SISTEM KEAMANAN LEMARI MENGGUNAKAN ESP32-CAM DAN NOTIFIKASI TELEGRAM BERBASIS IOT

[1]Andy Lukman Affandy, [2]Sitti Zuhriyah, [3]I Wayan Suparno, [4]Azat Karaeng,
[1,2,3]Sistem Komputer Universitas Handayani Makassar
luckyxco@gmail.com[1], zuhriyah@handayani.ac.id[2], iwayansuparno@gmail.com[3]
azatkaraeng2208@gmail.com[4]

ABSTRAK

Peningkatan kasus pencurian pada lemari penyimpanan mendorong perlunya pengembangan sistem keamanan yang lebih canggih. Penelitian ini bertujuan merancang sistem keamanan lemari berbasis teknologi Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32-CAM untuk mendeteksi akses tidak sah dan memberikan notifikasi real-time melalui Telegram. Sistem ini dirancang untuk mempermudah pemantauan jarak jauh dan meningkatkan perlindungan barang berharga. Metode penelitian melibatkan perancangan perangkat keras dan lunak, termasuk integrasi ESP32-CAM sebagai pengendali utama, sensor magnetik untuk mendeteksi aktivitas pintu, dan relay yang mengatur kunci elektronik berbasis solenoid. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa pengenalan wajah, respons sensor, dan kecepatan pengiriman notifikasi pada berbagai kondisi pencahayaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mendeteksi aktivitas mencurigakan secara akurat dan memberikan notifikasi instan kepada pengguna melalui Telegram. Dengan demikian, sistem ini terbukti efektif sebagai solusi keamanan lemari rumah tangga yang dapat diandalkan, memberikan perlindungan fisik sekaligus kemudahan pemantauan jarak jauh.

Kata Kunci: Sistem Keamanan Lemari, ESP32-CAM, Internet of Things (IoT).

1. PENDAHULUAN

Dalam rutinitas kita sehari-hari, sering kali kita memiliki benda berharga yang perlu dijaga dengan baik, terutama dari orang-orang yang tidak bertanggung jawab. Namun, banyak dari kita cenderung mengabaikan pentingnya faktor keamanan dalam kehidupan sehari-hari. Sikap ini bisa membuka peluang bagi tindakan kriminalitas seperti pencurian, terutama dalam hal penyimpanan barang-barang berharga yang harus dijaga agar tidak hilang. Berdasarkan data yang didapatkan dari situs Badan Statistik Indonesia bahwa kasus kriminalitas pada tahun 2020 mencapai 247.218[1].

Dilansir dari Antaranews Sulsel[2], kasus pencurian mengungkap bahwa tanpa pengamanan yang memadai, barang-barang berharga kita sangat rentan terhadap tindak kejahatan. Salah satu tempat penyimpanan untuk barang-barang berharga tersebut adalah lemari penyimpanan, yang seringkali menjadi sasaran empuk bagi para pencuri. Lemari penyimpanan seharusnya menjadi tempat aman dengan pengamanan yang beragam seperti kunci, gembok, atau password. Namun, seiring berjalannya waktu, pengamanan yang digunakan pada lemari penyimpanan sudah tidak efisien lagi dan mudah ditebak oleh orang yang tidak bertanggung jawab. Oleh karena itu, diperlukan metode pengamanan baru yang lebih canggih agar lebih melindungi barang berharga dari aksi pencurian. Salah satu solusi yang muncul adalah penerapan Teknologi IoT[3].

Teknologi IoT atau Internet of Things, adalah konsep di mana berbagai perangkat bersensor saling terhubung melalui internet untuk mengumpulkan dan mentransfer data di mana integrasi perangkat elektronik

dengan jaringan internet memungkinkan pemantauan dan pengendalian dari jarak jauh melalui perangkat pintar seperti ponsel atau computer ESP32-CAM[4], sebuah modul yang menggabungkan mikrokontroler ESP32 dengan kamera, dapat menjadi solusi yang efektif sebagai face recognition. Dengan memanfaatkan kemampuan sensor magnet switch, buzzer, dan LED, ESP32-CAM dapat diintegrasikan sebagai bagian integral dari sistem keamanan yang canggih, memberikan perlindungan tambahan terhadap barang-barang berharga yang disimpan dalam lemari penyimpanan.

Teknologi IoT memungkinkan integrasi perangkat elektronik dengan jaringan internet, memungkinkan pengendalian dan pemantauan dari jarak jauh melalui perangkat pintar seperti ponsel atau komputer. Salah satu perangkat yang populer dalam lingkup ini adalah ESP32-CAM, sebuah modul yang menggabungkan mikrokontroler ESP32 dengan kamera, memungkinkan pemantauan video yang fleksibel dan biaya yang efisien. Dengan memanfaatkan kemampuan sensor magnet switch, buzzer, dan LED, ESP32-CAM dapat dijadikan sebagai bagian integral dari sistem keamanan yang canggih [5], [6], [7], [8].

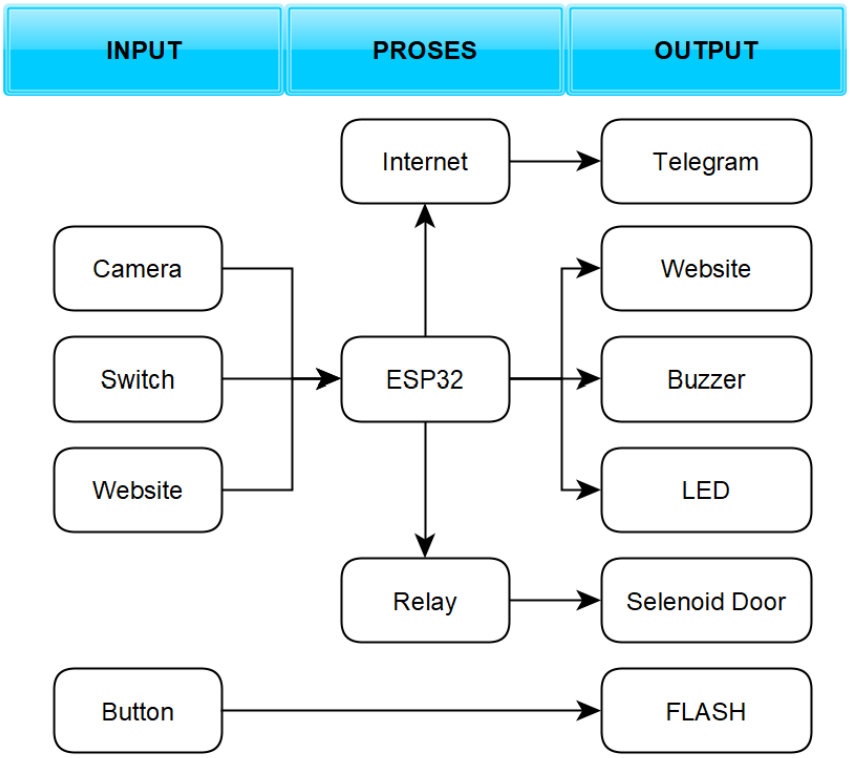
Sensor magnet switch digunakan untuk mendeteksi pembukaan dan penutupan pintu lemari. Ketika pintu dibuka tanpa izin, sensor ini akan mengirimkan sinyal ke sistem untuk mengaktifkan respons keamanan, seperti mengaktifkan buzzer untuk memberikan peringatan atau mengirimkan notifikasi melalui platform pesan instan seperti Telegram. Integrasi dengan Telegram memberikan keuntungan tambahan, karena pengguna dapat menerima pemberitahuan langsung ke perangkat seluler mereka, memungkinkan mereka untuk mengambil tindakan segera dalam situasi yang mencurigakan, bahkan jika mereka tidak berada di rumah[9]. Dalam merancang sistem keamanan lemari berbasis IoT ini, tidak hanya perlu memperhatikan aspek teknis, tetapi juga keamanan data dan privasi pengguna. Enkripsi data yang dikirimkan melalui jaringan dan perlindungan fisik terhadap perangkat keras menjadi sangat penting untuk memastikan integritas dan keamanan sistem secara keseluruhan[10], [11].

Berdasarkan uraian di atas dengan menggabungkan teknologi IoT, sensorik, dan komunikasi jarak jauh untuk menciptakan sistem keamanan lemari yang dapat diandalkan dan efektif. Melalui pendekatan ini, diharapkan bahwa pemilik rumah dapat memperoleh rasa aman dan ketenangan pikiran yang lebih besar, mengetahui bahwa aset-aset berharga mereka dilindungi dengan baik, bahkan ketika mereka tidak berada di tempat. Dengan demikian penelitian ini berjudul "**Sistem Keamanan Lemari Menggunakan ESP32-CAM dan Notifikasi Telegram Berbasis IOT**".

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Blok

Komponen-komponen yang membangun Sistem Keamanan Lemari Menggunakan ESP32-CAM dan Notifikasi Telegram Berbasis IOT sendiri bisa dikelompokkan kedalam 3 bagian sebagai input, proses dan output. Diagram blok untuk dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram Blok

Pada penelitian ini menggunakan diagram blok yang digunakan untuk analisa sistem, Untuk lebih jelasnya maka dijelaskan seperti poin-poin berikut:

a. Input

Input dari sistem keamanan lemari menggunakan ESP32-CAM dan notifikasi telegram berbasis IOT antara lain:

1) Camera (ESP32-CAM): Kamera pada ESP32-CAM berfungsi sebagai input utama untuk mengambil video. Kamera ini mendeteksi keberadaan wajah di depan lemari dan berperan penting dalam pengenalan wajah untuk membuka pintu lemari.
2) Button: Tombol digunakan sebagai input manual untuk mengaktifkan atau mematikan LED.
3) Sensor Magnetic Switch: Sensor magnetik berfungsi sebagai pendeteksi status pintu lemari (terbuka atau tertutup). Ketika pintu dibuka atau ditutup, sensor ini mengirimkan sinyal ke ESP32-CAM untuk memproses tindakan lebih lanjut, seperti memicu alarm.

b. Proses

Proses dari sistem keamanan lemari menggunakan ESP32-CAM dan notifikasi telegram berbasis IOT antara lain:

1) ESP32-CAM: ESP32-CAM adalah pusat pengolahan data dalam sistem. Modul ini menangani semua input dari kamera, tombol, dan sensor magnetik, serta menjalankan logika untuk pengenalan wajah, kontrol akses, dan pengelolaan komunikasi ke perangkat output. ESP32-CAM juga terhubung ke internet untuk mengirim notifikasi ke Telegram.
2) Internet: Internet berfungsi sebagai jalur komunikasi antara sistem dan platform eksternal, terutama dalam hal pengiriman notifikasi melalui Telegram dan kontrol sistem melalui website. Melalui koneksi internet, ESP32-CAM dapat diakses dari jarak jauh oleh pengguna untuk mengontrol sistem keamanan lemari.
3) Relay: Relay dikendalikan oleh ESP32-CAM untuk mengontrol daya ke solenoid door lock. Ketika pengenalan wajah berhasil, relay diaktifkan untuk membuka atau mengunci solenoid.

c. Output

Output dari sistem keamanan lemari menggunakan ESP32-CAM dan notifikasi telegram berbasis IOT antara lain:

1) Website: Sistem ini terhubung ke sebuah website yang memungkinkan pengguna untuk memonitor status lemari secara real-time, seperti melihat gambar dari kamera, serta memberikan perintah untuk mengontrol perangkat seperti relay.

2) Telegram: Notifikasi dikirim ke pengguna melalui platform Telegram setiap kali ada kejadian penting, seperti percobaan perusakan.
3) Flash: Berfungsi sebagai lampu penerangan untuk kamera, terutama di kondisi gelap.
4) Solenoid Door Lock: Solenoid ini bertindak sebagai kunci pintu lemari. Ketika relay aktif, solenoid akan membuka kunci pintu; sebaliknya, saat relay mati, solenoid akan menutup kunci.
5) Buzzer: Buzzer akan berbunyi sebagai peringatan ketika sensor magnetik mendeteksi adanya akses yang tidak sah, seperti pintu lemari dibuka secara paksa tanpa izin.
6) LED: LED digunakan untuk memberikan indikasi visual, misalnya sebagai tanda bahwa ESP32-CAM telah terhubung ke Wi-Fi, pintu terkunci, atau ada pengenalan wajah yang berhasil.

2.2 Pembuatan Sistem

1. Pengumpulan Data dan Studi Pustaka

Pada perancangan sistem ini dilaksanakan beberapa prosedur dalam menyelesaikan rancangan. Adapun tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut :

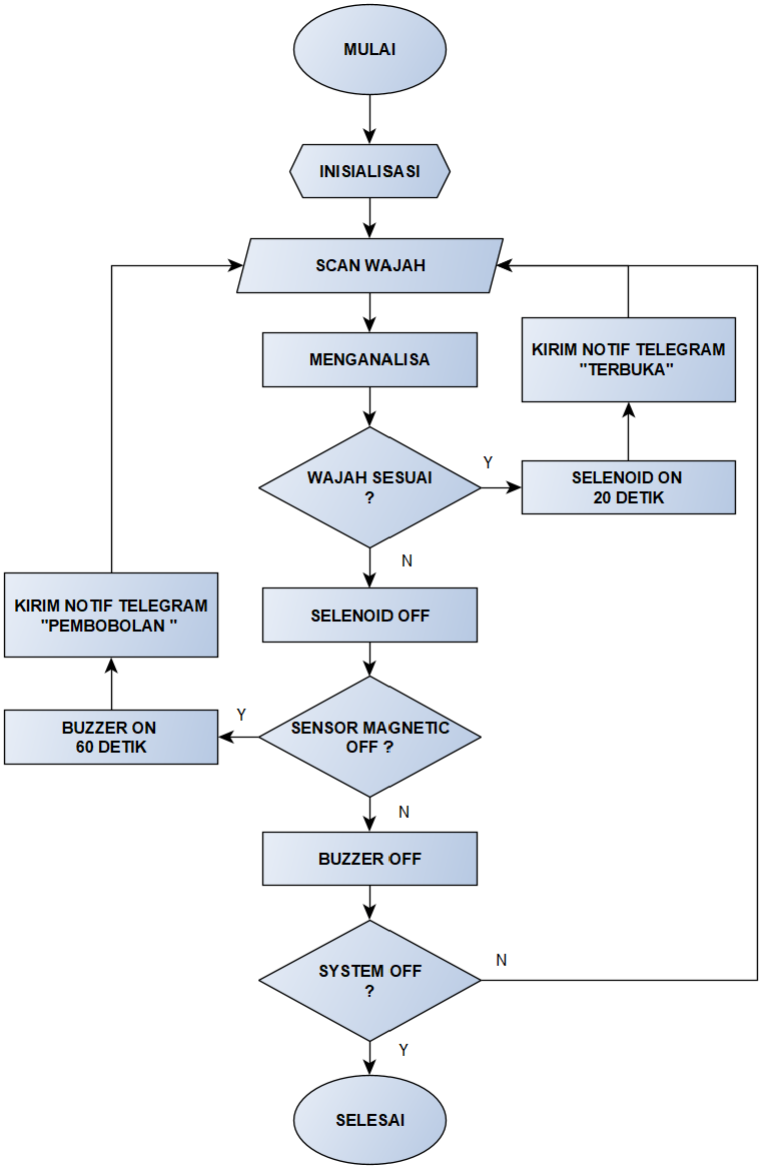
a. Studi Pustaka: dilakukan dengan membaca dan menelaah berbagai literatur yang relevan dengan penelitian ini, termasuk buku-buku, jurnal, artikel ilmiah, dan panduan teknis mengenai ESP32-CAM, Internet of Things (IoT), pengolahan citra, komunikasi nirkabel, dan platform Telegram sebagai media notifikasi. Studi ini bertujuan untuk mendapatkan informasi terkait penggunaan ESP32-CAM, teknik pengenalan wajah, serta metode yang efektif untuk mengembangkan sistem kontrol dan keamanan lemari berbasis IoT yang dapat diakses dan dipantau dari jarak jauh melalui website dan Telegram.
b. Pengumpulan data: dilakukan dengan cara menguji langsung implementasi sistem yang dibangun pada lemari sebagai objek penelitian. Data yang dikumpulkan mencakup kondisi jaringan internet di lokasi penelitian, performa sistem yang menggunakan ESP32-CAM, kebutuhan alat untuk kontrol dan monitoring, serta informasi terkait penggunaan sensor magnetik, solenoid door lock, relay, dan notifikasi melalui Telegram. Data lapangan juga meliputi pengamatan terhadap respons sistem terhadap deteksi wajah, status pintu, dan notifikasi pada situasi nyata.
c. Rancangan Alat: Setelah melakukan pengumpulan data dan studi pustaka, tahap selanjutnya adalah perancangan alat. Sistem keamanan lemari ini dirancang menggunakan beberapa komponen utama yang mendukung pengoperasiannya. ESP32-CAM dipilih sebagai mikrokontroler utama karena memiliki kemampuan kamera yang terintegrasi untuk melakukan pengenalan wajah dan dapat berkomunikasi dengan jaringan Wi-Fi untuk mengirim notifikasi melalui Telegram. Selain itu, digunakan sensor magnetik MC-38 untuk mendeteksi apakah pintu lemari dalam kondisi terbuka atau tertutup. Untuk mengendalikan pintu lemari, sistem memanfaatkan solenoid door lock yang dioperasikan oleh relay 1 channel. Ketika wajah yang dikenali terdeteksi, relay akan mengaktifkan solenoid untuk membuka kunci lemari. Di samping itu, digunakan buzzer sebagai alat peringatan untuk memicu alarm jika terjadi potensi pembobolan, dan LED sebagai indikator status sistem, seperti status koneksi ke Wi-Fi dan proses pengenalan wajah.
d. Rancangan Perangkat Keras: Perangkat keras pada sistem ini melibatkan penyusunan beberapa komponen yang bekerja secara terintegrasi. ESP32-CAM menjadi pusat kendali yang mengelola pengolahan citra wajah, serta pengendalian komponen lain seperti relay dan buzzer. Sensor magnetik MC-38 dipasang pada pintu lemari untuk mendeteksi apakah pintu terbuka atau tertutup. Jika pintu terbuka tanpa izin, sensor akan mengaktifkan buzzer dan mengirim notifikasi ke Telegram. Sistem juga menggunakan solenoid door lock, yang dikendalikan oleh relay 1 channel, untuk membuka atau mengunci pintu lemari secara otomatis saat pengenalan wajah berhasil. Semua komponen dirangkai dengan mempertimbangkan stabilitas daya dan komunikasi antar-komponen, agar sistem dapat bekerja dengan efisien dan responsif.
e. Rancangan Perangkat Lunak: Perangkat lunak dirancang untuk memastikan bahwa seluruh komponen perangkat keras berfungsi secara sinkron. Arduino IDE digunakan untuk mengembangkan kode yang diunggah ke ESP32-CAM, yang mengontrol pengenalan wajah, relay, buzzer, dan koneksi dengan platform Telegram untuk notifikasi. Bot Telegram disiapkan untuk mengirim notifikasi ketika wajah dikenali atau terjadi pembobolan. Sebuah website juga dikembangkan sebagai antarmuka pengguna untuk memantau status sistem dan mengendalikan solenoid door lock dari jarak jauh. Semua komponen perangkat lunak ini bekerja secara terintegrasi untuk menciptakan sistem keamanan lemari berbasis IoT yang efektif.

2.3 Flowchart Sistem

Gambar flowchart di atas, dapat dijelaskan di tampilkan nya menu utama hingga respons dari program saat pengguna memilih pilihan yang ada di menu. Bila dijelaskan lebih detail, dengan mengguanakan simbol dan keterangan flowchar dapat dijabarkan langkah-langkah yang bisa dilakukan oleh pengguna sebagai berikut:

a. Start: Proses dimulai, menandakan bahwa sistem keamanan lemari telah diaktifkan.

b. Sistem Aktif: Sistem keamanan mulai berfungsi dan siap untuk memantau aktivitas.
c. Scan: Sistem menggunakan kamera (dalam hal ini ESP32-CAM) untuk memindai wajah yang terdeteksi di depan kamera.
d. Menganalisa: Proses analisis wajah dimulai, di mana sistem membandingkan wajah yang terdeteksi dengan data wajah yang telah disimpan sebelumnya.
e. Wajah Sesuai?: Sistem memutuskan apakah wajah yang terdeteksi cocok atau sesuai dengan data yang sudah tersimpan. Jika Ya (Y): Solenoid On (pintu terbuka) selama 20 detik. Jika Tidak (N): Solenoid tetap dalam keadaan mati (Selenoid Off), pintu tetap terkunci, dan proses kembali untuk pemindaian ulang atau tindakan lain.
f. Sensor Magnetic Off ?: Setelah solenoid aktif atau tidak, sistem memeriksa status pintu menggunakan sensor magnetik (magnet switch). Sensor ini mendeteksi apakah pintu terbuka atau tertutup. Jika Ya (Y): Sistem menyalakaan buzzer selama 60 detik sebagai tanda alarm dan mengirimkan notifikasi ke Telegram dengan pesan "Pembobolan". Jika Tidak (N): Buzzer tanda Alarm akan tetap dalam kondisi off .
g. System Off ?: Kondisi ini jika saklar mati maka proses akan selesai dan jika saklar hidup maka proses tetap akan mengulang.



Gambar 2.2 Flowchart Sistem

2.4 Cara Kerja Sistem

Sistem keamanan lemari berbasis ESP32-CAM bekerja dengan mendeteksi wajah melalui kamera yang dapat dikendalikan secara jarak jauh menggunakan website. Pengguna dapat memantau dan mengontrol ESP32-CAM melalui antarmuka web yang terhubung ke jaringan Wi-Fi. Ketika kamera mendeteksi wajah, jika wajah yang terdeteksi dikenali oleh sistem, maka solenoid akan aktif, membuka kunci lemari. Namun, jika wajah tidak dikenali, solenoid akan tetap mati, dan pintu lemari tidak dapat dibuka.

Setelah itu, sensor magnetik akan mendeteksi status pintu. Ketika pintu terbuka, sensor magnetik akan mati (off), dan ketika pintu tertutup, sensor akan menyala (on), menandakan bahwa pintu sudah dalam posisi tertutup dan sistem mulai memantau apakah ada upaya pembobolan. Jika terjadi percobaan pembobolan saat pintu tertutup, buzzer akan berbunyi sebagai alarm, dan sistem akan mengirimkan notifikasi ke Telegram pengguna sebagai peringatan. Namun, jika tidak ada pembobolan, buzzer tetap mati dan tidak ada notifikasi yang dikirimkan.

Dengan tambahan kontrol melalui website, pengguna memiliki fleksibilitas untuk memonitor kamera ESP32-CAM dan memeriksa status sistem secara online, meningkatkan keamanan dan kemudahan dalam penggunaan.

2.5 Analisis Kebutuhan

Beberapa kebutuhan pada system yang akan dibangun adalah berupa alat dan bahan dari sisi *hardware* dan *software* seperti:

a. Alat

1)	Obeng satu set	1 Buah
2)	Solder 60 watt	1 Buah
3)	Pengupas Kabel	1 Buah
4)	Gunting	1 Buah
5)	Laptop	1 Buah
6)	Smartphone	1 Buah
7)	Lakban	1 Buah
8)	Solder 60 watt	1 Buah
9)	Lem Lilin / Lem Tembak	1 Buah
10)	Bor satu set	1 Buah
11)	Pisau Cutter	1 Buah
12)	Larutan	1 Bungkus
13)	Gurinda & Mata Gurinda	1 Buah
14)	Avo Meter Digital Mazda	1 Buah
15)	Penghisap timah	1 Buah

b. Bahan

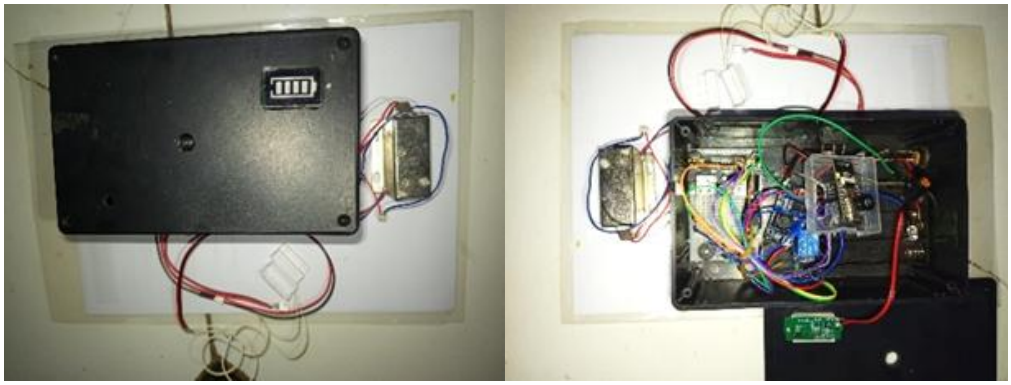
1)	ESP32-CAM	1 Buah
2)	Breadboard	1 Buah
3)	LED	1 Buah
4)	Baterai Ion litium	3 Buah
5)	BMS 3S	1 Buah
6)	Indikator Baterai 18650	1 Buah
7)	Relay	1 Buah
8)	Solenoid Door Lock	1 Buah
9)	Buzzer	1 Buah
10)	Sensor Magnetik MC-38	1 Buah
11)	Modul LM2596	1 Buah
12)	Adjustable Power Supply	1 Buah
13)	Adaptor 12V	1 Buah
14)	Jumper	10 Buah
15)	Saklar	1 Buah
16)	Akrilik 3 mm	1.5 Meter
17)	Tripleks	3 Meter
18)	Kabel	2 Meter

c. Software
   1) Arduino IDE
   2) Eagle

3. HASIL PERANCANGAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan

Sistem Keamanan Lemari Menggunakan ESP32-CAM dan Notifikasi Telegram Berbasis IoT ini telah dirancang dengan seksama melalui beberapa tahapan. Setelah melewati proses penelitian dan pengembangan yang mencakup perancangan sistem, pembuatan rangkaian elektronik, pembuatan mekanik, integrasi komponen penyusun sistem, serta pengembangan perangkat lunak. Sistem ini berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai dengan harapan, yaitu menghadirkan sebuah solusi keamanan berbasis IoT yang dapat memantau akses ke lemari dan memberikan notifikasi real-time melalui platform Telegram. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu modul ESP32-CAM, sensor magnetik, relay untuk kontrol solenoid pintu, serta buzzer sebagai alarm tambahan. Selain itu, perangkat lunak dikembangkan untuk memproses deteksi akses, mengontrol perangkat output, dan mengirimkan notifikasi langsung ke aplikasi Telegram pengguna ketika terjadi aktivitas pada lemari, seperti percobaan akses tak terotorisasi. Ini memungkinkan pemilik untuk merespon dengan cepat. Adapaun gambar alat secara keseluruhan dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 3.1 Tampil luar dan dalam alat

3.2 Arsitektur Sistem

Arsitektur rangkaian sistem keamanan lemari menggunakan ESP32-CAM terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terhubung, pada gambar dibawah. Berikut penjelasan alur cara kerja sistem.



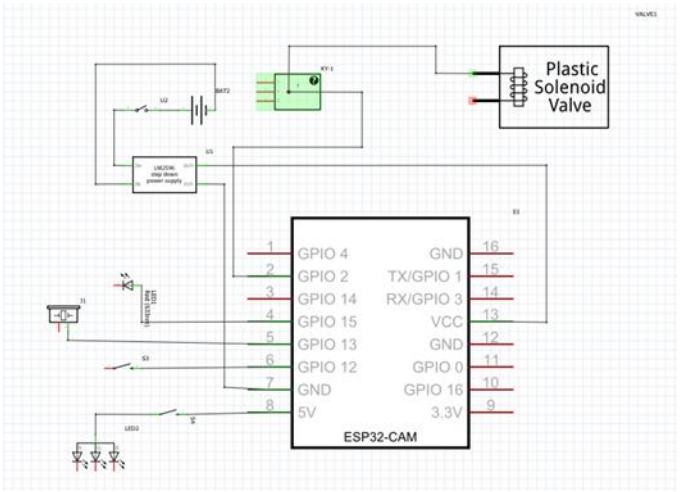
Gambar 3.2 Arsitektur Sistem

Sistem keamanan lemari berbasis ESP32-CAM bekerja dengan mendeteksi wajah melalui kamera yang dapat dikendalikan secara jarak jauh menggunakan website. Pengguna dapat memantau dan mengontrol ESP32-CAM melalui antarmuka web yang terhubung ke jaringan Wi-Fi. Ketika kamera mendeteksi wajah, jika wajah yang terdeteksi dikenali oleh sistem, maka solenoid akan aktif, membuka kunci lemari. Namun, jika wajah tidak dikenali, solenoid akan tetap mati, dan pintu lemari tidak dapat dibuka.

Setelah itu, sensor magnetik akan mendeteksi status pintu. Ketika pintu terbuka, sensor magnetik akan mati (off), dan ketika pintu tertutup, sensor akan menyala (on), menandakan bahwa pintu sudah dalam posisi tertutup dan sistem mulai memantau apakah ada upaya pembobolan. Jika terjadi percobaan pembobolan saat pintu tertutup, buzzer akan berbunyi sebagai alarm, dan sistem akan mengirimkan notifikasi ke Telegram pengguna sebagai peringatan. Namun, jika tidak ada pembobolan, buzzer tetap mati dan tidak ada notifikasi yang dikirimkan.

Dengan tambahan kontrol melalui website, pengguna memiliki fleksibilitas untuk memonitor kamera ESP32-CAM dan memeriksa status sistem secara online, meningkatkan keamanan dan kemudahan dalam penggunaan.

3.3 Skema Rangkaian



Gambar 3.3 Skema Rangkaian

Sistem Keamanan Lemari Menggunakan ESP32-CAM dan Notifikasi Telegram Berbasis IoT terdiri dari beberapa komponen elektronik yang bekerja secara bersamaan untuk menyediakan keamanan pada lemari. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing komponen dan bagaimana mereka berintegrasi dalam sistem sebagai berikut:

a. ESP32-CAM: Modul ini tetap menjadi pusat kendali dari sistem keamanan, menangani komunikasi antara sensor, relay, solenoid, dan Telegram. Pada gambar, ESP32-CAM terhubung ke beberapa komponen, seperti relay, buzzer, dan sensor magnetik.
b. Breadboard: Pada sistem ini berfungsi sebagai tempat sementara untuk menyusun dan menghubungkan komponen-komponen elektronik tanpa harus disolder. Breadboard membuat pemasangan lebih mudah dan fleksibel, sehingga komponen seperti ESP32-CAM, relay, sensor magnetik, LED, dan buzzer dapat terhubung dengan rapi menggunakan kabel jumper.
c. LED sebagai Indikator Koneksi Wi-Fi: Terdapat LED di rangkaian yang digunakan sebagai indikator status koneksi Wi-Fi. LED ini akan menyala ketika ESP32-CAM berhasil terhubung ke jaringan Wi-Fi. Hal ini memberikan visualisasi langsung kepada pengguna mengenai status jaringan:
    1) LED menyala: Menunjukkan bahwa ESP32-CAM sudah terhubung ke Wi-Fi dan siap mengirim atau menerima data.
    2) LED mati: Menandakan bahwa ESP32-CAM belum terhubung ke Wi-Fi, sehingga sistem belum bisa beroperasi dengan sempurna.
d. Baterai dan Modul Charger: Terlihat ada holder baterai yang mengindikasikan bahwa sistem ini menggunakan baterai sebagai sumber daya. Kemungkinan baterai Li-ion digunakan di sini. Modul charger juga ditampilkan yang berfungsi untuk mengisi ulang baterai ketika sumber daya utama tersedia. Ini memungkinkan sistem tetap beroperasi bahkan saat catu daya utama terputus.
e. Relay: Relay yang digunakan dalam sistem ini ditampilkan dalam gambar sebagai relay low-level trigger. Relay ini digunakan untuk mengontrol solenoid, yang bertindak sebagai kunci pintu lemari elektronik.

Ketika ESP32-CAM mengirimkan sinyal ke relay, relay akan menghubungkan atau memutuskan daya ke solenoid.

f. Solenoid: dihubungkan melalui relay dan berfungsi sebagai kunci elektronik yang akan membuka dan menutup pintu lemari berdasarkan sinyal dari ESP32-CAM melalui relay. Ketika relay aktif, solenoid mendapat daya dan kunci akan terbuka.
g. Buzzer: Buzzer terhubung ke ESP32-CAM dan digunakan sebagai alarm untuk memberikan peringatan suara ketika ada percobaan akses tak sah ke lemari. ESP32-CAM akan mengaktifkan buzzer jika pintu terbuka tanpa izin atau saat sistem mendeteksi aktivitas yang mencurigakan.
h. Sensor Magnetik (MC-38) Sensor magnetik dipasang pada lemari untuk mendeteksi status pintu (terbuka atau tertutup). Sensor ini akan memberikan sinyal ke ESP32-CAM ketika magnet terpisah dari reed switch, menunjukkan bahwa pintu lemari sedang terbuka.
i. Indikator Baterai : Ada komponen berupa indikator baterai, yang menunjukkan status daya dari baterai. Indikator ini berguna untuk memantau kondisi daya yang tersisa pada sistem, sehingga pengguna dapat mengetahui kapan perlu mengisi ulang baterai.
j. Modul LM2986 (Step-down): Modul step-down terlihat dalam rangkaian yang bertugas untuk menurunkan tegangan baterai ke tingkat yang sesuai untuk ESP32-CAM, relay, dan komponen lainnya. Modul ini penting untuk memastikan seluruh perangkat menerima tegangan yang tepat dan stabil.
k. Adjustable Power Supply: Dalam rangkaian adjustable power supply digunakan untuk memberikan suplai daya yang sesuai ke berbagai komponen di breadboard. Modul ini berfungsi untuk menurunkan atau menyesuaikan tegangan input dari baterai atau sumber daya lain agar komponen seperti ESP32-CAM, relay, sensor, dan buzzer mendapatkan tegangan yang stabil dan sesuai kebutuhan. Ini memastikan semua komponen dapat bekerja dengan baik tanpa kekurangan atau kelebihan daya.

Tabel dibawah menunjukan penempatan pin setiap komponen ke pin ESP32-CAM yang terdapat 4 jenis komponen yang di gunakan pada alat sistem keamanan lemari menggunakan esp32-cam dan notifikasi telegram berbasis IoT.

Tabel 3.1 Penempatan Pin ESP32-CAM Ke setiap Komponen

No	Nama Komponen	Pin Komponen	Pin ESP32-CAM
1	Relay 1 Channel 5v	INPUT	GPIO 2
		VCC	VCC
		GND	GND
2	Buzzer	INPUT	GPIO 13
		GND	GND
3	Sensor Magnetik (MC-38)	INPUT	GPIO 12
		GND	GND
4	LED	INPUT	GPIO 15
		GND	GND

3.4 Hasil Pengujian Alat



Gambar 3.4 Instalasi alat

a. Pengujian Kamera

Pengujian deteksi wajah menggunakan kamera ESP32-CAM dilakukan di dalam ruangan dan di luar ruangan dengan dua skenario pencahayaan: menggunakan flash dan tanpa flash. Di dalam ruangan, kamera diuji dengan pencahayaan flash untuk mengevaluasi perbedaan akurasi deteksi wajah dengan bantuan flash dan tanpa bantuan flash. Di luar ruangan, pengujian dilakukan untuk menilai bagaimana flash mempengaruhi kemampuan deteksi wajah pada berbagai tingkat pencahayaan alami. Hasil pengujian dianalisis dengan membandingkan tingkat keberhasilan deteksi, kecepatan pengenalan, serta tingkat kesalahan pada setiap skenario.

1) Pengujian di dalam ruangan: Pada kondisi tanpa flash kamera tidak mampu mendeteksi wajah dengan akurat, kemungkinan disebabkan oleh pencahayaan buatan yang tidak cukup terang.



Gambar 3.5 Pengujian kamera dalam ruangan tanpa flash

Pada kondisi menggunakan flash kamera mampu menangkap dan mengenali wajah dengan baik karena tambahan cahaya dari flash yang membantu memperjelas fitur wajah di kondisi pencahayaan buatan yang terbatas.



Gambar 3.6 Pengujian kamera dalam ruangan dengan flash

2) Pengujian di luar ruangan: Pada kondisi tidak menggunakan flash kamera mampu menangkap wajah, pencahayaan alami tambahan yang memperkuat deteksi wajah sehingga kamera mampu mengenali wajah dengan lebih jelas.



Gambar 3.7 Pengujian kamera diluar ruangan tanpa flash

Pada kondisi ini menggunakan flash kamera memberikan pencahayaan tambahan yang memperkuat deteksi wajah, sehingga kamera mampu mengenali wajah dengan lebih jelas meskipun pencahayaan alami sudah memadai.



Gambar 3.8 Pengujian kamera diluar ruangan dengan flash

3) Pengujian jarak deteksi wajah: Hasil pengujian jarak deteksi wajah menggunakan kamera ESP32-CAM menunjukkan bahwa jarak maksimal yang dapat dicapai untuk mendeteksi wajah secara akurat adalah 84 cm. Pada jarak ini, sistem berhasil mengenali wajah dengan baik dan membandingkannya dengan database yang tersedia. Selain itu, jarak minimal yang diperlukan untuk mendeteksi wajah secara efektif adalah 19 cm. Pada jarak ini, kamera dapat menangkap detail wajah dengan cukup jelas tanpa kehilangan fokus. Faktor utama yang mempengaruhi keberhasilan deteksi ini adalah pencahayaan. Kondisi pencahayaan yang cukup terang sangat membantu kamera menangkap detail wajah dengan jelas, sehingga memaksimalkan kinerja sistem pengenalan wajah. Berdasarkan pengujian ini, jarak antara 19 cm hingga 84 cm dianggap sebagai rentang jarak yang optimal untuk deteksi wajah yang efektif dalam sistem keamanan berbasis IoT.



Gambar 3.9 Pengujian jarak kamera

b. Pengujian Waktu Respon Solenoid Setelah Deteksi Wajah

Pengujian solenoid door ini bertujuan untuk membuka pintu menggunakan solenoid yang dikendalikan oleh relay. Dalam pengujian ini, solenoid akan diaktifkan untuk membuka kunci pintu, memberikan akses ke dalam lemari. Proses ini akan dilakukan beberapa kali untuk memastikan bahwa sistem berfungsi secara konsisten. Setiap kali solenoid diaktifkan, kunci akan terbuka, dan setelah diaktifkan, solenoid akan dinonaktifkan untuk mengembalikan kunci ke posisi terkunci. Pengujian ini dirancang untuk mengevaluasi responsivitas dan keandalan sistem dalam membuka pintu, berikut hasil data pengujiannya:

Tabel 3.2 Pengujian Waktu Respon Solenoid Setelah Deteksi Wajah

Pengujian	Waktu Respon

1	19 detik 23 milidetik
2	5 detik 40 milidetik
3	17 detik 50 milidetik
4	32 detik 45 milidetik
5	15 detik 22 milidetik
6	1 detik 24 milidetik

Hasil pengujian waktu respon solenoid dalam membuka pintu menunjukkan variasi yang cukup besar. Pada pengujian pertama, solenoid membutuhkan waktu 19 detik 23 milidetik, sementara pada pengujian kedua lebih cepat, yaitu 5 detik 40 milidetik. Pengujian ketiga menunjukkan waktu 17 detik 50 milidetik, dan pengujian keempat menjadi yang paling lama dengan 32 detik 45 milidetik. Pengujian kelima mencatat waktu 15 detik 22 milidetik, sedangkan pengujian keenam adalah yang tercepat dengan 1 detik 24 milidetik. Perbedaan waktu ini disebabkan oleh banyaknya tugas yang dijalankan secara bergantian dalam satu waktu, yang menyebabkan waktu eksekusi setiap perintah menjadi lebih lama. Masalah ini terjadi karena program memiliki logika yang kompleks, dengan banyak instruksi yang dijalankan dalam satu loop.

c. Pengujian Respon Buzzer

Pengujian buzzer ini bertujuan untuk menguji fungsi buzzer yang terintegrasi dalam sistem keamanan, yang diaktifkan oleh sensor magnetic switch. Saat magnetic switch mendeteksi bahwa pintu atau jendela terbuka, buzzer akan berbunyi sebagai tanda peringatan bahwa ada potensi pembobolan atau akses yang tidak sah. Pengujian ini dirancang untuk mengevaluasi keandalan dan responsivitas buzzer dalam memberikan sinyal peringatan berdasarkan informasi dari sensor, berikut hasil data pengujiannya:

Tabel 3.3 Pengujian Respon Buzzer

Pengujian	**Waktu Respon**
1	1 detik 37 milidetik
2	80 milidetik
3	53 milidetik
4	2 detik 10 milidetik
5	50 milidetik
6	1 detik 50 milidetik

Berdasarkan hasil pengujian delay buzzer, variasi signifikan dalam waktu respon dapat diakibatkan oleh komputasi yang cukup berat pada sistem. Beberapa pengujian menunjukkan respon sangat cepat, di bawah 1 milidetik, namun pengujian lainnya mencatat waktu respon yang lebih lambat, hingga lebih dari 1 detik. Komputasi yang berat, seperti pemrosesan data sensor atau komunikasi dengan perangkat lain, dapat menyebabkan penundaan dalam mengaktifkan buzzer. Respon tercepat terjadi pada pengujian kelima dengan waktu 00,50 milidetik, sedangkan respon terlama terjadi pada pengujian keempat dengan waktu 02,10 detik. Beban komputasi yang tinggi pada saat-saat tertentu mungkin menjadi penyebab utama variasi ini. Selain itu, faktor lain seperti gangguan pada sinyal atau antrian tugas yang sedang diproses juga dapat mempengaruhi waktu respon. Masalah ini juga dapat disebabkan oleh banyaknya perintah program yang dijalankan secara bergantian, sehingga ketika sensor magnet switch sudah mendeteksi, sinyal tidak dapat segera dikirim karena sistem sedang memproses tugas lainnya.

d. Pengujian Pengiriman Pesan Ke Telegram



Gambar 3.10 Notifikasi Telegram

Pengujian pengiriman pesan ke Telegram ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat mengirim notifikasi saat mendeteksi aktivitas dari sensor magnetic switch. Ketika sensor mendeteksi bahwa pintu atau jendela terbuka, sistem akan mengirimkan pesan ke Telegram sebagai peringatan kepada pengguna bahwa ada potensi pembobolan atau akses yang tidak sah. Proses ini akan dilakukan beberapa kali untuk memastikan bahwa pengiriman pesan berfungsi dengan konsisten. Setiap kali sensor mendeteksi keadaan tersebut, notifikasi akan dikirimkan melalui Telegram, memberikan informasi langsung kepada pengguna. Pengujian ini dirancang untuk mengevaluasi keandalan dan responsivitas sistem dalam mengirimkan notifikasi berdasarkan data dari sensor, berikut hasil data pengujiannya:

Tabel 3.3 Pengujian notifikasi telegram

Pengujian	Waktu Respon
1	50 detik 90 milidetik
2	7 detik 27 milidetik
3	21 detik 42 milidetik
4	24 detik 09 milidetik
5	22 detik 79 milidetik
6	11 detik 95 milidetik

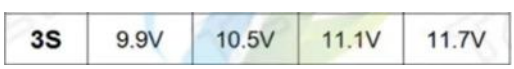
Berdasarkan hasil pengujian waktu respon pengiriman pesan ke Telegram, terdapat variasi yang cukup signifikan. Waktu respon tercepat tercatat pada pengujian kedua, yaitu 07,27 detik, sedangkan pengujian pertama menunjukkan waktu respon terlama, yaitu 50,90 detik. Variasi ini mungkin disebabkan oleh beberapa faktor, seperti konektivitas internet, beban server Telegram, atau komputasi sistem yang memproses data sebelum mengirimkan pesan. Beberapa pengujian lainnya mencatat waktu respon yang berkisar antara 11 hingga 24 detik, menunjukkan bahwa sistem umumnya mampu mengirim pesan dalam waktu yang wajar, namun ada kondisi tertentu yang menyebabkan keterlambatan yang cukup signifikan, terutama pada pengujian pertama. Untuk memastikan performa yang lebih konsisten, perlu dilakukan optimisasi sistem atau peningkatan stabilitas koneksi internet.

e. Pengujian Baterai



Gambar 3.11 Indikator Baterai

Pada pengujian baterei tiga hal yang perlu diuji pada baterai: apakah indikator baterai menunjukkan status daya yang benar, berapa lama baterai bertahan saat digunakan dan berapa lama waktu yang diperlukan untuk mengisi ulang.



Gambar 3.12 Indikator Baterai

Baterai pada perangkat ini dilengkapi dengan indikator empat batang yang menunjukkan status pengisian daya, yang divisualisasikan pada gambar untuk memudahkan pemantauan. Ketika hanya satu batang menyala,

ini menunjukkan bahwa tegangan baterai berada di 9,9 volt, menandakan baterai hampir habis. Jika dua batang menyala, tegangan mencapai 10,5 volt, yang mengindikasikan baterai berada di level menengah. Pada tiga batang, baterai memiliki tegangan 11,1 volt, mendekati penuh. Saat keempat batang penuh, baterai berada dalam kondisi maksimal dengan tegangan 11,7 volt.

Baterai ini mampu mengoperasikan alat selama 56 menit dalam sekali pengisian penuh, dan membutuhkan waktu sekitar 1 jam 27 menit untuk terisi ulang sepenuhnya. Informasi ini disajikan secara lebih jelas melalui gambar indikator, sehingga pengguna dapat dengan cepat mengetahui kondisi daya baterai dan memastikan perangkat berfungsi dengan optimal tanpa risiko kehabisan daya di tengah penggunaan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Sistem Keamanan Lemari Menggunakan ESP32-CAM dan Notifikasi Telegram Berbasis IoT, maka ditarik kesimpulan sebagai berikut:

a. Perancangan dan Implementasi Sistem: Sistem keamanan lemari berbasis ESP32-CAM berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sensor magnet switch mampu mendeteksi aktivitas mencurigakan terkait pembukaan pintu lemari, meskipun terdapat beberapa delay dalam respons setelah proses deteksi wajah.
b. Integrasi dengan Telegram: Sistem berhasil diintegrasikan dengan platform Telegram untuk memberikan notifikasi secara real-time. Pengujian menunjukkan bahwa notifikasi dikirim dengan cepat, terutama setelah sensor mendeteksi aktivitas mencurigakan, dengan delay yang minimal.
c. Evaluasi Kinerja dan Efektivitas: Sistem terbukti cukup andal dalam mendeteksi aktivitas dan mengirimkan notifikasi. Meskipun ada beberapa variasi dalam waktu respons, terutama terkait beban komputasi, secara keseluruhan sistem berfungsi efektif dalam skenario penggunaan yang berbeda, termasuk di dalam dan luar ruangan dengan berbagai kondisi pencahayaan.

4.2 Saran

Sistem Keamanan Lemari Menggunakan ESP32-CAM dan Notifikasi Telegram Berbasis IoT ini memang masih belum sempurna. Untuk menghasilkan alat atau sistem yang bisa langsung dipakai maka perlu melakukan pengembangan. Berikut merupakan berbagai saran untuk mengembangan yaitu:

a. Optimalisasi Pengelolaan Beban Komputasi ESP32-CAM: Mengingat adanya delay dalam pengiriman sinyal dan respons sistem setelah deteksi wajah, disarankan untuk melakukan optimalisasi pada pemrosesan komputasi. Penggunaan algoritma yang lebih efisien atau peningkatan hardware mungkin diperlukan untuk meningkatkan kecepatan sistem.
b. Peningkatan Kinerja Deteksi Wajah: Pengujian menunjukkan bahwa deteksi wajah tanpa flash mengalami kegagalan di kondisi pencahayaan rendah. Diperlukan peningkatan akurasi deteksi wajah di berbagai kondisi cahaya dengan menambahkan algoritma pemrosesan gambar yang lebih canggih, seperti machine learning, atau menggunakan lensa yang lebih sensitif terhadap cahaya.
c. Peningkatan Pengelolaan Daya: Mengingat perangkat menggunakan baterai, disarankan untuk mengimplementasikan sistem pengelolaan daya yang lebih efisien, seperti mode hemat energi, agar perangkat dapat bekerja lebih lama dengan daya yang minimal.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Sopyan and M. Noviansyah, “PENGAMANAN LEMARI PENYIMPANAN MENGGUNAKAN SIDIK JARI DENGAN NOTIFIKASI EMAIL BERBASIS IOT,” *Akrab Juara J. Ilmu-Ilmu Sos.*, vol. 8, no. 2, p. 215, May 2023, doi: 10.58487/akrabjuara.v8i2.2103.
[2] F. M Darwin, “Polisi tangkap seorang residivis perampokan rumah kosong di Makassar,” Antara News Makassar. Accessed: Mar. 17, 2024. [Online]. Available: https://makassar.antaranews.com/berita/511533/polisi-tangkap-seorang-residivis-perampokan-rumah-kosong-di-makassar
[3] E. P. Lumbanraja, S. Saniman, and T. Tugiono, “Sistem Monitoring Keamanan Brankas Menggunakan Face Recognition Berbasis Mikrokontroler ESP32-CAM,” *J. Sist. Komput. Triguna Dharma JURSIK TGD*, vol. 2, no. 3, Art. no. 3, May 2023, doi: 10.53513/jursik.v2i3.6560.
[4] M. A. Juniawan and A. H. Rismayana, “PROTOTIPE SMART DOOR LOCK BERBASIS INTERNET OF THINGS:,” *JATI J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 5, Art. no. 5, Sep. 2024, doi: 10.36040/jati.v8i5.11148.

[5] I. P. Sari, F. Ramadhani, A. Satria, and D. Apdilah, "Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Pengenalan Wajah menggunakan Algoritma PCA dan Viola Jones," *Hello World J. Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 3, Art. no. 3, Oct. 2023, doi: 10.56211/helloworld.v2i3.346.
[6] I. W. Aprilia, A. E. Kristiyono, T. Pribadi, S. Sonhaji, and W. M. Sandi, "Prototype Pendeteksi Beban Berlebih Untuk Keamanan Operasi Hydraulic Crane Di Kapal Penumpang," *J. Tek. Mesin Ind. Elektro Dan Inform.*, vol. 3, no. 3, pp. 15–31, Jul. 2024, doi: 10.55606/jtmei.v3i3.4082.
[7] P. I. Fabiddunya, A. Amini, A. E. G. Saputra, Z. Saputra, and R. Afriansyah, "Optimisasi Sistem Manajemen Transaksi Pada Stasiun Pengisian Listrik Berbasis Website," *J. Inov. Teknol. Terap.*, vol. 2, no. 1, Art. no. 1, Feb. 2024, doi: 10.33504/jitt.v2i1.194.
[8] M. P. P. Pratama, M. Martias, and H. Adianto, "Alat Keamanan Menggunakan Sensor Gerak Dengan ESP32 Cam Berbasis Iot," *INSANtek*, vol. 4, no. 2, Art. no. 2, Nov. 2023, doi: 10.31294/insantek.v4i2.2117.
[9] 190211050 Ihsanul Firja, "Pengembangan Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Sensor Gerak Dan Sensor Magnet Dengan ESP32-Cam Berbasis Telegram," other, UIN Ar-Raniry Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, 2024. Accessed: Mar. 17, 2025. [Online]. Available: https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/34683/
[10] A. Zakiah, "SISTEM KEAMANAN RUANG SERVER MENGGUNAKAN TEKNOLOGI BIOMETRIK FACE RECOGNITION DAN FINGERPRINT," *J. Elektro Kontrol ELKON*, vol. 3, no. 2, pp. 44–54, Dec. 2023, doi: 10.24176/elkon.v3i2.9702.
[11] H. A. Kusuma, S. B. Wijaya, and D. Nusyirwan, "SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS ESP32-CAM DAN TELEGRAM SEBAGAI NOTIFIKASI," *Infotronik J. Teknol. Inf. Dan Elektron.*, vol. 8, no. 1, pp. 30–38, Jun. 2023, doi: 10.32897/infotronik.2023.8.1.2291.