



JASEE

Journal of Application and Science on Electrical Engineering

<https://jurnal.widyagama.ac.id/index.php/jasee/index>



Rancang Bangun Prototipe Sistem Monitoring Keamanan Toko Emas Berbasis Internet of Things

Moch Bagus Rayhan¹, Diky Siswanto², Gigih Priyandoko²

¹PT Lintech Duta Pratama, Surabaya, Indonesia

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang, Malang, Indonesia

Corresponding author, email: dsiswanto@widyagama.ac.id

Abstract

Gold shops require early-warning systems that combine access identification, object detection, fire indication, and remote event monitoring. This study develops and evaluates an Internet of Things-based security monitoring prototype integrating an ESP32 controller, an ESP32-CAM camera, radio-frequency identification, an infrared proximity sensor, a flame detector, Firebase, and an Android application. An experimental prototyping approach was used, comprising hardware and application design, integration, and bench-scale functional tests. Five identification cards were evaluated at 30 distances, while proximity detection, camera-response time, flame indication, and two operating modes were tested separately. All five cards were detected at distances up to 4.0 cm but not beyond 4.0 cm within the tested range. Infrared detection activated a local buzzer at distances of 1–19 cm. The recorded mean response times along the identification-to-camera and infrared-to-camera paths were 8.40 s and 7.69 s, respectively. The fire-indication test showed inactive readings up to 38.95 °C and active readings from 49.66 °C. The prototype demonstrated integrated bench-scale functionality; however, notification latency, alarm reliability under network failures, and field performance require further validation.

Keywords: gold shop security; Internet of Things (IoT); ESP32-CAM; radio-frequency identification; early warning.



p-ISSN : 2721-3625

e-ISSN : 2721-320X

1. PENDAHULUAN

Toko emas merupakan lingkungan usaha dengan konsentrasi aset bernilai tinggi dan risiko gangguan berupa akses tanpa izin, pergerakan di area terbatas, serta kebakaran. Pengawasan konvensional melalui petugas dan kamera pengawas tetap diperlukan, tetapi pemilik toko juga membutuhkan indikasi kejadian yang dapat diakses dari luar lokasi. Integrasi sensor dengan jaringan *Internet of Things* memungkinkan status kejadian disalurkan ke antarmuka jarak jauh. Meski demikian, keterhubungan perangkat juga menimbulkan persoalan reliabilitas dan keamanan data yang perlu dibedakan dari fungsi deteksi ancaman fisik [1].

Putra dkk. [2] menggabungkan sensor gerak dan pintu dengan notifikasi pesan singkat untuk pemantauan toko. Mentaruk dkk. [3] menerapkan pemantauan toko berbasis *Internet of Things*, sedangkan Avianto dkk. [4] mengembangkan sistem toko menggunakan platform Cayenne dengan beberapa sensor dan peringatan jarak jauh. Kurniawan dan Hariyanto [5] serta Cakrayuda dkk. [6]

<https://doi.org/10.31328/jasee.v7i1.05>

Received: 12/03/2026

Revised: 29/03/2026

Accepted: 30/03/2026; published by UWG Press, © 2026 UWG Press

menunjukkan pemanfaatan ESP32-CAM untuk memberikan konteks visual atas kejadian yang dideteksi. Penelitian-penelitian tersebut memperlihatkan manfaat peringatan otomatis, tetapi masing-masing menerapkan kombinasi perangkat, mekanisme pemberitahuan, dan konteks pengujian yang berbeda.

Pendekatan identifikasi akses menggunakan kartu juga relevan. Juniawan dan Rismayana [7] menguji kunci pintu berbasis RFID dan aplikasi, sedangkan Yaqin [8] mengembangkan penguncian pintu dengan RFID serta pemantauan jarak jauh. Pada aspek kebakaran, Park dkk. [9] mengkaji interpretasi pola sinyal pendeteksian api dan Jeong dkk. [10] menekankan pentingnya data multisensor untuk memperkirakan potensi kebakaran. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa identifikasi akses, deteksi objek, dan indikasi api memiliki karakteristik berbeda sehingga pengujian perlu dilakukan per lintasan sensor.

Kajian pemantauan peralatan industri oleh Hanafi dkk. [11], yang melibatkan salah satu penulis artikel ini, serta pengendalian akuarium berbasis ESP32 dan Firebase oleh Priyandoko dkk. [12] mendukung kelayakan integrasi sensor dengan antarmuka jarak jauh pada konteks lain. Namun, keberhasilan integrasi tersebut tidak otomatis membuktikan kemampuan perlindungan toko emas. Selain itu, tinjauan keamanan perangkat oleh Omolara dkk. [13] menggarisbawahi perlunya pengujian terpisah untuk keamanan siber, privasi, dan ketersediaan komunikasi.

Penelitian ini bertujuan merancang prototipe pemantauan keamanan toko emas yang mengintegrasikan RFID, sensor *proximity infrared*, *flame detector*, ESP32-CAM, indikator lokal, Firebase, dan aplikasi Android; kemudian mengevaluasi jangkauan pembacaan, waktu respons jalur sensor–kamera, dan logika dua mode operasi berdasarkan data uji. Kontribusinya terletak pada integrasi tiga masukan kejadian dan evaluasi kuantitatif kinerja fungsional pada prototipe skala laboratorium. Ruang lingkupnya tidak mencakup pengukuran waktu notifikasi ujung ke ujung, uji ketahanan serangan siber, maupun penerapan pada toko emas yang beroperasi.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Konsep dan Batasan Pemantauan Keamanan

Dalam penelitian ini, istilah pemantauan keamanan berarti pengamatan keadaan fisik area toko melalui indikator kejadian: (1) pembacaan identitas kartu RFID pada jarak dekat, (2) deteksi keberadaan objek dalam jangkauan inframerah, dan (3) indikator kondisi yang diasosiasikan dengan potensi kebakaran. Sinyal tersebut diproses mikrokontroler untuk mengaktifkan peringatan lokal dan menyediakan status kejadian kepada pengguna. Sistem merupakan alat bantu deteksi dan peringatan awal, bukan perangkat yang dapat menjamin pencegahan pencurian atau pemadaman kebakaran.

Keamanan fisik yang menjadi sasaran prototipe perlu dibedakan dari keamanan informasi. Keamanan informasi berhubungan dengan otentikasi pengguna, kendali akses, perlindungan data, dan ketersediaan jaringan; aspek ini penting pada layanan berbasis *cloud* [1], [13]. Integrasi dengan aplikasi tidak dapat dianggap sebagai bukti adanya autentikasi kuat, enkripsi ujung ke ujung, atau ketahanan terhadap putus koneksi apabila prosedur tersebut belum diuji. Sistem akses pintu berbasis ESP32 dan Firebase yang dikembangkan Isarianto dan Setiyaningrum [14] menunjukkan perlunya perhatian khusus terhadap mekanisme otentikasi ketika perangkat digunakan untuk kendali akses.

2.2 Teknologi Identifikasi, Deteksi Objek, dan Indikasi Api

RFID membaca identitas kartu melalui interaksi antara pembaca (*reader*) dan kartu (*tag*). Keberhasilan pembacaan bergantung pada jarak dan karakteristik pasangan pembaca–kartu. Sensor *proximity infrared* mendeteksi objek dengan memanfaatkan pantulan cahaya inframerah pada area di depan sensor; pembacaan keberadaan objek tidak identik dengan klasifikasi gerak manusia. Di sisi lain, *flame detector* lazim merespons karakteristik radiasi optis api, sehingga nilai suhu dalam suatu tabel pengujian harus diperlakukan sebagai pembacaan instrumen suhu terpisah apabila tidak ada bukti bahwa modul tersebut memang mengukur suhu.

Sistem peringatan kebakaran harus dievaluasi berdasarkan respon sensor, ambang keputusan, dan konsekuensi kesalahan deteksi. Khan [15] memperlihatkan pentingnya notifikasi setelah pendeteksian kebakaran, sedangkan Abdusalomov dkk. [16] membahas upaya meningkatkan pendeteksian dini melalui informasi visual. Penelitian ini tidak menerapkan model prediksi atau analisis citra tersebut; keduanya digunakan sebagai landasan untuk menjelaskan batas pengujian indikator api pada prototipe.

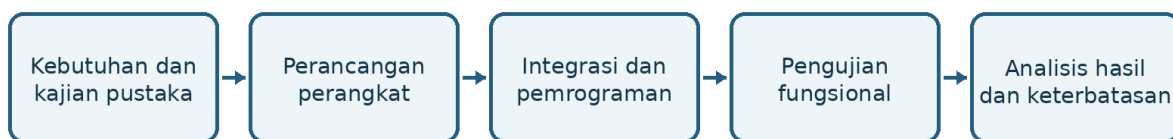
2.3 Integrasi ESP32, Kamera, dan Aplikasi

ESP32 digunakan sebagai pengolah masukan sensor dan pengendali indikator lokal. ESP32-CAM menyediakan pengambilan gambar setelah kondisi pemicu terpenuhi. Firebase menjadi media pertukaran status untuk aplikasi Android yang dibuat menggunakan Kodular. Arsitektur ini memungkinkan penggabungan status deteksi dan tampilan kejadian, tetapi waktu respons sensor–kamera berbeda dari waktu pengiriman informasi sampai tampil atau diterima pengguna; kedua metrik tersebut harus diukur dan dilaporkan secara terpisah.

3. METODE

3.1 Pendekatan Penelitian dan Tahapan

Penelitian menggunakan pendekatan *prototyping* eksperimental, terdiri atas identifikasi kebutuhan deteksi, perancangan rangkaian dan program, integrasi perangkat, pengujian fungsional, pengolahan data, serta evaluasi keterbatasan. Unit penelitian berupa satu prototipe berukuran 40 cm × 40 cm × 20 cm yang diuji dalam lingkungan percobaan. Data berasal dari tabel pengujian pada naskah awal dan dianalisis secara deskriptif; tidak dilakukan penambahan hasil pengukuran baru. Alur pelaksanaan disajikan pada Gambar 1.

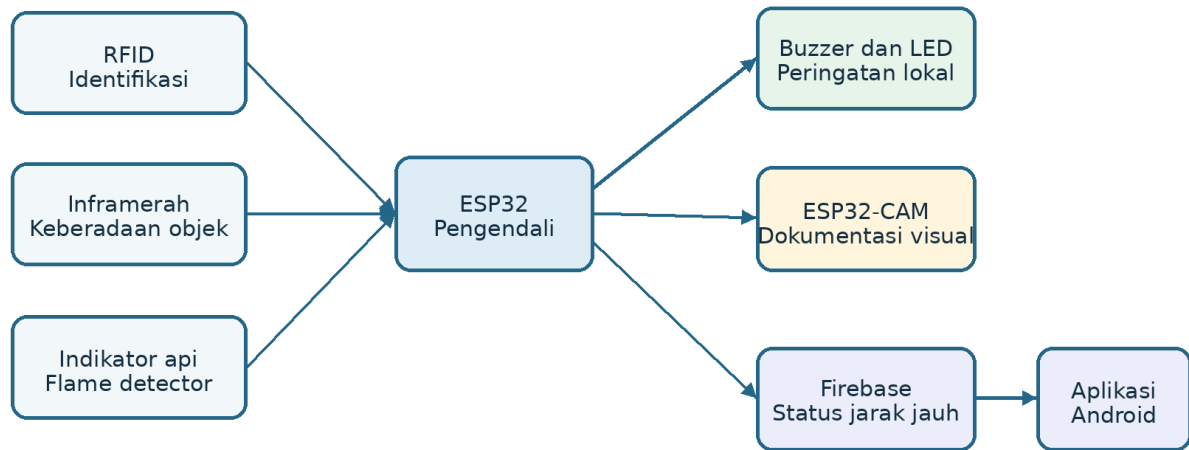


Gambar 1. Tahapan perancangan, pengujian, dan evaluasi prototipe

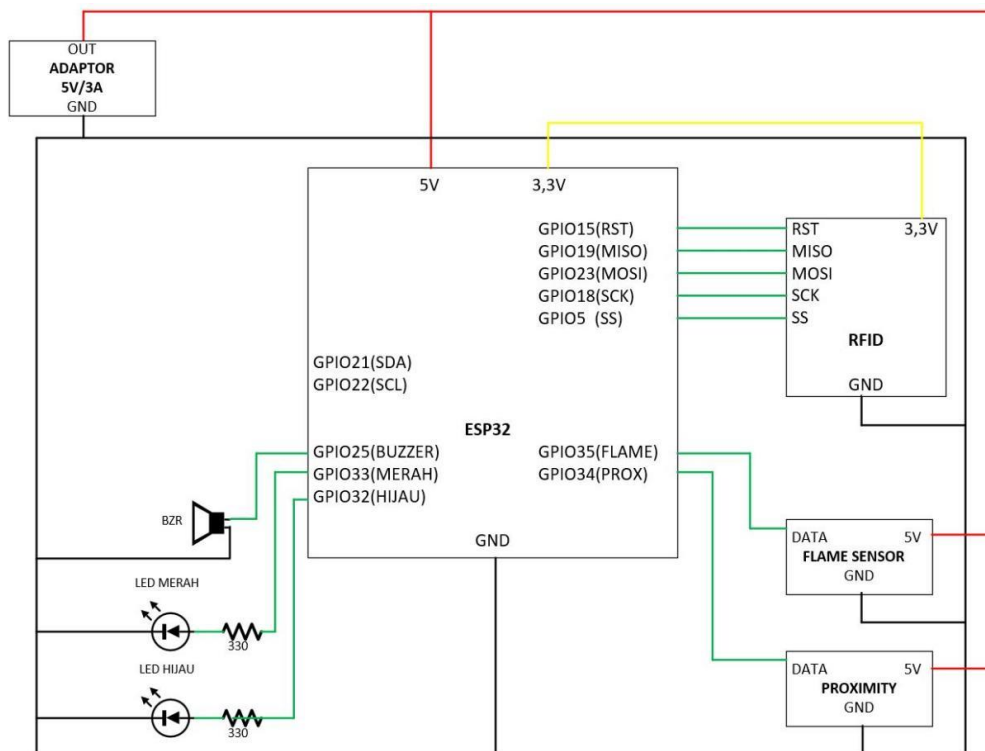
3.2 Arsitektur dan Aturan Operasi

Arsitektur fungsional pada Gambar 2 memisahkan tiga masukan sensor, pengendali ESP32, indikator lokal, ESP32-CAM, dan jalur status melalui Firebase menuju aplikasi. Skematik pengkabelan yang digunakan penulis ditampilkan pada Gambar 3. Hubungan rangkaian mengikuti prototipe awal; informasi jenis modul, nomor pin, dan sumber daya perlu diverifikasi terhadap perangkat fisik bila gambar digunakan sebagai pedoman perakitan ulang.

Sistem diuji dalam dua mode logika. Pada mode 1, keluaran aktif apabila paling sedikit satu dari masukan RFID, indikator api, atau inframerah aktif (fungsi logika OR). Pada mode 2, keluaran hanya mengikuti status RFID tanpa mempertimbangkan dua sensor lain. Variabel biner 1 menandakan kondisi masukan aktif dan 0 menandakan tidak aktif. Kedua aturan ini diperlakukan sebagai konfigurasi pengujian, bukan sebagai kebijakan keselamatan yang telah dinyatakan layak untuk operasional toko.



Gambar 2. Arsitektur fungsional sistem pemantauan keamanan berbasis ESP32



Gambar 3. Skematik pengkabelan sensor dan pengendali pada prototipe

3.3 Prosedur dan Variabel Pengujian

Prosedur pengujian dilakukan per fungsi agar karakteristik tiap lintasan dapat dibandingkan. Tabel 1 merangkum jumlah kondisi dan indikator yang tersedia dalam data asli. Nilai interval dan banyaknya pengamatan mengacu pada tabel pengujian yang diberikan penulis; uji berulang pada kondisi identik, spesifikasi alat ukur, dan konfigurasi jaringan tidak dilaporkan sehingga presisi pengukuran serta ketidapastiannya belum dapat dihitung.

Tabel 1. Rancangan pengujian dan indikator evaluasi

Fungsi	Variasi pengujian	Data tersedia
RFID	5 kartu; 30 jarak (0–5,8 cm; langkah 0,2 cm)	Status pembacaan 150 pasangan kartu–jarak
RFID → kamera	21 jarak aktif (0–4,0 cm)	21 catatan waktu respons (ms)
Inframerah → kamera	20 jarak (0–19 cm)	20 catatan waktu respons (ms)
Inframerah → buzzer	20 jarak (1–20 cm)	Status dan waktu keluaran lokal
Indikator api	30 kondisi pengujian	Suhu, ADC, tegangan, status aktif
Mode operasi	8 kombinasi biner × 2 mode	16 pengamatan keluaran

Pada uji RFID, setiap kartu didekatkan ke pembaca pada jarak yang ditentukan, kemudian diamati status terbacanya. Lintasan RFID–kamera dievaluasi menggunakan nilai waktu yang tercatat pada 21 kondisi aktif. Sensor inframerah diuji melalui variasi jarak objek, lalu dicatat status keluaran dan waktu respons jalur ke kamera atau *buzzer*. Pengujian indikator api mengamati hubungan kondisi pemanasan, nilai analog-ke-digital (ADC), tegangan, dan status keluaran. Pengujian mode dilakukan pada seluruh delapan kombinasi tiga masukan biner. Cara pengukuran titik awal–akhir waktu respons serta perangkat pengukur suhu tidak dijelaskan pada data awal; karena itu angka waktu tidak ditafsirkan sebagai latensi notifikasi aplikasi dan angka suhu tidak ditafsirkan sebagai keluaran suhu dari modul detektor api.

3.4 Pengolahan Data

Data dianalisis melalui tabulasi status aktif/tidak aktif, penentuan batas jarak pada rentang uji, dan perhitungan rerata serta simpangan baku sampel waktu respons menggunakan Persamaan (1) dan (2). Simbol x_i menyatakan waktu respons tercatat dalam milidetik dan n menunjukkan jumlah pengamatan. Keberhasilan pembacaan RFID pada suatu jarak dilaporkan sebagai jumlah kartu terbaca dari lima kartu yang diuji. Statistik bersifat deskriptif karena hanya terdapat satu catatan waktu pada setiap jarak.

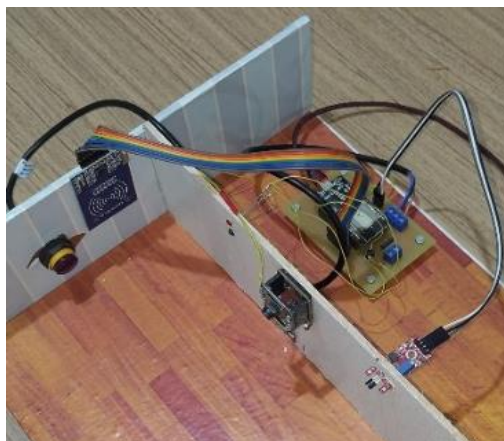
$$\bar{x} = \sum x_i / n \quad (1)$$

$$s = \sqrt{[\sum (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)]} \quad (2)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Prototipe dan Antarmuka

Perangkat fisik yang telah dirakit memiliki dimensi 40 cm × 40 cm × 20 cm sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 4. Integrasi sensor, modul kamera, serta indikator lokal memungkinkan pengujian sejumlah kejadian buatan pada skala prototipe. Foto tersebut merupakan dokumentasi hasil perakitan dan tidak menunjukkan bukti pemasangan permanen pada toko emas.

**Gambar 4. Implementasi fisik prototipe pemantauan keamanan toko emas**

4.2 Jangkauan Pembacaan RFID

Data pengujian lima kartu pada 30 jarak diringkas dalam Tabel 2 agar batas operasi tampak lebih jelas daripada mengulang seluruh status identik. Semua kartu terbaca pada setiap jarak 0–4,0 cm (21 tingkat jarak), sedangkan tidak satu pun terbaca pada 4,2–5,8 cm (sembilan tingkat jarak). Dengan demikian, 4,0 cm merupakan batas pembacaan maksimum dalam kondisi yang diuji, bukan jaminan jarak operasi pada semua orientasi kartu atau kondisi lingkungan.

Tabel 2. Ringkasan hasil pembacaan lima kartu RFID

Rentang jarak (cm)	Jumlah tingkat jarak	Kartu terbaca / peluang uji	Interpretasi
0,0–4,0	21	105/105	Semua terbaca
4,2–5,8	9	0/45	Tidak terbaca

4.3 Waktu Respons Sensor–Kamera dan Peringatan Lokal

Ringkasan statistik pada Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata waktu yang dicatat pada lintasan RFID–ESP32–CAM sebesar 8.401,24 ms, sedangkan lintasan inframerah–ESP32–CAM sebesar 7.694,15 ms. Selisih reratanya 707,09 ms. Namun, setiap jarak hanya memiliki satu catatan waktu; karena itu selisih tersebut belum dapat diatribusikan secara pasti pada karakteristik sensor, kamera, program, atau kondisi jaringan. Angka ini juga tidak boleh diklaim sebagai waktu kirim pemberitahuan sampai perangkat Android.

Tabel 3. Statistik waktu respons lintasan sensor–ESP32–CAM

Lintasan	n	Rerata (ms)	Simpangan baku (ms)	Rentang (ms)
RFID–kamera	21	8.401,24	388,80	7.943–9.135
Inframerah–kamera	20	7.694,15	414,31	6.957–8.223

Pada pengujian keluaran lokal, sensor *proximity infrared* mengaktifkan *buzzer* pada seluruh jarak 1–19 cm, sedangkan jarak 20 cm tidak menghasilkan keluaran aktif. Tabel awal mencatat 1.000 ms pada setiap jarak yang berhasil; keseragaman tersebut perlu dikonfirmasi apakah merupakan lama bunyi yang diprogram atau waktu tunda terukur, karena kedua besaran tidak setara. Oleh sebab itu, angka 1.000 ms dilaporkan sebagai nilai tercatat dan belum ditafsirkan sebagai latensi deteksi sensor.

4.4 Respons Indikator Api dan Konsistensi Pembacaan Analog

Pengujian indikator api mencakup 30 kondisi. Sebanyak 12 pengamatan tidak aktif pada suhu tercatat 24,00–38,95 °C, sedangkan 18 pengamatan aktif pada 49,66–77,25 °C. Tabel 4 menunjukkan beberapa titik representatif dari data asli. Data ini mendukung adanya pemisahan status pada kedua rentang teramati, tetapi tidak membuktikan bahwa perubahan terjadi tepat pada 40 °C karena tidak ada pengukuran dalam selang 38,95–49,66 °C. Penamaan suhu harus mengikuti alat ukur yang benar-benar dipakai; modul pendeteksi nyala tidak dapat otomatis diasumsikan sebagai termometer.

Tabel 4. Contoh pembacaan indikator api pada kondisi teruji

Suhu tercatat (°C)	ADC (cacah)	Tegangan (V)	Status
24,00	0	0,00	Tidak aktif
38,95	2.516	1,23	Tidak aktif
49,66	2.548	2,05	Aktif
55,13	2.346	1,89	Aktif
77,25	2.916	2,35	Aktif

Pada catatan awal juga ditemukan pasangan ADC–tegangan yang tidak konsisten untuk asumsi konversi linier tunggal, misalnya ADC 2.449 dicantumkan bersama 1,97 V, sedangkan ADC 2.452 bersama 1,14 V. Perbedaan ini belum dapat dijelaskan tanpa informasi pengkabelan, kalibrasi, dan pengaturan pembacaan ADC. Oleh karena itu, hubungan kuantitatif suhu, ADC, dan tegangan tidak

dimodelkan; penulis perlu memeriksa kembali data mentah sebelum menyatakan ambang deteksi terkalibrasi.

4.5 Evaluasi Logika Mode Operasi

Tabel 5 memperlihatkan seluruh kombinasi masukan biner yang dipakai pada kedua mode. Mode 1 menghasilkan keluaran aktif apabila paling sedikit satu sensor aktif. Mode 2 menghasilkan keluaran aktif hanya jika RFID aktif. Kedua aturan cocok dengan tabel pengujian awal. Meskipun demikian, mode 2 mengabaikan indikator api dan inframerah sehingga konfigurasi tersebut tidak tepat dijadikan mode pengamanan umum tanpa jalur alarm kebakaran yang tetap bekerja secara independen.

Tabel 5. Respons keluaran pada delapan kombinasi masukan dan dua mode

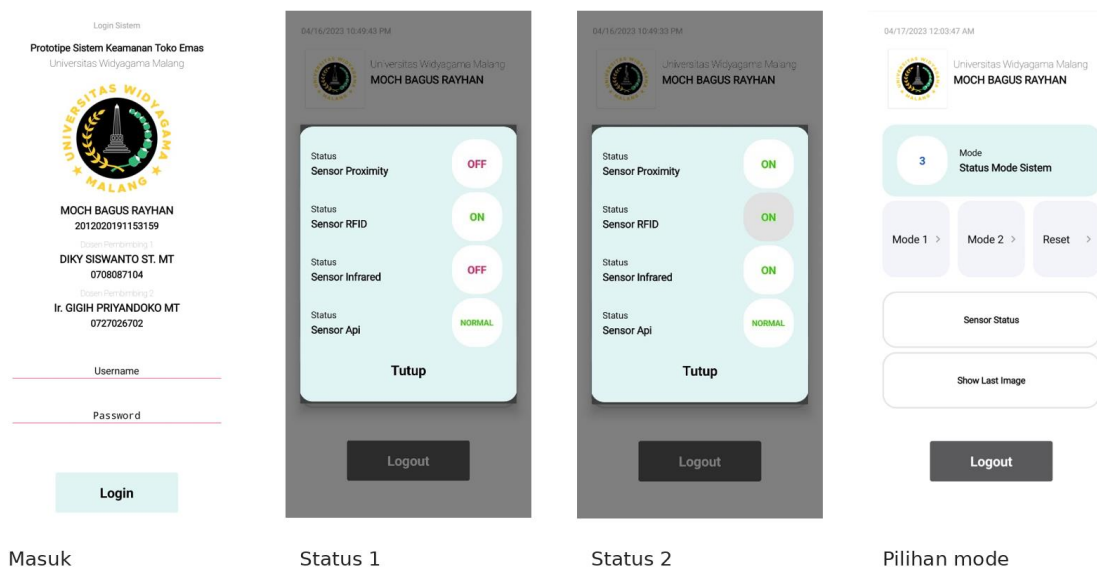
RFID	Api	IR	Mode 1	Mode 2
0	0	0	Tidak aktif	Tidak aktif
0	0	1	Aktif	Tidak aktif
0	1	0	Aktif	Tidak aktif
1	0	0	Aktif	Aktif
0	1	1	Aktif	Tidak aktif
1	1	0	Aktif	Aktif
1	0	1	Aktif	Aktif
1	1	1	Aktif	Aktif

4.6 Aplikasi Android dan Perbandingan Penelitian

Gambar 5 menunjukkan contoh pesan peringatan yang dihasilkan pada pengujian kejadian, sedangkan Gambar 6 memperlihatkan halaman masuk, pembacaan status sensor, dan pemilihan mode. Dokumentasi tersebut mendukung kesimpulan bahwa antarmuka dapat menampilkan informasi hasil uji. Namun, tidak tersedia pengukuran waktu dari aktivasi sensor sampai notifikasi muncul di telepon, tingkat keberhasilan pengiriman selama koneksi terputus, atau pengujian keamanan autentikasi aplikasi. Oleh sebab itu, istilah pemantauan waktu nyata dalam konteks artikel ini dibatasi pada fungsi pembaruan status, bukan jaminan latensi rendah yang telah tervalidasi.



Gambar 5. Contoh notifikasi terindikasi pencurian (kiri) dan kebakaran (kanan)



Gambar 6. Antarmuka aplikasi Android untuk akses, status sensor, dan pemilihan mode

Dibandingkan penelitian toko oleh Putra dkk. [2] dan Avianto dkk. [4], prototipe ini menambahkan kombinasi identifikasi kartu dan kamera pada jalur peringatan yang sama. Integrasinya juga melengkapi pendekatan kamera ESP32-CAM dari Kurniawan dan Hariyanto [5] dan Cakrayuda dkk. [6]. Akan tetapi, perbandingan angka kecepatan antarsistem tidak dapat dilakukan secara setara karena titik mulai–akhir waktu dan kondisi jaringan yang diuji berbeda. Untuk penerapan operasional, uji keberhasilan notifikasi, pengamanan basis data, pencatatan peristiwa, serta pengujian alarm kebakaran yang tetap aktif pada seluruh mode menjadi tahap berikutnya.

4.7 Keterlacakan Data dan Batas Validitas Hasil

Untuk memudahkan pemeriksaan ulang perhitungan, Tabel 6 mempertahankan seluruh catatan waktu respons aktif yang tersedia dalam naskah awal dan menyajikannya secara berdampingan. Variasi waktu yang ditunjukkan tabel merupakan variasi antarkondisi jarak, bukan variasi antarulangan pada jarak yang sama. Pengujian tambahan diperlukan untuk mengetahui stabilitas waktu respons pada kondisi tetap, gangguan jaringan, dan proses notifikasi yang benar-benar diterima pengguna.

Posisi kontribusi penelitian dibandingkan dengan karya sejenis dirangkum pada Tabel 7. Nilai tambah prototipe terletak pada integrasi beberapa fungsi deteksi, bukan pada klaim lebih cepat atau lebih aman dibandingkan seluruh sistem terdahulu. Perbandingan ini juga memperlihatkan kebutuhan uji lanjutan pada aspek autentikasi, pengiriman pemberitahuan, serta alarm yang tetap tersedia saat pemilik mengubah mode operasi.

Tabel 6. Catatan pengukuran waktu respons pada lintasan sensor–kamera

Jarak RFID (cm)	Waktu RFID (ms)	Jarak IR (cm)	Waktu IR (ms)
0,0	8.271	0	8.213
0,2	8.520	1	7.751
0,4	8.026	2	7.918
0,6	8.345	3	8.222
0,8	8.744	4	8.219
1,0	8.573	5	8.162
1,2	8.250	6	8.223
1,4	8.849	7	7.813
1,6	8.534	8	7.693
1,8	8.025	9	7.748
2,0	7.948	10	7.716
2,2	9.135	11	7.641
2,4	7.945	12	7.813
2,6	8.574	13	7.693
2,8	8.255	14	7.000
3,0	8.850	15	7.100
3,2	8.533	16	6.957
3,4	8.022	17	7.232
3,6	7.949	18	7.569
3,8	9.135	19	7.200
4,0	7.943	—	—

Tabel 7. Perbandingan pendekatan pemantauan keamanan yang terkait

Penelitian	Fokus sistem	Perbedaan dengan artikel ini
Putra dkk. [2]	Sensor gerak/pintu; peringatan SMS	Belum memakai kombinasi RFID dan kamera
Avianto dkk. [4]	Keamanan toko multisensor; Cayenne	Platform dan keluaran berbeda; metrik latensi tidak identik
Kurniawan dan Hariyanto [5]	ESP32-CAM; notifikasi Telegram	Konteks rumah; tidak menguji tiga masukan prototipe ini
Juniawan dan Rismayana [7]	Identifikasi RFID dan akses pintu	Berorientasi otorisasi akses, bukan indikator api dan objek
Penelitian ini	RFID, inframerah, api, kamera, Firebase	Integrasi diuji di laboratorium; belum uji lapangan/latensi pengguna

Sebagai batas penting, status pemantauan jarak jauh belum dapat digunakan untuk menyimpulkan kerahasiaan data, ketahanan akses tidak sah, atau keberhasilan peringatan ketika koneksi internet gagal. Dalam rancangan lanjutan, keluaran alarm kebakaran sebaiknya tidak dapat dimatikan oleh pemilihan mode identifikasi RFID. Uji penerapan di toko sebenarnya juga harus mencakup skenario salah deteksi, variasi pencahayaan dan objek, pengulangan pengukuran, daya cadangan, dan dokumentasi kejadian yang bertanda waktu.

5. SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan satu prototipe pemantauan keamanan toko emas yang mengintegrasikan RFID, sensor *proximity infrared*, indikator api, ESP32, ESP32-CAM, Firebase, dan aplikasi Android. Pada pengujian laboratorium, lima kartu RFID terbaca pada seluruh jarak 0–4,0 cm dan tidak terbaca pada jarak 4,2–5,8 cm. Peringatan lokal berbasis inframerah aktif pada jarak 1–19 cm. Rerata waktu respons jalur RFID–kamera adalah 8,40 s dan jalur inframerah–kamera 7,69 s; kedua nilai tersebut belum mewakili waktu notifikasi sampai pengguna. Indikator api tidak aktif hingga 38,95 °C dan aktif mulai 49,66 °C dalam rentang sampel yang tercatat, sehingga ambang pasti belum dapat dipastikan. Pengujian logika menunjukkan mode 1 merespons seluruh sensor, sedangkan mode 2 hanya merespons RFID. Dengan demikian, prototipe membuktikan integrasi fungsional awal, tetapi belum dapat dinyatakan siap sebagai sistem perlindungan toko yang mandiri. Pengembangan

berikutnya perlu memvalidasi perangkat ukur, melaksanakan uji ulang dan pengukuran latensi ujung ke ujung, memverifikasi keamanan aplikasi, serta mempertahankan alarm kebakaran secara independen pada semua mode.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Teknik Elektro Universitas Widya Gama Malang atas dukungan fasilitas dalam pengembangan dan pengujian prototipe.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] E. Schiller, A. Aidoo, J. Fuhrer, J. Stahl, M. Ziörjen, and B. Stiller, "Landscape of IoT security," *Computer Science Review*, vol. 44, art. 100467, 2022, doi: 10.1016/j.cosrev.2022.100467.
- [2] J. Putra, Sumarno, B. E. Damanik, D. Hartama, and I. Gunawan, "Monitoring keamanan toko menggunakan sensor PIR dan pintu berbasis Arduino dengan notifikasi SMS Gateway," *Building of Informatics, Technology and Science*, vol. 1, no. 2, pp. 82–88, 2019, doi: 10.47065/bits.v1i2.49.
- [3] A. E. Mentaruk, X. B. N. Najoan, and A. S. M. Lumenta, "Implementasi sistem keamanan toko berbasis Internet of Things," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 15, no. 4, pp. 325–332, 2020, doi: 10.35793/jti.15.4.2020.31208.
- [4] Y. Avianto, E. D. Marindani, and A. Elbani, "Perancangan sistem keamanan toko menggunakan Cayenne berbasis Arduino Uno R3," *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology*, vol. 9, no. 2, 2021, doi: 10.26418/j3eit.v9i2.48244.
- [5] H. Kurniawan and S. Hariyanto, "Designing home security with ESP32-CAM and IoT-based alarm notification using Telegram," *bit-Tech*, vol. 6, no. 2, pp. 95–102, 2023, doi: 10.32877/bt.v6i2.932.
- [6] L. Cakrayuda et al., "SICEMOT: Sistem keamanan cerdas berbasis ESP32-CAM, sensor gerak, dan notifikasi Telegram," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 2, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i2.6420.
- [7] M. A. Juniawan and A. H. Rismayana, "Prototipe smart door lock berbasis Internet of Things: Studi kasus Lab Komputer Politeknik TEDC Bandung," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 5, pp. 10856–10861, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i5.11148.
- [8] W. M. A. Yaqin, "Rancang bangun prototipe IoT penguncian pintu menggunakan kunci gerendel dan RFID berbasis ESP8266," *Dinamik*, vol. 29, no. 1, pp. 41–51, 2024, doi: 10.35315/dinamik.v29i1.9620.
- [9] S. H. Park, D. H. Kim, and S. C. Kim, "Recognition of IoT-based fire-detection system fire-signal patterns applying fuzzy logic," *Heliyon*, vol. 9, no. 2, art. e12964, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e12964.
- [10] Y.-S. Jeong, J. Hwang, S. Lee, G. E. Ndomba, Y. Kim, and J.-I. Kim, "Sensor-based indoor fire forecasting using transformer encoder," *Sensors*, vol. 24, no. 7, art. 2379, 2024, doi: 10.3390/s24072379.
- [11] I. Hanafi, F. Hunaini, and D. Siswanto, "Monitoring and control system of industrial electric motors using the Internet of Things (IoT)," *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, vol. 7, no. 1, pp. 64–78, 2023, doi: 10.21070/jeeeu.v7i1.1652.
- [12] G. Priyandoko, M. Mukhsim, M. U. Subhan, and M. L. Fauzi, "The Internet of Things-based smart aquarium for goldfish," *International Journal of Electrical, Energy and Power System Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 48–60, 2026, doi: 10.31258/ijeepse.9.1.48-60.
- [13] A. E. Omolara et al., "The internet of things security: A survey encompassing unexplored areas and new insights," *Computers & Security*, vol. 112, art. 102494, 2022, doi: 10.1016/j.cose.2021.102494.
- [14] Isarianto and W. Setyaningrum, "Pengembangan sistem kontrol akses pintu berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 dan Firebase Auth," *Pelita Teknologi*, vol. 19, no. 2, pp. 93–100, 2024, doi: 10.37366/pelitatekno.v19i2.7301.
- [15] T. Khan, "A smart fire detector IoT system with extinguisher class recommendation using deep learning," *IoT*, vol. 4, no. 4, pp. 558–581, 2023, doi: 10.3390/iot4040024.
- [16] A. Abdusalomov, S. Umirzakova, F. Safarov, S. Mirzakhilov, N. Egamberdiev, and Y.-I. Cho, "A multi-scale approach to early fire detection in smart homes," *Electronics*, vol. 13, no. 22, art. 4354, 2024, doi: 10.3390/electronics13224354.