

PENERAPAN INTERNET OF THINGS (IOT) UNTUK MERANCANG SISTEM KEAMANAN PADA BRANKAS MENGGUNAKAN ESP32-CAM DAN KEYPAD

Anjang Pangestu Selokaton, Agus Herwanto

Teknik Informatika, Universitas Esa Unggul

Jl. Harapan Indah Boulevard No.2 Pusaka Rakyat Kabupaten Bekasi, Indonesia

anjangpangestu2304@gmail.com

ABSTRAK

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang memungkinkan pengiriman informasi melalui jaringan tanpa interaksi langsung antara manusia atau manusia dengan komputer. Menurut laporan *World Economic Forum*, pada tahun 2025, 9% perusahaan global akan menggunakan teknologi IoT. Kementerian Komunikasi dan Informatika mencatat sekitar 400 juta perangkat IoT pada tahun 2022, dan diperkirakan meningkat menjadi 678 juta pada tahun 2025. Perkembangan IoT telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai bidang, termasuk sistem keamanan. Agen Alif, penjual minuman dan gas 3kg, menghadapi masalah keamanan penyimpanan uang di area dengan tingkat kejahatan tinggi. Untuk mengatasi masalah ini, dirancang sistem keamanan brankas berbasis IoT dengan pengenalan wajah dan penginputan *password*. Sistem ini dilengkapi dengan buzzer dan notifikasi melalui aplikasi Telegram. Komponen yang digunakan meliputi ESP32-DevKitC V4, ESP32-CAM, Keypad 4x4 Matrix, Solenoid Door Lock, Relay, LCD 1602 I2C, LED Merah, LED Hijau, dan Buzzer. Metode yang digunakan adalah *Prototype*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua komponen bekerja dengan baik, aplikasi Telegram dapat mengirim dan menerima notifikasi dari *board*, dan ESP32-CAM efektif sebagai sistem keamanan brankas dan pemantau jarak jauh, meskipun memerlukan penguat sinyal untuk koneksi WiFi yang stabil. ESP32-DevKitC-V4 mudah diimplementasikan dan cocok untuk proyek IoT. Sistem ini efektif untuk mengamankan brankas.

Kata kunci: Sistem Keamanan Brankas, Internet of Things, ESP32-DevKitC, Keypad 4x4 Matrix, Telegram

1. PENDAHULUAN

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang mampu untuk mengirim informasi melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi dua arah antara manusia atau manusia dengan komputer. IoT akan terus mengalami perkembangan mengikuti kemajuan teknologi dan internet. Menurut laporan *World Economic Forum* tentang “*The Future of Jobs Report 2020*” menyatakan, pada tahun 2025, 9% perusahaan di seluruh dunia pasti menggunakan teknologi IoT. Selain itu, menurut Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kemenkominfo) pada tahun 2022, terdapat sekitar 400 juta perangkat IoT, yang diperkirakan akan terus meningkat menjadi 678 juta perangkat pada tahun 2025.

Berdasarkan data tersebut, perkembangan IoT pada era digital sekarang ini begitu pesat. Oleh karena itu perlu adanya transformasi dari sistem manual menjadi sistem digital dengan memanfaatkan teknologi IoT. Teknologi IoT telah banyak diimplementasikan ke dalam berbagai aspek, salah satu aspeknya yaitu pada sistem keamanan. Pada era sekarang ini, tingkat kriminalitas semakin meningkat setiap tahunnya. Menurut Badan Pusat Statistik, tingkat kriminalitas di Indonesia sempat mengalami penurunan dari 247.218 kejadian di tahun 2020 menjadi 239.481 kejadian di tahun 2021. Tetapi pada tahun 2022 meningkat drastis menjadi 372.965 kejadian. Dan berdasarkan nilai *crime rate* mengalami penurunan dari 94 di tahun 2020 menjadi 90 di tahun 2021, dan meningkat menjadi 137 di tahun 2022, dari 372.965 kejadian pada tahun 2022 sebanyak 37.192 kejadian pada jenis kejahatan pencurian [1].

Dan para pelaku pencurian sering kali menargetkan lokasi seperti pertokoan, perumahan atau perkantoran dan pelaku pencurian kerap melakukan tindak pencurian ketika daerah sekitar sedang sepi, pemilik sedang tidak berada di tempat, sedang tertidur, malam hari ataupun ketika dini hari.

Berdasarkan data tersebut, sistem keamanan perlu diperhatikan kembali karena dengan memiliki sistem keamanan yang kuat dapat memberikan rasa aman. Dalam hal ini, Agen Alif yang merupakan agen yang menjual berbagai aneka macam minuman seperti air mineral (galon, botol ataupun gelas), minuman berasa (botol ataupun gelas), dan gas 3 kg. Dalam penyimpanan uang, agen ini masih menyimpan uang disebuah laci dengan keamanan yang minim yaitu dengan kunci saja. Agen Alif terletak wilayah yang cukup strategis yaitu didekat dengan kawasan industri marunda, disekitar kawasan tersebut sering terjadi tingkat kejahatan salah satunya pencurian. Dan hal tersebut menjadi kekhawatiran tersendiri bagi Agen Alif.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, untuk memberikan rasa aman dan dalam upaya mengatasi resiko pencurian, maka agen alif membutuhkan sebuah brankas untuk menyimpan uang penjualannya. Brankas merupakan sebuah tempat penyimpanan barang – barang berharga seperti perhiasan, uang, surat-surat berharga dan lainnya. Brankas dipasaran memiliki berbagai model keamanan yaitu keamanan analog, keamanan digital, dan kombinasi. Brankas dengan keamanan analog menggunakan pemutar atau kunci sebagai keamanannya, sedangkan brankas dengan keamanan digital menggunakan perangkat

elektronik yang beragam sebagai keamanannya dan brankas dengan keamanan kombinasi menggunakan kunci dan penginputan pin ataupun pemutar dan penginputan pin sebagai keamanannya. Oleh karena itu, dengan perkembangan teknologi IoT saat ini, penggunaan brankas dengan keamanan digital sangat direkomendasikan, tetapi brankas keamanan digital saja kurang cukup, maka perlu ditambahkan teknologi IoT untuk dapat membangun sebuah sistem keamanan yang kuat dan beragam untuk mengamankan objek yang penting seperti uang, barang pribadi dan objek penting lainnya [2] dan dapat mengurangi kecemasan berlebih dan membuat pengguna merasa bebas dan aman [3].

Berdasarkan hal tersebut, brankas akan dirancang dengan menggunakan sistem keamanan berbasis IoT. dalam perancangan sistem keamanan brankas berbasis IoT ini, akan dibangun sistem keamanan pintu brankas yang memiliki dua keamanan yaitu pengenalan wajah dan penginputan *password*. Alat yang akan digunakan untuk perancangan sistem keamanan ini berbeda – beda sesuai dengan kegunaannya masing-masing seperti ESP32-CAM yang digunakan sebagai pengenalan wajah untuk sistem keamanan yang pertama dengan memanfaatkan jaringan lokal, Keypad 4x4 Matrix yang digunakan sebagai penginputan *password* untuk sistem keamanan yang kedua, LCD 1602 dengan I2C yang digunakan sebagai layar untuk menampilkan teks, Buzzer yang digunakan untuk memberikan pemberitahuan suara, Relay yang digunakan sebagai penghubung dan pemutus ke solenoid dan untuk menampung seluruh alat – alat yang telah disebutkan diatas selain ESP32-Cam adalah dengan menggunakan ESP32 DevkitC V4. Selain itu, dalam perancangan sistem keamanan pintu brankas ini akan menggunakan aplikasi telegram sebagai notifikasi pesan.

Dalam perancangan brankas ini, metode yang digunakan adalah metode *prototype* karena metode ini dapat memberikan gambaran langsung kepada pengguna tentang sistem keamanan brankas yang akan digunakan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang judul “Rancang Bangun Sistem Pengaman Brankas Menggunakan RFID Dengan e-KTP Sebagai Tag dan Monitoring Dengan Esp32-Cam Berbasis IoT Dengan Notifikasi Telegram”. Pada penelitian ini mengembangkan keamanan brankas modern menggunakan RFID yang mendukung E-KTP dan *password* untuk membuka brankas. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan sensor PIR dan kamera Esp32-Cam untuk mendeteksi dan memantau siapa saja yang akan mengakses brankas, dan dapat diawasi setiap saat melalui aplikasi Telegram. Selain itu, aplikasi Telegram juga dapat mengontrol *alarm* jika terdeteksi aktivitas mencurigakan dari kamera Esp32-Cam. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Esp8266 [4].

Penelitian yang berjudul “Sistem Pengaman Brankas Menggunakan Pengenalan Wajah Berbasis Raspberry Pi”. Pada penelitian ini membuat sistem pengaman brankas dengan pengenalan wajah dengan menggunakan metode Viola Jones karena memiliki tingkat keakurasian senilai 93,7% . Mikrokontroler yang digunakan Raspberry Pi 3B+ dan kamera yang digunakan Pi Camera [5].

Penelitian yang berjudul “Keamanan Brankas Menggunakan E-KTP Dan Notifikasi Via Telegram Berbasis IoT (*Internet of Things*)”. Pada penelitian ini Fokus dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem keamanan brankas menggunakan eKTP dan Fingerprint, selain itu terdapat sistem monitoring berbasis IoT melalui website, yang terintegrasi dengan sensor api, water level, MPU-6050, GPS Neo 6, SW420. Dan juga terdapat notifikasi melalui telegram sebagai notifikasi jika dalam bahaya [2].

Penelitian yang berjudul “Sistem Brankas Berbasis Internet Of Things Menggunakan Arduino Mega 2560”. Pada penelitian ini Membuat sistem brankas dengan terdapat monitoring berbasis web yang menggunakan fingerprint dan *passcode* sebagai autentikasi. Sistem keamanan ini dapat mengirimkan data aktifitas pengguna ke website supaya admin dan pengguna lainnya dapat mengetahui siapa saja yang mengaksesnya. Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino mega 2560 [6].

Penelitian yang berjudul “Perancangan Alat Keamanan Brankas Menggunakan RFID dan Alarm Buzzer Berbasis Internet Of Things Dengan Notifikasi Telegram”. Pada penelitian ini Mengembangkan sistem keamanan yang aman menggunakan kunci digital RFID Card yang dilengkapi dengan alarm buzzer dan menggunakan mikrokonroler NodeMCU ESP8266 yang berguna untuk mengirimkan notifikasi telegram. Notifikasi telegram berupa system di mulai, brankas terbuka, dan brankas tertutup [7].

2.2. Internet of Things

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang memungkinkan perangkat untuk saling terhubung dan berkomunikasi yang akan terus berkembang dan mengubah berbagai aspek kehidupan masyarakat. *Internet of Things* memungkinkan perangkat untuk saling berbagai informasi dalam bentuk gambar, audio, video dan berkoordinasi dalam pengambilan keputusan. IoT adalah sistem perangkat komputer yang saling berhubungan antara mesin, objek, hewan atau manusia yang saling melengkapi dan mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke perangkat [8].

2.3. Brankas

Brankas merupakan tempat yang disediakan untuk menyimpan benda berharga seperti dokumen penting, perhiasan, uang dan barang berharga lainnya [7].

2.4. ESP32-DevkitC V4

ESP32 adalah mikrokontroler yang diciptakan oleh Espressif Systems. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan *bluetooth dual-mode* dalam bentuk *chip* (SoC), menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi *Internet of Things* (IoT).

2.5. ESP32-CAM

ESP32-CAM merupakan *board* pengembangan yang dilengkapi dengan chip ESP32-S, kamera OV2640, beberapa GPIO untuk koneksi periferan dan slot microSD yang dapat digunakan untuk menyimpan foto yang diambil oleh kamera atau file yang akan diberikan kepada klien [9].

2.6. Keypad 4x4 Matrix

Keypad merupakan *keyboard* mini atau kumpulan tombol yang digunakan untuk operasi pada perangkat portabel, input pada perangkat elektronik, dan perangkat lain yang memerlukan input perintah. Keypad merupakan komponen krusial dari perangkat elektronik yang memerlukan interaksi manusia. Keypad berperan sebagai antarmuka antara perangkat elektronik dan manusia, yang juga dikenal sebagai HMI (*Human Machine Interface*) [10].

2.7. Solenoid Door Lock

Solenoid door lock merupakan solenoid yang berfungsi sebagai pengunci pintu secara elektronik. Solenoid door lock mempunyai dua kondisi yaitu *Normally Close* (NC) dan *Normally Open* (NO) [11].

2.8. Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan komponen elektronika yang digunakan sebagai layar untuk menampilkan data, termasuk karakter, huruf, atau grafik. Karena LCD hanya memerlukan tegangan dan daya yang rendah, komponen ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi seperti kalkulator, jam digital, dan alat elektronik seperti multimeter digital [12].

2.9. Telegram

Telegram adalah aplikasi perpesanan *instant multi platform* berbasis *cloud* yang bersifat gratis. Telegram tersedia untuk perangkat telepon seluler seperti Android, iOS, Windows Phone dan Ubuntu Touch dan sistem perangkat komputer seperti Windows, OS X dan Linux [13].

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode *prototype*. *Prototype* merupakan salah satu metode pengembangan perangkat lunak berupa model fisik kerja sistem yang bertujuan untuk menampilkan mode awal dari sistem yang akan dirancang. Hasil akhir dari metode ini adalah sebuah *prototype* sistem yang akan menjadi perantara antara pengembang dan pengguna supaya dapat berinteraksi dalam proses kegiatan pengembangan sistem (Hassan, 2022) [14].

3.1. Tahapan Pengumpulan Data

Pada tahapan ini melakukan pengumpulan data melalui studi literatur dengan mengambil dari berbagai sumber bacaan seperti jurnal, skripsi, tesis, dan buku. Sumber bacaan yang digunakan merupakan sumber bacaan yang berkaitan langsung dengan topik penelitian. Pengumpulan data dilakukan untuk menentukan kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras yang akan digunakan dalam penelitian.

a. Kebutuhan Perangkat Lunak.

Perangkat lunak (*Software*) yang digunakan dalam pembuatan sistem keamanan brankas berbasis *Internet of Things* (IoT) diantaranya: Arduino IDE, Fritzing, Altium Designer dan Telegram.

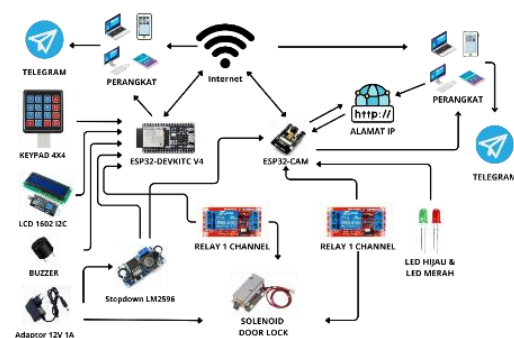
b. Kebutuhan Perangkat Keras.

Perangkat keras (*Hardware*) yang digunakan dalam pembuatan sistem keamanan brankas berbasis *Internet of Things* (IoT) diantaranya: ESP32-DevKitC V4, ESP32-CAM, Keypad 4x4 Matrix – Membrane, Solenoid Door Lock 9-12V, 5. Relay 1 Channel 5V Active High or Low Trigger Optocoupler, LCD 16x2 I2C, Buzzer, LED Merah, LED Hijau, PCB, Adaptor 12V 1A, DC Jack Female, Step Down DC LM2596 Adjustable 3A, dan Kabel Jumper.

3.2. Tahapan Perencanaan Cepat

Pada tahapan ini melakukan perencanaan terhadap sistem keamanan brankas yang akan dibangun. Dalam melakukan perencanaan akan membuat sebuah arsitektur IoT dan *flowchart* yang bertujuan untuk memberikan gambaran awal mengenai cara kerja sistem keamanan brankas mulai dari awal hingga akhir.

3.3. Arsitektur IoT

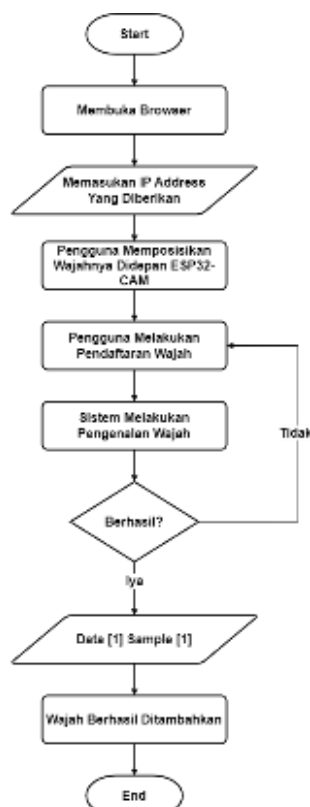


Gambar 1. Arsitektur sistem keamanan brankas

Pada gambar 1, merupakan arsitektur IoT dari sistem keamanan brankas berbasis IoT menggunakan ESP32-CAM dan Keypad. Arsitektur ini dimulai ESP32-CAM dan ESP32-DevKitC V4 yang terhubung dengan tegangan 5V melalui Stepdown LM2596, yang kemudian kedua *board* tersebut mencari sinyal wifi yang sudah didaftarkan sampai terhubung ke wifi tersebut dan kemudian perangkat yang digunakan oleh pengguna harus terhubung juga dengan wifi atau

internet. Selanjutnya *board* ESP32-CAM yang terhubung dengan 4 komponen yaitu LED hijau, LED merah, Relay yang terhubung ke Solenoid Door Lock dan Stepdown LM2596 sebagai penyalur tegangan yang telah diturunkan ke 5V yang berasal dari sumber tegangan Adaptor 12V. ESP32-CAM yang sudah terhubung ke internet mengirimkan alamat IP yang digunakan pendaftaran wajah dan pengenalan ke serial monitor yang dapat diakses oleh perangkat pengguna dan kemudian mengirim data ke ESP32-CAM dan Akan mengirim notifikasi ke perangkat pengguna melalui aplikasi Telegram pada saat brankas terbuka dan brankas ditutup. Pada ESP32-DevKitC V4 terhubung dengan 5 perangkat yaitu Keypad, LCD 1602 I2C, Buzzer, Relay yang terhubung ke Solenoid Door Lock dan Stepdown LM2596 sebagai penyalur tegangan yang telah diturunkan ke 5V yang berasal dari sumber tegangan Adaptor 12V. ESP32-DevKitC V4 yang sudah terhubung dengan internet dapat mengirimkan notifikasi ke perangkat pengguna melalui aplikasi Telegram pada saat *password* benar, waktu akan habis, dan *password* salah. Dan Solenoid Doorlock yang terhubung dengan Adaptor 12V sebagai sumber tegangan.

3.4. Pendaftaran wajah dengan ESP32-CAM

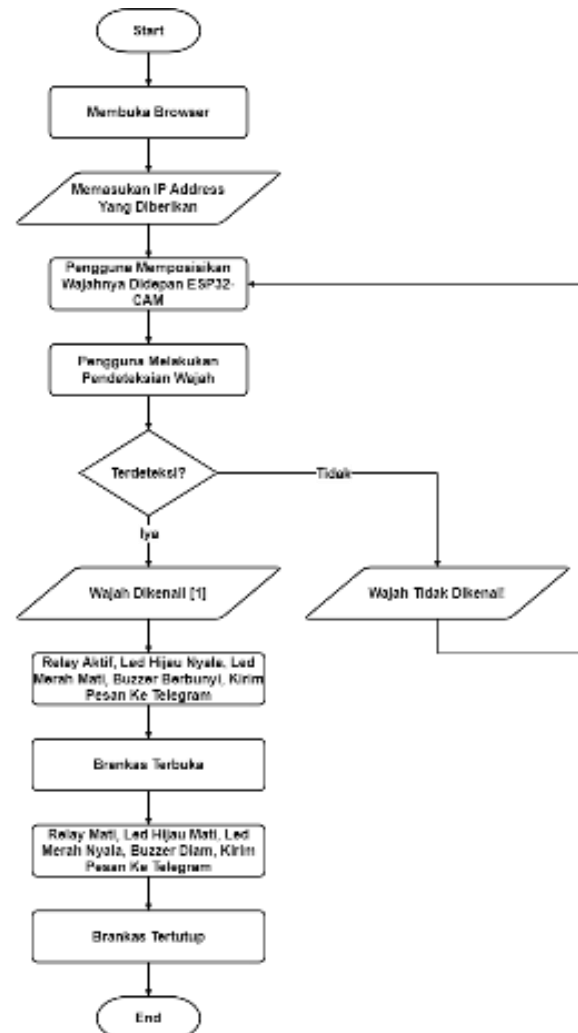


Gambar 2. Flowchart pendaftaran wajah

Pada gambar 2, merupakan *flowchart* dari pendaftaran wajah. Pada saat sistem telah aktif, pengguna akan membuka browser dan memasukkan IP Address yang diberikan, selanjutnya pengguna memposisikan wajah di depan ESP32-CAM dan

kemudian pengguna melakukan mendaftarkan wajah dan sistem akan melakukan pengenalan wajah, jika berhasil maka akan muncul Data [1] Sample[1] dan wajah berhasil ditambahkan dan jika gagal maka pengguna harus mengulangi ke tahap pengenalan wajah kembali hingga berhasil.

3.5. Pendeteksian wajah dengan ESP32-CAM

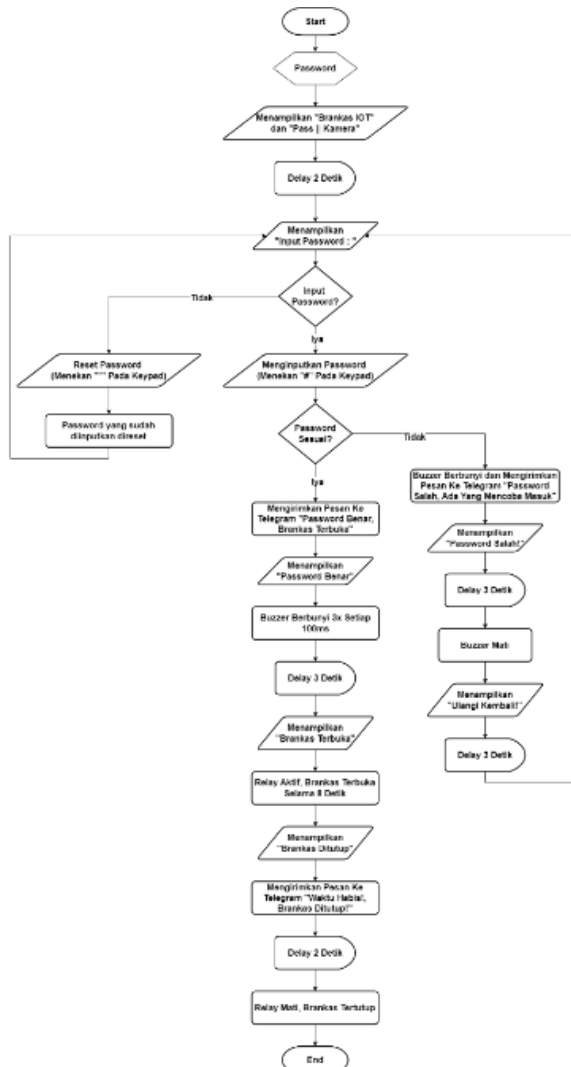


Gambar 3. Flowchart Pendeteksian Wajah

Pada gambar 3, merupakan *flowchart* dari sistem keamanan yang pertama yaitu pengenalan atau pendeteksi wajah menggunakan ESP32-CAM. Pada saat sistem telah aktif, pengguna akan membuka browser dan memasukkan IP Address yang diberikan, selanjutnya pengguna memposisikan wajahnya di depan ESP32-CAM dan melakukan pendeteksian wajah, jika wajah terdeteksi maka akan muncul Wajah Dikenali [1], relay akan aktif yang membuat solenoid door lock dalam keadaan *Normally Open* (NO), led hijau akan menyala, led merah akan mati, buzzer akan berbunyi, dan mengirimkan pesan ke telegram kemudian brankas akan terbuka dan setelah beberapa detik relay akan mati yang membuat solenoid door lock dalam keadaan *Normally Close* (NC), led hijau mati, led merah menyala, buzzer mati, dan kirim pesan

ke telegram dan brankas akan tertutup dan wajah berhasil dan jika wajah tidak terdeteksi maka akan muncul wajah tidak dikenali! dan akan pengguna memposisikan wajah kembali didepan ESP32-CAM.

3.6. Penginputan password dengan Keypad

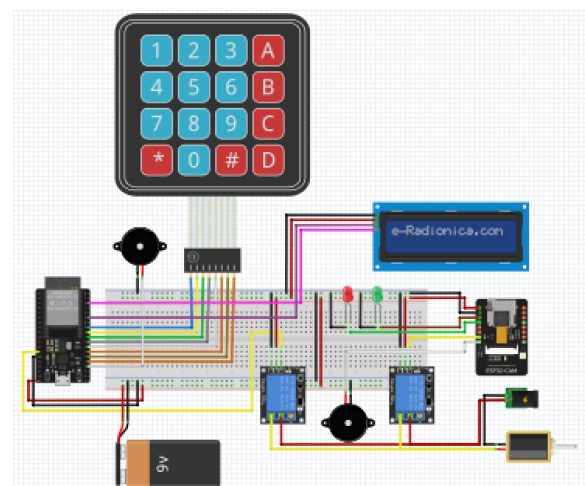


Gambar 4. Flowchart Penginputan password

Pada gambar 4, merupakan *flowchart* dari sistem keamanan yang kedua yaitu penginputan *password* menggunakan Keypad. Pada saat sistem telah aktif, LCD akan menampilkan tulisan “Brankas IOT” dan “Pass || Kamera” setelah 2 detik LCD akan menampilkan tulisan “Input Password :” dan pengguna dapat menginputkan *password* sesuai dengan *password* yang telah dimasukan pada program atau dapat melakukan reset *password* jika merasa dalam penginputan *password* salah. Jika pengguna memilih untuk menginputkan *password* maka pengguna mengisi *password* terlebih dahulu dan jika ingin diinputkan maka pengguna harus menekan tombol pagar (#) pada keypad, tetapi jika ingin menghapus *password* yang telah diinputkan maka pengguna dapat menekan tombol bintang (*) pada

keypad untuk mereset *password* yang telah diinputkan. Jika menginputkan *password* yang benar maka akan mengirimkan pesan ke telegram dengan pesan “Password Benar, Brankas Terbuka” kemudian LCD akan menampilkan tulisan “Password Benar”, buzzer berbunyi 3 kali setiap 100 mili detik, delay 3 detik dan setelah delay LCD akan menampilkan tulisan “Brankas Terbuka”. Setelah itu relay akan aktif selama selama 8 detik dan brankas terbuka, setelah 8 detik LCD akan menampilkan tulisan “Brankas Ditutup” dan mengirim pesan ke telegram “Waktu Habis! Brankas Ditutup” delay selama 2 detik dan relay akan mati, brankas tertutup. Dan jika *password* salah maka buzzer akan berbunyi dan mengirimkan pesan ke telegram dengan pesan “Password Salah, Ada Yang Mencoba Masuk”, delay selama 3 detik dan ketika sudah 3 detik maka buzzer akan mati dan LCD akan menampilkan tulisan “Ulangi Kembali!” dan delay selama 3 detik dan LCD akan menampilkan tulisan “Input Password :” kembali untuk menginputkan *password* ulang.

3.7. Desain Skematik dengan Fritzing

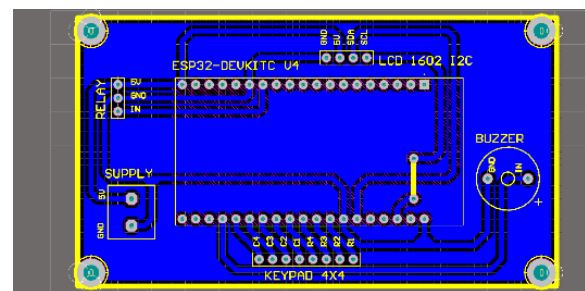


Gambar 5. Desain skematik

Pada gambar 5, merupakan desain skematik yang dibuat dengan menggunakan aplikasi skematik.

3.8. Desain PCB board 1 dengan Altium Designer

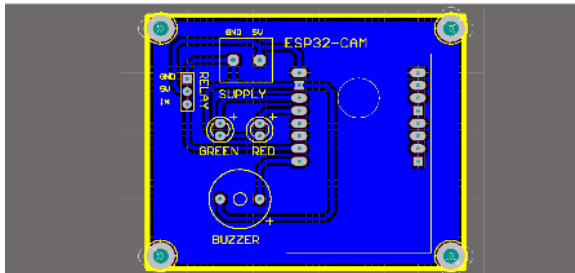
Berikut desain desain PCB dari sistem keamanan brankas berbasis IoT yang telah didesain dengan menggunakan aplikasi altium.



Gambar 6. Desain PCB board 1

Pada gambar 6, merupakan desain PCB untuk board ESP32-DevKitC V4.

3.9. Desain PCB board 2 dengan Altium Designer



Gambar 7. Desain PCB board 2

Pada gambar 7, merupakan desain PCB untuk board ESP32-CAM.

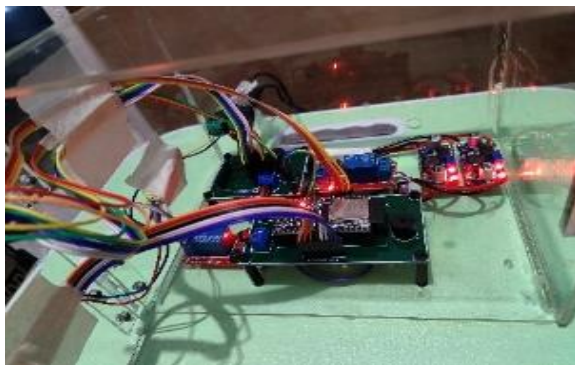
3.10. Pengujian

Pada tahapan ini melakukan pengujian pada prototype yang telah dibangun, pengujian akan dilakukan melalui berbagai serangkaian uji coba seperti pengujian pada ESP32-CAM, pengujian penginputan *password* dan pengujian lainnya, pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui hasil dari kinerja prototype yang telah dibangun.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

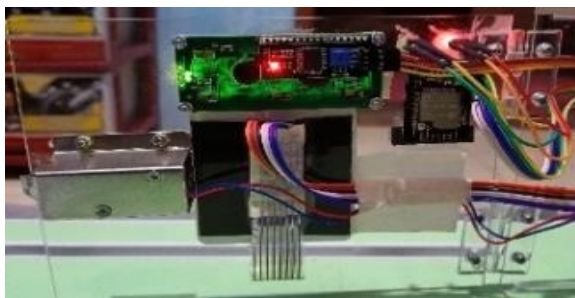
4.1. Tampilan Brankas

Berikut tampilan dari brankas yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 8. Tampilan dalam brankas

Pada gambar 8 diatas, merupakan tampilan dari dalam brankas yang telah dibuat.



Gambar 9. Tampilan dalam bagian pintu brankas

Pada gambar 9 diatas, merupakan tampilan dalam bagian pintu brankas yang telah dibuat.



Gambar 10. Tampilan depan brankas

Pada gambar 10 diatas, merupakan tampilan depan brankas yang telah dibuat.

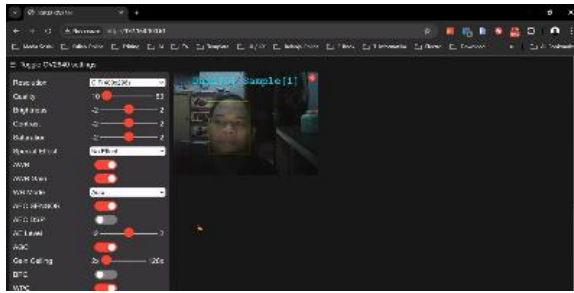


Gambar 11. Tampilan belakang brankas

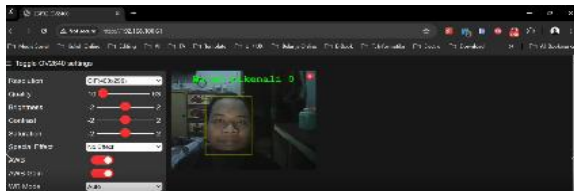
Pada gambar 9 diatas, merupakan tampilan belakang brankas yang telah dibuat.

4.2. Pengujian ESP32-CAM

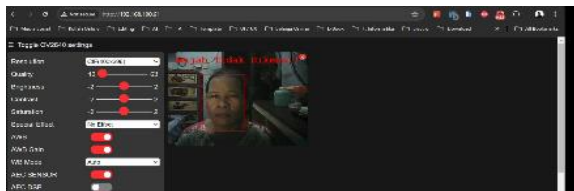
Pengujian pada ESP32-CAM menunjukkan bahwa board dapat menghubungkan ke internet dan mengirimkan alamat IP ke serial monitor, yang hanya dapat diakses jika perangkat lain terhubung ke jaringan Wi-Fi yang sama. Selama pendaftaran wajah, terjadi penurunan FPS yang menyebabkan stream lambat namun kembali normal. Dalam pengujian pengenalan wajah, board berhasil membedakan wajah terdaftar dan tidak terdaftar. Cahaya mempengaruhi hasil dari pendaftaran dan pengenalan wajah, dimana harus dilakukan dalam kondisi pencahayaan yang serupa. Kamera mengenali wajah dengan baik jika jarak kurang atau sama dengan 1 meter, lebih dari itu, wajah sulit dikenali. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 12, gambar 13, dan gambar 14 dibawah.



Gambar 12. Proses pendaftaran wajah



Gambar 13. Wajah terdaftar, berhasil dikenali



Gambar 14. Wajah tidak terdaftar, wajah tidak dikenali

4.3. Pengujian Keypad

Pengujian keypad menunjukkan, keypad berhasil menginput angka (0-9), huruf (A-D), dan karakter (* dan #) dengan benar. Selain itu, pengujian keypad lainnya menunjukkan bahwa keypad dapat memproses input password dengan tombol pagar (“#”) dan melakukan reset dengan tombol bintang (“*”). LCD menampilkan pesan “Password Benar” atau “Password Salah, Ulangi Kembali!” sesuai dengan keberhasilan atau kegagalan input password, dan reset password dengan tombol bintang menghapus inputan sebelumnya untuk pengulangan.

4.4. Pengujian LCD

Pengujian LCD menunjukkan bahwa LCD berhasil menampilkan semua teks dari saat brankas aktif hingga proses input password, baik benar maupun salah, menunjukkan bahwa LCD berfungsi dengan baik. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 15 dibawah.



Gambar 15. LCD Menampilkan Teks

4.5. Pengujian Solenoid

Pengujian solenoid menunjukkan bahwa solenoid beroperasi dengan tegangan 12V, berfungsi dengan baik ketika pengenalan wajah atau PIN benar, dan tidak aktif jika tidak dikenali atau salah. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 16 dan gambar 17 dibawah.



Gambar 16. Solenoid Aktif (Terbuka)



Gambar 17. Solenoid Tidak Aktif (Tertutup)

4.6. Pengujian Buzzer

Pengujian buzzer yang telah dilakukan, buzzer berhasil berbunyi pada saat penginputan password benar, penginputan password salah, pada saat keypad ditekan, dan pada saat pengenalan wajah berhasil dilakukan.

4.7. Pengujian LED

Pengujian LED menunjukkan, LED merah menyala saat brankas dinyalakan, dan LED hijau mati. Saat pengenalan wajah berhasil, LED merah mati dan LED hijau menyala. Hasil pengujian menunjukkan LED berfungsi sesuai yang diharapkan pada berbagai kondisi. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada gambar 18 dan gambar 19 dibawah.



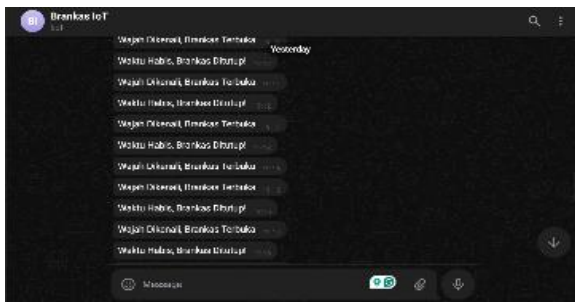
Gambar 18. Led merah menyala dan led hijau mati, pada saat mulai



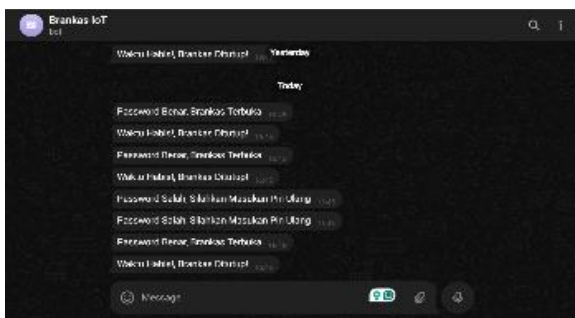
Gambar 19. Led merah mati dan led hijau menyala, pada saat pengenalan wajah berhasil

4.8. Pengujian Notifikasi Telegram

Pengujian notifikasi telegram, menunjukkan pada saat melakukan penginputan *password* benar, aplikasi telegram berhasil mengirimkan notifikasi. Setelah penginputan *password* benar dan waktu berakhir, aplikasi telegram berhasil mengirimkan notifikasi. Pada saat pengenalan wajah berhasil, aplikasi telegram berhasil mengirimkan notifikasi. Dan pada saat pengenalan wajah berhasil dan waktu berakhir, aplikasi telegram berhasil mengirimkan notifikasi. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 20 dan gambar 21 dibawah.



Gambar 20. Notifikasi telegram pada saat pengenalan wajah berhasil dan pada saat waktu berakhir



Gambar 21. Notifikasi telegram pada saat penginputan password benar, pada saat waktu berakhir, dan pada saat penginputan password salah

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan diatas, maka dapat disimpulkan kedalam beberapa kesimpulan berikut:

Pengimplementasian Internet of Things (IoT) pada *prototype* brankas dengan sistem keamanan ESP32-CAM dan keypad pada penelitian ini berhasil dirancang. Sistem keamanan yang digunakan untuk keamanan brankas berhasil berfungsi dengan baik. Berdasarkan hasil pengujian, ESP32-CAM dapat mengenali wajah yang terdaftar dengan yang tidak terdaftar. Selain itu, dalam pengenalan wajah menggunakan ESP32-CAM harus dilakukan dengan tingkat pencahayaan yang sesuai, semakin terang pencahayaan maka wajah semakin mudah dikenali. Dan jarak untuk mengenali wajah kurang atau sama dengan 1 meter. Berdasarkan hasil pengujian, keypad berfungsi dengan baik tanpa adanya bagian yang salah. Dan dapat menginputkan password dengan benar sesuai dengan tombol yang diklik. Berdasarkan hasil pengujian, LCD berfungsi dengan baik dengan menampilkan teks yang sesuai dengan yang telah diprogram. Berdasarkan hasil pengujian, solenoid berfungsi dengan baik pada tegangan 12V, jika kurang dari tegangan tersebut solenoid akan sulit ke dalam kondisi *normally open* (no). Berdasarkan hasil pengujian, notifikasi telegram berhasil mengirimkan notifikasi sesuai dengan yang telah diprogram. Berdasarkan hasil pengujian, ESP32-DevKitC-V4 berfungsi dengan baik sebagai mikrokontroler.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan pertimbangan untuk pengembangan selanjutnya, diantaranya: Menambahkan antenna extended pada ESP32-CAM untuk mempercepat membaca sinyal wifi yang dihubungkan dan untuk memperkuat sinyal wifi supaya tidak terjadi drop FPS. Membuat desain PCB yang lebih kompleks untuk meminimalisir kabel yang digunakan dan dapat digunakan untuk produksi massal. Menambahkan keamanan lainnya seperti sensor fingerprint, sensor untuk mendeteksi saat brankas dibuka secara paksa, alat pelacak, ataupun sensor lainnya yang dapat meningkatkan keamanan pada brankas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS, "Statistik Kriminal," 2023. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/publication/2023/12/12/5edba2b0fe5429a0f232c736/statistik-kriminal-2023.html>
- [2] M. Ilham Ali, S. Adi Wibowo, and A. Panji Sasmito, "KEAMANAN BRANKAS MENGGUNAKAN E-KTP DAN NOTIFIKASI VIA TELEGRAM BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS)," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 5, no. 2, pp. 589–596, 2021, doi: 10.36040/jati.v5i2.3793.
- [3] I. Abraham Salihi, K. Chanda Pelangi, and N. Mokoginta, "SISTEM PENGONTROL PINTU OTOMATIS RUANGAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER BERBASIS IOT," vol. 1, no. 1, 2022.
- [4] A. A. Ashar and D. H. R. Saputra, "Design and

- Build a Safe Security System Using RFID With e-KTP as a Tag and Monitoring With IoT-Based Esp32-Cam With Telegram Notifications,” *Indones. J. Innov. Stud.*, vol. 13, pp. 1–14, 2021, doi: 10.21070/ijins.v13i.527.
- [5] N. Prasetyo, F. Gozali, E. Djuana, and R. Rambung, “Sistem Brankas Menggunakan Pengenalan Wajah Berbasis Raspberry Pi,” *Jetri J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 19, no. 1, pp. 60–76, 2021, doi: 10.25105/jetri.v19i1.10005.
- [6] I. G. M. N. Desnanjaya, “Sistem Brankas Berbasis Internet Of Things Menggunakan Arduino Mega 2560,” *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 5, no. 2, pp. 131–137, 2022, doi: 10.31598/jurnalresistor.v5i2.1169.
- [7] F. A. R. B. Styanto and E. Firmansyah, “Perancangan Alat Keamanan Brankas Menggunakan RFID dan Alarm Buzzer Berbasis Internet Of Things Dengan Notifikasi Telegram,” *J. Teknol. Inf.*, vol. 8, no. 2, pp. 132–139, 2022, doi: 10.52643/jti.v8i2.2401.
- [8] I. Laksana *et al.*, *TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS (IoT) DAN HIDROPONIK*. Goresan Pena, 2022. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=dJWdEAAAQBAJ>
- [9] M. Kelvin Difa and J. Endri, “Implementasi Sistem Pengenalan Wajah Sebagai Automatic Door Lock Menggunakan Modul ESP32 CAM,” *PATRIA ARTHA Technol. J.*, vol. 5, no. 2, pp. 141–145, 2021.
- [10] J. Zulfadli and H. Habibullah, “Perancangan Sistem Kontrol Kelistrikan Otomatis Kompur Listrik Halogen Berbasis Mikrokontroler,” *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 2, no. 1, pp. 119–127, 2021, doi: 10.24036/jtein.v2i1.140.
- [11] O. R. Arsyad and K. P. Kartika, “Rancang Bangun Alat Pengaman Brankas Menggunakan Sensor Sidik Jari Berbasis Arduino,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 5, no. 1, pp. 1–6, 2021, doi: 10.36040/jati.v5i1.3285.
- [12] M. H. Siddiq, E. Susanti, and P. Gunoto, “Perancangan Alat Ukur Laju Kendaraan Berbasis Internet of Thing,” *Sigma Tek.*, vol. 6, no. 1, pp. 117–126, 2023.
- [13] H. S. Wibowo, *Panduan Literasi Internet untuk Mahasiswa*. Tiram Media, 2021. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=uB0mEAAAQBAJ>
- [14] Y. A. Hasan, “Sistem Pendeteksi Kebocoran Tabung Gas LPG Otomatis Berbasis Arduino Uno Menggunakan Metode Prototype,” *FAKULTAS TEKNIK*, 2022. [Online]. Available: <http://digilib.unila.ac.id/66455/>