

PENERAPAN FACE RECOGNITION DENGAN MODEL DEEP NEURAL NETWORK PADA SISTEM SMART DOOR LOCK

Ismadi Rahendra Nur¹, Depandi Enda²

^{1,2}Politeknik Negeri Bengkalis

Email: ismadirahendra@gmail.com¹, depandienda@polbeng.ac.id²

Abstrak: Kemajuan teknologi di bidang kecerdasan buatan dan IoT membuka peluang untuk meningkatkan sistem keamanan rumah. Penelitian ini mengusulkan *Smart Door Lock* berbasis *Face Recognition* dengan menggunakan *Deep Neural Network* (DNN) yang diintegrasikan dengan *ESP32-CAM* dan *Solenoid Door Lock*. Sistem menerapkan metode deteksi wajah dengan *MTCNN* dan perbandingan *embedding* menggunakan *Euclidean Distance*, serta penyesuaian *threshold similarity*. Pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi rata-rata sebesar 84% dengan metrik evaluasi: *Precision* 95%, *Recall* 85%, dan *F1-Score* 89,72%. Penyesuaian *threshold similarity* dari 0.60 ke 0.28 berhasil menurunkan *false positive rate* secara signifikan (dari 7% menjadi 1% pada kondisi tertentu), meskipun pengujian menyeluruh menunjukkan nilai *false positive* sekitar 5%. Selain itu, sistem mampu mencatat log akses sehingga pemilik rumah dapat memantau aktivitas akses pintu secara *real-time*.

Kata Kunci: *Face Recognition, Deep Neural Network, Smart Door Lock, IoT, Keamanan Akses.*

Abstract: *The advancements in artificial intelligence and IoT have created significant opportunities to enhance home security systems. This research proposes a Smart Door Lock system based on Face Recognition, utilizing a Deep Neural Network (DNN) integrated with an ESP32-CAM and a Solenoid Door Lock. The system employs MTCNN for face detection and compares facial embeddings using Euclidean Distance, along with adjustments to the similarity threshold. Testing results demonstrate that the system achieves an average accuracy of 84%, with evaluation metrics of 95% Precision, 85% Recall, and an F1-Score of 89.72%. Adjusting the similarity threshold from 0.60 to 0.28 significantly reduces the false positive rate—from 7 to 1 under certain conditions—although overall tests indicate a false positive rate of approximately 5%. Additionally, the system logs access events, enabling homeowners to monitor door access in real time.*

Keywords: *Face Recognition, Deep Neural Network, Smart Door Lock, IoT, Home Security.*

PENDAHULUAN

Pada zaman serba digital saat ini, teknologi telah diterapkan pada setiap sistem keamanan, termasuk sistem *Smart Door Lock* yang menggunakan *password* untuk dapat memberikan akses ke ruangan apabila *password* yang dimasukkan benar. Berdasarkan Data dari BPS tentang Kriminalitas tahun 2023, pada tahun 2021 hingga 2022 terjadinya lonjakan jumlah kejadian pencurian dari 69.347 kasus ke 91.892 kasus [1]. Sehingga sistem perangkat

keamanan dibutuhkan agar rumah tetap aman pada saat pemilik rumah tidak berada di rumah atau sedang berada dalam perjalanan jauh.

Menurut sumber dari *Amazon*, *Face Recognition* atau Pengenalan Wajah merupakan sistem perangkat lunak yang mengidentifikasi identitas seseorang melalui wajah, analisa ini berfungsi untuk mengidentifikasi dan mengukur wajah dalam bentuk citra lalu membandingkan apakah wajah yang direkam sama dengan wajah yang telah diverifikasi [2].

Terdapat penelitian yang menawarkan sistem kunci pintu untuk meningkat keamanan dalam rumah. Seperti pada penelitian “Sistem Keamanan Pintu Rumah dengan Sidik Jari Berbasis *Internet of Things* (IoT)” yang menggunakan perangkat *microcontroller Arduino* dan sensor sidik jari yang digunakan untuk membaca sidik jari setiap pengguna yang telah diverifikasi [3]. Penelitian lainnya oleh (M. Irfan Gunawan dkk. 2018) dengan judul “*Internet of Things* : Sistem Keamanan Rumah berbasis *Raspberry Pi* dan *Telegram Messenger*” yang menggunakan sensor PIR atau *Passive Infra Red* dan Kamera yang mengirimkan gambar setelah sensor PIR mendeteksi pergerakan pada ruangan yang dideteksi [4]. Selain itu, terdapat penelitian lain yang berjudul “Implementasi Iot Sistem Pemantauan Dan Kendali Pintu Otomatis Berdasarkan Kedekatan Objek” yang menggunakan RFID atau *Radio Frequency Identification* sebagai alat untuk mengakses pintu lalu setiap data akses pintu diuji untuk menentukan perhitungan jarak dan kecepatan akses pada pengunci pintu [5].

Berdasarkan dari masalah yang dipaparkan, maka penulis akan melakukan penelitian dengan judul “Penerapan *Face Recognition* Dengan Model Deep Neural Network Pada Sistem *Smart Door Lock*”. *Face Recognition* digunakan untuk menentukan apakah gambar yang direkam adalah pemilik rumah atau orang yang tidak dikenal.

Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, rumusan masalahnya adalah bagaimana cara mengimplementasikan sistem *Face Recognition* pada sistem *Smart Door Lock* agar dapat mengakses pintu dengan verifikasi wajah.

Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah yang di antaranya sebagai berikut:

- a) Sistem dibangun pada aplikasi berbasis web.
- b) Sistem menggunakan *ESP32-CAM* sebagai kamera untuk mendeteksi wajah.
- c) Sistem hanya bisa digunakan secara *online*.

Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah bagaimana agar *Face Recognition* dapat diterapkan ke dalam sistem *Smart Door Lock* untuk dapat melakukan identifikasi gambar wajah yang direkam.

Manfaat Penelitian

Dari Latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka berikut beberapa Manfaat dari penelitian ini:

- a) Sistem *Face Recognition* yang diimplementasikan pada *Smart Door Lock* dapat membantu dalam mengenali wajah yang dikenali dan tidak dikenal.
- b) Membantu dalam menguatkan keamanan Rumah dengan menerapkan *Face Recognition* pada Sistem *Smart Door Lock*.

METODE PENELITIAN

Data Penelitian

Untuk mengembangkan dan mengimplementasikan *Face Recognition* pada sistem *Smart Door Lock*, data yang dibutuhkan yaitu berupa dataset dalam bentuk Wajah pengguna yang terdaftar pada sistem *Smart Door Lock*. Berikut beberapa *sample* data dari setiap Lampiran yang digunakan:

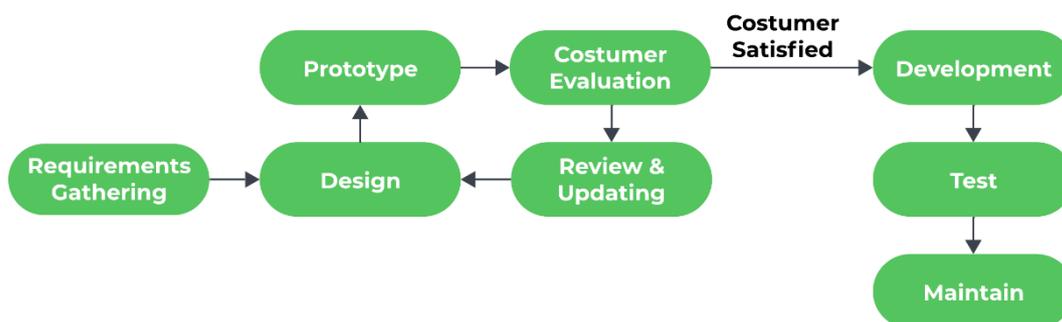
Tabel 3 1 Sample Data

No	Peserta	Ekspresi	Kondisi	Gambar
1	R1	Netral	Redup	
2	A2	Senyum	Terang	
3	T3	Tutup mata	Gelap	
4	A4	Senyum	Normal	

5	K5	Senyum	Gelap	
6	T3	Senyum	Terang	
7	P7	Netral	Normal	
8	R1	Tutup mata	Normal	
9	A4	Netral	Gelap	
10	A10	Netral	Redup	

Prosedur Penelitian

Untuk melakukan penelitian tentang Penerapan *Face Recognition* dengan model *Deep Neural Network* pada sistem *Smart Door Lock*, penulis menggunakan metode pengembangan *Prototype*. Berikut tahapan penelitian:

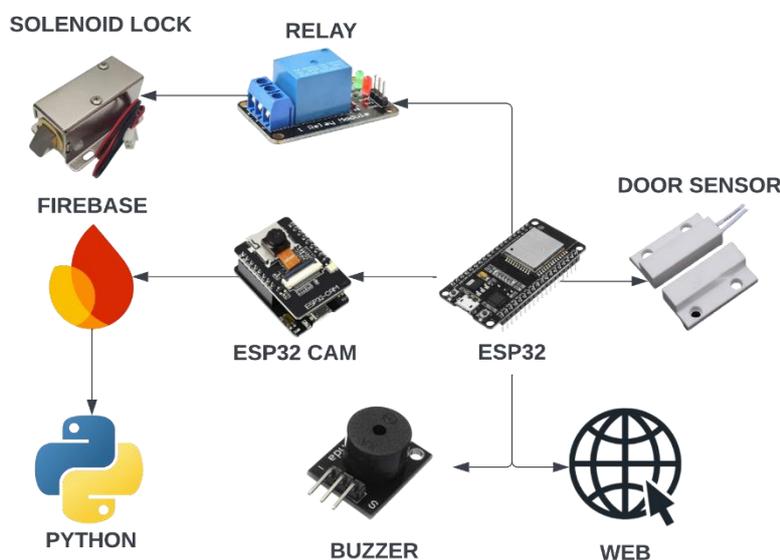


Gambar 3 1 Metode Pengembangan

- a) **Identifikasi Kebutuhan:** Melakukan studi literatur tentang Sistem *Face Recognition* dan *Smart Door Lock*. Menganalisis kebutuhan sistem yang terkait dengan keamanan rumah dan mendefinisikan fitur – fitur utama yang diperlukan.

- b) **Perancangan *Prototype*:** Merancang alur kerja sistem *Smart Door Lock* dan *Face Recognition*. Membuat antarmuka pengguna untuk mengontrol sistem.
- c) **Pengembangan *Prototype*:** Mengimplementasikan algoritma *Face Recognition* pada Sistem *Smart Door Lock* dari hasil analisis gambar.
- d) **Pengujian dan Evaluasi:** Menguji fungsional sistem dan akurasi *Face Recognition* dalam berbagai kondisi lingkungan. Mengevaluasi kinerja deteksi pencurian dan mengumpulkan *Feedback* dari pengguna.
- e) **Revisi dan Perbaikan:** Menganalisis hasil pengujian dan *Feedback* dari pengguna. Menyempurnakan fitur dan Mengoptimalkan kinerja sistem.
- f) **Pengulangan:** Mengulangi tahap dari Perancangan *Prototype* ke tahap Revisi dan perbaikan hingga *Prototype* memenuhi kebutuhan.
- g) **Pengembangan Final:** Mengimplementasi *Design* dan sistem agar bisa digunakan oleh pengguna dan melakukan pengembangan lebih lanjut secara berkala dari *Feedback* pengguna.

**Perancangan
Arsitektur Sistem**



Gambar 3 2 Arsitektur Sistem

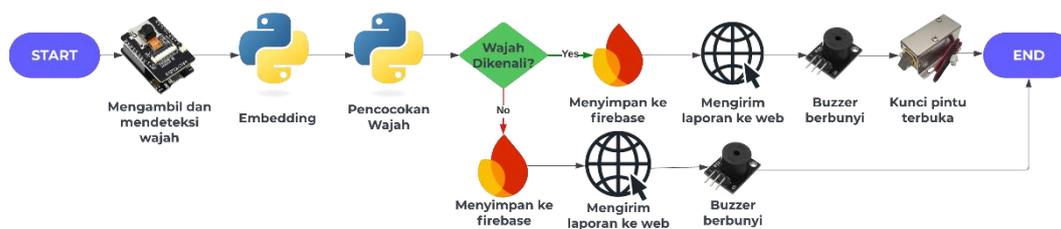
Pada diagram *Arsitektur*, berikut cara kerja sistem:

- 1) *ESP32*: Dinyalakan terlebih dahulu.
- 2) *ESP32 CAM*: Untuk menangkap gambar.

- 3) *Relay*: Ketika *relay* menyala maka *Solenoid Lock* akan menyala.
- 4) *Door sensor*: Mendeteksi apakah pintu tertutup atau tidak.
- 5) *Buzzer*: Perangkat untuk mengeluarkan *output* suara.
- 6) *Firebase*: Menyimpan Gambar yang telah direkam.
- 7) *Web*: Menampilkan data log akses untuk pengguna.
- 8) *Python*: Berfungsi sebagai Algoritma *Face Recognition*.
- 9) *Solenoid Lock*: Berfungsi sebagai kunci pintu.

Alur Sistem

Berikut rancangan awal alur kerja penerapan *Face Recognition* pada sistem *Smart Door Lock*:



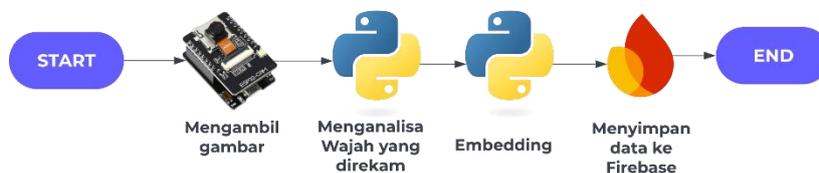
Gambar 3 3 Alur kerja penerapan *Face Recognition*

Berdasarkan dari alur di atas, berikut penjelasan dari setiap alur:

Tabel 3 2 Alur kerja penerapan *Face Recognition*

Alur	Deskripsi
<i>Mengambil dan mendeteksi wajah</i>	Kamera pada sistem pintu menangkap gambar wajah pengguna dan mendeteksi wajah pada gambar menggunakan <i>MTCNN</i> .
<i>Embedding</i>	Sistem mengekstrak <i>embedding</i> pada setiap gambar yang dideteksi menggunakan <i>face recognition</i> .
<i>Pencocokan Wajah</i>	Sistem akan melakukan pencocokan wajah berdasarkan <i>embedding</i> yang telah diekstrak, setiap <i>embedding</i> akan dibandingkan menggunakan <i>euclidian distance</i> .
<i>Menyimpan ke Firebase</i>	Setiap wajah yang dikenal dan tidak dikenali akan disimpan ke <i>firebase</i> .
<i>Mengirim laporan ke web</i>	Setiap wajah yang dikenal dan tidak dikenali akan ditambahkan ke laporan web.
<i>Buzzer berbunyi</i>	<i>Buzzer</i> akan berbunyi jika wajah dikenali atau tidak dikenali
<i>Kunci Pintu terbuka</i>	Kunci pintu hanya akan dibuka jika wajah dikenali. Jika tidak, kunci pintu tetap tertutup.

Ada pun rancangan awal alur kerja *Update* model pada sistem *Smart Door Lock*.



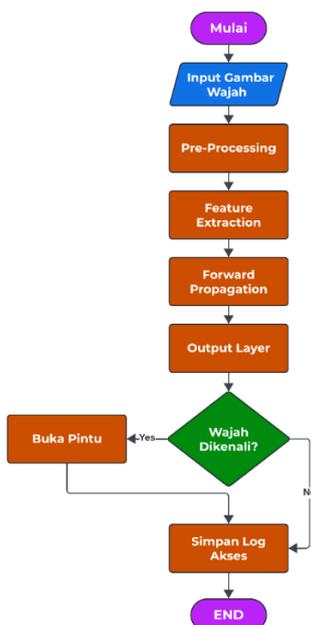
Gambar 3 4 Alur *Update* Model

Tabel 3 3 Alur *Update* Model

Alur	Deskripsi
<i>Kamera</i>	Kamera menangkap gambar wajah
<i>Menganalisa wajah yang direkam</i>	Sistem akan menganalisa gambar menggunakan <i>face_recognition</i> apakah gambar tersebut dikenali atau tidak.
<i>Embedding</i>	Sistem akan mengekstrak <i>embedding</i> wajah menggunakan <i>face_recognition</i>
<i>Menyimpan data ke firebase</i>	Data wajah dan <i>embedding</i> akan disimpan ke <i>firebase</i> .

Alur *Face Recognition*

Berikut rancangan awal alur kerja *Face Recognition* pada sistem *Smart Door Lock*:



Gambar 3 5 Alur *Face Recognition*

Berdasarkan dari *Flowchart* sebelumnya berikut penjelasan detail dari setiap alur:

Tabel 3 4 *Flowchart*

Alur	Deskripsi
<i>Input Gambar Wajah</i>	Kamera pada sistem pintu menangkap gambar wajah pengguna dan mengirimkannya untuk diproses lebih lanjut.
<i>Pre-Processing</i>	Gambar diproses menggunakan <i>OpenCV</i> untuk standar ukuran, konversi gambar menjadi <i>grayscale</i> untuk mengurangi kompleksitas warna, dan penghapusan <i>noise</i> untuk membuat gambar lebih jelas. Proses ini penting agar gambar sesuai dengan format yang diinginkan oleh model DNN.
<i>Feature Extraction</i>	Gambar yang telah diproses dikirimkan melalui beberapa lapisan dalam jaringan <i>neural</i> untuk mengekstraksi fitur wajah dengan menggunakan <i>face_recognition</i> , data yang di ekstrak seperti kontur wajah, jarak antara mata, bentuk hidung, dll. Setiap lapisan <i>neural</i> akan mengidentifikasi berbagai tingkatan detail pada gambar.
<i>Forward Propagation</i>	Nilai fitur yang diekstraksi dikirimkan ke depan melalui lapisan-lapisan jaringan DNN. <i>Neuron</i> di setiap lapisan menghitung <i>output</i> menggunakan berdasarkan bobot yang diberikan dan kemudian meneruskan informasi ke lapisan berikutnya.
<i>Output Layer</i>	Lapisan terakhir dari jaringan menghasilkan vektor probabilitas yang memprediksi identitas pengguna berdasarkan fitur yang telah diekstraksi dari gambar wajah. Probabilitas ini menunjukkan seberapa cocok wajah tersebut dengan identitas pengguna yang telah dikenal oleh sistem menggunakan <i>Euclidian Distance (face distance)</i> .
Wajah Dikenali?	Sistem memeriksa hasil dari <i>output</i> layer untuk menentukan apakah wajah yang dikenali sesuai dengan data pengguna yang ada.
Buka Pintu	Jika sistem mengenali wajah yang direkam, maka pintu akan dibuka
Simpan Log Akses	Semua informasi mengenai akses pintu (wajah dikenali atau tidak, waktu akses, pintu yang dibuka, dll.) akan dicatat dalam <i>log</i> .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Akurasi

Pada sistem *Face Recognition*, evaluasi Akurasi dilakukan berdasarkan empat kategori hasil prediksi. Yaitu, TP (*True Positive*), TN (*True Negative*), FP (*False Positive*), FN (*False Negative*). Dari hasil pengujian, diperoleh:

Tabel 4.2.5.1.1 Data Sampel Akurasi

True Positive	True Negative	False Positive	False Negative
173	29	8	30
Total	240		

Akurasi dihitung dengan rumus:

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\%$$

Substitusi nilai ke dalam rumus:

$$Akurasi = \frac{202}{240} \times 100\% = 84\%$$

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi sebesar 84%, yang berarti dari 100 kali pengujian, sekitar 84 kali prediksi benar dan 16 kali prediksi salah.

Precision

Selain akurasi, Presisi menunjukkan seberapa sering sistem benar saat mendeteksi wajah pemilik. Berikut rumus perhitungannya:

$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\%$$

Substitusi nilai:

$$Presisi = \frac{173}{181} \times 100\% = 95\%$$

Presisi 95% menunjukkan bahwa saat sistem mengenali wajah sebagai pemilik, 95% prediksi tersebut benar. Ini berarti *False Positive* sangat rendah, sehingga sistem tidak mudah tertipu oleh orang lain.

Recall

Recall mengukur seberapa banyak wajah pemilik yang berhasil dikenali dengan benar. Berikut rumus perhitungannya:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\%$$

Substitusi nilai:

$$Recall = \frac{173}{203} \times 100\% = 85\%$$

Recall 85.23% berarti dari semua wajah pemilik yang diuji, 85.23% berhasil dikenali dengan benar. Namun, 14.77% lainnya salah ditolak (*False Negative*), yang bisa mengurangi kenyamanan pengguna.

F1-Score

F1-Score adalah rata-rata harmonik antara *Precision* dan *Recall*, digunakan untuk mengukur keseimbangan antara keamanan (*Precision* tinggi) dan kenyamanan pengguna (*Recall* tinggi). Berikut rumus perhitungannya:

$$F1 = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall}$$

Substitusi nilai:

$$F1 = 2 \times \frac{8075}{180} = 2 \times 44,86 = 89.72\%$$

F1-Score 89.72% menunjukkan bahwa sistem memiliki keseimbangan yang baik antara mengenali wajah pemilik dan menghindari kesalahan pengenalan wajah orang lain.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa sistem berhasil mendeteksi wajah dengan tingkat akurasi sebanyak 84%, *Precision* berada di 95%, *Recall* sebanyak 85%, dan *F1-Score* berada di angka 89.72%. Tingkat *similarity* menurun dari 0.60 ke 0.28 dan mengurangi *false positive* dari 7% ke 1% meskipun terdapat nilai 5% *false positive*.

Sistem juga mampu mengintegrasikan *Face Recognition* dengan perangkat keras seperti *ESP32-CAM* dan *Solenoid Door Lock* untuk memberikan akses pintu secara otomatis berdasarkan verifikasi wajah dan Sistem juga dapat mencatat *log* akses, sehingga pemilik rumah dapat memantau siapa saja yang telah mengakses pintu.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik, “STATISTIK KRIMINAL 2023,” hlm. xxxii–209, Des 2023, Diakses: 15 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/id/publication/2023/12/12/5edba2b0fe5429a0f232c736/statistik-kriminal-2023.html>
- Amazon, “What Is Facial Recognition - Beginner’s Guide to Face Analyzer Software and Machine Learning - AWS,” Amazon Web Services, Inc. Diakses: 15 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://aws.amazon.com/what-is/facial-recognition>
- M. Faturrachman dan I. Yustiana, “Sistem Keamanan Pintu Rumah dengan Sidik Jari Berbasis Internet Of Things (IOT),” *Jurnal Teknik Informatika UNIKA Santo Thomas*, vol. 02, no. 06, hlm. 379–385, Des 2021, doi: 10.54367/jtiust.v6i2.1517.
- M. I. KURNIAWAN, U. SUNARYA, dan R. TULLOH, “Internet of Things : Sistem Keamanan Rumah berbasis Raspberry Pi dan Telegram Messenger,” *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 6, no. 1, hlm. 1, Apr 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i1.1.
- K. ANGGORO, J. TRIYONO, dan S. RAHARJO, “IMPLEMENTASI IOT SISTEM PEMANTAUAN DAN KENDALI PINTU OTOMATIS BERDASARKAN KEDEKATAN OBJEK,” *Script Journal*, vol. 9, no. 1, Sep 2021, doi: 10.34151/script.v9i1.3658.
- M. Saleh dan M. Haryanti, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay,” *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 8, no. 2, Mei 2017, doi: 10.22441/jte.v8i2.1601.
- D. NATALIANA, S. ANWARI, dan M. S. AKBAR, “Implementasi Prototype Sistem Home security dengan Pemanfaatan Kode Akses berbasis Arduino Mega,” *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 5, no. 2, hlm. 119, Feb 2018, doi: 10.26760/elkomika.v5i2.119.
- R. Muwardi dan R. R. Adisaputro, “Design Sistem Keamanan Pintu Menggunakan Face Detection,” *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 3, hlm. 120, Okt 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i3.004.

- A. M. S. M. Koroy, G. Mandar, dan A. H. Muhammad, “RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN PINTU RUMAH MENGGUNAKAN ESP32-CAM,” *Jurnal Teknik Informatika (J-Tifa)*, vol. 3, no. 2, hlm. 32–36, Sep 2020, doi: 10.52046/j-tifa.v3i2.1038.
- W. Yulita dan A. Afriansyah, “ALAT PEMANTAU KEAMANAN RUMAH BERBASIS ESP32-CAM,” *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, vol. 3, no. 2, Agu 2022, doi: 10.33365/jtst.v3i2.2197.
- Afrizal, “Perancangan Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Deteksi Wajah Berbasis Machine Learning Menggunakan TensorFlow,” Thesis, Universitas Telkom, Bandung, 2022.
- A. P. Y. Waroh, N. Sajangbati, S. K. Sawidin, M. A. S. Kondo, dan T. J. W. Tony J. Wungkana, “Sistem Keamanan Rumah Melalui Pengenalan Wajah Dengan Webcam Berbasis Raspberry Pi4,” *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 6, no. 1, hlm. 07–12, Jan 2024, doi: 10.37905/jjee.v6i1.21714.
- A. Hanafie, Kamal, dan R. Ramadhan, “Perancangan Alat Pendeteksi Gerak Sebagai Sistem Keamanan Menggunakan ESP32 CAM Berbasis IoT,” *Jurnal Teknologi dan Komputer (JTEK)*, vol. 2, no. 02, hlm. 142–148, Des 2022, doi: 10.56923/jtek.v2i02.101.
- Oracle, “What is the Internet of Things (IoT)?,” Oracle. Diakses: 10 Mei 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.oracle.com/internet-of-things/what-is-iot/>
- Dicoding Intern, “Apa itu Machine Learning? Beserta Pengertian dan Cara Kerjanya,” Dicoding Indonesia. Diakses: 15 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.dicoding.com/blog/machine-learning-adalah/>
- IBM, “Apa itu Machine Learning (ML)?,” IBM. Diakses: 15 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.ibm.com/id-id/topics/machine-learning>
- Amazon, “What is Deep Learning? Deep Learning Explained - AWS,” Amazon Web Services, Inc. Diakses: 11 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://aws.amazon.com/what-is/deep-learning/>
- IBM, “What is Deep Learning?,” IBM. Diakses: 11 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.ibm.com/topics/deep-learning>

- M. Salsabila, “4 Metode Deep Learning yang Digunakan dalam Data Science,” DQLab. Diakses: 20 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://dqlab.id/4-metode-deep-learning-yang-digunakan-dalam-data-science>
- Teradata, “What Is Python? | Teradata,” Teradata. Diakses: 11 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.teradata.com/Glossary/What-is-Python>
- Python Software Foundation, “What Is Python? Executive Summary,” Python. Diakses: 11 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.python.org/doc/essays/blurb/>
- Amazon, “What is Python? - Python Programming Language Explained - AWS,” Amazon Web Services, Inc. Diakses: 10 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://aws.amazon.com/what-is/python>
- Badr Interactive, “Firebase: Pengertian, Jenis, Fungsi, dan Cara Kerjanya,” Badr Interactive. Diakses: 11 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://badr.co.id/firebase-adalah/>
- Iqbal, “Tahapan Metode Prototype, Pengertian Metode Prototype dan Contohnya,” Nextgen. Diakses: 12 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://nextgen.co.id/tahapan-metode-prototype-pengertian-metode-prototype-dan-contohnya/>