

PROTOTIPE SISTEM KEAMANAN BRANKAS BERBASIS ESP32 CAM DENGAN OTENTIKASI PIN DAN DETEKSI GERAKAN

Iqbal Ardiansyah*, Amirullah Moh Rumutoha, Abdillah Raka Sakti, Erwin Apriliyanto

¹Teknik Komputer, Universitas Muhammadiyah Karanganyar

*iqbalardiansyah326@gmail.com**, *amirullah4774@gmail.com*, *abdillahrakasakti@gmail.com*,
itanaliserwin@gmail.com

Received: 2026-01-04 | Accepted: 2026-03-24 | Published: 2026-03-26

Abstrak

Tingginya risiko pencurian terhadap aset berharga menuntut adanya sistem penyimpanan yang lebih andal, mengingat brankas konvensional dengan kunci fisik atau kombinasi masih memiliki celah keamanan yang rentan dimanipulasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem keamanan brankas berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32-CAM yang dilengkapi fitur otentikasi PIN dan deteksi gerakan. Metode penelitian yang diterapkan adalah prototyping dengan pendekatan eksperimental yang meliputi perancangan arsitektur sistem, implementasi perangkat keras, dan pengujian fungsionalitas. Sistem ini mengintegrasikan keypad untuk verifikasi PIN, sensor PIR untuk mendeteksi ancaman gerakan, serta kamera ESP32-CAM untuk pengambilan bukti visual. Keamanan ditingkatkan melalui mekanisme notifikasi real-time ke Telegram dan pencatatan riwayat aktivitas pada database Firebase. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi otentikasi PIN sebesar 100% pada variasi 4–8 digit. Fitur deteksi gerakan mampu bekerja optimal hingga jarak 150 cm dengan keberhasilan 100%. Selain itu, sistem berhasil mengirimkan notifikasi peringatan beserta bukti foto ke Telegram dengan rata-rata waktu respons di bawah 5 detik. Penelitian ini berkontribusi dalam meminimalkan risiko pembobolan brankas melalui integrasi pemantauan visual otomatis dan sistem peringatan dini jarak jauh.

Kata kunci: *brankas, ESP32CAM, IoT, keamanan, sensor PIR.*

Abstract

The high risk of theft of valuable assets requires a more reliable storage system, given that conventional safes with physical keys or combinations still have security gaps that are vulnerable to manipulation. This study aims to design and implement a prototype of an Internet of Things (IoT)-based safe security system using ESP32-CAM equipped with PIN authentication and motion detection features. The research method applied is prototyping with an experimental approach that includes system architecture design, hardware implementation, and functionality testing. This system integrates a keypad for PIN verification, a PIR sensor to detect motion threats, and an ESP32-CAM camera for visual evidence capture. Security is enhanced through a real-time notification mechanism to Telegram and recording of activity history in the Firebase database. Test results show that the system has a PIN authentication accuracy rate of 100% for 4-8 digit variations. The motion detection feature is able to work optimally up to a distance of 150 cm with 100% success. Additionally, the system successfully sends warning notifications along with photo evidence to Telegram with an average response time under 5 seconds. This research contributes to minimizing the risk of safe break-ins through the integration of automated visual monitoring and a remote early warning system.

Keywords: *safe, ESP32CAM, IoT, security, PIR sensor.*

1. Pendahuluan

Brankas merupakan sarana penyimpanan yang umum digunakan untuk melindungi barang berharga yang diklaim simpel namun mempunyai resiko yang tinggi[1]. Tingginya tingkat kriminalitas, khususnya kasus pencurian barang berharga, telah mendorong kebutuhan akan sistem keamanan yang lebih canggih dan terintegrasi, terutama untuk tempat penyimpanan berharga seperti brankas. Brankas merupakan solusi praktis untuk melindungi dokumen penting, uang, dan perhiasan dari bahaya kebakaran maupun upaya pembongkaran. Namun, brankas konvensional yang sering kali hanya mengandalkan kunci kombinasi atau

kunci fisik memiliki risiko keamanan yang tinggi, seperti kemungkinan duplikasi kunci, kehilangan, atau mudahnya dibobol dengan mendengarkan suara "klik" [2][3].

Seiring dengan kemajuan teknologi, konsep Internet of Things (IoT) telah menawarkan solusi signifikan dalam meningkatkan keamanan dan memungkinkan kontrol serta pemantauan sistem secara real-time dari jarak jauh. IoT memungkinkan objek-objek fisik untuk mengirimkan data melalui jaringan tanpa intervensi manusia, menjadikannya media yang ideal untuk sistem keamanan modern [4][5]

Penelitian [6][7] mengusulkan pengembangan sistem keamanan brankas berlapis yang memanfaatkan modul IoT yang terintegrasi. Sistem ini dirancang untuk mengatasi kelemahan keamanan konvensional dengan menggabungkan beberapa metode pengamanan. Metode otentikasi utama yang digunakan adalah *input* PIN (*Personal Identification Number*) melalui keypad. Meskipun PIN menawarkan lapisan keamanan, sistem keamanan perlu dilengkapi dengan fitur deteksi ancaman lain[6][7].

Untuk lapisan keamanan tambahan dan kemampuan pemantauan, sistem ini mengintegrasikan Sensor PIR (*Passive Infrared*) dan modul ESP32-CAM. Sensor PIR digunakan sebagai pendeteksi gerakan di sekitar brankas, yang berfungsi untuk meminimalisir tindak pencurian dengan mendeteksi objek (manusia) yang mencoba mengakses brankas tanpa izin [8]. Peran ESP32-CAM sangat krusial karena merupakan modul pengembangan yang mengintegrasikan mikrokontroler berkemampuan WiFi/Bluetooth dan modul kamera. Mikrokontroler, seperti Arduino Mega 2560 atau ESP8266/ESP32, berfungsi sebagai pusat pemrosesan yang mengendalikan semua *input* dan *output* sistem[9]. Dengan adanya ESP32-CAM, sistem mampu mengambil gambar atau video secara langsung, dan mengirimkan notifikasi beserta bukti visual ke pengguna, misalnya melalui aplikasi Telegram, segera setelah gerakan terdeteksi atau terjadi upaya pembobolan [10].

Integrasi ini bertujuan untuk memberikan keamanan ekstra dan deteksi dini terhadap ancaman. Ketika PIN yang benar dimasukkan dan/atau sensor tidak mendeteksi ancaman, sistem akan mengaktifkan aktuator seperti Solenoid *Doorlock* untuk membuka pengunci brankas)[11][12]. Dengan demikian, penelitian perancangan sistem keamanan brankas berbasis ESP32-CAM dengan otentikasi PIN dan deteksi gerakan ini diharapkan dapat memaksimalkan keamanan brankas dan meminimalisir tindakan pencurian dengan menyediakan pemantauan yang komprehensif [13].

Integrasi dengan Telegram sebagai layanan cloud dan pesan terbukti efektif dalam penyampaian informasi secara cepat dan akurat kepada pengguna. Selain itu, pengguna dapat mengakses riwayat aktivitas keamanan yang bisa dijadikan bahan evaluasi dan peningkatan keamanan karena adanya pencatatan data ke database[14][15].

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa integrasi teknologi IoT mampu meningkatkan efisiensi, keandalan, dan akurasi sistem monitoring secara real-time, sebagaimana ditunjukkan pada implementasi IoT untuk optimalisasi sistem terintegrasi[16].

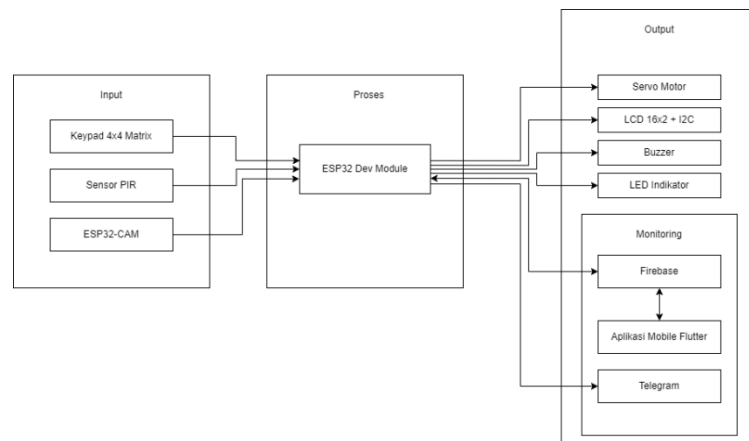
2. Metode Penelitian

Penelitian Metode penelitian ini menggunakan metode prototyping dengan pendekatan eksperimental, karena penelitian ini fokus pada perancangan, pembuatan, dan pengujian kinerja sistem keamanan brankas berbasis IoT yang memungkinkan proses pengembangan perangkat dilakukan secara struktur mulai dari analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, dan pengujian performa sistem. Pendekatan eksperimental digunakan untuk mengevaluasi tingkat keberhasilan autentikasi PIN, akurasi deteksi gerakan, waktu respon pengambilan gambar oleh ESP32-CAM, serta kecepatan pengiriman notifikasi kepada pengguna.

Subjek penelitian ini adalah prototipe sistem keamanan brankas pintar yang berbasis ESP32-CAM. Objek pengujian difokuskan pada uji fitur keamanan yang meliputi modul keypad 4x4, sensor PIR, dan kamera ESP32-CAM. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berupa data kuantitatif, yaitu status keberhasilan login PIN, jarak jangkauan deteksi gerakan (cm), serta waktu tunda (delay) pengiriman notifikasi ke Telegram (detik).

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Perangkat keras terdiri dari modul ESP32-CAM, sensor PIR, servo motor, dan buzzer. Perangkat lunak mencakup Arduino IDE untuk pemrograman mikrokontroler, aplikasi Telegram untuk notifikasi, Firebase untuk manajemen basis data dan Fultter sebagai aplikasi mobile utama. Selain itu, skenario pengujian digunakan sebagai instrumen untuk memvalidasi fungsi sistem dalam berbagai kondisi.

Prosedur penelitian dilakukan melalui empat tahap sistematis, yaitu: (1) Perancangan, meliputi desain diagram blok dan skema rangkaian elektronik sistem. (2) Implementasi, yaitu perakitan komponen perangkat keras, pembuatan kode program dan pembuatan aplikasi mobile. (3) Pengujian, dilakukan dengan menguji variasi panjang PIN dan jarak deteksi sensor PIR, serta (4) Evaluasi, yaitu menganalisis data hasil pengujian untuk menentukan tingkat akurasi dan responsivitas sistem.

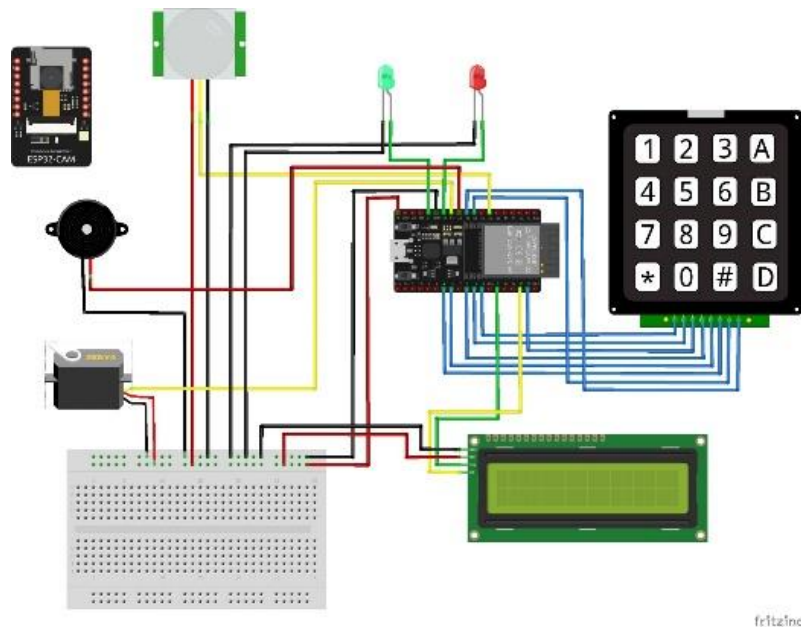


Gambar 1. Diagram Blok

Pada Gambar 1 diagram blok tersebut menunjukkan arsitektur sistem *smart* brankas berbasis ESP32 yang terdiri dari beberapa bagian seperti input, output, dan monitoring yang saling terintegrasi. Pada bagian input, sistem menerima data dari *keypad* matrik 4x4 sebagai media memasukkan PIN, sensor PIR untuk mendeteksi gerakan di sekitar brankas, serta ESP32-CAM yang berfungsi mengambil gambar sebagai dokumentasi visual. Seluruh data tersebut diproses oleh ESP32 *Dev module* yang bertindak sebagai pusat kendali untuk melakukan pengolahan data, pengambilan keputusan, dan pengaturan komunikasi.

Hasil pemrosesan kemudian diteruskan ke bagian output berupa servo motor sebagai pengunci brankas, LCD 16x2 I2C untuk menampilkan informasi status, *buzzer* sebagai alarm peringatan, dan LED indicator sebagai penanda kondisi sistem. Selain itu, sistem juga terhubung dengan modul monitoring yang meliputi Firebase sebagai database penyimpanan data dan log aktivitas, aplikasi mobile berbasis Flutter untuk pemantauan jarak jauh, serta Telegram sebagai media.

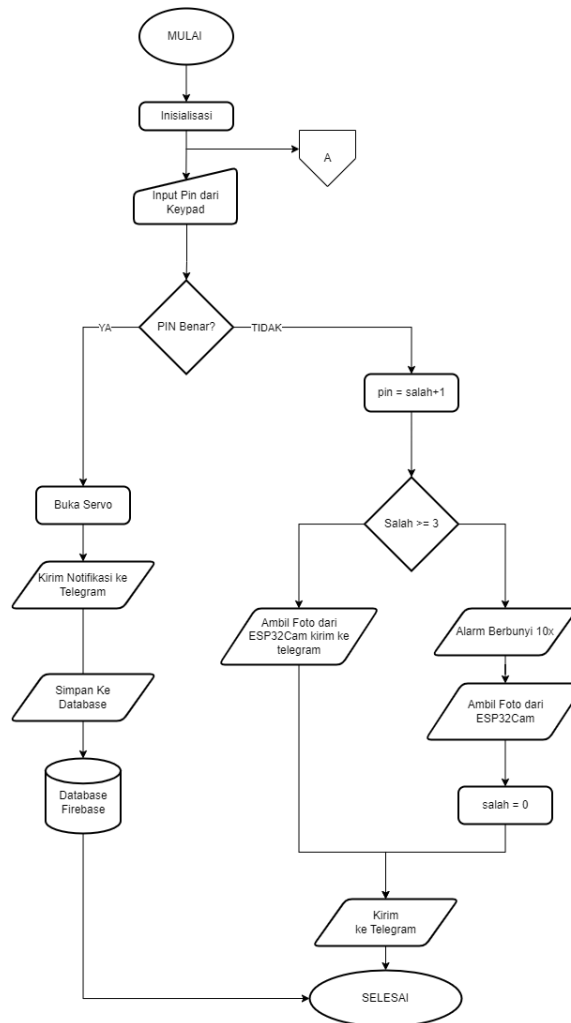
Rangkaian perangkat keras dari terdiri dari beberapa komponen yang di tampilkan pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Skema Rangkaian.

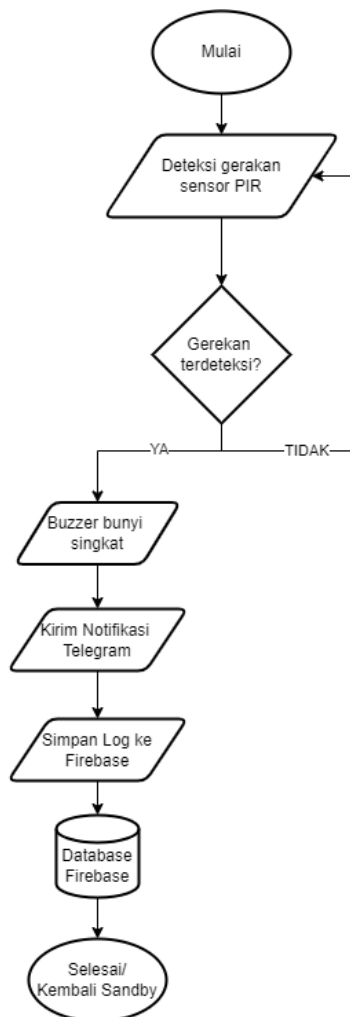
Gambar 2 merupakan skema rangkaian Dimana ESP32 sebagai mikrokontroler utama pada rangkaian yang berfungsi sebagai pusat data dan pengendalian seluruh perangkat yang terhubung pada ESP32[17]. Sensor PIR digunakan untuk mendeteksi gerakan berdasarkan infrared radiasi di sekitar brankas[18]. ESP32-CAM yang dilengkapi kamera yang berfungsi untuk mengambil foto dan *live stream* ketika terdeteksi gerakan di sekitar brankas[19]. Keypad 4x4 perangkat input yang digunakan untuk memasukkan PIN, terdiri dari 16 tombol , setiap penekanan tombol akan dibaca oleh ESP32 sebagai input digital[7].

LCD 16x2 (I2C) yang berfungsi untuk menampilkan informasi kepada pengguna. LCD ini menampilkan pesan seperti instruksi memasukkan PIN, status akses berhasil atau gagal, dan informasi lainnya[20]. Motor Servo berfungsi sebagai pengunci pintu pada brankas. Dengan memasukkan PIN yang benar, motor servo akan kembali ke posisi semula[21]. Buzzer pada rangkaian ini berfungsi sebagai indikator suara. Buzzer akan menghasilkan bunyi sebagai tanda peringatan atau notifikasi, misalnya saat memasukkan PIN atau terdeteksi gerakan[22]. Lampu LED merah dan hijau berfungsi sebagai indikator saat memasukkan PIN benar atau salah, misal ketika pengguna memasukkan PIN yang benar, lampu LED hijau akan menyala. Sebaliknya, jika memasukkan PIN yang salah lampu LED berwarna merah akan menyala, dan juga disaat terdeteksi gerakan maka lampu LED merah akan menyala[23].



Gambar 3. Diagram Alir Sistem Utama Brankas

Pada Gambar 3 ini dapat dilihat alur kerja sistem keamanan smart brankas berbasis ESP32 dengan autentifikasi PIN, kamera ESP32-CAM, alarm *buzzer*, serta integrasi notifikasi Telegram dan database Firebase. Proses dimulai saat sistem diaktifkan dan melakukan inisialisasi seluruh komponen, meliputi ESP32, *keypad*, servo, buzzer, ESP32-CAM, serta koneksi jaringan, sekaligus terhubung dengan modul keamanan tambahan melalui konektor A. setelah itu, sistem menunggu input PIN dari *keypad* untuk diverifikasi. Jika PIN yang dimasukkan benar, servo akan membuka kunci brankas dan notifikasi dikirim ke Telegram, dan data akses disimpan ke Firebase sebagai log keamanan, kemudian proses diakhiri. Sebaliknya, jika PIN salah, Sistem akan menambah penghitung kesalahan dan mengevaluasi jumlah percobaan gagal. Apabila kesalahan masih di bawah tiga kali, ESP32-CAM akan mengambil foto di sekitar brankas dan mengirimkannya ke Telegram sebagai peringatan. Namun, jika kesalahan telah mencapai atau melebihi tiga kali akan memicu *buzzer* berbunyi.



Gambar 4. iagram Alir Logika Deteksi Gerakan Sensor PIR

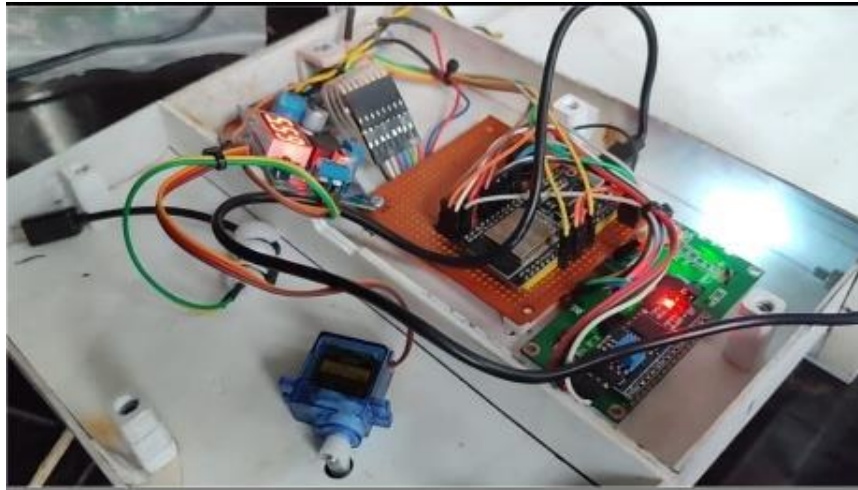
Pada Gambar 4 menjelaskan alir kerja sistem pendeteksi gerakan berbasis sensor PIR sebagai lapisan keamanan tambahan yang terintegrasi dengan sistem utama melalui konektor A. Proses dimulai ketika modul deteksi gerakan aktif, lalu sistem melakukan pemantauan lingkungan di sekitar brankas secara terus menerus dengan sensor PIR. Sistem memeriksa apakah terdapat gerakan yang terdeteksi, jika tidak ada gerakan disekitar brankas, sistem akan kembali ke proses pemantauan sehingga pengawasan berlangsung secara berulang dan *real-time*. Sebaliknya, apabila gerakan terdeteksi, sistem memberikan respon awan berupa bunyi *buzzer* singkat sebagai peringatan local, kemudian mengirimkan notifikasi ke Telegram untuk memberi tahu pengguna tentang adanya aktivitas mencurigakan, serta menyimpan log kejadian beserta informasi waktu dan status deteksi ke database Firebase sebagai catatan keamanan sebelum alur pendeteksi gerakan diakhir.

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk hasil perancangan terdiri dari 2 bagian yaitu perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada perangkat keras berupa fisik dari *smart* brankas. Sedangkan untuk perangkat lunak berupa aplikasi mobile berbasis Flutter.

Hasil Perancangan Perangkat Keras

Berikut adalah tampilan dari perangkat keras *smart* brankas pada Gambar 5 dan Gambar 6



Gambar 5. Bagian Dalam Pintu Prototipe Brankas

Gambar 5 merupakan hasil perancangan bagian dalam pada prototipe brankas sesuai dengan skema rangkaian yang telah dibuat.

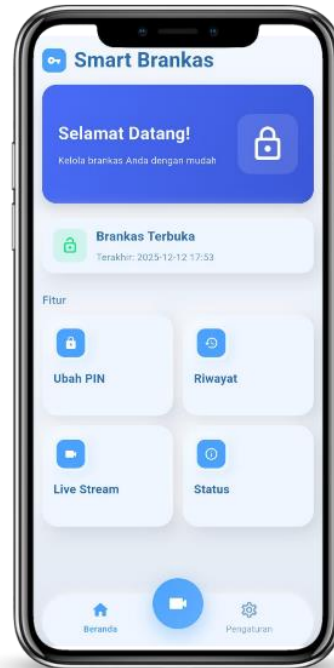


Gambar 6. Bagian Luar Pintu Prototipe Brankas

Pada Gambar 6 memperlihatkan hasil implementasi sistem smart brankas hingga menjadi bentuk prototipe yang dipasang dalam pintu dari brankas.

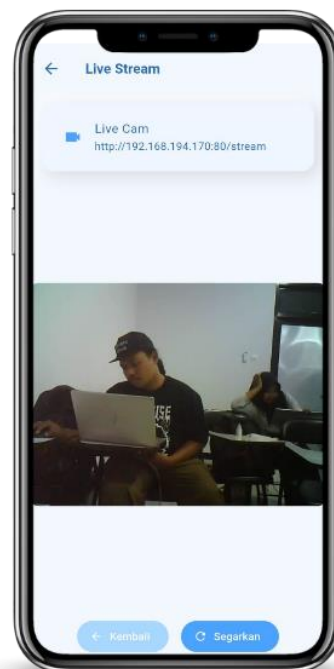
Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Berikut adalah tampilan interface aplikasi dari perancangan perangkat lunak untuk smart brankas pada aplikasi mobile berbasis flutter dan database Firebase yang dapat di lihat pada gambar berikut.



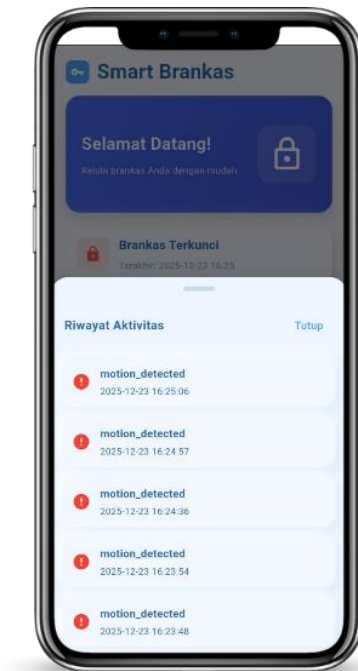
Gambar 7. Interface Beranda Aplikasi

Pada Gambar 7 terdapat tampilan aplikasi mobile berbasis *flutter* yang menyediakan *dashboard* tampilan beranda aplikasi Smart Brankas, terdapat beberapa fitur dan informasi yang tersedia seperti kondisi brankas tertutup atau terbuka, fitur Ubah PIN, Live Stream dan juga Riwayat.



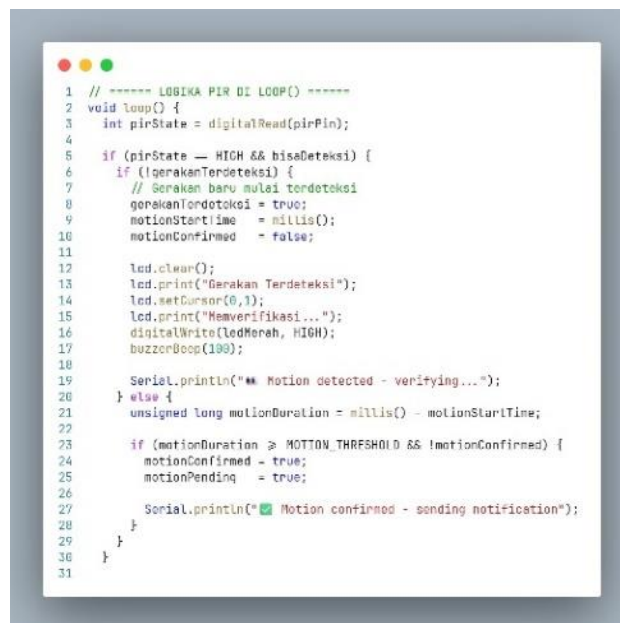
Gambar 8. Live Camera ESP32-CAM

Pada gambar 8 merupakan tampilan dari Live Camera ESP32 CAM, yang dimana menampilkan kondisi di area sekitar brankas secara *real-time*.



Gambar 9. Histori Aktivitas

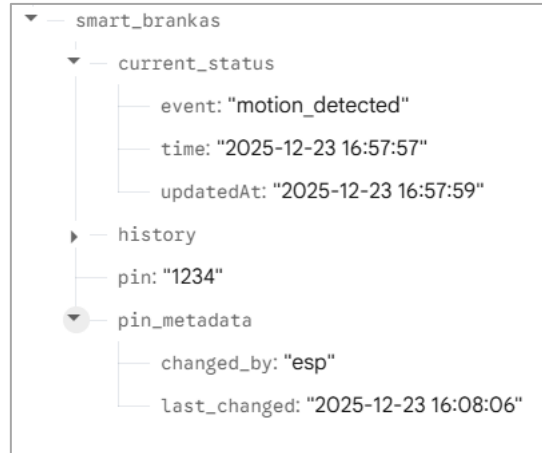
Pada Gambar 9 terdapat tampilan Riwayat Aktivitas, yaitu menampilkan semua histori yang terjadi seperti *motion_detected* atau gerakan terdeteksi dan juga histori lainnya.



Gambar 10. Algoritma Deteksi Gerakan

Pada Gambar 10 menjelaskan Algoritma sensor PIR pada kode tersebut dirancang untuk melakukan pendeteksian gerakan secara dengan menerapkan mekanisme verifikasi berbasis waktu guna mengurangi terjadinya salah deteksi. Sistem membaca status sensor PIR pada setiap siklus *loop()* dan hanya memproses deteksi ketika sistem berada dalam kondisi siap mendeteksi. Saat gerakan terdeteksi pertama kali, sistem mencatat waktu awal deteksi menggunakan *millis()*, menampilkan peringatan pada LCD, mengaktifkan LED merah, serta membunyikan buzzer sebagai alarm awal. Selanjutnya, durasi gerakan dihitung dan dibandingkan dengan nilai ambang batas (*MOTION_THRESHOLD*), apabila durasi tersebut terpenuhi, gerakan dikonfirmasi sebagai valid dan ditandai untuk diproses lebih lanjut, seperti pengiriman notifikasi

keamanan. Algoritma ini memastikan bahwa hanya gerakan yang signifikan yang dianggap sebagai ancaman, sehingga meningkatkan keandalan dan stabilitas sistem keamanan smart brankas.



Gambar 11. Struktur Data Log Firebase

Data log Firebase pada *node smart_brankas* menggambarkan kondisi terkini serta rekaman aktivitas sistem brankas secara terintegrasi. Pada bagian *current_status*, tercatat bahwa peristiwa terakhir yang terjadi adalah *motion_detected*, yang menunjukkan sensor PIR mendeteksi adanya gerakan di sekitar brankas pada waktu tertentu. Atribut *updatedAt* merepresentasikan waktu sinkronisasi data terakhir ke Firebase, sehingga informasi pada *current_status* selalu mencerminkan keadaan terbaru perangkat. Selain itu, nilai pin yang tersimpan menunjukkan PIN aktif yang digunakan dalam proses *otentikasi* pembukaan brankas. Informasi tersebut dilengkapi oleh struktur *pin_metadata*, di mana parameter *changed_by* bernilai *esp* menandakan bahwa perubahan PIN terakhir dilakukan langsung melalui perangkat ESP32, sedangkan *last_changed* mencatat waktu terjadinya perubahan tersebut. Di samping status terkini, *node history* menyimpan catatan setiap kejadian penting yang terjadi pada sistem, seperti deteksi gerakan, perubahan PIN, maupun kondisi keamanan lainnya, lengkap dengan stempel waktu. Dengan demikian, struktur data ini berfungsi sebagai mekanisme pemantauan *real-time* sekaligus sebagai audit trail yang mendukung analisis aktivitas penggunaan dan identifikasi potensi ancaman keamanan pada sistem smart brankas.

Hasil Pengujian

Dilakukan pengujian pada sistem *smart brankas* ini yang tertera pada tabel berikut.

Tabel 1. Pengujian Fungsional Sistem

No	Komponen yang Diuji	Skenario Pengujian	Kondisi Uji	Output yang Diharapkan	Hasil
1	Keypad 4x4	Input PIN benar	PIN sesuai database	Servo membuka kunci, LED hijau menyala, LCD menampilkan "Login Berhasil" & "Brankas Terbuka"	Sesuai
2	Keypad 4x4	Input PIN salah	PIN tidak sesuai	Buzzer berbunyi singkat, LED merah menyala, LCD menampilkan "PIN Salah!"	Sesuai
3	Motor Servo	Autentikasi berhasil	PIN benar	Kunci brankas terbuka	Sesuai
4	Motor Servo	Autentikasi gagal	PIN salah	Kunci tetap tertutup	Sesuai
5	ESP32-CAM	Live streaming aktif	Sistem online	Video real-time dapat diakses melalui aplikasi	Sesuai
6	ESP32-CAM	Kesalahan input PIN	PIN salah dimasukkan	Kamera mengambil foto otomatis	Sesuai
7	Telegram	Kesalahan autentikasi	PIN salah	Foto hasil tangkapan dikirim ke Telegram	Sesuai
8	Buzzer	Percobaan PIN ≥ 3	Kesalahan berulang	Buzzer berbunyi 10x sebagai alarm	Sesuai
9	LCD I2C	Status sistem	Berbagai kondisi	Menampilkan instruksi dan informasi sistem	Sesuai

10	LED Indikator	Status akses	Benar / Salah	LED hijau atau merah menyala	Sesuai
----	---------------	--------------	---------------	------------------------------	--------

Berdasarkan hasil pengujian fungsional pada Tabel 1, seluruh komponen sistem smart brankas berbasis ESP32-CAM dapat berfungsi sesuai dengan perancangan. Proses autentikasi PIN melalui keypad berhasil memicu aksi yang tepat, yaitu pembukaan kunci menggunakan motor servo ketika PIN benar, serta penolakan akses ketika PIN salah. Sistem juga mampu mengaktifkan buzzer sebagai alarm lokal dan mengirimkan notifikasi melalui Telegram saat terjadi kesalahan autentikasi. Selain itu, fitur ESP32-CAM berfungsi dengan baik dalam menampilkan live streaming serta mengambil gambar secara otomatis ketika PIN dimasukkan secara salah. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa integrasi antar perangkat keras dan perangkat lunak berjalan stabil, sehingga sistem secara fungsional telah memenuhi kebutuhan sebagai sistem keamanan brankas pintar.

Tabel 2. Pengujian Akurasi Autentikasi PIN (Variasi Panjang PIN 4–8 Digit)

No	PIN (Digit)	Jumlah Percobaan	PIN Benar	PIN Salah	Akurasi (%)	Rata-rata Delay (Detik)		Total Delay (detik)
						Servo	Telegram	
1	4 digit	10	10	0	100	0,965	2,896	3,861
2	5 digit	10	10	0	100	1,218	2,719	3,937
3	6 digit	10	9	1	90	0,996	3,034	4,03
4	7 digit	10	7	3	70	0,81	3,187	3,997
5	8 digit	10	7	3	70	0,723	3,378	4,101

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, sistem autentikasi PIN mampu bekerja dengan baik pada variasi panjang PIN 4 hingga 8 digit. Pada kondisi PIN benar, sistem memberikan akses dengan membuka kunci brankas menggunakan motor servo dan secara bersamaan mengirimkan notifikasi ke Telegram dengan pesan bahwa brankas telah terbuka. Waktu pengiriman notifikasi tersebut diukur sebagai delay notifikasi Telegram, yang menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan informasi akses secara real-time kepada pengguna. Pada kondisi PIN salah, sistem tetap mempertahankan status brankas dalam keadaan terkunci dan tidak mengaktifkan buzzer. Sebagai gantinya, sistem mengirimkan notifikasi foto hasil tangkapan ESP32-CAM ke Telegram sebagai peringatan visual dari percobaan akses yang tidak sah. Penurunan nilai akurasi pada PIN dengan digit lebih panjang disebabkan oleh meningkatnya kemungkinan kesalahan input oleh pengguna, bukan karena kegagalan sistem dalam memverifikasi PIN. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem tidak hanya mampu mengontrol akses fisik brankas, tetapi juga memberikan notifikasi yang konsisten dan informatif pada setiap kondisi autentikasi.

Tabel 3. Pengujian Sensor PIR (Deteksi gerakan)

No	Jarak Objek (cm)	Status Gerakan	Aktivasi Buzzer (detik)	Waktu Notifikasi Telegram (detik)	Total Delay (detik)
1	25	Terdeteksi	0,47	3,49	3,96
2	50	Terdeteksi	0,43	3,56	3,99
3	100	Terdeteksi	0,4	3,4	3,8
4	150	Terdeteksi	0,54	3,82	4,36
5	200	Terdeteksi	0,61	3,49	4,1
6	250	Tidak terdeteksi	-	-	-

Berdasarkan hasil pengujian sensor PIR pada Tabel 3, sistem mampu mendeteksi gerakan secara optimal hingga jarak hingga 150 cm, ditandai dengan aktivasi buzzer yang cepat dan pengiriman notifikasi Telegram yang konsisten. Pada jarak 200 cm, sensor masih dapat mendeteksi gerakan, namun waktu aktivasi buzzer dan delay notifikasi cenderung meningkat, sehingga menunjukkan penurunan sensitivitas sensor. Sementara itu, pada jarak 250 cm sensor tidak lagi mampu mendeteksi gerakan, yang mengindikasikan batas efektif jangkauan sensor PIR dalam sistem ini. Hasil tersebut menunjukkan bahwa

sensor PIR efektif digunakan sebagai lapisan keamanan tambahan, terutama pada jarak dekat hingga menengah, untuk memberikan peringatan dini terhadap potensi akses tidak sah.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem smart brankas berbasis ESP32-CAM memiliki performa yang stabil dan andal. Setiap komponen utama, mulai dari autentikasi PIN, sensor PIR, hingga mekanisme notifikasi, bekerja secara terintegrasi dan saling mendukung. Sistem mampu memberikan respon lokal dan jarak jauh secara cepat, sehingga layak digunakan sebagai sistem keamanan brankas pintar berbasis IoT

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem keamanan brankas berbasis ESP32-CAM dengan otentikasi PIN dan deteksi gerakan berhasil dikembangkan dan berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem mampu melakukan autentikasi akses menggunakan PIN melalui keypad dengan tingkat akurasi yang baik, serta memberikan respon yang tepat berupa pembukaan kunci menggunakan motor servo ketika PIN benar dan penolakan akses ketika PIN salah. Integrasi sensor PIR sebagai lapisan keamanan tambahan terbukti efektif dalam mendeteksi gerakan di sekitar brankas, khususnya pada jarak hingga 150 cm, dan mampu memberikan peringatan dini melalui buzzer serta notifikasi Telegram secara real-time. Selain itu, penggunaan ESP32-CAM memungkinkan sistem untuk mengambil gambar dan melakukan pemantauan visual, sehingga meningkatkan tingkat keamanan dengan menyediakan bukti visual terhadap upaya akses tidak sah. Penerapan Firebase sebagai media penyimpanan data dan log aktivitas juga mendukung fungsi monitoring dan audit trail, sehingga pengguna dapat melakukan evaluasi keamanan berdasarkan histori kejadian yang tersimpan. Secara keseluruhan, sistem ini berpotensi diaplikasikan sebagai solusi keamanan brankas pintar yang lebih aman, informatif, dan mudah dipantau dari jarak jauh. Untuk pengembangan selanjutnya, sistem dapat ditingkatkan dengan penambahan metode autentikasi lain seperti sidik jari atau pengenalan wajah, peningkatan kualitas kamera, serta optimalisasi keamanan jaringan untuk mencegah potensi serangan siber pada sistem IoT.

Daftar Pustaka

- [1] T. F. P. Siallagan and M. Alghifari, "MACHINE LEARNING PENGAMAN BRANKAS BERBASIS IoT MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA NAIVE BAYES PADA PLATFORM THINGSPEAK," *J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 17, no. 1, pp. 29–37, 2023.
- [2] M. Puji, P. Pratama, and H. Adiarto, "Alat Keamanan Menggunakan Sensor Gerak Dengan ESP32 Cam Berbasis Iot," *Insa. – J. Inov. dan Sains Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, 2023, doi: <https://doi.org/10.31294/insantek.v4i2.2117>.
- [3] S. Teknika *et al.*, "Perancangan sistem keamanan brankas dengan verifikasi password dan sidik jari berbasis iot," *Sigma Tek.*, vol. 5, no. 1, pp. 100–107, 2022.
- [4] N. Pitaloka, A. M. H. Pardede, and H. Khair, "Design of a Safe Security System Based on Internet of Things Using Face and Fingerprint Detection," *J. Artif. Intell. Eng. Appl.*, vol. 4, no. 1, 2024.
- [5] H. Aziz, I. Suharjo, F. T. Informasi, U. Mercu, and B. Yogyakarta, "Pengembangan Sistem Keamanan Gerbang Rumah Smart Home Berbasis IoT dengan Metode RnD," *Jekin- J. Tek. Inform.*, vol. 4, no. 3, 2024.
- [6] M. Nida, R. Nurazizah, M. F. Basyari, and V. A. Gunawan, "Sistem Keamanan Rumah Berbasis Internet of Things Menggunakan Metode Rapid Application Development," *INFOTEKJurnal Tek. Inform.*, vol. 7, no. 2, pp. 390–399, 2024.
- [7] E. Alfonsius, A. S. Ruitan, D. Liuw, S. Informasi, and U. S. Ratulangi, "Pengembangan Sistem Keamanan Pintu Menggunakan Metode Prototype Berbasis RFID dan Keypad 4x4 dengan Arduino Nano," *J. Ilm. Inform. DAN ILMU Komput.*, vol. 3, no. September, pp. 110–123, 2024.
- [8] J. Waworundeng, L. Doni, and C. Alan, "Implementasi Sensor PIR sebagai Pendeteksi Gerakan untuk Sistem Keamanan Rumah menggunakan Platform IoT Implementation of PIR Sensor as Motion Detector for Home Security System using IoT Platform," *Cogito Smart J.*, 2017.
- [9] A. Wihandanto, A. J. Taufiq, and W. Dwiono, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Smart Parking Berbasis Iot Menggunakan Node Mcu Esp82 66," *J. Tek. Elektro dan Komput. TRIAC*, vol. 8, no. 1, pp. 2–6, 2021.
- [10] F. Asisi, R. Bayu, E. Firmansyah, F. Identification, and N. Esp, "Perancangan Alat Keamanan Brankas Menggunakan RFID dan Alarm Buzzer Berbasis Internet Of Things Dengan Notifikasi Telegram," *J. Teknol. Inf.*, vol. 8, no. 2, 2022.
- [11] A. Hakim *et al.*, "Perancangan Smart Door Lock System dengan Multi Sensor untuk Sistem Keamanan Rumah," *J. Ilm. Elektrotek.*, no. November, pp. 333–342, 2023.
- [12] T. D. Hendrawati and M. M. Faroj, "Rancang Bangun Doorlock System dengan Masker Detektor Menggunakan Webcam V8," *J. Ilm. KOMPUTASI*, vol. 22, pp. 295–301, 2023.
- [13] D. S. Firdaus and Y. Al Fansah, "DESAIN PEMBUATAN PENGAMAN PINTU MENGGUNAKAN ARDUINO DAN KEYPAD," *METHOMIKA J. Manaj. Inform. Komputerisasi Akunt.*, vol. 4, no. 1, pp. 32–36, 2020.

- [14] M. K. Ikhsan and I. P. Sari, "Perancangan Sistem Keamanan Kamar Kos Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Menggunakan Wemos D1 Mini dan Sensor Pintu , serta Integrasi Pemberitahuan Melalui Telegram," *Blend Sains J. Tek.*, 2025.
- [15] T. F. Siallagan, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Terhadap Kunci Ruangan Berbasis Bot Telegram Menggunakan Mikrokontroler Esp8266," *Jt. (Journal Inf. Technol.*, vol. 02, no. 02, pp. 45–54, 2020.
- [16] E. Apriliyanto, D. F. Nugroho, W. Kurniawan, R. I. Putra, and M. Yusuf, "Optimalisasi Sistem Dompot Kurban Terintegrasi Peternakan Modern Berbasis AI-IoT dengan Teknologi YOLO," *FASILKOM (teknologi Inf. dan Ilmu KOMputer)*, vol. 14, no. 3, pp. 688–694, 2024.
- [17] D. Ramadhan, A. Hakim, and D. Ruri Irawati, "SISTEM PEMANTAUAN DAN KEAMANAN PADA TOKO BERBASIS MIKROKONTROLER ESP32 DEVKIT V1, ESP32 CAM AI THINKER, SENSOR AM312 DAN BUZZER BERBASIS IOT," *J. Inf. Syst. Informatics Comput.*, vol. 9, no. 1, pp. 191–199, 2025, doi: 10.52362/jisicom.v9i1.1926.
- [18] R. D. Putra and R. Mukhaiyar, "Perancangan Sistem Pemantau Keamanan Rumah Dengan Sensor Pir dan Kamera Berbasis Mikrokontroler dan Internet Of Things (IoT)," *Ranah Res. J. Multidiscip. Res. Dev.*, vol. 4, no. 2, 2022.
- [19] L. Cakrayuda, M. R. Arhicadhie, A. S. Putra, U. Pertahanan, and R. Indonesia, "SICEMOT : SISTEM KEAMANAN CERDAS BERBASIS ESP32-CAM , SENSOR GERAK , DAN NOTIFIKASI," *JITET(Jurnal Inform. dan Tek. Ter.*, vol. 13, no. 2, 2025.
- [20] A. Sumaedi, F. R. Rosman, and F. Fiqri, "Perancangan Sistem Keamanan Pendeteksi Gas dalam Ruangan menggunakan Sensor Gas Mq-2 Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3," *J. Sist. Komput. dan Kecerdasan Buatan*, 2024.
- [21] Uswatun Hasanah, Abd. Ghofur and Firman Santoso, "RANCANG BANGUN PROTOTYPE SISTEM KEAMANAN RUANG SERVER," *STORAGE – J. Ilm. Tek. dan Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 3, pp. 233–241, 2025.
- [22] Y. R. Setiawan and H. Hutapea, "RANCANG BANGUN SISTEM ALARM KEBAKARAN TERINTEGRASI BERBASIS ARDUINO," *J. Kaji. Tek. ELEKTRO*, vol. 1, pp. 12–19, 2021.
- [23] Y. Rahmawati, I. U. Vistalina Simanjutak, and R. Bayu Simorangkir, "Rancang Bangun Purwarupa Sistem Peringatan Pengendara Pelanggar Zebra Cross Berbasis," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, pp. 189–195, 2022.