

Perancangan dan Implementasi Sistem Smart Door Lock Berbasis Pengolahan Citra Digital

¹Aryo Juliansyah, ²Fauzan Masykur, ³Rhesma Intan Vidyastari

¹ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo

¹aryojuliansyah010@gmail.com, ²fauzan@umpo.ac.id, ³rhesma@umpo.ac.id

Abstract - The use of conventional keys for secure rooms presents security vulnerabilities—such as the risk of keys being lost, duplicated, or lent out without authorization—making it difficult to track access history. This study designs an image-processing-based smart door lock system utilizing a Convolutional Neural Network (CNN) algorithm as an alternative to manual keys. The system integrates a webcam to capture facial images, a Raspberry Pi 4 to process the CNN algorithm, and an infrared sensor to act as an initial trigger. Upon successful facial verification, an ESP8266 microcontroller signals the HW354 driver and a DC motor to unlock the door. Test results demonstrate that the system successfully recognizes registered faces in neutral, expressive, and smiling states, although it faces limitations when the face is obstructed by objects. The infrared sensor is capable of detecting users at a distance of up to 30 cm. In terms of speed, the smart door lock requires an average of 3.17 seconds—approximately 0.94 seconds slower than a manual key (2.23 seconds). Despite this slight time lag, the system offers a significantly higher level of security by restricting room access exclusively to registered users.

Keywords — Smart Door Lock, Image Processing, Convolutional Neural Network (CNN), Raspberry Pi 4, ESP8266 Microcontroller

Abstrak—Penggunaan kunci konvensional pada ruangan penting masih menyimpan celah keamanan, seperti risiko kunci hilang, diduplikat, hingga dipinjamkan tanpa izin, sehingga riwayat akses sulit dipantau. Penelitian ini merancang sistem *smart door lock* berbasis pengolahan citra dengan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) sebagai solusi pengganti kunci manual. Sistem ini mengintegrasikan kamera *webcam* untuk mengambil citra wajah, Raspberry Pi 4 sebagai unit pemroses algoritma CNN, serta sensor *infrared* sebagai pemicu awal. Ketika wajah terverifikasi, mikrokontroler ESP8266 akan mengarahkan *driver* HW354 dan motor DC untuk membuka kunci. Hasil pengujian membuktikan bahwa sistem mampu mengenali wajah terdaftar pada posisi normal, berekspresi, maupun tersenyum, meski tetap mengalami kendala saat wajah tertutup objek. Sensor *infrared* mampu mendeteksi pengguna hingga jarak 30 cm. Dari sisi kecepatan, *smart door lock* membutuhkan waktu rata-rata 3,17 detik, yaitu sekitar 0,94 detik lebih lambat dibanding kunci manual (2,23 detik). Meskipun jeda waktunya sedikit lebih lama, sistem ini menawarkan tingkat perlindungan yang jauh lebih baik karena akses ruangan menjadi terbatas hanya untuk pengguna terdaftar.

Kata Kunci—Smart Door Lock, Pengolahan Citra, Convolutional Neural Network (CNN), Raspberry Pi 4, Mikrokontroler ESP8266

I. PENDAHULUAN

Keamanan ruangan merupakan aspek krusial dalam menjaga keselamatan serta kerahasiaan aset di berbagai fasilitas, baik pada lingkungan hunian maupun perkantoran [1]. Penggunaan sistem kunci pintu mekanis konvensional saat ini dinilai memiliki sejumlah celah keamanan, seperti risiko kehilangan kunci, potensi duplikasi tanpa izin, serta ketiadaan catatan riwayat akses pengguna. Seiring dengan perkembangan teknologi otomasi dan identifikasi biometrik, pembatasan akses ruangan secara spesifik dan terrekam menjadi kebutuhan utama untuk meningkatkan efisiensi dan tingkat keamanan sistem penguncian [2].

Perkembangan teknologi pengolahan citra (*image processing*) dan *deep learning* telah memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan sistem keamanan berbasis pengenalan wajah (*face recognition*). Salah satu algoritma *deep learning* yang terbukti efektif untuk pengenalan citra adalah *Convolutional Neural Network* (CNN) [3]. Metode CNN memiliki keunggulan dalam mengekstraksi fitur citra wajah secara mandiri dan akurat, sehingga mampu mengenali karakter visual pengguna dengan tingkat presisi yang baik meskipun terdapat variasi kondisi atau ekspresi wajah [4].

Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan pengenalan wajah untuk kontrol akses pintu, namun integrasi antara pemrosesan algoritma dengan efisiensi kerja aktuator fisik serta analisis waktu respon sistem masih perlu dioptimalkan. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini mengusulkan rancang bangun sistem *smart door lock* yang mengintegrasikan Raspberry Pi 4 sebagai pemroses utama algoritma CNN dan mikrokontroler ESP8266 sebagai pengendali hardware aktuator. Sistem ini memanfaatkan kamera *webcam* untuk pengambilan citra wajah, sensor *infrared* sebagai pemicu awal (*trigger*), serta driver HW354 dan motor DC untuk menggerakkan mekanisme kunci pintu [5].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan menguji keandalan sistem *smart door lock* berbasis pengolahan citra CNN. Pengujian dilakukan secara menyeluruh mencakup jangkauan jarak deteksi sensor *infrared*, tingkat akurasi pengenalan citra wajah pada berbagai kondisi ekspresi, serta evaluasi perbandingan waktu respon antara sistem kunci otomatis ini dengan penggunaan kunci manual konvensional [6].

II. METODE PENELITIAN

A. Studi Lapangan

Studi lapangan dilaksanakan melalui kegiatan observasi langsung dan wawancara terstruktur bersama pengelola serta petugas laboratorium di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Ponorogo. Peninjauan secara eksploratif ini bertujuan untuk menggali gambaran nyata mengenai mekanisme kontrol akses ruangan yang saat ini diterapkan, sekaligus mengidentifikasi berbagai potensi kendala operasional serta celah keamanan pada sistem yang sedang berjalan.

Hasil studi lapangan menunjukkan bahwa sistem keamanan ruangan laboratorium masih bergantung penuh pada penggunaan kunci pintu mekanis konvensional. Ketergantungan pada kunci fisik ini menimbulkan sejumlah masalah fundamental, antara lain risiko kunci hilang, potensi duplikasi kunci tanpa sepengetahuan pengelola, serta kemudahan peminjaman kunci antar pengguna tanpa otorisasi resmi. Selain itu, mekanisme konvensional ini tidak memiliki sistem pencatatan atau rekam jejak akses otomatis. Ketidadaan data riwayat mengenai siapa yang mengakses ruangan dan kapan pintu dibuka menyebabkan pengelola kesulitan melakukan penelusuran (*audit trail*) apabila terjadi insiden kehilangan alat laboratorium maupun kerusakan fasilitas.

Berdasarkan temuan kondisi nyata di lapangan tersebut, disimpulkan bahwa penggunaan kunci manual tidak lagi memadai untuk memenuhi standar keamanan dan transparansi pengelolaan ruangan laboratorium modern. Kondisi ini menegaskan pentingnya pengembangan sebuah sistem kontrol akses otomatis cerdas (*smart door lock*) berbasis biometrik pengenalan wajah. Penerapan teknologi ini diharapkan tidak hanya mengeliminasi ketergantungan pada kunci fisik, tetapi juga mampu memberikan mekanisme verifikasi hak akses yang ketat serta mencatat aktivitas masuk secara transparan dan akurat.

B. Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk memahami teori-teori pendukung serta mengkaji penelitian terdahulu yang relevan dengan pengembangan sistem *smart door lock* berbasis pengolahan citra:

1. Penelitian pertama dilakukan oleh Carollin Baretina dkk. Pada tahun 2021 dengan judul "*Rancang Bangun Sistem Smart Door Lock Menggunakan Deteksi Wajah*". Sistem dikembangkan menggunakan modul ESP32-CAM untuk mendeteksi wajah dan mencocokkannya dengan basis data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa deteksi wajah bekerja optimal pada jarak 15–30 cm dan sudut wajah 30 derajat, namun mengalami penurunan kinerja terhadap perubahan ekspresi tertentu dan sudut pandang jauh [7].
2. Penelitian kedua dilakukan oleh Muhammad Arsyali dkk. Pada tahun 2024 dengan judul "*Sistem Akses Pintu Otomatis Berbasis Pengenalan Wajah Menggunakan Sensor Kamera Arduino*". Identifikasi wajah menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dengan perhitungan *Euclidean distance*. Keterbatasan penelitian ini terletak pada ketergantungan mikrokontroler Arduino terhadap komputer eksternal untuk mengolah data citra visual [8].
3. Penelitian ketiga dilakukan oleh Antoni Pribadi dkk. Pada tahun 2024 dengan judul "*Sistem Keamanan Pintu Berbasis Face Recognition Menggunakan Raspberry Pi 3*". Penelitian ini menerapkan algoritma Eigenface dan terintegrasi dengan pemantauan via Bot Telegram. Meskipun responsif, metode Eigenface masih memiliki

kendala dalam membedakan citra wajah asli dari foto serta membutuhkan proses pelatihan ulang (*retraining*) setiap kali ada penambahan pengguna baru [9].

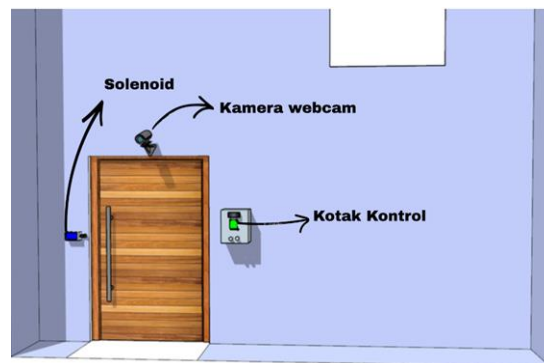
4. Penelitian keempat dilakukan oleh Rizki Putra Luriansyah dkk. Pada tahun 2022 dengan judul "*Sistem Pengenalan Wajah Pada Keamanan Pintu Otomatis Menggunakan Metode Eigenface Berbasis Raspberry Pi*". Sistem memanfaatkan konversi *grayscale* dan PCA untuk mengontrol *solenoid door lock*. Keterbatasannya mencakup ketiadaan pemacu hemat energi untuk mengaktifkan pemrosesan citra secara efisien [10].

C. Perencanaan Alat

Perencanaan alat dirancang untuk menentukan struktur fisik, arsitektur sistem, skema pengkabelan, serta logika pemrosesan perangkat lunak pada sistem *smart door lock*.

1. Perencanaan Desain Alat

Perencanaan desain fisik ditujukan untuk merancang tata letak penempatan komponen elektrik dan mekanikal pada pintu. Perangkat keras ditempatkan pada sebuah wadah (*box*) pelindung berbasis bahan akrilik/PLA untuk melindungi komponen dari gangguan eksternal.

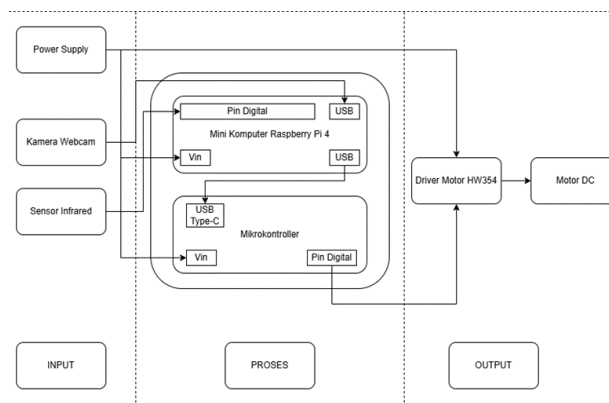


Gambar 1 Perencanaan Desain 3D *Smart Door Lock*

Berdasarkan keterangan gambar 1 pemasangan semua komponen dan tata letak posisi:

- a. Kamera Webcam: Dipasang pada bagian depan atas pintu setinggi pandangan mata manusia (sekitar 150-160 cm) untuk mengoptimalkan sudut pengambilan citra wajah pengguna
 - b. Sensor Infrared: Diposisikan di bagian depan pintu agar sejajar dengan area kedatangan pengguna untuk mendeteksi keberadaan objek pada jarak jangkauan hingga 30 cm.
 - c. Modul Pemroses & Aktuator: Raspberry Pi 4, mikrokontroller ESP8266, driver HW354, dan catu daya dirangkai di dalam box kontrol pada sisi dalam pintu, sedangkan motor DC dihubungkan langsung ke mekanik selot pintu.
- #### 2. Diagram Blok Sistem

Diagram blok menggambarkan alur hubungan fungsional antara komponen *input*, *process*, dan *output* dalam sistem *smart door lock*.



Gambar 2 Diagram Blok Sistem *Smart Door Lock*

Berdasarkan Gambar 2 diagram blok dijelaskan sebagai berikut:

a. Blok Input

Blok input berisi tiga komponen utama yang berfungsi memberikan data awal ke sistem:

- 1) Power Supply yang dipakai memiliki output sebesar 5V 6A, dan menjadi penyuplai dari semua komponen yang ada pada sistem.
- 2) Kamera Webcam berfungsi sebagai sensor untuk menampilkan citra wajah.
- 3) Sensor Infrared berfungsi sebagai pendeteksi apabila terdapat seseorang di depan pintu.

b. Blok Proses

Blok ini merupakan inti dari sistem yang bertanggung jawab dalam pengolahan data:

- 1) Mini Komputer Raspberry Pi 4 berfungsi sebagai pemroses utama dan mengirimkan hasil verifikasi pendeteksian ke mikrokontroler ESP8266.
- 2) Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP8266 yang bertanggung jawab sebagai pengendali sistem kontrol penguncian kunci pintu.

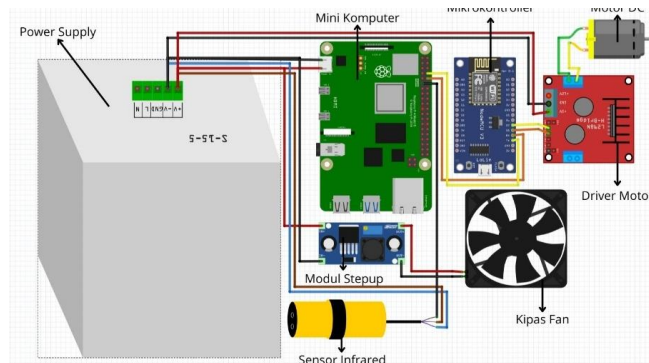
c. Blok Output

Blok output berfungsi sebagai aktuator dari sistem:

- 1) Driver motor HW354 berfungsi sebagai perantara antara mikrokontroler ESP8266 dan motor DC untuk memungkinkan kontrol PWM pada motor DC.
- 2) Motor DC berfungsi sebagai aktuator untuk membuka dan menutup kunci pintu.

3. Diagram Wiring

Diagram wiring adalah gambar teknis yang menunjukkan hubungan antar komponen elektronik melalui kabel atau jalur koneksi. Diagram ini digunakan untuk membantu proses perakitan alat elektronik.



Gambar 3 Diagram Wiring

Pada Gambar 3 penjelasan diagram wiring sebagai berikut:

a. Mini Komputer Raspberry Pi 4

Raspberry Pi 4 bertindak sebagai pemroses utama yang menerima input, mengolah data, dan mengontrol output

b. Mikrokontroler ESP8266

Mikrokontroler ESP8266 bertanggung jawab untuk mengatur sistem kontrol dari penguncian pintu setelah menerima perintah dari Raspberry Pi 4.

c. Sensor Infrared

Sensor infrared yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis e18-d80nk yang berfungsi sebagai pendeteksi keberadaan seseorang.

d. Modul Step-up

Modul step-up yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis XL6009 yang berfungsi untuk menaikkan tegangan dari 5V ke 12V untuk menyuplai kipas fan.

e. Driver motor

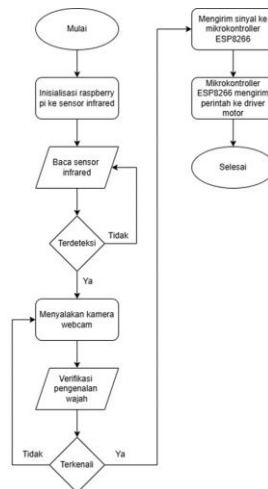
Driver motor yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis HW354

f. Power Supply

Power Supply yang digunakan memiliki output tegangan sebesar 5V 6A

4. Flowchart Sistem *Smart Door Lock*

Perencanaan *software* meliputi perencanaan cara kerja sistem *smart door lock* yang dituangkan dalam bentuk flowchart pada gambar 4 dibawah.



Gambar 4 Flowchart sistem *smart door lock*

Pada gambar 4 Flowchart sistem *smart door lock* diatas menjelaskan alur kerja sistem secara bertahap, mulai dari proses inisialisasi hingga proses pembukaan kunci pintu. Alur kerja sistem *smart door lock* diawali dengan proses inisialisasi seluruh perangkat keras, meliputi pengaktifan pin I/O pada Raspberry Pi 4 dan mikrokontroler ESP8266 serta pemuatan model *Convolutional Neural Network* (CNN) ke dalam memori pemrosesan. Setelah inisialisasi selesai, sistem berada pada kondisi siaga dan melakukan pembacaan sinyal dari sensor *infrared* secara terus-menerus untuk mendeteksi kehadiran pengguna di depan pintu. Ketika sensor *infrared* mendeteksi adanya objek atau kehadiran seseorang pada jarak jangkauan hingga 30 cm, sensor memicu (*trigger*) pengaktifan kamera *webcam* secara otomatis. Kamera *webcam* kemudian melakukan akuisisi citra wajah pengguna secara *real-time* dan mengirimkan data visual tersebut ke Raspberry Pi 4.

Raspberry Pi 4 memproses citra masukan dengan mengekstraksi fitur wajah menggunakan algoritma CNN untuk dibandingkan dengan data citra pengguna yang telah terdaftar dalam basis data. Jika hasil pencocokan menunjukkan bahwa wajah tidak terdaftar, sistem menolak hak akses dan mengarahkan proses kembali untuk membaca tangkapan kamera hingga ditemukan wajah yang sesuai. Sebaliknya, apabila wajah terverifikasi sebagai pengguna terdaftar, Raspberry Pi 4 mengirimkan perintah verifikasi sukses ke mikrokontroler ESP8266 melalui komunikasi serial UART. Mikrokontroler ESP8266 selanjutnya meneruskan instruksi ke modul driver HW354 untuk mengaktifkan motor DC sebagai aktuator penarik selot kunci pintu. Setelah kunci pintu berhasil dibuka, seluruh alur pemrosesan selesai dan sistem kembali ke mode siaga.

D. Perancangan Alat

Tahap perancangan alat merupakan realisasi teknis dari perencanaan yang telah dibuat sebelumnya, yang mencakup perancangan perangkat keras (*hardware design*) dan perancangan perangkat lunak (*software design*). Kedua tahapan perancangan ini saling terintegrasi untuk memastikan seluruh komponen fisik elektrikl dan sistem komputasi cerdas berbasis algoritma dapat bekerja secara harmonis. Dalam perancangan perangkat keras, pengintegrasian komponen elektrikl diawali dengan menghubungkan kamera *webcam* ke salah satu port USB 3.0 pada Raspberry Pi 4 untuk menjamin transfer data citra visual berkecepatan tinggi. Sensor *infrared* dihubungkan ke sumber tegangan operasional serta pin GPIO Raspberry Pi 4 untuk mengirimkan sinyal pemicu (*trigger*) ketika terdapat objek mendekati pintu. Komunikasi data antara Raspberry Pi 4 dan mikrokontroler ESP8266 dibangun menggunakan antarmuka serial UART dengan menghubungkan pin transmisi (TX) dan penerimaan (RX) pada kedua modul serta menyamakan jalur *ground*. Selanjutnya, pin keluaran digital ESP8266 disambungkan ke pin kontrol masukan modul driver HW354, yang mana terminal keluarannya dihubungkan langsung ke motor DC guna mengatur arah putaran mekanis pengunci pintu.

Untuk menjamin kestabilan operasional sistem, sistem distribusi catu daya dirancang secara terpisah antara pemrosesan data dan penggerak aktuator. Catu daya utama 5V/3A dialokasikan khusus untuk memberi daya pada Raspberry Pi 4 dan ESP8266, sedangkan jalur daya terpisah dipasang ke modul driver HW354 untuk menggerakkan motor DC guna menghindari fenomena penurunan tegangan (*drop voltage*) saat motor beroperasi. Seluruh komponen elektronik ini kemudian dikemas secara rapi di dalam sebuah *box* pelindung khusus berbahan akrilik atau PLA untuk melindungi perangkat dari gangguan luar, sementara motor DC dihubungkan secara mekanis ke selot pengunci pintu.



Gambar 5 Perancangan alat *smart door lock*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Sistem

Hasil perancangan sistem berupa prototipe *smart door lock* terintegrasi yang terdiri dari dua bentuk realisasi utama, yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*).

Realisasi perangkat keras diwujudkan dalam bentuk miniatur pintu berbahan kayu/akrilik yang dilengkapi dengan box pelindung komponen elektrik. Pada bagian depan pintu, ditempatkan modul kamera *webcam* pada posisi sejajar dengan pandangan mata serta sensor infrared yang terpasang di area depan untuk mendeteksi keberadaan objek atau pengguna pada jarak jangkauan hingga 30 cm. Di dalam box kontrol, Raspberry Pi 4 dan mikrokontroler ESP8266 ditempatkan secara terstruktur bersama modul driver HW354 dan unit distribusi catu daya. Jalur komunikasi serial UART terhubung dengan stabil antara pin TX/RX Raspberry Pi 4 dan ESP8266. Terminal output driver HW354 terhubung ke motor DC yang dipasang secara mekanis pada selot pengunci pintu, sehingga mampu menarik dan mengembalikan posisi selot saat menerima instruksi kontrol.

Realisasi perangkat lunak menghasilkan sistem kontrol berbasis skrip Python yang berjalan pada Raspberry Pi 4 dan skrip C++ (Arduino IDE) pada ESP8266. Skrip pada Raspberry Pi 4 berhasil memuat model *Convolutional Neural Network* (CNN) yang telah dilatih menggunakan dataset citra wajah terdaftar. Program secara otomatis berada pada kondisi siaga dan hanya akan mengaktifkan webcam untuk proses pemindaian wajah ketika sensor infrared memberikan sinyal pemicu (*trigger*). Ketika proses ekstraksi dan klasifikasi wajah oleh algoritma CNN menghasilkan keputusan valid, Raspberry Pi 4 mengirimkan karakter instruksi via serial UART yang kemudian diterjemahkan oleh ESP8266 untuk memberi sinyal PWM ke driver HW354 dalam memutar motor DC.



Gambar 6 Hasil perancangan sistem

B. Hasil Pengujian Alat

Tabel 1 Hasil Pengujian Berbagai Kondisi Wajah

No	Ekspresi Wajah	Status		Keterangan
		Terkenali	Tidak Terkenali	
1.	Normal	✓		Sistem berhasil mengenali wajah dengan baik
2.	Berekspresi	✓		Sistem berhasil mengenali wajah dengan ekspresi berbeda
3.	Terhalangi		✓	Sistem gagal mengenali karena wajah tertutup
4.	Tersenyum	✓		Sistem berhasil mengenali wajah dengan senyuman
5.	Lebih dari 1 Wajah	✓		Sistem berhasil mengenali wajah yang terdaftar di antara beberapa wajah

Tabel 2 Hasil Pengujian Perbandingan Penggunaan Pintu Secara Manual dan Alat

No	Percobaan	Respon Manual (Detik)	Respon Alat (Detik)	Selisih Respon (Detik)
1.	Percobaan 1	2,3	2,3	0
2.	Percobaan 2	2,1	4,3	2,2
3.	Percobaan 3	2,4	2,9	0,5
4.	Percobaan 4	2,2	3,2	1
5.	Percobaan 5	2,3	4,1	1,8
6.	Percobaan 6	2,1	2,6	0,5
7.	Percobaan 7	2,2	5,3	3,1
Rata-Rata		2,23	3,17	1,3

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan keseluruhan proses perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, sistem smart door lock berbasis pengolahan citra telah berhasil dirancang dan direalisasikan sebagai solusi alternatif pengganti kunci pintu konvensional. Sistem ini mengintegrasikan Raspberry Pi 4 sebagai pemroses utama algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN), mikrokontroler ESP8266 sebagai pengendali aktuator, sensor infrared, kamera *webcam*, modul driver HW354, serta motor DC. Pengujian fungsional menunjukkan bahwa sensor infrared mampu mendeteksi kehadiran pengguna di depan pintu pada jarak jangkauan hingga 30 cm dan secara presisi memicu pengaktifan kamera *webcam* untuk akuisisi citra wajah.

Pada aspek pengolahan citra, algoritma CNN terbukti handal dalam mengenali wajah pengguna terdaftar pada berbagai variasi posisi dan ekspresi, seperti kondisi normal, tersenyum, maupun berekspresi, serta mampu mendeteksi wajah terdaftar di antara beberapa orang. Namun, sistem masih memiliki keterbatasan identifikasi ketika sebagian area utama wajah tertutup oleh objek seperti masker atau tangan. Dari segi kinerja perangkat keras, sistem menunjukkan keandalan kontrol penuh dengan membuka pintu bagi pengguna valid dan menolak akses bagi pengguna tidak terdaftar. Meskipun pembukaan pintu secara otomatis membutuhkan waktu rata-rata 3,17 detik selisih 0,94 detik lebih lambat dibandingkan penggunaan kunci manual (2,23 detik) sistem *smart door lock* ini mampu menghadirkan tingkat perlindungan ruangan yang jauh lebih tinggi dan terekam dengan baik karena mengeliminasi risiko kunci hilang, diduplikat, atau digunakan tanpa izin.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Qanuthariq, Muhammad Irwan, "Perancangan Sistem Keamanan Kunci Pintu Rumah Berbasis Arduino Uno Dan Sensor Pn532 Sebagai Tagging E-Ktp Design of Door Lock Security System Using Arduino Uno and Pn532 As Tagging of Ktp," 2019.
- [2] A. N. Muhammad Nur, H.S. Sulistyowati, "Penerapan Face Recognition Untuk Model Smart Lock Door Berbasis Iot," *Teknol. Inform. Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 152–166, 2024, [Online]. Available: <https://banisalehjurnal.ubs.ac.id/index.php/tridi/article/view/64/36>
- [3] I. N. Husna, M. Ulum, A. K. Saputro, Haryanto, D. T. Laksono, and D. N. Purnamasari, "Rancang Bangun Sistem Deteksi Dan Perhitungan Jumlah Orang Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)," *Semin. Nas. Fortei Reg.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–6, 2022.
- [4] A. F. Cobantoro, F. Masykur, K. Sussolaikah, I. Engineering, U. M. Ponorogo, and I. Engineering, "ERFORMANCE ANALYSIS OF ALEXNET CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) ARCHITECTURE WITH IMAGE OBJECTS OF RICE," vol. 8, no. 2, pp. 117–122, 2023, doi: 10.33480/jitk.v8i2.4060.
- [5] L. A. K. Putra, Desriyanti, and M. Muhsin, "Integrasi OCR dan Raspberry Pi dalam Sistem Pemindai Otomatis untuk Aksesibilitas Digital," *Semin. Nas. Fortei Reg.*, vol. 7, no. 1, pp. 620–627, 2025.
- [6] S. muhammad yusuf, "Rancang bangun sistem informasi terintegrasi pada keamanan perumahan," pp. 1–4, 2016.
- [7] C. Baretina, S. Saripudin, R. Listiana, and E. Damayanti, "Rancang Bangun Sistem Smart Door Lock Menggunakan Deteksi Wajah," *J. Informatics Electron. Eng.*, vol. 01, no. 02, pp. 42–48, 2021.
- [8] M. Arsyali, "Scientific Literacy Innovation and Technology Journal Sistem Akses Pintu Otomatis Berbasis Pengenalan Wajah Menggunakan Sensor Kamera Arduino," *Sci. Lit. Innov. Technol. J.*, vol. 01, pp. 21–27, 2024, [Online]. Available: <https://ejurnal.yarukom.com/index.php/SinoviTech>
- [9] A. Pribadi, F. Fitri, M. Safitri, A. Nofiar. Am, and M. Ridwan, "Sistem Keamanan Pintu Berbasis Face Recognition Menggunakan Raspberry Pi 3," *J. Ilm. FIFO*, vol. 16, no. 1, p. 45, 2024, doi: 10.22441/fifo.2024.v16i1.005.
- [10] W. H. Rizki Putra Luriansyah, Danang Aditya Nugraha, "SISTEM PENGENALAN WAJAH PADA KEAMANAN PINTU OTOMATIS MENGGUNAKAN METODE EIGENFACE BERBASIS RASPBERRY PI," vol. 5, pp. 98–103, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.machung.ac.id/index.php/kurawal>