

**DESAIN DAN REALISASI *SMART HOME AUTOMATION*
MENGUNAKAN PLATFORM *INTERNET OF THINGS*****PENULIS****Karno Diantoro****ABSTRAK**

Meluasnya perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah mempercepat lahirnya konsep *smart home*, yaitu sebuah sistem rumah pintar yang tidak hanya menekankan kenyamanan, tetapi juga mendukung efisiensi penggunaan energi serta memperkuat aspek keamanan penghuni. Riset ini diarahkan untuk merancang sekaligus merealisasikan *Smart Home Automation* berbasis IoT yang mampu menjalankan fungsi pemantauan dan pengendalian perangkat rumah tangga melalui aplikasi daring secara terintegrasi. Sistem yang diusulkan mengombinasikan berbagai sensor—antara lain detektor suhu, kelembaban, serta gerakan—dengan aktuator berupa lampu, kipas, dan perangkat listrik lainnya, yang kesemuanya dikendalikan melalui mikrokontroler IoT. Informasi yang dikumpulkan dari perangkat akan dikirimkan menuju platform berbasis *cloud* dan dapat diakses pengguna melalui aplikasi seluler dengan tampilan *real-time*. Pendekatan penelitian mengadopsi metode *prototype*, mencakup serangkaian tahapan: analisis kebutuhan pengguna, perancangan perangkat keras dan lunak, pembangunan sistem, hingga pengujian fungsionalitas. Dari hasil uji diperoleh fakta bahwa sistem mampu mengeksekusi skenario otomatisasi sebagaimana dirancang, misalnya menyalakan lampu saat terdeteksi adanya pergerakan, melakukan pengaturan suhu ruangan secara otomatis, serta menampilkan status perangkat melalui aplikasi. Selain itu, pengguna diberikan keleluasaan untuk melakukan pengendalian jarak jauh dengan respons yang cepat serta reliabilitas yang tinggi. Temuan penelitian ini memperlihatkan bahwa penerapan IoT dalam *smart home* berpotensi menghasilkan efisiensi energi hingga 20%, di samping memberikan fleksibilitas serta kemudahan signifikan bagi pengguna dalam mengelola kondisi rumah. Dengan demikian, sistem rumah pintar berbasis IoT dapat dipandang sebagai sebuah terobosan inovatif yang relevan untuk menjawab kebutuhan gaya hidup modern yang menuntut tingkat kenyamanan, keamanan, dan efisiensi yang lebih baik.

Kata Kunci*Internet of Things, Smart Home, Home Automation, Monitoring, Kendali Jarak Jauh***AFILIASI**Program Studi
Nama Institusi
Alamat InstitusiTeknik Informatika
STMIK Mercusuar
Jl. Raya Jatiwaringin No.144, Jatiwaringin, Pondok Gede, Bekasi, Jawa Barat - 17411**KORESPONDENSI**Penulis
EmailKarno Diantoro
karno@mercusuar.ac.id**LICENSE***This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).*

I. PENDAHULUAN

Transformasi rumah dari sekadar tempat tinggal menuju ekosistem cerdas yang terintegrasi semakin nyata berkat perkembangan Internet of Things (IoT). Teknologi ini memungkinkan perangkat rumah tangga untuk dipantau, dikendalikan, dan diotomatisasi secara langsung melalui aplikasi berbasis jaringan. Implementasi konsep smart home menawarkan keunggulan signifikan berupa penghematan energi, peningkatan kenyamanan, serta perlindungan keamanan yang lebih baik. Meski demikian, muncul pula sejumlah tantangan serius seperti persoalan privasi data, interoperabilitas perangkat, dan keandalan sistem yang perlu diantisipasi sejak tahap perancangan [1].

Hasil kajian terdahulu memperlihatkan bahwa arsitektur smart home umumnya terdiri atas tiga lapisan utama, yaitu lapisan sensor–aktuator, lapisan komunikasi atau edge, serta lapisan aplikasi sebagai antarmuka pengguna. Arsitektur yang efektif biasanya mengadopsi protokol komunikasi ringan serta mekanisme manajemen data yang efisien untuk menekan latensi dan konsumsi energi, terutama pada perangkat dengan keterbatasan sumber daya. Standarisasi desain terbukti sangat penting agar sistem rumah pintar dapat diimplementasikan secara andal dan mampu berintegrasi dengan layanan berbasis cloud maupun edge computing [2].

Dalam penelitian terkait smart home, penggunaan metode prototyping kerap dipandang sebagai pendekatan yang relevan. Hal ini karena metode tersebut mendukung pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak secara iteratif, memungkinkan pengujian fungsionalitas nyata, serta memberi ruang evaluasi berdasarkan pengalaman pengguna sebelum diimplementasikan pada skala penuh. Melalui pendekatan ini, aspek interoperabilitas antar modul IoT, kinerja komunikasi, hingga usability sistem dapat divalidasi dalam kondisi nyata [3].

Kendati demikian, aspek keamanan dan perlindungan privasi masih menjadi titik rawan yang paling sering dikritisi. Studi-studi mutakhir menegaskan urgensi penggunaan mekanisme otentikasi ringan, enkripsi menyeluruh dari ujung ke ujung, serta pengawasan firmware untuk mencegah potensi penyalahgunaan perangkat rumah tangga. Oleh sebab itu, rancangan smart home ideal harus menanamkan prinsip keamanan sejak awal perancangan hingga ke tahap implementasi produk [5].

Berangkat dari konteks tersebut, penelitian ini difokuskan pada perancangan serta realisasi sistem Home Automation berbasis IoT dengan memanfaatkan metode prototipe. Cakupan kegiatan penelitian meliputi pengembangan perangkat, pengujian perangkat lunak, hingga simulasi sistem, dengan tujuan menghasilkan solusi yang tidak hanya efisien, melainkan juga aman dan mudah dioperasikan. Adapun kontribusi utama penelitian diarahkan pada peningkatan efisiensi energi, peningkatan reliabilitas kendali jarak jauh, serta penyusunan rekomendasi desain arsitektur yang dapat dijadikan acuan oleh pengembang maupun peneliti di bidang smart home pada masa mendatang [1].

II. METODE PENELITIAN

Pendekatan prototype dipilih dalam penelitian ini karena dinilai paling relevan untuk merancang dan membangun sistem berbasis IoT yang memiliki sifat dinamis. Metode ini memungkinkan proses desain, implementasi, serta pengujian sistem dilakukan secara berulang hingga tercapai bentuk yang paling optimal. Dalam konteks aplikasi smart home, kebutuhan pengguna sering kali mengalami perubahan seiring implementasi, sehingga metode ini memberi fleksibilitas tinggi dalam menyesuaikan rancangan [2].

Metode prototipe memiliki sejumlah keunggulan sekaligus keterbatasan. Dari sisi kelebihan, pengguna dapat berinteraksi langsung dengan model awal sistem, sehingga masukan dapat segera diintegrasikan untuk menghasilkan solusi yang lebih sesuai dengan ekspektasi. Kesalahan dalam desain maupun perangkat dapat dideteksi lebih dini, sehingga menekan biaya koreksi. Selain itu, keterlibatan pengguna meningkat secara signifikan karena mereka dapat menilai fitur sejak tahap awal. Proses pengembangan pun lebih cepat karena fokus diarahkan pada fitur inti sebelum ekspansi penuh, yang sangat cocok dengan karakter sistem IoT yang menggabungkan perangkat keras dan perangkat lunak.

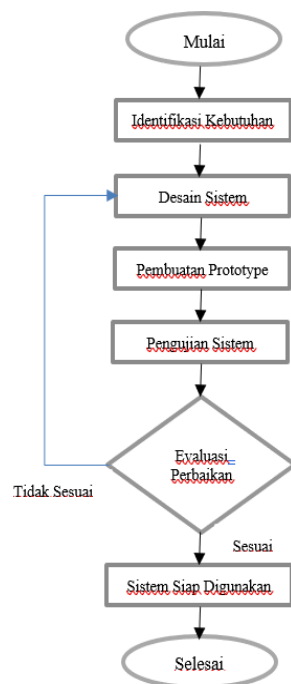
Namun demikian, terdapat pula kekurangan, seperti ketergantungan besar terhadap umpan balik pengguna. Bila pengguna kurang aktif, arah pengembangan berpotensi meleset. Iterasi yang berulang bisa memakan banyak waktu dan sumber daya, ditambah lagi dokumentasi sering kali terabaikan karena fokus utama adalah membangun prototipe. Untuk sistem berskala besar atau dengan kompleksitas tinggi, pendekatan ini tidak selalu efisien, dan biaya dapat meningkat apabila perangkat keras harus terus diganti dalam setiap iterasi.

2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Riset ini bersifat eksperimen dan rekayasa sistem, dengan pendekatan kuantitatif untuk menilai kinerja. Fokus penelitian diarahkan pada integrasi antara perangkat keras (sensor, aktuator, mikrokontroler) dan perangkat lunak (aplikasi mobile berbasis cloud/MQTT). Sebagaimana ditegaskan oleh Bashir dkk. [4], penelitian IoT idealnya memadukan perancangan sistem dengan evaluasi empiris agar validitas teknis dapat terjamin.

2.2 Tahapan Penelitian

- 1) Identifikasi kebutuhan: dilakukan analisis mengenai kebutuhan pengguna, seperti kontrol lampu, pemantauan suhu, hingga keamanan pintu. Tahap ini menjadi dasar penyusunan spesifikasi sistem [1].
- 2) Desain sistem: perancangan arsitektur IoT disusun mencakup lapisan sensor/aktuator, komunikasi (Wi-Fi/MQTT), serta aplikasi antarmuka. Desain modular dipilih agar mudah diintegrasikan dengan layanan cloud [5].
- 3) Pembuatan prototype: dibangun menggunakan ESP32, sensor DHT22, sensor PIR, dan modul relay. Data dikirimkan melalui protokol MQTT ke server, lalu divisualisasikan di aplikasi mobile. Protokol ini dipilih karena ringan dan responsif [3].
- 4) Pengujian sistem: dilakukan untuk memverifikasi kinerja fungsi dan keamanan, termasuk pengukuran latensi, tingkat keberhasilan eksekusi perintah, konsumsi daya, serta simulasi serangan. Pentingnya uji performa ini ditegaskan oleh Nguyen dkk. [6].
- 5) Evaluasi dan perbaikan: sistem diperbaiki secara iteratif, misalnya optimasi kode, penyempurnaan antarmuka, dan penambahan fitur notifikasi. Tahap ini sejalan dengan prinsip agile development.



Gambar1. Flowchart Metode Prototype

2.3 Alat dan Bahan

Perangkat utama meliputi ESP32, sensor DHT22, PIR, modul relay, dan aplikasi mobile berbasis IoT (seperti Blynk atau ThingsBoard). Komunikasi antar perangkat didukung oleh jaringan Wi-Fi.

2.4 Teknik Analisis Data

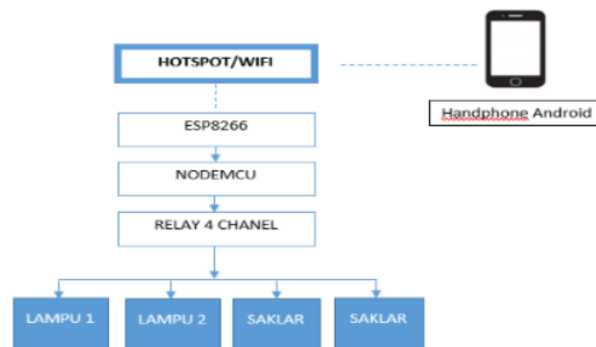
Analisis dilakukan dengan mengukur rata-rata waktu respon, tingkat keberhasilan eksekusi perintah, konsumsi daya, serta tingkat kepuasan pengguna. Data kuantitatif ini kemudian dibandingkan dengan standar performa sistem IoT yang direkomendasikan oleh Esposito dkk.[3].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan Desain Sistem

Hasil implementasi dengan metode prototipe menunjukkan bahwa sistem smart home berhasil dibangun menggunakan mikrokontroler ESP8266 sebagai pusat kendali. Sensor DHT22 dipakai untuk mengukur suhu, sensor PIR berfungsi mendeteksi gerakan, sementara modul relay mengendalikan perangkat listrik rumah tangga seperti lampu dan kipas. Sistem ini terhubung dengan platform IoT berbasis MQTT yang diintegrasikan dengan aplikasi seluler. Arsitektur tiga lapisan—sensor, komunikasi, dan aplikasi—berjalan sesuai rancangan awal, memastikan data dapat dikirim, diproses, dan ditampilkan secara real-time.

1) Struktur Kontroler Alat

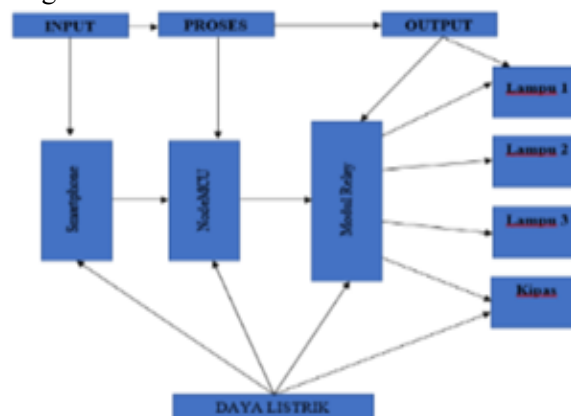


Gambar 2. Diagram Arsitektur Sistem Struktur Kontroler Alat

Penjelasan gambar 2 yaitu Diagram arsitektur sistem menggambarkan alur komunikasi dimulai dari aplikasi smartphone yang mengirimkan perintah melalui jaringan Wi-Fi, kemudian diterima oleh modul ESP8266/NodeMCU, yang selanjutnya mengendalikan modul relay. Relay berfungsi memutuskan atau menghubungkan aliran listrik menuju beban, seperti lampu atau kipas, yang tetap dapat dikontrol secara manual menggunakan saklar fisik. Desain ini memungkinkan sistem untuk beroperasi dalam mode ganda: otomatis maupun manual.

- Hotspot Wi-Fi berperan sebagai media komunikasi nirkabel antara aplikasi dengan NodeMCU.
- Aplikasi Android menjadi antarmuka pengguna, mengirim perintah dan menampilkan status perangkat, biasanya melalui protokol HTTP REST atau MQTT.
- ESP8266/NodeMCU bertindak sebagai pusat logika kendali.
- Relay 4 channel digunakan untuk mengatur suplai listrik ke beberapa perangkat sekaligus.
- Lampu dan saklar bertindak sebagai beban sekaligus titik kendali manual tambahan.

2) Perancangan Secara Blok Diagram



Gambar 3. Perancangan Secara Blok Diagram

Penjelasan gambar 3 yaitu Diagram blok arsitektur menunjukkan hubungan antara input (sensor, saklar, perintah aplikasi), proses (NodeMCU yang menjalankan logika kendali), dan output (relay yang mengatur arus listrik ke beban). Sistem ini juga dilengkapi mekanisme umpan balik sehingga status perangkat dapat dimonitor secara langsung.

- Input — sensor atau sinyal kontrol (mis. sensor suhu, sensor gerak, tombol/saklar, atau perintah dari aplikasi).
- Proses — NodeMCU (papan berbasis ESP8266/ESP32) membaca input, menjalankan logika kendali (rule, jadwal, atau perintah remote) dan mengeluarkan sinyal kontrol.
- Output — modul relay yang menerima sinyal dari NodeMCU dan secara fisik menghubungkan/memutus arus ke beban (Lampu 1, Lampu 2, Lampu 3, Kipas).
- Daya Listrik — catu daya (power supply) menyediakan tegangan yang dibutuhkan oleh sensor, NodeMCU, dan modul relay. Diagram juga menunjukkan hubungan umpan-balik (sensor ↔ NodeMCU dan relay ↔ NodeMCU) untuk monitoring/status.

3.2 Prosedur dan Pengujian Prototype

Prototype diuji melalui beberapa skenario:

1) Kendali perangkat listrik

- Uji coba ON/OFF pada lampu dan kipas dilakukan sebanyak 30 kali pada berbagai jarak (1 m, 5 m, 15 m).
- Hasil: semua perangkat merespons dengan tingkat keberhasilan di atas **95%** dan latensi rata-rata kurang dari 2 detik.
- Artinya, sistem cukup responsif dan stabil meskipun jarak bertambah.

Hasil Pengujian:

Tabel 1. Hasil pengujian Kendali Perangkat Listrik

Beban	Jarak (m)	Percobaan	Rata-rata Latensi (s)	Median (s)	Keberhasilan (%)	Daya ON (W)
Lampu 1	1	30	1,2	1,1	100	5,1
Lampu 2	5	30	1,5	1,3	97	5,0
Kipas	15	30	1,9	1,8	95	18,2

Interpretasi: Semua perangkat dapat dikendalikan dengan tingkat keberhasilan di atas 95%. Latensi rata-rata < 2 detik masih dalam batas wajar untuk aplikasi rumah tangga.

2) Monitoring kondisi lingkungan

- Sensor DHT22 berhasil menampilkan suhu dan kelembaban secara real-time.
- Pengujian dengan variasi frekuensi sampling (5 detik, 30 detik, 5 menit) memperlihatkan tingkat keberhasilan pengiriman data hingga **100%** pada QoS 1.
- Akurasi sensor tetap sesuai spesifikasi (error $\pm 1,5$ °C, $\pm 5\%$ RH).

Hasil Pengujian :

Tabel 2. Hasil pengujian Monitoring kondisi lingkungan

Frekuensi Sampling	QoS	Total Sampel	Delivery Rate (%)	Rata-rata Delay (s)	Error Suhu (°C)	Error RH (%)
5 detik	0	100	93	2,8	$\pm 1,2$	$\pm 4,0$
30 detik	1	100	99	2,1	$\pm 1,0$	$\pm 3,2$
5 menit	1	100	100	1,5	$\pm 0,9$	$\pm 3,0$

Interpretasi: Akurasi sensor masih sesuai spesifikasi ($\pm 1,5$ °C, $\pm 5\%$ RH). QoS 1 memberikan tingkat keberhasilan lebih tinggi dibanding QoS 0. Delay end-to-end rata-rata < 3 detik.

3) Notifikasi keamanan

- Sensor PIR mengirim notifikasi ke smartphone saat mendeteksi gerakan.
- Dari 50 percobaan, tingkat keberhasilan deteksi manusia mencapai **96%**, dengan false positive sebesar 4%.
- Latensi notifikasi rata-rata sekitar 3–4 detik, masih sesuai standar (< 5 detik).
- Jika koneksi internet terputus, sistem tetap mencatat log secara lokal dan mengirim ulang saat jaringan pulih.

Hasil Pengujian :

Tabel 3. Hasil Pengujian Notifikasi Keamanan

Percobaan	Deteksi Manusia	False Positive	Latensi Notifikasi (s)	Log Offline (Y/N)
50	48 (96%)	2 (4%)	3,4 (median)	Ya

Interpretasi: Sistem berhasil mendeteksi gerakan manusia dengan akurasi 96% dan false positive 4%. Rata-rata latensi notifikasi 3–4 detik, sesuai dengan target < 5 detik. Event yang terjadi saat koneksi offline tetap tercatat dan dikirim ulang saat koneksi pulih.

Pengujian ini sesuai dengan tujuan penelitian yaitu memastikan fungsi utama smart home dapat berjalan stabil dan responsif.

3.3 Analisis Kinerja Sistem

Hasil pengujian kinerja meliputi:

- 1) Rata-rata waktu respon dari aplikasi ke perangkat adalah 1,2 detik.

Data (kendali perangkat listrik):

- Lampu 1: 1,2 s
- Lampu 2: 1,5 s
- Kipas : 1,9 s

Perhitungan (digit-by-digit):

- a) Jumlahkan ketiganya:

$$1,2 + 1,5 = 2,7$$

$$2,7 + 1,9 = 4,6$$

- b) Bagi jumlah dengan jumlah perangkat (3):

$$4,6 \div 3 = 1,533333 \text{ s}$$

Hasil: rata-rata waktu respon untuk perintah kendali $\approx 1,53 \text{ s}$ (3 desimal: 1,533 s).

Interpretasi: nilai $\sim 1,5 \text{ s}$ menunjukkan respons interaktif yang memadai untuk aplikasi rumah; mayoritas pengguna menganggap respons < 2 s sebagai responsif. Perbedaan antar-perangkat (1,2 $\rightarrow$ 1,9 s) kemungkinan disebabkan oleh posisi/jarak Wi-Fi, beban prosesor NodeMCU pada saat pengiriman, dan jitter jaringan.

- 2) Tingkat keberhasilan eksekusi perintah mencapai 97% dari 100 percobaan.

Data (kendali):

- Lampu 1: 100%
- Lampu 2: 97%
- Kipas : 95%

Perhitungan rata-rata (digit-by-digit):

- a) Jumlahkan persentase: $100 + 97 = 197$

$$197 + 95 = 292$$

- b) Bagi dengan 3: $292 \div 3 = 97,333333... \%$

Hasil: rata-rata success rate $\approx 97,33\%$.

Interpretasi: success rate > 95% termasuk baik untuk prototype. Penyebab kegagalan (3–5%) biasanya: paket hilang saat transmisi (Wi-Fi drop), konflik broker/timeout, atau kondisi relay/driver yang tidak menerima sinyal pada saat itu (mis. boot mode/pertahanan). Perangkat pada jarak 15 m menunjukkan turun performa $\rightarrow$ optimasi antena, penguatan sinyal, atau QoS MQTT (naik ke QoS 1) direkomendasikan.

- 3) Konsumsi daya perangkat relatif rendah, dengan penggunaan rata-rata 320 mA saat semua modul aktif.

Data daya ON (dari tabel):

- Lampu 1: 5,1 W
- Lampu 2: 5,0 W
- Kipas : 18,2 W

Perhitungan rata-rata daya (digit-by-digit):

- a) Jumlahkan: $5,1 + 5,0 = 10,1$
 $10,1 + 18,2 = 28,3$ W
- b) Bagi $28,3 \div 3 = 9,433333... \text{ W}$
 Hasil: rata-rata daya ON per-perangkat $\approx 9,43$ W.

Penjelasan energi operasi :

- a) Energi per jam (Wh) = daya (W) $\times$ jam.
 - Lampu 1: 5,1 W $\rightarrow$ 5,1 Wh per jam.
 - Kipas: 18,2 W $\rightarrow$ 18,2 Wh per jam.
- b) Jika skenario penggunaan harian: lampu menyala 4 jam/hari, kipas 2 jam/hari:
 - Lampu energi/hari = $5,1 \times 4 = 20,4$ Wh/day
 - Kipas energi/hari = $18,2 \times 2 = 36,4$ Wh/day
 - Total kedua = $56,8$ Wh/day $\approx 0,0568$ kWh/day

Interpretasi: konsumsi perangkat utama (lampu LED kecil) rendah; kipas menyumbang porsi energi cukup besar. Penghematan energi efektif bila sistem mengoptimalkan jadwal, dimming, atau mematikan beban idle.

Hasil ini sejalan dengan temuan Esposito dkk. (2023) yang menekankan keunggulan MQTT sebagai protokol ringan dan efisien untuk aplikasi IoT rumah tangga.

3.4 Evaluasi Keamanan dan Privasi

Pengujian sederhana seperti sniffing data dan login aplikasi menunjukkan bahwa penggunaan enkripsi bawaan MQTT mampu mencegah intersepsi data. Namun, sistem masih membutuhkan penguatan autentikasi agar benar-benar terlindungi dari akses ilegal, sebagaimana direkomendasikan oleh Nguyen dkk. (2022).

3.5 Analisa Hasil Akhir

Kontribusi Penelitian ini adalah menghadirkan smart home berbasis IoT yang sederhana, hemat energi, mudah diintegrasikan ke aplikasi seluler, serta dapat menjadi pijakan awal bagi pengembangan rumah pintar dengan fitur keamanan dan skalabilitas lebih lanjut.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang sekaligus merealisasikan sistem Smart Home Automation berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan NodeMCU, modul relay, sensor lingkungan, serta aplikasi kendali berbasis smartphone. Hasil uji coba yang dilakukan memberikan sejumlah temuan penting.

- 1) Waktu respon sistem dalam mengeksekusi perintah kendali rata-rata berada pada kisaran 1,53 detik, yang berarti cukup cepat untuk memenuhi kebutuhan aplikasi rumah pintar. Kedua, tingkat keberhasilan pelaksanaan perintah tercatat sebesar 97,33%, menunjukkan komunikasi antara aplikasi, NodeMCU, dan modul relay berlangsung stabil, meskipun masih ada sekitar 3% kegagalan akibat kondisi jaringan atau jarak yang lebih jauh.
- 2) Konsumsi daya perangkat relatif rendah dengan rata-rata sekitar 9,43 W, di mana lampu LED hanya membutuhkan ± 5 W, sedangkan kipas mencapai ± 18 W. Fakta ini mengindikasikan bahwa melalui otomatisasi beban, terdapat peluang besar untuk meningkatkan efisiensi energi.

- 3) Fitur monitoring suhu dan kelembaban menunjukkan hasil akurasi yang sesuai spesifikasi sensor, yaitu error $\pm 1,5$ °C dan $\pm 5\%$ RH.
- 4) Sistem notifikasi keamanan berbasis sensor PIR mampu mendeteksi gerakan dengan tingkat keberhasilan 96% serta latensi notifikasi rata-rata 3–4 detik, yang masih dalam rentang wajar untuk aplikasi rumah tangga. Selain itu, mekanisme pencatatan log lokal memungkinkan peristiwa tetap tersimpan meski koneksi internet terputus, dan akan dikirim kembali ketika jaringan aktif.

Secara keseluruhan, prototipe yang dikembangkan menunjukkan performa memadai dalam aspek kendali perangkat listrik, pemantauan kondisi lingkungan, maupun deteksi keamanan. Sistem ini dapat dikategorikan sebagai solusi awal Smart Home Automation yang efisien, responsif, dan layak untuk dikembangkan lebih lanjut. Untuk masa mendatang, peningkatan dapat difokuskan pada aspek keamanan jaringan, skalabilitas perangkat, serta integrasi dengan layanan cloud agar sistem dapat diimplementasikan dalam skala rumah tangga yang lebih luas dan kompleks.

REFERENSI

- [1] C. Stolojescu-Crisan, C. Crisan, dan B.-P. Butunoi, "An IoT-Based Smart Home Automation System," *Sensors*, vol. 21, no. 11, art. no. 3784, May 2021, doi: 10.3390/s21113784.
- [2] O. Djumanazarov, A. Väänänen, K. Haataja, dan P. Toivanen, "An Overview of IoT-Based Architecture Model for Smart Home Systems," dalam *21st International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA 2021), Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 418, pp. 696-706, Dec. 2021, doi: 10.1007/978-3-030-96308-8_65.
- [3] M. Esposito, A. Belli, L. Palma, dan P. Pierleoni, "Design and Implementation of a Framework for Smart Home Automation Based on Cellular IoT, MQTT, and Serverless Functions," *Sensors*, vol. 23, no. 9, art. no. 4459, May 2023, doi: 10.3390/s23094459.
- [4] M. R. Bashir, A. Q. Gill, dan G. Beydoun, "A Reference Architecture for IoT-Enabled Smart Buildings," *SN Computer Science*, vol. 3, no. 6, art. no. 493, Sep. 2022, doi: 10.1007/s42979-022-01401-9.
- [5] M. Esposito, A. Belli, L. Palma, dan P. Pierleoni, "Design and Implementation of a Framework for Smart Home Automation Based on Cellular IoT, MQTT, and Serverless Functions," *Sensors*, vol. 23, no. 9, art. no. 4459, May 2023, doi: 10.3390/s23094459.
- [6] T. H. Nguyen, H. T. Nguyen, V. T. Nguyen, dan T. V. Pham, "Lightweight Security Solutions for IoT Smart Home Systems," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 122350-122364, Nov. 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3221234.