

# Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT dengan Autentikasi RFID dan Notifikasi Citra ESP32-CAM

IoT-Based Home Security System with RFID Authentication and ESP32-CAM Image Notification

Rina Fian Agapa<sup>1</sup>, Theresia Wuri Oktaviani<sup>2\*</sup>, Herbert Innah<sup>3</sup>, Johanis Aryo Bay<sup>4</sup>, Rosalina Revassy<sup>5</sup>, Suparno<sup>6</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih, Jayapura, Papua, Indonesia 99351

## Riwayat Artikel

Submitted :06/05/2026  
Published :28/08/2026

\* Email Korespondensi:  
theresiawuri@ft.uncen.ac.id



**Abstrak:** Sistem keamanan rumah memerlukan tidak hanya kemampuan mendeteksi akses tidak sah, tetapi juga autentikasi pengguna, dokumentasi visual, dan penyampaian notifikasi jarak jauh. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan rumah berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mengintegrasikan sensor *Reed Switch*, autentikasi RFID, Arduino Uno, ESP32-CAM, penyimpanan MicroSD, dan notifikasi Telegram. Tiga sensor *Reed Switch* dipasang pada satu pintu dan dua jendela untuk mendeteksi perubahan kondisi fisik, sedangkan modul RFID MFRC522 digunakan untuk membedakan akses sah dan tidak sah. Ketika akses tidak sah terdeteksi, sistem mengaktifkan alarm lokal, melakukan akuisisi citra menggunakan ESP32-CAM, menyimpan citra pada MicroSD, dan mengirimkan notifikasi beserta citra kepada pengguna melalui Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor *Reed Switch* mampu mendeteksi pembukaan pintu dan jendela pada jarak pemicu 20–40 mm. Mekanisme autentikasi RFID memberikan periode akses aman selama 30 detik bagi kartu terdaftar. Pada kondisi Wi-Fi stabil, citra diterima melalui Telegram dalam waktu 3–6 detik, sedangkan pada kondisi kualitas jaringan menurun, waktu penerimaan meningkat menjadi 8–15 detik. Citra hasil akuisisi juga berhasil disimpan secara lokal pada MicroSD. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mengintegrasikan deteksi kondisi fisik, autentikasi akses, alarm lokal, dokumentasi visual, penyimpanan lokal, dan notifikasi jarak jauh dalam satu prototipe sistem keamanan rumah berbasis IoT.

**Kata kunci:** autentikasi RFID, ESP32-CAM, *Internet of Things*, keamanan rumah, Reed Switch

**Abstract:** Home security systems require not only intrusion detection but also user authentication, visual documentation, and remote notification capabilities. This study aims to design and implement an *Internet of Things* (IoT)-based home security system integrating Reed Switch sensors, RFID authentication, Arduino Uno, ESP32-CAM, MicroSD storage, and Telegram notifications. Three Reed Switch sensors were installed on one door and two windows to detect changes in their physical conditions, while the RFID MFRC522 module was used to distinguish authorized from unauthorized access. When unauthorized access was detected, the system activated a local alarm, captured an image using the ESP32-CAM, stored the image on a MicroSD card, and sent a notification containing the captured image to the user via Telegram. Experimental results showed that the Reed Switch sensors detected door and window opening at trigger distances ranging from 20 to 40 mm. The RFID authentication mechanism provided a 30-second authorized access period for registered cards. Under stable Wi-Fi conditions, images were received via Telegram within 3–6 seconds, whereas under degraded network conditions, the notification delay increased to 8–15 seconds. The captured images were also successfully stored locally on the MicroSD card. These results demonstrate that the proposed system successfully integrates physical intrusion detection, access authentication, local alarms, visual documentation, local storage, and remote notification into a single IoT-based home security prototype.

**Keywords:** RFID authentication, ESP32-CAM, *Internet of Things*, home security, Reed Switch

## 1. PENDAHULUAN

Keamanan rumah merupakan salah satu aspek penting dalam penerapan teknologi *smart home*, terutama dalam mendeteksi akses yang tidak sah pada pintu dan jendela. Sistem keamanan konvensional yang mengandalkan kunci mekanis atau alarm lokal memiliki keterbatasan karena informasi mengenai kondisi rumah umumnya hanya tersedia di lokasi kejadian. Perkembangan *Internet of Things* (IoT) memungkinkan sensor, mikrokontroler, perangkat komunikasi, dan aplikasi

pengguna diintegrasikan sehingga sistem keamanan tidak hanya melakukan deteksi secara lokal, tetapi juga memberikan informasi kejadian kepada pengguna melalui jaringan internet [1]. Perkembangan penelitian IoT juga menunjukkan pergeseran dari pemanfaatan sensor secara individual menuju integrasi sistem yang melibatkan berbagai perangkat dan teknologi komunikasi untuk mendukung pemantauan dan pengambilan keputusan berbasis data.

Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan sistem keamanan rumah berbasis IoT. Salah satu teknologi yang banyak digunakan adalah ESP32-CAM karena mengintegrasikan kemampuan pemrosesan, konektivitas Wi-Fi, dan kamera dalam perangkat yang relatif ringkas. Kurniawan dan Hariyanto mengembangkan sistem keamanan menggunakan ESP32-CAM dengan notifikasi alarm berbasis Telegram [2]. Kusuma dkk. mengintegrasikan ESP32-CAM dengan sensor PIR dan Telegram sehingga gerakan yang terdeteksi dapat memicu pengambilan gambar dan pengiriman notifikasi kepada pengguna [3].

Pengembangan selanjutnya menunjukkan kecenderungan menuju sistem keamanan dengan fungsi deteksi yang lebih terintegrasi. Beberapa penelitian memanfaatkan ESP32-CAM dengan pengenalan wajah dan Telegram [4], sedangkan penelitian lainnya mengintegrasikan sensor PIR dengan alarm dan notifikasi jarak jauh [5]. Kombinasi PIR, *Reed Switch*, ESP32, dan Telegram juga telah digunakan untuk mendeteksi kondisi keamanan dan menyampaikan informasi kepada pengguna [6]. Pendekatan lain menggunakan ESP32-CAM dengan sensor gerak untuk menghasilkan dokumentasi visual dan notifikasi melalui Telegram [7].

Selain deteksi gerakan, sensor magnetik *Reed Switch* merupakan alternatif sederhana untuk mengetahui perubahan kondisi fisik pintu atau jendela. Sopalatu dkk. mengembangkan sistem keamanan pintu menggunakan NodeMCU ESP8266, *Reed Switch*, *buzzer*, LED, dan Telegram [8]. Meskipun pendekatan tersebut efektif sebagai sistem peringatan dini, deteksi kondisi pintu saja belum memberikan mekanisme autentikasi untuk membedakan pembukaan oleh pengguna yang memiliki hak akses dan pembukaan tanpa otorisasi.

Penggunaan RFID juga telah diterapkan sebagai mekanisme autentikasi pada sistem kontrol akses berbasis IoT. Sistem berbasis RFID dan ESP32 dapat memanfaatkan UID kartu untuk membedakan pengguna yang memiliki hak akses dan pengguna yang tidak terdaftar [9]. Integrasi RFID dengan ESP32 dan Telegram juga telah dikembangkan untuk menggabungkan fungsi autentikasi akses dengan penyampaian informasi secara jarak jauh [10].

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, terdapat peluang pengembangan sistem yang mengintegrasikan deteksi kondisi fisik pintu dan jendela, autentikasi pengguna, alarm lokal, dokumentasi visual, penyimpanan lokal, dan notifikasi jarak jauh dalam satu arsitektur. Penelitian terdahulu umumnya menitikberatkan pada kombinasi ESP32-CAM dengan sensor gerak dan Telegram atau kombinasi *Reed Switch* dengan notifikasi Telegram. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem berlapis dengan *Reed*

*Switch* sebagai pendeteksi perubahan kondisi pintu dan jendela serta RFID sebagai mekanisme autentikasi sebelum suatu kejadian dikategorikan sebagai akses tidak sah. Ketika akses tidak sah terdeteksi, Arduino Uno mengaktifkan alarm lokal berupa *buzzer* dan LED serta memicu ESP32-CAM untuk melakukan akuisisi citra. Citra selanjutnya disimpan terlebih dahulu pada MicroSD sebagai cadangan lokal (*local backup*) sebelum dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi ke aplikasi Telegram. Arsitektur tersebut memungkinkan sistem memberikan informasi kondisi fisik, status autentikasi, peringatan lokal, dan bukti visual kejadian secara terintegrasi. Rancangan ini sesuai dengan sistem yang direalisasikan dalam penelitian, yaitu komunikasi SPI untuk RFID serta komunikasi serial antara Arduino Uno dan ESP32-CAM.

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi sistem keamanan rumah berbasis IoT yang mengintegrasikan sensor *Reed Switch*, RFID MFRC522, Arduino Uno, ESP32-CAM, MicroSD, dan Telegram. Evaluasi dilakukan terhadap kemampuan sensor dalam mendeteksi kondisi buka-tutup pintu dan jendela, kemampuan RFID membedakan akses sah dan tidak sah, fungsi akuisisi serta penyimpanan citra, dan kemampuan sistem mengirimkan notifikasi visual kepada pengguna. Selain keberhasilan fungsional, waktu pengiriman citra melalui jaringan Wi-Fi juga dievaluasi untuk mengetahui respons sistem dalam kondisi kualitas jaringan yang berbeda.

## 2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

### 2.1. Arsitektur Sistem

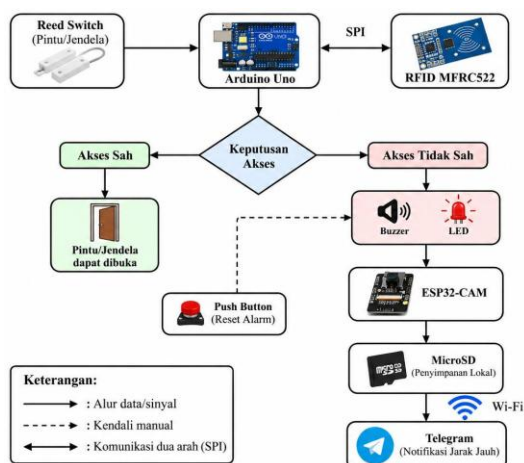
Sistem keamanan rumah yang dikembangkan menggunakan arsitektur terintegrasi yang terdiri atas lapisan deteksi, autentikasi, pemrosesan, peringatan lokal, akuisisi citra, penyimpanan, dan notifikasi jarak jauh. Sensor *Reed Switch* ditempatkan pada satu pintu dan dua jendela sebagai perangkat masukan untuk mendeteksi perubahan kondisi dari tertutup menjadi terbuka. Arduino Uno digunakan sebagai pengendali utama yang menerima status dari ketiga sensor tersebut dan menentukan kondisi keamanan berdasarkan hasil autentikasi pengguna.

Modul RFID MFRC522 digunakan sebagai mekanisme autentikasi dengan membaca *Unique Identifier* (UID) kartu melalui antarmuka *Serial Peripheral Interface* (SPI). UID yang terbaca dibandingkan dengan UID pengguna yang telah tersimpan pada program Arduino Uno. Apabila kartu terdaftar berhasil diverifikasi, sistem memberikan periode akses aman selama 30 detik sehingga pintu atau jendela dapat dibuka tanpa mengaktifkan alarm. Sebaliknya, pembukaan pintu atau jendela tanpa autentikasi RFID yang valid dikategorikan sebagai akses tidak sah dan

menyebabkan Arduino Uno mengaktifkan *buzzer* dan LED sebagai peringatan lokal.

Pada kondisi akses tidak sah, Arduino Uno juga mengirimkan sinyal pemicu kepada ESP32-CAM melalui komunikasi serial. ESP32-CAM kemudian melakukan akuisisi citra menggunakan kamera OV2640. Citra hasil tangkapan terlebih dahulu disimpan pada MicroSD menggunakan antarmuka SD-MMC sebelum ditransmisikan melalui jaringan Wi-Fi ke Telegram. Mekanisme penyimpanan lokal tersebut digunakan sebagai cadangan data apabila terjadi gangguan koneksi internet selama proses pengiriman notifikasi.

Dengan arsitektur tersebut, proses keamanan dilakukan secara berurutan mulai dari deteksi kondisi fisik → autentikasi pengguna → klasifikasi akses → aktivasi alarm → akuisisi citra → penyimpanan lokal → pengiriman notifikasi. Sistem juga dilengkapi tombol *push button* yang dapat digunakan untuk menghentikan *buzzer* dan LED secara manual. Secara keseluruhan, arsitektur dirancang agar sistem tidak hanya mendeteksi pembukaan pintu atau jendela, tetapi juga membedakan akses sah dan tidak sah serta menyediakan dokumentasi visual kejadian kepada pengguna.



**Gambar 1.** Arsitektur sistem keamanan rumah berbasis IoT

## 2.2 Perancangan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat keras dilakukan dengan mengintegrasikan Arduino Uno sebagai pengendali utama dengan tiga sensor *Reed Switch*, modul RFID MFRC522, *buzzer*, LED, *push button*, dan ESP32-CAM. Tiga sensor *Reed Switch* masing-masing ditempatkan pada satu pintu dan dua jendela untuk mendeteksi perubahan kondisi buka-tutup. Modul RFID MFRC522 berfungsi sebagai perangkat autentikasi pengguna, sedangkan *buzzer* dan LED digunakan sebagai indikator peringatan lokal. ESP32-CAM berfungsi sebagai perangkat akuisisi citra sekaligus antarmuka

komunikasi Wi-Fi untuk mengirimkan notifikasi visual kepada pengguna melalui Telegram.

Komunikasi antara Arduino Uno dan RFID MFRC522 menggunakan antarmuka *Serial Peripheral Interface* (SPI). Arduino Uno membaca UID kartu yang diterima dari RFID kemudian membandingkannya dengan UID yang telah didaftarkan dalam program. Sementara itu, komunikasi antara Arduino Uno dan ESP32-CAM dilakukan melalui komunikasi serial menggunakan *SoftwareSerial*. Sinyal keluaran Arduino Uno digunakan sebagai pemicu ESP32-CAM ketika sistem mendeteksi akses tidak sah. Karena Arduino Uno menggunakan level logika 5 V sedangkan masukan ESP32-CAM bekerja pada 3,3 V, rangkaian pembagi tegangan digunakan pada jalur komunikasi dari Arduino Uno menuju ESP32-CAM untuk menyesuaikan level tegangan dan melindungi perangkat.

ESP32-CAM dilengkapi kamera OV2640 dan MicroSD berkapasitas 4 GB dengan sistem berkas FAT32. MicroSD dikonfigurasi menggunakan antarmuka SD-MMC mode 1-bit dan digunakan untuk menyimpan citra sebelum dilakukan proses transmisi melalui jaringan Wi-Fi. Mekanisme ini menyediakan penyimpanan lokal sehingga citra kejadian tetap tersedia apabila proses pengiriman melalui internet mengalami gangguan.

**Tabel 1.** Perangkat utama sistem keamanan rumah

| Perangkat          | Jumlah | Fungsi                               |
|--------------------|--------|--------------------------------------|
| Arduino Uno        | 1      | Pengendali utama sistem              |
| <i>Reed Switch</i> | 3      | Mendeteksi kondisi pintu dan jendela |
| RFID MFRC522       | 1      | Autentikasi kartu pengguna           |
| ESP32-CAM          | 1      | Akuisisi citra dan komunikasi Wi-Fi  |
| MicroSD 4 GB       | 1      | Penyimpanan lokal citra              |
| <i>Buzzer</i>      | 1      | Peringatan suara                     |
| LED                | 1      | Indikator visual alarm               |
| <i>Push button</i> | 1      | Menghentikan alarm secara manual     |
| Adaptor 5 V/3 A    | 1      | Catu daya sistem                     |

Perancangan perangkat lunak dilakukan menggunakan Arduino IDE untuk memprogram Arduino Uno dan ESP32-CAM. Program pada Arduino Uno menjalankan pembacaan sensor *Reed Switch*, autentikasi UID RFID, penentuan status akses, pengendalian *buzzer* dan LED, serta pemberian sinyal pemicu kepada ESP32-CAM.

Program ESP32-CAM menangani inialisasi kamera dan MicroSD, koneksi Wi-Fi, akuisisi dan penyimpanan citra, serta komunikasi dengan Telegram Bot API. Setelah menerima sinyal pemicu dari Arduino Uno, ESP32-CAM mengambil citra menggunakan kamera OV2640, menyimpannya ke MicroSD, kemudian mengirimkan citra dan pesan notifikasi ke akun Telegram pengguna menggunakan *Bot Token* dan *Chat ID* yang telah dikonfigurasi.

### 2.3 Mekanisme Kerja Sistem

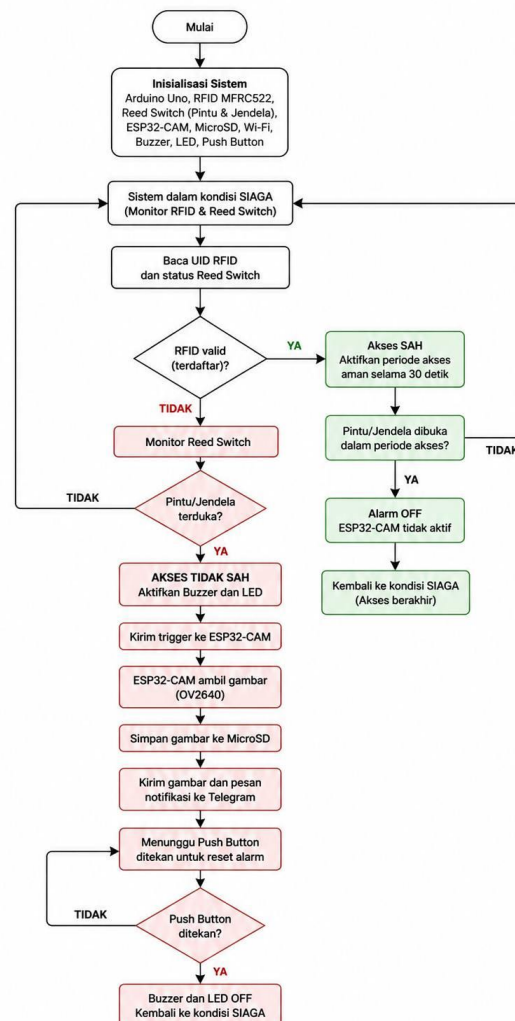
Sistem bekerja dalam mode siaga dengan memantau kondisi satu pintu dan dua jendela melalui sensor *Reed Switch*. Pada saat yang sama, Arduino Uno melakukan pembacaan modul RFID MFRC522 untuk menentukan status autentikasi pengguna. Selama seluruh pintu dan jendela berada dalam kondisi tertutup, *buzzer* dan LED tetap tidak aktif dan ESP32-CAM tidak melakukan akuisisi citra.

Ketika pengguna menempelkan kartu RFID, modul MFRC522 membaca UID kartu dan mengirimkannya ke Arduino Uno melalui komunikasi SPI. UID tersebut dibandingkan dengan UID yang telah terdaftar dalam program. Apabila UID valid, sistem memberikan periode akses aman selama 30 detik. Dalam periode tersebut, pengguna dapat membuka pintu atau jendela tanpa mengaktifkan *buzzer* dan LED serta tanpa memicu ESP32-CAM. Setelah periode akses berakhir, sistem secara otomatis kembali ke mode siaga dan autentikasi diperlukan kembali untuk akses berikutnya.

Apabila *Reed Switch* mendeteksi pembukaan pintu atau jendela tanpa autentikasi RFID yang valid, kondisi tersebut diklasifikasikan sebagai akses tidak sah. Arduino Uno kemudian mengaktifkan *buzzer* dan LED sebagai peringatan lokal serta mengirimkan sinyal pemicu kepada ESP32-CAM. Kamera OV2640 pada ESP32-CAM melakukan akuisisi citra kejadian, kemudian citra disimpan terlebih dahulu pada MicroSD. Setelah proses penyimpanan berhasil, ESP32-CAM menggunakan koneksi Wi-Fi untuk mengirimkan citra beserta pesan notifikasi kepada pengguna melalui Telegram. Mekanisme penyimpanan sebelum transmisi digunakan agar dokumentasi kejadian tetap tersedia secara lokal apabila terjadi gangguan jaringan.

Sistem juga menyediakan *push button* sebagai kendali manual untuk menghentikan *buzzer* dan LED ketika alarm telah aktif. Penggunaan tombol ini tidak mengubah mekanisme autentikasi RFID, tetapi berfungsi sebagai penghentian manual terhadap indikator peringatan lokal. Setelah kondisi sistem kembali normal, pemantauan *Reed Switch* dan autentikasi RFID dilanjutkan sehingga sistem kembali berada pada mode siaga. Mekanisme tersebut menghasilkan dua respons utama, yaitu akses sah tanpa alarm dan dokumentasi citra, serta

akses tidak sah yang menghasilkan alarm lokal, dokumentasi citra, penyimpanan lokal, dan notifikasi jarak jauh. Hal ini sesuai dengan hasil implementasi sistem secara keseluruhan.



Gambar 2. Diagram alir mekanisme kerja sistem

### 2.4 Skenario dan Parameter Pengujian

Pengujian dilakukan secara fungsional pada setiap subsistem dan dilanjutkan dengan pengujian sistem secara terintegrasi. Pengujian bertujuan mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendeteksi perubahan kondisi pintu dan jendela, melakukan autentikasi pengguna, memberikan peringatan lokal, melakukan akuisisi dan penyimpanan citra, serta mengirimkan notifikasi visual melalui jaringan Wi-Fi. Pengujian keseluruhan dilakukan menggunakan beberapa kondisi akses untuk memastikan bahwa respons sistem sesuai dengan logika yang telah dirancang.

Pengujian sensor *Reed Switch* dilakukan pada satu pintu dan dua jendela dengan mengubah posisi magnet terhadap sensor dari kondisi tertutup menjadi terbuka. Parameter yang diamati meliputi perubahan status sensor, jarak pemisahan magnet saat alarm mulai aktif, serta respons *buzzer* dan LED. Pengujian RFID dilakukan menggunakan kartu terdaftar dan tidak terdaftar untuk

mengevaluasi kemampuan sistem membedakan akses sah dan tidak sah. Pada kartu terdaftar, diamati pula fungsi periode akses aman selama 30 detik.

Pengujian ESP32-CAM dilakukan pada tiga kondisi, yaitu pembukaan pintu tanpa kartu RFID, pembukaan dengan kartu RFID terdaftar, dan pembukaan dengan kartu yang tidak terdaftar. Parameter keberhasilan ditentukan berdasarkan kesesuaian respons ESP32-CAM terhadap status akses, yaitu melakukan akuisisi citra pada akses tidak sah dan tidak melakukan akuisisi citra pada akses sah. Selanjutnya, fungsi MicroSD dievaluasi berdasarkan keberhasilan penyimpanan citra,

keterbacaan berkas pada perangkat lain, dan urutan penyimpanan citra sebelum proses transmisi.

Pengujian notifikasi Telegram dilakukan dengan mengukur waktu respons ujung-ke-ujung (*end-to-end notification delay*), yaitu selang waktu sejak kondisi akses tidak sah terdeteksi hingga citra diterima pada aplikasi Telegram. Pengujian diamati pada kondisi jaringan Wi-Fi stabil dan kondisi jaringan yang mengalami penurunan kualitas. Selain waktu pengiriman, keberhasilan penerimaan citra dan tersimpannya citra pada MicroSD juga digunakan sebagai indikator kinerja sistem.

**Tabel 2.** Parameter pengujian sistem

| Subsistem           | Skenario pengujian                       | Parameter yang diamati                             | Indikator keberhasilan                            |
|---------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Reed Switch         | Pintu/jendela dibuka dan ditutup         | Status sensor, jarak pemacu, <i>buzzer</i> dan LED | Perubahan kondisi terdeteksi sesuai keadaan fisik |
| RFID MFRC522        | Kartu terdaftar atau tidak terdaftar     | Status autentikasi dan respons alarm               | Sistem membedakan akses sah/tidak sah             |
| ESP32-CAM           | Akses sah dan tidak sah                  | Respons akuisisi citra                             | Citra hanya diambil pada akses tidak sah          |
| MicroSD 4 GB        | Penyimpanan citra hasil ESP32-CAM        | Keberhasilan penyimpanan dan keterbacaan berkas    | Citra tersimpan dan dapat diakses                 |
| Telegram            | Pengiriman citra melalui Wi-Fi           | Waktu penerimaan dan keberhasilan transmisi        | Citra diterima pada aplikasi pengguna             |
| Sistem terintegrasi | Berbagai kondisi pintu, jendela dan RFID | Kesesuaian respons seluruh sistem                  | Sistem bekerja sesuai logika akses                |

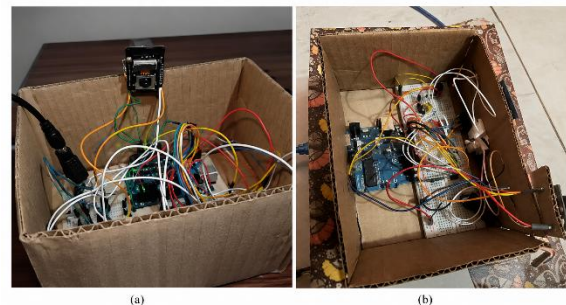
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Implementasi dan Pengujian Fungsional Sistem

Prototipe sistem keamanan rumah berhasil direalisasikan dengan mengintegrasikan sensor *Reed Switch*, RFID MFRC522, Arduino Uno, *buzzer*, LED, ESP32-CAM, dan MicroSD. Sensor *Reed Switch* dipasang pada satu pintu dan dua jendela, sedangkan RFID ditempatkan pada area akses untuk melakukan autentikasi pengguna. Arduino Uno memproses status sensor dan hasil autentikasi RFID, kemudian menentukan respons sistem berupa kondisi aman atau aktivasi alarm. Pada kondisi akses tidak sah, ESP32-CAM menerima sinyal pemacu dari Arduino Uno untuk mengambil citra, menyimpannya pada MicroSD, dan meneruskannya sebagai notifikasi melalui Telegram.

Pengujian *Reed Switch* menunjukkan bahwa ketiga sensor mampu mendeteksi perubahan kondisi pintu dan jendela. Alarm mulai aktif ketika jarak antara sensor dan magnet mencapai sekitar 40 mm pada Jendela 1, 20 mm pada pintu, dan 35

mm pada Jendela 2. Perbedaan jarak pemacu tersebut dapat dipengaruhi oleh posisi dan keselarasan pemasangan magnet terhadap sensor. Meskipun memiliki jarak pemacu yang berbeda, seluruh enam kondisi buka-tutup yang diuji menghasilkan respons sesuai kondisi fisik pintu dan jendela.



**Gambar 3.** Implementasi prototipe sistem keamanan rumah berbasis IoT (a) tampak depan modul ESP32-CAM dan rangkaian utama, (b) tampak atas rangkaian Arduino dan sensor *Reed Switch*

Pengujian autentikasi RFID menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan kartu terdaftar dan tidak terdaftar. Kartu terdaftar menyebabkan *buzzer* dan LED tetap tidak aktif serta memberikan periode akses aman selama 30 detik. Sebaliknya, kartu yang tidak terdaftar tidak memperoleh otorisasi sehingga sistem mempertahankan kondisi alarm ketika terdeteksi pembukaan. Mekanisme ini memungkinkan sistem membedakan pembukaan oleh pengguna yang memiliki hak akses dengan pembukaan tanpa otorisasi, sehingga alarm tidak hanya ditentukan berdasarkan perubahan kondisi *Reed Switch*.

**Tabel 3.** Ringkasan hasil pengujian fungsional sistem

| Pengujian          | Kondisi                     | Respons sistem                     | Hasil    |
|--------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------|
| <i>Reed Switch</i> | Pintu/jendela dibuka        | Alarm aktif pada jarak 20–40 detik | Sesuai   |
| <i>Reed Switch</i> | Pintu/jendela ditutup       | <i>Buzzer</i> dan LED tidak aktif  | Sesuai   |
| RFID               | Kartu terdaftar             | Alarm tidak aktif selama 30 detik  | Berhasil |
| RFID               | Kartu tidak terdaftar       | Akses ditolak dan alarm aktif      | Berhasil |
| ESP32-CAM          | Akses tidak sah             | Mengambil dan menyimpan citra      | Berhasil |
| ESP32-CAM          | Akses sah                   | Tidak mengambil citra              | Sesuai   |
| MicroSD            | Citra hasil deteksi intrusi | Citra tersimpan dan dapat diakses  | Berhasil |
| <i>Push button</i> | Alarm aktif                 | <i>Buzzer</i> dan LED berhenti     | Berhasil |

Pengujian sistem secara terintegrasi selanjutnya menunjukkan bahwa kombinasi deteksi, autentikasi, alarm, dan dokumentasi visual dapat bekerja mengikuti logika yang telah dirancang. *Push button* juga mampu menghentikan *buzzer* dan LED secara manual ketika alarm aktif. Sementara itu, MicroSD berhasil menyimpan citra sebelum proses pengiriman melalui jaringan, sehingga dokumentasi kejadian tersedia secara lokal dan tidak hanya bergantung pada keberhasilan transmisi ke Telegram.

### 3.2 Kinerja Notifikasi dan Respons Sistem

Pengujian kinerja notifikasi dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mengirimkan informasi visual kepada pengguna setelah terdeteksi akses tidak sah. Ketika Arduino

Integrasi ESP32-CAM juga memberikan respons sesuai dengan status autentikasi. Pada pembukaan tanpa kartu RFID dan pembukaan menggunakan kartu yang tidak terdaftar, alarm aktif dan ESP32-CAM berhasil mengambil citra serta menyimpannya pada MicroSD. Sebaliknya, ketika akses dilakukan menggunakan kartu terdaftar, alarm tidak aktif dan ESP32-CAM tidak melakukan pengambilan citra. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses dokumentasi visual dipicu secara selektif berdasarkan keputusan akses sistem, bukan pada setiap aktivitas pembukaan pintu atau jendela.

Uno mendeteksi kondisi tersebut, sinyal pemicu dikirimkan ke ESP32-CAM untuk melakukan akuisisi citra. Citra selanjutnya disimpan pada MicroSD dan dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi ke Telegram. Waktu respons diamati sejak kondisi akses tidak sah terdeteksi hingga citra diterima pada aplikasi Telegram sebagai *end-to-end notification delay*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kondisi jaringan Wi-Fi memengaruhi waktu penerimaan notifikasi. Pada kondisi jaringan stabil, citra diterima melalui Telegram dalam rentang 3–6 detik, sedangkan ketika kualitas jaringan menurun atau tidak stabil, waktu penerimaan meningkat menjadi sekitar 8–15 detik. Meskipun terjadi peningkatan waktu respons, citra pada skenario pengujian tetap berhasil diterima oleh pengguna.

**Tabel 4.** Kinerja pengiriman notifikasi berdasarkan kondisi jaringan

| Kondisi jaringan           | Waktu penerimaan citra | Keberhasilan penerimaan | Penyimpanan MicroSD |
|----------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|
| Wi-Fi stabil               | 3–6 detik              | Berhasil                | Berhasil            |
| Wi-Fi menurun/tidak stabil | 8–15 detik             | Berhasil                | Berhasil            |

Peningkatan waktu respons pada kondisi jaringan yang menurun menunjukkan bahwa proses notifikasi jarak jauh dipengaruhi oleh kualitas koneksi internet. Komponen komunikasi menjadi salah satu faktor yang menentukan kecepatan penyampaian informasi kepada pengguna, meskipun fungsi deteksi dan alarm lokal tetap dapat bekerja secara independen dari proses pengiriman notifikasi.

Penyimpanan citra pada MicroSD sebelum proses transmisi memberikan fungsi cadangan lokal ketika koneksi jaringan mengalami gangguan. Dengan mekanisme tersebut, citra kejadian tidak hanya bergantung pada keberhasilan komunikasi dengan Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa citra dapat disimpan dan dibaca kembali dari MicroSD. Namun, informasi waktu pada nama berkas belum merepresentasikan waktu kejadian sebenarnya karena ESP32-CAM belum dilengkapi sinkronisasi waktu menggunakan *Network Time Protocol* (NTP) atau *Real-Time Clock* (RTC). Kondisi tersebut tidak memengaruhi keberhasilan akuisisi dan penyimpanan citra, tetapi menjadi keterbatasan dalam pencatatan waktu kejadian secara akurat.

Secara keseluruhan, pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan notifikasi visual jarak jauh sekaligus mempertahankan dokumentasi lokal. Kombinasi kedua mekanisme tersebut memberikan redundansi sederhana: Telegram berfungsi sebagai media pemberitahuan kepada pengguna, sedangkan MicroSD mempertahankan bukti visual secara lokal apabila kualitas jaringan tidak mendukung pengiriman secara cepat.

### 3.3 Pembahasan dan Keterbatasan Sistem

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mengintegrasikan fungsi deteksi kondisi fisik, autentikasi pengguna, peringatan lokal, dokumentasi visual, penyimpanan lokal, dan notifikasi jarak jauh dalam satu mekanisme keamanan rumah berbasis IoT. Penggunaan *Reed Switch* memungkinkan perubahan kondisi pintu dan jendela dideteksi secara langsung, sedangkan RFID memberikan lapisan autentikasi sehingga pembukaan oleh pengguna yang terdaftar dapat dibedakan dari akses tanpa otorisasi. Pendekatan integrasi RFID dengan beberapa sensor keamanan juga telah dikembangkan pada sistem keamanan rumah berbasis IoT [11]. Namun, konfigurasi sistem dan mekanisme respons yang digunakan berbeda dengan penelitian ini, khususnya pada penggunaan autentikasi RFID sebagai dasar keputusan sebelum aktivasi alarm dan dokumentasi visual. Mekanisme ini berbeda dengan sistem yang menggunakan *Reed Switch* terutama sebagai pemicu perubahan status pintu dan notifikasi kepada pengguna [8].

Penggunaan Arduino Uno sebagai pengendali utama pada penelitian ini dipilih untuk memisahkan proses pembacaan sensor, autentikasi RFID, dan pengendalian alarm dari proses akuisisi citra serta komunikasi Wi-Fi yang ditangani oleh ESP32-CAM. Pembagian fungsi tersebut mempermudah proses integrasi perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, dan pengujian setiap subsistem secara bertahap selama pengembangan prototipe. Meskipun ESP32 secara teoritis memiliki kemampuan komputasi yang memadai untuk mengintegrasikan seluruh fungsi dalam satu mikrokontroler, arsitektur dua mikrokontroler pada penelitian ini dipilih untuk meningkatkan modularitas sistem dan mempermudah proses pengembangan. Pendekatan ini juga memungkinkan proses *debugging* dilakukan secara terpisah antara subsistem kendali dan subsistem akuisisi citra sehingga pengembangan purwarupa menjadi lebih fleksibel. Pada penelitian selanjutnya, arsitektur ini dapat disederhanakan menjadi sistem berbasis satu mikrokontroler ESP32 dengan optimalisasi pemanfaatan GPIO atau penggunaan ekspander I/O sesuai kebutuhan.

Pemanfaatan ESP32-CAM dan Telegram sebagai media dokumentasi serta notifikasi juga telah diterapkan pada beberapa penelitian sebelumnya [2], [3]. Pada penelitian ini, ESP32-CAM tidak diaktifkan berdasarkan deteksi gerakan saja, tetapi berdasarkan keputusan akses yang melibatkan kondisi *Reed Switch* dan hasil autentikasi RFID. Kamera melakukan akuisisi citra ketika pembukaan terdeteksi tanpa autentikasi yang valid, sedangkan akses oleh pengguna yang berhasil diautentikasi tidak memicu alarm maupun pengambilan citra. Mekanisme tersebut memungkinkan dokumentasi visual difokuskan pada kejadian yang dikategorikan sebagai akses tidak sah. Pemanfaatan RFID sebagai mekanisme kontrol akses juga menunjukkan kemampuan untuk memberikan akses berdasarkan identitas pengguna yang terdaftar [12].

Kinerja komunikasi menunjukkan bahwa citra diterima melalui Telegram dalam waktu 3–6 detik pada kondisi Wi-Fi stabil dan meningkat menjadi 8–15 detik ketika kualitas jaringan menurun. Sebagai pembandingan, Merilsafani dkk. melaporkan waktu pengiriman citra sekitar 5–7 detik pada sistem keamanan berbasis ESP32-CAM dan Telegram [13]. Perbandingan tersebut perlu diinterpretasikan secara hati-hati karena konfigurasi perangkat, ukuran citra, kualitas jaringan, dan metode pengukuran pada masing-masing penelitian tidak identik. Namun, hasil pengujian menunjukkan bahwa kondisi jaringan merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kecepatan penyampaian notifikasi visual kepada pengguna.

Penyimpanan citra pada MicroSD sebelum proses transmisi menyediakan fungsi cadangan lokal sehingga dokumentasi kejadian tidak sepenuhnya bergantung pada keberhasilan komunikasi melalui Telegram. Dengan demikian, kontribusi sistem yang dikembangkan terletak pada integrasi deteksi fisik menggunakan *Reed Switch*, autentikasi RFID, alarm lokal, akuisisi citra ESP32-CAM, penyimpanan lokal MicroSD, dan notifikasi Telegram dalam satu alur respons terhadap akses tidak sah. Integrasi tersebut memungkinkan sistem mempertimbangkan status otorisasi pengguna sebelum mengaktifkan alarm dan dokumentasi visual.

Meskipun fungsi utama sistem bekerja sesuai skenario pengujian, beberapa keterbatasan masih ditemukan. Notifikasi jarak jauh bergantung pada ketersediaan dan kualitas jaringan Wi-Fi, sehingga penurunan kualitas jaringan meningkatkan waktu penerimaan citra. Selain itu, penanda waktu (*timestamp*) pada berkas citra belum tersinkronisasi dengan waktu sebenarnya karena ESP32-CAM belum menggunakan *Network Time Protocol* (NTP) ataupun modul perangkat keras *Real-Time Clock* (RTC). Pada perangkat ESP32, sinkronisasi waktu melalui SNTP terhadap server NTP dapat diimplementasikan untuk menghasilkan *timestamp* yang lebih akurat tanpa memerlukan perangkat keras tambahan [14]. Karena ESP32-CAM telah terhubung ke jaringan Wi-Fi, sinkronisasi waktu menggunakan layanan *Network Time Protocol* (NTP) tanpa memerlukan tambahan perangkat keras *Real-Time Clock* (RTC). Implementasi NTP memungkinkan sistem memberikan penanda waktu yang lebih akurat pada setiap citra hasil deteksi, sehingga dokumentasi kejadian menjadi lebih representatif dengan tambahan kompleksitas dan biaya yang relatif rendah. Sistem juga belum dilengkapi dengan mekanisme penguncian elektronik untuk mencegah pembukaan pintu secara fisik. Pengujian masih dilakukan pada skala prototipe dengan skenario terbatas. Selain itu, penelitian selanjutnya juga dapat mengkaji implementasi arsitektur berbasis satu mikrokontroler ESP32, sinkronisasi waktu menggunakan NTP, integrasi *electronic door lock*, komunikasi cadangan ketika jaringan Wi-Fi tidak tersedia, serta pengujian jangka panjang pada lingkungan rumah sebenarnya.

#### 4. KESIMPULAN

Sistem keamanan rumah berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan mengintegrasikan sensor *Reed Switch*, autentikasi RFID, Arduino Uno, ESP32-CAM, MicroSD, serta notifikasi Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor *Reed Switch* mampu mendeteksi perubahan kondisi pintu dan jendela pada jarak pemicu 20–40 mm, sedangkan RFID mampu

membedakan kartu terdaftar dan tidak terdaftar serta memberikan periode akses aman selama 30 detik bagi pengguna yang terautentikasi. Pada kondisi akses tidak sah, sistem berhasil mengaktifkan alarm lokal, melakukan akuisisi citra menggunakan ESP32-CAM, menyimpan citra pada MicroSD, dan mengirimkannya kepada pengguna melalui Telegram. Waktu penerimaan citra berkisar 3–6 detik pada kondisi Wi-Fi stabil dan meningkat menjadi 8–15 detik ketika kualitas jaringan menurun. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi deteksi fisik, autentikasi akses, alarm lokal, dokumentasi visual, penyimpanan lokal, dan notifikasi jarak jauh dapat diterapkan dalam satu prototipe sistem keamanan rumah berbasis IoT. Namun, sistem masih bergantung pada konektivitas Wi-Fi untuk notifikasi jarak jauh, belum memiliki sinkronisasi penanda waktu berbasis NTP atau RTC, dan belum dilengkapi mekanisme penguncian elektronik. Berdasarkan hasil penelengembangan selanjutnya dapat diarahkan pada penambahan sinkronisasi waktu, *electronic door lock*, komunikasi cadangan, serta pengujian yang lebih luas pada lingkungan rumah sebenarnya.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih atas dukungan fasilitas dan lingkungan akademik selama pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam proses perancangan, implementasi, dan pengujian sistem hingga penelitian ini dapat diselesaikan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. Wulandari, "IOT-BASED SMART FARMING RESEARCH MAPPING: A BIBLIOMETRIC STUDY USING VOSVIEWER," *J. Rekayasa Lampung*, vol. 4, no. 3, Oct. 2025, doi: 10.23960/jrl.v4i3.70.
- [2] H. Kurniawan and S. Hariyanto, "Designing Home Security With Esp32-Cam and IoT-Based Alarm Notification Using Telegram," *Bit-Tech*, vol. 6, no. 2, pp. 95–102, Dec. 2023, doi: 10.32877/bt.v6i2.932.
- [3] H. A. Kusuma, S. B. Wijaya, and D. Nusrirwan, "SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS ESP32-CAM DAN TELEGRAM SEBAGAI NOTIFIKASI," *Infotronik J. Teknol. Inf. Dan Elektron.*, vol. 8, no. 1, p. 30, Jun. 2023, doi: 10.32897/infotronik.2023.8.1.2291.
- [4] H. Syafutra, T. M. N. Aziz, I. Novianty, I. Irmansyah, M. Chusnu, and D. Prayoga, "Implementasi Sistem Keamanan Pintu Otomatis Berbasis Face Recognition di Proactive Robotic: Integrasi ESP32-Cam

- dan Telegram,” *J. Ris. Fis. Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 65–74, Jun. 2024, doi: 10.33019/jrfi.v4i2.5380.
- [5] A. W. Adi and F. Kurniawan, “Implementasi Keamanan Ruang Berbasis IoT dengan Sensor PIR, Telegram, dan Peringatan Suara,” *J. Appl. Comput. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 172–178, Dec. 2024, doi: 10.52158/jacost.v5i2.860.
- [6] J. T. Sirait and A. I. Santoso, “Perancangan Sistem Keamanan Rumah berbasis IoT dan Aplikasi Telegram,” *J. Minfo Polgan*, vol. 14, no. 1, pp. 676–681, May 2025, doi: 10.33395/jmp.v14i1.14834.
- [7] L. Cakrayuda, “SICEMOT: SISTEM KEAMANAN CERDAS BERBASIS ESP32-CAM, SENSOR GERAK, DAN NOTIFIKASI TELEGRAM,” *J. Inform. Dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 2, Apr. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i2.6420.
- [8] Z. Sopalatu, E. Retnoningsih, S. Rofiah, and Y. F. Soleman, “Sistem Keamanan Pintu Rumah Berbasis Internet of Things Dengan Sensor Reed Switch dan Telegram,” *J. Stud. Res. Comput. Sci.*, vol. 7, no. 1, pp. 179–192, May 2026, doi: 10.31599/tzd31689.
- [9] A. W. Bramantyo, “Perancangan Sistem Kontrol Akses Rumah Pintar Menggunakan RFID dengan Mikrokontroler ESP32,” *J. Restikom Ris. Tek. Inform. Dan Komput.*, vol. 7, no. 3, pp. 374–382, 2025.
- [10] Frencis Matheos Sarimole, Satria Wira Yudha, Sutisna Sutisna, and Roid Adip Akmal, “Implementation of an RFID Card Based Automatic Door Lock System Using NodeMCU with Integration of Telegram Notifications and IoT Services,” *Int. J. Appl. Math. Comput.*, vol. 2, no. 4, pp. 16–23, Oct. 2025, doi: 10.62951/ijamc.v2i4.126.
- [11] Z. Abidin, A. Bachri, and R. A. Nugraha, “Rancang Bangun Prototipe Sistem Keamanan Rumah Berbasis Internet Of Things (IoT) dengan Integrasi Sensor Pintar: [Design and Construction of an Internet of Things (IoT)-Based Home Security System Prototype with Smart Sensor Integration],” *FaST - J. Sains Dan Teknol. J. Sci. Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 226–235, Nov. 2025, doi: 10.19166/jstfast.v9i2.9461.
- [12] T. Muchtar, Muslimin, M. S. Ali, and N. A. Arman, “Design and Development of an ESP32 Based Barrier Gate Control System at PT. Bahana Security Sistem,” *JEAT J. Electr. Autom. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 82–91, Jun. 2025, doi: 10.61844/jeat.v4i1.1193.
- [13] Merilsafani, Wahda Tulummah, and Elin, “Pengembangan Sistem Kunci dan Bell Pintu Berbasis WiFi Menggunakan ESP32-CAM Terintegrasi Telegram,” *J. Electr. Field*, vol. 1, no. 2, pp. 82–90, Feb. 2025, doi: 10.63440/jef.v1i2.43.
- [14] M. J. Espinosa-Gavira, A. Agüera-Pérez, J. M. Sierra-Fernández, J. J. González de-la-Rosa, J. C. Palomares-Salas, and O. Florencias-Oliveros, “Design and Test of a High-Performance Wireless Sensor Network for Irradiance Monitoring,” *Sensors*, vol. 22, no. 8, p. 2928, Apr. 2022, doi: 10.3390/s22082928.