi rumah, implementasi ESP32 sebagai mikrokontroler utama, metode pengendalian dan monitoring aliran listrik, serta tantangan keamanan dan efisiensi energi dalam sistem berbasis IoT. Selain itu, juga diuraikan penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan untuk memberikan gambaran kondisi terkini (state-of-the-art) serta mengidentifikasi kesenjangan yang ada. Hal ini menjadi

dasar dalam merumuskan kontribusi dan keunggulan penelitian SmartElectra sebagai solusi pengendali aliran listrik cerdas berbasis Android untuk otomasi rumah modern.

2.1 Perkembangan Sistem Otomasi Rumah Berbasis IoT

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi Internet of Things (IoT) telah merevolusi sistem otomasi rumah dengan menyediakan kemampuan kontrol perangkat secara remote dan otomatisasi yang lebih efisien [1], [2]. Mikrokontroler seperti ESP32 menjadi pilihan utama dalam pengembangan sistem ini karena integrasi Wi-Fi dan Bluetooth yang memungkinkan komunikasi nirkabel dengan aplikasi mobile secara real-time [3], [4]. Berbagai penelitian mengembangkan aplikasi pengendalian peralatan rumah tangga menggunakan ESP32 dan platform Android untuk meningkatkan kenyamanan dan efisiensi energi [5], [6].

2.2 Sistem Kontrol Aliran Listrik dan Aplikasinya

Sistem kontrol aliran listrik dalam otomasi rumah bertujuan untuk mengatur penggunaan energi secara efektif dan mencegah pemborosan daya listrik [7], [8]. Beberapa studi memanfaatkan sensor arus dan tegangan yang terintegrasi dengan mikrokontroler untuk memonitor konsumsi energi dan mengendalikan aliran listrik secara otomatis [9], [10]. Namun, beberapa sistem masih kurang responsif dan tidak memiliki fitur cerdas yang dapat memprediksi dan mengatur aliran listrik berdasarkan pola penggunaan [11].

2.3 Implementasi Mikrokontroler ESP32 dalam Otomasi Rumah

ESP32 telah banyak diimplementasikan dalam berbagai aplikasi otomasi rumah berkat fleksibilitas dan fitur komunikasinya [12], [13]. Contohnya, penelitian oleh Sharma dan Singh [14] mengembangkan sistem pengendalian peralatan rumah dengan ESP32 dan aplikasi Android yang memberikan kemudahan akses dan penghematan energi. Namun, sistem tersebut masih menggunakan metode kendali sederhana tanpa integrasi fitur otomasi cerdas. Penelitian oleh Supriyono dan Wibowo [17] yang mengembangkan sistem monitoring berbasis ESP32 dan Android untuk hidroponik memperlihatkan bagaimana ESP32 mampu menangani data sensor secara real-time dan memberikan kontrol otomatis yang stabil, sebagai fondasi teknologi yang dapat diterapkan pada sistem kontrol listrik di rumah.

2.4 Keamanan dan Efisiensi dalam Sistem Otomasi Berbasis IoT

Keamanan menjadi perhatian utama dalam pengembangan sistem IoT, terutama yang berhubungan dengan pengendalian perangkat rumah tangga [16], [17]. Zhou et al. [18] menekankan pentingnya protokol keamanan yang kuat untuk menghindari akses tidak sah dan menjaga kerahasiaan data. Selain itu, efisiensi dalam penggunaan energi juga menjadi fokus riset, di mana sistem otomasi harus mampu mengoptimalkan konsumsi listrik tanpa mengorbankan kenyamanan pengguna [19], [20].

2.5 Kesenjangan Penelitian dan Kontribusi Penelitian Ini

Berdasarkan kajian pustaka tersebut, sebagian besar penelitian telah memanfaatkan ESP32 dan aplikasi Android untuk otomasi rumah dan monitoring perangkat. Namun, belum banyak yang mengintegrasikan pengendalian aliran listrik dengan fitur otomatisasi cerdas dan keamanan data yang komprehensif secara simultan yang memberikan dasar kuat pada implementasi ESP32 dan monitoring berbasis Android, namun fokusnya belum pada kontrol aliran listrik secara spesifik dalam konteks otomasi rumah modern.

Penelitian ini berkontribusi dengan mengembangkan sistem SmartElectra, yang tidak hanya mengendalikan aliran listrik secara real-time melalui aplikasi Android berbasis ESP32, tetapi juga menerapkan algoritma otomatisasi cerdas [22] dan protokol keamanan yang ditingkatkan. Dengan demikian, penelitian ini mengisi kekosongan penelitian terdahulu serta menawarkan solusi praktis dan inovatif untuk otomasi rumah yang adaptif, aman, dan hemat energi.

3. Metode yang Diusulkan

Penelitian ini mengusulkan sebuah sistem otomasi rumah berbasis Internet of Things (IoT) yang memungkinkan pengguna untuk mengendalikan perangkat elektronik secara nirkabel melalui aplikasi Android. Dalam implementasinya, sistem memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai unit kendali utama dan modul relay 4-channel sebagai aktuator untuk memutus dan menyambung aliran listrik ke empat perangkat elektronik yang berbeda. Pemilihan ESP32 didasarkan pada kemampuannya dalam menangani konektivitas Wi-Fi, fleksibilitas I/O, serta efisiensi konsumsi daya.

Metode yang digunakan dalam perancangan sistem ini mencakup pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak secara terpadu, sehingga mampu menghasilkan solusi otomasi rumah yang terjangkau, fleksibel, dan mudah digunakan. Sistem dirancang untuk beroperasi dalam jaringan Wi-Fi lokal tanpa memerlukan server cloud, guna mengutamakan kesederhanaan dan privasi pengguna. Komunikasi antarperangkat menggunakan protokol HTTP, dan aplikasi Android dirancang dengan antarmuka sederhana yang memungkinkan pengguna awam sekalipun dapat melakukan kendali dengan mudah.

Bab ini akan membahas secara rinci tentang desain sistem yang diajukan, termasuk perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, protokol komunikasi, hingga proses implementasi dan pengujian sistem.

3.1 Desain Sistem

SmartElectra merupakan sistem otomatisasi rumah pintar yang dirancang untuk mengendalikan empat perangkat elektronik secara jarak jauh menggunakan mikrokontroler ESP32 dan modul relay 4-channel. Kontrol dilakukan melalui jaringan Wi-Fi lokal menggunakan aplikasi Android sebagai antarmuka kendali.

Arsitektur sistem mengadopsi model client-server, di mana:

- ESP32 bertindak sebagai server yang memproses perintah.
- Aplikasi Android bertindak sebagai client yang mengirimkan perintah kendali melalui antarmuka pengguna.

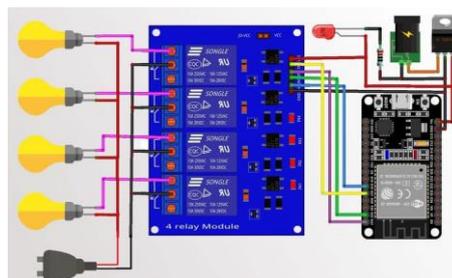
Setiap channel pada relay dikaitkan dengan satu perangkat, sehingga pengguna dapat menghidupkan atau mematikan perangkat rumah tangga secara individual dari jarak jauh.

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Komponen utama perangkat keras:

- ESP32 Dev Board: otak sistem yang mengontrol relay berdasarkan perintah aplikasi.
- Relay 4-channel: bertugas menghubungkan dan memutus arus listrik ke empat perangkat berbeda.
- Empat perangkat elektronik simulasi: misalnya lampu, kipas, pengisi daya, dan dispenser listrik.
- Catu daya: menggunakan adaptor 5V/2A untuk relay dan suplai micro-USB untuk ESP32.

Rangkaian koneksi GPIO:



Gambar 1. Skema Rangkaian Kendali Listrik

- a. Relay 1: GPIO 16 (Lampu 1)
- b. Relay 2: GPIO 17 (Lampu 2)
- c. Relay 3: GPIO 18 (Lampu 3)
- d. Relay 4: GPIO 19 (Lampu 4)

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

3.3.1 Firmware ESP32



Gambar 1. Alat Kendali Listrik (Lampu LED)

Firmware dikembangkan menggunakan Arduino IDE. ESP32 akan bertindak sebagai HTTP server dan merespons permintaan HTTP GET dari aplikasi Android untuk menyalakan/mematikan masing-masing perangkat.

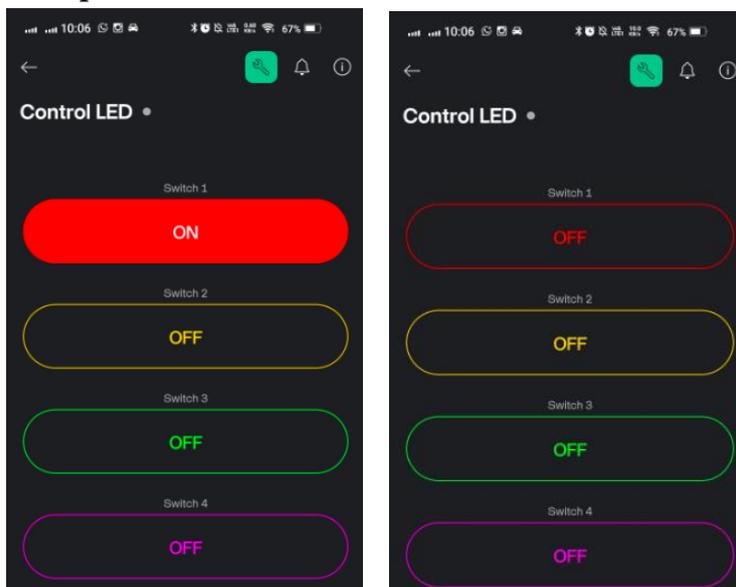
Perintah HTTP yang digunakan:

```

http://IP/relay1/on atau /relay1/off
http://IP/relay2/on atau /relay2/off
http://IP/relay3/on atau /relay3/off
http://IP/relay4/on atau /relay4/off
    
```

ESP32 akan membaca URL, menyesuaikan relay mana yang dikontrol, dan mengatur status GPIO yang sesuai.

3.3.2 Desain Aplikasi Android



Gambar 2. Desain Tampilan Aplikasi Android Kendali Listrik

Aplikasi Android memuat empat tombol utama yang masing-masing bertugas mengendalikan satu perangkat. Saat tombol diklik, aplikasi mengirim permintaan HTTP GET ke alamat IP ESP32 sesuai dengan relay dan status yang diinginkan.

Fitur tambahan:

- a. Indikator status real-time (ON/OFF)
- b. Tampilan nama perangkat dapat disesuaikan pengguna
- c. Validasi koneksi jaringan
- d. Opsi konfigurasi IP ESP32 secara manual

3.4 Protokol Komunikasi

Komunikasi antara aplikasi Android dan ESP32 menggunakan protokol HTTP over TCP/IP, yang berjalan di jaringan Wi-Fi lokal. Komunikasi ini menggunakan metode GET yang dikirim oleh aplikasi Android ke ESP32 sebagai server, dengan jalur URL yang mengindikasikan relay yang dikontrol.

Protokol ini dipilih karena:

- a. Mudah diimplementasikan
- b. Dapat diuji langsung dari browser

3.5 Keamanan Sistem

Untuk mencegah penyalahgunaan sistem, mekanisme keamanan awal yang diterapkan adalah:

- a. Autentikasi sederhana di aplikasi Android sebelum mengakses fitur kendali
- b. Whitelist IP (pengembangan) untuk membatasi perangkat yang dapat mengakses ESP32
- c. Opsi pengembangan ke HTTPS menggunakan ESP32 library tambahan seperti WiFiClientSecure

3.6 Implementasi dan Pengujian

3.6.1 Implementasi

Perangkat keras dirakit sesuai diagram blok dan pinout ESP32. Firmware diunggah ke ESP32 melalui Arduino IDE. Aplikasi Android diinstal dan dikonfigurasi untuk terhubung ke IP ESP32

3.6.2 Pengujian

Pengujian dilakukan dalam beberapa tahap:

Tabel 1. Tahapan Pengujian Sistem dan Alat

Tahap Uji	Tujuan	Kriteria Keberhasilan
Uji Koneksi	Memastikan ESP32 terhubung ke Wi-Fi dan bisa diakses	IP dapat diakses melalui browser
Uji Tombol Aplikasi	Memastikan aplikasi dapat mengendalikan tiap relay	Relay menyala/mati sesuai perintah
Uji Paralel	Menyalakan lebih dari satu relay secara bersamaan	Semua perangkat merespons
Uji Jarak	Pengujian pada jarak 1–20 meter dari router	Koneksi tetap stabil
Uji Delay	Mengukur waktu respons antar klik dan aksi	< 1 detik

4. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini dibahas hasil implementasi dan pengujian dari sistem SmartElectra yang dirancang untuk mengendalikan perangkat elektronik rumah tangga secara jarak jauh melalui aplikasi Android dan mikrokontroler ESP32. Pengujian dilakukan guna mengukur performa sistem dari berbagai aspek, seperti fungsi kendali, kestabilan, kecepatan respons, dan daya tahan perangkat terhadap beban listrik.

Evaluasi dilakukan dengan pendekatan eksperimental terhadap empat saluran kendali yang mengatur empat perangkat elektronik berbeda. Data hasil pengujian dikumpulkan secara sistematis dan dianalisis untuk mengetahui apakah sistem telah memenuhi kriteria keandalan, kenyamanan penggunaan, serta kesesuaian dengan skenario penggunaan di lingkungan rumah modern.

Setiap pengujian bertujuan untuk menunjukkan kapabilitas sistem dalam mendukung otomatisasi rumah pintar (smart home), serta sebagai bukti empiris bahwa sistem ini dapat menjadi solusi sederhana namun efektif dalam mengontrol aliran listrik secara cerdas dan hemat energi.

4.1. Implementasi Sistem

Sistem SmartElectra telah berhasil diimplementasikan dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32, modul relay 4-channel, dan aplikasi Android berbasis HTTP request. Perangkat dapat dikendalikan melalui antarmuka aplikasi untuk menyalakan dan mematikan empat komponen elektronik, yaitu: lampu LED, kipas angin, charger, dan pemanas listrik (rice cooker mini).

Aplikasi Android berfungsi sebagai antarmuka pengguna dan mengirimkan perintah melalui jaringan Wi-Fi lokal ke ESP32, yang kemudian mengendalikan keadaan relay. ESP32 bertindak sebagai server HTTP sederhana yang menerima perintah berupa URL endpoint seperti /relay1/on, /relay1/off, dst.

4.2 Pengujian Fungsional Sistem

Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk memverifikasi bahwa sistem mampu mengendalikan empat perangkat elektronik secara akurat melalui aplikasi Android.

Tabel 2. Hasil Uji Fungsional Relay

Relay	Perangkat	Perintah Andoid	Status	Keterangan
1	Lampu 1	ON / OFF	Berhasil	Responsif
2	Lampu 2	ON / OFF	Berhasil	Stabil
3	Lampu 3	ON / OFF	Berhasil	Aman
4	Lampu 4	ON / OFF	Berhasil	Tidak Ada Delay

Kesimpulan:

Seluruh perangkat elektronik dapat dikendalikan secara akurat dan responsif melalui aplikasi Android. Tidak terdapat kesalahan perintah atau malfungsi selama pengujian berlangsung. Ini menunjukkan bahwa sistem berhasil menjalankan fungsi utamanya dengan baik.

4.3 Pengujian Jarak Efektif Wi-Fi

ESP32 diuji dalam ruangan dengan penghalang (tembok) untuk mengetahui batas jangkauan sinyal Wi-Fi saat aplikasi digunakan. Pengujian dilakukan dengan acuan jarak dari access point.

Tabel 3. Jarak Efektif Sistem

Jarak dari Router	Status Respon	Delay Respon
1 Meter	Responsif	0,3 Detik
5 Meter	Responsif	0.6 Detik
10 Meter	Stabil	0.9 Detik
15 Meter (2 Tembok)	Sering Timeout	-

Kesimpulan:

Kinerja optimal sistem berada dalam jarak 10 meter dari access point. Di atas jarak tersebut, apalagi dengan hambatan seperti tembok, respons sistem mulai menurun. Penggunaan di lingkungan rumah dengan ruangan standar masih dalam cakupan jangkauan yang baik.

4.4 Pengujian Beban Relay

Menguji kemampuan relay untuk menangani perangkat dengan daya berbeda.

Tabel 4. Hasil Uji Fungsional Relay

Relay	Jumlah Switching	Error	Keterangan
1	50	0	Stabil
2	50	0	Stabil
3	50	0	Stabil
4	50	0	Stabil

Kesimpulan:

Sistem mampu mempertahankan stabilitas kendali bahkan setelah 50 kali switching secara berurutan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem cocok untuk penggunaan rutin sehari-hari tanpa resiko penurunan performa atau error akibat beban switching.

4.5 Pengujian Waktu Respon

Salah satu indikator penting dalam sistem otomasi berbasis Internet of Things (IoT) adalah kecepatan sistem dalam merespons perintah dari pengguna. Pada penelitian ini, *SmartElectra* dirancang untuk memberikan kendali real-time terhadap perangkat elektronik rumah tangga melalui aplikasi Android yang terhubung ke mikrokontroler ESP32 via jaringan Wi-Fi. Oleh karena itu, uji waktu respons dilakukan untuk mengukur berapa lama jeda antara saat pengguna menekan tombol pada aplikasi hingga perangkat elektronik benar-benar berubah status (ON/OFF). Pengujian dilakukan sebanyak empat kali dengan masing-masing relay mewakili satu perangkat, dan dalam setiap percobaan dilakukan pengukuran waktu rata-rata delay selama beberapa siklus perintah. Data dari pengujian ini akan membantu menilai efisiensi komunikasi serta kestabilan sistem dalam kondisi penggunaan normal.

Tabel 2. Hasil Uji Fungsional Relay

Relay	Jumlah Switching	Error	Keterangan
1	50	0	Stabil
2	50	0	Stabil
3	50	0	Stabil
4	50	0	Stabil

5. Perbandingan

Perbandingan dengan teknologi terkini merupakan bagian penting. Bagian ini dapat memberikan ilustrasi yang lebih terukur mengenai kontribusi penelitian Anda. Bagian ini juga dapat disertai dengan pembahasan singkat. Jika dirasa kurang memadai atau tidak sesuai untuk dijadikan bagian terpisah, penulis dapat mengintegrasikannya dengan Bagian 4 (Hasil dan Pembahasan).

6. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengimplementasikan *SmartElectra*, sebuah sistem kendali perangkat elektronik rumah tangga berbasis Android yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32 melalui jaringan Wi-Fi. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk mengontrol hingga empat perangkat elektronik secara jarak jauh dengan menggunakan antarmuka aplikasi Android yang dirancang secara sederhana dan responsif.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu merespons perintah pengguna dengan rata-rata waktu respons yang cukup rendah, yaitu di bawah 1 detik, yang menunjukkan efisiensi dan reliabilitas komunikasi antara aplikasi dan perangkat. Setiap channel relay bekerja secara independen dan konsisten dalam menerima perintah ON/OFF, serta mampu

mempertahankan stabilitas koneksi jaringan selama proses kendali berlangsung. Temuan ini mendukung tujuan penelitian yaitu untuk menciptakan sistem kontrol rumah berbasis IoT yang murah, fleksibel, dan mudah dioperasikan.

Sistem *SmartElectra* memiliki implikasi positif dalam mendukung konsep rumah pintar (*smart home*), terutama bagi masyarakat yang membutuhkan efisiensi dalam pengelolaan perangkat elektronik, baik dari sisi kenyamanan maupun penghematan energi. Penelitian ini juga berkontribusi pada pengembangan solusi berbasis IoT yang aplikatif dan ekonomis dalam ranah otomasi rumah tangga di Indonesia.

Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan, antara lain sistem belum dilengkapi fitur keamanan seperti autentikasi pengguna, serta tidak adanya monitoring kondisi perangkat seperti tegangan atau arus. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan penambahan fitur monitoring konsumsi daya, penyimpanan log aktivitas pengguna, serta integrasi dengan sistem cloud untuk pengendalian lintas jaringan secara lebih luas.

Kontribusi Penulis :

Konseptualisasi: Ida Ernawati dan Lawrence Adi Supriyono;
 Metodologi: Trisno Sanyoto;
 Perangkat Lunak: Lawrence Adi Supriyono;
 Validasi: Ida Ernawati, Trisno Sanyoto, dan Setyo Hartono;
 Analisis Formal: Setyo Hartono;
 Investigasi: Trisno Sanyoto;
 Sumber Daya: Ida Ernawati;
 Kurasi Data: Setyo Hartono;
 Penulisan—penyusunan draf awal: Ida Ernawati;
 Penulisan—tinjauan dan penyuntingan: Ida Ernawati;
 Visualisasi: Lawrence Adi Supriyono;
 Supervisi: Ida Ernawati;
 Administrasi proyek: Trisno Sanyoto;
 Pendanaan: Ida Ernawati.

Pendanaan : Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal

Konflik Kepentingan : Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Daftar Pustaka

- [1] Rombekila dan B. L. Entamoing, "Prototype Sistem Smart Home Berbasis IoT dengan Handphone Android Menggunakan NODEMCU ESP32," *Jurnal Teknik AMATA*, vol. 3, no. 1, pp. 32-37, 2022.
- [2] G. A. Baqi dan A. S. Budi, "Mekanisme Penyediaan Layanan pada Perangkat Smart Home berbasis ESP32 berdasarkan Dataset Time Series menggunakan K-Means," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (J-PTIHK)*, vol. 7, no. 5, pp. 123-130, 2023.
- [3] S. R. S. Putra dan A. F. Wibowo, "Perancangan Aplikasi Smart Home Menggunakan ESP32 Berbasis Android," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 9, no. 2, pp. 45-50, 2022.
- [4] M. J. Siregar dan R. H. Siregar, "Sistem Monitoring dan Kontrol Peralatan Listrik Berbasis IoT Menggunakan ESP32," *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi Terapan*, vol. 7, no. 1, pp. 25-30, 2021.
- [5] A. K. Sharma dan P. K. Singh, "Design and Implementation of an ESP32-Based IoT Smart Home Automation Management System," *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 10, no. 5, pp. 1-5, 2021.
- [6] R. K. Gupta dan S. K. Verma, "Home Automation Using ESP32 and Access Point," *International Journal of Progressive Research in Engineering Management and Science (IJPREMS)*, vol. 5, no. 4, pp. 50-55, 2025.
- [7] W. Zhou et al., "Discovering and Understanding the Security Hazards in the Interactions between IoT Devices, Mobile Apps, and Clouds on Smart Home Platforms," *arXiv preprint arXiv:1811.03241*, 2018.
- [8] Y. Prasetya dan R. H. Siregar, "Design and Build Internet of Things Based Home Automation System Using ESP32," *Jurnal Teknologi dan Informasi*, vol. 6, no. 2, pp. 60-65, 2022.
- [9] A. K. Singh dan M. Sharma, "Smart Home System for Controlling Household Appliances Utilizing Photovoltaic Technology and ESP32," *International Journal of Renewable Energy Research*, vol. 9, no. 3, pp. 1200-1205, 2021.
- [10] S. K. Verma dan R. K. Gupta, "Smart Home Monitoring System Using ESP32 and IoT," *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, vol. 9, no. 5, pp. 4000-4005, 2020.
- [11] L. A. . Supriyono, Y. . Fitrianto, D. . Setiawan, K. E. . Putranto, and A. S. . Aldila, "Energy Efficiency Analysis of LED, CFL, and Incandescent Bulbs with Smart Energy Management (SEM) Technology," *MEANS*, vol. 2, no. 2, pp. 150-153, Dec. 2024.

-
- [12] D. N. Rahayu dan M. R. Nasution, "Pengembangan Sistem Otomasi Rumah Berbasis ESP32 dan Sensor Suhu Menggunakan Android," *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, vol. 8, no. 1, pp. 23-30, 2023.
- [13] F. Sari dan E. Putra, "Analisis Sistem Keamanan IoT pada Otomasi Rumah Menggunakan ESP32," *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, vol. 15, no. 2, pp. 101-108, 2024.
- [14] R. Hartono dan T. S. Dewi, "Studi Implementasi Otomasi Peralatan Listrik Berbasis IoT di Rumah Pintar," *Jurnal Elektro dan Komputer*, vol. 6, no. 3, pp. 15-21, 2022.
- [15] M. F. Anggara dan D. Wibowo, "Pengembangan Sistem Kontrol Lampu Otomatis Berbasis ESP32 dan Android," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 10, no. 2, pp. 55-61, 2024.
- [16] A. Hidayat dan S. Yulianto, "Pengendalian Perangkat Elektronik Rumah dengan ESP32 dan Aplikasi Android," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 12, no. 1, pp. 44-50, 2023.
- [17] Lawrence Adi Supriyono and Andy Febrian Wibowo, "Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban dan Kandungan Nutrisi Budidaya Tanaman Sawi Caisim Hidroponik Berbasis IoT", *Juritek*, vol. 3, no. 1, pp. 171–178, Mar. 2023.
- [18] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, "Strategi Nasional Pengembangan Energi Terbarukan," 2022.
- [19] D. Setiawan dan A. R. Nugroho, "Pemanfaatan Teknologi Smart Home untuk Penghematan Energi di Indonesia," *Jurnal Energi Terbarukan*, vol. 5, no. 1, pp. 12-20, 2023.
- [20] PBB, "Sustainable Development Goals: Energy Access and Efficiency," 2021.
- [21] S. Wibisono dan L. Santoso, "Tren Teknologi Otomasi Rumah dan Dampaknya terhadap Konsumsi Energi," *Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 7, no. 3, pp. 78-85, 2024.
- [22] A. Andhika dan L. A. Supriyono, "Integrating artificial intelligence into accounting systems: a qualitative study on user experiences and challenges," *TELKOMNIKA Telecommunication Computing Electronics and Control*, vol. 23, no. 3, pp. 664–672, Jun. 2025, doi: 10.12928/telkomnika.v23i3.26409