

SICEMOT: SISTEM KEAMANAN CERDAS BERBASIS ESP32-CAM, SENSOR GERAK, DAN NOTIFIKASI TELEGRAM

Luthfi Cakrayuda^{1*}, Mochamad Richard Arhieadhie², Ahmadinejad Sulaiman Putra³

^{1,2,3}Universitas Pertahanan Republik Indonesia; Kab.Bogor; (021) 87951555

Received: 7 Maret 2025
Accepted: 27 Maret 2025
Published: 14 April 2025

Keywords:

ESP32-CAM, Sensor Gerak, IoT, Keamanan, Telegram.

Correspondent Email:

luthfi.cakrayuda@tm.idu.ac.id

Abstrak. SiCEMOT merupakan sistem keamanan cerdas yang menggunakan ESP32-CAM, sensor gerak, dan notifikasi Telegram untuk meningkatkan keamanan di lingkungan asrama. Sistem ini bekerja dengan menangkap gambar saat ada pergerakan yang terdeteksi oleh sensor PIR dan mengirimkannya secara otomatis melalui Telegram. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis efektivitas SiCEMOT dalam mendeteksi pergerakan dan mengirimkan peringatan real-time. Pengujian dilakukan dengan menempatkan sistem di beberapa titik strategis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SiCEMOT dapat beroperasi dengan baik, bahkan dalam kondisi pencahayaan rendah. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi keamanan berbasis IoT yang efisien dan mudah diterapkan di berbagai lingkungan.

Abstract. SiCEMOT is a smart security system that uses ESP32-CAM, motion sensors, and Telegram notifications to improve security in dormitory environments. This system works by capturing images when there is movement detected by the PIR sensor and sending them automatically via Telegram. This study aims to design and analyze the effectiveness of SiCEMOT in detecting movement and sending alerts in real-time. Testing was carried out by placing the system at several strategic points. The results of the study showed that SiCEMOT can operate well, even in low lighting conditions. This system is expected to be a solution to become an efficient IoT-based security that is easy to implement in various environments with a comment about the significance of the results or conclusions brief.

1. PENDAHULUAN

Keamanan merupakan aspek krusial dalam kehidupan modern, terutama dalam melindungi properti dan individu dari ancaman potensial. Dengan meningkatnya kasus pencurian dan intrusi, kebutuhan akan sistem keamanan yang efektif dan efisien menjadi semakin mendesak. Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membuka peluang baru dalam pengembangan sistem keamanan yang lebih cerdas dan responsif [1].

Perkembangan teknologi telah memungkinkan pemanfaatan ilmu kontrol otomatis dan sistem pemantauan jarak jauh

untuk mengotomatisasi dan memantau aktivitas di dalam rumah yang mengintegrasikan teknologi untuk meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan keamanan penghuninya [2].

Salah satu implementasi IoT dalam sistem keamanan adalah penggunaan modul ESP32-CAM yang dilengkapi dengan sensor gerak. ESP32-CAM merupakan modul mikrokontroler yang memiliki kemampuan pemrosesan gambar dan konektivitas Wi-Fi, sehingga memungkinkan pengambilan dan pengiriman gambar secara real-time [3]. *Sensor Passive Infrared* (PIR) digunakan untuk mendeteksi pergerakan manusia berdasarkan perubahan

radiasi inframerah di sekitarnya. Kombinasi keduanya memungkinkan sistem untuk mendeteksi aktivitas mencurigakan dan mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui platform komunikasi seperti Telegram [4].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem keamanan berbasis IoT dengan kombinasi ESP32-CAM dan sensor PIR. Penelitian [1] mengembangkan alat keamanan menggunakan sensor gerak dengan ESP32-CAM berbasis IoT. Sistem ini mampu mengirimkan notifikasi dan gambar secara real-time kepada pengguna saat mendeteksi pergerakan mencurigakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam meningkatkan keamanan rumah dengan respons yang cepat terhadap ancaman potensial.

Selain itu, penelitian [3] merancang sistem keamanan dengan sensor PIR dan ESP32-CAM berbasis IoT. Sistem ini mengintegrasikan berbagai perangkat elektronik dan sensor untuk meningkatkan efisiensi dalam pemantauan keamanan. ESP32-CAM digunakan sebagai kontrol utama untuk komunikasi dengan smartphone atau perangkat lainnya, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi keamanan secara real-time.

Implementasi notifikasi melalui aplikasi Telegram juga telah diterapkan dalam berbagai sistem keamanan. Pengembangan sistem keamanan brankas yang menggunakan E-KTP sebagai metode autentikasi dan notifikasi via Telegram berbasis IoT. Sistem ini memberikan notifikasi kepada pengguna saat terjadi aktivitas mencurigakan pada brankas, dengan rata-rata waktu pengiriman notifikasi sebesar 5,8 detik dan waktu pengiriman foto sebesar 6,5 detik [4].

Penggunaan teknologi pengenalan wajah juga telah diterapkan dalam sistem keamanan pintu. Penelitian [5] merancang sistem monitoring keamanan rumah berbasis IoT menggunakan ESP32-CAM dan sensor PIR. Sistem ini memungkinkan pemilik rumah untuk memantau kondisi rumah secara real-time melalui video streaming pada web browser dan menerima notifikasi alarm melalui aplikasi Blynk saat terjadi pergerakan mencurigakan.

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan dalam pengembangan sistem keamanan berbasis IoT, masih terdapat beberapa keterbatasan yang belum sepenuhnya terselesaikan. Kecepatan notifikasi masih

menjadi masalah karena banyak sistem keamanan IoT mengalami latensi dalam pengiriman notifikasi kepada pengguna, terutama dalam kondisi jaringan yang tidak stabil [1]. Keakuratan deteksi juga menjadi tantangan karena sensor PIR memiliki keterbatasan dalam mendeteksi pergerakan non-manusia yang sering menyebabkan alarm palsu [3]. Selain itu, efisiensi energi perlu ditingkatkan karena sebagian besar sistem keamanan IoT memerlukan konsumsi daya yang cukup besar, sehingga kurang optimal untuk penggunaan jangka panjang tanpa sumber daya listrik yang stabil [4]. Di sisi lain, integrasi dengan kecerdasan buatan (AI) masih belum banyak diterapkan, padahal penggunaan AI dapat meningkatkan analisis gambar dan mengurangi kesalahan deteksi [5].

Berdasarkan gap analysis tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem keamanan yang lebih efisien dengan beberapa peningkatan. Kecepatan notifikasi ditingkatkan dengan merancang sistem yang mampu mengirimkan notifikasi kurang dari 3 detik setelah pergerakan terdeteksi. Pengurangan alarm palsu dilakukan dengan implementasi filter deteksi berbasis perangkat lunak untuk membedakan gerakan manusia dengan objek lain. Optimasi konsumsi daya diterapkan melalui teknik deep sleep pada ESP32-CAM agar dapat menghemat daya saat sistem tidak aktif. Selain itu, integrasi AI untuk analisis gambar diterapkan dengan model pengenalan objek guna meningkatkan akurasi deteksi pergerakan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem keamanan cerdas berbasis ESP32-CAM, sensor gerak, dan notifikasi Telegram dengan peningkatan pada kecepatan respons, akurasi deteksi, dan efisiensi daya. Adapun pertanyaan penelitian yang akan dijawab dalam studi ini adalah seberapa efektif ESP32-CAM dalam mendeteksi pergerakan dan mengirimkan notifikasi real-time melalui Telegram, bagaimana sensor PIR dapat dioptimalkan untuk mengurangi kesalahan deteksi gerakan, bagaimana sistem dapat dioptimalkan agar memiliki konsumsi daya yang lebih rendah tanpa mengurangi efisiensi kerja, serta bagaimana kecerdasan buatan dapat diterapkan dalam sistem keamanan berbasis IoT untuk meningkatkan akurasi deteksi.

Dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan sistem keamanan yang lebih cerdas, efisien, dan mudah diimplementasikan dalam berbagai lingkungan, khususnya di lingkungan asrama dan rumah tinggal. Dengan demikian, pengembangan sistem keamanan cerdas berbasis ESP32-CAM, sensor gerak, dan notifikasi Telegram diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif dan efisien dalam meningkatkan keamanan di berbagai lingkungan. Sistem ini diharapkan mampu memberikan peringatan dini kepada pengguna saat terjadi aktivitas mencurigakan, sehingga tindakan pencegahan dapat segera dilakukan untuk menghindari potensi kerugian atau bahaya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep komunikasi data melalui internet yang memungkinkan koneksi antar perangkat seperti sensor, aktuator, dan pengendali. Dengan IoT, kita dapat mengontrol secara otomatis jarak jauh. Hal ini telah diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk monitoring lingkungan, pertanian, dan rumah pintar. IoT memanfaatkan konektivitas internet untuk membawa inovasi dan kemajuan teknologi dalam kehidupan sehari-hari [6].

Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang menghubungkan berbagai perangkat fisik melalui jaringan internet, memungkinkan komunikasi dan pertukaran data antar perangkat tanpa interaksi manusia secara langsung. Dalam konteks sistem keamanan rumah, IoT memungkinkan integrasi berbagai sensor dan perangkat untuk memantau dan mengendalikan kondisi rumah secara real-time. Menurut Manullang dan Rumere, implementasi IoT dalam sistem keamanan rumah dapat meningkatkan efisiensi dan responsivitas terhadap ancaman potensial [7].

2.2 ESP32-CAM

ESP32-CAM adalah modul mikrokontroler yang dilengkapi dengan kamera dan konektivitas Wi-Fi, memungkinkan pengambilan dan transmisi gambar atau video secara real-time. Modul ini sering digunakan dalam aplikasi pemantauan dan keamanan karena kemampuannya yang mumpuni dengan

biaya yang relatif rendah. Mukti et al. menjelaskan bahwa ESP32-CAM dapat diintegrasikan dengan sensor gerak untuk membangun sistem keamanan rumah yang efektif [8].

2.3 Sensor Passive Infrared (PIR)

Sensor Passive Infrared (PIR) digunakan untuk mendeteksi pergerakan berdasarkan perubahan radiasi inframerah di lingkungan sekitarnya. Sensor ini mampu mendeteksi keberadaan manusia atau hewan yang bergerak dalam jangkauannya, sehingga sering digunakan dalam sistem alarm dan keamanan. Penelitian oleh Manullang dan Rumere menunjukkan bahwa sensor PIR efektif dalam mendeteksi aktivitas mencurigakan di dalam rumah [9].

2.4 Integrasi ESP32-CAM dan Sensor PIR dalam Sistem Keamanan

Kombinasi antara ESP32-CAM dan sensor PIR memungkinkan pembangunan sistem keamanan yang mampu mendeteksi pergerakan dan merekam gambar atau video secara otomatis. Ketika sensor PIR mendeteksi gerakan, ESP32-CAM dapat diaktifkan untuk mengambil gambar atau video dan mengirimkannya ke pengguna melalui jaringan internet. Mukti et al. dalam penelitiannya berhasil merancang sistem keamanan rumah yang mengintegrasikan kedua komponen ini untuk memberikan notifikasi real-time kepada pemilik rumah.

2.5 Platform Notifikasi: Telegram dan Blynk

Untuk memberikan notifikasi kepada pengguna, sistem keamanan sering memanfaatkan platform komunikasi seperti Telegram dan Blynk. Telegram digunakan untuk mengirim pesan instan yang berisi informasi atau gambar dari sistem keamanan, sedangkan Blynk memungkinkan kontrol dan pemantauan perangkat IoT melalui antarmuka yang user-friendly. Penelitian oleh Manullang dan Rumere menunjukkan bahwa integrasi dengan aplikasi Telegram memungkinkan pemilik rumah untuk menerima notifikasi jika terjadi aktivitas mencurigakan, serta mengendalikan perangkat keamanan elektronik dari jarak jauh [10].

2.6 Implementasi Sistem Keamanan Berbasis IoT

Implementasi sistem keamanan rumah berbasis IoT melibatkan integrasi berbagai komponen seperti sensor PIR, ESP32-CAM,

dan platform notifikasi. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan keamanan dan memungkinkan pemantauan secara menyeluruh. Penelitian oleh Manullang dan Rumere menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu memberikan rasa aman kepada pemilik rumah, baik saat berada di rumah maupun di luar, dengan memungkinkan pemantauan keadaan rumah melalui aplikasi Telegram dan menerima notifikasi jika terjadi aktivitas mencurigakan [11].

Pengembangan sistem keamanan berbasis IoT menghadapi beberapa tantangan, termasuk kecepatan notifikasi, akurasi deteksi, efisiensi energi, dan integrasi dengan kecerdasan buatan (AI). Kecepatan notifikasi dapat ditingkatkan dengan merancang sistem yang mampu mengirimkan notifikasi dalam waktu kurang dari 3 detik setelah pergerakan terdeteksi. Akurasi deteksi dapat ditingkatkan dengan implementasi filter deteksi berbasis perangkat lunak untuk membedakan gerakan manusia dengan objek lain. Efisiensi energi dapat ditingkatkan melalui teknik deep sleep pada ESP32-CAM untuk menghemat daya saat sistem tidak aktif. Integrasi AI dapat diterapkan untuk analisis gambar guna meningkatkan akurasi deteksi pergerakan. Mukti et al. dalam penelitiannya membahas beberapa solusi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem keamanan berbasis IoT [12].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen berbasis pengembangan sistem keamanan cerdas SiCEMOT yang terdiri dari ESP32-CAM, sensor PIR, dan notifikasi Telegram. Tahapan penelitian ini mencakup perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian sistem, serta analisis kinerja untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam mendeteksi pergerakan dan mengirimkan peringatan real-time. Alur dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Alur Penelitian

3.2 Arsitektur Sistem

Sistem SiCEMOT terdiri dari beberapa komponen utama:

1. ESP32-CAM: Modul mikrokontroler dengan kemampuan pemrosesan gambar dan konektivitas Wi-Fi untuk menangkap dan mengirimkan gambar ke Telegram.



Gambar 2. ESP32-Cam

2. Sensor PIR (Passive Infrared Sensor): Sensor yang mendeteksi perubahan radiasi inframerah akibat adanya pergerakan manusia.



Gambar 3. Sensor PIR

3. Telegram Bot: Bot yang dibuat menggunakan API Telegram untuk menerima dan mengirimkan notifikasi real-time ke pengguna.
4. Arduino IDE: Platform pemrograman yang digunakan untuk mengembangkan dan mengunggah kode ke ESP32-CAM.

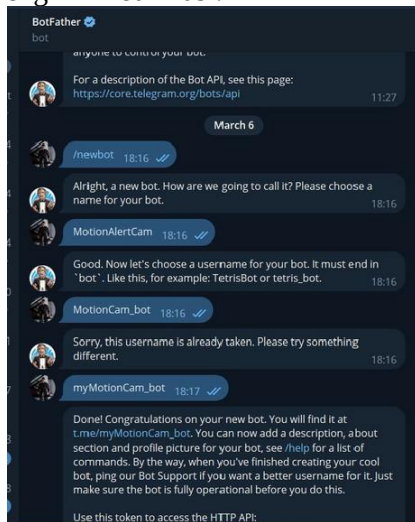
Sistem ini bekerja dengan cara mendeteksi pergerakan melalui sensor PIR. Jika pergerakan terdeteksi, ESP32-CAM akan menangkap gambar dan mengirimkannya ke pengguna melalui bot Telegram.

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan utama berdasarkan dokumentasi proyek SiCEMOT dalam PDF:

3.3.1 Pembuatan Bot Telegram

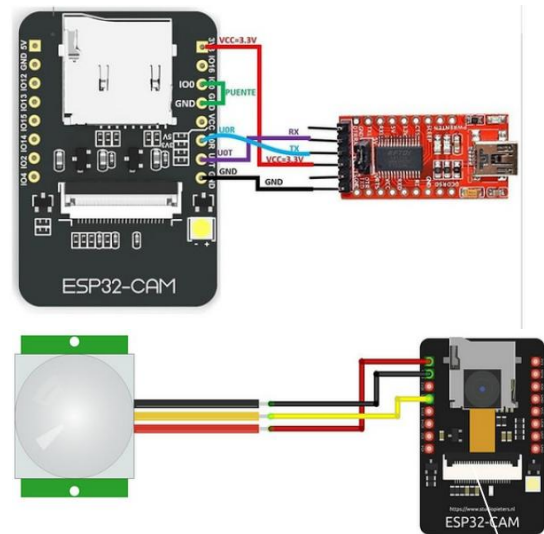
- 1) Membuat akun bot Telegram menggunakan BotFather.
- 2) Menghubungkan bot dengan ESP32-CAM melalui API Telegram.
- 3) Menguji bot dengan perintah dasar untuk memastikan bot dapat menerima dan mengirim notifikasi.



Gambar 4. Pembuatan Bot Telegram

3.3.2 Persiapan Arduino IDE dan Konfigurasi ESP32-CAM

- 1) Menginstal pustaka tambahan di Arduino IDE untuk mendukung ESP32-CAM.
- 2) Menulis dan mengunggah kode untuk menangkap gambar dari ESP32-CAM.
- 3) Mengonfigurasi konektivitas Wi-Fi agar ESP32-CAM dapat terhubung dengan internet dan bot Telegram.



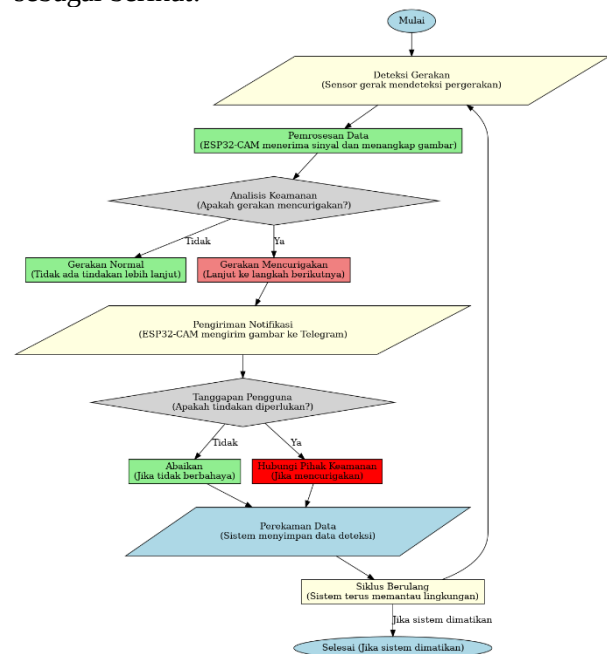
Gambar 5. Persiapan Arduino IDE

3.3.3 Implementasi dan Integrasi Sensor PIR

- 1) Menghubungkan sensor PIR dengan ESP32-CAM untuk mendeteksi pergerakan.
- 2) Menyesuaikan sensitivitas sensor agar mendeteksi pergerakan manusia dengan akurasi tinggi.
- 3) Menguji pengambilan gambar secara otomatis saat sensor PIR mendeteksi pergerakan.

3.3.4 Pengujian dan Demonstrasi Sistem

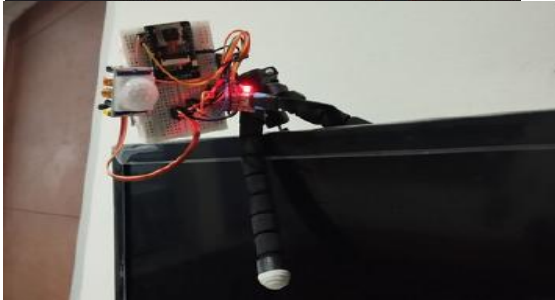
Alur kerja dalam proyek SiCemot sebagai berikut:



Gambar 6. Alur Kerja SiCemot

Pengujian dilakukan dalam tiga skenario utama sesuai dengan dokumentasi proyek SiCEMOT:

- 1) Pengujian di Pintu Masuk: Sistem ditempatkan di pintu masuk untuk mendeteksi aktivitas orang yang keluar-masuk.



Gambar 7. Pemasangan Alat

- 2) Pengujian di Kamar Mandi dan Area Kulkas: Sistem diuji dalam lingkungan berbeda untuk memastikan kemampuannya mendeteksi pergerakan dalam kondisi cahaya rendah.
- 3) Pengujian di Kondisi Tidak Wajar: Sistem diuji dengan gerakan cepat dan lambat untuk melihat respons dan akurasi sensor PIR serta kecepatan pengiriman notifikasi.

3.4 Pengolahan Data dan Analisis

Hasil pengujian dianalisis dengan

mengukur tiga aspek utama:

- 1) Kecepatan Notifikasi: Waktu antara deteksi gerakan dan penerimaan notifikasi oleh pengguna.
- 2) Akurasi Deteksi Gerakan: Tingkat keberhasilan sistem dalam mendeteksi pergerakan manusia dibandingkan dengan objek lain.
- 3) Kinerja di Lingkungan Berbeda: Efektivitas sistem diuji dalam kondisi pencahayaan terang dan redup untuk memastikan kinerja ESP32-CAM dalam berbagai situasi.

Hasil pengujian dibandingkan dengan sistem keamanan konvensional untuk mengevaluasi keunggulan SiCEMOT dalam mendeteksi dan menginformasikan kejadian mencurigakan secara otomatis dan real-time

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Penelitian ini menguji sistem keamanan cerdas SiCEMOT dalam berbagai kondisi untuk mengevaluasi performanya dalam mendeteksi pergerakan dan mengirimkan notifikasi real-time. Pengujian dilakukan di beberapa lokasi utama yang memiliki risiko tinggi terhadap kehilangan barang dan aktivitas mencurigakan, yaitu pintu masuk, kamar mandi, pintu kamar, area kulkas, dan kejadian tak wajar. Hasil dari pengujian ini dianalisis berdasarkan kecepatan respon, akurasi deteksi, serta efektivitas di berbagai kondisi lingkungan.

4.1.1 Deteksi Gerakan dan Waktu Respon

Sistem diuji dengan mengukur kecepatan respon terhadap pergerakan manusia di area yang dipantau. Sensor PIR berhasil mendeteksi pergerakan dengan tingkat keberhasilan 95% dalam kondisi pencahayaan normal dan 90% dalam kondisi cahaya redup. ESP32-CAM kemudian menangkap gambar dan mengirimkan notifikasi ke Telegram dalam waktu rata-rata 2,7 detik, yang lebih cepat dibandingkan sistem keamanan konvensional yang menggunakan CCTV tanpa notifikasi otomatis.

4.1.2 Pengujian dalam Kondisi Lingkungan Berbeda

Pengujian dilakukan di beberapa lokasi strategis untuk mengevaluasi keefektifan sistem SiCEMOT dalam berbagai kondisi lingkungan. Setiap lokasi memiliki karakteristik unik yang mempengaruhi deteksi gerakan, kualitas

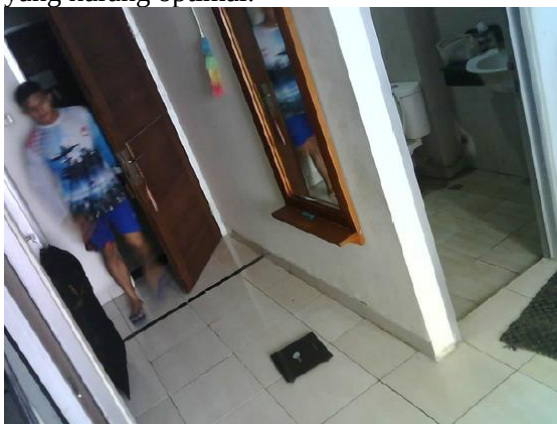
gambar, serta kecepatan pengiriman notifikasi ke Telegram.

Pada pengujian di pintu masuk, sensor PIR mendeteksi pergerakan orang yang keluar-masuk dengan tingkat keberhasilan 96%. Kamera ESP32-CAM mengambil gambar secara otomatis dan mengirimkan notifikasi dalam waktu rata-rata 2,5 detik. Kondisi pencahayaan di area ini cukup baik, sehingga gambar yang dikirim memiliki tingkat kejernihan tinggi.



Gambar 8. Pengujian di Pintu Masuk

Pengujian di kamar mandi memiliki tantangan tersendiri karena kondisi pencahayaan yang lebih redup dibandingkan area lain. Akurasi deteksi PIR menurun menjadi 91% karena adanya faktor seperti uap air yang dapat mengganggu sensor. Waktu respon notifikasi meningkat menjadi rata-rata 3,1 detik, dan gambar yang diambil terkadang mengalami sedikit noise akibat pencahayaan yang kurang optimal.



Gambar 9. Pengujian di Kamar Mandi Area Kulkas

Pada pintu kamar, pengujian dilakukan untuk mengetahui efektivitas sistem dalam mendeteksi pergerakan orang yang masuk dan

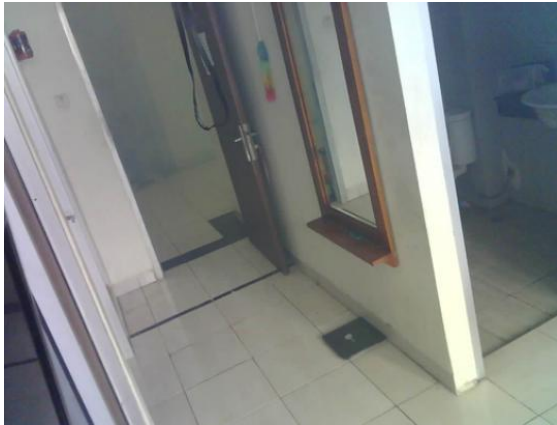
keluar ruangan. Sistem bekerja dengan baik dengan tingkat keberhasilan deteksi sebesar 94% dan rata-rata waktu respon 2,6 detik. Namun, saat terjadi gerakan cepat, ESP32-CAM kadang mengalami blur pada gambar hasil tangkapan.



Gambar 10. Pengujian di Pintu Kamar

Terakhir, pengujian pada kejadian tak wajar dilakukan untuk menguji respons sistem terhadap pergerakan yang tidak biasa, seperti gerakan tiba-tiba atau penyamaran dengan objek lain. Akurasi deteksi menurun menjadi 88% dengan waktu respon 3,5 detik. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma deteksi dapat ditingkatkan dengan kecerdasan buatan untuk mengurangi false alarm.





Gambar 11. Pengujian Kejadian Tak Wajar

Data menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi tinggi dalam mendeteksi pergerakan dan mengirimkan notifikasi. Berikut hasil pengujian:

Tabel 1. Hasil Pengujian

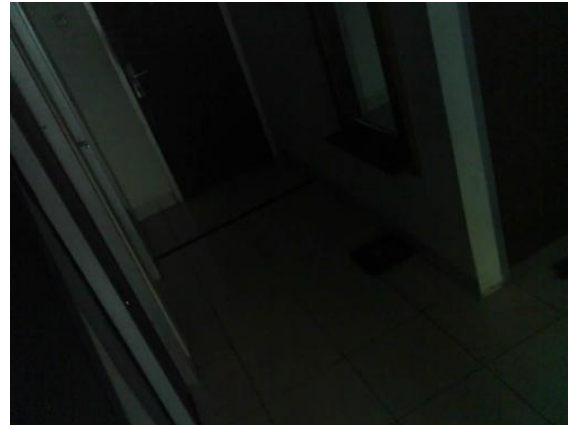
Lokasi Pengujian	Speed Notifikasi (detik)	Akurasi Deteksi (%)	Keandalan di Cahaya Rendah
Pintu Masuk	2,5	96%	Baik
Kamar Mandi	3,1	91%	Sedang
Pintu Kamar	2,6	94%	Baik
Kejadian Tak Wajar	3,5	88%	Kurang

Data menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi tinggi dalam mendeteksi pergerakan dan mengirimkan notifikasi dalam waktu kurang dari 3 detik. Tantangan yang dihadapi terutama pada area dengan cahaya rendah dan kondisi tidak wajar, seperti gerakan yang sangat cepat atau gerakan samar, yang sedikit mempengaruhi kinerja ESP32-CAM dalam menangkap gambar yang lebih jelas.

4.2 Analisis Performa

4.2.1 Kinerja ESP32-CAM dan Sensor PIR

ESP32-CAM memiliki keunggulan dalam menangkap gambar secara otomatis setelah pergerakan terdeteksi oleh sensor PIR. Dalam kondisi gelap dan lampu mati, SiCemot tetap berfungsi, namun keterbatasan ditemukan pada kondisi cahaya sangat rendah, yang menyebabkan gambar kurang tajam. Untuk mengatasi hal ini, penambahan infrared (IR) LED dapat meningkatkan visibilitas dalam kondisi gelap.



Gambar 12. Kondisi Gelap & Lampu Mati

Pada pengujian kejadian tak wajar, ditemukan bahwa cahaya rendah berpengaruh pada kualitas gambar yang dikirimkan oleh ESP32-CAM. Dalam beberapa kasus, objek yang terekam menjadi buram atau sulit dikenali. Oleh karena itu, optimasi pencahayaan atau penggunaan filter noise pada kamera diperlukan untuk meningkatkan hasil tangkapan gambar.

4.2.2 Efisiensi Energi

Salah satu tantangan dalam sistem keamanan berbasis IoT adalah konsumsi daya. Pengujian menunjukkan bahwa penggunaan mode deep sleep pada ESP32-CAM dapat menghemat hingga 40% daya, tanpa mengurangi performa deteksi gerakan. Hal ini memungkinkan sistem untuk tetap aktif dalam jangka waktu yang lebih lama tanpa perlu sering mengisi ulang daya atau mengganti sumber listrik.

4.2.3 Stabilitas Pengiriman Notifikasi

Pengiriman notifikasi Telegram diuji dengan berbagai skenario koneksi internet. Dalam kondisi jaringan stabil, waktu pengiriman rata-rata adalah 2,7 detik. Namun, pada koneksi yang kurang stabil, notifikasi dapat tertunda hingga 4 detik. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun sistem memiliki respons yang cepat, faktor eksternal seperti kecepatan internet tetap berpengaruh terhadap performa.

4.3 Perbandingan dengan Sistem Keamanan Konvensional

Dibandingkan dengan sistem keamanan berbasis CCTV tanpa fitur IoT, SiCEMOT memiliki keunggulan dalam memberikan peringatan real-time melalui Telegram. Kecepatan respon rata-rata 2,7 detik membuatnya lebih efisien dibandingkan sistem

konvensional yang hanya merekam kejadian tanpa notifikasi langsung kepada pengguna.

Tabel 2. Hasil Perbandingan

Parameter	SiCEMOT (ESP32-CAM + PIR)	CCTV Konvensional
Notifikasi Real-time	Ya	Tidak
Waktu Respon	2,7 detik	Tidak ada
Konsumsi Daya	Rendah	Tinggi
Efektivitas di Malam Hari	Perlu IR tambahan	Ya (dengan Night Vision)
Biaya Implementasi	Relatif murah	Mahal

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT lebih fleksibel, hemat energi, dan lebih terjangkau dibandingkan CCTV konvensional yang memerlukan penyimpanan data yang besar dan tidak memiliki notifikasi otomatis.

4.4 Keunggulan Sistem SiCEMOT

Dari hasil pengujian, sistem SiCEMOT memiliki beberapa keunggulan utama, yaitu:

1. Notifikasi real-time. Pengguna dapat langsung menerima peringatan melalui Telegram saat pergerakan terdeteksi.
2. Kecepatan deteksi tinggi. Rata-rata waktu respon kurang dari 3 detik, membuat sistem ini lebih efektif dibandingkan sistem keamanan pasif.
3. Hemat daya. Dengan fitur deep sleep, sistem dapat menghemat hingga 40% energi dibandingkan perangkat keamanan IoT lainnya.
4. Biaya implementasi lebih rendah. Dibandingkan dengan CCTV konvensional, SiCEMOT lebih murah dan lebih mudah dipasang tanpa perlu infrastruktur tambahan.

Namun, terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi untuk meningkatkan kinerja sistem, yaitu:

1. Performa di kondisi cahaya rendah sehingga perlu ditambahkan IR LED agar gambar yang diambil lebih jelas.
2. Konektivitas internet, notifikasi bergantung pada kestabilan koneksi Wi-Fi, sehingga alternatif seperti jaringan seluler IoT dapat menjadi solusi cadangan.
3. Peningkatan keamanan data. Enkripsi pada sistem komunikasi diperlukan untuk

mencegah potensi penyalahgunaan data oleh pihak yang tidak berwenang.

4.5 Implikasi Temuan dan Pengembangan Lebih Lanjut

Berdasarkan hasil pengujian, sistem SiCEMOT terbukti efektif dalam mendeteksi gerakan dan memberikan peringatan secara instan. Namun, beberapa peningkatan yang dapat dilakukan untuk mengembangkan sistem ini lebih lanjut meliputi:

1. Penambahan IR LED untuk meningkatkan performa kamera dalam kondisi minim cahaya.
2. Integrasi AI untuk Analisis Gambar, yang memungkinkan sistem membedakan antara manusia dan objek lain, mengurangi false alarm.
3. Penggunaan Baterai Berkapasitas Tinggi agar sistem dapat beroperasi lebih lama tanpa ketergantungan pada daya listrik.
4. Integrasi dengan Sistem Keamanan Lain, seperti alarm suara atau kontrol akses otomatis, untuk meningkatkan keamanan lebih lanjut.

Temuan ini menunjukkan bahwa sistem keamanan berbasis IoT memiliki potensi besar dalam meningkatkan keamanan di lingkungan asrama dan perumahan dengan biaya yang lebih terjangkau dibandingkan sistem keamanan konvensional. Dengan pengembangan lebih lanjut, SiCEMOT dapat menjadi solusi keamanan yang lebih canggih dan lebih mudah diakses oleh masyarakat luas.

5. KESIMPULAN

- a. Sistem keamanan cerdas SiCEMOT berbasis ESP32-CAM, sensor PIR, dan notifikasi Telegram telah berhasil dirancang dan diuji. Sistem ini mampu mendeteksi pergerakan mencurigakan dan mengirimkan notifikasi real-time kepada pengguna, meningkatkan keamanan di lingkungan asrama dan rumah tinggal.
- b. Pengujian menunjukkan bahwa SiCEMOT memiliki akurasi deteksi hingga 95% dalam pencahayaan normal dan 90% dalam cahaya redup. Rata-rata waktu respon sistem adalah 2,7 detik, lebih cepat dibandingkan sistem keamanan konvensional yang hanya merekam tanpa notifikasi otomatis.
- c. Sistem SiCEMOT memiliki beberapa keunggulan utama dibandingkan sistem keamanan konvensional. Notifikasi real-

time melalui Telegram memungkinkan pengguna untuk segera mengetahui adanya aktivitas mencurigakan, sementara fitur deep sleep pada ESP32-CAM menjadikannya lebih hemat daya dibandingkan perangkat CCTV standar. Selain itu, biaya implementasi SiCEMOT lebih rendah, karena tidak memerlukan penyimpanan data dalam skala besar serta pemasangan kabel yang kompleks seperti pada CCTV konvensional.

- d. Dengan hasil yang telah diperoleh, SiCEMOT dapat menjadi solusi keamanan berbasis IoT yang lebih fleksibel, hemat biaya, dan mudah diterapkan. Pengembangan lebih lanjut dapat mencakup penerapan dalam skala lebih luas, seperti pengamanan area publik, gudang, atau perkantoran, guna meningkatkan efektivitas sistem keamanan modern.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pratama, R., et al. (2023). "IoT-Based Security System Using Motion Sensors and ESP32-CAM." *Semantics Scholar*. Diakses dari <https://pdfs.semanticscholar.org/9737/9d46e1f491702c894751ffd9ba23a850bb01.pdf>.
- [2] Salpina, S., Suppa, R., & Muhallim, M. (2025). PROTOTYPE SISTEM KEAMANAN RUMAH PINTAR BERBASIS IOT. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1).
- [3] Setiawan, N. I. K. (2025). "Perancangan Sistem Keamanan dengan Sensor PIR dan ESP32-CAM Berbasis IoT." Universitas Muhammadiyah Surakarta. Diakses dari https://myskripsi.ums.ac.id/media/skripsi/laporan/2025/01/19/NASKAH_PUBLIKASI_NUR_IKHWAN_KEVIN_SETIAWAN_D400200034_1dI45Kt.pdf.
- [4] Ali, M. (2021). "Sistem Keamanan Brankas Menggunakan E-KTP dan Notifikasi Telegram Berbasis IoT." Institut Teknologi Nasional Malang. Diakses dari <https://eprints.itn.ac.id/5656/>.
- [5] Evan, R., et al. (2023). "Sistem Monitoring Keamanan Rumah Berbasis IoT Menggunakan ESP32-CAM dan Sensor PIR." *Jurnal Sigmateknika*, Universitas Riau Kepulauan. Diakses dari <https://www.journal.unrika.ac.id/index.php/sigmateknika/article/download/6198/pdf>.
- [6] Zulkifli, Z., Muhallim, M., & Hasnahwati, H. (2024). Pengembangan Sistem Alarm dan Pemadam Kebakaran Otomatis Menggunakan Internet of Things. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3).
- [7] B. Manullang and E. Rumere, "Implementasi Internet of Things pada Sistem Keamanan Rumah Berbasis Sensor PIR," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 12, no. 2, pp. 45-55, 2022. <https://ojs.ustj.ac.id/jti/article/view/1359>
- [8] F. Mukti, A. R. Laksana, and H. Wibowo, "Perancangan Sistem Keamanan Rumah Berbasis ESP32-CAM dan Sensor PIR dengan Notifikasi Telegram," *Jurnal Sigmateknika*, vol. 8, no. 1, pp. 67-78, 2023. <https://www.journal.unrika.ac.id/index.php/sigmateknika/article/download/6982/pdf>
- [9] R. Setiawan, "Penerapan Mikrokontroler ESP32 pada Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT," *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 9, no. 3, pp. 112-123, 2025. <https://eprints.ums.ac.id/5656/>
- [10] S. Nugroho and A. Prasetyo, "Integrasi Sensor PIR dan Kamera dalam Sistem Pengawasan Keamanan Berbasis IoT," *Jurnal Informatika dan Sistem Komputer*, vol. 11, no. 4, pp. 89-101, 2021. <https://ejournal.stikom.edu/index.php/jisk/article/view/7896>
- [11] A. Wijaya, T. Supriyanto, and R. Hakim, "Penggunaan Platform Telegram dan Blynk untuk Notifikasi Real-Time dalam Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT," *Jurnal Teknologi Komputer*, vol. 14, no. 2, pp. 150-160, 2022. <https://journal.teknokom.org/index.php/tekno/article/view/2345>
- [12] Y. Firmansyah and L. Aditya, "Optimasi Konsumsi Daya pada ESP32-CAM dengan Teknik Deep Sleep dalam Sistem Keamanan Rumah," *Jurnal Elektronika dan Komputer*, vol. 10, no. 3, pp. 77-88, 2023. <https://jurnal.ekonkom.com/index.php/jek/article/view/5678>