

Received: 18 April 2026; Accepted: 30 Mei 2026; Published: 30 Juni 2026
DOI: 10.36350/jskom.v2i2.99

Sistem Keamanan Rumah Pintar Berbasis IoT dengan Pengenalan Wajah

Rizki Arya Muhammad^{1*}, Farhan Zayid²

^{1,2}Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Informatika dan Komputer, Universitas Binaniaga Indonesia

email¹: rizkiaryam00@gmail.com

*Corresponding Author

ABSTRACT

This research discusses the design and implementation of an Internet of Things (IoT)-based smart home security system with facial recognition technology. The background of this research is the increasing number of thefts in urban areas and the limitations of conventional security systems, which are generally reactive and ineffective in providing real-time protection. The system is designed using an ESP32-CAM module with a Convolutional Neural Network (CNN) algorithm and a Haar Cascade Classifier to automatically detect faces. When an unknown face is detected, the system sends a real-time notification in the form of an image via the Telegram application to the homeowner. The research method used is Research and Development (R&D) with a prototyping approach, through the stages of needs analysis, design, development, and user testing. The results show that the system is capable of detecting faces with a fairly good level of accuracy under normal lighting conditions and at a certain distance. Real-time notifications are successfully sent via Telegram, although system performance decreases in low-light conditions and unstable internet connections.

Keywords: Convolutional Neural Network (CNN), ESP32-CAM, Haar Cascade, Internet of Things, Smart Home Security System.

ABSTRAK

Penelitian ini membahas perancangan dan implementasi sistem keamanan rumah pintar berbasis Internet of Things (IoT) dengan teknologi pengenalan wajah. Latar belakang penelitian ini adalah meningkatnya tindak pencurian di lingkungan perkampungan serta keterbatasan sistem keamanan konvensional yang umumnya bersifat reaktif dan kurang efektif dalam memberikan perlindungan real-time. Sistem dirancang menggunakan modul ESP32-CAM dengan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) dan Haar Cascade Classifier untuk mendeteksi wajah secara otomatis. Ketika wajah tidak dikenal terdeteksi, sistem mengirimkan notifikasi real-time berupa gambar melalui aplikasi Telegram kepada pemilik rumah. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan pendekatan prototyping, melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan, dan uji coba pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi wajah dengan tingkat akurasi yang cukup baik pada kondisi pencahayaan normal dan jarak tertentu. Notifikasi real-time berhasil dikirim melalui Telegram, meskipun performa sistem menurun pada kondisi pencahayaan minim serta jaringan internet yang tidak stabil.

Kata Kunci: Convolutional Neural Network (CNN), ESP32-CAM, Haar Cascade, Internet of Things, Sistem Keamanan Rumah Pintar.

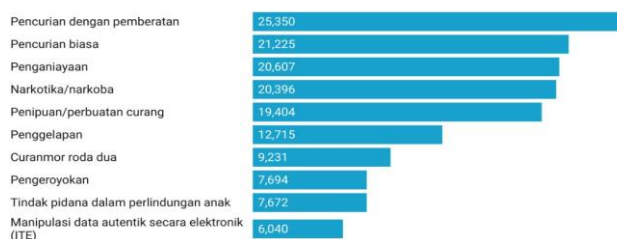
A. PENDAHULUAN

Keamanan rumah merupakan kebutuhan dasar bagi setiap orang untuk menjaga keselamatan keluarga dan harta bendanya. Di dunia saat ini, teknologi berkembang pesat, menghasilkan banyak solusi inovatif yang meningkatkan tingkat keamanan. Salah satu teknologi yang semakin populer adalah *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan perangkat terhubung dan berkomunikasi melalui internet. Penggunaan IoT dalam sistem keamanan rumah pintar penting karena menyediakan solusi keamanan cerdas dan efisien yang dapat diakses dari mana saja.

Keunggulan utama sistem keamanan berbasis IoT adalah dapat terhubung langsung ke berbagai perangkat pintar, seperti kamera pengintai, sensor gerak, dan kunci pintu digital, untuk menyediakan akses dan kontrol. Dengan memanfaatkan teknologi awan dan jaringan nirkabel, sistem dapat mengirimkan peringatan instan kepada pengguna jika ada aktivitas mencurigakan yang terdeteksi. Selain itu, menganalisis data yang dikumpulkan dapat membantu meningkatkan kinerja dan keandalan sistem. Hal ini membuat sistem keamanan rumah pintar berbasis IoT sebagai solusi yang menarik.

10 Kejahatan Terbanyak Tahun 2024

Periode Januari - 15 Juni 2024



Source: Pusiknas Bareskrim Polri - Created with Datawrapper

Gambar 1. Data Angka Kejahatan 2024

Berdasarkan data statistik pada tahun 2024, kejahatan pencurian ini menempati posisi teratas dalam laporan kriminalitas, mencerminkan tingginya risiko dan dampak dari tindakan tersebut terhadap keamanan individu maupun komunitas. Pencurian dapat terjadi di berbagai tempat, terutama di lingkungan rumah, jalanan umum, dan tempat usaha. Faktor-faktor seperti lemahnya pengamanan, minimnya sistem keamanan teknologi, dan kurangnya kesadaran masyarakat terhadap ancaman ini menjadi penyebab utama tingginya angka kejadian pencurian.

Urbanisasi yang pesat telah menyebabkan meningkatnya kepadatan penduduk di lingkungan perkampungan, yang berdampak pada meningkatnya risiko tindak kriminal seperti pencurian dan perampokan. Sistem keamanan rumah konvensional yang masih banyak digunakan sering kali tidak mampu memberikan perlindungan yang memadai dalam menghadapi ancaman-ancaman ini.

Sistem keamanan tradisional, seperti kunci mekanis atau pagar besi, memiliki keterbatasan dalam mendeteksi dan mencegah ancaman secara *real-time*. Sistem ini cenderung reaktif, di mana tindakan hanya diambil setelah insiden terjadi, sehingga kurang memberikan rasa aman yang menyeluruh bagi pemilik rumah.

Masyarakat modern semakin menuntut solusi keamanan yang lebih canggih, sejalan dengan perkembangan gaya hidup digital. Adanya kebutuhan untuk memantau kondisi rumah kapan saja dan dari mana saja mendorong munculnya permintaan akan sistem keamanan yang terhubung dan dapat diakses dengan mudah melalui perangkat pintar.

Teknologi *Internet of Things* (IoT) memberikan peluang besar untuk menghadirkan sistem keamanan yang lebih efisien dan responsif. Dengan kemampuan untuk mengintegrasikan berbagai perangkat seperti kamera, sensor gerak, dan alarm, IoT memungkinkan sistem keamanan rumah pintar yang terhubung secara *real-time*, memberikan notifikasi instan jika terdeteksi aktivitas mencurigakan.

Namun, meskipun teknologi IoT memberikan banyak keuntungan, implementasi sistem keamanan rumah pintar masih menghadapi tantangan seperti konektivitas yang stabil, keamanan data, dan biaya implementasi yang cukup tinggi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk merancang sistem yang tidak hanya efektif tetapi juga ekonomis dan mudah diimplementasikan.

Tidak hanya itu, keterbatasan literasi digital di kalangan masyarakat juga menjadi hambatan signifikan dalam penerapan teknologi IoT. Banyak pengguna rumah pintar tidak memahami cara kerja perangkat IoT, sehingga fitur keamanan sering kali tidak diaktifkan dengan benar. Hal ini meningkatkan risiko kerentanan terhadap ancaman keamanan.

Permasalahan lain yang muncul adalah ketergantungan pada jaringan internet. Sistem IoT sangat bergantung pada konektivitas internet yang stabil. Di wilayah dengan infrastruktur jaringan yang kurang memadai, sistem rumah pintar berbasis IoT sering kali mengalami gangguan, sehingga tidak dapat berfungsi secara optimal.

Kendala lain yang dihadapi adalah tingginya biaya implementasi awal sistem rumah pintar. Meskipun biaya perangkat IoT semakin terjangkau, infrastruktur pendukung seperti jaringan internet berkecepatan tinggi, alat integrasi, dan layanan pemeliharaan masih memerlukan investasi yang tidak sedikit. Hal ini membatasi adopsi rumah pintar di kalangan masyarakat dengan pendapatan menengah ke bawah. *Internet of Things* (IoT) telah mengubah cara manusia berinteraksi dengan teknologi. IoT memungkinkan perangkat untuk saling terhubung dan bertukar informasi secara otomatis melalui jaringan internet. Dalam konteks keamanan rumah, teknologi ini menjadi dasar pengembangan sistem yang lebih canggih dan efisien, memungkinkan kontrol dan pengawasan rumah secara *real-time*.

Masalah keamanan rumah masih menjadi tantangan serius, khususnya di wilayah perkampungan Kabupaten Bogor. Sistem keamanan konvensional yang digunakan masyarakat umumnya hanya berupa kunci manual, pagar sederhana, atau pengawasan lingkungan secara terbatas. Sistem seperti ini bersifat reaktif baru memberikan respons setelah tindak pencurian terjadi sehingga belum mampu mencegah kerugian material maupun psikologis yang ditimbulkan.

Data kriminalitas menunjukkan bahwa pencurian masih menjadi salah satu kasus dominan di Kabupaten Bogor. Menurut Polres Bogor, sepanjang tahun 2024 tercatat 1.717 kasus tindak pidana, meskipun menurun sekitar 11,1% dibanding tahun sebelumnya (1.932 kasus). Dari jumlah tersebut, 1.022 kasus berhasil diselesaikan, meningkat sekitar 2,35% dibanding 2023 yang menyelesaikan 987 kasus (Detik News, 2024; Radar Bogor, 2024).

Meskipun tren kriminalitas secara umum menurun, kasus pencurian rumah kosong tetap rutin terjadi di beberapa wilayah. Misalnya, pada 2 Februari 2024, Polsek Ciomas menangkap tiga pelaku pencurian rumah kosong di Perum Villa Desa Ciomas Rahayu, Kecamatan Ciomas (BogorOnline, 2024). Kasus lain terungkap pada 24 April 2024, ketika Polsek Caringin berhasil mengungkap pencurian rumah kosong di Desa Ciderum, Kecamatan Caringin (KabarIndoRaya, 2024). Fakta ini menunjukkan bahwa rumah-rumah di perkampungan masih menjadi sasaran empuk pelaku kejahatan.

Tabel 1. Jumlah tindak pidana di Bogor

Tahun	Jumlah Kasus	Kasus Selesai	Sumber
2023	1.932	987	Polres Bogor
2024	1.717	1.022	Polres Bogor

Sumber: Polres Bogor (dikutip dari Detik News, 2024; Radar Bogor, 2024)

Tabel 2. Contoh Kasus Pencurian rumah di Bogor

Tanggal	Lokasi (Kecamatan)	Jenis Kejadian	Keterangan	Sumber
2 Februari 2024	Ciomas	Pencurian rumah kosong	3 Pelaku ditangkap	BogorOnline (2024)
24 April 2024	Caringin (Ciderum)	Pencurian rumah kosong	Kasus Berhasil diungkap	KabarIndoRaya (2024)

Berdasarkan data dan kasus di atas, dapat disimpulkan bahwa meskipun jumlah kasus kriminal secara umum mengalami penurunan, ancaman pencurian rumah di perkampungan tetap nyata. Kondisi ini menunjukkan:

- (a) Sistem keamanan konvensional yang digunakan masyarakat belum efektif untuk mencegah tindak pencurian.
- (b) Pencurian rumah kosong masih rutin terjadi di berbagai wilayah Kabupaten Bogor.
- (c) Masyarakat perkampungan menjadi kelompok paling rentan karena minimnya teknologi keamanan modern.

Dengan demikian, diperlukan sebuah sistem keamanan rumah yang mampu memberikan perlindungan secara proaktif dan real-time. Sistem keamanan rumah pintar berbasis Internet of Things (IoT) dengan modul ESP32-CAM, algoritma Convolutional Neural Network (CNN) dan Haar Cascade Classifier untuk deteksi wajah, serta pengiriman notifikasi real-time melalui aplikasi Telegram, diharapkan mampu menjadi solusi atas permasalahan tersebut. Berdasarkan permasalahan diatas, maka identifikasi masalah dalam penelitian ini yaitu:

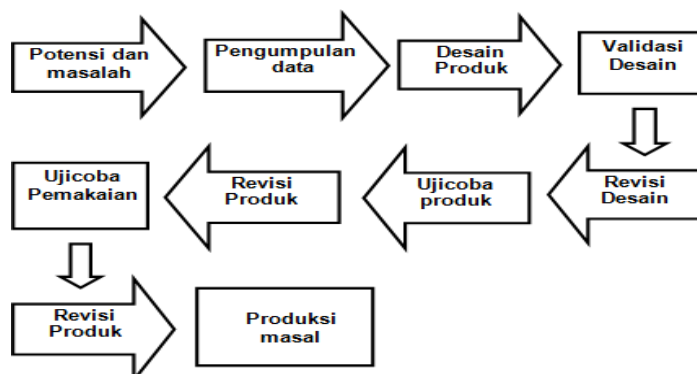
- a. Belum akurat dalam memberikan informasi secara real-time kepada pemilik rumah terkait ancaman pencurian.
- b. Belum efektif proses panyampaian informasi secara real-time kepada pemilik rumah.

B. METODOLOGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN

1. Metode peneltian

Dalam penelitian ini, metode riset dan pengembangan (*Research and Development*) akan diterapkan. (Sugiyono, 2020) menjelaskan bahwa metode riset dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan bertujuan untuk menghasilkan suatu produk tertentu dan menguji efektivitasnya. Untuk menciptakan produk tersebut, diperlukan penelitian yang berfokus pada analisis kebutuhan guna memastikan produk tersebut dapat berfungsi secara optimal.

Dengan metode riset dan pengembangan diharapkan mampu menghasilkan dan menguji produk-produk baru yang bermanfaat bagi masyarakat. Penelitian ini bersifat longitudinal, sehingga penelitian dilakukan secara bertahap, dan kemungkinan penggunaan metode yang berbeda pada setiap tahapnya. Langkah-langkah yang diperlukan untuk mengembangkan produk yang berkualitas.



Gambar 2. R & D

Penelitian ini menggunakan pendekatan gabungan antara metode deskriptif, evaluatif, dan eksperimental dalam kerangka metode Research and Development (R&D) sebagaimana dijelaskan oleh Sugiyono (2015). Ketiga metode ini dipilih untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai permasalahan, mengembangkan solusi berbasis teknologi, serta menguji efektivitas sistem keamanan rumah pintar yang dirancang.

Metode Deskriptif Digunakan untuk memaparkan kondisi eksisting terkait masalah keamanan rumah di perkampungan yang rawan pencurian. Analisis dilakukan dengan meninjau literatur, laporan kepolisian, dan penelitian terdahulu, sehingga diperoleh gambaran yang jelas mengenai kebutuhan akan sistem keamanan rumah berbasis IoT.

Metode Evaluatif Bertujuan untuk menilai sejauh mana sistem keamanan rumah pintar yang dikembangkan mampu memenuhi tujuannya. Evaluasi dilakukan melalui uji fungsionalitas perangkat (deteksi wajah dengan ESP32-CAM, pengiriman notifikasi ke Telegram), serta tanggapan dari ahli sistem dan pengguna akhir terkait keandalan dan kemudahan penggunaan sistem.

Metode Eksperimental Dipakai untuk menguji langsung efektivitas sistem di lapangan. Sistem diuji dengan berbagai kondisi nyata, seperti pencahayaan yang berbeda, jarak pengambilan gambar, serta kualitas jaringan internet. Hal ini untuk memastikan sistem dapat bekerja optimal dalam situasi perkampungan yang sering kali memiliki keterbatasan infrastruktur.

Mengacu pada sepuluh langkah penelitian dan pengembangan menurut Sugiyono (2015), tahapan penelitian ini mencakup:

1. Potensi dan Masalah
2. Pengumpulan Data
3. Desain Produk
4. Validasi Desain
5. Revisi Desain
6. Uji Coba Produk
7. Revisi Produk
8. Uji Coba Pemakaian
9. Revisi Produk
10. Produksi massal

Dengan penggabungan tiga pendekatan tersebut dalam kerangka R&D, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan sistem keamanan rumah pintar berbasis IoT yang tepat guna, handal secara teknis, serta bermanfaat nyata bagi masyarakat.

2. Pemodelan / Model yang diusulkan

Berdasarkan identifikasi masalah, metode penelitian yang dapat diterapkan sesuai dengan permasalahan tersebut, yaitu metode *Internet of Things (IoT)* dan metode *Prototyping*. Penelitian ini menggunakan metode *Internet of Things (IoT)* sebagai pendekatan utama dalam merancang sistem keamanan rumah pintar. IoT merupakan konsep di mana berbagai perangkat elektronik seperti kamera ESP32-CAM, Web. Dengan penggabungan tiga pendekatan tersebut dalam kerangka R&D, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan sistem keamanan rumah pintar berbasis IoT yang tepat guna, handal secara teknis, serta bermanfaat nyata bagi masyarakat. Berdasarkan identifikasi masalah, metode penelitian yang dapat diterapkan sesuai dengan permasalahan tersebut, yaitu metode *Internet of Things (IoT)* dan metode *Prototyping*. Server, dan smartphone dapat saling terhubung melalui jaringan internet untuk bertukar data secara otomatis dan real-time. Sistem keamanan berbasis IoT memungkinkan pemilik rumah menerima informasi secara cepat dan akurat saat terjadi aktivitas mencurigakan di sekitar rumah.

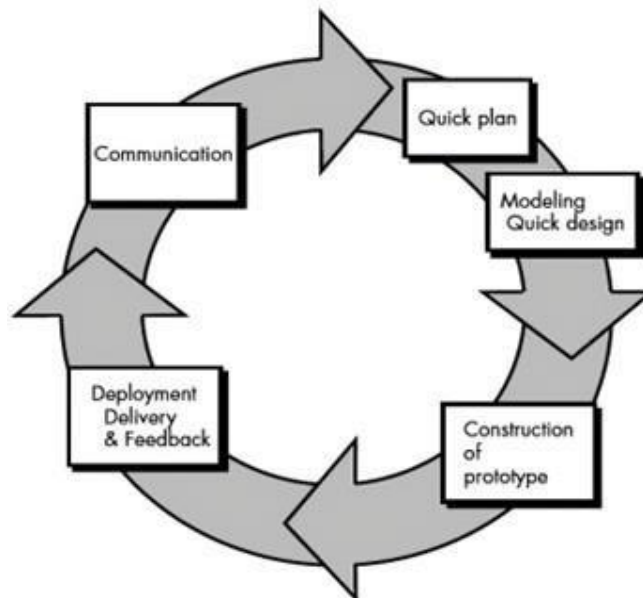
Penerapan metode IoT dalam penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem deteksi wajah menggunakan ESP32-CAM yang mampu mengirimkan hasil tangkapan gambar ke aplikasi Telegram pemilik rumah secara otomatis. Data yang diterima akan diproses oleh Web Server berbasis ESP32-CAM, kemudian dikirimkan melalui jaringan internet ke pengguna. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi penyimpanan gambar hasil tangkapan ke Micro SD sebagai cadangan data. Dengan metode ini, pengawasan rumah dapat dilakukan kapan saja dan dari mana saja tanpa perlu berada di lokasi.

Model konseptual ini menggambarkan hubungan antar komponen sistem dan alur data dari deteksi wajah hingga pengguna menerima informasi (notifikasi Telegram). Komponen utama sistem ini adalah sebagai berikut:

- a. Esp32-Cam
Esp32-Cam berfungsi untuk mengambil gambar atau video streaming yang akan digunakan untuk deteksi wajah. Data ini dikirimkan ke server untuk diproses.

- b. Server
Server menerima data dari ESP32-CAM, memprosesnya menggunakan Haar Cascade dan Face Recognition untuk mendeteksi dan mengenali wajah. Jika wajah tidak dikenali, maka server akan mengirimkan notifikasi via Telegram.
- c. Database (MySQL)
Database MySQL menyimpan data wajah yang dikenali, data ini disimpan secara historis untuk referensi pengenalan wajah di masa mendatang.
- d. Aplikasi Web
Aplikasi Web berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk menampilkan streaming video dari ESP32-CAM, memantau status deteksi wajah secara real-time, serta memungkinkan pengguna untuk mendaftarkan wajah baru.
- e. Notifikasi (Telegram)
Notifikasi ini dikirimkan kepada pengguna via telegram untuk memberikan peringatan bahwa wajah yang terdeteksi tidak dikenal.

Model ini ideal untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang mampu memenuhi kebutuhan pengguna dengan baik. Model ini memberikan fleksibilitas bagi pengembang untuk melakukan perbaikan dan penyesuaian desain secara berulang berdasarkan hasil pengujian dan masukan yang diterima. Dengan pendekatan ini, *prototyping* IoT untuk sistem keamanan rumah dapat dikembangkan hingga mencapai hasil yang optimal dan relevan dengan kebutuhan pengguna. Adapun beberapa tahapan dalam metode *prototyping* meliputi:



Gambar 3. SDLC

- a. Communication (Komunikasi)
Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna utama, yaitu penghuni rumah yang membutuhkan sistem keamanan dan pemantauan wajah, serta pihak terkait seperti pengelola keamanan atau admin sistem. Diskusi dan observasi awal bertujuan untuk memahami kelemahan sistem keamanan yang ada saat ini, seperti keterlambatan notifikasi dan tidak adanya data real-time. Selain itu, dilakukan pengumpulan data mengenai lokasi pemasangan ESP32-CAM dan pemilihan komponen yang tepat.
- b. Quick Plan (Perencanaan Cepat)
Setelah kebutuhan pengguna teridentifikasi, tahap ini mencakup perencanaan teknis awal sistem. Ini termasuk penentuan ambang batas untuk mengenali wajah yang terdeteksi (misalnya wajah yang dikenali atau tidak dikenali). Selain itu, dirancang arsitektur sistem secara umum, yang menggambarkan alur komunikasi antara ESP32-CAM, server, MySQL, dan platform Telegram untuk pengiriman notifikasi.
- c. Modeling Quick Design (Desain Cepat)
Pada tahap ini, dilakukan perancangan awal sistem dengan lebih detail. Desain mencakup pembuatan antarmuka aplikasi web yang menampilkan streaming video dan status pengenalan wajah, serta diagram

alur sistem yang menggambarkan proses dari deteksi wajah oleh ESP32-CAM, pengiriman data ke server, hingga pengiriman notifikasi kepada pengguna melalui Telegram.

d. Construction of Prototype (Pembuatan Prototipe)

Tahap ini adalah implementasi dari desain sistem menjadi produk kerja awal. Kegiatannya meliputi perakitan perangkat keras, yaitu ESP32-CAM, penghubungan ke jaringan Wi-Fi, dan komponen lainnya. Di sisi perangkat lunak, dibuat database MySQL, pengembangan script mikrokontroler, pembuatan dashboard web untuk pemantauan wajah secara real-time, serta pembuatan bot Telegram untuk pengiriman notifikasi. Pengujian awal dilakukan di lingkungan terkontrol untuk memastikan setiap komponen berfungsi dengan baik.

e. Deployment, Delivery & Feedback (Penyebaran, Pengiriman & Umpan Balik)

Setelah prototipe selesai, sistem diterapkan pada lokasi uji coba terbatas di sekitar area rumah atau pintu masuk untuk mengamati kinerjanya dalam kondisi nyata. Prototipe ini kemudian didemonstrasikan kepada beberapa calon pengguna (penghuni rumah) untuk mengumpulkan umpan balik mengenai kecepatan notifikasi, keterbacaan status wajah yang terdeteksi pada aplikasi web, dan efektivitas sistem dalam memberikan peringatan. Umpan balik yang diterima akan digunakan untuk perbaikan pada siklus pengembangan berikutnya.

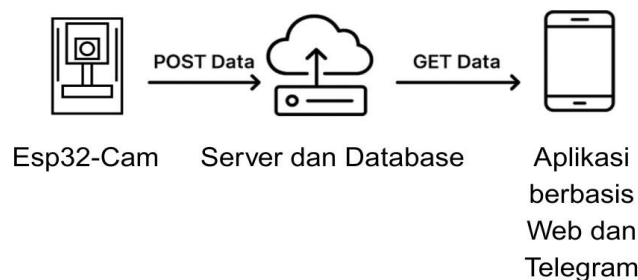
C. HASIL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

Pada lingkungan rumah, sistem keamanan yang digunakan sebagian besar masih bersifat manual dan konvensional, seperti kunci mekanis, pagar sederhana, atau CCTV tanpa integrasi real-time. Kondisi ini menyebabkan pemilik rumah sering mengalami keterbatasan dalam melakukan pengawasan, terutama saat rumah dalam keadaan kosong. Sistem keamanan konvensional tidak mampu memberikan peringatan dini ketika terjadi ancaman, sehingga pemilik rumah baru menyadari adanya masalah setelah insiden terjadi. Selain itu, keterbatasan teknologi pada sistem tradisional juga menyulitkan penghuni dalam memantau kondisi rumah dari jarak jauh. Misalnya, CCTV konvensional membutuhkan perangkat tambahan untuk dapat diakses secara online, sementara alarm rumah hanya bekerja secara lokal tanpa notifikasi kepada pemilik. Hal ini menyebabkan kurangnya informasi real-time dan meningkatkan potensi kerawanan terhadap pencurian maupun akses orang asing. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan penerapan sistem keamanan berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan pengenalan wajah. Sistem ini memanfaatkan ESP32-CAM sebagai perangkat utama untuk mendeteksi keberadaan orang asing di sekitar rumah. Hasil tangkapan kamera diproses menggunakan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) dan Haar Cascade Classifier untuk mengidentifikasi wajah, kemudian sistem akan mengirimkan notifikasi real-time berupa gambar melalui aplikasi Telegram kepada pemilik rumah. Dengan cara ini, pemilik dapat segera mengetahui kondisi rumah meskipun sedang berada jauh dari lokasi.

Sistem keamanan rumah konvensional memiliki sejumlah keterbatasan, antara lain tidak adanya pemantauan real-time, ketergantungan pada peralatan manual, serta kurangnya notifikasi otomatis kepada pemilik rumah. Hal ini mengurangi efektivitas pengawasan dan menimbulkan kerentanan terhadap tindak kriminal. Oleh karena itu, diperlukan sistem keamanan otomatis berbasis IoT dengan dukungan teknologi pengenalan wajah agar pemantauan rumah dapat dilakukan secara lebih efektif, cepat, dan efisien, serta memberikan rasa aman yang lebih optimal bagi penghuni rumah.

Hasil Analisa Metode Internet of Things

Analisis kebutuhan diawali dengan wawancara dan observasi lingkungan rumah dan pola akses penghuni. Kebutuhan utama yang teridentifikasi adalah pendeteksian dan pemberitahuan dini saat terpantau wajah yang tidak dikenali pada area pintu, serta antarmuka pemantauan jarak jauh yang ringan. Menjawab kebutuhan tersebut, sistem dirancang dengan pendekatan Internet of Things (IoT) yang menghubungkan perangkat Esp32-Cam dengan server, database, website dan layanan notifikasi melalui jaringan internet.



Gambar 4. Komunikasi Antar Alat, Server dan Database, Aplikasi

Berdasarkan Gambar 4. sistem komunikasi data dirancang menggunakan protokol HTTP (POST dan GET) untuk mentransfer data hasil tangkapan gambar dari ESP32-CAM ke server. Data gambar yang diterima oleh server akan diproses menggunakan model deteksi wajah Haar Cascade dan Face Recognition untuk mengenali dan mencocokkan wajah yang terdeteksi. Jika wajah yang terdeteksi tidak dikenali, hasilnya akan dikategorikan sebagai Unknown dan dikirimkan sebagai notifikasi Telegram. Selain itu, data wajah yang dikenali akan disimpan dalam MySQL Database untuk referensi lebih lanjut. ESP32-CAM berfungsi sebagai node utama dalam Wireless Sensor Network (WSN) yang mengirimkan data melalui jaringan Wi-Fi ke server. Format data yang digunakan adalah MJPEG stream dan JSON untuk memastikan kompatibilitas antara perangkat dengan server.

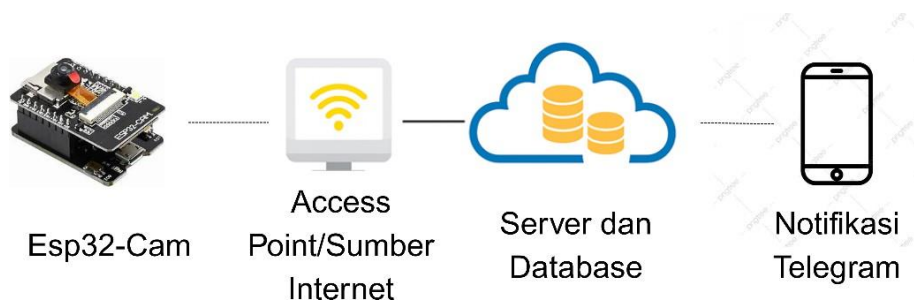
Pada sisi aplikasi, dikembangkan sebuah aplikasi web responsif yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk memantau kondisi dan status wajah yang terdeteksi secara real-time. Aplikasi ini dapat mengakses dan menampilkan data dari database server, serta mengambil informasi dari API server yang telah terintegrasi dalam sistem. Meskipun aplikasi ini memiliki akses untuk melihat data, fungsionalitas aplikasi dibatasi pada platform server untuk menjaga konsistensi dan keamanan data.

Komunikasi antara perangkat ESP32-CAM dan server database dilakukan melalui jaringan Wi-Fi atau internet. ESP32-CAM berfungsi sebagai perangkat pengambil gambar melalui streaming video MJPEG atau snapshot untuk melakukan deteksi wajah. Dengan memanfaatkan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) dan Haar Cascade Classifier, data hasil deteksi wajah dikirimkan ke server untuk diproses dan disimpan dalam database.

Pengiriman data dari ESP32-CAM ke server dilakukan dengan memanfaatkan protokol HTTP melalui API yang telah disiapkan sebelumnya. API ini menjadi penghubung antara perangkat IoT (kamera) dengan aplikasi web, sehingga status wajah dapat ditampilkan secara dinamis. Selain itu, sistem ini mengimplementasikan arsitektur Wireless Sensor Network (WSN) yang memungkinkan beberapa kamera ESP32-CAM untuk terhubung dalam satu jaringan yang lebih besar, memungkinkan pemantauan wajah di beberapa lokasi secara bersamaan.

Hasil Analisis Teknologi Wireless Sensor Network

Teknologi Wireless Sensor Network (WSN) digunakan untuk menghubungkan ESP32-CAM dengan jaringan internet, memungkinkan pengiriman data hasil deteksi wajah ke server dan cloud database.



Gambar 5. Koneksi Antar Esp32-Cam dengan Server, Database, dan Telegram

Gambar 5. menampilkan diagram koneksi antara Esp32-Cam yang terhubung ke Server dan Database melalui jaringan Access Point. Esp32-Cam berfungsi mendeteksi wajah secara real-time, kemudian mengirimkan data ke Server untuk diproses. Jika wajah tidak dikenali maka akan dikirimkan pesan notifikasi telegram. Selanjutnya data tersebut akan disimpan di Database menggunakan koneksi internet yang disediakan oleh Access Point, sehingga keamanan rumah dapat diakses oleh sistem monitoring atau aplikasi peringatan dini secara cepat dan akurat.

Perangkat keras yang digunakan dalam perancangan dan implementasi sistem keamanan rumah ini adalah sebagai berikut:

- 1) Perangkat Pengguna
 - a) Jenis: Smartphone
 - b) Sistem Operasi: Android atau iOS (yang dapat menginstal aplikasi Telegram dan membuka browser untuk akses dashboard web)
- 2) Perangkat IoT
 - a) Mikrokontroler: Esp32-Cam
 - b) Catu Daya: Adaptor 5V

Perangkat lunak yang digunakan untuk membangun dan menunjang kerja sistem ini adalah sebagai berikut:

- 3) Firmware (Perangkat IoT)
 - a) Bahasa Pemrograman: C++ (Arduino IDE)
- 4) Backend (Server)
 - a) Bahasa Pemrograman: Python

b) Database: MySQL

Frontend (Antarmuka Pengguna)

c) Dashboard Web: HTML, CSS, JavaScript

d) Notifikasi: Telegram Bot API

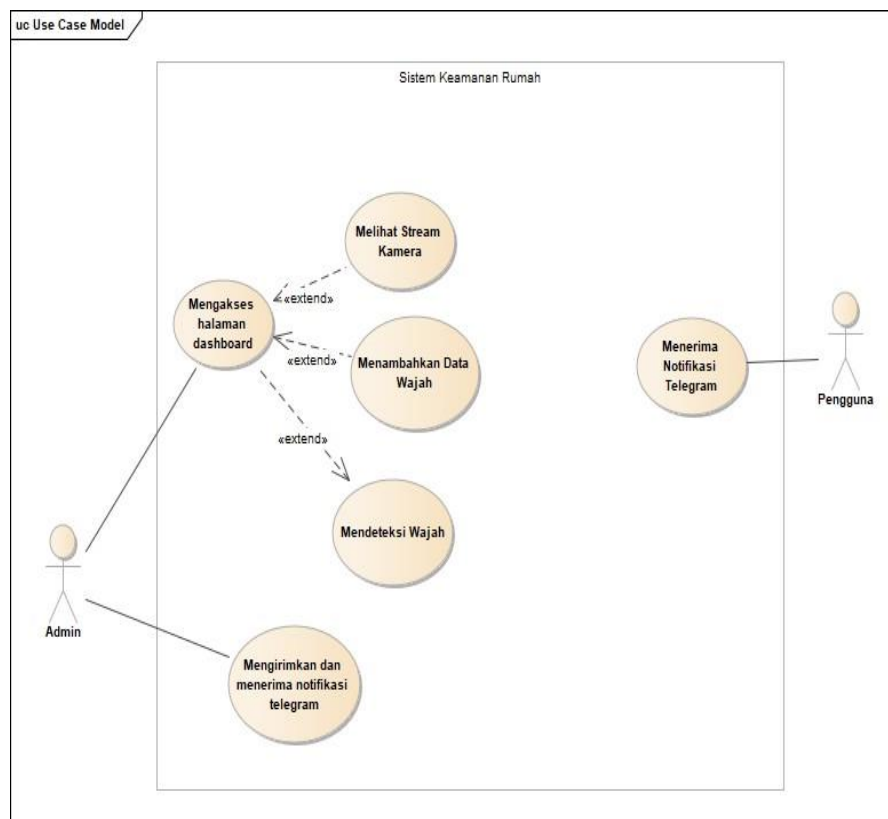
Berdasarkan data yang diperoleh melalui wawancara, proses bisnis lama untuk keamanan rumah dilakukan secara manual dengan cara memantau keadaan pintu atau area rumah yang diawasi, dan jika ada tamu atau orang yang mendekat, penghuni rumah harus membuka pintu atau mengecek kondisi secara langsung. Namun, sistem keamanan rumah lama memiliki kekurangan, seperti keterlambatan dalam mendeteksi tamu atau orang yang tidak dikenal serta tidak adanya notifikasi langsung kepada penghuni rumah.

Proses bisnis baru ini memperkenalkan peran sistem keamanan berbasis deteksi wajah ESP32-CAM yang memungkinkan penghuni rumah untuk melihat kondisi pintu atau area rumah secara real-time melalui aplikasi web, tanpa perlu pergi ke tempat tersebut. Dengan menggunakan sistem ini, penghuni rumah dapat memantau kondisi keamanan rumah kapan saja dan di mana saja, cukup melalui perangkat mobile atau komputer. Selain itu, ESP32-CAM secara otomatis dapat mendeteksi wajah dan membandingkannya dengan data wajah yang sudah terdaftar. Jika wajah yang terdeteksi tidak dikenali (Unknown), sistem akan mengirimkan pemberitahuan langsung ke penghuni rumah melalui Telegram.

Dengan adanya sistem ini, proses pemantauan keamanan rumah menjadi lebih efisien dan terotomatisasi, sekaligus memberikan peringatan dini kepada penghuni rumah jika ada orang yang tidak dikenal, tanpa perlu melakukan pengecekan manual.

Berikut adalah desain produk yang terdapat dalam aplikasi yang dikembangkan sebagai bagian dari penelitian.

Desain perancangan sistem keamanan rumah yang akan dikembangkan disajikan dalam bentuk Use Case Diagram. Diagram ini menggambarkan interaksi antara pengguna (pemilik rumah) dan sistem, yang terdiri dari berbagai proses seperti deteksi wajah, dan pengiriman notifikasi Telegram. Dibawah ini merupakan diagram use case pada sistem yang akan dikembangkan:



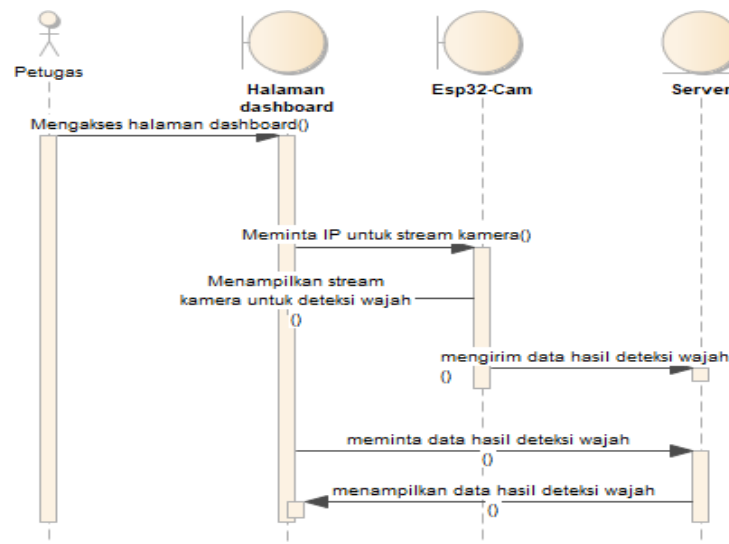
Gambar 6. Use Case Diagram

Berdasarkan use case diagram di atas, sistem ini memiliki dua aktor utama, yaitu Admin dan Pengguna. Aktor Admin memiliki hak akses yang lebih luas, di mana selain dapat Melihat Dashboard Web, ia juga dapat melihat stream kamera untuk memantau keadaan rumah dan dapat menambahkan data wajah orang rumah. Secara keseluruhan, diagram ini menggambarkan sebuah sistem dengan dua tingkat akses: satu untuk untuk pengelolaan dan kontrol oleh Admin, dan satu lagi hanya menerima notifikasi oleh Pengguna.

Skema Interaksi

Tahap desain interaksi menggambarkan secara rinci alur kerja dan urutan komunikasi antara komponen-komponen sistem saat beroperasi. Proses ini memastikan bahwa setiap elemen dalam sistem saling berinteraksi dengan lancar dan sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Berikut ini adalah diagram interaksi yang menggambarkan tahapan-tahapan dalam proses utama sistem, yaitu deteksi wajah, yang mencakup berbagai langkah dan pertukaran pesan antar komponen untuk mencapai hasil yang diinginkan.

Proses deteksi wajah

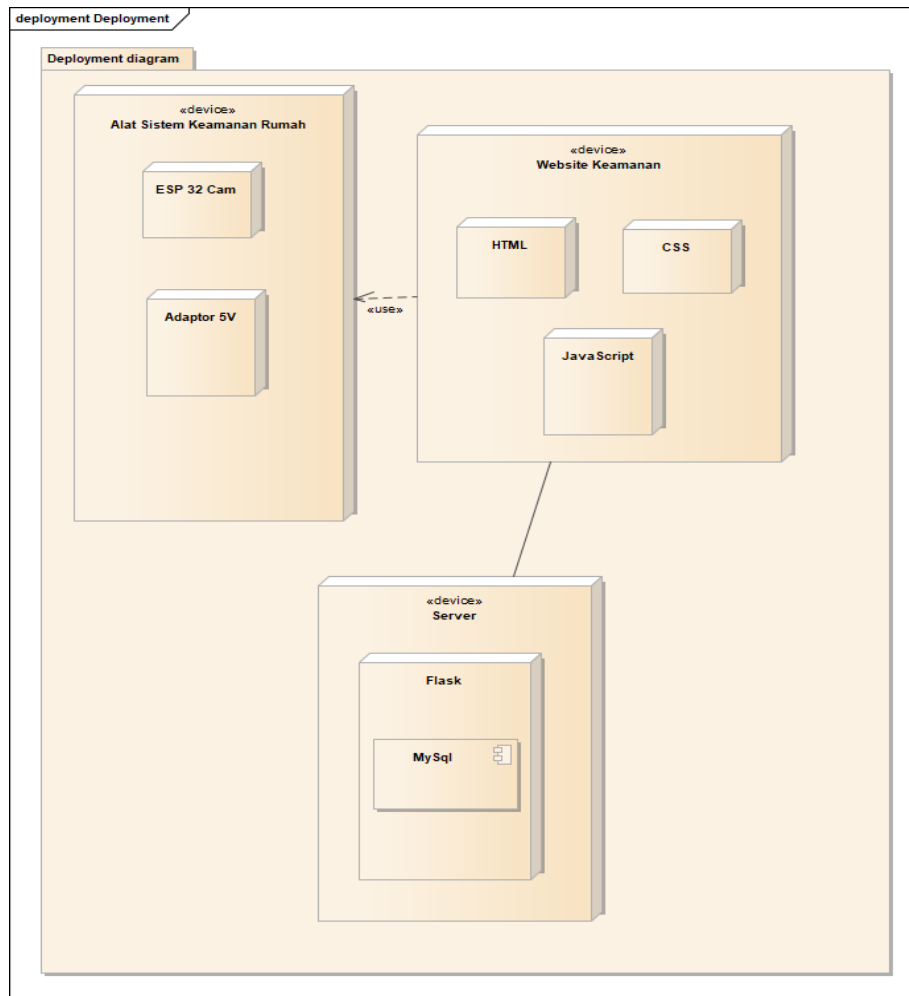


Gambar 7. Sequence Diagram Deteksi Wajah

Pada Gambar 7. ini menjelaskan alur interaksi antara Petugas, Halaman Dashboard, ESP32-Cam, dan Server dalam sistem keamanan rumah berbasis IoT. Proses dimulai ketika Petugas mengakses halaman dashboard yang telah disediakan untuk memonitor situasi dan informasi yang terkait dengan deteksi wajah. Halaman dashboard kemudian mengirimkan permintaan untuk mendapatkan IP stream kamera yang akan digunakan untuk memantau deteksi wajah. ESP32-Cam kemudian memberikan alamat IP yang diperlukan dan menampilkan stream dari kamera secara langsung di halaman dashboard, memberikan petugas akses visual terhadap kondisi yang sedang dipantau.

Selanjutnya, halaman dashboard meminta data hasil deteksi wajah yang telah dilakukan oleh kamera. ESP32-Cam yang sudah menangkap gambar atau video wajah kemudian mengirimkan data tersebut ke Server untuk diproses lebih lanjut. Server menerima dan memproses data hasil deteksi wajah tersebut, kemudian menampilkan hasilnya di halaman dashboard. Petugas kemudian bisa memantau hasil deteksi wajah tersebut secara real-time, dan seluruh interaksi ini menunjukkan bagaimana sistem bekerja untuk mendeteksi dan menampilkan informasi yang relevan sebagai bagian dari sistem keamanan rumah berbasis IoT.

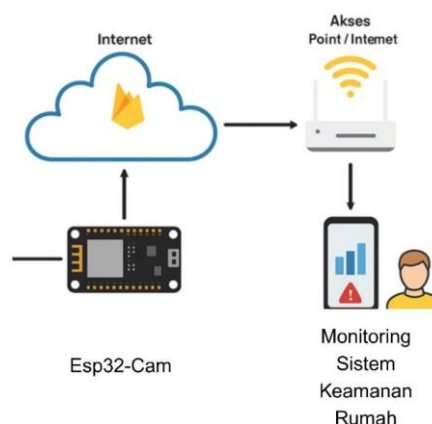
Deployment diagram menggambarkan tata letak sistem secara fisik dengan menampilkan komponen perangkat keras (hardware) beserta perangkat lunak (software) yang berjalan di dalamnya. Diagram ini digunakan untuk memperlihatkan bagaimana implementasi sistem dilakukan pada lingkungan nyata serta hubungan antar komponen perangkat keras yang terlibat. Pada penelitian ini, deployment diagram dari Sistem Keamanan Rumah Pintar Berbasis IoT dengan Pengenalan Wajah menggunakan ESP32-CAM dapat digambarkan pada Gambar 4.5.



Gambar 8. Deployment Diagram

Pembahasan

Implementasi Internet of Things



Gambar 9. Implementasi IoT

Pada Gambar 9. ditunjukkan model Internet of Things dari Sistem Keamanan Rumah Pintar Berbasis IoT dengan Pengenalan Wajah. Sistem diawali dengan ESP32-CAM yang berfungsi sebagai perangkat fisik (physical device) sekaligus pengendali (controller) untuk menangkap gambar wajah secara real-time. Kamera ini menjadi lapisan pertama yang bertugas mengumpulkan data berupa citra dari lingkungan rumah.

Lapisan berikutnya adalah konektivitas (connectivity). ESP32-CAM menggunakan modul Wi-Fi internal untuk terhubung ke jaringan internet melalui Access Point/Router. Koneksi ini memungkinkan data berupa gambar wajah dikirimkan secara langsung ke server aplikasi untuk diproses lebih lanjut.

Data yang diteruskan kemudian masuk ke lapisan server/cloud processing, yaitu server Flask yang berfungsi melakukan proses deteksi dan pengenalan wajah. Pada tahap ini, sistem menganalisis apakah wajah yang tertangkap kamera termasuk wajah yang dikenali atau tidak dikenal. Jika terdeteksi wajah asing, server secara otomatis mengirimkan notifikasi dalam bentuk gambar ke aplikasi Telegram pemilik rumah.

Selanjutnya, lapisan terakhir adalah user interface yang diakses oleh pemilik rumah melalui smartphone. Pada perangkat ini, pemilik rumah dapat memantau hasil deteksi wajah dan menerima notifikasi keamanan secara real-time. Desain Antarmuka Aplikasi

Desain antarmuka aplikasi merupakan proses merancang tampilan awal (mockup) dari sistem pemantauan keamanan rumah yang akan digunakan oleh pemilik. Desain ini bertujuan untuk memberikan gambaran visual mengenai bagaimana informasi dan notifikasi keamanan ditampilkan kepada pengguna. Berikut adalah desain antarmuka pada aplikasi pemantauan keamanan rumah berbasis IoT dengan pengenalan wajah:

- Live Frame Kamera:** Pada bagian atas halaman utama ditampilkan frame hasil tangkapan kamera ESP32-CAM secara real-time. Dengan fitur ini, pengguna dapat langsung memantau kondisi sekitar rumah melalui aplikasi.
- Notifikasi Keamanan:** Aplikasi menampilkan daftar notifikasi yang berisi informasi waktu dan foto hasil deteksi wajah. Jika sistem mendeteksi wajah asing, notifikasi akan ditandai dengan peringatan khusus dan disertai gambar wajah yang dikirim melalui Telegram.
- Riwayat Deteksi:** Halaman ini menampilkan log aktivitas berupa daftar wajah yang berhasil dideteksi, baik wajah yang dikenal maupun tidak dikenal, lengkap dengan waktu deteksi dan status pengenalannya.
- Kontrol Sistem:** Pengguna dapat mengakses menu untuk melakukan pengaturan tambahan, seperti menambahkan dataset wajah baru, menghapus data lama, atau mengubah konfigurasi Telegram Bot.

Dengan desain ini, pemilik rumah dapat memantau kondisi keamanan secara real-time, melihat langsung hasil tangkapan kamera, serta mendapatkan notifikasi instan ketika terdeteksi adanya potensi ancaman keamanan. Antarmuka dibuat sederhana, jelas, dan informatif agar mudah digunakan oleh pengguna sehari-hari.

Pengkodean Alat

Pengembangan alat IoT melibatkan proses pemrograman menggunakan Esp32-Cam, di mana kode sketsa ditulis dan diunggah ke board Esp32-Cam. Dalam proses ini, konsep Internet of Things diimplementasikan untuk menciptakan perangkat yang dapat terhubung dan berkomunikasi sesuai dengan kebutuhan pengguna dan tujuan penelitian. Berikut merupakan source code dari sistem keamanan rumah pintar berbasis IoT dengan pengenalan wajah yang dikembangkan:

```
#include "esp_camera.h" #include <WiFi.h>
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER #include "camera_pins.h"
```

```
config.fb_count = 1;
if(config.pixel_format == PIXFORMAT_JPEG){ if(psramFound()){
config.jpeg_quality = 10;
config.fb_count = 2;
config.grab_mode = CAMERA_GRAB_LATEST;
} else {
config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA; config.fb_location = CAMERA_FB_IN_DRAM;
}
} else {
config.frame_size = FRAMESIZE_240X240; #if CONFIG_IDF_TARGET_ESP32S3
config.fb_count = 2; #endif
}
#ifdef CAMERA_MODEL_ESP_EYE pinMode(13, INPUT_PULLUP); pinMode(14, INPUT_PULLUP);
#endif
esp_err_t err = esp_camera_init(&config); if (err != ESP_OK) {
Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x", err); return;
}
sensor_t *s = esp_camera_sensor_get(); if (s->id.PID
== OV3660_PID) {
s->set_vflip(s, 1);
s->set_brightness(s, 1);
s->set_saturation(s, -2);
}

if(config.pixel_format == PIXFORMAT_JPEG){ s-
>set_framesize(s, FRAMESIZE_QVGA);
```

```
const char* ssid = "Poco";
const char* password = "87878787";
void startCameraServer(); void setupLedFlash(int pin);
void setup() { Serial.begin(115200); Serial.setDebugOutput(true); Serial.println();
camera_config_t config; config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0; config.ledc_timer =
LEDC_TIMER_0; config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM; config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM; config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM; config.pin_d4 =
Y6_GPIO_NUM; config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM; config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM; config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM; config.pin_pclk =
PCLK_GPIO_NUM; config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM; config.pin_href =
HREF_GPIO_NUM; config.pin_sccb_sda = SIOD_GPIO_NUM; config.pin_sccb_scl =
SIOC_GPIO_NUM; config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM; config.pin_reset =
RESET_GPIO_NUM; config.xclk_freq_hz = 20000000; config.frame_size =
FRAMESIZE_UXGA; config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;
config.grab_mode = CAMERA_GRAB_WHEN_EMPTY;
config.fb_location = CAMERA_FB_IN_PSRAM;
config.jpeg_quality = 12;
```

Pengkodean Aplikasi

Pengkodean adalah proses membuat aplikasi berbasis web yang digunakan untuk menampilkan hasil deteksi wajah dari kamera ESP32-CAM, melakukan proses enroll wajah baru, serta memberikan kontrol tambahan bagi pengguna. Website ini berfungsi sebagai antarmuka monitoring, sehingga pemilik rumah dapat memantau live stream kamera, menerima hasil deteksi wajah secara real-time, serta mengelola dataset wajah yang disimpan pada server. Proses ini merupakan bagian dari implementasi Internet of Things yang memungkinkan pengguna memantau dan mengendalikan sistem keamanan rumah dari jarak jauh melalui jaringan internet.

Skrip untuk menampilkan live frame kamera

Kode berikut digunakan untuk menampilkan hasil streaming kamera ESP32-CAM secara langsung di halaman web. Pengguna dapat melihat kondisi rumah secara real-time melalui web server Flask.

```
<section class="card">
<h2>Live Camera</h2>
<div class="cam-wrap">

<div class="overlay-bar">
<div class="pill">Realtime Detection</div>
<div class="pill" id="ipInfo">Server Proxy: /video</div>
</div>
</div>
</section>
```

Skrip untuk melakukan enroll wajah

Kode ini digunakan untuk mendaftarkan wajah baru ke dalam database. Pengguna memasukkan nama, lalu mengambil snapshot dari live frame untuk dijadikan data latih.

```
<section class="card panel">
```

```
<h2>Enroll Wajah</h2>
<div>
<label for="name">Nama</label>
<div class="input">
<input id="name" placeholder="Contoh: rizki" autocomplete="off" />
</div>
<div class="hint">
Tips: lakukan 5–10 kali enroll untuk orang yang sama agar akurasi lebih stabil.
</div>
</div>
<div class="row-actions">
<button class="btn primary" id="enrollBtnB">Enroll dari Live Frame</button>
<button class="btn ghost" id="clearName">Kosongkan</button>
</div>
</section>
```

Skrip untuk deteksi wajah

Kode ini digunakan untuk deteksi wajah pada saat live frame kamera dimulai dan di proses untuk pencocokan dengan wajah yang ada di database.

```
def mjpeg_generator(): global latest_frame
```

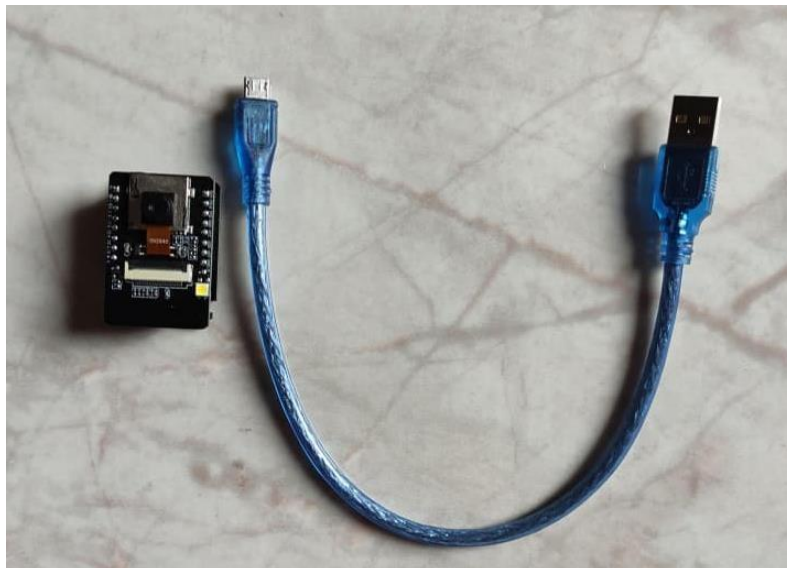
```
while True:
frame = get_frame() if frame is None:
time.sleep(0.2); continue
latest_frame = frame.copy()
draw = frame.copy()
gray = cv2.cvtColor(draw, cv2.COLOR_BGR2GRAY) faces = detect_faces(gray)
unk_crop = None
for (x, y, w, h) in faces: roi = gray[y:y+h, x:x+w]
# --- embedding (bisa None kalau blur/gelap) ---emb =
face_embed(roi)
if emb is None: unknown = True
```

```
label = "Unknown" else:
name, dist = match(emb)
unknown = (name is None) or is_unknown(dist)
label = f"Unknown ({dist:.2f})" if unknown else f"{name} ({dist:.2f})"
color = (0, 0, 255) if unknown else (0, 255, 0) if unknown:
x0 = max(0, x-10); y0 = max(0, y-10)
unk_crop = draw[y0:y+h+10, x0:x+w+10].copy()
cv2.rectangle(draw, (x, y), (x+w, y+h), color, 2) cv2.putText(draw, label, (x, y-7),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.6, color, 2)
if unk_crop is not None: threading.Thread(
target=send_telegram_photo, args=(unk_crop, "Wajah tidak dikenal"), daemon=True
```

```
).start()
ret, jpeg = cv2.imencode('.jpg', draw) if not ret:
continue
yield (b'--frame\r\nContent-Type: image/jpeg\r\n\r\n' + jpeg.tobytes() + b'\r\n')
```

Prototype Alat

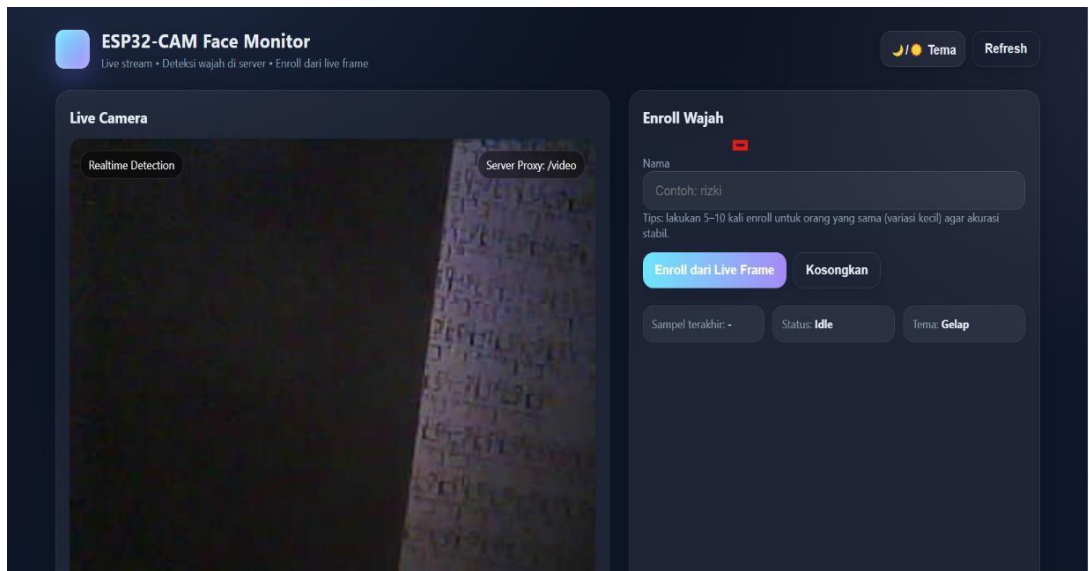
Tahap selanjutnya dari data yang sudah terpenuhi adalah pembuatan Prototype alat berikut adalah Prototype alat dari sistem keamanan rumah, seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 10. Prototype Alat

Prototype Aplikasi

Tahap terakhir setelah perancangan alat yang dibutuhkan sudah terpenuhi maka selanjutnya adalah tahapan membangun prototipe aplikasi. Berikut tampilan prototipe aplikasi dari sistem keamanan rumah, seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 11. Tampilan Halaman Utama

Pada gambar 11. menampilkan tampilan halaman utama yang dapat diakses oleh pemilik rumah. Pada halaman utama terdapat beberapa komponen, yaitu: Live stream kamera, deteksi wajah, dan menambahkan wajah.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, implementasi, dan pengujian sistem keamanan rumah pintar menggunakan ESP32-CAM berbasis Internet of Things (IoT) dengan integrasi Flask Server, face detection, face recognition, dan notifikasi Telegram, diperoleh beberapa kesimpulan:

1. Sistem berhasil mengintegrasikan ESP32-CAM dengan Flask Server melalui protokol HTTP, sehingga perangkat dapat mengirimkan gambar secara real-time ke server untuk diproses.
2. Proses deteksi wajah (face detection) dan pengenalan wajah (face recognition) menggunakan library face recognition dan OpenCV dapat mendeteksi wajah yang dikenal maupun tidak dikenal dengan tingkat akurasi yang cukup baik.
3. Sistem mampu memberikan notifikasi otomatis melalui Telegram ketika terdeteksi wajah yang tidak dikenal, dengan menyertakan foto hasil tangkapan kamera, sehingga meningkatkan keamanan dan kecepatan informasi kepada pengguna.
4. Fitur web UI yang dibangun dengan HTML, CSS, dan JavaScript telah berfungsi dengan baik untuk menampilkan live frame kamera, melakukan proses enroll wajah baru.
5. Berdasarkan hasil pengujian, sistem berjalan dengan stabil, mampu mendeteksi wajah dan memberikan notifikasi dengan waktu respon relatif cepat (< 5 detik). Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki efektivitas yang baik dalam mendukung keamanan rumah berbasis IoT.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan rumah pintar berbasis ESP32-CAM dan IoT yang dapat memberikan solusi pemantauan, deteksi, dan peringatan otomatis secara real-time.

E. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aji Pangestu, G., & Yusuf Asyhari, M. (2024). *Sistem Keamanan Rumah Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Notifikasi Bot Telegram untuk Pendeteksian Gerak*. 4(1).
- [2] Caniago, D. P., Andaria, A. C., Simatupang, F., Mursalim, M., Iskandar, R., Sulthony, M. R., Nurjannah, D. R., Karyanik, K., Palandi, J. F., & Maemunah, S. (2024). *Internet of Things (IoT): Inovasi, Implementasi, dan Masa Depan*. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah. <https://books.google.co.id/books?id=10YIEQAAQBAJ>
- [3] de Melo, P. H. A. D., Miani, R. S., & Rosa, P. F. (2022). FamilyGuard: A Security Architecture for Anomaly Detection in Home Networks. *Sensors*, 22(8). <https://doi.org/10.3390/s22082895>
- [4] Demita, S. P., Yendri, D., Suwandi, R., & Adab, P. (n.d.). *Sistem Keamanan Helm dan Berkendara Roda Dua Berbasis Mikrokontroler*. Penerbit Adab. <https://books.google.co.id/books?id=D4DaEAAAQBAJ>
- [5] Dr. Muhammad Ramdhan, S. P. M. M. (2021). *Metode Penelitian*. Cipta Media Nusantara. https://books.google.co.id/books?id=Ntw_EAAAQBAJ
- [6] Harani, N. H., & Hasanah, M. (n.d.). *Deteksi Objek dan Pengenalan Karakter Plat Nomor Kendaraan*

Indonesia Berbasis Python. Kreatif. <https://books.google.co.id/books?id=saD6DwAAQBAJ>

- [7] Hariyono, H., Candra, I. A., Mauliansyah, F., Wahyudin, Y., Rizal, M., Efitra, E., Agusdi, Y., & Sari, I. K. (2024). *Transformasi Digital : Teori dan Implementasi pada Era Revolusi Industri 4.0 Menuju Era Society 5.0*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia. <https://books.google.co.id/books?id=3aQbEQAAQBAJ>
- [8] Ihsanul Firza. (2023). *Pengembangan Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Sensor. Gerak dan Sensor Magnet Dengan ESP32-Cam Berbasis Telegram SKRIPSI* Diajukan oleh.
- [9] Ir. Aan Darmawan Hangkawidjaja, M. T. D. Y. A. P. S. T. M. T. I. J. J. J. M. T. (2021). *PERANCANGAN DAN REALISASI DETEKTOR RETAK PERMUKAAN DINDING BANGUNAN*. Penerbit YLGI. <https://books.google.co.id/books?id=QFJHEAAQBAJ>
- [10] Khan, S., Jiangbin, Z., Ullah, F., Pervez Akhter, M., Khan, S., Awwad, F. A., & Ismail, E. A. A. (2024). Hybrid computing framework security in dynamic ofloading for IoT-enabled smart home system. *PeerJ Computer Science*, 10, e2211. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2211>
- [11] Kharisma, L. P. I., Kelvin, K., Sudiro, S. A., Suprianto, G., Judijanto, L., Lutfi, M., Laksono, R. D., Safitri, A., Gaspersz, V., & Pracasitaram, I. G. M. S. B. (2024). *Internet of Things*:
- [12] *Pengenalan dan Penerapan Teknologi IoT*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia. <https://books.google.co.id/books?id=sGEOEQAAQBAJ>
- [13] Litualy, J. W., Priana, S. E., Ghozali, Z., Handayani, M. A., Siregar, F. Y., Prawiro, R., Usman, F., Sumual, L. P., Puspasari, M., & Liputo, B. (2024). *Pengantar Technopreneurship: Inovasi dan Digitalisasi Bisnis*. CV. Gita Lentera.
- [14] <https://books.google.co.id/books?id=XKg4EQAAQBAJ>
- [15] Muhamad Malik Mutoffar, S. T. M. M., Endang Retnoningsih, S. K. M. K., Dr. Ir. Yudi
- [16] Limbar Yasik, M. S., Eliza, S. T., & Dwi Shinta Dharmopadhi, S. K. (2025). *Decoding Intelligence Algoritma Machine Learning dalam Aksi dan Bisnis*. PT KIMHSAFI ALUNG CIPTA. <https://books.google.co.id/books?id=c6xZEQAAQBAJ>
- [17] Pardosi, V., Wijaya, T. K., Hasibuan, F., Alagusri, M., Irsyam, M., Nurlaila, Q., & Mayasari, N. (2024). *Model Optimalisasi Untuk Prototype Robot Tangki Iot Dalam Deteksi Gas dan Suhu*. TOHAR MEDIA. <https://books.google.co.id/books?id=RxwnEQAAQBAJ>
- [18] Rahmatunnisa, E. N., Fernanda, B. A., Maulana, Y., & Aripin, A. M. H. (2024).
- [19] Implementasi Sistem Keamanan Rumah Berbasis Pengenalan Wajah untuk
- [20] Peningkatan Keamanan Residensial. *Infotek: Jurnal Informatika Dan Teknologi*, 7(1), 205–215. <https://doi.org/10.29408/jit.v7i1.23868>
- [21] Ramadhani, A. (2021). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) 2021 Makassar*.
- [22] Rio Wahyudi, & Edidas. (2022). *PERANCANG DAN PEMBUATAN SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN ESP32-CAM*. 6, 1135–1141.
- [23] Sintia Ogi Nindiya Putri, Dini Fakta Sari, Edi Iskandar, & Indra Yatini Buryadi. (2022).
- [24] Sistem Keamanan Rumah Berbasis Iot Dengan Nodemcu Esp8266 Menggunakan Sensor Pir Sebagai Pendeteksi Gerakan. In *Bisnis dan Manajemen* (Vol. 20, Issue 2).
- [25] Sugiyono. (2020). *METODE PENELITIAN KUANTITATIF, KUALITATIF DAN R&D*.
- [26] Umer, M., Sadiq, S., Alhebshi, R. M., Sabir, M. F., Alsubai, S., Al Hejaili, A., Khayyat, M. M., Eshmawi, A. A., & Mohamed, A. (2023). IoT based smart home automation using blockchain and deep learning models. *PeerJ Computer Science*, 9.
- [27] <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1332>
- [28] Uppuluri, S., & Lakshmeeswari, G. (2023). Secure user authentication and key agreement scheme for IoT device access control based smart home communications. *Wireless Networks*, 29(3), 1333–1354. <https://doi.org/10.1007/s11276-022-03197-1>
- [29] Wibowo, H. S. (2021). *Panduan Literasi Internet untuk Mahasiswa*. Tiram Media. <https://books.google.co.id/books?id=uB0mEAAQBAJ>
- [30] Yuhefizard, S. K. (2013). *Database Management Menggunakan Microsoft Access 2003*. Elex Media Komputindo. <https://books.google.co.id/books?id=DWhbDwAAQBAJ>