

Sistem Keamanan Toko Cerdas Berbasis IoT Dengan Pemantauan Visual Dan Notifikasi Real-Time

Zuliyanto^{1*}, Nuris Dwi Setiawan², Iman Saufik Suasana³, Dani Sasmoko⁴, Arsito Ari Kuncoro⁵

^{1,2,3,4}Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Studi Akademik,
Universitas Sains dan Teknologi Komputer,

⁵ Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Studi Akademik,
Universitas Sains dan Teknologi Komputer

e-mail: *¹zuli88342@gmail.com, ²setyawan_dw@stekom.ac.id, ³saufik@stekom.ac.id,
⁴dani@stekom.ac.id, ⁵arsito@stekom.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan dan menilai sistem keamanan toko cerdas berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat memberikan pemantauan visual dan notifikasi real-time kepada pemilik bisnis. Sistem ini dirancang menggunakan ESP32-CAM, sensor PIR untuk mendeteksi pergerakan manusia, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memvalidasi jarak objek, dan modul RTC untuk pengaturan jadwal aktif otomatis berdasarkan jam operasional toko dan jam istirahat, dengan notifikasi dan bukti visual yang dikirim melalui aplikasi Telegram. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif berdasarkan model Penelitian dan Pengembangan (R&D), dengan tahapan termasuk analisis kebutuhan, desain, pembuatan prototipe, dan pengujian dan lapangan. Akurasi deteksi sensor, waktu reaksi pengiriman notifikasi, tingkat keberhasilan sistem, dan jumlah alarm palsu termasuk di antara karakteristik yang akan diteliti. Data dikumpulkan melalui observasi terorganisir, perekaman log sistem, dan wawancara pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi pergerakan secara optimal pada jarak 1-3 meter, mengukur jarak objek secara tepat pada rentang 10-30 cm, dan mengirimkan pesan dengan cepat dan andal dengan tingkat keberhasilan yang tinggi. Integrasi dua sensor telah terbukti meningkatkan akurasi dan mengurangi false alarm, sementara modul RTC memastikan bahwa sistem beroperasi sesuai jadwal, menghasilkan solusi yang dianggap efektif, responsif, terjangkau, dan cocok untuk diimplementasikan di toko-toko kecil dan menengah.

Kata kunci: ESP32-CAM, Internet of Things, Notifikasi Real-Time, Sistem Keamanan Toko, Telegram

Abstract

This research aims to create and evaluate an Internet of Things (IoT)-based smart store security system that can provide real-time visual monitoring and notifications to business owners. The system is designed using an ESP32-CAM, a PIR sensor to detect human movement, an HC-SR04 ultrasonic sensor to validate object distances, and an RTC module for automatic activation schedules based on store operating hours and break times, with notifications and visual evidence sent via the Telegram application. The method used is a quantitative approach based on the Research and Development (R&D) model, with stages including needs analysis, design, prototyping, and field testing. Sensor detection accuracy, notification delivery reaction time, system success rate, and the number of false alarms are among the characteristics to be studied. Data were collected through organized observation, system log recording, and user interviews. Test results show that the system can optimally detect movement at a distance of 1-3 meters, measure object distances precisely at a range of 10-30 cm, and send messages quickly and reliably with a high success rate. The integration of the two sensors has been shown to improve accuracy and reduce false alarms, while the RTC module ensures that the system operates on schedule, resulting in a solution that is considered effective, responsive, affordable, and suitable for implementation in small and medium-sized stores.

Keywords: ESP32-CAM, Internet of Things, Notifikasi Real-Time, System Securiti Toko, Telegram

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) kini tersedia solusi untuk menciptakan sistem keamanan toko yang lebih efisien, terjangkau, dan mudah untuk dikembangkan secara mandiri. Kemudahan integrasi berbagai sensor dan perangkat pintar membuat IoT semakin relevan untuk meningkatkan pengawasan lingkungan. Ancaman pencurian maupun akses tidak sah di rumah maupun tempat usaha membuat kebutuhan terhadap sistem monitoring real-time semakin mendesak. Masalah utama sistem keamanan konvensional umumnya memiliki keterbatasan, terutama karena tidak mampu memberikan peringatan langsung (real-time) disertai bukti visual saat terjadi aktivitas mencurigakan. Sistem alarm konvensional, seperti bel, dapat mengeluarkan peringatan, tetapi tidak efektif jika pemilik toko berada jauh dari lokasi. Sementara itu, beberapa sistem berbasis IoT generasi lama masih mengandalkan pengiriman foto melalui email atau server internal, yang mengakibatkan keterlambatan dan menurunkan keandalan. Kondisi tersebut menjadi alasan penting untuk menciptakan sistem keamanan yang dapat mendeteksi pergerakan secara real-time dan mengirimkan bukti visual ke Telegram dengan reaksi cepat dan responsif.

Sejumlah penelitian terkini menegaskan pentingnya pengembangan sistem keamanan berbasis Internet of Things (IoT) yang responsif dan terukur. Helmi dan Faisal (2023) menunjukkan bahwa integrasi ESP32-CAM, sensor PIR, dan layanan WhatsApp Bot mampu mengirimkan gambar dalam waktu 1-3 detik, meskipun latensi dipengaruhi oleh faktor teknis seperti panjang kabel USB. Yunus (2021) mengembangkan sistem berbasis PIR dan ESP32-CAM dalam notifikasi Telegram, namun masih memiliki keterbatasan berupa ketiadaan modul Real Time Clock (RTC) untuk pengaturan jadwal aktif, menggunakan sensor tunggal yang beroperasi menimbulkan false alarm, pengujian yang terbatas pada skala prototipe kamar kos tanpa validasi lapangan, serta belum adanya analisis performa kuantitatif. Sementara itu, Santoso dan Ramadhan (2024) membuktikan bahwa sistem pengawasan pintu berbasis ESP32-CAM dapat mengirim foto melalui WhatsApp saat objek terdeteksi dalam jarak dua meter dalam tingkat keberhasilan 98%, menunjukkan efektivitas notifikasi berbasis pesan instan. Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini dirancang untuk mengembangkan sistem keamanan berbasis ESP32-CAM dan sensor PIR yang mampu mendeteksi gerakan serta mengirim foto secara real-time melalui Telegram dengan tingkat keberhasilan tinggi dan dukungan pengujian kuantitatif guna memastikan akurasi, kecepatan, dan stabilitas sistem.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan, membangun, dan mengevaluasi kinerja sistem keamanan dari aspek kecepatan deteksi, waktu pengiriman notifikasi, serta akurasi pengambilan gambar guna menghasilkan solusi yang murah, mudah diterapkan, dan memiliki respon cepat bagi pemilik toko maupun pelaku usaha. Rancangan penelitian dilaksanakan melalui empat tahap, yaitu analisis kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak, perancangan sistem berbasis ESP32-CAM dan sensor PIR yang terintegrasi dengan Telegram sebagai media notifikasi, proses konfigurasi serta program seluruh komponen, dan pengujian kinerja melalui sepuluh kali percobaan deteksi untuk mengukur kecepatan respon, tingkat ketepatan deteksi, serta keberhasilan pengiriman notifikasi. Pendekatan empiris ini memastikan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi secara optimal, tetapi juga memenuhi standar efektivitas dan keandalan yang dibutuhkan dalam implementasi keamanan moderen.

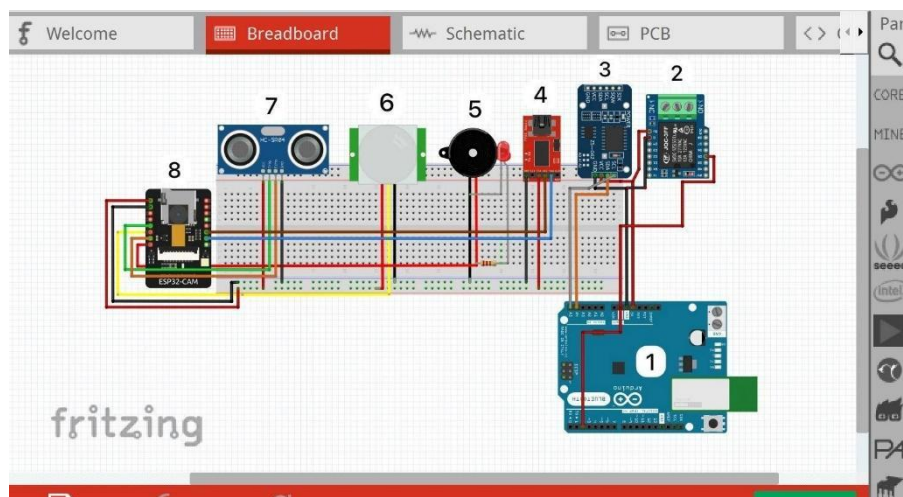
2. METODE PENELITIAN

Studi ini dilakukan di toko DAN JAYA ELEKTRONIK yang berlokasi di Desa Kuripan, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. Lokasi tersebut dipilih karena memiliki riwayat kasus pencurian dan belum memiliki sistem keamanan otomatis. Penelitian berlangsung selama 4 bulan, mencakup analisis kebutuhan, perancangan sistem, pembuatan prototipe, pengujian prototipe, pengujian lapangan, dan penulisan laporan akhir. Jam operasional toko yang aktif pada siang hari dan kosong saat istirahat memberikan kondisi nyata yang sesuai untuk menguji kinerja sistem keamanan berbasis IoT.

Penelitian ini bersifat aplikatif dan menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode Research and Development (R&D). Metode kuantitatif dipilih karena seluruh parameter sistem, termasuk waktu respon notifikasi, jarak deteksi sensor, tingkat keberhasilan sistem, dan false alarm dapat diukur secara objektif. Penelitian ini bersifat rasional, karena pemilihan komponen IoT didasarkan pada teori dan spesifikasi teknik yang teknis. Bersifat empiris karena data dikumpulkan

melalui serangkaian uji coba di lingkungan nyata, serta sistematis karena semua tahapan dilakukan secara berurutan dan terstruktur, mulai dari analisis masalah hingga evaluasi.

Data penelitian terdiri atas data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengujian langsung, meliputi uji deteksi gerakan, jarak pembaca sensor ultrasonik HC-SR04, waktu pengiriman notifikasi Telegram, jumlah deteksi berhasil, ting false alarm, serta penilaian pemilik toko terhadap kinerja sistem menggunakan skala 1-5. data sekunder dikumpulkan dari berbagai jurnal dan publikasi ilmiah terkait Internet of Things (IoT), sensor PIR, ESP32-CAM, modul RTC, serta teknologi Telegram Bot Api sebagai dasar konseptual dan pembandingan penelitian. Perangkat keras yang digunakan meliputi ESP32-CAM, sensor HC-SR04, modul RTC DS3231, buzzer, LED, breadboard, kabel jumper, serta smartphone yang menjalankan aplikasi Telegram, sedangkan perangkat lunak pendukung mencakup arduino IDE beserta library ESP32, RTC, dan Telegram Bot. Seluruh hasil pengujian kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan diagram untuk mempermudah analisis, membandingkan performa setiap komponen, serta mengidentifikasi pola data secara sistematis dan informatif.

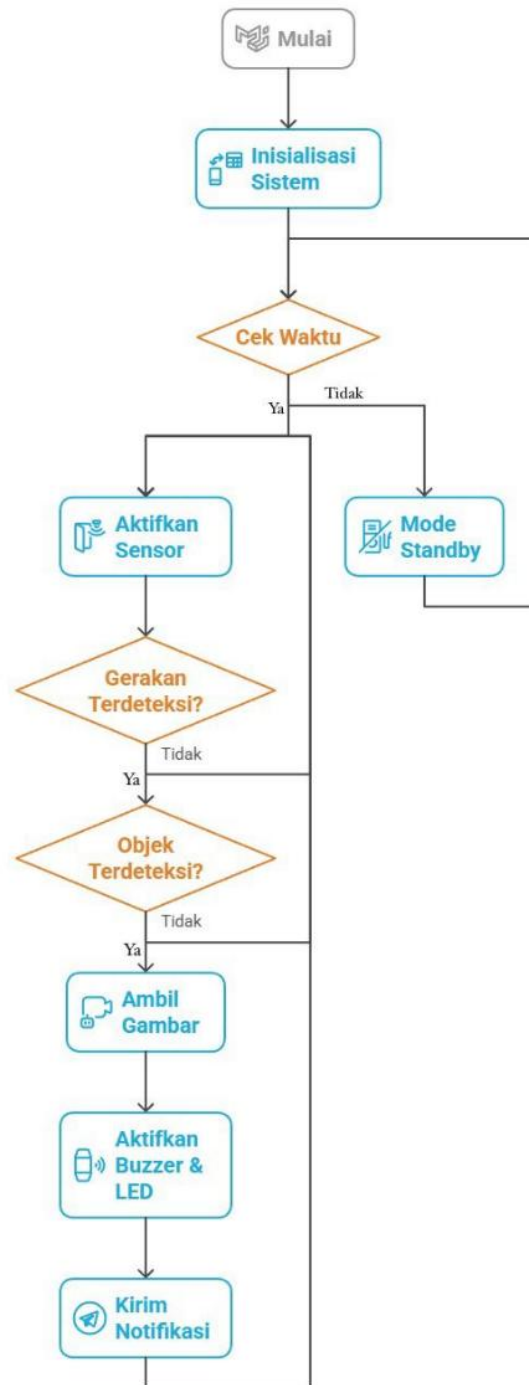


Gambar 1. Skema Fritzing

Keterangan Gambar 1:

- Arduino UNO sebagai mikrokontroler modul RTC dan relay.
- Relay
- RTC (Real Time Clock) berfungsi untuk mengaktifkan otomatisasi jam aktif alat seperti di jam istirahat dan jam tutup toko.
- FTDI untuk supply ESP32-CAM ke USB.
- Buzzer dan LED sebagai output dari sensor PIR & HC-SR04.
- Sensor PIR yang berfungsi mendeteksi pergerakan manusia.
- Sensor HC-SR04 Ultrasonic berfungsi sebagai mendekatkan jarak objek.
- ESP32-CAM sebagai mikrokontroler dari sensor PIR & HC-SR04.

Prosedur penelitian diawali dengan analisis kebutuhan, yang mengidentifikasi kelemahan dalam sistem keamanan toko dan menentukan komponen yang diperlukan. Tahap selanjutnya adalah perancangan sistem, yang meliputi perancangan komponen, pembuatan diagram alir, dan pengembangan logika kerja RTC untuk mengaktifkan sistem saat istirahat atau saat toko tutup. Tahap ini dilanjutkan dengan pembuatan prototipe, yang meliputi perakitan perangkat keras dan pemrograman sistem untuk mendeteksi gerakan, menangkap gambar, dan mengirimkan notifikasi Telegram secara otomatis.



Gambar 2. Diagram Air alur Sistem

Sistem ini kemudian dievaluasi dalam serangkaian uji coba prototipe, yang meliputi 10-20 pengujian sensor PIR, 20 pengujian jarak sensor ultrasonik pada jarak 30 meter, 10 pengujian delay Telegram, dan pemantauan fungsi RTC selama sehari penuh.

Tahap selanjutnya melibatkan uji coba lapangan di toko, yang meliputi simulasi pencurian sebanyak 10 kali pada kondisi terang dan redup, pengukuran delay notifikasi, pencatatan false alarm selama jam operasional, dan pengamatan efektivitas alarm lokal. Hasil uji kemudian dianalisis melalui metode kuantitatif deskriptif, dengan perhitungan tingkat keberhasilan deteksi, latensi pengiriman pesan rata-rata, tingkat false alarm dan kepuasan pengguna rata-rata berdasarkan skor wawancara. Analisis ini dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas sistem secara objektif.



Gambar 3. Hasil Uji Coba Lapangan

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi terstruktur, pencatatan log perangkat, wawancara terarah dengan pemilik usaha, serta dokumentasi berupa gambar, tangkapan layar Telegram, dan tabel pengukuran. Hasil dari seluruh tahapan penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem keamanan yang empiris, teruji, dan relevan untuk meningkatkan keamanan toko kecil dan menengah secara praktis dan terjangkau.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan model sistem keamanan toko cerdas dan model tersebut diujikan pada simulasi toko. Diasumsikan toko dapat menjadi lebih aman dan kejadian yang telah terjadi tidak terulang kembali, sistem ini dirancang untuk mendeteksi aktivitas yang mencurigakan di waktu toko istirahat ataupun jam tutup toko. jika ada aktivitas yang mencurigakan maka sistem akan mengirimkan pesan real-time ke smartphone pemilik toko melalui aplikasi telegram. Berikut adalah hasil dari pengujian sensor sebagai hardware penginputan pada sistem keamanan.

Tabel 1. Hasil uji coba input

NamaKomponen	Jenis Pengujian	Kasus Pengujian	Hasil Pengujian
Modul RTC	Sinkronisasi waktu	Waktu sesuai pengaturan awal	Berhasil
		Perubahan Waktu Manual	Berhasil
	Pengujian Jadwal Aktif/Nonaktif	Sistem Aktif Sesuai Jadwal	Berhasil
		Sistem Nonaktif Di luar Jadwal	Berhasil
Sensor PIR	Deteksi Gerakan	Ada Gerakan Manusia(jarak kurang lebih 1-3m)	Berhasil
		Tidak ada Gerakan	Berhasil
	Sensitivitas sensor	Gerakan Lambat	Berhasil
		Gerakan Sangat Cepat	Berhasil
Sensor Ultrasonik	Pengukuran Jarak HC-SR04	Jarak 10 cm	Berhasil
Jarak 20 cm		Berhasil	
Jarak 30 cm		Berhasil	
Jarak >30 cm		Kurang Akurat	
Validasi Objek		Objek Terdeteksi	Berhasil
		Dalam Batas Jarak	
		Tidak Ada Objek	Berhasil
		Dalam Batas Jarak	

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh sensor mampu berfungsi dengan baik sesuai dengan skenario yang telah ditetapkan. Pada modul sensor PIR, sistem dapat mendeteksi adanya pergerakan secara optimal dalam jangkauan efektif yang telah ditentukan pada sensor, sedangkan di luar jangkauan tersebut pergerakan tidak terdeteksi.

Pada modul sensor HC-SR04, kinerja pembacaan jarak bekerja secara optimal dalam rentang pengukuran 10-30 cm. Namun, akurasi pengukuran dapat menurun apabila objek memiliki permukaan yang menyerap gelombang ultrasonik atau berada di luar batas jarak >30 cm dari sensor

, sehingga pantulan gelombang tidak dapat diterima dengan baik oleh sensor.

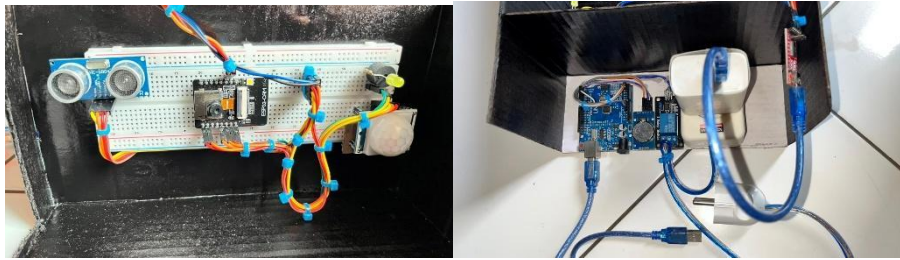
pada sistem keamanan toko berbasis Internet of Things (IoT) difokuskan pada kemudahan pemantauan dan kejelasan informasi bagi pemilik toko. Antarmuka utama sistem diwujudkan melalui aplikasi Telegram, yang berfungsi sebagai media komunikasi antara sistem dan pengguna. Melalui antarmuka ini, pemilik toko menerima notifikasi secara real-time berupa pesan teks yang berisi informasi waktu kejadian, status sistem, serta gambar hasil tangkapan kamera ESP32-CAM ketika terdeteksi aktivitas mencurigakan.

Tampilan notifikasi dirancang sederhana dan informatif agar mudah dipahami, dengan format pesan yang konsisten meliputi keterangan waktu (berdasarkan modul RTC), jenis peristiwa yang terdeteksi, dan bukti visual. Selain antarmuka digital, sistem juga dilengkapi antarmuka fisik berupa LED indikator dan buzzer sebagai alarm visual dan suara di lokasi toko. Kombinasi antarmuka digital dan lokal ini memungkinkan pengguna memperoleh informasi keamanan secara cepat, baik dari jarak jauh melalui smartphone maupun langsung di lingkungan toko.



Gambar 4. Desain Antarmuka

Penempatan sensor direncanakan secara cerdas, dengan mempertimbangkan karakteristik setiap sensor, area cakupan deteksi, dan kondisi lingkungan, untuk memastikan kinerja sistem berjalan lancar dan menghasilkan hasil yang akurat.



Gambar 5. Penempatan Alat Prototype

4. KESIMPULAN

Berdasarkan desain, implementasi, dan hasil pengujian, sistem keamanan toko berbasis Internet of Things (IoT) yang dibangun dengan ESP32-CAM, sensor PIR, sensor ultrasonik HC-SR04, dan modul RTC menunjukkan kinerja yang memuaskan dalam memenuhi tujuan penelitian. Teknologi ini mendeteksi pergerakan, mengambil foto sebagai bukti visual, dan memberi tahu pemilik toko secara real-time melalui Telegram. Kombinasi kedua sensor tersebut meningkatkan akurasi deteksi dan mengurangi alarm palsu, sementara modul RTC memungkinkan sistem untuk aktif secara otomatis berdasarkan jadwal kerja toko. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem tersebut stabil dan responsif, dengan tingkat keberhasilan deteksi yang tinggi dan waktu pengiriman pemberitahuan yang relatif cepat. Dengan peringatan lokal (buzzer dan LED) dan pemantauan jarak jauh melalui smartphone, sistem ini meningkatkan keamanan toko, terutama tanpa pengawasan langsung. Hasilnya, sistem yang dibuat cocok digunakan sebagai solusi keamanan yang sederhana, hemat biaya, dan efisien untuk toko kecil dan menengah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Moh. A. Yusuf, Muh. D. K. Putra Dimas, and M. Z. Zaim Muhtadi, 2024, Kamera Pengaman Berbasis ESP32 Cam dan Sensor PIR, *Journal of Instrumentation and Hardware*, vol. 2, no. 2, pp. 38–46.
- [2] H. Arief Kusuma, S. Budi Wijaya, and D. Nusyirwan, 2023, Sistem Keamanan Rumah Berbasis ESP32-CAM dan Telegram Sebagai Notifikasi, *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi Dan Elektronika*, vol. 8, no. 1, pp. 30–38.
- [3] L. Cakrayuda, 2025, SICEMOT: Sistem Keamanan Cerdas Berbasis ESP32-CAM, Sensor Gerak, dan Notifikasi Telegram, *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 2.
- [4] L. C. Jaffrin, D. Esther Rani, M. Caramel Sobia, P. Radhakrishnan, A. Ahilan, and D. Siva Senthil, 2025, SPOT-CRIME: Suspicious Person and Object Tracking System for Real-Time Crime Monitoring, *Springer Nature Link*, vol. 18, no. 1, p. 201.
- [5] J. Dian Susatyono, Febryantahanuji, and A. Ari Kuncoro, 2025, Pengembangan Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT dengan Deteksi Intrusi Real-Time Menggunakan Sensor PIR dan Kamera, serta Notifikasi Otomatis melalui Aplikasi Mobile, *Jurnal Publikasi Ilmu Komputer Dan Multimedia*, vol. 4, no. 2, pp. 30–41.
- [6] B. Ermanda and U. Latifa, 2025, Kendali Relay Otomatis Dilengkapi Timer dan Deteksi Suhu Menggunakan RTC DS3231, *Aisyah Journal Of Informatics and Electrical Engineering*, vol. 5, no. 2.
- [7] A. Faiña, 2022, *Learning Hands-On Electronics from Home: A Simulator for Fritzing*, Springer International Publishing, pp. 404–413.
- [8] Helmi and B. Faisyal, “Rancang Bangun Smart Home Security Menggunakan ESP32-CAM dan Sensor PIR Dengan Notifikasi Teknologi Whatsapp Bot,” 2023. [Online]. Available: repository.mercubuana.ac.id/.
- [9] P. Matczak, A. Wójtowicz, and K. Mączka, 2022, Cost-Effectiveness of CCTV Surveillance Systems: Evidence from a Polish City., *Springer Nature Link*, vol. 29, pp. 555–577.

- [10] C. D. Maulida, F. Rozi, and R. Hayati, 2024, Rancang Bangun Sistem Pendeteksi dan Pemadaman Api Berbasis NODEMCU ESP32 dengan Notifikasi Telegram., Jurnal TEKTRONIKA, vol. 8, no. 1, pp. 104–109.
- [11] B. N. Mohapatra, S. S. Taware, and P. P. Parab, 2022, Smart Security Alarm System using PIR Sensor, pices, vol. 5, no. 9, pp. 90–92.
- [12] F. P. Syahrani, H. Kurnia Saputra, S. Anori, W. Agustiarmi, F. Tayseer Ayasrah, and P. Van Thanh, 2025, IoT-Enabled Smart Fence: Remote Security and Monitoring Using NodeMCU ESP32 and Blynk, Journal of Hypermedia & Technology-Enhanced Learning—Digital Revolution, vol. 3, no. 1.
- [13] “Statistik Kriminal 2023,” Badan Pusat Statistik. Accessed: Jul. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/publication/2023/12/12/5edba2b0fe5429a0f232c736/statistik-kriminal-2023.html>
- [14] “Statistik Kriminalitas Provinsi DKI Jakarta 2023,” Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta. Accessed: Feb. 14, 2026. [Online]. Available: <https://jakarta.bps.go.id/id/publication/2024/09/30/45a0b7f6a6430b037f9f8817/statistik-kriminalitas-provinsi-dki-jakarta-2023.html>