

IMPLEMENTASI KEAMANAN RUMAH PINTAR BERBASIS IOT DENGAN ESP32 SENSOR GERAK KAMERA DAN NOTIFIKASI REAL-TIME MELALUI BLYNK & TELEGRAM

Yosua Miha^{1*}, Yohanes Suban Belutowe², Tri Ana Setyariny³

^{1,2,3}Teknik informatika Strata Satu, STIKOM Uyelindo Kupang

^{1*}suamiha9@gmail.com, ²yosube@gmail.com, ³setyarinianatri@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.46880/mtk.v12i2.6044>

ABSTRACT

This study addresses the slow response of conventional home security systems, which typically only record footage without providing immediate alerts during suspicious activity. The system utilizes ESP32 and ESP32-CAM microcontrollers as the core units, alongside a Passive Infrared (PIR) sensor, magnetic door sensor, MQ-2 smoke sensor, DHT22 temperature sensor, and vibration sensor for detection. The research methodology encompasses hardware design, software development using the Arduino IDE, integration with the Blynk and Telegram platforms, and functional testing of all system components. Implementation results confirm the successful construction of the system and the effective integration of all components. Testing demonstrated that the PIR sensor detects motion up to 5 meters away, triggering the ESP32-CAM to capture an image (with a 4 second delay) and send a notification containing the image to Telegram (with a delay of less than 1 second). The magnetic door sensor operates without delay when the door closes but exhibits a 1.5 second delay when the door opens, while notifications to Blynk are sent instantly. The MQ-2 sensor registers values below 200 in the absence of smoke and consistently exceeds 200 upon smoke detection, triggering a notification to Blynk. The DHT22 sensor does not send notifications at normal temperatures (28°C) but triggers an alert when the temperature exceeds 30°C. The vibration sensor sends notifications only when vibration is detected. All sensor data is processed by the ESP32 and transmitted to Blynk and Telegram via Wi-Fi. This research enhances security and environmental monitoring for weapon storage facilities, improving oversight through real-time integration with Blynk and Telegram.

Keywords: *Internet of Things, ESP32-CAM, Smart Home Security, Real-time Notification*

I. PENDAHULUAN

Rumah pintar merupakan sistem hunian modern yang dirancang untuk meningkatkan keamanan, kenyamanan, dan efisiensi energi melalui proses otomatisasi yang dapat dikendalikan pengguna. Sistem rumah pintar memungkinkan berbagai perangkat di dalam rumah saling terhubung dan dikendalikan secara terpusat sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan maupun pengendalian perangkat dari jarak jauh. Penerapan rumah pintar tidak hanya berfokus pada kenyamanan, tetapi juga pada aspek keamanan yang menjadi kebutuhan utama setiap pemilik hunian [1]. Konsep keamanan berbasis *Internet of Things* (IoT) tersebut tidak hanya dapat diterapkan pada rumah tinggal, tetapi juga pada fasilitas yang memiliki tingkat keamanan tinggi, seperti gudang penyimpanan senjata.

Sebagai salah satu fasilitas vital di lingkungan SPN Polda Nusa Tenggara Timur, gudang penyimpanan senjata digunakan untuk menyimpan berbagai perlengkapan persenjataan kepolisian seperti senjata api dan amunisi, yang merupakan aset negara dengan tingkat risiko tinggi apabila terjadi kehilangan, pencurian, penyalahgunaan, maupun kerusakan akibat kebakaran atau akses yang tidak sah. Oleh karena itu, gudang senjata memerlukan sistem pengamanan yang lebih ketat dibandingkan ruangan biasa agar keamanan aset negara tetap terjaga. Namun, sistem keamanan konvensional yang hanya mengandalkan kunci mekanis atau kamera *Closed-Circuit Television* (CCTV) masih memiliki keterbatasan karena hanya berfungsi merekam

kejadian tanpa mampu memberikan respons atau peringatan secara otomatis ketika terjadi aktivitas mencurigakan. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya sistem keamanan yang lebih cerdas, adaptif, dan mampu melakukan pemantauan secara *real-time*. Sebagian besar sistem keamanan berbasis *Internet of Things* (IoT) masih berfokus pada satu jenis ancaman, seperti pendeteksian gerakan menggunakan sensor *Passive Infrared* (PIR) yang diintegrasikan dengan ESP32-CAM untuk mengirimkan notifikasi melalui Telegram[2][3]. Penelitian lainnya lebih menitikberatkan pada sistem keamanan pintu menggunakan sensor *magnetic door*, RFID, sedangkan pemantauan kondisi lingkungan seperti asap, suhu, dan getaran belum menjadi perhatian utama. Selain itu, sebagian besar penelitian belum mengintegrasikan berbagai sensor keamanan ke dalam satu sistem monitoring yang mampu mendeteksi ancaman fisik maupun kondisi lingkungan secara bersamaan dengan dukungan notifikasi *real-time* melalui dua platform yang berbeda. Keterbatasan tersebut menyebabkan sistem keamanan yang dikembangkan belum mampu memberikan perlindungan secara menyeluruh terhadap berbagai potensi ancaman yang dapat terjadi pada ruangan dengan tingkat keamanan tinggi seperti gudang penyimpanan senjata.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan sistem keamanan berbasis IoT menggunakan ESP32-CAM yang dipadukan dengan sensor *Passive Infrared* (PIR), sensor *magnetic door*,

sensor asap (MQ-2), sensor suhu (DHT22), dan sensor getaran untuk diterapkan pada gudang penyimpanan senjata di SPN Polda Nusa Tenggara Timur yang dimana pada penelitian sebelumnya belum ada integrasi sensor untuk keamanan (ESP-32 Cam, Sensor PIR dan Sensor Magnetic Door) dan sensor untuk pemantauan keadaan ruangan (Sensor MQ-2, Sensor SW-420 dan Sensor DHT22). Integrasi sensor tersebut mampu mendeteksi pergerakan manusia, pembukaan pintu yang tidak sah, keberadaan asap, perubahan suhu, serta upaya perusakan secara cepat dan akurat. Seluruh informasi hasil deteksi kemudian dikirimkan secara *real-time* melalui aplikasi Blynk dan Telegram sehingga dapat mendukung proses pemantauan serta meningkatkan keamanan aset negara yang tersimpan di gudang senjata.

II. KAJIAN TERKAIT

Keamanan Rumah Pintar

Keamanan rumah merupakan aspek krusial yang terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi. Sistem keamanan rumah pintar dirancang untuk memberikan informasi yang tepat, akses yang mudah, dan tidak mengganggu aktivitas normal penghuni ketika terjadi upaya pencurian [4]. Dalam konsep keamanan modern, sistem ini seringkali mengintegrasikan sensor gerak dan kamera untuk memantau kondisi lingkungan secara *real-time*. Penerapan teknologi pada sistem keamanan bertujuan untuk mengatasi keterbatasan kunci konvensional yang dirasa belum cukup aman.

Selain itu, sistem keamanan cerdas memungkinkan pemantauan jarak jauh, di mana pemilik rumah dapat menerima notifikasi langsung apabila terdeteksi aktivitas mencurigakan, seperti pergerakan orang asing [5]. Penggunaan teknologi biometrik dan sensor dalam sistem keamanan rumah juga meningkat signifikan untuk memastikan otentikasi dan proteksi yang lebih baik.

Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang pembuatan sistem keamanan yang dapat mendokumentasikan aktivitas dalam ruangan rumah tinggal dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32[12]. Sistem yang mereka bangun dilengkapi dengan sensor *Pasif Infra Red* (PIR) yang berfungsi mendeteksi keberadaan orang dan secara otomatis mengaktifkan alarm serta kamera untuk pengambilan gambar.

Data hasil pengambilan gambar kemudian dikirimkan ke web server, dan sistem mengirimkan notifikasi ke pemilik rumah melalui *smartphone* android. Keunggulan utama dari penelitian ini adalah data yang tersimpan di web server dapat diunduh dan dicetak dalam format PDF sebagai data monitoring ataupun laporan pelaporan kejadian. Menurut Aji Pangestu dan Yusuf Asyhari mengembangkan sistem keamanan rumah berbasis ESP32-Cam dan Telegram untuk pendeteksian gerak. Sistem ini dirancang menggunakan sensor *Pasif Infra Red* (PIR) untuk mendeteksi gerakan dan ESP32-Cam untuk mengambil gambar, yang kemudian dikirimkan langsung ke aplikasi Telegram. Salah satu kelebihan alat yang dirancang dalam penelitian ini adalah tidak membutuhkan penyimpanan internal yang kompleks

karena memanfaatkan Bot Telegram sebagai media penyimpanan dan notifikasi [9].

Pengembangan lebih lanjut mengenai integrasi Telegram dilakukan oleh Susatyo et al., (2025). Penelitian ini merancang prototipe deteksi intrusi *real-time* yang menggabungkan sensor *Pasif Infra Red* (PIR) dengan ESP32-CAM. Keunggulan sistem ini terletak pada kecepatan responsnya, di mana rata-rata waktu tunda pengiriman notifikasi visual dan teks ke pengguna berada di bawah 5 detik dengan tingkat akurasi deteksi gerakan mencapai 93%. Hal ini menunjukkan efektivitas Telegram sebagai media peringatan dini yang andal [13]. Fakhruddin et al., (2024) memfokuskan penelitian mereka pada keamanan akses pintu menggunakan autentikasi ganda. Mereka merancang sistem yang menggabungkan ESP32-CAM, sensor *Radio Frequency Identification* (RFID), dan *keypad*. *Solenoid doorlock* hanya akan terbuka jika kartu *Radio Frequency Identification* (RFID) atau PIN yang dimasukkan valid, sementara kamera ESP32-CAM berfungsi memantau area pintu secara *visual* yang dapat diakses langsung melalui aplikasi Blynk [14].

Internet of Things

Kemunculan internet telah mengubah cara dunia beroperasi dengan kecepatan perkembangan teknologi yang semakin pesat, membawa kita memasuki era baru global yaitu era *Internet of Things* (IoT). Penerapan *Internet of Things* (IoT) pada *smart home* merupakan realisasi konkret dalam implementasi *Internet of Things* (IoT) saat ini yang memberikan banyak kemudahan dan kenyamanan yang didapat dalam memfungsikan kecanggihan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada hunian. *Smart home system* merupakan suatu sistem di mana penghuninya dapat mengatur dan mengontrol perangkat-perangkat yang ada di rumah dari jarak jauh yang dapat diintegrasikan melalui perangkat yang terkoneksi dengan *Internet of Things* (IoT), seperti *smartphone* atau gadget. Teknologi yang paling penting dalam sistem *Smart Home* adalah jaringan internet itu sendiri, yang memungkinkan pertukaran informasi *real-time* dari dan ke bangunan serta pengguna dengan menghubungkan dan mengoordinasikan semua perangkat teknologi yang terpasang dalam sistem. Pada prinsipnya, penerapan *Internet of Things* (IoT) pada *smart home* bertujuan memberikan segala kemudahan dan kenyamanan terhadap penggunaannya serta menjamin kehidupan sehari-hari yang aman[6].

ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang sangat populer dalam pengembangan sistem IoT karena harganya yang ekonomis dan fitur yang lengkap. ESP32 dirancang dengan dukungan Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi [7]. Dalam sistem kontrol dan monitoring, ESP32 bertindak sebagai pengendali utama yang memproses informasi dari sensor dan mengirimkan perintah ke perangkat lain yang terhubung dalam sistem Josua, (2024). Varian ESP32-CAM secara khusus memiliki modul kamera berukuran kecil yang kompetitif dan dapat beroperasi secara independen, sehingga dapat digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi *Internet of Things* (IoT) seperti kamera pengintai atau deteksi wajah. Selain itu, ESP32 juga berperan penting dalam

menghubungkan *input* dan *output* pada alat keamanan, seperti menghubungkan sensor gerak dengan aktuator atau notifikasi [4].

Sensor Gerak

Sensor gerak adalah perangkat elektronik yang memiliki fungsi utama untuk mendeteksi keberadaan atau pergerakan suatu objek dalam area jangkauan tertentu. Secara umum, sensor gerak dibagi menjadi dua kategori yaitu aktif (memancarkan energi) dan pasif (mendeteksi energi dari lingkungan). Dalam konteks sistem keamanan rumah, sensor gerak berperan sebagai pemicu otomatis, di mana deteksi adanya pergerakan yang tidak sah akan segera mengirimkan sinyal kepada mikrokontroler. Sinyal pemicu ini yang kemudian digunakan untuk mengaktifkan fungsi kamera dan memulai proses notifikasi *real-time* kepada pemilik rumah [8].

Sensor Passive Infrared (PIR)

Jenis sensor gerak yang paling sesuai dan umum diimplementasikan dalam sistem keamanan rumah pintar berbasis IoT yang memerlukan deteksi pergerakan manusia adalah Passive Infrared Receiver (PIR) Sensor. Sensor ini bekerja dengan mendeteksi perubahan energi panas atau radiasi inframerah yang dipancarkan oleh objek bergerak, seperti tubuh manusia. Dalam implementasi proyek ini, sensor Passive Infrared Receiver (PIR) berfungsi sebagai pemicu utama intrusi, ketika mendeteksi adanya pergerakan, PIR akan langsung mengirimkan sinyal ke mikrokontroler ESP32 untuk mengaktifkan kamera (ESP32-CAM) dan memulai proses pengiriman notifikasi *real-time* melalui platform Blynk dan Telegram [9]. Pemilihan sensor Passive Infrared Receiver (PIR) didasarkan pada efektivitasnya dalam mendeteksi pergerakan manusia, harganya yang terjangkau, serta kemampuannya untuk berintegrasi dan merespons secara cepat, yang merupakan aspek krusial dalam sistem keamanan *real-time* [8].

Sensor Magnetic Door (Sensor Pintu)

Sensor magnetic door berfungsi untuk mendeteksi kondisi buka dan tutup pintu menggunakan prinsip medan magnet. Sensor ini banyak digunakan pada sistem keamanan rumah karena mampu memberikan notifikasi ketika terjadi pembukaan pintu tanpa izin. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Syahri dan Basri, sensor magnetic terbukti efektif dalam mendeteksi akses tidak sah serta mampu mengirimkan peringatan secara *real-time* melalui aplikasi berbasis IoT sehingga meningkatkan tingkat keamanan ruangan [10].

Sensor Suhu

Sensor suhu digunakan untuk memantau perubahan temperatur ruangan yang dapat menjadi indikator awal gangguan lingkungan seperti panas berlebih maupun potensi kebakaran. Penelitian mengenai monitoring suhu berbasis mikrokontroler menunjukkan bahwa sensor suhu seperti DHT22 dan DS18B20 memiliki tingkat akurasi tinggi dalam pengukuran temperatur serta mampu mengirim data secara *real-time* melalui sistem IoT [11].

Sensor Getaran

Sensor getaran berfungsi untuk mendeteksi adanya guncangan, benturan, atau upaya kerusakan fisik pada

pintu maupun dinding ruangan. Dalam sistem keamanan berbasis mikrokontroler, sensor getaran digunakan sebagai deteksi dini terhadap aktivitas mencurigakan yang bersifat mekanik. Penggunaan sensor ini terbukti mampu meningkatkan respons sistem keamanan karena dapat mendeteksi perubahan fisik secara cepat dan langsung memicu alarm atau notifikasi.

Sensor Asap

Sensor asap digunakan untuk mendeteksi keberadaan asap atau gas berbahaya di dalam ruangan sebagai indikasi kebakaran maupun polusi udara. Penelitian oleh Rombang dan tim menunjukkan bahwa sensor seri MQ seperti MQ-2 dan MQ-135 mampu mendeteksi asap rokok dan gas polutan secara efektif serta dapat diintegrasikan dengan buzzer dan sistem notifikasi otomatis [15].

Kamera

Kamera merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk menangkap dan merekam informasi visual dari lingkungan sekitarnya, baik dalam bentuk gambar diam (foto) maupun gambar bergerak (video). Dalam sistem keamanan rumah pintar, kamera berperan sebagai alat pemantauan utama yang memungkinkan pengguna untuk melakukan verifikasi visual secara langsung terhadap kondisi rumah atau area yang diawasi. Secara fungsional, kamera dalam konteks sistem keamanan ini bertindak sebagai mata yang mengirimkan sinyal video digital ke layar monitor atau langsung ke aplikasi pada *smartphone* pengguna melalui koneksi internet. Keunggulan utama dari kamera yang terintegrasi *Internet of Things* (IoT), seperti ESP32-CAM dengan chip OV2640, adalah kemampuannya untuk mengambil gambar atau video dan mengirimkannya secara otomatis saat mendeteksi adanya pergerakan [5].

Blynk

Blynk adalah platform *cloud Internet of Things* (IoT) yang digunakan sebagai antarmuka pengguna (dashboard) untuk kontrol dan visualisasi status sistem keamanan. Blynk menyediakan layanan Notifikasi secara *real-time* langsung ke aplikasi *smartphone* pengguna, berfungsi sebagai salah satu saluran notifikasi utama dan memungkinkan interaksi kontrol dengan perangkat [16].

Telegram

Telegram dimanfaatkan sebagai saluran notifikasi ganda melalui implementasi Bot API. Telegram dipilih karena kemampuannya mengirimkan pesan teks dan data foto/gambar secara cepat, memberikan bukti visual atas intrusi secara instan kepada pemilik rumah [9]. Penggunaan Telegram bersama Blynk bertujuan untuk meningkatkan redundansi dan menjamin kecepatan penyampaian informasi, sebuah aspek kritis dalam sistem keamanan *real-time*.

III. METODE

Perancangan sistem dilakukan melalui tahapan perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang saling terintegrasi untuk membangun sistem *Internet of Things* (IoT) monitoring sistem keamanan rumah pintar berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32 dan

ESP32-CAM yang terintegrasi dengan sensor PIR, magnetic door, MQ-2, DHT22, dan sensor getaran. Sistem dirancang untuk mendeteksi berbagai potensi ancaman serta mengirimkan notifikasi secara real-time melalui aplikasi Blynk dan Telegram. Implementasi dan pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemantauan keamanan ruangan secara efektif dan memberikan peringatan kepada pengguna ketika terdeteksi kondisi yang berpotensi mengganggu keamanan. Adapun perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut perangkat keras terdiri dari ESP32 DevKit V1, Esp32-Cam, Sensor PIR, Sensor Asap, Sensor Suhu, Sensor Getaran, Sensor Pintu, Kabel Jumper, Breadboard dan perangkat lunak yang digunakan adalah Arduino IDE, Blynk dan Telegram Bot

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, diawali dengan tahap mulai sebagai penanda dimulainya seluruh rangkaian kegiatan penelitian. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data melalui studi literatur, observasi, dan identifikasi kebutuhan sistem pada lokasi penelitian, yaitu gudang senjata SPN POLDA NTT. Data yang dikumpulkan meliputi kondisi ruangan, tingkat keamanan yang diterapkan, serta parameter yang diperlukan dalam perancangan sistem keamanan berbasis Internet of Things (IoT).

Setelah kebutuhan sistem diperoleh, dilakukan pengumpulan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Perangkat yang dipersiapkan meliputi mikrokontroler ESP32 dan ESP32-CAM, sensor PIR, sensor magnetic door, sensor MQ-2 sebagai pendeteksi asap, sensor DHT22 sebagai pendeteksi suhu, sensor getaran, kamera OV2640, kabel jumper, power supply, serta perangkat pendukung lainnya.

Tahap berikutnya adalah perancangan alat, yang meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada tahap ini dibuat skema rangkaian sistem, konfigurasi mikrokontroler ESP32, integrasi aplikasi Blynk dan Telegram sebagai media monitoring dan notifikasi, serta penentuan posisi pemasangan sensor dan kamera agar mampu memantau kondisi ruangan secara optimal.

Rancangan yang telah dibuat kemudian direalisasikan pada tahap implementasi. Kegiatan pada tahap ini mencakup perakitan seluruh komponen, pemrograman mikrokontroler ESP32, pemasangan perangkat pada lokasi penelitian, serta penghubungan sistem dengan jaringan Wi-Fi agar dapat berkomunikasi dengan platform Blynk dan Telegram.

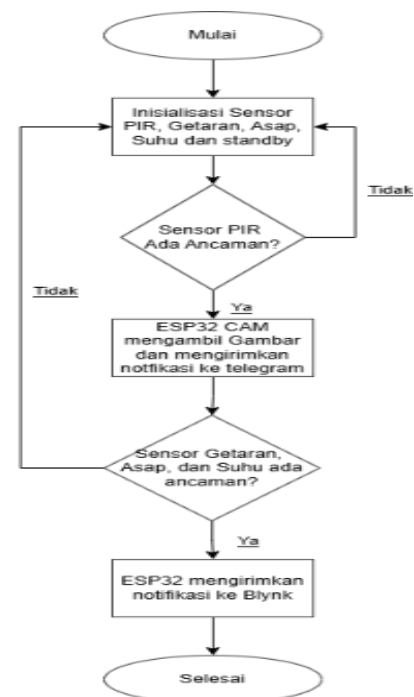
Selanjutnya dilakukan pengujian kinerja alat untuk memastikan seluruh komponen bekerja sesuai dengan fungsinya. Pengujian meliputi kemampuan sensor PIR dalam mendeteksi gerakan, sensor magnetic door dalam mendeteksi kondisi pintu, sensor MQ-2 dalam mendeteksi asap atau gas, sensor DHT22 dalam memantau suhu ruangan, sensor getaran dalam mendeteksi benturan, kemampuan ESP32-CAM dalam mengambil gambar, pengiriman notifikasi secara real-time ke aplikasi Blynk dan Telegram, serta pengujian stabilitas koneksi jaringan. Apabila hasil pengujian

belum memenuhi kriteria yang diharapkan, dilakukan perbaikan pada sistem dan pengujian diulang hingga diperoleh hasil yang optimal.

Setelah seluruh pengujian berhasil dilalui, sistem dinyatakan selesai dibangun dan berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Alat telah mampu menjalankan fungsi monitoring dan keamanan ruangan secara optimal sehingga siap digunakan pada gudang senjata SPN POLDA NTT. Dengan demikian, seluruh tahapan penelitian dinyatakan selesai setelah proses implementasi dan pengujian sistem dilakukan secara menyeluruh.

Perancangan Sistem

Sistem keamanan dimulai dengan mengaktifkan ESP32 untuk melakukan pemantauan secara terus-menerus terhadap kondisi ruangan menggunakan sensor PIR, magnetic door, sensor asap, sensor suhu, dan sensor getaran. Apabila tidak terdeteksi kondisi mencurigakan, sistem tetap berada pada mode monitoring. Namun, jika salah satu sensor mendeteksi ancaman, ESP32-CAM akan secara otomatis mengambil gambar, kemudian mengirimkan informasi deteksi ke dashboard Blynk serta mengirimkan notifikasi beserta gambar hasil tangkapan kamera melalui Telegram. Setelah proses pengiriman notifikasi selesai, sistem kembali ke mode pemantauan dan mengulangi proses tersebut secara berkelanjutan.



Gambar 1. Flowchart Cara Kerja Sistem

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan setelah tahap perancangan perangkat keras dan perangkat lunak selesai dilaksanakan. Sistem keamanan rumah pintar berbasis Internet of Things (IoT) ini dibangun menggunakan ESP32 dan ESP32-CAM sebagai pusat pengendali

utama yang bertugas memproses data dari seluruh sensor serta menghubungkan sistem dengan jaringan internet. Implementasi dilakukan di gudang penyimpanan senjata SPN POLDA NTT sebagai lokasi pengujian sistem keamanan.

Pada tahap implementasi perangkat keras, seluruh komponen dipasang sesuai dengan rancangan sistem yang telah dibuat pada bab sebelumnya. ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler utama untuk menerima dan memproses data dari berbagai sensor keamanan, sedangkan ESP32-CAM digunakan sebagai modul kamera untuk mengambil gambar ketika terjadi aktivitas mencurigakan di dalam ruangan. Sensor Passive Infrared (PIR) dipasang pada area masuk ruangan untuk mendeteksi pergerakan manusia. Sensor magnetic door dipasang pada pintu utama gudang untuk mendeteksi kondisi pintu terbuka atau tertutup. Sensor asap MQ-2 ditempatkan di area tengah ruangan untuk mendeteksi keberadaan asap atau gas berbahaya sebagai indikasi potensi kebakaran. Sensor suhu dipasang pada bagian tengah ruangan untuk memantau perubahan temperatur secara real-time, sedangkan sensor getaran dipasang pada pintu atau area penyimpanan untuk mendeteksi benturan maupun upaya perusakan fisik.

Seluruh sensor dihubungkan ke ESP32 menggunakan kabel jumper dan breadboard sebagai media penghubung rangkaian. Sistem memperoleh sumber daya dari adaptor 5V dan menggunakan jaringan Wi-Fi SPN POLDA NTT untuk menghubungkan perangkat ke internet sehingga proses monitoring dan pengiriman notifikasi dapat dilakukan secara real-time. Pada tahap ini dilakukan juga pengujian koneksi antar komponen untuk memastikan seluruh perangkat dapat bekerja dengan baik dan stabil. Implementasi perangkat keras didukung dengan dokumentasi berupa foto rangkaian alat, foto pemasangan sensor, foto ESP32-CAM, serta tampilan keseluruhan sistem keamanan yang telah dipasang di lokasi penelitian.

Implementasi perangkat lunak dilakukan menggunakan Arduino IDE sebagai media pemrograman ESP32 dan ESP32-CAM. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C++ dengan library pendukung untuk sensor, kamera, koneksi Wi-Fi, Blynk, dan Telegram Bot. Program dirancang agar ESP32 dapat membaca data sensor secara terus-menerus dan melakukan proses pengiriman notifikasi ketika terdeteksi kondisi mencurigakan. Sistem akan memproses data dari sensor PIR, sensor magnetic door, sensor asap, sensor suhu, dan sensor getaran untuk menentukan status keamanan ruangan. Platform Blynk digunakan sebagai dashboard monitoring sistem keamanan yang dapat diakses melalui smartphone. Dashboard Blynk menampilkan informasi kondisi sensor secara real-time seperti status sensor PIR, kondisi pintu, nilai suhu ruangan, status deteksi asap, dan status sensor getaran. Selain itu, Blynk juga digunakan untuk memberikan notifikasi peringatan kepada pengguna ketika sistem mendeteksi adanya ancaman di dalam ruangan.

Telegram Bot diimplementasikan sebagai media notifikasi real-time yang berfungsi mengirimkan pesan

peringatan secara otomatis kepada pengguna. Ketika sensor mendeteksi gerakan atau kondisi mencurigakan lainnya, ESP32-CAM akan mengambil gambar dan mengirimkannya ke aplikasi Telegram disertai informasi waktu deteksi ancaman. Implementasi antarmuka Telegram bertujuan agar pengguna dapat memperoleh bukti visual secara langsung terhadap kondisi ruangan yang dipantau. Pada tahap implementasi ini juga dilakukan dokumentasi berupa screenshot dashboard Blynk, tampilan notifikasi Telegram, serta hasil tangkapan gambar dari kamera ESP32-CAM sebagai bukti bahwa sistem telah berjalan sesuai rancangan.

Pengujian Sistem

Pengujian alat sistem dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem keamanan rumah pintar berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dirancang. Pengujian dilakukan terhadap seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak untuk memastikan sistem dapat bekerja sesuai fungsi yang diharapkan. Proses pengujian meliputi sensor PIR, sensor magnetic door, sensor asap, sensor suhu, sensor getaran, ESP32, kamera ESP32-CAM, serta pengiriman notifikasi melalui aplikasi Blynk dan Telegram.

Pengujian dilakukan dengan memberikan kondisi atau simulasi tertentu pada setiap sensor untuk mengetahui respons sistem terhadap ancaman yang terdeteksi. Selain itu, dilakukan juga pengujian koneksi jaringan internet untuk memastikan proses monitoring dan pengiriman notifikasi dapat berjalan secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem mampu bekerja dengan baik, mulai dari proses pendeteksian, pengolahan data, hingga pengiriman informasi kepada pengguna melalui smartphone.

Pengujian Mikrokontroler Esp32

Pengujian microcontroller ESP32 dilakukan untuk memastikan pusat pemroses data utama ini berfungsi normal sebelum diintegrasikan dengan seluruh sensor. Pengujian difokuskan pada sistem pencatutan daya, pengunggahan program via Arduino IDE, dan konektivitas nirkabel.

Sistem diuji dengan memberikan catu daya 5V melalui kabel USB. Parameter keberhasilan daya ditandai oleh menyala dua lampu LED merah pada papan ESP32 secara konstan, yang menunjukkan arus listrik mengalir dengan stabil. Selanjutnya, proses pengunggahan kode program inisialisasi berhasil dilakukan tanpa error, ditandai dengan status Done Uploading pada Arduino IDE.

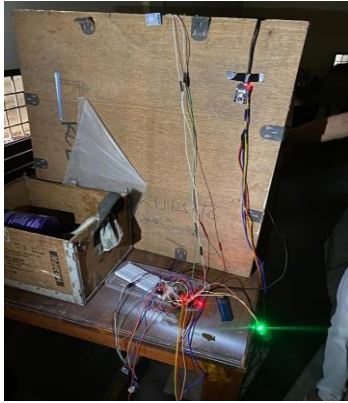
Setelah program tertanam, modul Wi-Fi on-board pada ESP32 diuji konektivitasnya. Berdasarkan pantauan Serial Monitor, ESP32 secara responsif berhasil terhubung ke jaringan internet lokal dalam waktu kurang dari 5 detik setelah booting. Terhubungnya Wi-Fi ini otomatis menyinkronkan token otentikasi perangkat hingga status pada dashboard Blynk berubah menjadi online.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa modul ESP32 bekerja 100% secara optimal. Seluruh jalur pin GPIO dan interkoneksi pada breadboard telah siap digunakan untuk memproses data dari sensor getaran, sensor pintu (magnetic door), sensor

asap MQ-2, sensor suhu DHT22, serta sistem sensor PIR dan kamera ESP32-CAM.

Pengujian Ep32-Cam+Sensor PIR

Pengujian integrasi antara sensor Passive Infrared (PIR) dan modul kamera ESP32-CAM dilakukan untuk menguji keandalan sistem dalam mendeteksi pergerakan manusia (intruder) sekaligus mengambil dokumentasi visual secara otomatis sebagai subsistem keamanan berlapis. Pada implementasinya, rangkaian instrumen pemroses, sensor PIR, dan ESP32-CAM diposisikan secara terpusat pada satu titik strategis di dalam ruang penyimpanan.



Gambar 2. Gambar Penempatan Sensor Esp32-Cam+Pir

Mekanisme kerja pengujian ini dirancang secara berurutan (sequential). Sesaat setelah sensor PIR mendeteksi adanya pancaran energi inframerah dari pergerakan objek manusia yang masuk ke dalam ruangan, sensor akan mengirimkan sinyal pemicu (trigger) ke ESP32-CAM. Modul kamera kemudian secara instan mengambil cuplikan gambar (capture photo) dari area tersebut dan mengunggahnya langsung ke bot aplikasi Telegram pengguna melalui koneksi Wi-Fi. Pengujian performa ini dilakukan secara konsisten dari satu titik target pengkondisian dengan parameter jarak tetap sejauh 5 meter. Hasil pengujian fungsionalitas sensor PIR dan performa transmisi kamera ESP32-CAM dirangkum dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pengujian Jangkauan Deteksi Sensor PIR

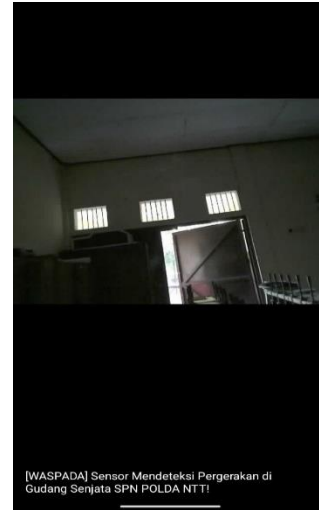
Titik Posisi Pengujian	Jarak sensor	Gerak Terdeteksi	Notifikasi
Pintu masuk	5 Meter	Ya	Berhasil

Tabel 2. Hasil Pengambilan dan Pengiriman Gambar ESP32-CAM

No	Parameter pengujian jarak 5 meter	Hasil pengujian	Waktu Delay	Keterangan
2	Pengambilan gambar	Berhasil	< 1 Detik	Gambar fokus
	Pengiriman gambar ke Telegram	Berhasil	3-5 Detik	Transmisi data lancar via Wi-Fi

Berdasarkan data hasil pengujian yang disajikan pada kedua tabel di atas serta bukti visual penangkapan sistem

dapat disimpulkan bahwa fungsi otomatisasi keamanan ini berjalan dengan tingkat keberhasilan 100% pada jarak objek 5 meter.



Gambar 3. Tampilan Notifikasi Telegram

Ketika seorang personel atau manusia bergerak memasuki cakupan area pada titik pantau berjarak 5 meter tersebut, sensor PIR langsung bekerja secara akurat dan memicu ESP32-CAM untuk menangkap citra visual kondisi ruangan. Gambar tersebut dikirimkan ke aplikasi Telegram dengan waktu tunda (delay) berkisar antara 3 hingga 5 detik yang disertai pesan peringatan dini berbunyi: "[WASPADA] Sensor Mendeteksi Pergerakan di Gudang Senjata SPN POLDA NTT!". Hasil pengujian ini membuktikan bahwa integrasi sensor PIR dan ESP32-CAM telah memenuhi kriteria kelayakan sebagai sistem pengawas keamanan perimeter dalam ruangan.

Pengujian Pintu

Pengujian sensor magnetic door (sensor magnet pintu) dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan sensor dalam mendeteksi perubahan kondisi fisik pintu, baik saat dalam posisi tertutup maupun terbuka. Pada implementasinya, sensor ini dipasang pada bagian celah pintu utama ruang penyimpanan (gudang) tempat penelitian.



Gambar 4. Gambar Penempatan Sensor Pintu

Hasil dari pembacaan data sensor ini kemudian dikirimkan secara real-time ke platform IoT Blynk untuk memberikan informasi keamanan kepada pengguna.

Tabel 3. Pengujian Sensor Pintu

No	Kondisi pintu	Status sistem	Waktu (Delay)	Notifikasi ke Blynk
1	Tertutup	Aman	Real-Time (Konstan)	Status pada aplikasi menampilkan "TERTUTUP"
2	Terbuka	Bahaya	2 Detik	Muncul <i>pop-up</i> notifikasi: "Pintu gudang terbuka!"

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 3 dan visualisasi antarmuka aplikasi pada Gambar 10 dapat disimpulkan bahwa sensor magnetic door mampu mendeteksi perubahan kondisi pintu dengan sangat baik.



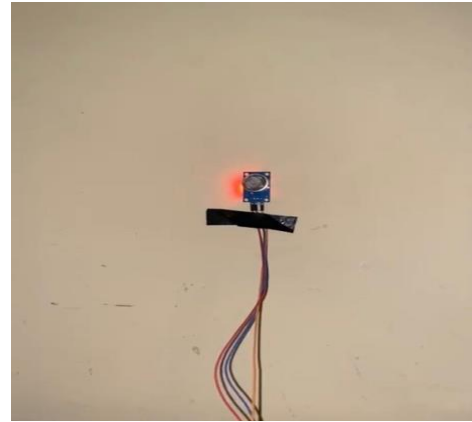
Gambar 5. Tampilan Notifikasi Blynk

Ketika pintu berada dalam posisi tertutup rapat, sistem berada dalam kondisi siaga (standby) di mana aplikasi Blynk secara konstan dan real-time menampilkan indikator status "TERTUTUP" dengan kondisi "AMAN". Pembaruan data ini dikirimkan secara berkala oleh ESP32 tanpa adanya jeda perubahan status yang signifikan. Sebaliknya, sesaat setelah pintu teridentifikasi terbuka (magnet saling menjauh), sensor akan mendeteksi perubahan logika secara instan. Kondisi bahaya ini memicu ESP32 untuk mengirimkan data ke cloud Blynk dengan waktu delay berkisar 2 detik, yang mana durasi tersebut bergantung pada siklus interval BlynkTimer yang sedang berjalan. Setelah data terkirim, aplikasi Blynk berhasil memunculkan pop-up notifikasi peringatan berbunyi "NOTIFIKASI KEAMANAN: Sensor pintu - Pintu gudang terbuka!". Berdasarkan hasil pengujian dengan fluktuasi delay yang sangat singkat tersebut, fungsi sistem monitoring keamanan pada pintu gudang ini telah berjalan responsif dan sesuai dengan rancangan yang diharapkan.

Pengujian Sensor Asap (MQ-2)

Pengujian sensor asap dilakukan untuk menguji sensitivitas dan kemampuan sensor MQ-2 dalam mendeteksi akumulasi partikel asap atau gas berbahaya di dalam ruangan tempat penelitian. Pada

pelaksanaannya, sensor MQ-2 ditempatkan pada dinding ruangan dengan ketinggian tertentu guna memaksimalkan penangkapan partikel udara. Sensor ini dihubungkan ke PIN analog/digital pada microcontroller ESP32 untuk memproses fluktuasi nilai kadar udara secara real-time.



Gambar 6. Gambar Penempatan Sensor Asap

Proses pengujian dilakukan dengan memberikan paparan asap (menggunakan asap rokok/korek api) secara langsung di dekat modul sensor. Perubahan nilai analog (PPM) yang ditangkap oleh sensor kemudian dikirim ke platform IoT Blynk untuk memicu sistem peringatan dini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Asap (MQ-2)

No	Kondisi Lingkungan	Hasil Deteksi Sensor	Nilai Indikator (Gauge)	Waktu tunda (Delay)
1	Tidak ada asap (Kondisi Normal)	Tidak Terdeteksi	Rendah (< 200)	Real-Time (Konstan)
2	Diberikan paparan asap	Terdeteksi	Meningkat (269)	2 Detik

Berdasarkan data pada Tabel 4 dan tampilan antarmuka pada Gambar 12, sistem pengaman menunjukkan performa respons yang sangat baik.



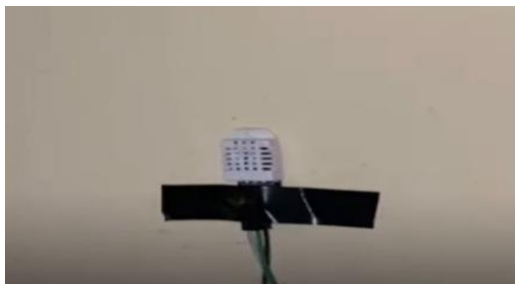
Gambar 7. Tampilan Notifikasi Blynk

Sesaat setelah kadar partikel asap meningkat melebihi ambang batas (threshold) yang ditentukan yang ditunjukkan oleh kenaikan nilai Gauge pada aplikasi

Blynk hingga mencapai angka 269 ESP32 secara instan mendeteksi kondisi bahaya tersebut dan mengeksekusi instruksi pengiriman sinyal darurat. Sinyal peringatan ini dikirimkan menuju cloud dengan waktu delay berkisar 2 detik, di mana kecepatan transmisi tersebut dipengaruhi oleh posisi siklus interval BlynkTimer yang berjalan secara periodik. Aplikasi Blynk kemudian berhasil merespons dengan memunculkan pop-up notification yang berbunyi "NOTIFIKASI KEAMANAN: SENSOR MQ-2 Asap/gas terdeteksi!". Melalui hasil pengujian dengan fluktuasi delay yang sangat singkat ini, dapat disimpulkan bahwa sensor asap MQ-2 dan sistem integrasi notifikasi berbasis IoT telah berfungsi secara responsif, optimal, dan siap digunakan untuk meminimalkan risiko kebakaran di dalam ruangan.

Pengujian Sensor Suhu (DHT22)

Pengujian sensor suhu dilakukan untuk mengetahui akurasi dan kemampuan sensor DHT22 dalam membaca dinamika perubahan temperatur di dalam ruangan tempat penelitian. Pada implementasinya, modul sensor DHT22 ini ditempatkan pada area dinding ruangan menggunakan perekat agar dapat menangkap suhu ambien sekitar dengan optimal. Sensor ini diintegrasikan ke PIN input microcontroller ESP32 untuk memproses data perubahan derajat suhu secara berkala.



Gambar 8. Penempatan Sensor Suhu

Data pembacaan temperatur dari sensor dikirimkan secara nirkabel oleh ESP32 menuju cloud platform IoT Blynk agar dapat dipantau oleh pengguna secara real-time. Pengujian dilakukan dalam dua skenario kondisi lingkungan, yaitu kondisi normal ruangan serta kondisi panas (diberikan paparan suhu buatan).

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor Suhu (DHT22)

No	Kondisi Ruang	Nilai Suhu	Waktu tunda (Delay)	Notifikasi Blynk
1	Normal	28°C	Real-Time (Konstan)	Sistem Normal
2	Panas	36°C	2 Detik	Berhasil mengirimkan pop-up peringatan

Berdasarkan hasil pemantauan pada Tabel 5 dan visualisasi antarmuka aplikasi Blynk pada Gambar 14 sensor DHT22 menunjukkan performa pembacaan nilai temperatur yang baik dan stabil.

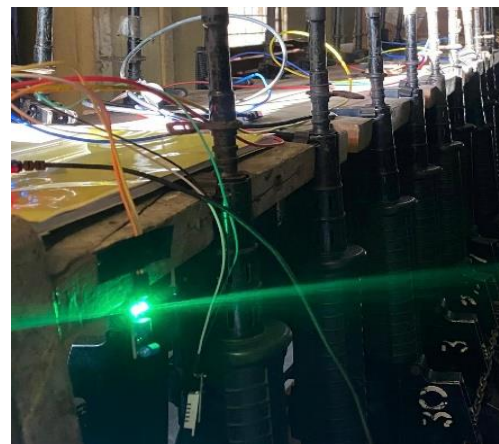


Gambar 9. Tampilan Notifikasi Blynk

Ketika ruangan berada pada kondisi normal, sensor mendeteksi suhu berada pada parameter aman sebesar 28°C, di mana data tersebut diperbarui secara berkala ke aplikasi Blynk. Namun, saat suhu ruangan mengalami lonjakan hingga mencapai nilai ambang batas bahaya di angka 36°C, sistem ESP32 secara otomatis mengeksekusi pengiriman sinyal darurat. Parameter kritis ini ditransmisikan ke cloud dengan waktu delay berkisar 2 detik, bergantung pada posisi siklus interval BlynkTimer yang berjalan secara periodik. Aplikasi Blynk kemudian merespons data tersebut dengan memunculkan pop-up notification pada ponsel pengguna yang berbunyi: "NOTIFIKASI KEAMANAN SENSOR SUHU DHT22 Suhu ruangan panas!". Melalui serangkaian pengujian dengan waktu respons yang sangat singkat ini, dapat disimpulkan bahwa subsistem monitoring suhu ruangan telah bekerja secara responsif sesuai rancangan dan siap digunakan sebagai instrumen pencegah risiko overheating atau kebakaran.

Pengujian Sensor Getaran

Pengujian sensor getaran dilakukan untuk menguji tingkat sensitivitas dan responsivitas modul sensor dalam mendeteksi adanya benturan mekanis, getaran fisik, atau upaya perusakan paksa pada area penyimpanan objek vital. Pada implementasinya, rangkaian sensor ini diintegrasikan secara langsung pada area rak penyimpanan fasilitas yang diamankan, Sensor ini dihubungkan dengan pin input digital/analog pada microcontroller ESP32 untuk memproses sinyal kejutan secara instan.



Gambar 10. Penempatan Sensor Getaran

Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor Getaran

No	Kondisi	Hasil Sensor	Indikator Blynk	Waktu Delay	Notifikasi Blynk
1	Tidak ada benturan	Tidak Terdeteksi	Aman	Real-Time	Tidak Terkirim
2	Diberikan benturan /getaran	Terdeteksi	Ada Getaran	2 Detik	Berhasil Terkirim (Pop-up)

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 6 serta dokumentasi antarmuka aplikasi Blynk pada Gambar 16, sistem keamanan menunjukkan performa waktu respons (*response time*) yang sangat cepat.



Gambar 11. Tampilan Notifikasi Blynk

Sesaat setelah struktur penyimpanan menerima impuls benturan, sensor getaran secara instan menangkap getaran tersebut melalui sistem pengunci (latch) pada looping program ESP32. Indikator status pada aplikasi Blynk kemudian berubah dari kondisi "AMAN" menjadi pesan peringatan berbunyi "ADA GETARAN!" dengan waktu delay pengiriman berkisar 2 detik. Fluktuasi jeda waktu ini ditentukan oleh posisi siklus interval BlynkTimer yang mengirimkan data secara periodik ke cloud. Secara bersamaan, aplikasi Blynk berhasil memproses parameter tersebut dan memunculkan pop-up notification pada ponsel pengguna dengan pesan tertulis: "NOTIFIKASI KEAMANAN: SENSOR GETARAN Getaran terdeteksi!". Melalui hasil pengujian dengan waktu respons yang singkat ini, dapat disimpulkan bahwa subsistem sensor getaran telah berfungsi secara responsif, optimal, dan andal dalam mendeteksi indikasi tindakan sabotase atau upaya pembongkaran paksa di dalam ruang penyimpanan.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Sensor PIR hanya diuji pada jarak maksimum 5 meter sehingga performanya pada jarak yang lebih jauh belum dievaluasi. Pengujian sensor MQ-2 menggunakan asap buatan berupa asap rokok sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi kebakaran sebenarnya. Seluruh pengujian dilakukan pada satu lokasi dengan kondisi jaringan Wi-Fi lokal sehingga waktu pengiriman notifikasi masih dipengaruhi oleh kualitas koneksi internet. Selain itu, sistem belum dilengkapi dengan fitur identifikasi objek atau wajah berbasis kecerdasan buatan

sehingga seluruh pergerakan yang terdeteksi masih diperlakukan sebagai potensi ancaman.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem keamanan rumah pintar berbasis Internet of Things (IoT) berhasil dibangun menggunakan ESP32, ESP32-CAM, sensor PIR, sensor magnetic door, sensor MQ-2, sensor DHT22, dan sensor getaran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor PIR mampu mendeteksi pergerakan manusia hingga jarak 5 meter, sensor magnetic door mampu mendeteksi pembukaan pintu dengan rata-rata waktu respons sekitar 2 detik, sensor MQ-2 mampu mendeteksi keberadaan asap pada nilai di atas 200, sensor DHT22 memberikan notifikasi ketika suhu melebihi 30°C, sedangkan sensor getaran mampu mendeteksi benturan pada rak penyimpanan dengan waktu respons sekitar 2 detik. ESP32-CAM berhasil mengambil gambar dan mengirimkannya ke Telegram dengan waktu pengiriman sekitar 3–5 detik, sementara aplikasi Blynk mampu menampilkan status sensor dan notifikasi secara real-time. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada jangkauan pengujian, ketergantungan terhadap jaringan Wi-Fi, dan belum adanya fitur identifikasi objek berbasis kecerdasan buatan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan mengembangkan sistem dengan dukungan komunikasi seluler, pengujian pada berbagai kondisi lingkungan, serta integrasi metode kecerdasan buatan untuk meningkatkan kemampuan deteksi dan identifikasi ancaman.

REFERENSI

- [1] H. Hamuda and A. Setiawan, "Integrasi Sistem Keamanan Rumah Pintar Berbasis ESP32-CAM dan Sensor PIR dengan Notifikasi Real-Time melalui WhatsApp Bot," *SKANIKA Sist. Komput. dan Tek. Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 204–218, 2025, doi: 10.36080/skanika.v8i2.3387.
- [2] H. A. Kusuma, S. B. Wijaya, and D. Nusyirwan, "SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS ESP32-CAM DAN TELEGRAM SEBAGAI NOTIFIKASI," *Infotronik J. Teknol. Inf. dan Elektro.*, vol. 8, no. 1, pp. 30–38, 2023, doi: 10.32897/infotronik.2023.8.1.2291.
- [3] S. Rumere and E. V. Manullang, "RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR PIR DAN ESP32-CAM," *J. Teknol. Inf.*, vol. 12, no. 1, pp. 9–15, 2024, doi: 10.58839/jti.v12i1.1359.
- [4] M. P. P. Pratama, Martias, and H. Adianto, "Alat Keamanan Menggunakan Sensor Gerak Dengan ESP32 Cam Berbasis IoT," *Insa. J. Inov. dan Sains Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 69–76, 2023, doi: 10.31294/insantek.v4i2.2117.
- [5] Ferella, S. Paembonan, and H. Abduh, "PROTOTYPE SISTEM KONTROL RUMAH PINTAR MENGGUNAKAN KAMERA BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 1, pp. 1637–1648, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.6025.
- [6] M. Rizal et al., *Konsep dan Implementasi Internet of Things*. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2023.
- [7] P. Rahayu, Sularno, and I. U. Sari, "Perancangan Sistem

- Smart Home Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dan Aplikasi Blynk untuk Otomatisasi Perangkat Rumah Tangga,” *JISKA J. Sist. Inf. dan Inform.*, vol. 3, no. 2, pp. 95–100, 2025, doi: 10.47233/jiska.v3i2.2137.
- [8] H. Syahputra, I. Zulfa, and I. Qusyairi, “ANALISIS KINERJA SISTEM KAMERA PEMANTAU MENGGUNAKAN SENSOR GERAK DAN BOT TELEGRAM BERBASIS IOT (INTERNET OF THING): Study Kasus : Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang,” *ELKOM J. Elektron. dan Komput.*, vol. 14, no. 1, pp. 152–161, 2021, doi: 10.51903/elkom.v14i1.509.
- [9] G. A. Pangestu, Juwari, and M. Y. Asyhari, “Sistem Keamanan Rumah Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Notifikasi Bot Telegram untuk Pendeteksian Gerak,” *J. Smart Syst.*, vol. 4, no. 1, pp. 30–39, 2024, doi: 10.36596/jss.v4i1.3913.
- [10] A. Syahri and M. Basri, “Perancangan Sistem Keamanan untuk Deteksi Pencurian Menggunakan Sensor Magnetic dan RFID Berbasis Internet of Things,” *Hello World J. Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 3, pp. 163–170, 2025, doi: 10.56211/helloworld.v4i3.1166.
- [11] A. Ardiyanto, Ariman, and E. Supriyadi, “Alat Pengukur Suhu Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Inframerah dan Alarm Pendeteksi Suhu Tubuh Diatas Normal,” *SINUSOIDA J. Penelit. dan Pengkaj. Elektro*, vol. 23, no. 1, pp. 11–21, 2021, doi: 10.37277/s.v23i1.1016.
- [12] A. Ramschie, J. Makal, R. Katuuk, and V. Ponggawa, “Pemanfaatan ESP32 Pada Sistem Keamanan Rumah Tinggal Berbasis IoT,” 2021, *Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Indonesia*.
- [13] J. D. Susatyo, F. Febryantahanuji, and A. A. Kuncoro, “Pengembangan Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT dengan Deteksi Intrusi Real-Time Menggunakan Sensor PIR dan Kamera, serta Notifikasi Otomatis melalui Aplikasi Mobile,” *J. Publ. Ilmu Komput. dan Multimed.*, vol. 4, no. 2, pp. 30–41, 2025, doi: 10.55606/jupikom.v4i2.3856.
- [14] A. Fakhruddin, D. Irawan, and S. Agustin, “RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN PINTU RUMAH BERBASIS INTERNET OF THINGS DENGAN ESP32 DAN APLIKASI BLYNK,” *E-Link J. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 19, no. 1, pp. 53–59, 2024, doi: 10.30587/e-link.v19i1.10770.
- [15] I. A. Rombang, L. B. Setyawan, and G. Dewantoro, “Perancangan Prototipe Alat Deteksi Asap Rokok dengan Sistem Purifier Menggunakan Sensor MQ-135 dan MQ-2,” *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 21, no. 1, pp. 131–144, 2022, doi: 10.31358/techné.v21i1.312.
- [16] A. Q. Burhan and S. Islami, “Implementation of the Internet of Things using Blynk Platform for Smart Home,” *J. Ind. Autom. Electr. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 62–68, 2024, doi: 10.24036/ss8m8r30.