

Penerapan Face Recognition dengan Metode Eigenface pada Sistem Pengenalan Wajah untuk Sistem Keamanan Pintu

1st Hafizh Khoirul Hanan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

hfzhkh@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Achmad Rizal
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

achmadrizal@telkomuniversity.ac.id

3rd Muhammad Hablul Barri
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

mhbbarri@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Keamanan merupakan salah satu aspek esensial dalam kehidupan modern yang terus ditingkatkan melalui berbagai inovasi teknologi. Salah satu teknologi yang semakin populer dalam meningkatkan keamanan adalah pengenalan wajah (face recognition). Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode Eigenface pada sistem pendeteksian wajah untuk keamanan pintu dengan beberapa tujuan utama: meningkatkan akurasi pengenalan wajah dalam berbagai kondisi pencahayaan dan pose, mengoptimalkan kecepatan proses identifikasi untuk aplikasi real-time, serta menguji dan mengevaluasi kinerja sistem dalam berbagai kondisi lingkungan. Metode Eigenface, yang berdasarkan pada analisis komponen utama (Principal Component Analysis/PCA), memungkinkan pengurangan dimensi data citra wajah dan ekstraksi fitur-fitur penting sehingga mendukung proses pengenalan wajah dengan cepat dan akurat. Pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi pengenalan yang cukup tinggi, yaitu 93% pada siang hari dan 63% pada malam hari. Selain itu, sistem ini mampu mengenali wajah dengan tingkat akurasi 96% berdasarkan variasi raut wajah. Hasil ini menunjukkan potensi besar dari metode Eigenface dalam aplikasi keamanan, namun diperlukan optimasi lebih lanjut untuk meningkatkan performa dalam kondisi pencahayaan yang rendah dan beragam ekspresi wajah.

Kata kunci— Pengenalan wajah, Eigenface, PCA, Keamanan pintu, Identifikasi wajah, Akses kontrol

I. PENDAHULUAN

Keamanan merupakan salah satu aspek esensial dalam kehidupan modern yang terus ditingkatkan melalui berbagai inovasi teknologi. Salah satu teknologi yang semakin populer dalam meningkatkan keamanan adalah pengenalan wajah (face recognition). Teknologi ini digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi, termasuk pengawasan dan sistem akses kontrol seperti keamanan pintu. Dalam konteks ini, metode Eigenface menjadi salah satu teknik yang banyak diterapkan karena kemampuannya dalam mengidentifikasi wajah secara efisien. Eigenface, yang berdasarkan pada analisis komponen utama (Principal Component Analysis/PCA), memungkinkan pengurangan dimensi data citra wajah dan ekstraksi fitur-fitur penting, sehingga

mendukung proses pengenalan wajah dengan cepat dan akurat[1]

Namun demikian, penerapan metode Eigenface dalam sistem keamanan pintu masih menghadapi sejumlah tantangan. Tantangan tersebut mencakup variasi ekspresi wajah, pencahayaan yang tidak konsisten, dan kondisi lingkungan yang beragam, yang semuanya dapat mempengaruhi akurasi dan kecepatan identifikasi wajah. Selain itu, performa real-time dari sistem ini sangat krusial untuk memastikan bahwa akses kontrol dapat berjalan tanpa hambatan[2]

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode Eigenface pada sistem pendeteksian wajah untuk keamanan pintu dengan beberapa tujuan utama: meningkatkan akurasi pengenalan wajah dalam berbagai kondisi pencahayaan dan pose, mengoptimalkan kecepatan proses identifikasi untuk aplikasi real-time, serta menguji dan mengevaluasi kinerja sistem dalam berbagai kondisi lingkungan. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan sistem keamanan berbasis pengenalan wajah, serta menyediakan solusi efektif dan efisien untuk meningkatkan keamanan akses kontrol pintu[3], [4]

II. KAJIAN TEORI

A. Face Recognition

Pengenalan wajah adalah teknologi biometrik yang mengidentifikasi atau memverifikasi seseorang dengan menganalisis karakteristik wajah mereka. Proses ini biasanya melibatkan beberapa langkah utama: deteksi wajah, ekstraksi fitur, dan pengenalan atau verifikasi identitas. Pertama, sistem mendeteksi wajah dalam gambar atau video menggunakan algoritma seperti Viola-Jones atau metode deep learning yang lebih canggih[5]. Setelah wajah terdeteksi, fitur-fitur unik seperti jarak antara mata, bentuk hidung, dan kontur wajah diekstraksi menggunakan teknik seperti histogram of oriented gradients (HOG), scale-invariant feature transform (SIFT), atau jaringan saraf konvolusional (CNN)[6]. Selanjutnya, fitur-fitur ini dibandingkan dengan database wajah yang telah ada menggunakan algoritma pengenalan, seperti eigenfaces,

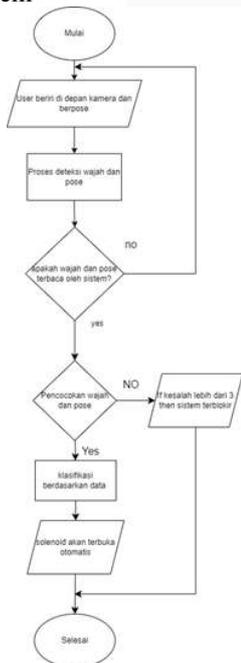
fisherfaces, atau metode deep learning seperti FaceNet dan VGG-Face[7]. Jika fitur yang diekstraksi cukup cocok dengan salah satu wajah dalam database, identitas pengguna dapat diverifikasi atau dikenali. Pengenalan wajah telah menunjukkan peningkatan akurasi dan kecepatan yang signifikan dengan kemajuan dalam pembelajaran mesin dan deep learning, namun tantangan seperti variasi pencahayaan, pose, dan ekspresi wajah masih perlu diatasi untuk meningkatkan keandalannya [8].

B. Eigenface

Metode eigenface untuk pengenalan wajah menggunakan analisis komponen utama (Principal Component Analysis, PCA) untuk mengekstraksi fitur-fitur penting dari gambar wajah dan mengurangi dimensi data. Proses ini dimulai dengan mengumpulkan gambar wajah dan mengubahnya menjadi vektor kolom, yang kemudian disusun menjadi satu matriks data. Rata-rata dari semua vektor wajah dihitung dan dikurangi dari setiap vektor wajah individu untuk mendapatkan vektor deviasi. Matriks kovarians dari vektor deviasi dihitung, dan eigenvalue serta eigenvector dari matriks kovarians ini diambil. Eigenvector ini dikenal sebagai eigenfaces dan merepresentasikan variasi utama dalam kumpulan data wajah. Setiap gambar wajah diproyeksikan ke ruang eigenface, menghasilkan representasi vektor dalam ruang tersebut. Untuk mengenali wajah baru, gambar tersebut diproyeksikan ke ruang eigenface dan dicocokkan dengan basis data wajah menggunakan jarak Euclidean atau metode pengukuran jarak lainnya untuk menentukan identitas wajah yang paling mirip [9]. Metode ini efektif dalam mengurangi dimensi data dan menangkap fitur penting dari wajah, meskipun memiliki keterbatasan seperti sensitivitas terhadap perubahan pencahayaan dan ekspresi wajah [10]

III. METODE

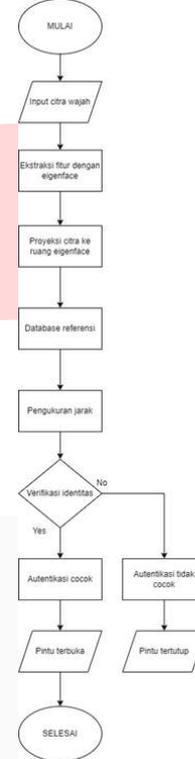
A. Flowchart System



GAMBAR 3. 1
Flowchart System Keamanan Face Recognition

Gambar 3.1 merupakan flowchart sistem yang dimulai dengan user berdiri di depan kamera, setelah itu sistem akan mendeteksi wajah user dengan kamera. Apabila wajah user sudah terdeteksi oleh kamera maka akan berlanjut ke proses pencocokan wajah, dan jika tidak terdeteksi maka user harus melakukan pendeteksian ulang. Proses selanjutnya yaitu sistem akan mengklasifikasikan wajah yang sudah terdeteksi tadi dengan yang sudah tersimpan di dataset, jika sudah sesuai maka kunci solenoid akan terbuka otomatis.

B. Flowchart Eigenface

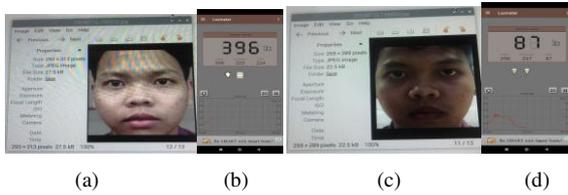


GAMBAR 3.2
Flowchart Eigenface Untuk Membuka Kunci otomatis

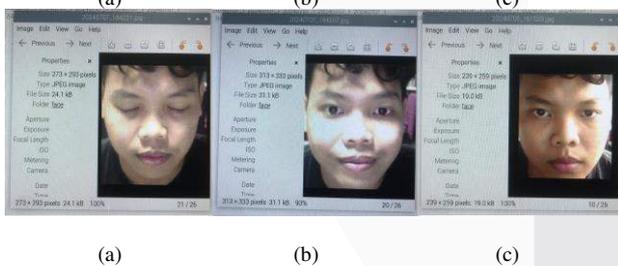
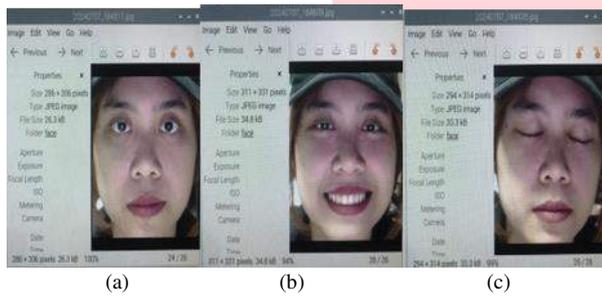
Pada gambar 3.2 Proses dimulai dengan pengambilan gambar wajah pengguna menggunakan kamera. Gambar kemudian di-preprocess dengan dikonversi ke grayscale dan dinormalisasi pencahayaannya. Metode Haar Cascade digunakan untuk mendeteksi wajah dalam citra. Selanjutnya, fitur wajah diekstraksi menggunakan metode Eigenface, dimulai dengan subtraksi rata-rata wajah, diikuti oleh komputasi eigenface, dan proyeksi citra ke ruang eigenface untuk menghasilkan vektor fitur unik. Vektor fitur ini dibandingkan dengan vektor dalam database referensi, yang berisi vektor wajah individu yang diizinkan. Pengukuran jarak dilakukan menggunakan Euclidean Distance atau Mahalanobis Distance untuk menentukan kesamaan. Berdasarkan hasil pengukuran, sistem memverifikasi identitas wajah. Jika cocok, pintu terbuka; jika tidak, pintu tetap tertutup. Proses kemudian berakhir.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian sistem dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan perbandingan intensitas cahaya dan dari raut wajah yang berbeda seperti yang dapat dilihat di Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 :



GAMBAR 4.1 (a) & (b) Contoh dataset wajah pada siang hari; (c) & (d) Contoh dataset wajah pada malam hari



GAMBAR 4.2 Dataset raut wajah yang berbeda pada 3 model

Dilihat dari hasil pengambilan gambar wajah yang ada di Gambar 4.1 dan 4.2 merupakan hasil dari penyimpanan gambar yang berada di *dataset*, dimana hasil tersebut akan dilakukan pengujian sebanyak 30 kali percobaan agar diketahui bahwa sistem dapat mengenali wajah dengan baik dan benar sesuai dengan yang sudah tersimpan di *dataset*

TABEL 4.1 Pengujian Saat Siang Hari

Percobaan ke-	Intensitas Cahaya (lux)	Dikenali	Percobaan ke-	Intensitas Cahaya (lux)	Dikenali
1	353	Ya	16	390	Ya
2	358	Ya	17	396	Ya
3	361	Ya	18	391	Ya
4	373	Ya	19	357	Ya
5	354	Ya	20	394	Ya
6	382	Ya	21	368	Ya
7	376	Ya	22	366	Ya
8	355	Ya	23	351	Ya
9	385	Ya	24	350	Ya
10	388	Ya	25	368	Ya
11	359	Ya	26	376	Ya
12	360	Ya	27	368	Ya
13	377	Ya	28	387	Tidak
14	365	Ya	29	392	Ya
15	358	Tidak	30	381	Ya

Pada Tabel 4.1 merupakan hasil pengujian wajah saat siang hari yang dilakukan sebanyak 30 kali percobaan, dimana 28 wajah dapat dikenali, dengan akurasi pengenalan sebesar 93%

TABEL 4.2 Pengujian Saat Malam Hari

Percobaan ke-	Intensitas Cahaya (lux)	Dikenali	Percobaan ke-	Intensitas Cahaya (lux)	Dikenali
1	86	Ya	16	85	Tidak
2	88	Ya	17	86	Ya
3	91	Ya	18	88	Ya
4	90	Ya	19	93	Ya
5	84	Ya	20	87	Ya
6	79	Tidak	21	85	Ya
7	81	Tidak	22	84	Tidak
8	87	Ya	23	88	Ya
9	98	Ya	24	83	Tidak
10	86	Tidak	25	82	Ya
11	89	Ya	26	80	Tidak
12	91	Ya	27	79	Tidak
13	83	Tidak	28	83	Tidak
14	84	Ya	29	88	Ya
15	82	Tidak	30	92	Ya

Pada Tabel 4.2 merupakan hasil pengujian wajah saat malam hari yang dilakukan sebanyak 30 kali percobaan, dimana 19 wajah dikenali, dengan akurasi pengenalan sebesar 63%

TABEL 4.3 Pengujian berdasarkan raut wajah

No	Model 1	Dikenali	No	Model 2	Dikenali	No	Model 3	Dikenali
1	A	Ya	1	A	Ya	1	A	Ya
2	B	Ya	2	B	Ya	2	B	Tidak
3	C	Ya	3	C	Ya	3	C	Ya
4	C	Ya	4	C	Ya	4	C	Ya

No	Model 1	Dikenali	No	Model 2	Dikenali	No	Model 3	Dikenali
5	B	Ya	5	B	Ya	5	B	Ya
6	A	Ya	6	A	Tidak	6	A	Ya
7	B	Ya	7	B	Ya	7	B	Ya
8	C	Ya	8	C	Ya	8	C	Ya
9	A	Ya	9	A	Ya	9	A	Ya
10	C	Ya	10	C	Ya	10	C	Ya
11	A	Ya	11	A	Tidak	11	A	Ya
12	B	Ya	12	B	Ya	12	B	Ya
13	C	Ya	13	C	Ya	13	C	Ya
14	A	Ya	14	A	Ya	14	A	Ya
15	B	Ya	15	B	Ya	15	B	Ya
16	A	Ya	16	A	Ya	16	A	Ya
17	C	Ya	17	C	Ya	17	C	Ya
18	B	Ya	18	B	Ya	18	B	Ya
19	C	Ya	19	C	Ya	19	C	Ya
20	B	Ya	20	B	Ya	20	B	Ya
21	A	Tidak	21	A	Ya	21	A	Ya

Pada Tabel 4.3 merupakan hasil pengujian wajah berdasarkan raut wajah berbeda yang dilakukan sebanyak 30 kali pada setiap modelnya dan total pengujian keseluruhannya sebanyak 90 kali, dimana 87 wajah dikenali, dengan akurasi pengenalan sebesar 96%

V. KESIMPULAN

Metode Eigenface dapat diterapkan secara efektif pada sistem keamanan pintu berbasis pengenalan wajah, meskipun masih ada tantangan terkait variasi pencahayaan dan ekspresi wajah. Pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi pengenalan yang cukup tinggi, yaitu 93% pada siang hari dan 63% pada malam hari. Selain itu, sistem ini mampu mengenali wajah dengan tingkat akurasi 96% berdasarkan variasi raut wajah. Hasil ini menunjukkan potensi besar dari metode Eigenface dalam aplikasi keamanan, namun diperlukan optimasi lebih lanjut untuk meningkatkan performa dalam kondisi pencahayaan yang rendah dan beragam ekspresi wajah.

REFERENSI

- [1] D. K. M A Imran, M S U Miah, H Rahman, A Bhowmik, "Face Recognition using Eigenfaces," vol. 118, no. March 2019, pp. 12–16, 2015, doi: 10.5120/20740-3119.
- [2] Z. Liu, P. Luo, X. Wang, and X. Tang, "Deep learning face attributes in the wild," *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis.*, vol. 2015 Inter, pp. 3730–3738, 2015, doi: 10.1109/ICCV.2015.425.
- [3] R. Jafri and H. R. Arabnia, "A Survey of Face Recognition Techniques," *J. Inf. Process. Syst.*, vol. 5, no. 2, pp. 41–68, 2009, doi: 10.3745/jips.2009.5.2.041.
- [4] Z. Zhang, S. Qiao, C. Xie, W. Shen, B. Wang, and A. L. Yuille, "Single-Shot Object Detection with Enriched Semantics," *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, pp. 5813–5821, 2018, doi: 10.1109/CVPR.2018.00609.
- [5] K. Zhang, Z. Zhang, Z. Li, and Y. Qiao, "Joint Face Detection and Alignment Using Multitask Cascaded Convolutional Networks," *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 23, no. 10, pp. 1499–1503, 2016, doi: 10.1109/LSP.2016.2603342.
- [6] W. Liu *et al.*, "SSD: Single Shot MultiBox Detector".
- [7] F. Schroff and J. Philbin, "FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering".
- [8] J. Deng, J. Guo, J. Yang, N. Xue, I. Kotsia, and S. Zafeiriou, "ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition," vol. 14, no. 8, pp. 1–17, 2015.
- [9] L. Sirovich and M. Kirby, "Low-dimensional procedure for the characterization of human faces," *J. Opt. Soc. Am. A*, vol. 4, no. 3, p. 519, 1987, doi: 10.1364/josaa.4.000519.
- [10] O. M. Parkhi, "Deep Face Recognition," *Deep Face Recognit.*, no. Section 3, pp. 31–47, 2015, doi: 10.1201/9781003091356-4.