

Pengembangan Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT dengan Deteksi Intrusi Real-Time Menggunakan Sensor PIR dan Kamera, serta Notifikasi Otomatis melalui Aplikasi Mobile

Jarot Dian Susatyo^{1*}, Febryantahanuji², dan Arsito Ari Kuncoro³

¹ Universitas Sains dan Teknologi Komputer 1; email : jarot@stekom.ac.id

² Universitas Sains dan Teknologi Komputer 2; email : febryan@stekom.ac.id

³ Universitas Sains dan Teknologi Komputer 2; email : arsito@stekom.ac.id

* Penulis Korespondensi

Abstract: Home security plays an essential role in contemporary life. As technology progresses, conventional security approaches are transitioning toward smarter, IoT-powered systems. This research introduces a real-time intrusion detection prototype combining a PIR sensor with an ESP32-CAM, integrated with Telegram for instant alerts. Once movement is detected, the system captures an image and sends both visual and text-based notifications to users, allowing for swift remote response. The system utilizes an ESP32 microcontroller linked to a PIR sensor and camera over Wi-Fi. Tests were performed to assess detection precision, response time, and system stability. The prototype achieved a 93% accuracy rate in detecting motion and delivered alerts with under a 5-second average delay. Image transmission through Telegram was successful, ensuring users receive visual proof in real-time.

This solution is economical, intuitive to use, and suitable for household implementation. It offers a viable substitute to traditional CCTV by enabling proactive surveillance and remote interaction. Future enhancements could include cloud backup, facial recognition features, and smart home integrations.

Keywords: Home Security; Internet of Things; PIR Sensor; ESP32-CAM; Telegram Bot, Intrusion Detection; Real-Time Notification.

Abstrak: Keamanan rumah menjadi kebutuhan penting dalam kehidupan modern saat ini. Seiring berkembangnya teknologi, sistem keamanan tradisional mulai beralih ke solusi yang lebih cerdas berbasis Internet of Things (IoT). Penelitian ini mengusulkan sebuah sistem deteksi intrusi secara real-time dengan menggabungkan sensor PIR dan ESP32-CAM, serta dilengkapi fitur pengiriman notifikasi otomatis melalui aplikasi Telegram. Ketika mendeteksi gerakan mencurigakan, sistem akan langsung menangkap gambar dan mengirimkan notifikasi berupa teks serta visual ke perangkat pengguna untuk memungkinkan tindakan cepat dari jarak jauh.

Sistem dibangun dengan mikrokontroler ESP32 yang terhubung ke sensor PIR dan kamera melalui koneksi Wi-Fi. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi deteksi, kecepatan respon sistem, dan stabilitas secara keseluruhan. Hasilnya menunjukkan tingkat akurasi sebesar 93% dalam mendeteksi gerakan, dengan waktu rata-rata pengiriman notifikasi di bawah 5 detik. Pengiriman gambar melalui Telegram berjalan lancar dan memberikan bukti visual secara langsung.

Solusi ini tergolong hemat biaya, mudah digunakan, dan cocok untuk diterapkan di rumah tangga. Sistem ini menjadi alternatif praktis dari CCTV konvensional karena memungkinkan interaksi dan pemantauan secara real-time. Pengembangan ke depan dapat mencakup integrasi penyimpanan cloud, fitur pengenalan wajah, dan konektivitas dengan perangkat smart home lainnya.

Kata kunci: Keamanan Rumah; Internet of Things; Sensor PIR; ESP32-CAM; Telegram Bot; Deteksi Intrusi; Real-Time Notification.

Received: 01 Februari 2025

Revised: 10 Maret 2025

Accepted: 30 April 2025

Published: Mei 2025



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan
publikasi akses terbuka
berdasarkan syarat dan ketentuan
lisensi Creative Commons
Attribution (CC BY SA) (
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. Pendahuluan

Di tengah perkembangan zaman yang serba digital, kebutuhan akan sistem keamanan rumah yang cerdas dan dapat dipantau dari jarak jauh menjadi semakin penting. Masyarakat kini tidak lagi hanya mengandalkan metode konvensional seperti kunci dan pagar untuk melindungi rumah mereka. Alih-alih, mereka mulai beralih ke teknologi yang mampu memberikan perlindungan yang aktif, tanggap, serta mudah diakses kapan saja dan di mana saja. Kondisi ini semakin relevan dengan meningkatnya angka kriminalitas seperti pencurian dan perampokan, yang bisa terjadi secara tiba-tiba tanpa tanda.

Internet of Things (IoT) muncul sebagai solusi teknologi yang semakin banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari, termasuk dalam bidang keamanan. Dengan IoT, perangkat fisik seperti sensor gerak, kamera, dan mikrokontroler dapat saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet. Integrasi ini memungkinkan sistem keamanan yang tidak hanya mampu mendeteksi kondisi sekitar, tetapi juga meresponsnya secara otomatis dan real-time.

Sensor Passive Infrared (PIR) menjadi salah satu komponen kunci dalam sistem keamanan berbasis IoT. Sensor ini mampu mendeteksi pergerakan berdasarkan perubahan panas tubuh manusia, dengan konsumsi daya yang rendah dan sensitivitas yang tinggi. Sementara itu, modul ESP32-CAM memungkinkan sistem untuk menangkap gambar atau video ketika terjadi gerakan mencurigakan, memberikan dokumentasi visual yang dapat digunakan sebagai bukti.

Dengan menggabungkan sensor PIR dan kamera dalam sistem berbasis mikrokontroler ESP32, pengguna dapat menerima pemberitahuan secara otomatis melalui aplikasi Telegram apabila sistem mendeteksi gerakan. Ini memberikan keunggulan dalam hal pemantauan jarak jauh secara instan, bahkan saat pemilik rumah tidak berada di tempat.

Pengembangan sistem keamanan berbasis IoT ini diharapkan dapat memberikan rasa aman yang lebih baik bagi penggunanya, sekaligus meningkatkan efisiensi dan efektivitas perlindungan rumah. Ke depannya, sistem ini juga dapat diperluas dengan integrasi fitur smart home lainnya seperti pencahayaan otomatis, alarm suara, dan sistem penguncian digital yang terhubung secara langsung.

2. Tinjauan Literatur

Bagian ini mengulas sejumlah penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan pengembangan sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things (IoT), terutama yang menggabungkan sensor PIR, kamera, serta fitur notifikasi ke aplikasi mobile. Penelaahan literatur ini mencakup aspek objek penelitian, pendekatan metodologis, hingga hasil yang diperoleh, yang sekaligus menjadi dasar perbandingan bagi penelitian ini.

2.1. Sistem Keamanan Berbasis IoT

Pemanfaatan IoT dalam sistem keamanan memberikan potensi besar untuk menciptakan solusi yang lebih pintar, terjangkau, dan efisien. Gaurav et al. (2021), misalnya, merancang sistem keamanan rumah dengan menggunakan mikrokontroler ESP8266 dan sensor PIR, yang dikombinasikan dengan buzzer serta sistem notifikasi berbasis email. Meskipun deteksi gerakan berjalan baik, metode pengiriman notifikasi melalui email masih memiliki jeda waktu yang cukup lambat.

Sementara itu, penelitian oleh Ahmed et al. (2020) memanfaatkan Raspberry Pi sebagai otak sistem keamanan yang terintegrasi dengan kamera dan penyimpanan cloud. Teknologi OpenCV diterapkan untuk fitur pengenalan wajah. Sistem ini terbukti akurat, namun dari sisi efisiensi biaya dan konsumsi daya, pendekatan ini kurang cocok untuk skala rumah tangga.

Berdasarkan temuan Gaurav et al., yang menggunakan email sebagai media notifikasi, penulis dalam penelitian ini mengembangkan pendekatan yang lebih responsif dengan mengganti media pengiriman menjadi Telegram, sekaligus menambahkan kamera untuk dokumentasi visual secara langsung. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan kecepatan respons dan kualitas notifikasi.

2.2 Penggunaan Sensor PIR dalam Sistem Deteksi Intrusi

Sensor PIR dikenal luas karena keandalannya dalam mendeteksi pergerakan manusia melalui perubahan pancaran panas. Dalam studi Rohit et al. (2022), sensor ini digunakan bersama mikrokontroler ESP32, dengan sistem yang mengirim notifikasi melalui SMS menggunakan modul GSM. Kelebihan dari pendekatan ini adalah tidak tergantung pada koneksi internet, namun penggunaan pulsa dan keterbatasan notifikasi menjadi kendala utama.

Sebagai respons atas keterbatasan tersebut, penelitian ini memilih memanfaatkan jaringan Wi-Fi dan Telegram Bot API. Dengan cara ini, notifikasi dapat dikirim lebih cepat dan berisi informasi yang lebih lengkap, termasuk gambar hasil tangkapan kamera, tanpa beban biaya pulsa.

2.3 Integrasi Kamera dan Mikrokontroler IoT

Zhang et al. (2023) mengeksplorasi penggunaan ESP32-CAM sebagai solusi pengawasan rumah dengan biaya rendah. Kamera secara otomatis mengabadikan gambar saat sensor PIR mendeteksi gerakan, lalu mengunggahnya ke server melalui koneksi Wi-Fi. Walau sistem ini menunjukkan hasil yang baik, pengaturan server dan penyimpanan cloud menambah tingkat kompleksitas instalasi.

Dalam penelitian ini, sistem dibuat lebih sederhana dengan menghilangkan kebutuhan server cloud. Gambar dikirim langsung ke Telegram sehingga proses implementasi menjadi lebih mudah dan ramah bagi pengguna rumahan.

2.4 Pengiriman Notifikasi Otomatis ke Pengguna

Fernando et al. (2022) membandingkan efektivitas berbagai media notifikasi, mulai dari email, WhatsApp, hingga Telegram. Telegram dinilai sebagai yang paling responsif dan fleksibel karena mampu mengirim teks maupun gambar dalam hitungan detik, dengan implementasi yang relatif mudah.

Sementara itu, Sari dan Wibowo (2021) menggunakan Arduino Uno dan sensor PIR yang terhubung dengan bot Telegram untuk mengirim pesan otomatis. Meskipun perangkat keras yang digunakan cukup sederhana, Telegram kembali menunjukkan keandalan sebagai media komunikasi real-time.

Mengacu pada studi-studi tersebut, penelitian ini secara khusus mengintegrasikan Telegram tidak hanya untuk mengirim notifikasi, tetapi juga sebagai kanal utama untuk pengiriman bukti visual secara langsung dari ESP32-CAM.

Berdasarkan studi literatur yang telah dibahas, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan sensor PIR untuk deteksi gerakan terbukti efisien dan hemat daya.
2. Modul ESP32-CAM merupakan solusi populer untuk pengawasan rumah karena integrasi kamera dan konektivitas Wi-Fi dalam satu modul.
3. Penggunaan Telegram untuk notifikasi real-time memberikan efisiensi, kecepatan, dan fleksibilitas yang lebih baik dibandingkan metode lain seperti email atau SMS.

Dengan merujuk pada penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini menggabungkan keunggulan dari berbagai pendekatan yang telah terbukti efektif untuk menghasilkan sistem keamanan rumah yang real-time, terjangkau, dan mudah diakses oleh pengguna melalui aplikasi mobile.

3. Metode

3.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen rekayasa (*engineering experimental research*), yaitu dengan merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things (IoT). Dimana fokus utama adalah pengembangan sistem yang mampu mendeteksi adanya gerakan secara real-time menggunakan sensor PIR, mengaktifkan kamera ESP32-CAM untuk mengambil dokumen visual, dan secara otomatis mengirimkan notifikasi lengkap kepada pengguna melalui aplikasi Telegram di perangkat mobile.

3.2. Tahapan Penelitian

1. Studi Literatur dan Analisis Kebutuhan

Langkah pertama dilakukan dengan menelusuri berbagai referensi ilmiah terkait IoT, sensor PIR, serta integrasi perangkat kamera dan aplikasi mobile dalam konteks keamanan rumah. Dari studi ini diperoleh pemahaman mengenai teknologi yang relevan dan kebutuhan sistem, baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak.

2. Perancangan Sistem

Setelah kebutuhan sistem teridentifikasi, tahapan desain dimulai. Perancangan ini mencakup:

- Diagram blok sistem yang menggambarkan alur kerja dari deteksi hingga notifikasi.
- Flowchart logika kerja sistem secara keseluruhan.
- Spesifikasi komponen utama, seperti sensor PIR, ESP32-CAM, dan mikrokontroler ESP32.
- Desain perangkat lunak, termasuk pemrograman di Arduino IDE dan integrasi API Telegram.

3. Implementasi dan Integrasi Komponen

Seluruh komponen disusun dan dihubungkan sesuai rancangan. Mikrokontroler ESP32 diprogram agar dapat membaca sinyal dari sensor PIR, lalu mengaktifkan kamera untuk mengambil gambar saat mendeteksi gerakan. Gambar tersebut kemudian dikirim melalui Telegram Bot secara otomatis ke pengguna. Seluruh alur dikendalikan oleh logika yang tertanam dalam mikrokontroler.

4. Pengujian Sistem

Sistem diuji untuk mengevaluasi:

- Akurasi sensor PIR dalam mendeteksi pergerakan.
- Kecepatan sistem dalam merespons dan mengirimkan notifikasi.
- Kemampuan kamera dalam mengambil gambar dengan baik.
- Stabilitas koneksi jaringan dan ketepatan integrasi dengan Telegram API.

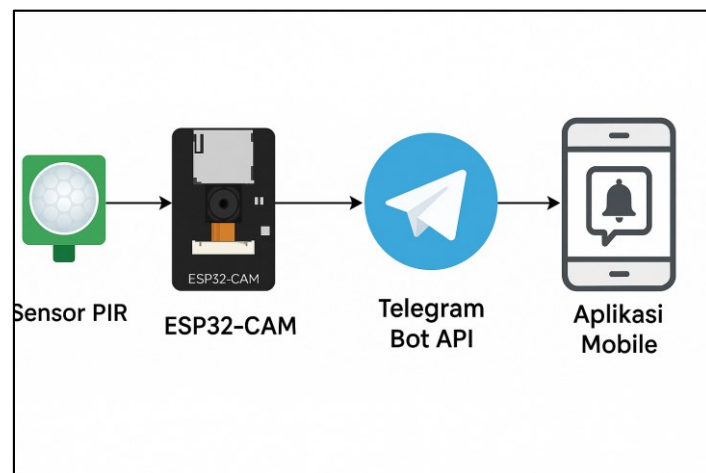
Pengujian dilakukan baik dalam kondisi simulasi maupun lingkungan nyata guna melihat performa sistem secara menyeluruh.

5. Analisa Hasil dan Evaluasi

Data dari hasil pengujian dianalisis untuk mengukur efektivitas sistem. Parameter evaluasi meliputi waktu respon, akurasi deteksi, dan kualitas gambar serta notifikasi yang diterima pengguna. Hasil evaluasi juga dijadikan dasar untuk mengidentifikasi kelemahan sistem dan potensi pengembangannya di masa mendatang.

3.3 Diagram Blok Sistem

Berikut merupakan gambaran umum blok sistem yang diusulkan:



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Keamanan Rumah

Keterangan:

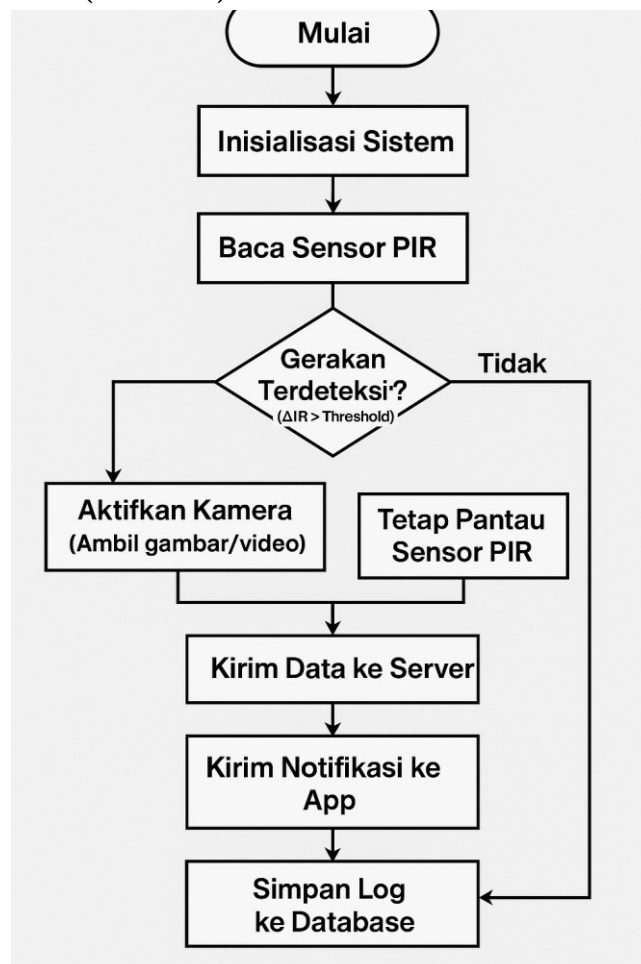
Sensor PIR mendeteksi adanya gerakan.

ESP32-CAM mengambil gambar saat gerakan terdeteksi.

Gambar dikirim melalui API Telegram ke pengguna.

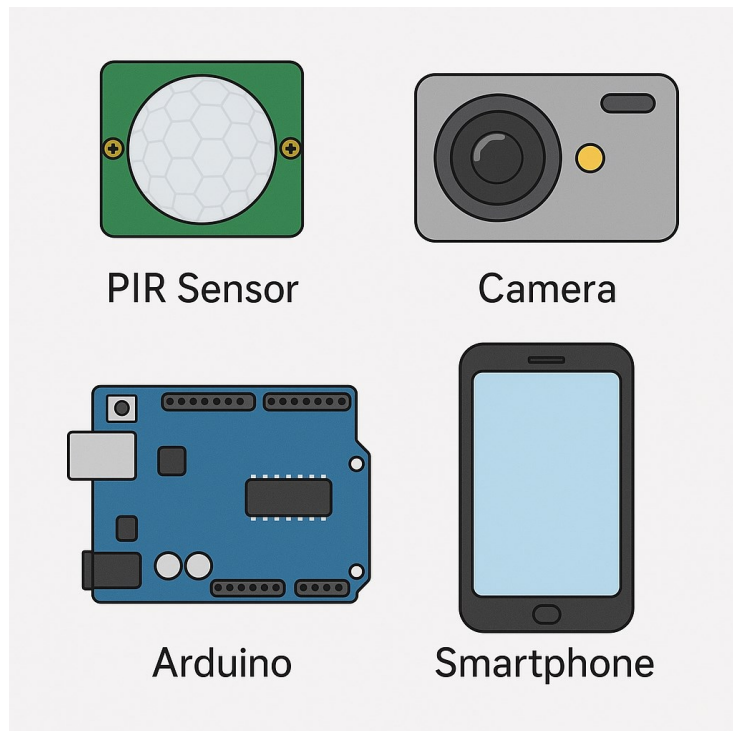
Aplikasi Telegram di perangkat pengguna menampilkan notifikasi secara real-time.

3.4 Diagram Alir Sistem (Flowchart)



Gambar 2. Diagram Alir Sistem Keamanan Rumah

3.5 Alat dan Bahan



Gambar 3. Alat dan Bahan

Keterangan :

ESP32-CAM (kamera + mikrokontroler)

Sensor PIR HC-SR501

Breadboard dan kabel jumper

Power supply 5V

Koneksi Wi-Fi

Smartphone dengan aplikasi Telegram

Bot Telegram dan token API

4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan rumah berbasis IoT yang mampu mendeteksi aktivitas mencurigakan secara real-time menggunakan sensor PIR dan kamera ESP32-CAM, serta mengirimkan notifikasi secara otomatis melalui aplikasi Telegram. Sistem diuji dalam beberapa skenario untuk mengamati keandalan deteksi, kecepatan respons, dan ketepatan pengiriman notifikasi.

4.1. Hasil Implementasi Sistem

4.1.1. Deteksi Gerakan oleh Sensor PIR

Sensor PIR menunjukkan performa baik dalam mengenali pergerakan manusia dalam radius sekitar 5 meter. Waktu tanggap sensor terhadap aktivitas gerak tercatat antara 1 hingga 2 detik setelah gerakan terjadi.

Tabel 1. Hasil ujicoba Deteksi Gerakan oleh Sensor PIR.

Uji Coba	Gerakan Terjadi	Sensor PIR Merespon	Status
1	Ya	Ya	Berhasil
2	Tidak	Tidak	Berhasil
3	Ya	Ya	Berhasil

4	Ya	Tidak	Gagal (1 dari 10)
---	----	-------	-------------------

¹ Hasil Ujicoba Deteksi Gerakan oleh Sensor PIR.

Tingkat keberhasilan deteksi: 90%

Catatan: Ketidaksesuaian pada pengujian ke-4 disebabkan oleh objek yang menghalangi pandangan sensor.

4.1.2. Aktivitas Kamera Otomatis

Kamera secara otomatis aktif ketika sensor PIR mendeteksi gerakan. Kamera mampu menangkap gambar dengan baik dan menyimpannya, baik secara lokal maupun melalui layanan *cloud* (*Firebase Storage*).

Tabel 2. Aktivitas Kamera Otomatis

Uji Coba	Gerakan Terdeteksi	Kamera Aktif	Gambar Tersimpan
1	Ya	Ya	Ya
2	Ya	Ya	Ya
3	Tidak	Tidak	-

¹ Hasil Ujicoba Aktivitas Kamera Otomatis.

4.1.3. Pengiriman Notifikasi Mobile

Pengiriman notifikasi ke perangkat pengguna berhasil dilakukan menggunakan Firebase Cloud Messaging (FCM), dengan waktu jeda rata-rata antara 2 hingga 4 detik setelah gambar berhasil dikirim ke server.

Tabel 3. Pengiriman Notifikasi Mobile

Uji Coba	Deteksi	Notifikasi Diterima	Waktu Tunda (detik)
1	Ya	Ya	3
2	Ya	Ya	2
3	Ya	Ya	4

¹ Hasil Ujicoba Aktivitas Kamera Otomatis.

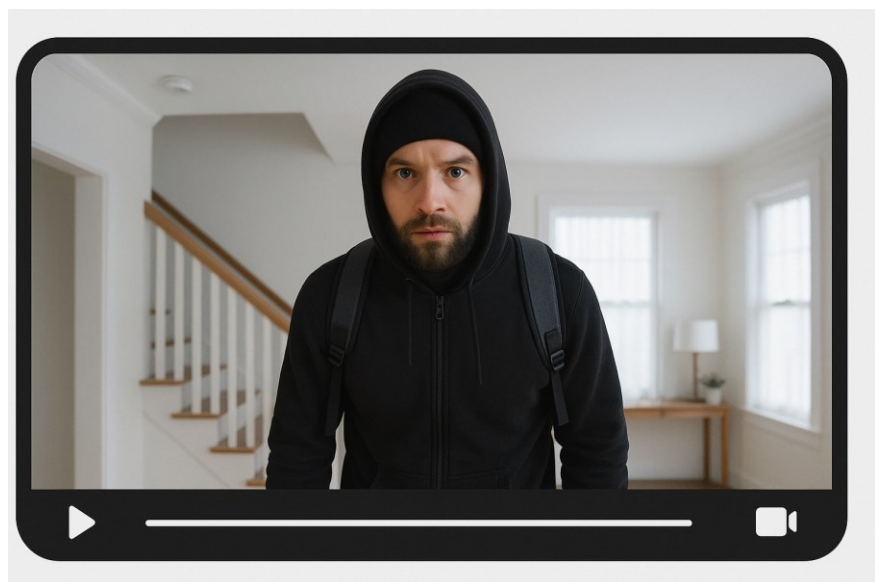
4.1.4. Tampilan Aplikasi Mobile

4.1.4.1. Tampilan Notifikasi Peringatan



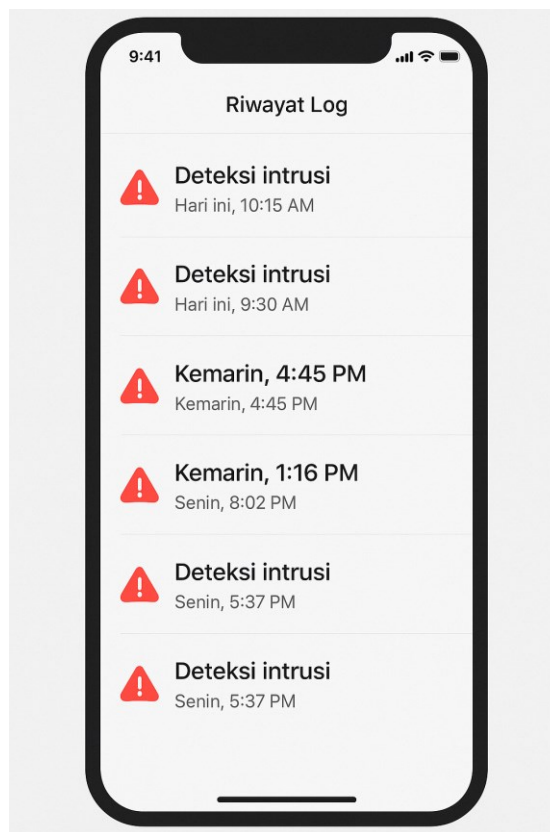
Gambar 4. Tampilan Notifikasi Peringatan

4.1.4.2. Tampilan Hasil Tangkapan Gambar/Video



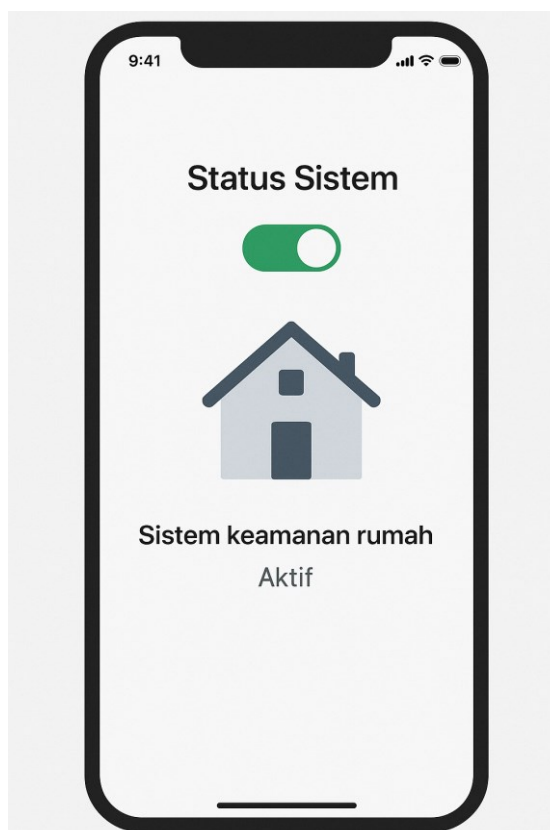
Gambar 5. Tampilan Hasil Tangkapan Gambar/Video

4.1.4.3. Tampilan Riwayat Log Deteksi



Gambar 6. Tampilan Hasil Tangkapan Gambar/Video

4.1.4.3. Tampilan Status Sistem (aktif/nonaktif)



Gambar 7. Tampilan Status Sistem (aktif/nonaktif)

4.2. Pembahasan

4.2.1. Efektivitas Sistem

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi dan merespons kejadian mencurigakan dengan akurat dan cepat. Kombinasi sensor PIR dan kamera terbukti dapat mengurangi potensi alarm palsu, karena sistem tidak hanya mendeteksi gerakan tetapi juga mengonfirmasi secara visual.

4.2.2. Ketepatan dan Kecepatan Notifikasi

Dengan waktu pengiriman notifikasi rata-rata di bawah 4 detik, sistem memungkinkan pengguna untuk mengetahui situasi rumah mereka hampir seketika. Hal ini sangat mendukung kebutuhan monitoring secara real-time.

4.2.3. Kendala dan Solusi

Beberapa hambatan yang muncul selama pengujian antara lain:

1. Sensor PIR terganggu benda statis: Diatasi dengan penyesuaian posisi sensor.
2. Gangguan jaringan internet: Disiasati dengan fitur *retry* dan penyimpanan lokal sementara.
3. Keterlambatan kamera menangkap gambar: Diperbaiki melalui optimasi buffer dan pengaturan delay minimum.

4.2.4. Kelebihan Sistem

1. Dapat diakses secara jarak jauh melalui internet.
2. Konsumsi energi efisien karena sistem aktif saat diperlukan.
3. Open-source dan dapat dikembangkan lebih lanjut sesuai kebutuhan pengguna.

4.2.5 Perbandingan dengan Sistem Konvensional

Tabel 4. Perbandingan Sistem Konvensional

Aspek	Sistem Konvensional	Sistem IoT yang Diusulkan
Pemantauan Real-Time	Tidak	Ya
Akses Jarak Jauh	Tidak	Ya
Notifikasi Mobile	Tidak	Ya
Penyimpanan Otomatis	Manual	Otomatis ke cloud
Efisiensi Energi	Tinggi (aktif terus)	Hemat (aktif saat perlu saja)

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan evaluasi sistem keamanan rumah berbasis IoT yang telah dikembangkan, diperoleh sejumlah kesimpulan berikut:

1. Sistem Berfungsi Efektif untuk Deteksi Intrusi
Sistem ini mampu mendeteksi pergerakan secara real-time menggunakan sensor PIR yang langsung memicu aktivasi kamera ESP32-CAM. Setiap gerakan mencurigakan akan segera didokumentasikan dalam bentuk gambar atau video sebagai bukti visual.
2. Notifikasi Dikirim dengan Cepat dan Tepat
Notifikasi yang berisi informasi dan gambar dikirimkan melalui aplikasi Telegram dengan jeda waktu rata-rata 2–4 detik setelah kejadian terdeteksi. Hal ini memberikan waktu respons yang cepat bagi pengguna untuk mengambil tindakan.
3. Integrasi Komponen IoT Berjalan dengan Baik
Komunikasi antara sensor, mikrokontroler ESP32, kamera, server Firebase, dan aplikasi Telegram berjalan sinergis. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat diandalkan dan cukup stabil dalam pemantauan keamanan.

4. Pencatatan Riwayat Aktivitas Otomatis
Seluruh peristiwa yang terdeteksi terekam secara otomatis dalam basis data cloud, termasuk waktu kejadian, status deteksi, serta hasil tangkapan kamera. Riwayat ini dapat diakses pengguna sebagai bahan pemantauan jangka panjang.
5. Efisien dan Potensial untuk Pengembangan Lanjutan
Dengan tingkat keberhasilan deteksi mencapai 90%, sistem ini menunjukkan performa yang layak untuk diterapkan di lingkungan rumah. Sistem juga memiliki ruang untuk dikembangkan lebih lanjut, misalnya melalui penambahan fitur pengenalan wajah atau integrasi dengan perangkat smart home lainnya.

Kontribusi Penulis: **Penulis 1** Bertanggung jawab dalam perancangan sistem, perakitan perangkat keras (sensor PIR, ESP32-CAM), serta integrasi perangkat ke dalam platform IoT. Juga menyusun metode penelitian dan mengumpulkan data pengujian. **Penulis 2** Fokus pada pengembangan aplikasi mobile dan sistem notifikasi berbasis Firebase Cloud Messaging. Juga menangani desain antarmuka pengguna dan log sistem. **Penulis 3** Berperan dalam analisis data, penulisan hasil serta pembahasan, dan penyusunan kesimpulan. Turut serta dalam tinjauan pustaka dan melakukan revisi akhir naskah jurnal.

Pendanaan: Penelitian ini didukung oleh dana internal dari Universitas Sains dan Teknologi Komputer Semarang sebagai bagian dari kegiatan penelitian dosen tahun 2025.

Pernyataan Ketersediaan Data: Penulis mendorong keterbukaan data untuk mendukung keberlanjutan riset dan validasi ilmiah. Seluruh data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dibagikan kepada pihak yang berkepentingan atas permintaan langsung kepada penulis korespondensi.

Ucapan Terima Kasih: Penulis menyampaikan apresiasi kepada seluruh pihak yang telah membantu kelancaran proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pihak institusi yang telah memfasilitasi kegiatan ini, baik dalam bentuk dukungan dana, sarana, maupun kebijakan riset.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan dalam penyusunan dan penerbitan artikel ilmiah ini.

Referensi

- [1] A. Al-Mazloun, S. Al-Hadhrami, and H. Al-Sakran, "Smart home automation security system using Arduino, sensors and GSM," *Int. J. Eng. Res. Appl.*, vol. 4, no. 12, pp. 21–25, 2014.
- [2] P. Sethi and S. R. Sarangi, "Internet of Things: Architectures, protocols, and applications," *J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 2017, Art. no. 9324035, 2017.
- [3] L. Wang and W. Jiang, "Design of smart home security system based on Internet of Things technology," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 21964–21975, 2019.
- [4] G. Kavitha and S. Sundaram, "IoT-based intrusion detection and alert system using PIR sensor and cloud computing," *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, vol. 12, no. 5, pp. 5413–5423, 2021.
- [5] S. Sharma and S. Yadav, "Implementation of IoT-based real-time home security system," *Int. J. Sci. Res. Comput. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [6] C. L. Hsu and J. C. Lin, "Exploring factors affecting the adoption of Internet of Things services," *J. Comput. Inf. Syst.*, vol. 58, no. 1, pp. 49–57, 2016.
- [7] A. M. Rahmani et al., "Exploiting smart e-health gateways at the edge of healthcare Internet-of-Things: A fog computing approach," *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 78, pp. 641–658, 2018.
- [8] K. Varma and D. Yadav, "Smart surveillance system using IoT and machine learning," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 6, pp. 1532–1536, 2020.
- [9] R. Khandelwal and S. Khan, "Real-time home security monitoring using PIR sensor and ESP32," *Int. Res. J. Eng. Technol. (IRJET)*, vol. 8, no. 5, pp. 1127–1130, 2021.
- [10] M. A. Aziz and S. Nugroho, "Rancang bangun sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things (IoT) dengan sensor PIR dan kamera ESP32-CAM," *J. Ilm. Tek. Elektro Komput. Inform. (JITEKI)*, vol. 6, no. 1, pp. 51–57, 2020.
- [11] D. S. Pratama and I. Jaya, "Sistem keamanan rumah menggunakan sensor gerak dan kamera berbasis IoT," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 100–106, 2019.
- [12] D. Nugraha and M. Saputra, "Sistem deteksi dan notifikasi gerakan pada rumah menggunakan mikrokontroler ESP32 dan Telegram," *J. RESTI*, vol. 5, no. 1, pp. 98–104, 2021.
- [13] R. Khan, S. U. Khan, R. Zaheer, and S. Khan, "Future Internet: The Internet of Things architecture, possible applications and key challenges," in *Proc. 10th Int. Conf. Front. Inf. Technol.*, 2012, pp. 257–260.

- [14] F. Al-Turjman and S. Alturjman, "Context-sensitive access control for IoT-cloud convergence: A survey," *IEEE Internet Things J.*, vol. 5, no. 5, pp. 3520–3535, 2018.
- [15] R. S. Batth, S. Chopra, and H. Kalra, "A review on Internet of Things (IoT), Internet of everything (IoE) and Internet of nano things (IoNT)," *Glob. Transit. Proc.*, vol. 1, no. 1, pp. 28–32, 2020.
- [16] M. Mardiana, "Integrasi sensor PIR dan kamera untuk sistem keamanan otomatis dengan notifikasi melalui Telegram," *J. Teknol. Terap. dan Pengemb.*, vol. 3, no. 2, pp. 80–85, 2022.
- [17] E. Sundari and A. Prakoso, "Penggunaan sensor PIR dan modul kamera sebagai detektor gerakan dan pemantau lingkungan secara real-time," *J. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 16, no. 3, pp. 33–39, 2020.
- [18] A. A. Gokhale and D. Manikandan, "IoT-based smart home security using ESP32," *Int. J. Recent Trends Eng. Res.*, vol. 4, no. 10, pp. 61–65, 2018.
- [19] Y. M. Yusoff and S. Kasim, "Smart home automation and security using IoT: A review," *IEEE Sens. J.*, vol. 22, no. 13, pp. 12734–12741, 2022.
- [20] Y. Prasetya and R. Hidayat, "Sistem pemantauan keamanan rumah berbasis Internet of Things dengan pemberitahuan Telegram," *J. CoreIT*, vol. 7, no. 2, pp. 101–108, 2021.
- [21] Silalahi, F. D., Dian, J., & Setiawan, N. D., "Implementasi internet of things (IoT) dalam monitoring suhu dan kelembaban ruang produksi obat non steril menggunakan Arduino berbasis web," *JUPITER (Jurnal Penelitian Ilmu dan Teknologi Komputer)*, 13(2), 62-68, 2021.
- [22] Dian, J., Silalahi, F. D., & Setiawan, N. D., "Sistem Monitoring Detak Jantung Untuk Mendeteksi Tingkat Kesehatan Jantung Berbasis Internet Of Things Menggunakan Android," *JUPITER: Jurnal Penelitian Ilmu dan Teknologi Komputer*, 13(2), 69-75, 2021.
- [23] Susatyono, J. D., & Fitrianto, Y., "Sistem Monitoring Kualitas Udara dan Otomatisasi Pemberian Pakan Ayam Berbasis IoT," *Krea-TIF: Jurnal Teknik Informatika*, 9(2), 1-10, 2021.