

Sistem Keamanan Dua Lapis Pada Pintu Rumah Menggunakan RFID dan Pendeteksi Objek dengan *Machine Learning*

Jhonatan, Kartika Sekarsari*

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia

Email: ¹jhonatan.07101992@gmail.com, ²dosen00181@unpam.ac.id

Email Penulis Korespondensi: dosen00181@unpam.ac.id

Submitted: 06/08/2024; Accepted: 10/09/2024; Published: 12/09/2024

Abstrak—Sistem pengunci konvensional dengan kunci fisik masih banyak digunakan sebagai keamanan pada pintu rumah. Selain itu, perangkat sistem keamanan yang telah dipasarkan banyak ditemui dengan berbagai fitur yang bervariasi, namun hanya memiliki satu metode sistem keamanan yang digunakan sebagai akses kunci sistem keamanan. Penelitian ini merancang sistem keamanan dua lapis dengan menerapkan dua metode keamanan secara berurutan yaitu melalui *Radio Frequency Identification* (RFID) dan pendeteksi objek dengan Arduino UNO sebagai mikrokontroler utama. Dalam perancangan perangkat sistem keamanan dua lapis pada pintu ruangan ini, digunakan modul RFID MFRCC22 dan kamera OV2640 pada mikrokontroler ESP32-CAM. Pada hasil pengujian dapat ditunjukkan bahwa perangkat ini berfungsi dengan baik menggunakan kartu RFID pada lapis pertama dan objek berukuran kecil dengan dimensi panjang, lebar, dan tinggi maksimal 20 cm pada lapis kedua. Dengan tegangan operasi perangkat sebesar 5Vdc dan arus listrik yang dibutuhkan sebesar 150mA hingga 250mA, sistem ini memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dengan konsumsi daya yang rendah. Waktu respon yang dibutuhkan untuk dapat mengakses sistem keamanan dua lapis ini adalah antara 5,71 detik hingga 6,57 detik. Jarak maksimal antara kartu RFID dengan RFID Reader sebesar 5 cm dan untuk jarak maksimal antara kamera ESP32-CAM dengan objek antara 5 cm sampai dengan 40 cm. Selain itu, jumlah minimal sampel gambar yang dibutuhkan untuk setiap objek dengan posisi dan sudut yang berbeda agar dapat diterapkan pada mikrokontroler ESP32-CAM adalah 75 sampel gambar dengan konfigurasi parameter warna RGB dan ukuran gambar 48x48 piksel sehingga menghasilkan nilai persentase F1-Score sebesar 100% agar mikrokontroler ESP32-CAM dapat mengenali objek antara model objek yang satu dengan model objek lainnya. Nilai F1- Score pada kolom *Background* adalah 1.00, kolom *Charger Hp* adalah 1.00, kolom Kunci Motor adalah 1.00, dan kolom *Leagoo* adalah 1.00.

Kata Kunci: RFID, *Machine Learning*, Arduino UNO, ESP32-CAM

Abstract— Conventional locking systems with physical keys are still widely used to secure the house door. Additionally, marketed security devices often come with various features but only have one security method used as the access key for the security system. This research designs a two-layer security system by sequentially applying two security methods: Radio Frequency Identification (RFID) and object detection, with Arduino UNO as the main microcontroller. In designing the two-layer security device for the room door, the RFID MFRCC22 module and OV2640 camera are used on the ESP32-CAM microcontroller. Testing results show that this device can function well using an RFID card in the first layer and small objects with maximum dimensions of 20 cm in length, width, and height in the second layer. With an operating voltage of 5Vdc and a current requirement of 150mA to 250mA, this system has high efficiency with low power consumption. The response time required to access this two-layer security system is 5.71 seconds to 6.57 seconds. The maximum distance between the RFID card and the RFID Reader is 5 cm, and between the ESP32-CAM camera and the object is between 5 cm and 40 cm. Additionally, the minimum number of image samples required for each object with different positions and angles to be applied to the ESP32-CAM microcontroller is 75 image samples with RGB color parameter configuration and 48x48 pixel image size, resulting in an F1-Score percentage of 100% so that the ESP32-CAM microcontroller can recognize objects between different object models. The F1-Score value in the *Background* column is 1.00, the *Charger Hp* column is 1.00, the *Motorcycle Key* column is 1.00, and the *Leagoo* column is 1.00.

Keywords: RFID, Machine Learning, Arduino UNO, Radio Frequency Identification, ESP32-CAM.

1. PENDAHULUAN

Salah satu akses utama seseorang untuk keluar masuk rumah atau tempat tinggal adalah melalui pintu rumah. Oleh karenanya, sistem keamanan pintu rumah perlu mendapat perhatian dari penghuni rumah. Pintu rumah yang menggunakan kunci fisik atau kunci konvensional terkadang seringkali hilang atau dicuri. Bahkan, penggunaan kunci fisik atau konvensional dengan penambahan modifikasi berupa saklar atau switch masih kurang efisien dikarenakan terdapat banyak hambatan dan permasalahan dalam penggunaannya[1]. Selain itu, perangkat sistem keamanan pintu rumah yang telah dipasarkan walaupun banyak ditemui dengan berbagai fitur yang bervariasi, namun kenyataannya hanya memiliki satu lapis atau salah satu metode sistem keamanan yang dapat digunakan sebagai akses kunci sistem keamanan tersebut. Dalam hal ini, sistem keamanan pintu rumah yang hanya memiliki satu lapis keamanan seperti: penggunaan alarm atau kunci fisik, penggunaan tombol *keypad* saja, atau penggunaan *finger print* saja sebagai akses kunci rumah membuat sistem rentan terhadap pembobolan yang dilakukan oleh orang yang sudah berpengalaman. Terkadang sistem keamanan berbasis RFID dan sensor pun dapat mengalami kegagalan fungsi atau kerusakan sehingga dapat melemahkan keamanan rumah[2].

Dengan meningkatnya tindak kejahatan dan pencurian di suatu rumah atau tempat tinggal, maka diperlukan suatu bentuk objek yang digunakan sebagai kunci untuk dapat diintegrasikan kedalam sistem keamanan pintu rumah agar dapat digunakan untuk mengakses perangkat tersebut dengan menggunakan beberapa metode, baik dilakukan secara manual maupun otomatis tanpa mengurangi kinerja sistem perangkat yang dirancang sehingga dapat

meminimalisir tingkat kejahatan yang sering terjadi akibat kelalaian dan kerusakan sistem yang dirancang[3]. Dalam hal ini sistem keamanan yang efektif yang dapat melindungi properti dan keselamatan penghuni rumah adalah menjadi prioritas. Dengan demikian teknologi RFID yang terintegrasi dengan machine learning akan dapat memberikan potensi peningkatan keamanan pintu rumah karena lebih efektif dan efisien dalam mencegah akses seseorang yang tidak diinginkan untuk masuk ke dalam rumah.

Penelitian Daulay,N.K,dkk pada tahun 2019. Monitoring sistem keamanan pintu menggunakan RFID dan Fingerprint berbasis Web dan Database melalui metode Eigenfac. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembaca kartu RFID berjarak 2,5 cm dimana pembacaan rata-rata setiap pengguna adalah 0,7 detik. Pengujian pada fingerprint rata-rata waktu pembacaan adalah 2,2 detik [4]. Meskipun demikian, terdapat metode alternatif akses yang digunakan apabila salah satu bagian mengalami kendala sehingga sangat berisiko terjadinya penyalahgunaan data akses.

Penelitian sistem keamanan berlapis pada pintu yang menggunakan RFID, *fingerprint* dan *keypad* dengan output suara berbasis IoT ESP32 yang dilakukan oleh Anggelia Erika, T., & Elfizon pada tahun 2023, menghasilkan keluaran pada speaker berupa suara google yang kemudian mengendalikan motor dc melalui driver L298N yang memiliki tegangan kerja 11.96VDC pada arah *counter clock wise* saat pintu terbuka dan 5.54VDC pada arah *clock wise* saat pintu menutup secara otomatis manakala masukan yang berupa kartu RFID, sidik jari, serta password pada *keypad* di deteksi benar oleh sistem. Dalam hal ini karena sebelumnya data pengguna telah tersimpan dalam database yang digunakan pada sistem [2].

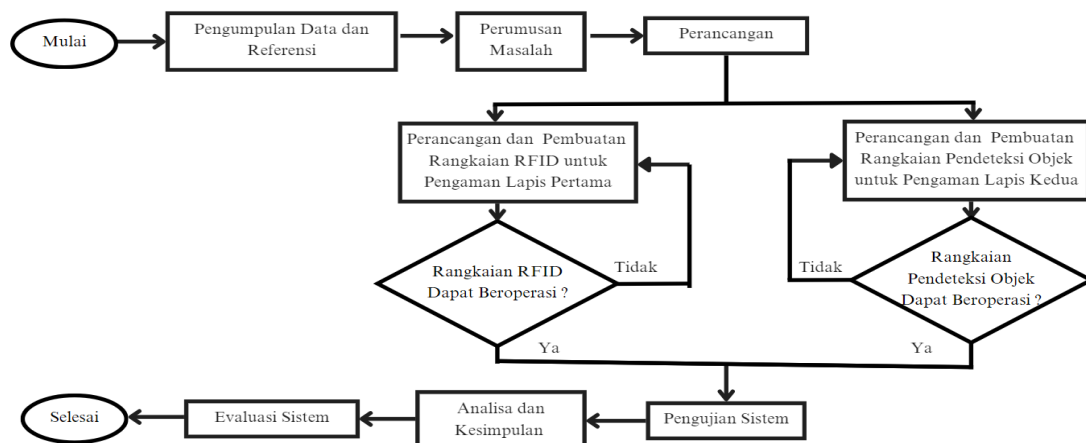
Penelitian mengenai pendeteksi dan pengenalan objek dengan model Machine Learning melalui metode YOLO v3, dan YOLO v4 yang ditulis oleh Qurotul Aini,dkk tahun 2021 dijelaskan, bahwa proses gambar digabungkan dengan cepat dengan akurasi yang tinggi, yang mana proses identifikasi gambar pada model sebelumnya (seperti pada R CNN) dikerjakan secara terpisah sehingga model algoritma yang begitu cepat akan dihasilkan melebihi beberapa model yang ada sebelumnya. Namun, ternyata tingkat akurasi belum sebanding dengan kecepatan pemrosesan, dalam hal ini untuk YOLO v4 optimasi komputasi paralel serta kecepatan operasi lebih ditekankan [5]. Meskipun demikian, model YOLO masih memiliki banyak kekurangan, seperti kesulitan mengenali objek gambar yang memiliki ukuran medium dan besar pada YOLO v3. Selain itu, untuk YOLO v5 belum memiliki penjelasan secara saintifik sehingga belum bisa dijelaskan .

Dari beberapa penelitian dan permasalahan diatas maka terciptalah ide penelitian untuk merancang suatu desain rangkaian perangkat serta sistem keamanan dua lapis atau dengan dua metode pengamanan yang digunakan secara berurutan untuk mendapatkan akses kunci sistem keamanan pada pintu rumah. Dengan menerapkan dua metode keamanan secara berurutan, diharapkan sistem keamanan suatu objek atau benda dapat ditingkatkan[6]. Konsep yang dibuat harus mudah dipahami oleh setiap orang yang menggunakannya berdasarkan kepentingan yang bersangkutan agar dapat mengakses sistem keamanan tersebut. Selain itu, sistem ini mudah digunakan dan lebih fleksibel sehingga dapat meminimalisir tindak kejahatan yang terjadi[7]. Dengan menerapkan dua metode atau cara yang dilakukan secara berurutan sebagai akses keamanan, dimana pada lapis pertama menggunakan metode RFID dan pendeteksi objek pada lapis kedua, serta mendapatkan informasi data untuk jarak dan suatu kondisi yang dapat digunakan oleh mikrokontroler dalam mengidentifikasi kartu RFID, serta model objek sebagai akses sistem keamanan[8]. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan rancangan sistem keamanan dengan dua metode akses secara berurutan sehingga sistem keamanan ini memiliki lebih dari satu metode akses dan mengurangi risiko tindak kejahatan yang diakibatkan kelalaian pengguna akses dengan dua metode akses secara berurutan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Berikut gambar 1 merupakan tahapan dari penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Diagram Alir Rancangan sistem

Tahapan penelitian yang merupakan konsep dari perancangan sistem keamanan yang diterapkan menggunakan dua lapis pengamanan yang dilakukan secara berurutan. Metode penelitian yang digunakan melalui beberapa tahapan dalam melakukan perencanaan dan pembuatan sistem yang matematis. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 1, diagram alir rancangan sistem diawali dengan mengumpulkan data, kemudian digunakan untuk melakukan perancangan sistem yang terdiri dari alur skema sistem perangkat yang diterapkan untuk dapat beroperasi, rancangan perangkat keras (*Hardware*), rancangan perangkat lunak (*Software*), dan model rancangan hingga dapat beroperasi, selanjutnya dilakukan tahap pengujian[9]. Berikutnya yaitu mengimplementasikan alat yang sudah dirancang pada objek yang diterapkan seperti pintu. Terakhir, dilakukan analisa hasil dari penelitian yang dilakukan.

2.2 Radio Frequency Identification (RFID)

Dalam teknologi identifikasi otomatis, kartu atau *tag RFID* digunakan sebagai transponder untuk menerima, mengirim, dan menyimpan data informasi yang didapat melalui gelombang radio[2],[10]. Data informasi dalam bentuk kode disimpan pada *RFID Card* atau *Tag* yang selanjutnya diidentifikasi oleh *RFID Reader* sebagai pembaca data informasi yang disimpan oleh *RFID Card* atau *Tag*. Teknologi identifikasi secara otomatis banyak diterapkan oleh berbagai bidang sebagai sarana dan prasarana penunjang operasional, seperti *Magnetic Strip*, *Near Field Communication (NFC)*, *IC Card*, *Optic Character Recognition (OCR)*, dan *Fingerprint*. Penggunaan kartu RFID sebagai *transponder* menjadi lapis pertama yang diterapkan pada sistem keamanan, dan dapat ditulis (*write*) dan diubah kode yang tersimpan sebelumnya pada kartu RFID[11]. Selain itu, RFID memiliki kecepatan baca yang tinggi dan lebih efisien dalam penggunaannya, baik dari segi pembacaan maupun respon yang selanjutnya dapat diteruskan pada perangkat lainnya[12]. Oleh karenanya, penerapan dan implementasi RFID pada perangkat elektronik yang menggunakan gelombang radio dalam mengidentifikasi objek atau benda dengan jarak beberapa sentimeter hingga belasan meter dapat dilakukan, terutama dalam bidang keamanan terhadap akses suatu objek yang bersifat pribadi dan rahasia dari suatu pihak pada suatu lingkungan yang digunakan untuk memasuki ruangan [13],[10].

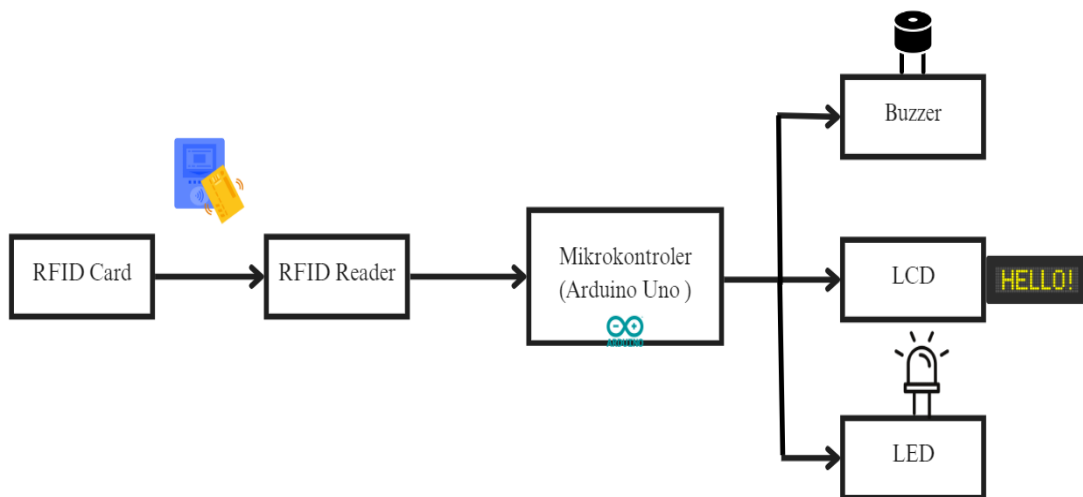
2.3 Machine Learning

Machine Learning merupakan suatu bidang keilmuan *computer science* yang merupakan bagian dari kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence, AI*) yang mana dengan pengembangan algoritma serta model yang ada didalamnya memungkinkan sistem komputer dapat meningkatkan kinerjanya dengan memproses data serta mengambil keputusan berdasarkan pengalaman selama proses pelatihan[14],[15]. Dimana, proses utama dalam *machine learning*, diantaranya adalah: pengumpulan data sebagai model *machine learning* itu sendiri, *preprocessing* data dengan cara pembersihan *noise* atau perbaikan format agar sesuai dengan model yang digunakan, pemilihan model dengan algoritma tertentu sesuai dengan masalah yang akan diselesaikan, pelatihan model (*training*), evaluasi model menggunakan data uji, penggunaan model (*inference*) sebagai pembuat prediksi atau keputusan terhadap data baru, dan penyempurnaan (*tuning*) untuk meningkatkan kinerjanya [15],[16].

Menjalankan model *Machine Learning* (ML) pada mikrokontroler yang disebut *Embedded ML* atau *TinyML* memiliki potensi untuk menciptakan suatu perangkat kecil yang dapat membuat keputusan cerdas tanpa perlu mengirim data ke *cloud* terlihat dari sudut pandang efisiensi dan privasi. Cara kerja *machine learning* dalam mendeteksi objek pada mikrokontroler melibatkan beberapa tahapan, seperti: pengumpulan dataset gambar atau video berisikan objek-objek yang akan diteliti, memberikan label pada setiap gambar dengan informasi objek yang ada didalamnya, model *machine learning* kemudian dilatih terlebih dahulu menggunakan dataset besar pada komputer yang lebih kuat dengan model yang umum digunakan adalah arsitektur : seperti YOLO (*You Only Look Once*)[17],[18], SSD (*Single Shot MultiBox Detector*), atau lainnya [16]. Selanjutnya, model ini kemudian disederhanakan atau dioptimalkan biasanya dalam bentuk file yang sangat kecil (misalnya format *.tflite* untuk *TensorFlow Lite*) untuk mengurangi ukuran dan kompleksitasnya agar bisa dijalankan di mikrokontroler. Selanjutnya, model disimpan pada memory mikrokontroler dan diintegrasikan dengan aplikasi yang berjalan di mikrokontroler. Inferensi atau prediksi di mikrokontroler terjadi saat mikrokontroler menangkap gambar melalui modul kamera yang terhubung, kemudian mengubahnya menjadi format yang sesuai (seperti *array* piksel) dan diumpankan ke model *machine learning*[19],[20]. Model *machine learning* pada mikrokontroler kemudian memproses gambar untuk mendeteksi objek. Hasil dari deteksi ini dapat berupa label objek (misalnya "mobil", "orang", "boneka") dan koordinat *bounding box* jika model tersebut mendukung deteksi lokasi objek dalam gambar.

2.4 Perancangan Rangkaian RFID Sebagai Pengaman Lapis Pertama

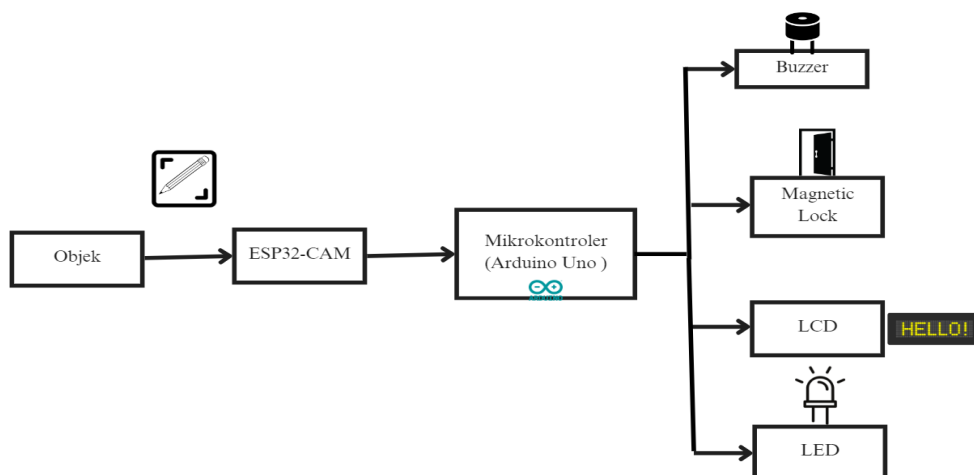
Dalam rancangan pembuatan rangkaian RFID yang digunakan sebagai pengaman lapis pertama, terdapat beberapa perangkat yang digunakan seperti modul *RFID Reader MFRC522* dan kartu RFID dengan tipe *read-only*[21]. Jika data informasi yang diterima sudah sesuai dengan program yang dibuat untuk sistem keamanan lapis pertama ini, maka terdapat informasi melalui tampilan LCD (*Liquid Crystal Display*) untuk melanjutkan langkah selanjutnya dengan akses kedua disertai indikator dari lampu LED dan *Buzzer* yang menyala sesuai dengan pengaturan yang dilakukan[22]. Uraian tersebut diatas, diperjelas dengan gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian RFID Sebagai Pengaman Lapis Pertama

2.5 Perancangan Rangkaian Pendeteksi Objek Sebagai Pengaman Lapis Kedua

Pada gambar 3 diperlihatkan rancangan pembuatan rangkaian pendeteksi objek yang merupakan lanjutan dari rangkaian RFID yang menjadi pengaman lapis pertama. Pada bagian pendeteksi objek, perangkat yang digunakan adalah ESP32-CAM dengan kamera OV2640 sebagai pendeteksi objek[23]. Dalam pembuatan sistem ini, *Machine Learning* dimanfaatkan untuk menentukan sampel objek. Sampel objek kemudian dioperasikan dengan data latih dan data uji melalui metode *MobileNetV2* dengan tingkat presisi gambar yang sangat akurat[24]. Program dibentuk sesuai dengan mikrokontroler melalui *Edge Impulse*[25] . Selanjutnya, program akan dikompilasi (*compiling*) dalam satu paket *library* melalui Arduino IDE pada ESP32-CAM [26], [27].

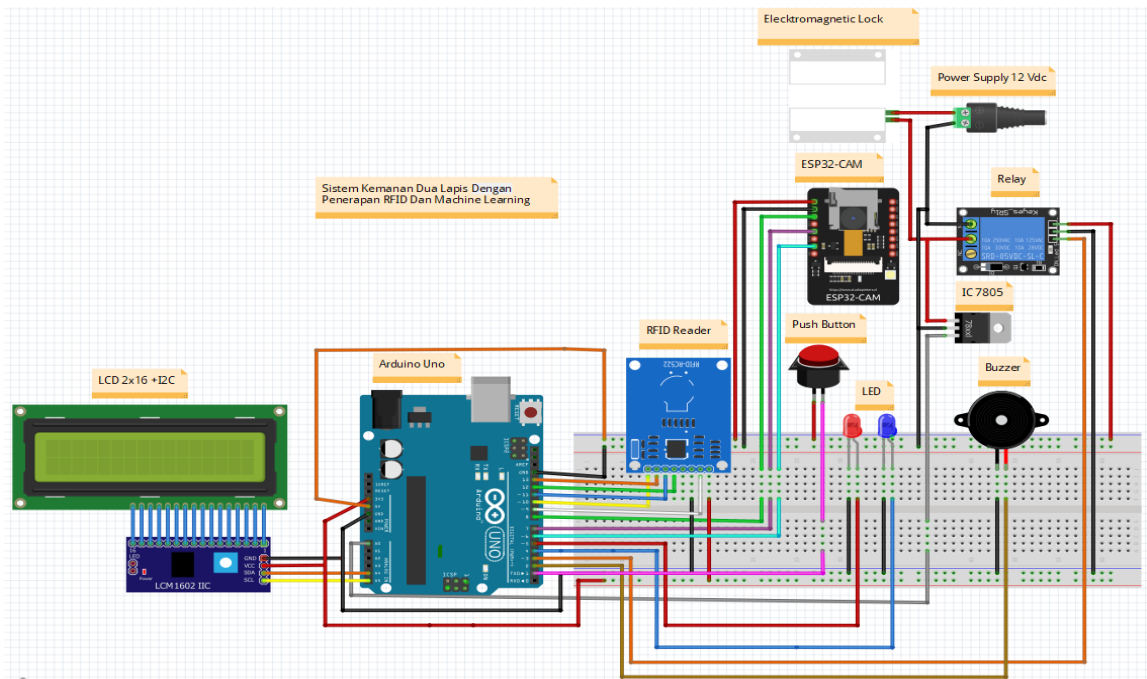


Gambar 3. Rangkaian Pendeteksi Objek Sebagai Pengaman Lapis Kedua

Instruksi untuk sistem pengaman lapis kedua ini akan berjalan setelah akses pada lapis pertama berhasil atau sudah sesuai sehingga dapat menangkap objek yang sudah ditentukan. Apabila objek yang sesuai dengan akses yang digunakan berhasil terdeteksi, maka akan terdapat informasi yang diberikan melalui tampilan LCD (*Liquid Crystal Display*) untuk akses sudah sesuai. Selain itu, indikator dari lampu LED dan *Buzzer* akan menyala sesuai dengan pengaturan yang dilakukan. *Relay* yang terhubung dengan *Electromagnetic Lock* akan beroperasi.[10] Jika objek yang digunakan tidak sesuai, maka terdapat informasi melalui tampilan LCD (*Liquid Crystal Display*) untuk mengulangi kembali dari awal pada lapis pertama dengan menggunakan kartu RFID yang sesuai. Jika tidak dapat melanjutkan langkah selanjutnya untuk mengaktifkan *relay* yang terhubung dengan *Electromagnetic Lock*, terdapat indikator dari lampu LED dan *Buzzer* yang menyala sesuai dengan pengaturan yang dilakukan untuk kondisi tersebut.

2.6 Perancangan Skematik Rangkaian

Pembuatan skema sangat penting agar ketika dilakukan perakitan rancangan alat dapat mudah dilakukan dan menghindari kesalahan pemasangan.



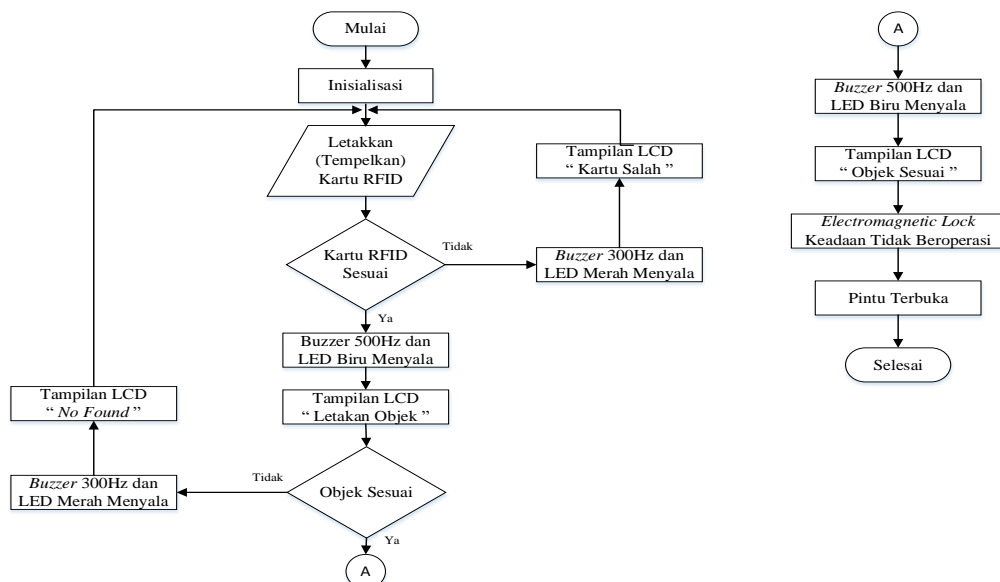
Gambar 4. Rancangan Skematik Rangkaian Sistem Keamanan

Gambar 4 memperlihatkan desain skematik rangkaian sistem keamanan yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Terdapat 5 pin digital pada Arduino UNO yang terhubung ke perangkat RFID Reader, yaitu pin 9, 10, 11, 12, dan 13.
- Terdapat 3 pin digital pada Arduino UNO yang terhubung ke perangkat ESP32-CAM, yaitu pin 6, 7, dan 8.
- Terdapat 2 pin digital pada Arduino UNO yang terhubung ke LED, yaitu pin 4 dan 5.
- Terdapat 1 pin digital pada Arduino UNO yang terhubung ke modul Relay, yaitu pin 3.
- Kontak NO (*Normally Open*) terhubung ke perangkat *Electromagnetic Lock*.
- Terdapat 1 pin digital pada Arduino UNO yang terhubung ke modul Buzzer, yaitu pin 2.
- Terdapat 1 pin digital pada Arduino UNO yang terhubung ke Push Button, yaitu pin 1.
- Terdapat 1 pin digital pada Arduino UNO yang terhubung ke Push Button, yaitu pin 1.
- Terdapat 1 pin digital pada Arduino UNO yang terhubung ke IC 7805, yaitu pin A0.

2.7 Cara Kerja Sistem Keamanan Dua Lapis Dengan RFID Dan Pendeteksi

Cara kerja sistem keamanan dua lapis menggunakan RFID dan pendeteksi, secara garis besar diperlihatkan pada diagram alir gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Sistem Keamanan Dua Lapis dengan RFID dan Pendeteksi

Pada diagram alir diatas, dapat dilihat bahwa proses pertama dalam sistem program adalah melakukan inisialisasi oleh pengguna menggunakan Kartu RFID. Selanjutnya, inisialisasi diproses melalui mikrokontroler pada Arduino UNO dan modul *Mifare RC522* (RFID Reader). Setelah inisialisasi selesai dilakukan, proses pengidentifikasi nomor ID dari kartu RFID dilakukan untuk mendapatkan akses pada lapis pertama. Jika nomor ID sesuai, maka lampu indikator LED berwarna biru dan notifikasi suara pada *Buzzer* akan menyala dengan frekuensi sebesar 500 Hz. Selain itu, akan muncul tampilan dalam bentuk huruf atau teks pada LCD (*Liquid Crystal Display*) dengan keterangan “Letakan Objek”. Ketika tampilan dengan teks tersebut muncul, pengguna akan memperlihatkan benda atau objek kecil yang digunakan sebagai akses kedua. Apabila tidak sesuai dengan kartu RFID yang digunakan, maka lampu indikator LED berwarna merah dan notifikasi suara pada *Buzzer* akan menyala dengan frekuensi sebesar 300 Hz. Selain itu, akan muncul tampilan dalam bentuk huruf atau teks pada LCD (*Liquid Crystal Display*) dengan keterangan “Kartu Salah”.

Pada sistem akses kedua, tampilan teks pada LCD (*Liquid Crystal Display*) dengan keterangan “Letakan Objek” menandai awal dari proses pengidentifikasi gambar objek melalui kamera yang terdapat pada ESP32-CAM. Jika objek yang digunakan pada akses keamanan lapis kedua sesuai, maka lampu indikator LED berwarna biru dan notifikasi suara pada *Buzzer* akan menyala dengan frekuensi sebesar 500 Hz. Selain itu, akan muncul tampilan dalam bentuk huruf atau teks pada LCD (*Liquid Crystal Display*) dengan keterangan “Objek Sesuai”. Kemudian, *Electromagnetic Lock Door* akan terlepas dari medan magnet sehingga pintu ruangan dapat terbuka. Namun, jika objek yang digunakan tidak sesuai, maka lampu indikator LED berwarna merah dan notifikasi suara pada *Buzzer* akan menyala dengan frekuensi sebesar 300 Hz. Selain itu, akan muncul tampilan dalam bentuk huruf atau teks pada LCD (*Liquid Crystal Display*) dengan keterangan “No Found” atau “Objek tidak sesuai” atau “Objek tidak ditemukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Komponen Sistem

Pengujian komponen dalam sistem ini meliputi beberapa komponen elektronika yang terhubung dengan mikrokontroler pada Arduino UNO.

3.1.1 Pengujian *Electromagnetic Lock*

Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan listrik sebesar 12.1 Vdc, 19.5 Vdc, dan 22.8 Vdc pada perangkat *Electromagnetic Lock* selama 3 menit, 5 menit, dan 10 menit, serta keadaan saat tidak terhubung pada arus listrik.

Tabel 1. Pengujian *Electromagnetic Lock*

Uji Coba	Perangkat	Objek	Tegangan Listrik (Vdc)	Waktu (Menit)	Hasil
1	<i>Electromagnetic Lock</i>	Logam (<i>Amature Plate</i>)	12	3	Logam Tertarik
2				5	Logam Tertarik
3				10	Logam Tertarik
4			19.5	3	Logam Tertarik
5				5	Logam Tertarik
6				10	Logam Tertarik
7			24	3	Logam Tertarik
8				5	Logam Tertarik
9				10	Logam Tertarik
10			0	5	Logam Tidak Tertarik

Hasil pengujian pada tabel 1 menunjukkan bahwa perangkat *Electromagnetic Lock* dapat bekerja dengan baik sehingga logam (*Amature Plate*) dapat tertarik atau merekat pada *Magnetic Field*. Semakin tinggi tegangan dan arus listrik pada *Electromagnetic Lock*, maka semakin kuat daya tarik medan magnet yang dihasilkan.[28] Namun, perlu diperhatikan juga batas minimal dan maksimal tegangan listrik yang digunakan sesuai dengan *DataSheet* modul perangkat *Electromagnetic Lock* sebesar 12 Volt sampai dengan 24 Volt untuk kekuatan penahan sebesar 250 kg (600 lbs). Jika melebihi batas maksimal tegangan tersebut, dapat menyebabkan kerusakan pada perangkat *Electromagnetic Lock*. Selain itu, perlu diperhatikan kabel penghubung arus listrik antara sumber listrik dengan perangkat *Electromagnetic Lock* sesuai dengan standar yang digunakan agar tidak menyebabkan panas yang berlebihan dari aliran arus listrik pada kabel penghubung tersebut.

3.1.2 Pengujian Modul *Relay*

Dalam pengujian modul *Relay* SRD-05VDC-SL-C ini digunakan sebagai penghubung antara mikrokontroler Arduino UNO dengan aktuator yang digunakan, yaitu *Electromagnetic Lock*. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan oleh mikrokontroler melalui instruksi “HIGH” dan “LOW” agar dapat digunakan sebagai saklar untuk menggerakkan aktuator.

Tabel 2. Pengujian Modul Relay

Uji Coba	Perangkat	Instruksi Mikrokontroler	Tegangan (Vdc)	Relay	Electromagnetic Lock
1	Relay	HIGH	4.85	ON	Aktif
2	Relay	LOW	0	OFF	Tidak Aktif
3	Relay	HIGH	4.84	ON	Aktif
4	Relay	LOW	0	OFF	Tidak Aktif
5	Relay	HIGH	4.83	ON	Aktif
6	Relay	LOW	0	OFF	Tidak Aktif
7	Relay	HIGH	4.83	ON	Aktif
8	Relay	LOW	0	OFF	Tidak Aktif
9	Relay	HIGH	4.84	ON	Aktif
10	Relay	LOW	0	OFF	Tidak Aktif

Hasil pengujian modul *Relay* pada tabel 2 dilakukan sebanyak 10 kali secara bergantian dengan instruksi “HIGH” dan “LOW” yang diberikan oleh mikrokontroler menunjukkan bahwa modul *relay* bekerja dengan baik sesuai instruksi fungsi logika yang diberikan oleh mikrokontroler sehingga dapat diterapkan pada aktuatur yang digunakan, yaitu *Electromagnetic Lock*. Pada saat instruksi “HIGH”, maka terdapat tegangan *Relay* sebesar 4.83 Vdc sampai dengan 4.85 Vdc pada bagian “IN” sehingga perangkat *Electromagnetic Lock* dalam keadaan aktif. Hal ini terjadi karena batas tegangan minimal untuk instruksi “HIGH” pada *Relay* SRD-05VDC-SL-C yang dibutuhkan agar dapat beroperasi sebesar 4.5 Volt.

Ketika instruksi “LOW” diberikan, maka tegangan *Relay* menjadi 0 Vdc pada bagian “IN” selama 5 detik dan LED warna hijau pada *Relay* akan menyala sehingga membuat perangkat *Electromagnetic Lock* dalam keadaan tidak aktif. Hal ini terjadi karena *Relay* SRD-05VDC-SL-C menggunakan transistor NPN sebagai *saklar*, sehingga arus yang mengalir pada *Relay* akan mengalir dari *emitter* ke *collector*. Ketika instruksi “LOW” diberikan, transistor NPN akan memutuskan jalur arus dari *emitter* ke *collector*, sehingga tegangan *output* dari *Electromagnetic Lock* akan menjadi 0 Volt.

3.1.3 Pengujian RFID Reader Mifare522

Pengujian perangkat RFID *Reader Mifare522* adalah untuk menguji kemampuan jarak dan tegangan yang dihasilkan pada RFID *Reader Mifare522* dengan kartu RFID. Pada saat dilakukan pengujian untuk tegangan listrik modul RFID *Reader Mifare522* yang terhubung dengan pin tegangan 3.3 V pada mikrokontroler Arduino UNO beroperasi normal (*stand by*) yaitu antara 3.55 V sampai dengan 3.65 V. Hal ini dapat dipengaruhi oleh factor-faktor seperti faktor lingkungan atau sumber daya yang mempengaruhi hasil pengukuran tersebut.

Tabel 3. Pengujian RFID Reader Mifare522

Uji Cob	Jarak Kartu RFID pada RFID Reader											
	0.1 cm - 1.0 cm		1.1 cm - 2.0 cm		2.1 cm - 3.0 cm		3.1 cm - 4.0 cm		4.1 cm - 5.0 cm		5.1 cm - 6.0 cm	
a	Stat us	Tegang an (V)	Stat us	Tegang an (V)	Stat us	Tegang an (V)	Stat us	Tegang an (V)	Stat us	Tegang an (V)	Stat us	Tegang an (V)
1	✓	3.32	✓	3.41	✓	3.46	✓	3.55	✓	3.61	✗	3.65
2	✓	3.34	✓	3.36	✓	3.52	✓	3.61	✗	3.64	✗	3.64
3	✓	3.3	✓	3.38	✓	3.54	✓	3.56	✓	3.61	✗	3.64
4	✓	3.3	✓	3.41	✓	3.5	✓	3.54	✗	3.65	✗	3.64
5	✓	3.29	✓	3.37	✓	3.53	✓	3.57	✓	3.62	✗	3.65

Keterangan : ✓ = Terdeteksi , ✗ = Tidak Terdeteksi

Dari data yang telah didapat pada tabel 3, terlihat bahwa tegangan *input* modul RFID berkurang seiring dengan berkurangnya jarak antara kartu RFID dan modul RFID *Reader*. Hal ini disebabkan oleh modulasi amplitudo *bit data* yang menyebabkan perubahan tegangan. Selain itu, data juga menunjukkan bahwa untuk pengujian jarak kartu RFID dengan RFID *Reader Mifare522* hanya berjarak sampai 5 cm. Apabila melewati batas atau lebih dari 5 cm, maka RFID *Reader Mifare522* tidak mendeteksi nomor UID yang terdaftar pada kartu RFID.

3.1.4 Pengujian Keamanan Rancangan Alat

Pengujian keamanan pada rancangan alat ini dilakukan pada perangkat *Electromagnetic Lock* sebagai pengunci dari objek benda yaitu pintu. Seperti yang perlihatkan pada gambar 5, pengujian dilakukan dengan mengidentifikasi kondisi perangkat *Electromagnetic Lock* dalam keadaan aktif dan tidak aktif atau tidak terhubung pada sumber tegangan listrik sehingga tidak ada aliran listrik untuk mengoperasikan perangkat *Electromagnetic Lock*.



Gambar 5. Pengujian Tegangan Keamanan Rancangan Alat

Dalam pengoperasian *Electromagnetic Lock*, digunakan sumber tegangan sebesar 12 Vdc dari satu daya. Terdapat rangkaian paralel dari sumber tegangan sebesar 12 Vdc yang terhubung dengan *Electromagnetic Lock*. Tegangan listrik tersebut kemudian diubah atau diturunkan menjadi sebesar 5 Vdc melalui IC regulator 7805 atau perangkat catu daya jenis *step-down* dengan konversi tegangan listrik dari 12 Vdc menjadi 5 Vdc. Selanjutnya, tegangan listrik yang sudah diubah menjadi 5 Vdc dihubungkan pada salah satu pin Analog (A0) mikrokontroler untuk diproses sesuai dengan pemrograman yang sudah dibuat.

Tabel 4. Keamanan Rancangan Alat

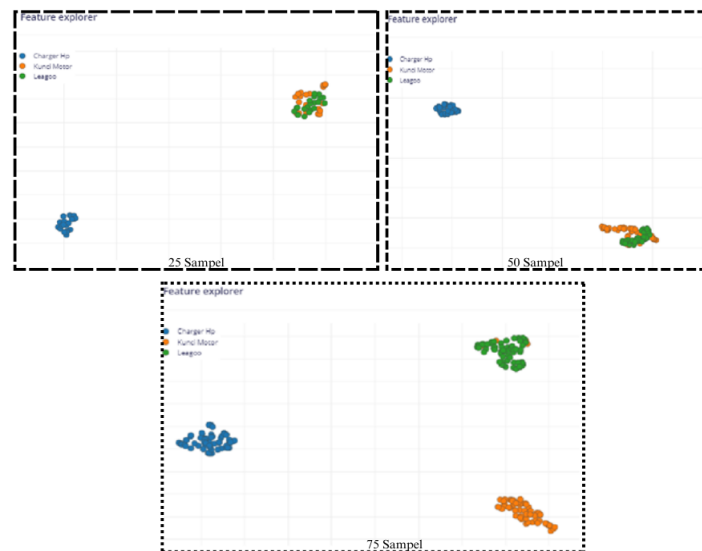
Tegangan (A0)	Tampilan Serial Monitor	Tampilan LCD 16x2	LED Biru & Merah	Buzzer	Keadaan <i>Electromagnetic Lock</i>
0 - 2,5 Vdc	" Relay/PSU 12 Vdc Tidak Aktif "	"Tidak Terkunci"	Menyala	ON	Tidak Aktif
2,6 - 5 Vdc	" Voltage > 2,5 Vdc "	"Pintu Terkunci"	Tidak Menyala	OFF	Aktif

Dari tabel 4 mengenai pengujian keamanan rancangan alat melalui tegangan listrik yang sudah diubah melalui IC regulator 7805 atau perangkat catu daya jenis *step-down*, didapatkan hasil informasi. Pada saat tegangan listrik yang diterima oleh pin Analog (A0) pada mikrokontroler sebesar 0 Vdc sampai dengan 2,5 Vdc, maka akan terdapat informasi pada tampilan LCD 16x2 dengan keterangan “Tidak Terkunci (*Lock Not Active*)” dan “Relay/PSU 12 Vdc Tidak Aktif” pada Serial Monitor. Disertai dengan indikator bunyi pada perangkat *Buzzer* serta indikator lampu LED warna merah dan biru yang menyala bersamaan.

Apabila tegangan listrik yang diterima oleh pin Analog (A0) pada mikrokontroler sebesar 2,6 Vdc sampai dengan 5 Vdc, maka akan terdapat informasi pada tampilan LCD 16x2 dengan keterangan “Pintu Terkunci (*Lock Not Active*)” dan “Voltage > 2,5 Vdc” pada Serial Monitor. Serta perangkat *Buzzer* dan lampu LED warna biru dan merah tidak menyala.

3.2 Pengujian Rasio Dataset Learning Rate

Pengujian Rasio *Dataset Learning Rate* terhadap 3 model objek dilakukan dengan membagi data menjadi 80% data pelatihan (*Training Data*) dan 20% data pengujian (*Test Data*). Data pelatihan difungsikan untuk melatih bentuk model (objek), dan data pengujian digunakan untuk menguji akurasi model objek setelah pelatihan data. Sesuai dengan rekomendasi standar *EDGE Impulse* melalui algoritma YOLO v5 dalam pengklasifikasi label objek, perkiraan rasio pemisahan pelatihan sebesar 80% dan pengujian sebesar 20% dari jumlah sampel objek (25, 50, atau 75 sampel objek) untuk data pada setiap kelas atau label dalam kumpulan data, meskipun kumpulan data yang sangat besar mungkin memerlukan lebih sedikit data pengujian.



Gambar 6. Feature Explorer Pemisahan Cluster Gambar

Dari hasil pengujian yang diperlihatkan pada gambar 6 dan yang dilakukan pada 25 sampel, 50 sampel, dan 75 sampel gambar untuk setiap model objek dengan mengidentifikasi simbol titik berwarna dengan informasi Kunci Motor berwarna Jingga (*Orange*), *Charger HP* berwarna Biru, *Leagoo* berwarna Hijau. Untuk pengujian 25 sampel dan 50 sampel dapat terlihat bahwa untuk data objek “Kunci Motor” dan “Leagoo” berada pada bagian kolom yang sama. Hal ini dapat menimbulkan resiko terkait pembacaan objek yang sama apabila terdapat ukuran dan bentuk yang menyerupai objek tersebut sehingga masih dibutuhkan *cluster* data yang baru melalui penambahan sampel kembali dengan sudut objek yang berbeda untuk meminimalisir kesalahan pembacaan data objek.

Dapat dilihat juga, untuk 75 sampel gambar bahwa semua sampel yang didapat berada dalam keadaan baik. Ketiga model objek berada di kolom bagian yang berbeda, sehingga untuk kumpulan data dengan ini tidak terlalu rumit dengan data berdimensi lebih rendah. Hal ini memungkinkan lebih banyak pemisahan dan dapat diterapkan pada perangkat kamera OV2640 baik menggunakan resolusi 96x96 piksel maupun 48x48 piksel dalam pengimplementasiannya. *F1-Score* merupakan suatu nilai yang diperoleh sehingga dapat menunjukkan performa algoritma yang telah diterapkan. Untuk nilai *F1-Score*, rumusnya adalah sebagai berikut:

$$Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \tag{1}$$

Recall merupakan rasio prediksi benar positif yang dibandingkan pada keseluruhan data yang benar positif dan salah negatif, sedangkan *Precision* adalah rasio prediksi benar positif yang dibandingkan pada keseluruhan hasil yang diprediksi positif.

Tabel 5. Pengujian *F1-Score*

Perangkat	Jumlah Objek	Mode	Jumlah Sampel/Objek	Ukuran Gambar	Feature Explorer	F1-Score
ESP32-CAM	3 Objek	Squash	25 Sampel	48 x 48	Grayscale	61.9%
					RGB	75.6%
				96 x 96	Grayscale	43.5%
					RGB	50.0%
				48 x 48	Grayscale	79.5%
					RGB	86.9%
			75 Sampel	96 x 96	Grayscale	63.5%
					RGB	67.2%
				48 x 48	Grayscale	93.0%
					RGB	100.0%
				96 x 96	Grayscale	68.7%
					RGB	79.5%

Pada tabel 5 untuk nilai persentase *F1-Score* untuk 75 sampel gambar dari setiap model objek dengan parameter warna RGB dan ukuran gambar 48x48 piksel adalah 100.0%. Nilai *F1-Score* pada kolom *Background* adalah 1.00, kolom *Charger Hp* adalah 1.00, kolom *Kunci Motor* adalah 1.00, dan kolom *Leagoo* adalah 1.00. Hal ini dilakukan untuk menentukan konfigurasi yang sesuai pada perangkat ESP32-CAM agar dapat berjalan dengan baik. Nilai

persentase *F1-Score* juga menunjukkan performa algoritma yang diterapkan pada perangkat ESP32-CAM sebagai pendeteksi objek

3.3 Pengujian Jarak Pendeteksi Objek

Pengujian jarak pendeteksi objek dilakukan untuk mengetahui jarak minimal dan maksimal yang diperlukan agar objek dapat terdeteksi melalui ESP32-CAM dengan kamera OV2640 beresolusi 2MP (*Mega Pixel*).

Tabel 6. Pengujian Deteksi Objek

Jarak	Model Objek			Keterangan
	Kunci Motor	<i>Charger</i> HP	Boneka Leagoo	
1cm-10cm	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Minimal Jarak Terdeteksi > 5 cm
11cm-20cm	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Jarak Terdeteksi
21cm-30cm	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Jarak Terdeteksi
31cm-40cm	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Jarak Terdeteksi
41cm-50cm	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Maksimal Jarak Terdeteksi < 40cm

Dari tabel 6 dapat dilihat bahwa pengujian pada ketiga model objek yang dilakukan menunjukkan jarak minimal dan maksimal yang dapat digunakan untuk pendeteksian objek sebagai akses kunci lapis kedua. Jarak minimal dari kamera OV2640 yang dapat digunakan adalah sebesar 5 cm agar objek dapat terdeteksi. Apabila keberadaan objek berada di bawah jarak minimal 5 cm, maka objek tidak dapat terdeteksi, Jarak maksimal dari kamera OV2640 yang dapat digunakan adalah sebesar 40 cm agar objek dapat terdeteksi. Apabila keberadaan objek berada pada jarak lebih dari 40 cm, maka objek tidak dapat terdeteksi. Selain jarak minimal dan jarak maksimal yang dapat digunakan untuk pendeteksi objek, terdapat jarak yang direkomendasikan agar objek dapat terdeteksi, yaitu pada jarak 15 cm sampai dengan 20 cm.

3.4 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengetahui respon yang terjadi ketika kartu RFID dan model objek pada perangkat yang sudah dibuat digunakan secara berurutan. Pengujian dilakukan baik yang sesuai atau tidak sesuai antara nomor UID dan model objek dengan skema serta program yang dibuat. Pengujian dilakukan dengan mekanisme cara yang digunakan dengan meletakkan kartu RFID terlebih dahulu. Apabila sudah sesuai, maka dilanjutkan dengan menunjukkan model objek yang sesuai pada kartu RFID yang digunakan sebelumnya.

Tabel 7. Pengujian Keseluruhan Sistem

Uji Coba	Nomor UID	Tampilan LCD Lapis Pertama	Model Objek	Tampilan LCD Lapis Kedua	<i>Electromagnetic Lock</i>	Waktu (detik)
1	B3 AD 10 30	Kartu Sesuai	<i>Charger</i> HP	Objek Sesuai	Tidak Aktif	5.71
2	B3 AD 10 30	Kartu Sesuai	Boneka Leagoo	<i>No Found</i>	Aktif	11.39
3	21 9F 1A 26	Kartu Sesuai	Kunci Motor	Objek Sesuai	Tidak Aktif	6.40
4	21 9F 1A 26	Kartu Sesuai	<i>Charger</i> HP	<i>No Found</i>	Aktif	11.39
5	19 EB 25 B8	Kartu Sesuai	Boneka Leagoo	Objek Sesuai	Tidak Aktif	6.57
6	19 EB 25 B8	Kartu Sesuai	Tidak Ada Objek	<i>No Found</i>	Aktif	11.37
7	11 A3 5C 1D	Kartu Salah	Tidak Ada Objek	Letakan Kartu	Aktif	2.83
8	E9 6D 57 8E	Kartu Salah	Tidak Ada Objek	Letakan Kartu	Aktif	2.83

Keterangan :
 1) B3 AD 10 30 + *Charger* HP = Sesuai
 2) 21 9F 1A 26 + Kunci Motor = Sesuai
 3) 19 EB 25 B8 + Boneka Leagoo = Sesuai

Dari tabel 7 mengenai pengujian keseluruhan sistem, dilakukan dengan menggunakan 5 kartu RFID yang telah disesuaikan dengan program. Terdapat 3 kartu RFID dan 3 model objek yang digunakan untuk akses keamanan, serta 2 kartu RFID yang tidak dapat digunakan atau tidak didaftarkan sebagai kunci akses keamanan. Waktu respon akses sistem keamanan apabila kartu RFID dan model objek yang sesuai antara 5,71 detik hingga 6,57 detik. Waktu respon akses sistem keamanan apabila kartu RFID dan model objek tidak sesuai antara 11,37 detik hingga 11,39 detik, dan waktu respon akses sistem keamanan apabila kartu RFID tidak sesuai adalah 2,83 detik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil rancangan yang telah dibuat hingga pengujian dan impelentasi yang sudah dilakukan adalah perancangan sistem keamanan dua lapis pada pintu ruangan menggunakan modul RFID MFRCC22 dan ESP32-CAM dapat berfungsi dengan baik dan terintegrasi melalui mikrokontroler Arduino UNO sebagai sistem kendali utama. Dengan tegangan operasi perangkat sebesar 5Vdc dan arus listrik yang dibutuhkan sebesar 150mA hingga 250mA,

sistem ini memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dengan konsumsi daya yang rendah, sehingga sangat ideal untuk digunakan. Waktu respon akses sistem keamanan adalah antara 5,71 detik hingga 6,57 detik. Jarak maksimal yang diperlukan kartu RFID agar dapat terdeteksi oleh modul RFID *Reader* sejauh 5 sentimeter. Untuk model objek yang memiliki ukuran kecil dengan dimensi maksimal panjang, lebar, dan tinggi sebesar 20 sentimeter dapat digunakan sebagai metode akses keamanan. Selanjutnya, untuk jumlah minimal sampel gambar yang dibutuhkan untuk setiap objek dengan posisi dan sudut yang berbeda agar dapat diterapkan pada mikrokontroler ESP32-CAM adalah 75 sampel gambar dengan konfigurasi parameter warna RGB dan ukuran gambar 48x48 piksel. Hal ini menghasilkan nilai persentase *F1-Score* sebesar 100%. Nilai *F1-Score* pada kolom *Background* adalah 1.00, kolom *Charger Hp* adalah 1.00, kolom Kunci Motor adalah 1.00, dan kolom Leagoo adalah 1.00 dengan jangkauan atau rentang jarak yang diperlukan model objek berukuran kecil agar dapat terdeteksi oleh mikrokontroler ESP32-CAM melalui kamera OV2640 antara 5 sentimeter sampai dengan 40 sentimeter dan untuk jarak yang direkomendasikan agar dapat terdeteksi pada jarak 15 sentimeter sampai dengan 20 sentimeter.

REFERENCES

- [1] F. F. Ulahijananan, "Rancang Bangun Alat Pengaman Pintu Secara Otomatis Menggunakan Rfid Berbasis Mikrokontroler Arduino," *J. Sos. dan Teknol. Terap. AMATA*, vol. 1, no. 2, pp. 1–5, 2022, doi: 10.55334/sostekam.v1i2.289.
- [2] T. Anggelia Erika and Elfizon, "Sistem Keamanan Berlapis Pada Pintu Menggunakan RFID, Fingerprint dan Keypad dengan Output Suara Berbasis Internet Of Things ESP32," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 1, pp. 226–234, 2023.
- [3] M. Hamim, "Penggunaan Teknologi Berbasis RFID untuk Security System di Perpustakaan IAIN Kediri," *Indones. J. Acad. Librariansh.*, vol. 2, no. 2, pp. 13–20, 2018.
- [4] N. K. Daulay and M. N. Alamsyah, "MONITORING SISTEM KEAMANAN PINTU MENGGUNAKAN RFID DAN FINGERPRINT BERBASIS WEB DAN DATABASE," *Jusikom J. Sist. Komput. Musirawas*, vol. 4, no. 02, 2019, doi: 10.32767/jusikom.v4i2.632.
- [5] Q. Aini, N. Lutfiani, H. Kusumah, and M. S. Zahran, "Deteksi dan Pengenalan Objek Dengan Model Machine Learning: Model Yolo," *CESS (Journal Comput. Eng. Syst. Sci.)*, vol. 6, no. 2, 2021, doi: 10.24114/cess.v6i2.25840.
- [6] J. W. Simatupang and R. W. Tambunan, "Security Door Lock Using Multi-Sensor System Based on RFID, Fingerprint, and Keypad," *2022 Int. Conf. Green Energy, Comput. Sustain. Technol. GECOST 2022*, pp. 453–457, 2022, doi: 10.1109/GECOST55694.2022.10010367.
- [7] R. S. Martin and Y. Dewanto, "Prototipe kunci pintu otomatis menggunakan sensor kamera berbasis raspberry," *J. Teknol. Ind.*, vol. 12, no. 1, pp. 21–29, 2023.
- [8] V. Jones, "METODE VIOLA JONES MENGGUNAKAN ESP32-CAM," vol. 9, no. 1, pp. 94–102, 2022.
- [9] D. Kurniawan and Nopriadi, "Rancang Bangun Sistem Akses Kontrol Perumahan Menggunakan Sensor Finger Print Berbasis," *J. Comaise*, vol. 04, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- [10] P. O. Makanjuola, E. S. Shokenu, H. O. Araromi, P. O. Idowu, and J. D. Babatunde, "An Rfid-Based Access Control System Using Electromagnetic Door Lock and an Intruder Alert System," *J. Eng. Res. Reports*, no. July, pp. 7–17, 2022, doi: 10.9734/jerr/2022/v22i1117574.
- [11] B. Unhelkar, S. Joshi, M. Sharma, S. Prakash, A. K. Mani, and M. Prasad, "Enhancing supply chain performance using RFID technology and decision support systems in the industry 4.0—A systematic literature review," *Int. J. Inf. Manag. Data Insights*, vol. 2, no. 2, 2022, doi: 10.1016/j.jjime.2022.100084.
- [12] T. Mabad, O. Ali, M. Ally, S. F. Wamba, and K. C. Chan, "Making Investment Decisions on RFID Technology: An Evaluation of Key Adoption Factors in Construction Firms," *IEEE Access*, vol. 9, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3063301.
- [13] M. Fauza and M. A. Muthalib, "SISTEM PENGAMAN PINTU OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (RFID) BERBASIS ARDUINO UNO," *J. Energi Elektr.*, vol. 11, no. 1, 2022, doi: 10.29103/jee.v11i1.8185.
- [14] C. Janiesch, P. Zschech, and K. Heinrich, "Machine learning and deep learning," *Electron. Mark.*, vol. 31, no. 3, 2021, doi: 10.1007/s12525-021-00475-2.
- [15] A. Paleyes, R. G. Urma, and N. D. Lawrence, "Challenges in Deploying Machine Learning: A Survey of Case Studies," *ACM Comput. Surv.*, vol. 55, no. 6, 2022, doi: 10.1145/3533378.
- [16] A. F. Ibrahim, F. Dewanta, and S. Raniprma, "Implementasi Machine Learning Pada Alat Deteksi Emosi Untuk Sistem Kontrol Suhu Dan Pencahayaan Ruangan," *e-Proceeding Eng.*, vol. 9, no. 2, 2022.
- [17] A. Hermawan, L. Lianata, Junaedi, and A. R. K. Maranto, "Implementasi Machine Learning Sebagai Pengenal Nominal Uang Rupiah dengan Metode YOLOv3," *SATIN - Sains dan Teknol. Inf.*, vol. 8, no. 1, 2022, doi: 10.33372/stn.v8i1.816.
- [18] Z. H. Batubara, Y. Hamonangan, M. Arfan, and A. Hidayatno, "PERANCANGAN SISTEM DETEKSI PELANGGARAN PENGGUNAAN HELM DENGAN METODE DEEP LEARNING MENGGUNAKAN YOLOV5 ULTRALYTIC," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 13, no. 1, 2024, doi: 10.14710/transient.v13i1.11-20.
- [19] A. Tholib, *Implementasi Algoritma Machine Learning Berbasis Web dengan Framework Streamlit*, vol. 01. 2017.
- [20] R. A. Zakiah, S. Wahjuni, and W. B. Suwarno, "Pemilihan Algoritma Machine Learning untuk Perangkat dengan Komputasi Terbatas pada Deteksi Kematangan Buah Melon Berjalar," *J. Ilmu Komput. dan Agri-Informatika*, vol. 10, no. 2, 2023, doi: 10.29244/jika.10.2.189-199.
- [21] A. Mathematics, "Slamet Purwo Santoso, Fajar Wijayanto, M.Kom2 RANCANG BANGUN AKSES PINTU DENGAN SENSOR SUHU DAN HANDSANITIZER OTOMATIS BERBASIS ARDUINO," vol. 10, no. 1, pp. 1–23, 2022.
- [22] Ade Aso.S.Pd, "Pengelolaan Pendidikan Yayasan Bpi Dalam Era Transformasi Digital Dijes Inovasi Ssistem Buku Tamu Digital Berbasis Rfid Di Lingkungan Bpi," no. 8, 2022.
- [23] R. B. Putri, A. Hartaman, and D. Darlis, "Perancangan Pendeteksi Suhu Tubuh Dan Masker Menggunakan ESP32 Cam Dengan Fitur Suara," *Proceeding Appl. Sci.*, vol. 9, no. 1, pp. 199–210, 2023.



- [24] M. Sandler, A. Howard, M. Zhu, A. Zhmoginov, and L. C. Chen, “MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks,” *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, pp. 4510–4520, 2018, doi: 10.1109/CVPR.2018.00474.
- [25] S. Hymel *et al.*, “Edge Impulse: An MLOps Platform for Tiny Machine Learning,” 2022.
- [26] M. Omelchenko and V. Hotsyanivskyy, “IMAGE PROCESSING ON ESP32 MICROCONTROLLERS BASED ON MOBILENET,” no. July, 2022, doi: 10.36074/logos-20.05.2022.048.
- [27] K. Mubarak, T. Wibowo, and S. S. Wibowo, “Kaji Awal Pendeteksi Api Menggunakan Kamera dengan Program Machine Learning,” pp. 13–14, 2022.
- [28] S. Hoon Yoon *et al.*, “IoT Open-Source and AI based Automatic Door Lock Access Control Solution,” *Int. J. Internet, Broadcast. Commun.*, vol. 12, no. 2, p. 9, 2020.