



Rancang Bangun Akses Pintu Otomatis Dengan Face Recognition Menggunakan Teachable Machine Berbasis Raspberry Pi

Ahmad Taufik¹, Jenny Putri Hapsari².

^{1,2} Program studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung, Jl.Raya Kaligawe Km.4 Semarang, Jawa Tengah, 50112

¹ahmad_taufik@std.unissula.ac.id, ²jenny@unissula.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRAK
<p>Article History Submission : 11-02-2026 Revision : 02-03-2026 Accepted : 13-04-2026</p> <p>Kata Kunci:Raspberry Pi, Face Recognition, Haar Cascade, Deep Learning, Solenoid Door Lock.</p>	<p>Peningkatan kebutuhan sistem keamanan rumah yang efektif dan ekonomis mendorong pemanfaatan teknologi biometrik sebagai pengganti kunci konvensional yang memiliki keterbatasan dalam aspek identifikasi pengguna. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem akses pintu otomatis berbasis face recognition menggunakan Raspberry Pi sebagai pengendali utama yang bekerja secara stand-alone tanpa server eksternal. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan integrasi algoritma Haar Cascade untuk deteksi wajah dan model deep learning berbasis Teachable Machine untuk klasifikasi wajah. Evaluasi sistem dilakukan menggunakan parameter precision, false positive, false negative, Intersection over Union (IoU), serta akurasi pengenalan dan penolakan akses. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tahap deteksi wajah memperoleh nilai precision sebesar 93,33% dengan rata-rata IoU sebesar 0,95 yang mengindikasikan ketepatan tinggi dalam pelokasian wajah. Pada tahap pengenalan, sistem mencapai tingkat keberhasilan 82% untuk wajah terdaftar dan 86% dalam menolak wajah tidak terdaftar. Akurasi keseluruhan sistem berdasarkan matriks konfusi adalah 84%. Pengujian mekanik menunjukkan aktuator solenoid door lock berfungsi dengan tingkat keberhasilan 100% dengan mekanisme penguncian otomatis selama 5 detik. Kebaruan penelitian ini terletak pada implementasi model deep learning berbasis Teachable Machine yang dioptimalkan pada perangkat komputasi terbatas (Raspberry Pi) dengan evaluasi kuantitatif terukur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem layak diterapkan pada skala rumah tangga dengan kebutuhan keamanan berbasis biometrik berbiaya rendah.</p> <p>This is an open access article under license CC-BY-SA.</p> 

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan mendorong penerapan sistem keamanan berbasis biometrik sebagai pengganti sistem penguncian konvensional. Kunci mekanis memiliki keterbatasan karena mudah hilang, diduplikasi, dan tidak mampu mengidentifikasi

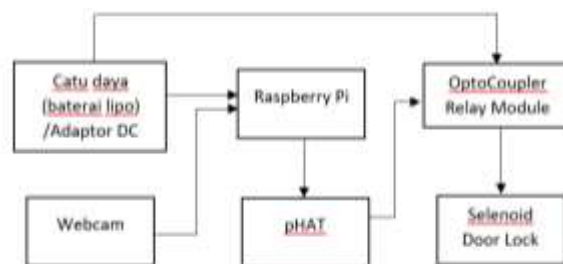
pengguna secara akurat [1]. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem keamanan yang mampu mengenali identitas pengguna secara otomatis dan real-time.

Face Recognition merupakan salah satu teknologi biometrik yang memanfaatkan karakteristik unik wajah manusia sebagai parameter autentikasi. Teknologi ini banyak diterapkan pada sistem absensi, keamanan perangkat, dan kontrol akses karena tingkat keakuratannya yang tinggi [2], [3]. Metode *Haar Cascade* umum digunakan untuk mendeteksi objek wajah secara cepat, sedangkan *Deep Learning* digunakan untuk meningkatkan akurasi pengenalan wajah [4], [5].

Beberapa metode pengenalan wajah telah dikembangkan, seperti *Eigenfaces*, *Convolutional Neural Network (CNN)*, serta pendekatan biometrik modern yang mengombinasikan ekstraksi fitur dan klasifikasi citra untuk meningkatkan akurasi sistem [6][7][8][9][10]. Penelitian ini mengusulkan sistem akses pintu otomatis berbasis *Face Recognition* menggunakan *Teachable Machine* yang diimplementasikan pada Raspberry Pi sebagai sistem mandiri tanpa ketergantungan server eksternal.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu perancangan sistem, implementasi perangkat keras, implementasi perangkat lunak, serta pengujian dan evaluasi sistem. Perancangan sistem dilakukan dengan menyusun diagram blok dan flowchart untuk menggambarkan alur kerja sistem secara keseluruhan. Sistem dimulai dari proses pengambilan citra wajah menggunakan webcam, dilanjutkan dengan proses deteksi wajah menggunakan *Haar Cascade Classifier*. Wajah yang terdeteksi kemudian diproses pada tahap pengenalan wajah menggunakan model deep learning.

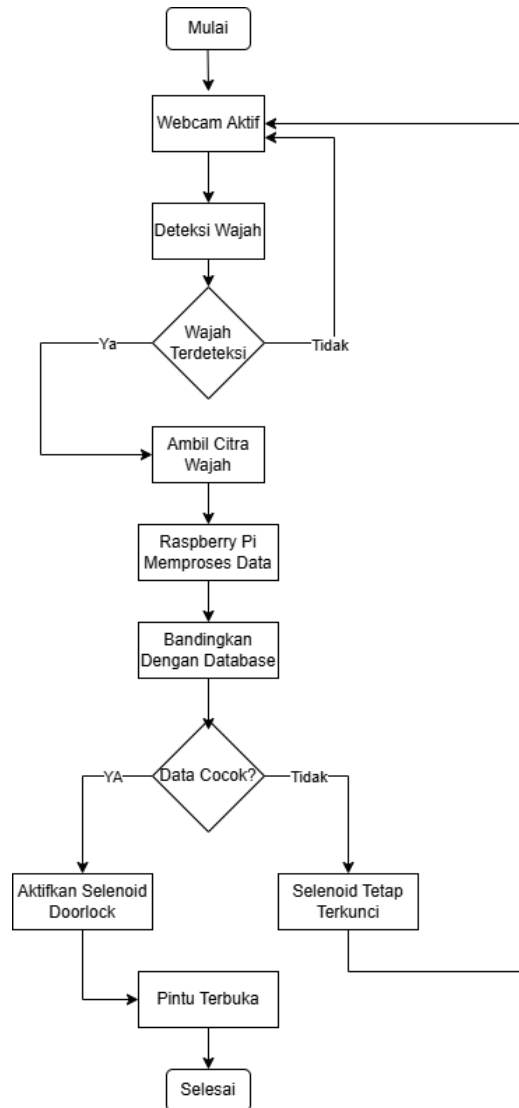


Gambar 1. Diagram blok sistem

Gambar 1 merupakan diagram blok dari alat yang dibuat pada penelitian ini, catu daya merupakan sumber arus yang di gunakan agar alat bisa bekerja, Raspberry Pi adalah sebagai mikrokontroller yang berfungsi sebagai pengendali sistem. Webcam digunakan sebagai sensor yang mendeteksi objek yang akan diproses melalui program yang telah dibuat. Selenoid doorlock pada diagram blok digunakan sebagai alat yang digunakan untuk membuka dan mengunci pintu yang dikontrol oleh Raspberry Pi. Optocoupler relay adalah alat yang digunakan untuk meningkatkan sumber arus yang ada pada alat agar dapat menggerakkan selenoid doorlock, pHat digunakan untuk mempermudah pemasangan pin yang terhubung kepada komponen - komponen yang dibutuhkan.

Gambar 2 adalah flowchart atau diagram alir dari alat yang telah dibuat pada penelitian ini, dimulai dari webcam yang akan mendeteksi citra wajah. Selanjutnya setelah webcam mendeteksi citra wajah informasi yang di dapat, Raspberry Pi akan memproses data yang masuk dan mencocokkan pada data yang tersimpan sebelumnya pada database sistem. Apabila

data masukan sama dengan database sistem, maka solenoid doorlock akan terbuka. Apabila data yang masuk berbeda dengan database sistem maka solenoid akan pada posisi terkunci.



Gambar 2. Flowchart cara kerja alat

Proses *face recognition* diawali dengan pendeteksian citra wajah menggunakan *haar cascade* kemudian dilanjutkan dengan ekstraksi dan klasifikasi citra wajah menggunakan model deep learning dari teachable machine. Model deep learning terbukti mampu dalam meningkatkan akurasi pengenalan citra dibandingkan metode konvensional terutama pada saat pencahayaan yang redup[11] [12]. Pengolahan citra digital dilakukan berdasarkan prinsip pengolahan citra menggunakan Opencv[13][14].

2.1 Uji Alat

2.1.1 Pengujian Raspberry Pi

Raspberry Pi di uji dengan tujuan untuk memastikan instalasi sistem operasi linux debian dan perangkat lunak pendukung (python dan OpenCV) berhasil dan berjalan dengan stabil. Pengujian pada Raspberry Pi dilakukan dengan uji eksekusi perintah Python dan uji library

OpenCV dengan tujuan sistem operasi berjalan dengan normal, program python dan OpenCv dapat diimpor dan dieksekusi tanpa adanya error.

2.1.2 Pengujian webcam

Pengujian Webcam dilakukan dengan tujuan untuk memastikan kamera dapat menangkap gambar dan video dengan baik serta terhubung dengan benar dan baik pada raspberry pi. Pada pengujian webcam dilakukan dengan uji pengambilan gambar dan video streaming menggunakan program OpenCv. Hasil yang diharapkan dari pengujian ini adalah kamera dapat menampilkan livestream pada monitor dan mendeteksi kotak wajah (bounding box) sesuai dengan program yang di buat.

2.1.3 Pengujian optocoupler relay

Pengujian optocoupler relay dilakukan untuk memastikan agar relay dapat dikendalikan oleh pin GPIO Raspberry Pi dan berfungsi sebagai saklar tegangan 12V. parameter pengujian yang dilakukan adalah dengan memberikan sinyal HIGH (3.3V) dan LOW (0V) pada pin 17 GPIO Raspberry Pi. Tujuan dari pengujian ini adalah pada saat sinyal HIGH, relay akan pada posisi ON (menghubungkan 12V ke selenoid) dan pada saat sinyal LOW, relay akan berada pada posisi OFF (memutus arus ke selenoid).

2.1.4 Pengujian selenoid door lock

Pada pengujian Selenoid Door Lock dilakukan agar memastikan selenoid dapat mengunci dan membuka pintu sesuai dengan sinyal listrik yang diberikan. Langkah pengujian dari selenoid door lock adalah memberikan tegangan sebesar 12v melalui relay dan 0V pada selenoid. Pada saat kondisi LOW (0V) selenoid dalam kondisi terkunci dan pada saat diberikan tegangan 23V (HIGH) selenoid akan dalam kondisi terbuka.

2.2 Metode Haar Cascade

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data premier dan sekunder. Data premier merupakan data yang didapat secara langsung dari objek yang diteliti. Sumber data premier pada penelitian ini merupakan hasil dari observasi dan pengujian pada alat yang akan dibuat nantinya.

Data sekunder merupakan data yang tidak diperoleh secara langsung pada objek penelitian. Data sekunder pada penelitian ini didapat penulis dari buku, jurnal, internet ataupun sumber lain yang dapat dipertanggungjawabkan kredibilitasnya yang berhubungan pada penyusunan skripsi penelitian rancang bangun Bangun Akses Pintu Otomatis Dengan Face Recognition Menggunakan Teachable Machine Berbasis Raspberry Pi.

Data sekunder yang digunakan adalah 50 datasheet yang meliputi 5 user. Pendeteksian citra menggunakan metode *Haar Cascade* yang di kombinasikan dengan *Deep Learning*. *Haar cascade* merupakan *teachable machine* yang sering digunakan sebagai pondasi pendeteksian objek, pada sebuah gambar maupun video. Algoritma ini ditemukan dari gagasan Paul Viola dan Michael Jones. Algoritma haar cascade merupakan cascade function untuk melatih gambar melalui 4 tahapan utama, antara lain adalah menentukan haar features, membuat gambar integral, Adaboost training, melakukan klasifikasi dengan cascading classifier. Untuk menentukan lokasi wajah, diperlukan metrik kuantitatif yang membandingkan antara kotak prediksi (P) dengan kotak kebenaran dasar atau Ground Truth (GT). Intersection over Union atau IoU merupakan metrik utama untuk menentukan keakuratan spesial dari sebuah deteksi.

$$IoU = \frac{\text{Area Perpotongan } (P \cap GT)}{\text{Area Gabungan } (P \cup GT)} \quad (1)$$

Nilai IoU kemudian digunakan untuk mengklasifikasikan hasil deteksi sehingga menjadi: True Positive (TP) jika deteksi benar ($IoU \geq 0.5$).

False Positive (FP) jika deteksi salah (tidak cocok dengan GT).

False Negative (FN) jika wajah terlewatkan (GT tidak memiliki deteksi yang cocok).

Dari TP, FP, dan FN kinerja akhir Haar Cascade diukur dengan metrik metrik sebagai berikut :

Precision adalah seberapa akurat prediksi yang dilakukan.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

Recall (Daya Ingat) merupakan seberapa lengkap deteksi yang dilakukan.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

F1-Score adalah metrik tunggal yang menyeimbangkan antara Precision dan Recall.

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (4)$$

Sedangkan untuk *deep learning* merupakan salah satu dari sub-bidang *Machine Learning* yang menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang lebih mendalam (deep atau memiliki lapisan atau layer tersembunyi).

Pengenalan wajah modern saat ini sangat bergantung pada representasi wajah (*Facial Embeddings*), yang merupakan vector fitur numerik berdimensi tinggi seperti contoh 128 dimensi yang dihasilkan oleh jaringan saraf tiruan dalam. *Facial Embeddings* dihitung melalui jaringan saraf tiruan yang telah dilatih secara khusus (sering kali menggunakan fungsi *loss* seperti *Triplet Loss* atau *Contrastive Loss* untuk mencapai tujuan seperti meminimalkan jarak vector antar citra wajah dari individu yang sama, dan memaksimalkan jarak vector antar citra wajah dari individu yang berbeda. Adapun proses perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Prapemrosesan dan pelurusan wajah merupakan wajah yang terdeteksi diselaraskan (dialign) secara geometris yang meliputi rotasi dan skala untuk menormalkan posisi mata, hidung dan mulut sehingga mengurangi variasi pose
2. Ekstraksi fitur adalah wajah yang telah diluruskan dimasukkan ke dalam arsitektur DNN (ResNet atau Inception). Jaringan akan mengekstrak ribuan fitur hierarkis.
3. Proyeksi vector adalah jaringan yang memproyeksikan fitur-fitur tersebut menjadi vector berdimensi tetap, yaitu $E \in R^D$ dimana D merupakan 128 yang disebut *Facial Embedding* atau *Face Descriptor*.

$$E = f(I; \theta) \quad (5)$$

Dimana E merupakan *embedding*, I adalah citra wajah yang dinormalisasi, f adalah fungsi non-linear yang dipelajari oleh DNN, dan θ adalah parameter jaringan yang sudah dilatih sebelumnya.

Setelah melakukan *embedding* wajah baru (E_{new}) diperoleh identifikasi dilakukan dengan membandingkannya terhadap sekumpulan *embedding* wajah yang telah terdaftar $E_{known} = \{E_1, E_2, \dots, E_N\}$ yang disimpan dalam data base (encodings.pickle). perbandingan ini dapat diukur menggunakan metrik jarak, penulis mengambil persamaan jarak Euclidean (d) atau kosinus similiaritas.

$$Jarak\ Euclidean\ (E_{new}, E_k) = d = \sum_{i=1}^D (E_{new,i} - E_{k,i})^2 \quad (6)$$

E_{new} adalah vector *embedding* dari wajah yang diamati.

E_k adalah vector *embedding* wajah ke -k dalam data base.
 D adalah dimensi vector (128).

Pengambilan keputusan apakah wajah yang telah disimpan pada data base cocok dengan individu tertentu dapat ditentukan melalui ambang batas atau disebut Threshold (τ):

1. Pencocokan boolean adalah wajah dianggap cocok jika jarak d berada dibawah ambang batas τ .

$$MATCH = \begin{cases} TRUE, & \text{jika } d < \tau \\ FALSE, & \text{jika } d \geq \tau \end{cases}$$

2. Voting (penentuan identitas) dalam scenario *real-time* dimana satu wajah mungkin cocok dengan beberapa *embeddings* dari individu yang sama maka mekanisme voting digunakan, hal ini disebabkan karena variasi dalam data pelatihan. Identitas akhir (name) ditentukan sebagai nama yang memiliki kecocokan tertinggi dalam database (counts).

Identitas = arg max(Jumlah Kecocokan Wajah k)

- k adalah setiap individu yang ada dalam data base.
- Jumlah kecocokan wajah k adalah total suara TRUE yang didapatkan oleh individu dalam satu sesi perbandingan (*frame video*).
- Arg max adalah argument maksimum yang berarti “pilih individu k yang akan memiliki jumlah kecocokan paling banyak atau maksimum”.

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Hasil pengujian modul solenoid door lock

Modul solenoid door lock bertegangan 12V berfungsi sebagai aktuator pengunci pintu. Pengujian ini memastikan aktuator dapat dikontrol oleh sinyal digital 5V dari raspberry pi melalui optocoupler relay.

Tabel 1: hasil pengujian modul solenoid door lock

Kondisi PIN 17	Status Optocoupler Relay	Status Solenoid
LOW (0)	Relay OFF (TERBUKA)	solenoid tidak dialiri arus
HIGH (1)	Relay ON (TERTUTUP)	Solenoid dialiri arus 12V

Dari percobaan solenoid doorlock, pintu berhasil dibuka dan dikunci kembali hanya dengan memberikan sinyal HIGH dan LOW pada pin 17 Raspberry Pi. Optocoupler Relay berfungsi dengan baik sebagai antar muka yang melindungi Raspberry Pi dari tegangan 12V solenoid.

3.2 Pengujian jeda waktu penguncian otomatis

Sistem dirancang untuk memberikan waktu tunda setelah pintu terbuka agar pengguna dapat masuk sebelum pintu mengunci kembali secara otomatis. Pada saat pengujian waktu jeda, solenoid doorlock akan pada posisi off yang di atur oleh PIN 17(LOW). Hal ini menyebabkan solenoid doorlock pada posisi mengunci karena tidak di aliri oleh arus 12V. ketika PIN 17 dialiri arus 12V maka posisi PIN 17 (HIGH) yang mengakibatkan solenoid doorlock pada posisi membuka kunci karena dialiri arus 12V dan waktu yang diberikan adalah 5 detik untuk setiap proses nya.

3.3 Pengujian akurasi face recognition

Pengambilan data dilakukan pada jarak 45cm sampai 1 meter yang merupakan jarak ideal untuk membaca Face Detection.

Tabel 2: pengujian Haar Cascade Untuk menentukan Koordinat wajah

Nama	Jumlah pengujian	Data Error	Data Benar	Persentase Benar
Taufik	5	0	5	100%
Puji	5	2	3	60%
Wito	5	3	2	40%
Giyarti	5	2	3	60%
Aaron	5	1	4	80%
Total	25	8	17	68%

Dari tingkat Error Objek yang didapatkan menunjukkan bahwa tahap Face Detection menggunakan Haar Cascade bekerja dengan efektif dalam kondisi pencahayaan dan jarak jarak normal dengan persentase 68%. Kegagalan pada saat proses pendeteksian terjadi karena saat subjek berganti posisi dengan cepat atau posisi wajah tertutup objek lain Selanjutnya untuk pengujian face Recognition menggunakan metode Deep Learning, untuk menentukan tingkat akurasi dari metode Deep Learning hal yang harus dilakukan adalah mencari TP, TN, FP, dan FN. Untuk mencari TP, TN, FP, dan FN dapat dengan menggunakan persamaan 2.1. Untuk dapat menghitung IoU dapat dengan menggunakan notasi koordinat yang telah di dapat sebelumnya pada file encoding.pickle, pada file encoding.pickle terdapat koordinat yang umum seperti x1, y1 untuk titik kiri atas dan x2, y2 untuk titik kanan bawah dari sebuah bounding box. Dalam bounding box direpresentasikan sebagai koordinat kiri atas (x,y) dan lebar tinggi (w,h), untuk itu penulis akan mengubahnya menjadi format (x1, y1, x2, y2).



Gambar 3 image_0005.jpg Giyarti

Tabel 3: Nilai elemen untuk foto image_0005.jpg

Kotak	x	y	w	h	x1	y1	x2	y2
Bp(prediksi)	208	126	119	119	208	126	327	245
Bgt(ground Truth)	209	128	120	118	209	128	329	246

Setelah didapatkan konversi koordinat, selanjutnya menentukan area interaksi yaitu dengan cara pengambilan koordinat tepi terbesar untuk x1 dan y1 dan koordinat tepi terkecil untuk x2 dan y2.

$$Xint1 = \max(xp1, xgt1)$$

$$Yint1 = \max(yp1, ygt1)$$

$$Xint2 = \min(xp2, xgt2)$$

$$Yint2 = \min(yp2, ygt2)$$

Contoh perhitungannya sebagai berikut

$$X_{int1} = \max(208, 209) = 209$$

$$Y_{int} = \max(126, 128) = 128$$

$$X_{int2} = \min(327, 329) = 327$$

$$Y_{int2} = \min(245, 246) = 245$$

Selanjutnya menentukan Lebar dan Tinggi interseksi

Lebar interseksi dengan rumus Lebar Interseksi = $\max(0, X_{int2} - X_{int1})$ sedangkan untuk Tinggi interseksi dapat menggunakan rumus Tinggi Interseksi = $\max(0, Y_{int2} - Y_{int1})$ maka didapatkan hasil :

$$\text{Lebar interseksi} = \max(0, 327 - 209) = 118$$

$$\text{Tinggi Interseksi} = \max(0, 245 - 128) = 117 \text{ untuk area interseksi yaitu } 118 \times 117 = 13806 \text{ piksel.}$$

Kemudian penulis menghitung area gabungan (Union) menggunakan rumus $\text{AREA UNION} = \text{Area (Bp)} + \text{Area (Bgt)} - \text{Area Interseksi}$.

Untuk mendapatkan perhitungan kotak asli adalah dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Area (Bp)} = w_p \times h_p = 119 \times 119 = 14161.$$

$$\text{Area (Bgt)} = w_{gt} \times h_{gt} = 120 \times 118 = 14160.$$

Kemudian area Union = $14161 + 14160 - 13806 = 14515$ piksel, sehingga untuk menghitung IoU akhir adalah:

$$IoU = \frac{13806}{14515} = 0.95115$$

Sehingga didapat nilai sebesar 0,95115 yang menunjukkan tumpang tindih yang sangat tinggi, yang berarti prediksi Haar Cascade sangat akurat dalam mendeteksi lokasi wajah di gambar. Data dan hasil dari gambar lain diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4: Nilai IoU untuk beberapa gambar

Gambar	prediksi (haar_predictions)	Ground Truth	True Positif	False Positif	False Negatif
Giyarti 0001	1	1	1	0	0
Giyarti 0002	1	1	1	0	0
Giyarti 0003	0	1	0	0	1
Giyarti 0004	1	1	1	0	0
Giyarti 0005	0	1	0	0	1
wito 0001	1	1	1	0	0
wito 0002	0	1	0	0	1
wito 0003	0	1	0	0	1
wito 0004	1	1	1	0	0
wito 0005	0	1	0	0	1
Puji 0001	0	1	0	0	1

Gambar	prediksi (haar_predictions)	Ground Truth	True Positif	False Positif	False Negatif
Puji 0002	2	1	1	1	0
Puji 0003	0	1	0	0	1
Puji 0004	1	1	1	0	0
Puji 0005	1	1	1	0	0
taufik 0001	1	1	1	0	0
taufik 0002	1	1	1	0	0
taufik 0003	1	1	1	0	0
taufik 0004	1	1	1	0	0
taufik 0005	1	1	1	0	0
total		20	14	1	6

Keterangan:

Jika keduanya ada dan jumlahnya sama (1:1) maka penulis asumsikan TP =1.

Jika jumlahnya berbeda, maka akan dilihat terlebih dahulu.

Untuk puji pada gambar 3 ditemukan 2 prediksi tetapi hanya 1 ground truth. Maka TP=1(prediksi yang cocok dengan GT) dan FP =1 (prediksi yang tersisa).

Berdasarkan perhitungan diatas maka diketahui bahwa TP = 14, FP = 1 (sistem deteksi palsu, terjadi pada gambar puji ke 2), FN =6 (sistem gagal dalam mendeteksi 6 wajah yang seharusnya) dan TN =0.

Dari data yang telah di dapat maka dapat di hitung presisi dan perolehan nya sebagai berikut:

$$\text{Presisi} = \frac{14}{14+1} = \frac{14}{15} \approx 93,33\%$$

$$\text{Perolehan} = \frac{14}{14+6} = \frac{14}{20} \approx 70\%.$$

3.4 Pengujian Face Recognition (Pengenalan Wajah)

Pengujian ini melibatkan 10 partisipan (5 anggota keluarga sebagai subjek yang diizinkan dan 5 non-anggota keluarga/tamu sebagai subjek yang dilarang). Pengujian dilakukan pada jarak 50 cm dari kamera. Dari hasil pengujian diperlihatkan dalam tabel 5

Tabel 5: Hasil Pengenalan Wajah Anggota Keluarga

Partisipasi Uji	Jumlah Percobaan	Berhasil dikenali	Gagal Dikenali	Tingkat Akurasi
Taufik	10	10	0	100%
Giyarti	10	8	2	80%
Puji	10	7	3	70%
Wito	10	7	3	70%
Aaron	10	9	1	90%
Total	50	41	9	82%

Tabel 6: Hasil Pengenalan Wajah Tamu

Partisipasi Uji	Jumlah Percobaan	Berhasil Dikenali (Error)	Gagal Dikenali (Benar)	Tingkat Akurasi
tamu 1	10	1	9	90%
tamu2	10	0	10	100%
tamu3	10	1	9	90%

Partisipasi Uji	Jumlah Percobaan	Berhasil Dikenali (Error)	Gagal Dikenali (Benar)	Tingkat Akurasi
tamu4	10	2	8	80%
tamu 5	10	3	7	70%
Total	50	7	43	86%

3.5 Akurasi Keseluruhan Sistem

Untuk mengetahui seberapa besar akurasi dari sistem yang telah dibuat, penulis menggabungkan antara akurasi dari pengenalan anggota keluarga dan penolakan yang bukan anggota keluarga sebagai berikut:

$$Akurasi\ Keseluruhan = \frac{41 + 43}{50 + 50} \times 100\% = \frac{84}{100} \times 100\% = 84\%$$

Jadi tingkat akurasi keseluruhan sistem adalah 84%.

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem Face Recognition yang dikembangkan sangat andal. Penggunaan teknik Haarcascade dan Deep Learning dalam program membantu menstabilkan pengenalan, sehingga mengurangi kesalahan akibat gerakan atau perubahan ekspresi sesaat.

Penyebab kegagalan dalam mengenali anggota keluarga dan kesalahan dalam deteksi tamu disebabkan karena pencahayaan yang buruk serta perubahan ekstrem karena subjek memakai aksesoris (masker) yang tidak ada dalam dataset pelatihan.

3.6 Validasi Proses Kunci-Buka Pintu

Setelah melakukan tahapan perencanaan, perancangan dan pengujian yang telah dilakukan sebelumnya maka sistem keamanan yang telah dibuat maka langkah selanjutnya adalah proses validasi kunci-buka pintu, pada sistem yang telah dibuat maka sistem akan bekerja secara otomatis melalui tahap dan proses sebagai berikut:

1. Proses pendeteksian wajah, webcam akan menangkap citra, kemudian program akan menampilkan bingkai hijau pada wajah, tampilan yang dihasilkan adalah video real-time dengan kotak deteksi.
2. Pengenalan, pada proses ini program akan melakukan voting untuk menentukan nama wajah, apabila data yang dimasukan cocok maka akan menampilkan nama dari database yang telah di buat sebelumnya (contoh : Giyarti,Wito,Puji, taufik dan aron).
3. Pembukaan sistem kunci, pada tahap ini raspberry pi akan mengirim sinyal High ke Relay sehingga pintu akan terbuka.

Penguncian otomatis, pada proses ini sistem akan melakukan penguncian otomatis setelah 5 detik, hal ini disebabkan karena program akan mengirim sinyal Low ke relay, sehingga solenoid akan menjadi tidak aktif, kemudian akan terdapat pesan "Kunci".

Tabel 7: Perobaan Membuka Pintu oleh Tamu

Subjek Uji	Status	Jumlah Percobaan	Berhasil Membuka Pintu	Gagal Membuka Pintu	Tingkat Keberhasilan
Tamu 1	Tidak Terdaftar	10	1	9	90%
Tamu 2	Tidak Terdaftar	10	0	10	100%
Tamu 3	Tidak Terdaftar	10	1	9	90%
Tamu 4	Tidak Terdaftar	10	2	8	80%
Tamu 5	Tidak Terdaftar	10	3	7	70%
Total		50	7	43	86%

Tabel 8: Perobaan Membuka Pintu oleh Anggota

Subjek Uji	Status	jumlah percobaan	berhasil membuka pintu	gagal membuka pintu	tingkat keberhasilan
Taufik	Terdaftar	10	10	0	100%
Giyarti	Terdaftar	10	8	2	80%
Puji	Terdaftar	10	7	3	70%
Wito	Terdaftar	10	7	3	70%
Aaron	Terdaftar	10	9	1	90%
Total		50	41	9	82%

Pengujian dilakukan untuk mengukur performa sistem dalam mendeteksi dan mengenali wajah dalam berbagai skenario. Pengujian deteksi wajah berdasarkan hasil pengujian, alogartima Haar cascade mampu mendeteksi wajah dengan tingkat presisi mencapai 93,33%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem sangat handal dalam menemukan koordinat wajah pada frame video sebelum dilakukan identifikasi.

Penggunaan selenoid door lock yang dikontrol melalui relay menunjukkan keberhasilan 100% dalam membuka dan mengunci kembali secara otomatis dengan durasi waktu tunggu (delay) selama 5 detik setelah akses diberikan.

Pembahasan : akurasi sistem dipengaruhi oleh faktor pencahayaan dan jarak wajah terhadap kamera. Meskipun penggunaan teachable machine sangat memudahkan dalam pelatihan model tanpa memerlukan coding yang rumit, variasi angle wajah saat pengambilan dataset sangat menentukan akurasi akhir. Hasil akurasi 84% menunjukkan bahwa sistem ini sudah cukup layak untuk diimplementasikan pada skala rumah tangga, namun masih perlu pengembangan pada optimasi pencahayaan untuk mencapai akurasi diatas 90%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem akses pintu otomatis menggunakan face recognition berbasis Raspberry Pi berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem mampu bekerja secara offline dengan tingkat akurasi sebesar 84% dan dapat digunakan sebagai solusi keamanan pintu rumah berbasis biometrik.

Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan menggunakan metode deteksi wajah berbasis *deep learning* serta menambah jumlah dan variasi dataset guna meningkatkan akurasi dan keandalan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Fitria and M. Hermansyah, "Implementasi Face Recognition pada Absensi Kehadiran Mahasiswa Menggunakan Metode Haar Cascade Classifier," *InfoTekJar J. Nas. Inform. dan Teknol. Jar.*, vol. 4, no. 2, pp. 315–319, 2020, doi: 10.30743/infotekjar.v4i2.2333.
- [2] A. H. Muhammad, G. Mandar, and R. Irwan, "PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PENGENALAN WAJAH PADA SISTEM TIKET KAPAL SEBAGAI SOLUSI OPTIMAL UNTUK MENGURANGI ANTRIAN BOARDING PASS," *IJIS - Indones. J. Inf. Syst.*, vol. 9, no. 2, p. 264, 2024, doi: 10.36549/ijis.v9i2.346.
- [3] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," in *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2001. doi: 10.1109/cvpr.2001.990517.

- [4] I. Maulana, N. Khairunisa, R. Mufidah Informatika, U. H. Singaperbangsa Karawang Jl Ronggo Waluyo, T. Timur, and J. Barat, "DETEKSI BENTUK WAJAH MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)," 2023.
- [5] W. A. Putra, R. Maulana, and F. Utamingrum, "Implementasi Sistem Otomatisasi Pintu Dengan Face Recognition Menggunakan Metode Haar-Cascade Dan Local Binary Pattern Pada Raspberry Pi," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 12, pp. 6997–7006, 2018, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [6] S. Sanusi, A. Alfaizun, and M. Mahyuddin, "Sistem Pengenalan Citra Wajah Menggunakan Metode Eigenface dengan Visual Studio," *J. Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2022, doi: 10.35308/v1i1.5432.
- [7] Shedriko and M. Firdaus, "Pengenalan Wajah dengan Algoritma Local Binary Pattern Histogram Menggunakan Python," *Remik Ris. dan E-Jurnal Manaj. Inform. Komput.*, vol. 6, no. 2, pp. 272–281, 2022, [Online]. Available: <http://doi.org/10.33395/remik.v6i2.11557>
- [8] A. ANHAR and R. A. PUTRA, "Perancangan dan Implementasi Self-Checkout System pada Toko Ritel menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 11, no. 2, p. 466, 2023, doi: 10.26760/elkomika.v11i2.466.
- [9] A. P. Sari and B. Hendrik, "Analisis Komparatif Algoritma Deep Learning untuk Pengenalan Wajah: CNN, FaceNet, dan ArcFace," *J. Educ. Res.*, vol. 6, no. 4, pp. 1029–1036, 2025, doi: 10.37985/jer.v6i4.2178.
- [10] L. Novamizanti, H. Gymnovriza, and E. Susatio, "Pengenalan Wajah Individu Berbasis 3D Biometrik," *JIKO (Jurnal Inform. dan Komputer)*, vol. 6, no. 1, p. 41, 2022, doi: 10.26798/jiko.v6i1.182.
- [11] S. Astiti, N. Nopriadi, W. Novrian, and Y. P. Putra, "Penerapan Deep Learning pada Pengolahan Data Citra dan Klasifikasi Uang Vaname Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network," *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 6, no. 1, pp. 490–498, 2024, doi: 10.47065/bits.v6i1.5418.
- [12] P. A. Nugroho, I. Fenriana, and R. Arijanto, "Implementasi Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Pada Ekspresi Manusia," *Algor*, vol. 2, no. 1, pp. 12–21, 2020.
- [13] Supiyandi Supiyandi, Adinda Fita Hidayah, Luthfie Budie, Nurhalijah Berutu, and Fakhita Fahraini, "Pengenalan Gambar Dasar Menggunakan Python dan OpenCV," *J. Sist. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 4, pp. 52–61, 2024, doi: 10.59581/jusiik-widyakarya.v2i4.4200.
- [14] M. Masnur, S. Alam, M. Zainal, and M. Emil Fazil, "Perancangan Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Python, Opencv Dan Haarcascade," *J. INSTEK (Informatika Sains dan Teknol.*, vol. 9, no. 2, pp. 285–298, 2024, doi: 10.24252/instek.v9i2.50354.
- [15] M. Manfaluthy, S. Wilyanti, and Y. Lasito, "Face Recognition Berbasis Raspberry Pi Pada Keamanan Pintu Otomatis," *Pros. Semin. Nas. Teknoka*, vol. 4, no. 2502, pp. 1133–1140, 2020, doi: 10.22236/teknoka.v4i0.4274.