

Project Based Learning: Sistem Deteksi Wajah untuk Akses Pintu Otomatis Berbasis Raspberry Pi

Irfan Alifiansyah¹, M Raihan Akmal², Wahyu Febrianto³, Abdurahman Dwijotomo⁴, Iman Fahruzi^{5*}

^{1,2,3,4,5*} Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknik Rekayasa Elektronika

Jalan Ahmad Yani, Teluk Tering, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

E-mail: iman@polibatam.ac.id

Abstrak

Permasalahan keamanan merupakan hal yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Sistem penguncian pintu tradisional dengan penggunaan kunci fisik memiliki kelemahan dalam hal keamanan. Kunci fisik dapat di-hack, dicuri, atau bahkan dapat direplikasi dengan mudah. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sebuah metode baru yang bisa mencegah permasalahan tersebut. Salah satu penerapan teknologi yang bisa dipakai untuk kunci alternatif adalah dengan menggunakan metode pengenalan wajah untuk membuka dan mengunci pintu berdasarkan data orang yang diberi akses pintu. Penelitian ini ber-fokus pada pengembangan metode pengenalan wajah menggunakan Machine learning dengan teknik histogram of oriented gradients (HOG) yang di kombinasikan dengan linear Support Vector Machine (SVM). Teknik ini dibuat sesederhana mungkin supaya bisa dipasang di Single Board Computer (SBC) berbasis raspberry pi 4 yang mempunyai sebuah sensor kamera untuk input Machine learning dan output solenoid doorlock. Pertama, Machine learning harus di latih terlebih dahulu untuk mengenali orang yang diberi akses pintu. Data wajah tersebut dikumpulkan dalam bentuk foto yang mencakup variasi ekspresi, posisi, dan kondisi pencahayaan. Gambar data wajah kemudian diproses oleh machine learning untuk membuat model algoritma dataset yang bisa mengenali wajah dengan akurasi tinggi. Ketika sistem berjalan dan mendeteksi sebuah wajah yang mempunyai tingkat kemiripan tinggi dengan model yang dilatih, maka raspberry pi akan membuka solenoid doorlock tersebut dan begitu juga dengan sebaliknya untuk mengunci pintu. Metode ini memberikan kelebihan dalam hal keamanan, karena hanya pengguna yang memiliki wajah yang terdaftar dalam dataset yang dapat membuka pintu. Sistem deteksi wajah yang dibuat mempunyai tingkat akurasi 83% dan dapat berjalan di sistem dengan kekuatan komputasi terbatas seperti SBC Raspberry Pi 4.

Kata kunci: Deteksi wajah, *machine learning*, pintu otomatis, raspberry pi

Abstract

Security concerns are of utmost importance in our daily lives. Conventional door locking systems that rely on physical keys possess vulnerabilities in terms of security. Physical keys are susceptible to tampering, theft, and effortless replication. Hence, it is imperative to devise a novel approach that may effectively mitigate this issue. An example of technological use for alternative locks involves utilizing face recognition techniques to grant or deny access to doors depending on the data associated with the individual seeking entry. The primary objective of this study is to create a facial identification approach by employing machine learning techniques, namely the histogram of oriented gradients (HOG) method in conjunction with a linear Support Vector Machine (SVM). This technique is designed to be easily implemented on a Raspberry Pi 4-based Single Board Computer (SBC) that features a video sensor for machine learning input and a doorlock solenoid output. Initially, it is important to train the machine learning algorithm to accurately identify and distinguish the individual who is granted access to the door. The facial data is obtained through the capture of photographs that encompass variations in facial expression, positioning, and lighting conditions. The facial data photos are further analyzed using machine learning techniques to generate a dataset algorithm model capable of accurately identifying faces. When the system is operational and identifies a face that closely matches the trained model, the Raspberry Pi will activate the doorlock solenoid to unlock the door, and conversely, to lock the door. This approach offers security benefits as it restricts access to only those individuals whose facial features are registered in the dataset, hence allowing them to unlock the door. The developed face detection system has an accuracy rate of 83% and is compatible with computing devices possessing constrained computational capabilities, such as the SBC Raspberry Pi 4.

Keywords: *Face detection, machine learning, automatic doorlock, raspberry pi*

1. Pendahuluan

Keamanan rumah merupakan aspek krusial dalam kehidupan sehari-hari, namun kejahatan pencurian dan perampokan tetap menjadi ancaman serius di masyarakat. Fenomena ini memerlukan perhatian khusus karena tidak hanya melibatkan kerugian materi, tetapi juga dapat memengaruhi kesejahteraan dan keamanan psikologis para korban. Dari data Kepolisian Republik Indonesia, tercatat peningkatan kejahatan sebesar 7 persen pada kasus kejahatan tahun 2022 dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Data di tahun 2022 terdapat 276.507 kasus yang 28 persen diantaranya adalah kasus pencurian [1]. Untuk itu perlu dibuatkan terobosan sistem keamanan baru yang lebih aman salah satunya adalah dengan pembuatan kunci pintar atau smart doorlock.

Penelitian smart doorlock dikembangkan karena rentannya pembobolan kunci fisik tradisional yang bisa di hack, di curi, dan di duplikasi [2- 4]. Banyak peneliti yang mencoba mengintegrasikan teknologi ke sistem kunci untuk mengatasi masalah tersebut. Salah satunya Rahmat Tullah beserta peneliti lain [5-7] mengembangkan sistem kunci berbasis voice control. Teknik ini bisa membuka dan menutup kunci melalui Google Voice Command yang mudah digunakan. Namun teknik ini masih beresiko tinggi lantaran akses bisa dipakai semua orang asalkan mengetahui "voice command" untuk membuka pintu.

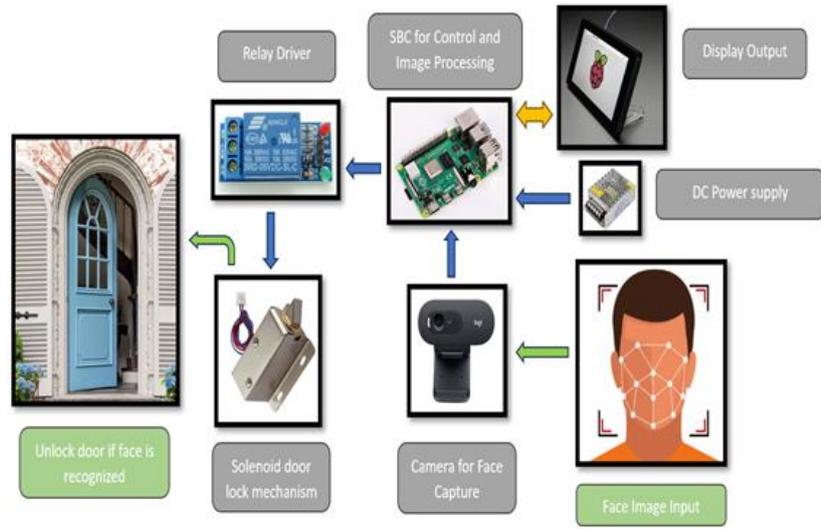
Sistem kunci lainnya juga ada yang menggunakan biometric fingerprint doorlock. Haris Isyanto [8,9] memakai sidik jari untuk membuka dan menutup akses pintu. Fingerprint modul elektronik terpasang di arduino yang dipakai untuk mengontrol solenoid kunci elektronik. Meskipun ini aman karena bisa mengenali sidik jari, namun kadang mendapati problem untuk mengenali sidik jari yang terluka atau kotor. Ini tentu tidak cocok untuk dipasang di daerah yang berdebu ataupun outdoor yang mudah terkena hujan.

Selain itu, ada juga sistem pengunci berbasis IoT yang dikembangkan Kaleb Yefune Sun [10,11]. Dengan

menggunakan platform IoT Blynk, aplikasi handphone bisa dibuat untuk mengendalikan kunci pintu dan menampilkan gambar foto kondisi di depan pintu menggunakan kamera dan mikrokontroler ESP32. Namun sistem ini mempunyai kendala bahwa hanya bisa aktif ketika ada internet. Ketika terjadi problem gangguan jaringan, maka pintu tersebut tidak bisa dikendalikan melalui aplikasi handphone tersebut. Dari penelitian smart doorlock sebelumnya, terdapat berbagai macam cara untuk membuat sistem pengunci pintu namun sistem tersebut juga mempunyai masalah tersendiri. Pada saat ini, kemajuan teknologi sangat berkembang dengan pesat dan sudah merambah ke sistem kecerdasan buatan karena lebih praktis dan nyaman [12-15]. Untuk itu, kecerdasan buatan juga bisa diterapkan di sensor kamera [16,17] untuk pembuatan sistem kunci menggunakan pengenalan wajah [18-20]. Penelitian ini membahas tentang pembuatan sistem keamanan menggunakan SBC raspberry pi 4 untuk otak utama dalam pengendalian pintu yang dipasang sensor kamera. Untuk pengenalan wajah sendiri, menggunakan metode HOG dan Linear SVM yang merupakan cabang dari machine learning dan terdapat pada library OpenCV tertanam di raspberry pi 4. Dengan menggunakan teknologi pengenalan wajah pada sistem smart doorlock, ini nantinya bisa mengatasi permasalahan di-sistem sebelumnya seperti dapat dipasang di outdoor, mudah diakses pengguna, dan juga lebih aman dibanding sistem kunci tradisional.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental. Sistem pengenalan wajah dirancang dan di-implementasikan kedalam SBC Raspberry Pi untuk otak utama. Raspberry pi bekerja memproses data gambar sensor kamera melalui OpenCV machine learning untuk mengenali wajah yang terdeteksi di depan kamera dan juga mengendalikan mekanisme penguncian atau pembukaan pintu melalui pin digital raspberry pi. Desain elektronik mekanisme dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1: Diagram Blok Sistem

Sistem yang dibuat memakai raspberry pi 4 8GB sebagai otak utama. Selain itu juga membutuhkan sensor untuk mengambil gambar wajah. Sensor tersebut cukup menggunakan webcam beresolusi 720p yang dihubungkan ke SBC melalui kabel USB. Sedangkan aktuator mekanisme pengunci pintu memakai kombinasi antara relay dan solenoid 12 volt. Selain itu juga sebuah power supply DC 12volt dipakai untuk memberikan supply daya ke SBC dan relay. Desain sistem dari sisi software memanfaatkan Raspbian OS yang terinstall di dalam raspberry pi 4 agar bisa mengakses I/O dan peripheral di SBC tersebut. Selain itu juga terdapat library OpenCV yang sangat membantu dalam pembuatan algoritma image processing. Gambar bentuk realisasi desain dapat dilihat pada Gambar 2.

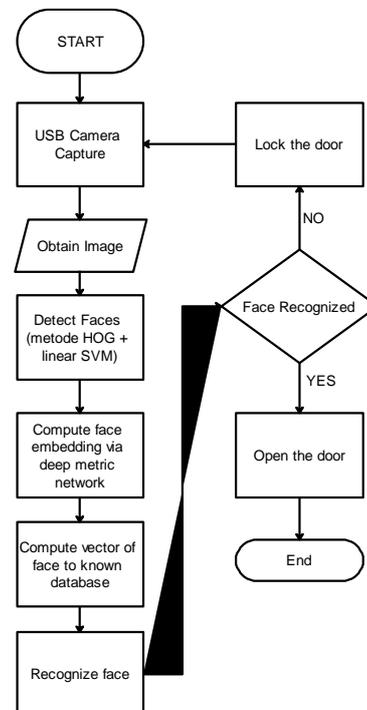


Gambar 2: Bentuk Aktualisasi Desain

Program yang dibuat memakai bahasa python karena mudah untuk dipelajari dan bersifat opensource sehingga punya akses komunitas yang luas apabila membutuhkan troubleshooting kode program. Gambar 3 menunjukkan alur program yang dibuat.

Penting untuk diketahui bahwa ada banyak macam metode face recognition yang sudah dikembangkan seperti Haar Cascade, CNN dan lain sebagainya. Namun kebanyakan metode face recognition tersebut membutuhkan komputasi yang tinggi atau berat sehingga tidak cocok untuk dijalankan di dalam mini komputer atau SBC karena spek komputasi yang sangat rendah. Metode face recognition yang dipakai di penelitian adalah kombinasi HOG + linear SVM

karena sangat ringan dan bisa dijalankan di mini komputer atau SBC. Di sistem ini, algoritma yang disebutkan diatas sudah ada di dalam library OpenCV. Jadi pemrograman deteksi wajah bisa lebih cepat dalam pengerjaan dan efisien. Hasil luaran dari wajah yang terdeteksi kamera melalui metode tersebut nantinya akan dibandingkan dengan database wajah yang sudah dikenal. Namun sebelum bisa mengakses database wajah, harus melalui proses pengambilan/pelatihan data wajah terlebih dahulu. Selanjutnya apabila wajah ada yang dikenali maka solenoid door lock akan otomatis terbuka.



Gambar 3: Program Flowchart

3. Hasil Pengujian

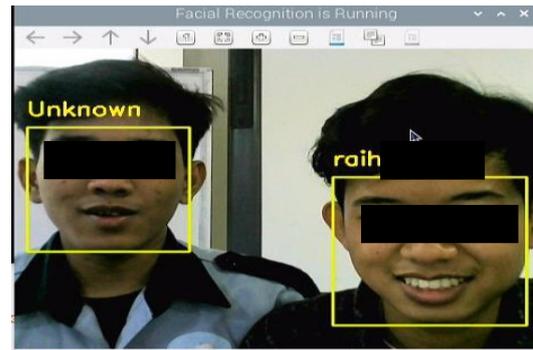
Proses pengujian dibagi menjadi 2 bagian. Yang pertama adalah bagian pengenalan wajah, dan yang kedua adalah sistem kunci pintu elektronik. Di bagian pengenalan wajah ini dilakukan dengan cara menghadapkan kamera ke arah wajah dari seseorang dan sistem akan mencoba mengenalinya. Perlu dicatat bahwa sebelum masuk proses pengenalan wajah, harus sudah ada database wajah yang telah terdaftar. Pendaftaran wajah melalui penyimpanan foto dari beberapa pengguna dengan banyak variasi dan posisi lalu dimasukkan ke folder program face recognition untuk dilatih terlebih dahulu. Setelah proses pelatihan selesai, barulah sistem dapat digunakan. Di pengujian ini, 3 wajah telah dilatih di dalam program face recognition. Gambar 4 menunjukkan dataset foto yang dipakai untuk proses pelatihan wajah. Setiap dataset pengguna memakai 8 variasi foto.



Gambar 4: Dataset Untuk Pelatihan Wajah

Wajah yang dipakai untuk training total ada 3 orang. Program ini akan mengeluarkan luaran berupa wajah yang dikenali dengan menunjukkan nama pengguna, dan juga wajah yang tidak dikenali dengan memberi status “unknown”.

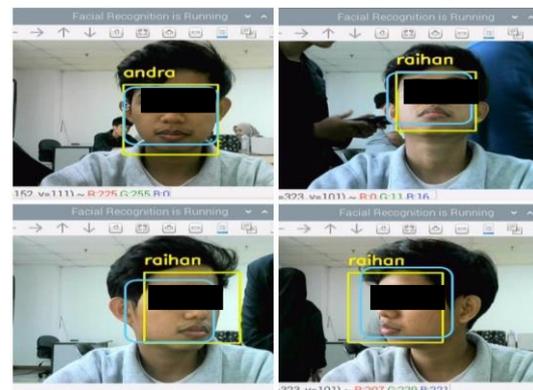
Pada saat sistem mendeteksi wajah, maka program akan menunjukkan status atau nama yang bisa dilihat pada layer monitor SBC seperti pada Gambar 5. Sehingga orang tersebut tahu bahwa mereka punya akses ke pintu atau tidak. Dan juga ketika ada orang yang tidak masuk dalam dataset training, maka sistem akan memberi status “unknown” di monitor.



Gambar 5: Pengujian Pada Saat Mengenal Wajah

Pada Gambar 5 tersebut adalah uji coba ketika wajah pada posisi normal menghadap ke depan atau sejajar dengan kamera. Selanjutnya adalah pengujian pengenalan wajah berdasarkan variasi posisi. Tes ini untuk menunjukkan kehandalan dari sistem pengenalan wajah yang telah dibuat. Variasi posisi yang digunakan adalah menghadap ke depan, ke samping kiri, samping kanan, menghadap ke atas, dan menghadap ke bawah. Berdasarkan pengujian tersebut didapat hasil seperti pada Gambar 6.

Hasil pengujian posisi variasi posisi wajah menunjukkan bahwa sistem dapat mengenali pengguna dengan benar. Sistem pengenalan berjalan menyesuaikan dengan data yang sudah dilatih. Data pada Gambar 6 menunjukkan hasil yang ideal karena pada proses pelatihan data, ini juga memasukkan variasi posisi wajah melalui data foto yang diambil sehingga hasil lebih akurat.



Gambar 6: Pengujian Dengan Variasi Posisi Wajah

Apabila ketika sistem pengenalan berjalan dan terjadi kesalahan yang tinggi untuk mengenali pengguna, maka diperlukan pengambilan dataset lagi atau penambahan dataset foto baru supaya akurasi bisa meningkat. Tabel I di bawah ini menunjukkan hasil pengujian terhadap tiga sample citra wajah yang sesuai database dengan pengambilan citra sebanyak 10 kali tiap sampel.

TABEL I

TES PENGENALAN WAJAH SESUAI DATABASE

User	pengujian	Wajah dikenal	User	Percobaan 1	Wajah dikenal
Raihan	1	Dikenal	Wahyu	1	Dikenal
	2	Dikenal		2	Dikenal
	3	Dikenal		3	Tidak dikenal
	4	Dikenal		4	Dikenal
	5	Dikenal		5	Dikenal
	6	Dikenal		6	Dikenal
	7	Dikenal		7	Dikenal
	8	Tidak dikenal		8	Tidak dikenal
	9	Dikenal		9	Dikenal
	10	Dikenal		10	Dikenal
Irfan	1	Dikenal			
	2	Dikenal			
	3	Dikenal			
	4	Tidak dikenal			
	5	Dikenal			
	6	Tidak dikenal			
	7	Dikenal			
	8	Dikenal			
	9	Dikenal			
	10	Dikenal			

Berdasarkan tabel diatas, didapat nilai rata rata keberhasilan dari tiap wajah. Hasil detail ini bisa dilihat di dalam Tabel II.

TABEL II

PRESENTASI RATA RATA KESALAHAN

No	Nama User	Presentasi Keberhasilan
1	Raihan	90%
2	Irfan	80%
3	Wahyu	80%
Presentasi Rata rata		83.88%

Adapun nilai keakuratan sistem (AS) untuk pengenalan wajah yang sesuai database dapat dicari dengan pendekatan rumus (1) sebagai berikut:

$$AS = \left(\frac{\text{Jumlah data benar}}{\text{Jumlah seluruh data}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Adapun hasil keakuratan sistem untuk mengenali wajah yang sesuai database adalah:

$$AS = (25 / 30) \times 100\% = 83.33\%$$

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan keakuratan sistem (AS) sebesar 83.3% dengan 5 kali kesalahan dalam pengenalan wajah atau 16.7%. Kesalahan tersebut disebabkan oleh beberapa faktor

seperti intensitas cahaya dan juga karena sistem mengenali deskriptor data sample yang paling mendekati pada database. Proses pengujian kedua adalah menguji sistem kendali pintu elektronik. Proses mengunci pintu di sistem ini menggunakan solenoid. Ini dipertimbangkan supaya ketika terjadi gangguan seperti listrik mati, maka pintu tidak bisa dibuka dari luar karena posisi default dari solenoid adalah mode mengunci. Ini untuk menjaga supaya rumah lebih aman dan sulit untuk dimasuki seseorang. Proses membuka kunci terjadi saat sistem pengenalan wajah sudah selesai mengenali pengguna. Apabila pengguna adalah orang yang dikenal, maka otomatis SBC Raspberyy Pi 4 akan mengeluarkan sinyal untuk membukakan pintu. Begitu juga dengan sebaliknya ketika ada orang yang tidak dikenal, maka kunci pintu tidak akan dibuka. Tabel III berikut menunjukkan hasil dari percobaan. Dari hasil pengambilan data sebanyak 10 kali bisa kita lihat bahwa terdapat 3 kali terjadi kesalahan pada saat percobaan pengambilan data. Dimana pada saat wajah tidak dikenali maka perintah ke kontroller adalah "kunci pintu", sedangkan jika wajah dikenali maka perintahnya yaitu membuka pintu.

TABEL III

HASIL KENDALI KUNCI ELEKTRONIK

No	Wajah Dikenali	Nama	Perintah Ke controller	Perintah Dijalankan	Durasi Wajah Terdeteksi (detik)	Durasi Kunci solenoid terbuka (detik)	Delay (detik)
1	Tidak	Tidak dikenal	Kunci pintu	Iya	-	0	0
2	iya	Raihan	Buka pintu	Iya	5	7	2
3	iya	Raihan	Buka pintu	Iya	5	6	2
4	Tidak	Tidak dikenal	Kunci pintu	Iya	-	0	0
5	Iya	Irfan	Buka pintu	iya	6	7	3
6	iya	Irfan	Buka pintu	Iya	6	7	2
7	Iya	Irfan	Buka pintu	Iya	5	6	2
8	Tidak	Tidak dikenal	Kunci pintu	Iya	-	0	0
9	Iya	wahyu	Buka pintu	Iya	5	6	2
10	iya	wahyu	Buka pintu	iya	5	7	2

4. Kesimpulan

Penggunaan Raspberry Pi menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam meningkatkan keamanan sistem pengendalian akses. Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi pengenalan wajah telah mendapatkan perhatian yang signifikan karena potensi aplikasinya di berbagai bidang, termasuk sistem pengendalian akses. Kemajuan dalam pembelajaran mendalam (deep learning) dan ketersediaan platform perangkat keras yang terjangkau seperti Raspberry Pi telah membuka kemungkinan untuk mengembangkan sistem pengunci pintu berbasis pengenalan wajah. Dalam proyek ini, Raspberry Pi dimanfaatkan sebagai platform perangkat keras yang handal dan efisien. Algoritma pengenalan wajah yang memakai HOG dan Linear SVM, diintegrasikan dengan Raspberry Pi. Sistem ini mampu mengambil gambar wajah menggunakan kamera yang terhubung, memprosesnya dengan algoritma yang diimplementasikan, dan mengontrol mekanisme pengunci pintu berdasarkan wajah yang dikenali. Hasil dari proyek ini menunjukkan bahwa model HOG dan Linear SVM yang dilatih dengan dataset yang telah dilabeli mencapai akurasi tinggi dalam mengenali wajah yang terdaftar. Sistem ini berhasil mendeteksi dan memverifikasi wajah secara real-time, memberikan akses hanya kepada individu yang diotorisasi. Dengan mengeliminasi kebutuhan untuk kunci fisik atau kata sandi, sistem pengunci pintu berbasis pengenalan wajah menggunakan Raspberry Pi menawarkan keamanan yang lebih baik dan kemudahan penggunaan. Integrasi teknologi pengenalan wajah dengan Raspberry Pi menegaskan potensi penggunaan perangkat keras yang terjangkau dan mudah diakses untuk membangun sistem keamanan yang canggih. Proyek ini membuktikan

bahwa pengenalan wajah dapat meningkatkan sistem pengendalian akses dengan menghilangkan keterbatasan keamanan dan kenyamanan yang dimiliki oleh sistem pengunci pintu tradisional. Secara keseluruhan, proyek pengembangan sistem pengunci pintu berbasis pengenalan wajah menggunakan Raspberry Pi menunjukkan potensi yang menjanjikan dalam meningkatkan keamanan dan efisiensi pengendalian akses. Dengan terus mengembangkan teknologi ini, dapat diharapkan bahwa sistem pengunci pintu berbasis pengenalan wajah akan semakin banyak diadopsi dalam berbagai bidang yang membutuhkan keamanan tinggi dan pengendalian akses yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] BPBATAM, "Kawasan industri di batam," 4 12 2023. [Online]. Available: <https://bpbatam.go.id/kawasan-industri-di-batam/>.
- [2] D. Aswini, R. Rohindh, K. S. M. Ragavendhara and C. S. Mridula, "Smart Door Locking System," in International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation (ICAECA), Coimbatore, India, 2021.
- [3] A. N. M. Erwan, M. N. H. M. Alfian and M. S. M. Adenan, "Smart Door Lock," International Journal of Recent Technology and Applied Science (IJORTAS), vol. 3, no. 1, pp. 1-15, 2021.
- [4] J. Baikerikar, V. Kavathekar, N. Ghavate, R. Sawant and K. Madan, "Smart Door Locking Mechanism," in International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE), NaviMumbai, India, 2021.
- [5] R. Tullah, S. D. Hapid and J. A. Suwandara, "AUTOMATIC LOCK DOOR WITH VOICE

- COMMANDS ON ARDUINO-BASED ANDROID," JURNAL SISFOTEK GLOBAL, vol. 11, no. 2, pp. 82 - 88, 2021.
- [6] L. D. W. Raj, K. Santhosh, S. Subash, C. Sujin and P. Tharun, "Voice Controlled Door Lock System Using Matlab and Arduino," in International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN), Pondicherry, India, 2019.
- [7] I. P. Ihsan, S. Buwarda, H. Novianty and I. A. Putra, "Voice Recognition Untuk Otomatisasi Sistem Pengakses Pintu," JSAI (Journal Scientific and Applied Informatics), vol. 4, no. 1, pp. 116-125, 2021.
- [8] H. Isyanto, W. Ibrahim and M. A. Hidayatulloh, "Desain Kunci Pintu Fingerprint Pada Ruang Khus (Restricted Area)," in Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Jakarta, 2019.
- [9] A. Z. Rohman, Sunardi and A. Munazilin, "Rancang Bangun Smart door lock Menggunakan Fingerprint dan Mikrokontroler Arduino Uno di BMT NU Jangkar," G-Tech Jurnal Teknologi Terapan, vol. 7, no. 4, pp. 1245-1253, 2023.
- [10] K. Y. Sun, Y. Pernando and M. I. Safari, "PERANCANGAN SISTEM IoT PADA SMART DOOR LOCK," JUTSI: Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi, vol. 1, no. 3, pp. 289 - 296, 2021.
- [11] K. Prihandani and A. S. Y. Irawan, "Door Lock Berbasis Internet of Things," SYSTEMATICS, vol. 1, no. 1, pp. 22-32, 2019.
- [12] R. F. N. Susilo and S. F. Athallah, "Penggunaan Artificial Intelligence (AI) dalam Membangun Sistem Pangan Berkelanjutan di Indonesia," Jurnal Imagine, vol. 3, no. 2, pp. 104-116, 2023.
- [13] A. T. Dwilaga, "IMPLEMENTASI MODEL ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM WAREHOUSE:," Jurnal Sistem Dan Teknik Industri, vol. 3, no. 2, pp. 253-261, 2022.
- [14] T. Wahyudi, "Studi Kasus Pengembangan dan Penggunaan Artificial," Indonesian Journal on Software Engineering, vol. 9, no. 1, pp. 28-32, 2023.
- [15] G. D. Jupri, Rosandi and P. Rosyani, "Implementasi Artificial Intelligence Pada Sistem Manufaktur Terintegrasi," BISIK : Jurnal Ilmu Komputer, Hukum, Kesehatan, dan SosHum , vol. 1, no. 2, pp. 140-143, 2022.
- [16] A. L. Perdana, Suharni and A. Riadi, "PENGENALAN EKSPRESI WAJAH PENGUNJUNG DEAL COFFEE MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)," Jurnal of Embedded System and Intelligent System, vol. 4, no. 2, pp. 132-139, 2023.
- [17] M. F. Aditama and M. Haryanti, "SISTEM PENGENALAN DAN VERIFIKASI WAJAH," Jurnal Teknologi Industri, vol. 12, no. 1, pp. 30-39, 2023.
- [18] T. Arifianto, "PENGEMBANGAN SISTEM PENGENALAN WAJAH BERBASIS DEEP LEARNING UNTUK KEAMANAN KOMPUTER," Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran, vol. 7, no. 2, pp. 3934-3940, 2024.
- [19] H. A. Faiq and H. Sabita, "Pengembangan Model Deep Learning Untuk Pengenalan Wajah pada Sistem Keamanan," Jurnal Teknik, vol. 18, no. 1, pp. 197-209, 2024.
- [20] S. Syarif, M. Baharuddin and Muslimin, "Penerapan Metode Convolutional Neural Network pada Face Recognition untuk Smart Loker," Jurnal Eksitasi, vol. 2, no. 2, pp. 19-26, 2023.