

Sistem Keamanan loker Masjid Dengan Face Recognition Di Kelurahan Pujidadi Menggunakan ESP32-Cam

Wahyu Azhari¹, Zulfian Azmi², Rudi Gunawan³

¹Sistem Komputer, STMIK Triguna Dharma

^{2,3}Sistem Informasi, STMIK Triguna Dharma

Email: ¹wahyuazhari643@gmail.com, ²zulfian.azmi@gmail.com, ³rudigunawan.tgd@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: wahyuazhari643@gmail.com

Abstrak

Sistem keamanan loker merupakan salah satu aspek penting dalam menjaga barang-barang pribadi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan loker di Masjid Kelurahan Pujidadi menggunakan teknologi pengenalan wajah berbasis ESP32 Cam. Sistem ini dirancang untuk memberikan akses yang aman dan nyaman bagi pengguna loker dengan memanfaatkan deteksi wajah sebagai metode verifikasi. Proses pendaftaran pengguna dimulai dengan menekan tombol registrasi, yang kemudian akan mengambil gambar wajah pengguna menggunakan kamera ESP32 Cam. Gambar yang diambil kemudian diproses dengan algoritma Haar cascades untuk mendeteksi dan mengenali wajah. Setelah wajah berhasil dideteksi, data gambar beserta informasi pengguna disimpan dalam basis data. Pada saat pengguna ingin membuka loker, mereka harus menekan tombol login, yang kemudian akan mengambil gambar wajah mereka dan membandingkannya dengan data yang telah tersimpan di basis data. Jika wajah terdeteksi dan cocok, solenoid akan diaktifkan untuk membuka kunci loker, memberikan akses kepada pengguna. Jika tidak cocok, sistem akan tetap mengunci loker dan memberikan notifikasi bahwa verifikasi wajah gagal. Implementasi sistem ini menggunakan ESP32 Cam karena kemampuannya untuk menangkap dan memproses gambar dengan efisien, serta dukungan konektivitas Wi-Fi yang memungkinkan integrasi dengan basis data dan server. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi pengenalan wajah dapat meningkatkan keamanan loker dengan menyediakan metode verifikasi yang lebih akurat dan sulit untuk dipalsukan dibandingkan dengan kunci konvensional.

Kata kunci: Sistem Keamanan, Loker, Pengenalan Wajah, ESP32 Cam, Haar Cascades, Basis Data.

Abstract

The locker security system is an important aspect in protecting personal belongings. This research aims to design and implement a locker security system at the Pujidadi Village Mosque using facial recognition technology based on ESP32 Cam. This system is designed to provide safe and comfortable access for locker users by utilizing facial detection as a verification method. The user registration process begins by pressing the registration button, which will then take a picture of the user's face using the ESP32 Cam camera. The captured images are then processed with the Haar cascades algorithm to detect and recognize faces. After the face is successfully detected, the image data along with user information is stored in the database. When users want to open the locker, they have to press the login button, which will then take a picture of their face and compare it with the data stored in the database. If a face is detected and matched, a solenoid will be activated to unlock the locker, granting access to the user. If it doesn't match, the system will still lock the locker and provide a notification that facial verification failed. The implementation of this system uses the ESP32 Cam because of its ability to capture and process images efficiently, as well as support for Wi-Fi connectivity which allows integration with databases and servers. This research shows that the use of facial recognition technology can improve locker security by providing a verification method that is more accurate and difficult to forge compared to conventional locks.

Keywords: Security System, Locker, Face Recognition, ESP32 Cam, Haar Cascades, Database.

1. PENDAHULUAN

Kasus pencurian di Indonesia terbilang masih cukup tinggi. Pencurian merupakan suatu perbuatan yang bertujuan untuk memiliki suatu barang atau benda milik orang lain yang intensitas perbuatannya seringkali terjadi di lingkungan masyarakat[1]. Tak heran banyak kerugian yang diakibatkan oleh tindakan pencurian. Berdasarkan data yang dipublikasikan oleh binjaikota.bps.go.id diketahui bahwa kasus pencurian yang terjadi di Kota Binjai sebanyak 757 kasus pencurian sepanjang tahun 2022. Dengan kasus pencurian yang terbagi pada pencurian dengan pemberatan, pencurian biasa, pencurian dengan kekerasan hingga pencurian sepeda motor[2].

Tingginya angka kasus pencurian di Kota Binjai sungguh meresahkan masyarakat. Apalagi pencurian tidak hanya dilakukan pada rumah-rumah mewah. Tetapi juga menyasar pada rumah-rumah ibadah seperti masjid. Padahal masjid merupakan sarana umum yang diharapkan menjadi tempat yang aman dan khushyuk untuk beribadah. Namun, justru kita malah sering kali menemui kasus pencurian barang berharga di area masjid, seperti hilangnya *handphone* genggam, emas berharga, uang bahkan hingga laptop. Hilangnya benda-benda tersebut sering kali sulit untuk ditindaklanjuti, karena nominalnya yang tidak terlalu tinggi namun cukup merugikan. Faktanya, pencurian barang-barang berharga tersebut dilakukan justru saat sedang beribadah. Kasus pencurian ini pernah terjadi di salah satu masjid di kota binjai diperoleh dari sumber news.detik.com tepatnya pada saat Jemaah masjid melakukan sholat isya berjamaah, seorang pencuri

mengambil barang bawaan berupa tas yang dibawa oleh seorang ibu tentunya hal ini sangat merugikan [3]. Tentu hal itu dapat mengurangi tingkat kekhayusan dan kualitas beribadah masyarakat.

Untuk itu diperlukan suatu sistem keamanan yang lebih efektif dan efisien untuk menyimpan barang-barang berharga ketika sedang beribadah, sehingga dapat meminimalisir tindak kejahatan pencurian yang ada di area masjid. Salah satu yang dapat ditawarkan adalah dengan menciptakan loker otomatis sebagai tempat penyimpanan barang-barang berharga tersebut. Namun, loker otomatis tersebut haruslah memiliki teknologi yang lebih canggih dari sekedar loker manual/konvensional. Dari beberapa referensi yang diketahui loker otomatis yang telah diciptakan adalah dengan menggunakan teknologi berupa *fingerprint* berbasis Arduino Mega 2560 dengan SIM900A[4]. Namun, pengimplementasian teknologi *fingerprint* untuk loker masjid memiliki beberapa kelemahan. Setiap orang yang beribadah di masjid pasti melakukan wudhu yang membuat setiap jari-jari mereka menjadi basah, hal tersebut tentu mempengaruhi hasil akurasi *fingerprint*, seperti penelitian yang dilakukan Samsul Arifin bahwa jari yang kotor, terluka dan basah tidak dapat terdeteksi secara akurat oleh sensor *fingerprint* [5].

Berdasarkan data, fakta dan permasalahan tersebut penulis menawarkan sebuah inovasi yang terdeskripsi dalam sebuah penelitian mengenai "*Sistem Keamanan Loker Masjid dengan Face Recognition di Kelurahan Pujidadi Menggunakan ESP32-Cam*", dimana pada sistem keamanan loker yang diajukan menggunakan teknologi *face recognition* menggunakan ESP32 Cam. Adapun metode implementasinya menggunakan metode *Haar Cascade*. Metode *Haar Cascade Classifier* baik digunakan untuk mendeteksi banyak wajah secara real time. Metode ini dianggap tepat digunakan dalam deteksi wajah dikarenakan memiliki langkah-langkah sebagai berikut: (1) menentukan *Haar features*, (2) membuat gambar integral, (3) *Adaboost training* dan (4) melakukan klasifikasi dengan *cascading classifier*[6].

Sehingga sistem keamanan dilakukan dengan deteksi wajah para jamaah yang hendak menyimpan barang-barangnya di loker, hal ini lebih efisien daripada sensor sidik jari yang akan sering eror apabila jari-jari basah. Diharapkan inovasi ini dapat meningkatkan sistem keamanan penyimpanan barang-barang di masjid sehingga menurunkan tingkat kejahatan pencurian yang kerap terjadi di area masjid dan meningkatkan kenyamanan saat beribadah.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian adalah upaya menyelidiki dan menindaklanjuti masalah dengan menggunakan metode ilmiah secara cermat dan menyeluruh untuk mengumpulkan, mengolah, dan menganalisis data serta menarik kesimpulan untuk memecahkan suatu masalah atau menguji hipotesis untuk memperoleh pengetahuan yang berguna tentang masalah tersebut[7].

2.2 Observasi

Observasi adalah pengamatan langsung terhadap suatu objek pada lingkungannya, yang masih dalam proses atau dalam tahap penelitian, dengan menggunakan panca indera. Pengamatan dilakukan secara sadar sesuai kaidah pengamatan yang berlaku[8].

2.3 Wawancara

Wawancara adalah percakapan *point-to-point*, suatu proses tanya jawab verbal dimana dua orang atau lebih saling berhadapan secara fisik. Untuk mendukung kegiatan ini digunakan daftar pertanyaan (kuesioner) sebagai alat[9].

2.4 Studi Pustaka

Studi pustaka adalah pencarian data atau informasi penelitian dengan membaca jurnal akademik, buku referensi dan publikasi di perpustakaan. Menggunakan pencarian literatur untuk mempelajari sumber bacaan, yang dapat memberikan informasi terkait topik yang dipelajari sebagai pendukung penelitian yang dilakukan[10].

2.5 Eksperimen

Penelitian eksperimen mengungkapkan suatu teknik penelitian untuk mempelajari pengaruh beberapa perlakuan terhadap perlakuan lainnya dalam kondisi yang terkendali[11].

2.6 Tahapan Penelitian

Pada metode penelitian ini dijelaskan bahwa sistem yang akan diimplementasikan agar mengidentifikasi sistem yang akurat sehingga mampu meningkatkan kinerja dengan baik. Adapun metode yang digunakan adalah sebagai berikut

1. Pengembangan Sistem Keamanan Berbasis R&D

Metode R&D digunakan untuk mengembangkan sistem keamanan loker berbasis *face recognition* yang inovatif dan sesuai dengan kebutuhan pengguna di Kelurahan Pujidadi. Proses interaktif melibatkan analisis kebutuhan, pemilihan teknologi yang tepat, dan pengujian prototipe untuk memastikan integrasi dan fungsionalitas yang optimal. R&D merupakan proses penting sebelum meluncurkan produk atau layanan di suatu perusahaan. Melakukan *Research and Development* dapat menghasilkan produk atau jasa dengan nilai validasi yang tinggi, dan banyak upaya telah dilakukan di masa lalu. Penelitian dan pengembangan adalah proses menciptakan teknologi baru atau lebih baik yang dapat

memberikan keunggulan kompetitif di tingkat bisnis, industri, atau nasional. R&D biasanya dilakukan oleh departemen atau tim internal, tetapi R&D juga dapat dialihdayakan ke pihak ketiga seperti profesional atau universitas. Ada juga perusahaan yang melakukan ketiganya, seperti perusahaan multinasional besar. *Outsourcing* ke negara lain dengan pihak yang lebih mengetahui pasar lokal negara tersebut. Proses R&D juga umumnya mahal karena *throughput* yang tinggi. Perusahaan mana pun, besar atau kecil, yang memproduksi dan menjual produk atau layanan (baik perangkat lunak maupun bukan) biasanya berinvestasi di beberapa tingkat R&D[12].

2. Implementasi Prototipe Sistem Keamanan Berbasis Face Recognition

Sistem ini menggunakan ESP32-Cam sebagai perangkat utama untuk menangkap dan mengenali wajah pengguna. Kamera ESP32-Cam akan memproses gambar wajah dan membandingkannya dengan database yang tersimpan untuk mengizinkan akses ke loker. Sensor tambahan dapat digunakan untuk mendukung keamanan lebih lanjut.

3. Penerapan Metode *Haar cascade* dalam Deteksi Wajah

Metode *Haar Cascade* digunakan dalam proses deteksi wajah pada sistem keamanan ini. *Haar cascade*, sebagai algoritma yang efektif untuk deteksi objek, diterapkan pada ESP32-Cam untuk mengenali wajah pengguna secara akurat. Proses ini memastikan bahwa hanya pengguna yang terdaftar dalam database yang dapat mengakses loker, sehingga meningkatkan keamanan dan keandalan sistem.

2.7 Kerangka Kerja

Untuk memperjelas metodologi penelitian, maka kerangka kerja penelitian harus dijelaskan. Kerangka kerja adalah urutan atau alur kerja yang sistematis. Alur kerja ini merupakan gambaran dari langkah-langkah sistem yang akan diteliti. Tujuan dari disusunnya kerangka kerja adalah untuk menetapkan gagasan yang terarah mengenai maksud dan tujuan pada masalah sehingga penelitian berjalan dengan baik. Dalam melakukan penelitian ini ada beberapa daftar kerangka kerja yang harus diikuti, mulai dari mengamati hubungan sistem yang akan dibuat, mencari solusi atas masalah yang timbul dalam sistem, hingga melakukan proses pemecahan pada masalah tersebut. Setelah semua proses dijalankan, maka tahap selanjutnya adalah menganalisa kembali sistem yang akan dibuat agar berfungsi sebagaimana dengan yang di harapkan dan menentukan apakah sistem layak diterapkan dalam bidang industri robotika. Adapun kerangka kerja yang dibuat untuk penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Kerangka Kerja

1. Mengidentifikasi Masalah

Mengidentifikasi masalah dapat dilakukan dengan pendekatan terhadap objek penelitian. Tujuan dari tahap ini yaitu untuk mencari tahu penyebab permasalahan yang sedang terjadi pada objek yang sedang diteliti yaitu loker masjid di Kota Binjai. Setelah masalah selesai diidentifikasi tahap selanjutnya menganalisa masalah.

2. Menganalisa Masalah

Tahap selanjutnya yaitu menganalisa masalah. Setelah masalah selesai diidentifikasi analisa dilakukan untuk menemukan pemecahan dari permasalahan objek yang sedang diteliti. Analisa dilakukan secara bertahap dan secara perlahan agar dapat memutuskan tujuan yang tepat sehingga mempermudah perencanaan rancangan sistem.

3. Menentukan Tujuan

Setelah selesai menganalisa dan mendapatkan pemecahan masalah maka selanjutnya menentukan tujuan yang dicapai. Tujuan dibuat agar hasil yang diharapkan sesuai dengan yang telah direncanakan sebelumnya. Agar cara kerja juga dapat terstruktur dengan rapih. Adapun tujuan yang telah ditargetkan pada penelitian ini yaitu untuk mengimplementasikan sistem loker otomatis dengan teknik *face recognition* dengan menggunakan ESP32 Cam dengan menggunakan metode *haarcascade*.

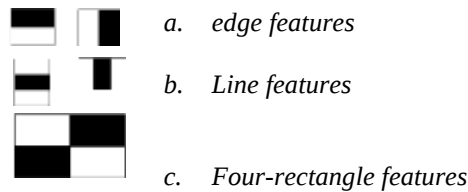
4. Mempelajari Literatur
Adapun literatur yang digunakan sebagai bahan referensi dari penelitian yang sedang dilakukan. Literatur yang dipakai adalah jurnal-jurnal ilmiah, modul buku pelajaran, serta informasi dari internet. Literatur yang digunakan tentu berkaitan komponen-komponen seperti sensor dan perangkat mikrokontroler ESP32 Cam dan yang lainnya.
5. Mengumpulkan Data
Perlunya pengumpulan data guna memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam mendukung perancangan didalam sistem. Pengumpulan data mencakup keadaan disekitar lokasi penelitian, seperti tata ruang masjid.
6. Mendesain Sistem
Tujuan dari mendesain yaitu untuk mendukung perencanaan dan perancangan *prototype* sistem agar dapat menentukan bahan serta komponen yang digunakan untuk membangun rancangan.
7. Implementasi Konsep *Face Recognition* dengan Metode *Haarcascade*
Face Recognition adalah sistem identifikasi dan autentikasi seseorang dengan menggunakan fitur wajah yang dimiliki. Sistem pada *face recognition* bisa mengenali wajah baik pada foto, video, maupun secara *real-time*. *Face recognition* memiliki tingkat keakuratan yang cukup tinggi.
8. Implementasi Sistem dengan Metode R&D
Metode yang digunakan adalah R&D bertujuan untuk pengembangan sistem yang disertai dengan riset mendalam mengenai sistem yang dibuat. Penggunaan R&D cocok dikarenakan mudah dipahami serta efektifitas terhadap sistem yang memerlukan pengembangan dan riset agar sistem dapat bekerja dengan baik.
9. Pengujian Kedalam *Prototype*
Pengujian sistem yang dirancang secara keseluruhan dan tertata berguna untuk mengetahui hasil dari penelitian yang diharapkan sesuai dan dapat mengatasi permasalahan yang terjadi. Sehingga proses analisa dapat terus terjadi agar pengembangan dapat terus dilakukan.
10. Analisa Hasil dan Pengambilan Keputusan
Hasil yang diperoleh dari pengujian akan dianalisa kembali. Analisa mencakup keseluruhan informasi dalam memonitoring dan navigasi. Setelah hasil pengujian dan analisa diperoleh, tahap selanjutnya pengambilan keputusan untuk kelayakan sistem apakah sistem dapat dijalankan sebagaimana fungsi yang dirancang.

2.8 Algoritma Sistem

Dalam kasus ini algoritma sistem yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Implementasi metode R&D
Melakukan *research & development* merupakan bagian penting dari penelitian. Riset dilakukan untuk pengumpulan, pengolahan, pengkajian dan penyajian data terkait objek yang sedang diteliti untuk mendapatkan solusi dari permasalahan yang ada. Pengumpulan data berupa observasi dan wawancara, data yang telah terkumpul kemudian diolah dan dijadikan bahan untuk menemukan pemecahan masalah dengan cara mengkaji data tersebut, pengkajian juga terkait dengan bahan serta alat-alat yang dibutuhkan yang dapat mengatasi permasalahan. Setelah semua masalah mendapatkan pemecahan, langkah terakhir yang dilakukan yaitu menyajikan solusi tersebut kedalam perancangan sistem. Setelah sistem berjalan seperti yang diharapkan, pengembangan harus tetap di lanjutkan. Tujuannya agar menutupi kelemahan sistem yang dirancang sebelumnya. Pengembangan bisa merupakan berbagai macam penyelesaian masalah selama sistem berjalan. Selain pengembangan pemeliharaan juga harus dilakukan untuk menjaga produk tetap berjalan tanpa ada kendala teknis.
2. Implementasi *prototype*
Setelah solusi ditemukan, selanjutnya disusun ke dalam perancangan sistem terlebih dahulu. Perancangan sistem dilakukan guna mengetahui seberapa efektif dan efisien alat yang dibuat dengan mengetahui model atau spesifikasi dari sensor dan modul lain yang digunakan. Mempelajari alat-alat seperti sensor ini dilakukan dengan menggunakan teknik literatur untuk mempelajari cara kerja, spesifikasi dan memahami penggunaan alat tersebut. Beberapa modul utama yang digunakan seperti Mikrokontroler ESP32 Cam, Sensor *limit switch* dan untuk monitoring menggunakan *website* sederhana. Pemilihan dan perancangan alat tersebut berdasarkan hasil riset untuk keperluan objek yang diteliti. Setelah informasi terkumpul, perancangan sistem ke dalam *prototype* dapat dilakukan. *Prototype* dirancang untuk dapat diaplikasikan ke objek yang diteliti, *prototype* harus sesuai dengan kebutuhan objek penelitian.
3. Implementasi metode *haarcascade* pada sistem keamanan loker
Disini merupakan bagian utama algoritma sistem bekerja, Algoritma yang digunakan mampu mengenali wajah yang tersimpan di database dengan citra masukkan pada saat melakukan presensi. Apabila citra wajah yang tersimpan di database dengan citra masukan teridentifikasi maka sistem keamanan loker berhasil. melakukan perubahan citra berwarna menjadi citra berskala abu-abu (*grayscale*) untuk menjadi inputan dalam *haar cascade classifier*. dengan Langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. *Haar Like Feature*
Metode ini menggunakan *haar like features* yang mana perlu dilakukan training terlebih dahulu untuk mendapatkan suatu pohon Keputusan dengan nama cascade classifier sebagai penentu apakah ada objek atau

tidak dalam tiap *frame* yang diproses. ada tiga macam fitur yang digunakan yaitu *edge features*, *line feature* dan *four-rectangle features*.



Nilai *haar like feature* diperoleh dari selisih jumlah nilai piksel daerah gelap dengan jumlah nilai piksel daerah terang sebagai berikut:



Gambar 2. Contoh *Haar Like Feature* Pada Sebuah Citra

$$F_{Haar} = \sum F_{putih} - \sum F_{hitam}$$

Keterangan:

F_{Haar} = nilai fitur total

$\sum F_{putih}$ = nilai fitur pada daerah terang

$\sum F_{hitam}$ = nilai fitur pada daerah gelap

b. *Integral Image*

Citra integral adalah citra yang nilai pixel-nya merupakan akumulasi dari nilai pixel di atas dan kirinya.

Integral image yaitu suatu Teknik untuk menghitung nilai fitur secara cepat dengan mengubah nilai dari setiap piksel menjadi satu representasi citra baru. Sebagai contoh, pixel (a,b) memiliki nilai akumulatif untuk semua pixel (x,y) dimana $x \leq a$ dan $y \leq b$.



Gambar 3. integral image(x,y) dan perhitungan nilai fitur

Berdasarkan gambar 3.3 citra integral pada titik (x,y) nilai (iii(x,y)) dapat dicari menggunakan persamaan.

$$Ii(x,y) = \sum_{x' \leq x} \sum_{y' \leq y} (x'(y'))$$

Dimana $ii(x,y)$ adalah citra integral dan $i(x,y)$ adalah citra asli dengan kondisi:

$$ii(x,y) = i(x,y) + ii(x-1,y) + ii(x,y-1) - ii(x-1,y-1)$$

Perhitungan nilai dari suatu fitur dapat dilakukan secara cepat dengan menghitung nilai citra integral pada empat buah titik sebagaimana disajikan dalam gambar 3.2. Jika nilai integral image titik 1 adalah A, titik 2 adalah A+B, titik 3 adalah A+C dan titik 4 adalah A+B+C+D, maka jumlah piksel di daerah D dapat diketahui dengan cara $4+1-(2+3)$.

c. *Adaboost Learning*

Algoritma *adaboost learning*, digunakan untuk meningkatkan kinerja klasifikasi dengan pembelajaran sederhana untuk menghubungkan banyak *classifier* lemah menjadi satu *classifier* kuat. *Classifier* lemah adalah suatu jawaban benar dengan tingkat kebenaran yang kurang akurat. Sebuah *classifier* lemah dinyatakan pada persamaan di bawah.

$$h_j(x) = \begin{cases} 1, & \text{jika } P_j f_j(x) < P_j \theta_j \\ 0, & \text{untuk lainnya} \end{cases}$$

Keterangan :

$h_j(x)$ adalah klasifikasi lemah, p_j adalah parity ke j, θ_j adalah threshold ke j dan x adalah dimensi sub image misalnya 24x24.

Langkah – langkah untuk mendapatkan sebuah *classifier* kuat dinyatakan dalam suatu algoritma sebagai berikut:

- 1) Diberikan contoh gambar $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ dimana $y_1 = 0$ untuk contoh positif dan $y_1 = 1$ untuk contoh negative.

- 2) Inisialisasi bobot $y_{i,1} = \frac{1}{2m}, \frac{1}{2l}$; m dan l adalah jumlah negatif dan positif
- 3) Untuk $t = 1, \dots, T$ menormalisasikan bobot sehingga w_t adalah distribusi probabilitas.

$w_t i \leftarrow \frac{w_{t,i}}{\sum_{j=1}^n w_{t,j}}$ untuk setiap fitur, j melatih classifier h_j untuk setiap fitur tunggal.

Kesalahan e_j dievaluasi dengan bobot w_t

$$e_j = \sum_i w_i |h_j(x_i) - y_i|$$

Pilih classifier h_t dengan error terkecil dimana $e_i = 0$ untuk x_i adalah klasifikasi benar, $e_i = 1$ untuk yang lain.

Perbaharui bobot:

$$w_{t+1,i} = w_{t,i} \beta_t^{1-e_i}$$

$$\text{Dimana } \beta_t = \frac{e_t}{1-e_t}$$

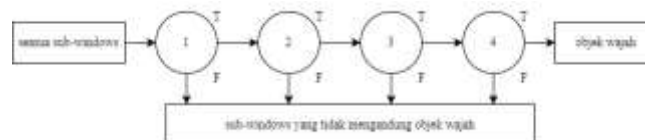
Didapatkan sebuah classifier kuat yaitu:

$$\begin{cases} 1 & \sum_{t=1}^T a_t h_t(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T a_t \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

Dimana $a_t = \log \frac{1}{\beta_t}$

d. cascade classifier

Cascade classifier melakukan proses penyaringan subcitra dengan membentuk tingkatan penyaringan berdasarkan banyak fitur yang ditentukan oleh *adaboost*. Terdapat beberapa tingkatan klasifikasi untuk menentukan apakah benar atau tidak fitur objek wajah pada fitur yang sudah dipilih. Pada saat klasifikasi bagian subcitra akan melalui beberapa tahapan penyaringan dimana pada tahap awal subcitra yang tidak mengandung objek wajah akan ditolak dan sedangkan untuk subcitra yang mengandung objek positif akan dijadikan inputan pada tahapan penyaringan berikutnya hingga didapatkan subcitra yang diyakini sebagai objek wajah.



Gambar 4. *cascade clasifier*

Pada klasifikasi filter pertama, tiap subcitra akan diklasifikasi satu fitur. Jika hasil nilai fitur dari filter tidak memenuhi kriteria yang diinginkan, maka hasil ditolak. Algoritma kemudian bergerak ke sub window selanjutnya dan menghitung nilai fitur kembali. Jika didapat hasil sesuai dengan threshold yang diinginkan, maka dilanjutkan ke tahap filter selanjutnya. Hingga jumlah sub window yang lolos klasifikasi pun akan berkurang hingga mendekati citra yang ada pada sampel. Seperti gambar 3.4 diatas dijelaskan keseluruhan proses cascade classifier –nya sebagai berikut:

- 1) Filter pertama
 - a) 1 fitur
 - b) Detection rate : 100%, false positive rate : 50%
- 2) Filter kedua
 - a) 5 fitur
 - b) Detection rate : 100%, false positive rate : 80%
- 3) Filter ketiga dan keempat
 - a) 20 fitur

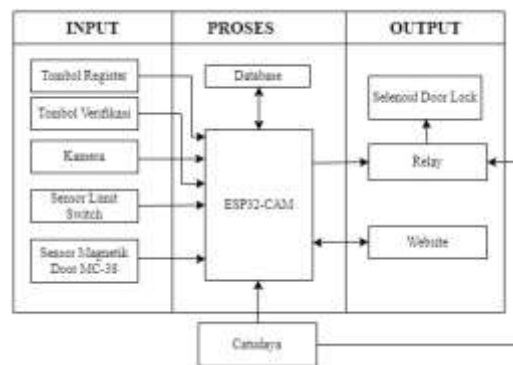
Setelah dilakukan serangkaian proses seperti pemilihan fitur dan klasifikasi bertingkat maka akan didapatkan sebuah hasil pendeteksian. Hasil pendeteksian berupa objek wajah. Pada saat proses klasifikasi bertingkat dilakukan maka, pada bagian subcitra tersebut akan ditandai dengan sebuah detector yang ditentukan pada daerah subwindow objek wajah yang terdeteksi dan apabila tidak ada objek wajah terdeteksi maka, image tersebut tidak akan ditandai oleh sebuah detector. Setelah di dapat hasil deteksi wajah maka disimpan ke database nantinya sebagai acuan untuk verifikasi membuka loker yang sudah terdaftar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini berisi hasil dan pembahasan dari topik penelitian, yang bisa di buat terlebih dahulu metodologi penelitian. Bagian ini juga merepresentasikan penjelasan yang berupa penjelasan, gambar, tabel dan lainnya.

3.1 Pemodelan Sistem

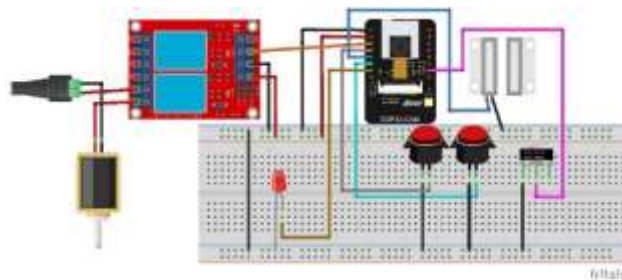
Di dalam sebuah sistem merupakan salah satu bagian penting dalam perancangan sebuah gambar sistem dan pengimplementasian sistem serta penjelasan sistem itu sendiri. Adapun diagram blok sistem dari penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Diagram Blok sistem

3.2 Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem ini menggunakan kamera OV2640 dengan resolusi 2MP yang sudah ada pada ESP32 Cam yang berfungsi untuk mengambil gambar saat mendaftar dan saat mau mengambil barang di dalam loker. Berikut rangkaian skematik:

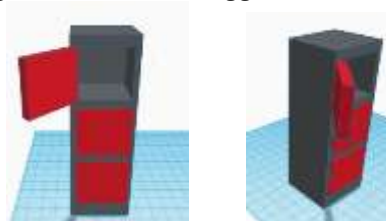


Gambar 6. Rangkaian Skematik

Relay akan aktif untuk membuka solenoid pada saat user sudah mendaftar dan sudah masuk file gambarnya ke dalam database, setelah itu sensor *limit switch* bekerja apabila user meletakkan barang di dalam loker dan memberi informasi bahwa loker sudah terisi dengan lampu led menyala.

3.3 Perancangan Prototipe

Perancangan model *prototype* di bawah untuk sistemnya di letakkan di bagian atas loker. jika ingin menggunakan loker tekan tombol register untuk daftar dan login untuk selesai menggunakan loker.



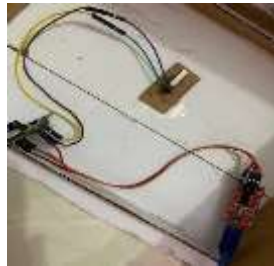
Gambar 6. Perancangan Prototipe Tampak Depan dan Samping

3.4 Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan kegiatan penerapan rancangan sistem yang sudah dibuat dengan baik sebelumnya. Adapun tahap penerapan sistem antara lain:

1. Rangkaian Sensor *Limit Switch*

Pada sistem ini sensor *limit switch* yang digunakan sebanyak 1 buah, yang nantinya terletak di bagian dalam sebuah loker penyimpanan yang berfungsi sebagai pendeteksi barang yang diletakkan di dalam loker. Pada rangkaian ini sensor *limit switch* memakai arus 5V yang diambil dari ESP32 cam.



Gambar 7. Rangkaian Sensor *Limit Switch*

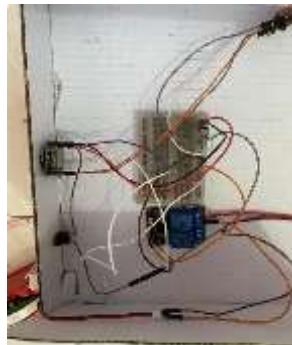
2. Rangkaian *Push Button*

Sistem ini menggunakan 2 buah tombol untuk mengambil gambar dari ESP32 cam dan mengirimnya ke *database* dan ditampilkan di website yang berfungsi sebagai tombol pendaftaran dan tombol untuk verifikasi data gambar yang sudah melakukan registrasi.



Gambar 8. Rangkaian *Push Button*

3. Rangkaian Keseluruhan Sistem



Gambar 8. Rangkaian Keseluruhan Sistem

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menggunakan rancangan sistem keamanan loker dengan *face recognition*. Dengan menggunakan ESP32 Cam sebagai mikrokontroler, sensor limit switch untuk deteksi barang di dalam loker, *solenoid* untuk mengunci pintu loker, dan 2 buah *push button* satu untuk pendaftaran wajah yang diambil melalui camera dari ESP32 Cam dan tombol lainnya untuk verifikasi gambar wajah yang sudah ada di *database*. Deteksi wajah pada sistem ini menggunakan metode *haarcascade* yang cara kerjanya pertama menentukan *haar feature*, kedua menghitung integral image, ketiga *adaboost training* dan yang terakhir melakukan klasifikasi dengan *cascading clasifier*. Berdasarkan hasil pengujian sistem keamanan loker dengan *face recognition* berhasil dilakukan menggunakan jaringan lokal. Dan hasilnya alat bekerja dengan baik dan dapat mengirim data ke database. Pembacaan database pada monitoring *website* juga bekerja seperti yang diharapkan, sehingga tampilan informasi wajah yang menggunakan loker pada *website* dapat dilihat dengan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini. Terima kasih kepada pembimbing dan dosen yang telah memberikan arahan dan dukungan sepanjang proses penelitian. Saya juga berterima kasih kepada rekan-rekan yang telah memberikan masukan berharga dan bantuan teknis. Ucapan terima kasih khusus saya sampaikan kepada keluarga dan teman-teman yang telah memberikan dukungan moral dan motivasi. Tanpa kontribusi dan dukungan dari semua pihak ini, penelitian ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi pengembangan sistem keamanan berbasis *face recognition* di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Resti Fauzi and F. Dona, "Penyidikan Tindak Pidana Pencurian Di Polres Purworejo," *J. Al-Hakim J. Ilm. Mahasiswa, Stud. Syariah, Huk. dan Filantr.*, vol. 4, no. 1, pp. 43–64, 2022, doi: 10.22515/alhakim.v4i1.5251.
- [2] Badan Pusat Statistik Kota Binjai, "Kota Binjai Dalam Angka 2023," p. 560, 2023, Accessed: Oct. 31, 2023. [Online]. Available: <https://binjaikota.bps.go.id/publication/download.html?nrbyfeve=Y2I5OGE3MWIzOGI4OTg3MjE2ZjAxMzRm&xzmn=aHR0cHM6Ly9iaW5qYWlrb3RhLmJwcy5nby5pZC9wdWJsaWNhdGlvbi8yMDIzLzAyLzI4L2NiOThhNzFiMzhiODk4NzIxNmYwMTM0Zi9rb3RhLWJpbmphaS1kYWxhbS1hbmdrYS0yMDIzLmh0bWw%3D&tw>
- [3] "Viral Pria Curi Tas Jemaah Wanita di Masjid Agung Binjai, Polisi Buru Pelaku." Accessed: Nov. 06, 2023. [Online]. Available: <https://news.detik.com/berita/d-5807316/viral-pria-curi-tas-jemaah-wanita-di-masjid-agung-binjai-polisi-buru-pelaku>
- [4] Ahmad Taqwa, Adewasti, and Emilia Hesti, "Rancang bangun sistem keamanan kunci loker mahasiswa di poltekne negeri sriwijaya menggunakan fingerprint dan password berbasis arduino mega2560," *J. TIPS J. Teknol. Inf. dan Komput. Politek. Sekayu*, vol. 9, no. 2, pp. 39–45, 2019.
- [5] S. Arifin, "Pemanfaatan Fingerprint dan Voice Recognition Untuk Menghidupkan Sepeda Motor Berbasis Arduino," *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, vol. 16, no. 2, pp. 123–132, 2022.
- [6] M. F. Sitorus, R. Fatharani, N. Fadhillah, T. Informatika, F. Teknik, and U. Samudra, "Sistem Deteksi Multi Wajah Menggunakan Metode Haar Cascade Classifier," vol. 01, no. 01, pp. 1–5, 2020.
- [7] I. G. I. Sudipa *et al.*, "METODE PENELITIAN BIDANG ILMU INFORMATIKA (Teori & Referensi Berbasis Studi ... - I Gede Iwan Sudipa, Pratiwi, I Putu Agus Eka Darma Udayana, Ahmad Ashril Rizal, Puji Indra Kharisma, Tutuk Indriyani, Efitra, I Made Dwi Putra Asana, Anak Agung Gede Bagus A."
- [8] "Pengertian Observasi : Pengertian, Fungsi, Tujuan dan Manfaatnya - IDCloudHost."
- [9] Sitti Nuralan, Muh. Khaerul Ummah BK, and Haslinda, "Analisis Gaya Belajar Siswa Berprestasi di SD Negeri 5 Tolitoli," *Pendek. J. Pengemb. Pendidik. dan Pembelajaran Sekol. Dasar*, vol. 1, no. 1, pp. 13–24, 2022.
- [10] D. L. Fajri, "Studi Pustaka Adalah Referensi Penelitian, Ini Penjelasan Lengkapnya," Katadata.co.id.
- [11] R. Arum, "Penelitian Eksperimen: Pengertian, Karakteristik, Subjek, Prosedur, Kelebihan dan Kekurangannya - Gramedia Literasi."
- [12] S. Rheny, "Research and Development (R&D): Pengertian, peran, dan 3 tipe yang umum digunakan," ekrut.com.