

Implementasi *Smart Dorm Lock* Berbasis Pengenalan Wajah Menggunakan Model MTCNN dan Facenet

1st Charlos Alvaredo Simanullang
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
harlossimanullang@student.telkomuniv
ersity.ac.id

2nd Dr. Rita Purnamasari, S.T., M.T
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
ritapurnamasari@telkomuniversity.ac.i
d

3rd Efri Suhartono., S.T., M.T.
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
efrisuhartono@telkomuniversity.ac.id

Abstract— Penelitian ini mengembangkan sistem pengunci pintu asrama (*Smart Dorm Lock*) yang memanfaatkan teknologi pengenalan wajah menggunakan kombinasi metode Multi-task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN) dan model FaceNet. Penggunaan pengenalan wajah dipilih karena dinilai lebih praktis dan aman dibandingkan metode konvensional seperti kunci fisik atau kartu akses, meskipun pengenalan wajah masih menghadapi tantangan dalam hal variasi pencahayaan, ekspresi, dan posisi wajah. MTCNN digunakan untuk mendeteksi wajah secara cepat dan akurat dari citra kamera secara real-time, sementara FaceNet berperan dalam mengekstraksi ciri wajah menjadi representasi vektor untuk proses verifikasi. Proses pengembangan sistem melibatkan akuisisi data wajah pengguna, deteksi dan ekstraksi fitur, serta pengujian performa dalam berbagai kondisi lingkungan nyata. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali wajah pengguna dengan akurasi tinggi meskipun terdapat perubahan sudut wajah dan pencahayaan. Sistem ini memberikan solusi autentikasi biometrik yang efektif dan dapat diterapkan pada lingkungan asrama untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan penghuni,

Keywords— *Pengunci Pintu Pintar, Pengenalan Wajah, MTCNN, FaceNet, Keamanan Asrama, Verifikasi Biometrik.*

I. PENDAHULUAN

Keamanan akses ruang menjadi salah satu aspek penting dalam lingkungan asrama mahasiswa Universitas Telkom. Sistem keamanan asrama yang menggunakan metode konvensional seperti pengisian logbook, kurang efisien dalam penggunaannya karena dengan cara pengisian secara manual sangat memakan waktu terutama jika alur keluar masuk terlalu sering. Oleh karena itu, diperlukan sistem autentikasi yang lebih andal, efisien, dan sulit dipalsukan [1].

Salah satu solusi yang berkembang saat ini adalah penerapan teknologi biometrik, khususnya pengenalan wajah (*face recognition*). Pengenalan wajah menawarkan keunggulan dalam hal kepraktisan dan tingkat keamanan yang tinggi, karena tidak memerlukan media fisik tambahan dan berbasis karakteristik unik tiap individu. Namun, tantangan utama dalam implementasi pengenalan wajah secara *real-time* adalah variabilitas kondisi lingkungan seperti pencahayaan yang rendah, sudut wajah yang tidak ideal, dan keterbatasan perangkat keras.

Penelitian ini mengusulkan implementasi sistem *Smart Dorm Lock* berbasis pengenalan wajah yang memanfaatkan kombinasi metode Multi-task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN) untuk deteksi wajah dan FaceNet untuk ekstraksi serta perbandingan fitur wajah yang dapat

dibandingkan menggunakan cosine similarity, sehingga memungkinkan verifikasi identitas secara efisien dan presisi.

II. KAJIAN TEORI

A. Face Recognition

Face recognition merupakan aplikasi biometrik yang mana mampu mengidentifikasi serta memverifikasi wajah seseorang secara unik [2]. Proses pengenalan wajah umumnya melibatkan beberapa tahap, yaitu deteksi wajah, ekstraksi fitur, dan perbandingan fitur dengan database yang telah ada. Teknologi ini memiliki keunggulan dibanding metode biometrik lain karena tidak memerlukan kontak langsung, dan mudah diintegrasikan dengan kamera pengawas.

B. Multi-task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN)

Multi-task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN) merupakan metode deteksi wajah berbasis *deep learning* yang terdiri atas tiga jaringan konvolusional bertingkat, yaitu P-Net, R-Net, dan O-Net [3]. Ketiga jaringan ini bekerja secara berurutan untuk mendeteksi wajah dengan tingkat akurasi tinggi dan melakukan facial *landmark* detection seperti mata, hidung, dan mulut [7].

- P-Net bertugas menghasilkan kandidat untuk posisi wajah.
- R-Net menyaring dan memperhalus hasil dari P-Net.
- O-Net melakukan klasifikasi akhir dan menghasilkan titik-titik *landmark* wajah.

C. Facenet

FaceNet merupakan model *deep learning* yang dirancang untuk mengubah citra wajah menjadi vektor embedding berdimensi tetap yang dapat digunakan untuk verifikasi atau identifikasi wajah [4]. FaceNet menghasilkan representasi numerik dari wajah yang kemudian dibandingkan menggunakan metrik seperti *cosine similarity*. FaceNet dikenal memiliki akurasi tinggi dan efisiensi yang baik dalam pengenalan wajah di berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pandang, menjadikannya salah satu model paling banyak digunakan dalam sistem autentikasi biometrik [15].

D. OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) adalah pustaka open-source yang dirancang untuk pengolahan citra dan visi komputer secara *real-time* [5]. OpenCV menyediakan

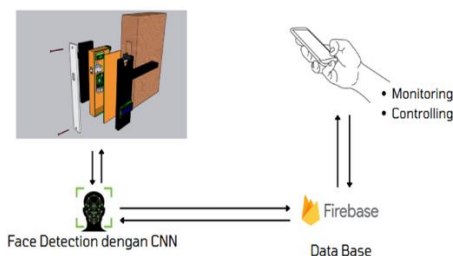
berbagai fungsi untuk menangani tugas-tugas seperti pemrosesan citra digital, deteksi objek, pelacakan gerakan, dan antarmuka dengan perangkat kamera. Dalam sistem pengenalan wajah, OpenCV berperan penting dalam proses akuisisi gambar dari kamera, pra-pemrosesan citra serta visualisasi hasil deteksi dan pengenalan wajah.

III. METODE

A. Perancangan Sistem

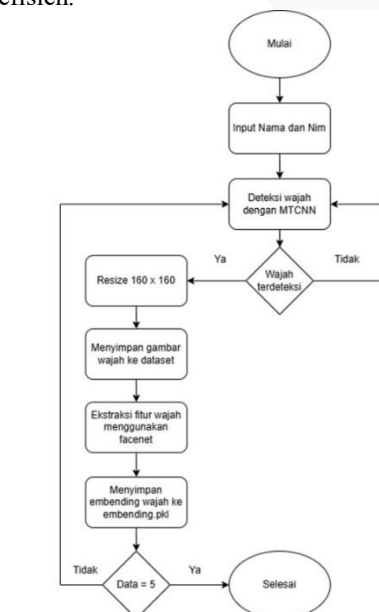
Perancangan ini bertujuan untuk membangun sebuah prototipe pintu pintar yang dapat mengenali wajah pengguna secara otomatis dan memberikan akses hanya kepada wajah yang terverifikasi. Dengan penggunaan *Raspberry Pi 5* sebagai perangkat yang menjalankan sistem ini dan *webcam* sebagai proses pengambilan gambar, sistem akan melakukan proses deteksi keberadaan wajah menggunakan model MTCNN. kemudian sistem akan melakukan ekstraksi fitur wajah menggunakan model Facenet untuk menghasilkan fitur embending dan membandingkannya dengan embending yang tersimpan di dataset dengan metode *cosine similarity*.

B. Implementasi Sistem



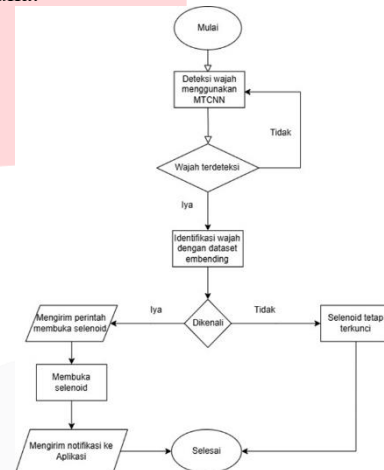
Gambar 1 Desain Sistem

Gambar 1 merupakan perancangan sistem *smart dorm lock* yang bisa diterapkan di pintu masuk gedung asrama. Melalui aplikasi di *smartphone*, pengguna dapat melakukan monitoring dan pengendalian sistem secara *real-time*. Sistem ini menggabungkan teknologi *face detection*, kontrol akses elektronik, serta komunikasi berbasis cloud untuk menciptakan solusi keamanan yang cerdas dan efisien.



Gambar 2 Flowchart pendaftaran wajah

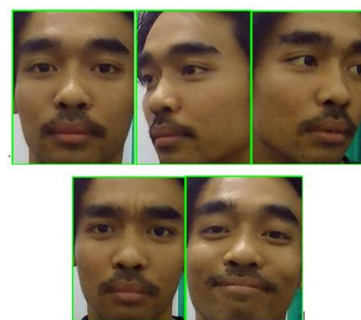
Gambar 2 menunjukkan alur proses pendaftaran wajah pada sistem *Smart Dorm Lock* berbasis MTCNN dan FaceNet. Proses diawali dengan input data pengguna berupa nama dan NIM. Selanjutnya, sistem melakukan deteksi wajah menggunakan metode MTCNN. Jika wajah terdeteksi, gambar wajah akan di ubah ke ukuran 160×160 piksel, lalu disimpan ke dalam dataset. Gambar yang telah disimpan kemudian diproses menggunakan model FaceNet untuk mengekstraksi fitur wajah dan menghasilkan vektor embedding. Embedding tersebut disimpan dalam file *embedding.pkl*. Proses ini akan terus berlangsung hingga lima data wajah seperti wajah menghadap depan, kiri, kanan, ekspresi senyum dan serius berhasil dikumpulkan untuk setiap pengguna.



Gambar 3 Flowchart Sistem

Gambar 3 menunjukkan alur kerja sistem pengenalan wajah untuk membuka kunci pintu secara otomatis menggunakan selenoid. Proses dimulai dengan mendeteksi wajah menggunakan metode MTCNN. Jika wajah tidak terdeteksi, sistem akan terus melakukan pencarian. Namun, apabila wajah berhasil terdeteksi, sistem akan melanjutkan proses identifikasi dengan mencocokkan wajah tersebut terhadap dataset embedding yang telah tersimpan. Jika wajah dikenali sebagai pengguna terdaftar, maka sistem akan mengirim perintah untuk membuka kunci selenoid, kemudian selenoid akan aktif dan pintu terbuka. Setelah itu, sistem juga mengirimkan notifikasi ke aplikasi sebagai bentuk pelaporan keberhasilan akses. Sebaliknya, jika wajah tidak dikenali, maka selenoid tetap dalam keadaan terkunci

C. Akuisisi dan Deteksi Wajah



Gambar 4 Hasil Deteksi Wajah

Kamera yang menangkap citra wajah pengguna secara *real-time* saat berada di depan pintu asrama selanjutnya akan diproses sebagai input utama untuk sistem deteksi dan pengenalan wajah. model MTCNN yang terdiri dari tiga

jaringan yang terdiri dari P-Net, R-Net dan Q-Net bekerja secara berurutan untuk mendeteksi wajah serta memprediksi lima titik *landmark* utama seperti mata kiri, mata kanan, hidung, dan kedua sudut mulut. Citra wajah yang terdeteksi kemudian dikrop berdasarkan bounding box hasil deteksi.

D. Ekstraksi Fitur

Citra wajah yang telah disejajarkan sebelumnya diubah ukurannya menjadi 160×160 piksel. Citra ini kemudian diproses oleh FaceNet untuk menghasilkan representasi numerik dalam bentuk vektor embedding berdimensi 128. FaceNet bekerja dengan mengonversi informasi visual dari citra wajah ke dalam ruang vektor berdimensi tinggi di mana wajah yang mirip akan memiliki posisi vektor yang berdekatan. Embedding ini memuat informasi unik namun tidak secara langsung menyimpan gambar asli wajah. Dalam sistem ini, embedding wajah yang telah dihasilkan akan disimpan ke dalam file lokal bersamaan dengan informasi identitas pengguna seperti nama dan NIM. Data ini akan menjadi acuan utama saat proses verifikasi dilakukan.

E. Verifikasi Identitas

Setelah vektor embedding berdimensi 128 dihasilkan selanjutnya adalah melakukan verifikasi identitas dengan membandingkan embedding tersebut terhadap embedding wajah pengguna yang telah disimpan sebelumnya. Perbandingan ini dilakukan menggunakan metode *Cosine Similarity*, yang digunakan untuk mengukur tingkat kemiripan antara dua vektor dengan nilai threshold 0.39.

$$\cos(\theta) = \frac{A \cdot B}{||A|| \cdot ||B||}$$

$$\text{Cosine Distance} = 1 - \cos(\theta)$$

Contoh :

A = [1, 2, 3] Vektor embedding di *dataset*

B = [1, 2, 2.9] Vektor embedding yang tertangkap secara *realtime*

- *Dot Product*

$$A \cdot B = (1.0)(1.0) + (2.0)(2.0) + (3.0)(2.9) = 1 + 4 + 8.7 = 13.7$$

- *Magnitude (Norma)*

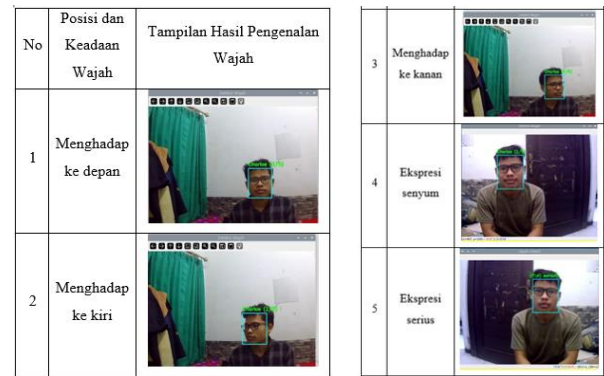
$$||A|| = \sqrt{1^2 + 2^2 + 3^2} = \sqrt{14} \approx 3.7417$$

$$||B|| = \sqrt{1^2 + 2^2 + 2.9^2} = \sqrt{13.41} \approx 3.6625$$

$$\cos(\theta) = \frac{13.7}{3.7417 \times 3.6625} \approx 0.9981$$

- *Cosine Distance* = 1 - 0.9981 = 0.0019

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

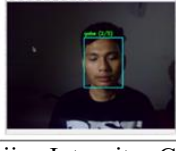


Gambar 5 Proses Hasil Deteksi Kondisi Normal
Gambar 5 memperlihatkan hasil proses deteksi secara *real-time* di sistem dengan kondisi sudut dan ekspresi wajah yang berbeda beda.

No	Nama	Hadap depan		Hadap kiri		Hadap kanan		Ekspresi senyum		Ekspresi serius		Persentase
		terdeteksi	Tidak terdeteksi	Terdeteksi	Tidak terdeteksi	Terdeteksi	Tidak terdeteksi	Terdeteksi	Tidak terdeteksi	Terdeteksi	Tidak terdeteksi	
1.	Charles	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	100%
2.	Farhan	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	100%
3.	Haichel	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	100%
4.	Jepanta	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	100%
5.	Jhon	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	100%
6.	Joel	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	100%
7.	Rizqi	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	100%
8.	Tama	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	100%
9.	Gabe	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	100%
10.	Sergius	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	100%
Rata-rata												100%

Tabel 1 Hasil Pengujian Kondisi Normal

Pengujian dilakukan terhadap 10 pengguna dengan lima variasi kondisi wajah, yaitu hadap depan, hadap kiri, hadap kanan, ekspresi senyum, dan ekspresi serius. Masing-masing kondisi diuji sebanyak 10 kali. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mendeteksi wajah pengguna secara akurat pada semua kondisi, dengan tingkat keberhasilan 100% untuk setiap pengguna. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi model MTCNN dan FaceNet yang digunakan dalam sistem mampu mengenali wajah secara konsisten, bahkan ketika terjadi perubahan sudut pandang dan ekspresi wajah. Dengan hasil ini, sistem dapat dikatakan memiliki performa deteksi dan verifikasi yang stabil dan layak diterapkan sebagai solusi autentikasi berbasis biometrik di lingkungan asrama.

No	Posisi dan Keadaan Wajah	Tampilan Hasil Pengenalan Wajah
1	30-40 Lux	
2	50-60 Lux	
3	70-80 Lux	

Gambar 6 Proses Pengujian Intensitas Cahaya

Gambar diatas memperlihatkan proses deteksi secara *real-time* dengan kondisi tiga tingkat pencahayaan berbeda, yaitu 30–40 lux, 50–60 lux, dan 70–80 lux.

No	Nama	30-40 Lux		50-60 Lux		70-80 Lux		Persentase
		Terdeteksi	Tidak terdeteksi	Terdeteksi	Tidak terdeteksi	Terdeteksi	Tidak terdeteksi	
1.	Charles	9	1	10	0	10	0	98%
2.	Farhan	10	0	10	0	10	0	100%
3.	Haichel	10	0	10	0	10	0	100%
4.	Jepanta	8	2	10	0	10	0	93%
5.	Jhon	10	0	10	0	10	0	100%
6.	Joel	10	0	10	0	10	0	100%
7.	Rizqi	10	0	10	0	10	0	100%
8.	Tama	10	0	10	0	10	0	100%
9.	Gabe	9	1	10	0	10	0	96%
10.	Sergius	7	3	10	0	10	0	90%
Rata-rata								97%

Tabel 2 Hasil Pengujian Intensitas Cahaya

Pengujian dilakukan terhadap 10 pengguna untuk mengevaluasi performa sistem pengenalan wajah dalam tiga kondisi pencahayaan berbeda, yaitu 30–40 lux, 50–60 lux, dan 70–80 lux. Hasil menunjukkan bahwa sebagian besar pengguna dapat terdeteksi secara konsisten. Meskipun terdapat beberapa kasus tidak terdeteksi pada pencahayaan rendah dan sedang, seperti yang dialami oleh pengguna Jepanta dan Sergius, sistem secara keseluruhan tetap menunjukkan akurasi rata-rata sebesar 97%. Hal ini menandakan bahwa sistem memiliki kemampuan yang baik terhadap variasi intensitas cahaya dan layak diterapkan di lingkungan nyata dengan pencahayaan yang bervariasi.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem *Smart Dorm Lock* berbasis pengenalan wajah menggunakan kombinasi model MTCNN untuk deteksi wajah dan FaceNet untuk ekstraksi serta verifikasi fitur wajah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali wajah pengguna dengan akurasi tinggi, baik dalam variasi sudut dan pandang maupun ekspresi wajah, dengan tingkat keberhasilan mencapai 100% pada kondisi normal dan rata-rata 97% pada kondisi pencahayaan yang berbeda. Sistem ini menunjukkan kinerja yang stabil serta layak diterapkan sebagai solusi dalam

mengatasi masalah keamanan di lingkungan asrama Universitas Telkom.

REFERENCE

- [1] Muhammad Ikhlasul, Rita Purnamasari, Efri Suhartono. 2024. "Penerapan Metode Histogram Oriented Of Gradients Dan Haar-Cascade Pada Pintu Asrama Pintar Telkom University." Paper. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Telkom:Bandung.
- [2] S. Syarif, M. Baharuddin, dan Muslimin, "Penerapan Metode Convolutional Neural Network pada Face Recognition untuk Smart Loker," *Jurnal Eksitasi*, vol. 2, no. 2, pp. 19–26, 2023, e-ISSN: 2829-5110.J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.
- [3] K. D. Anggara, D. P. Kartikasari, dan F. A. Bakhtiar, "Implementasi Algoritma MTCNN dalam Mekanisme Autentikasi berbasis Pengenalan Wajah," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 7, no. 8, pp. 3613–3621, Agustus 2023.
- [4] D. M. Sakti, W. S. Murti, A. Kurniasari, dan J. Rosid, "Face recognition dengan metode Haar Cascade dan Facenet," *Indonesian Journal of Data and Science (IJODAS)*, vol. 3, no. 1, pp. 30–34, 2022.
- [5] M. Muhajirin dan I. N. Putri, "Implementasi Mikrokontroler dan Sinar Ultraviolet pada Alat Pendeteksi Uang Palsu," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 8, no. 1, pp. 14–19, Apr. 2022.
- [6] Sutarti, Siswanto, dan A. P. Jutika, "Implementasi Face Recognition Berbasis Haar-Cascade Classifier pada Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Dual-Camera," *INFOTECH Journal*, vol. 8, no. 2, pp. 106–115, Des. 2022.
- [7] A. P. Meldyanton dan B. S. W. Poetro, "Implementasi Sistem Absensi Berbasis Pengenalan Wajah Menggunakan Metode CNN dan Model FaceNet," *Jurnal Rekayasa Sistem Informasi dan Teknologi*, vol. 2, no. 3, pp. 996–1006, Feb. 2025.
- [8] R. Arifin dan W. Wibisono, "Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Metode CNN (Convolutional Neural Network) Berbasis Web," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 9, no. 3, pp. 625–632, Jul. 2025.
- [9] U. Essien and G. Ansa, "A deep learning-based face recognition attendance system," *Global Journal of Engineering and Technology Advances*, vol. 17, no. 1, pp. 009–022, Oct. 2023.
- [10] R. B. Setiawan and N. Lukman, "Attendance System Face Recognition using Convolutional Neural Network (CNN)," *CoreID Journal*, vol. 1, no. 3, Mar. 2024.
- [11] F. Ramadhan, A. Triayudi, and E. Mardiani, "Implementation of Face Recognition for Lecturer Attendance Using Deep Learning CNN Algorithm," *SaNa: Journal of Blockchain, NFTs and Metaverse Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 123–130, Sep. 2024.
- [12] R. V. Talumepa, D. A. Putra, and H. Soetanto, "Sistem Presensi Pendeteksi Wajah menggunakan Metode Modified Region Convolutional Neural Network dan PCA," *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, vol. 8, no. 1, pp. 46–55, Jun. 2024.
- [13] M. Saied and A. Syafii, "Perancangan dan Implementasi Sistem Absensi Berbasis Teknologi Terkini Untuk Meningkatkan Efisiensi Pengelolaan Kehadiran Karyawan dalam Perusahaan," *Jurnal Teknik Indonesia*, vol. 2, no. 3, pp. 87–92, Jul. 2023.
- [14] S. Huang and H. Luo, "Attendance System Based on Dynamic Face Recognition," *Proceedings -2020 International Conference on Communications, Information System and Computer Engineering, CISCE 2020*, pp. 368–371, Jul. 2020.
- [15] Evelyn, R. Adipranata, and K. Gunadi, "Sistem Presensi Mahasiswa Menggunakan Face Recognition Dengan Metode Facenet Pada Android," *Jurnal Infra*, vol. 10, no. 2, pp. 56–62, 2022.