

Analisis Penggunaan Face Recognition Berbasis Metode Principal Componen Analysis di Stasiun Tawang Semarang

Daffa Maulana Azhari¹, Moch. Sjamsul Hidajat²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Dian Nuswantoro, Kediri, Indonesia

Artikel Info

Kata kunci:
Face Recognition
Principal Components Analysis
PT. KAI
Tiket

ABSTRAK

Dalam proses konstruksi pola dan pengenalan wajah mulai dari objek berupa citra wajah, deteksi sisi, konstruksi pola hingga dapat menentukan suatu karakteristik baru untuk dilanjutkan pengenalan wajah. Akan dirancang suatu program dengan menguji beberapa sampel data wajah hingga dapat memberikan suatu pernyataan kesamaan pola wajah yang sedang diamati dan pengenalannya menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA). Sampel dalam penelitian ini yaitu calon penumpang kereta api. Penelitian ini merupakan kualitatif. Populasi penelitian ini adalah calon penumpang kereta api pada Stasiun Tawang. Teknik analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah *Principal Component Analysis* (PCA). Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa *face recognition* meningkatkan keefektifan dalam pengecekan tiket, dapat mengoptimalkan para staff PT KAI, meningkatkan kenyamanan para penumpang dalam melakukan pengecekan tiket.

Penulis Korespondensi :

Daffa Maulana Azhari,
Teknik Informatika S-1
Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Dian Nuswantoro, (Kediri)
Email: 611202100042@mhs.dinus.ac.id

1. PENDAHULUAN

Kereta Api Indonesia (KAI) adalah badan usaha milik negara Indonesia yang bekerjadi bidang angkutan kereta api. KAI mengoperasikan layanan keretaapi penumpang danbarang di seluruh Indonesia. Seiring berjalannya waktu, diperlukan pembaruan layanan untuk meningkatkan kenyamanan pada calon penumpang maupun pegawai yang ada pada KAI, mulai dari layanan pembeliantiket, *boarding pass*, serta layanan lainnya pada KAI. Perusahaan KAI selalu melakukan inovasi teknologi. Salah satu teknologiyang dapat diimplementasikan untuk meningkatkan keefektifitasan pengecekan tiket adalah teknologi pengenalan wajah atau yang sering kita kenal dengan *FaceRecognition*.

Face Recognition merupakan metode otentikasi yang menggunakan ciri- ciri wajah individu untuk mengidentifikasi dan memverifikasi keaslian identitas [1], [2], [3], [4].Perkembangan teknologi ini dimanfaatkan untuk membantu proses boarding tiketpada suatu perusahaan. Saat ini system boarding tiket pada PT. KAI masih dilakukan secara manual, yaitu calon penumpang harus menunjukkan berbagai dokumen seperti *boarding pass* fisik, *e- boarding pass*, KTP, ataupun dokumenvaksinasi. Sistem *boarding* tiket seperti ini tentunya tidak efisien, karena *boarding* dilakukan secara manual satu per satu pada calonpenumpang kereta api. Selain itu, untuk mencegah terjadinya antrian yang panjang dan mencegah aksi kejahatan. Dengan adanya teknologi *FaceRecognition* ini diperlukan analisis pengenalan wajah (*Face Recognition*) dalam meningkatkan keefektifan pengecekan tiket di PT. KAI. sistem pengenalan wajah dengan implementasi Metode PCA (*principal components analysis*) untuk input gambar wajah digitaldalam ke arah kamera hingga sistem dapat melakukannya memberikan visualisasi termasuk hasil sub- gambar data yang berhubungan dengan gambar yang direkam.

2. METODE

2.1. Boardingpass

Boardingpass untuk tiket kereta api biasanya berisi informasi penting seperti:

1. Nama penumpang
2. Nomor kursi atau nomor tempat duduk
3. Nomor penerbangan atau nomor kereta
4. Stasiun keberangkatan dan tujuan
5. Tanggal dan waktu keberangkatan
6. Tarif atau kelas pelayanan
7. Kode pemesanan atau kode konfirmasi
8. Instruksi khusus atau informasi tambahan, seperti platform keberangkatan

Terkadang, boarding pass juga dapat mencakup informasi tambahan seperti informasi tentang kereta (nama kereta, nomor gerbong, dan lainnya), tergantung pada penyediaan layanan kereta dan tingkat layanannya.

Implementasi pengenalan wajah (face recognition) [5], [6], [7], [8], [9] pada boarding pass tiket kereta api dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan proses boarding. Berikut adalah beberapa langkah dan keuntungan dari penerapan teknologi ini. Langkah-Langkah implementasi yang dapat dilakukan untuk mengimplementasikan face recognition pada boardingpass tiket kereta api antara lain :

1. Pendaftaran Biometrik Awal:
 - ✓ Penumpang perlu mendaftarkan data biometrik mereka, seperti wajah, saat pembelian tiket atau melalui aplikasi mobile yang terintegrasi dengan sistem tiket kereta api.
2. Integrasi dengan Sistem Tiket:
 - ✓ Sistem tiket kereta api harus diintegrasikan dengan database biometrik yang menyimpan informasi wajah penumpang.
 - ✓ Setiap kali penumpang membeli tiket, data biometrik mereka dihubungkan dengan detail tiket mereka.
3. Pemasangan Kamera Pengenalan Wajah:
 - ✓ Kamera pengenalan wajah dipasang di pintu masuk stasiun dan di area boarding untuk memverifikasi identitas penumpang.
 - ✓ Kamera ini akan memindai wajah penumpang dan mencocokkannya dengan data yang tersimpan di sistem.
4. Proses Verifikasi Otomatis:
 - ✓ Saat penumpang tiba di stasiun, mereka hanya perlu mendekati kamera pengenalan wajah.
 - ✓ Sistem akan secara otomatis memverifikasi wajah penumpang dengan data biometrik yang terhubung dengan tiket mereka.

Keuntungan Penerapan Teknologi Pengenalan Wajah

1. Efisiensi dan Kecepatan:
 - ✓ Proses boarding menjadi lebih cepat karena tidak perlu pemeriksaan manual oleh petugas.
 - ✓ Mengurangi waktu antrian dan kemacetan di area boarding.
2. Keamanan yang Lebih Tinggi:
 - ✓ Mengurangi risiko penipuan tiket dan penggunaan tiket palsu.
 - ✓ Sistem pengenalan wajah sulit dipalsukan dibandingkan dengan tiket fisik atau barcode.
3. Kenyamanan bagi Penumpang:
 - ✓ Penumpang tidak perlu lagi membawa atau mencari tiket fisik.
 - ✓ Proses boarding menjadi lebih nyaman dan seamless.
4. Pengurangan Beban Kerja untuk Staf:
 - ✓ Mengurangi beban kerja petugas stasiun karena sebagian besar proses verifikasi dilakukan secara otomatis.
 - ✓ Petugas dapat fokus pada tugas lain yang lebih kritis.

Studi Kasus dan Implementasi di Dunia Nyata

- Kereta Api di Cina:
 - ✓ Di beberapa stasiun kereta api di Cina, teknologi pengenalan wajah telah diterapkan untuk mempercepat proses boarding dan meningkatkan keamanan.
 - ✓ Penumpang mendaftarkan wajah mereka saat membeli tiket, dan saat boarding, kamera pengenalan wajah memverifikasi identitas mereka secara otomatis.
- Proyek Percobaan di Eropa:
 - ✓ Beberapa negara di Eropa juga mulai menguji coba teknologi pengenalan wajah untuk sistem transportasi umum, termasuk kereta api, sebagai upaya meningkatkan efisiensi dan keamanan.

Tantangan dan Pertimbangan

1. Privasi dan Keamanan Data:
 - ✓ Perlindungan data biometrik harus dijaga dengan ketat untuk mencegah penyalahgunaan dan pelanggaran privasi.
 - ✓ Penumpang harus diberi informasi yang jelas tentang bagaimana data biometrik mereka akan digunakan dan disimpan.
2. Keakuratan Sistem:
 - ✓ Sistem pengenalan wajah harus memiliki tingkat akurasi yang tinggi untuk menghindari kesalahan identifikasi.
 - ✓ Penting untuk menguji dan mengkalibrasi sistem secara berkala.
3. Investasi Awal:
 - ✓ Implementasi teknologi ini memerlukan investasi awal yang signifikan untuk pengadaan perangkat keras dan pengembangan sistem.

Dengan mengatasi tantangan ini dan menerapkan solusi yang tepat, teknologi pengenalan wajah dapat menjadi alat yang sangat berguna untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam sistem tiket kereta api.

2.2. Edutrain

Edutrain bisa merujuk pada beberapa hal tergantung konteksnya:

- Pendidikan Berbasis Kereta: Ini bisa merujuk pada program-program pendidikan atau pelatihan yang diselenggarakan di atas kereta api. Beberapa organisasi atau perusahaan mungkin mengadakan pelatihan atau seminar di dalam kereta api untuk memberikan pengalaman belajar yang unik kepada peserta.
- Platform Pembelajaran Online: *Edutrain* juga bisa merujuk pada platform atau sistem pembelajaran online yang disebut "*Edutrain*". Platform semacam ini biasanya dirancang untuk menyediakan kursus-kursus atau materi-materi pembelajaran dalam berbagai bidang kepada pengguna secara online.
- Nama Produk atau Layanan: *Edutrain* mungkin juga adalah nama dari suatu produk atau layanan tertentu yang berhubungan dengan pendidikan atau pelatihan. Ini bisa berupa perangkat lunak, aplikasi, atau layanan lainnya yang ditawarkan kepada institusi pendidikan, perusahaan, atau individu untuk membantu dalam proses pembelajaran atau pelatihan.
- Kegiatan Pengenalan tentang Kereta Api: Mengajak anak-anak untuk naik kereta api secara langsung untuk memberi mereka pengalaman langsung tentang bagaimana kereta api beroperasi. Selama perjalanan, Anda bisa menjelaskan berbagai hal kepada mereka, seperti cara kerja mesin, aturan keselamatan, dan aspek-aspek lain tentang perjalanan dengan kereta api.

2.3. Face Recognition

Face recognition digunakan untuk menggantikan atau melengkapi metode tradisional penerbitan boarding pass. Dalam sistem ini, data wajah penumpang disimpan dalam database, dan saat mereka tiba di stasiun, kamera akan memindai wajah mereka untuk mengidentifikasi mereka sesuai Gambar 1.



Gambar 1. Face recognition boardingpass di stasiun

Setelah identifikasi berhasil, pintu masuk atau akses ke kereta api dapat terbuka secara otomatis, memungkinkan penumpang untuk masuk tanpa perlu menunjukkan tiket fisik. Keuntungan dari sistem ini adalah kemudahan dan kecepatan akses bagi penumpang, menghilangkan kebutuhan untuk membawa atau mencetak tiket fisik. Ini juga dapat meningkatkan keamanan dengan memverifikasi identitas penumpang secara langsung. Namun, ada juga beberapa kekhawatiran privasi dan keamanan terkait penggunaan teknologi pengenalan wajah ini, dan perlu dipastikan bahwa data wajah penumpang diolah dan disimpan dengan aman serta sesuai dengan regulasi privasi yang berlaku.

2.4 PCA untuk face recognition

PCA (*Principal Component Analysis*) face recognition [10], [11], [12], [13] adalah sebuah teknik dalam pengenalan wajah yang menggunakan PCA untuk mengurangi dimensi data dan mengekstraksi fitur-fitur penting dari citra wajah [14], [15]. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut mengenai konsep ini:

1. Prinsip PCA [16]:
 - PCA adalah metode statistik yang digunakan untuk mengurangi dimensi dataset dengan mengubah data asli menjadi sekumpulan variabel baru yang disebut komponen utama (principal components).
 - Komponen utama ini merupakan kombinasi linear dari variabel asli, dan dipilih sedemikian rupa sehingga memaksimalkan variansi data.
2. Aplikasi PCA dalam Pengenalan Wajah:
 - Dalam pengenalan wajah, setiap citra wajah diubah menjadi sebuah vektor panjang yang terdiri dari piksel-piksel citra.
 - PCA kemudian digunakan untuk menemukan komponen utama dari kumpulan citra wajah ini.
 - Komponen utama yang dihasilkan merupakan fitur-fitur yang paling menggambarkan variasi antar wajah dalam dataset.
3. Langkah-langkah PCA Face Recognition [17], [18], [19]:
 - Pembentukan Dataset: Kumpulan citra wajah dikumpulkan dan diubah menjadi vektor-vektor.
 - Mean Subtraction: Dari setiap vektor wajah, rata-rata (mean) dari semua vektor wajah dikurangi untuk menormalkan data.
 - Covariance Matrix Calculation: Matriks kovarians dihitung dari data yang sudah dinormalisasi.
 - Eigenvector and Eigenvalue Calculation: Eigenvektor dan eigenvalue dari matriks kovarians dihitung. Eigenvektor ini disebut juga eigenfaces.
 - Proyeksi ke Subspace: Citra wajah baru diproyeksikan ke dalam subruang yang dibentuk oleh eigenfaces untuk mendapatkan representasi yang lebih ringkas.
 - Klasifikasi: Representasi citra wajah baru dibandingkan dengan representasi citra wajah dalam database menggunakan metode klasifikasi seperti k-NN (k-nearest neighbors) untuk mengidentifikasi wajah.
4. Keuntungan dan Keterbatasan:
 - Keuntungan: PCA dapat mengurangi dimensi data secara signifikan, sehingga mempercepat proses pengenalan dan mengurangi kebutuhan penyimpanan.
 - Keterbatasan: PCA mungkin kurang efektif dalam menangani variasi pencahayaan, pose, dan ekspresi wajah yang berbeda.

Berikut adalah beberapa penelitian terbaru tentang penggunaan PCA untuk pengenalan wajah di tahun 2023:

- ResNet and PCA-Based Deep Learning Scheme: Penelitian ini menggabungkan jaringan residual (ResNet) dan analisis komponen utama (PCA) dalam sebuah kerangka klasifikasi multi-kelas untuk pengenalan wajah. Hasilnya menunjukkan akurasi pengenalan wajah sebesar 99,6% dan pengurangan waktu komputasi hingga 68,03% menggunakan PCA. Framework ini menunjukkan peningkatan kinerja signifikan dalam pengenalan wajah menggunakan teknik deep learning dengan library Dlib
- Library Face Book Return Model: Penelitian ini menggunakan kombinasi fungsi kernel dan PCA multidimensi untuk membangun algoritma pengenalan wajah yang diterapkan dalam model pengembalian buku otomatis di perpustakaan universitas. Algoritma yang diusulkan menunjukkan tingkat pengenalan wajah sebesar 96,8% dengan kecepatan komputasi yang memenuhi kebutuhan aplikasi praktis

Penelitian-penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi PCA dengan metode lain seperti deep learning dan fungsi kernel dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam sistem pengenalan wajah.

2.5 Grafik Perjalanan Kereta Api

Grafik perjalanan kereta api adalah representasi visual dari jadwal perjalanan kereta api yang mencakup informasi seperti stasiun keberangkatan, stasiun tujuan, waktu keberangkatan, dan waktu

kedatangan. Grafik ini biasanya disusun dalam format tabel atau diagram untuk memudahkan penumpang dalam merencanakan perjalanan mereka. Contoh elemen yang biasanya terdapat dalam grafik perjalanan kereta api:

1. Stasiun: Daftar stasiun keberangkatan dan tujuan.
2. Waktu: Waktu keberangkatan dan kedatangan di setiap stasiun.
3. Jalur atau rute: Informasi tentang jalur atau rute yang ditempuh oleh kereta api.
4. Kelas atau layanan: Informasi tentang kelas atau jenis layanan yang tersedia (misalnya, kelas eksekutif, kelas ekonomi).
5. Nomor Kereta: Nomor identifikasi untuk kereta api tertentu.

Grafik perjalanan kereta api sering digunakan oleh penumpang untuk merencanakan perjalanan mereka dengan memilih waktu keberangkatan yang sesuai dan mengidentifikasi stasiun keberangkatan dan tujuan. Ini juga dapat membantu penumpang memahami durasi perjalanan dan memperkirakan waktu kedatangan mereka di tujuan. Selain itu, grafik perjalanan kereta api juga dapat mencakup informasi tambahan seperti tarif, ketersediaan tempat duduk, dan catatan khusus lainnya yang relevan dengan perjalanan kereta api.

3. PEMBAHASAN HASIL



Gambar 2. Terjadi kerumunan dan antrian penumpang sebelum di berlakukan Face Recognition



Gambar 3. Proses boardingpass lebih cepat dan efisien karena menggunakan Face recognition untuk menghindari antrian penumpang

3.1 Peningkatan Kefektifan Waktu Pengecekan Tiket pada Boardingpass

Dengan adanya penerapan Face Recognition, hal ini terbukti dapat meningkatkan keefektifitasan pengecekan tiket pada boardingpass. Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya kemudahan para penumpang yang tidak perlu melakukan pencetakan tiket keberangkatan yang dahulunya hanya bisa 2 jam sebelum keberangkatan. Untuk sekarang, para penumpang bisa datang 4 jam sebelumnya tanpa harus mencetak tiket

ulang dan hanya memindai wajahnya saja untuk masuk kedalam stasiun KAI Semarang. Hal itu juga mengurangi kepadatan antrian dari para penumpang yang ingin masuk kedalam stasiun tawang tersebut.

3.2 Peningkatan Kenyamanan untuk Penumpang

Untuk peningkatan kenyamanan sendiri, banyak hal yang dirasakan oleh para penumpang. Penumpang dulunya perlu mencetak tiket keberangkatan kereta pada mesin yang disediakan 2 jam sebelum keberangkatan dan terkadang banyak kendala pada mesin tersebut. Jika penumpang pun kehilangan tiket keberangkatan keretanya, penumpang harus mencetak ulang lagi, jika tidak membawa tiket maka tidak bisa diizinkan untuk masuk ke stasiun. Dengan adanya penerapan Face Recognition ini, penumpang tidak perlu khawatir akan hal-hal tersebut. Penumpang hanya perlu melakukan pemindaian wajah 4 jam sebelum keberangkatan kereta api. Jika pemindaian wajah cocok dengan data yang ada pada sistem, gerbang akan berwarna hijau dan membuka. Dengan adanya teknologi, penumpang lebih dimudahkan dalam operasi masuk kedalam stasiun.

3.3 Face Recognition dapat mendeteksi/ mengenali pola citra dengan metode PCA (principal components analysis)

1. Pra-Processing. Pra-proses ini bertujuan untuk mempersiapkan citra data training yang diproses oleh sistem agar informasi yang terkandung didalamnya dapat diolah untuk proses selanjutnya.
2. Processing. Processing adalah mengekstraksi feature untuk mendapatkan ciri dari kedua citra tersebut, karena didalam paper ini peneliti membahas mengenai wajah. Maka ciri yang diambil menggunakan Principal Component Analysis (PCA) yaitu mereduksi jumlah dimensi yang tinggi ke dimensi yang lebih rendah. Proses ini memiliki beberapa langkah yaitu sebagai berikut:
 - Pembentukan matriks data citra wajah. Langkah pertama yang dilakukan adalah membentuk matriks data citra dengan mengambil data pixel setiap citranya. Citra berukuran $m \times n$ di mana m adalah jumlah citra training sedangkan n adalah citra tes.
 - Pencarian rata-rata seluruh citra. Setelah terbentuk matriks data citra wajah, maka proses selanjutnya adalah mencari nilai mean dari seluruh citra. Hal ini bertujuan untuk mengetahui noise yang dapat mengurangi tingkat keakuratan didalam perhitungan PCA.

3.4 Hasil implementasi Face Recognition

Ada beberapa dampak hasil implementasi yang diberikan oleh Face Recognition pada Stasiun Tawang Semarang, di antaranya seperti pada Tabel 1.

Sebelum Menggunakan Face Recognition	Saat Menggunakan Face Recognition
Calon penumpang diwajibkan membawa ID card/tanda pengenal diri	Memudahkan calon penumpang karena tidak perlu membawa ID card/tanda pengenal
Calon penumpang harus mencetak boarding pass/harus melakukan scan barcode	Tidak perlu cetak boarding pass, karena hanya cukup melakukan scan face recognition
Terjadi antrean panjang calon penumpang karena ada pengecekan ID card/KTP	Mengurangi volume antrean bahkan tidak ada Antrean penumpang
Calon penumpang baru bisa masuk setelah melakukan boarding pass minimal 2 jam sebelum keberangkatan kereta	Calon penumpang bisa keluar/masuk kembali dengan hanya melewati alat face recognition minimal 4 jam sebelum keberangkatan kereta
Terjadi kesulitan terhadap penumpang yang sedang membawa barang bawaan banyak karena diwajibkan menunjukkan ID card/KTP	Memudahkan dan efisiensi ketika calon penumpang membawa barang bawaan yang banyak
Dibutuhkan staff untuk pengecekan boarding pass	Staff hanya melakukan pemantauan terhadap alat face recognition

Tabel 1. Perbedaan setelah dan sebelum menggunakan face recognition

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan mengenai face recognition dalam meningkatkan keefektifan pengecekan tiket kereta PT. KAI diantaranya:

- Face recognition dapat meningkatkan keefektifan dalam pengecekan tiket pada boarding pass PT. KAI di DAOP 4 Semarang. Dengan adanya diadakan face recognition dapat mempermudah calon penumpang dalam melakukan boarding yang dimana penumpang hanya perlu melakukan pemindaian wajah saja.

- Face recognition juga dapat mengoptimalkan kinerja para staff PT KAI, meningkatkan kenyamanan para penumpang yang tidak perlu melakukan pencetakan tiket 2 jam sebelum keberangkatan dan dapat mengatasi kendala yang sebelumnya mesin cetak tiket yang sering rusak dan keamanan dari para penumpang yang tidak perlu dikawatirkan jika tiket rusak hilang dan lain sebagainya.
- Kualitas pengenalan wajah PCA dipengaruhi oleh kondisi dari citra itu sendiri. Pecahayaan yang terlalu tinggi, perubahan pose wajah, dan perubahan latar dapat mempengaruhi kualitas pengenalan wajah.

Dalam terus mempertahankan Face Recognition agar dapat digunakan oleh pelanggan dan bisa digunakan oleh semua calon penumpang KAI, penulis ingin memberi saran, sebagai berikut:

- Menyebar luaskan dan menerapkan alat Face Recognition di setiap stasiun Kereta Api diseluruh Indonesia.
- Mensosialisasikan dan Mengedukasi dampak positif kegunaan Alat Face Recognition kepada calon penumpang, agar seluruh calon penumpang mengetahui manfaat face recognition lebih mudan dan efektif dalam melakukan boardingpass.

REFERENCES

- [1] N. Kustian, "Principal Component Analysis Untuk Sistem Pengenalan Wajah Dengan Menggunakan Metode Eigenface," *Jurnal String*, vol. 1, no. 2, 2016.
- [2] D. Hardiyanto, D. Anggun Sartika, and I. Artikel, "Optimalisasi Metode Deteksi Wajah berbasis Pengolahan Citra untuk Aplikasi Identifikasi Wajah pada Presensi Digital," *SETRUM : Sistem Kendali - Tenaga Elektronika - Telekomunikasi - Komputer*, vol. 7, no. 1, pp. 107–116, 2018.
- [3] I. U. Wahyu Mulyono, D. R. Ignatius Moses Setiadi, A. Susanto, E. H. Rachmawanto, A. Fahmi, and Muljono, "Performance Analysis of Face Recognition using Eigenface Approach," in *Proceedings - 2019 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication: Industry 4.0: Retrospect, Prospect, and Challenges, iSemantic 2019*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Sep. 2019, pp. 12–16. doi: 10.1109/ISEMANTIC.2019.8884225.
- [4] C. Jatmoko, D. Rosal, I. M. Setiadi, D. Hartanto, and A. F. Kurniawan, "Uji Implementasi Algoritma Viola-Jones Dalam Pengenalan Wajah," *Jurnal DINAMIK*, vol. 25, no. 2, pp. 68–76, 2020.
- [5] X. Liu, "Face Recognition Based on PCA Method," in *2023 IEEE International Conference on Sensors, Electronics and Computer Engineering, ICSECE 2023*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2023, pp. 943–949. doi: 10.1109/ICSECE58870.2023.10263356.
- [6] V. Maheswari, C. A. Sari, D. R. I. M. Setiadi, and E. H. Rachmawanto, "Study analysis of human face recognition using principal component analysis," in *Proceedings - 2020 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication: IT Challenges for Sustainability, Scalability, and Security in the Age of Digital Disruption, iSemantic 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Sep. 2020, pp. 55–60. doi: 10.1109/iSemantic50169.2020.9234250.
- [7] R. Wiryadinata, U. Istiyah, R. Fahrizal, P. Priswanto, and S. Wardoyo, "Sistem Presensi Menggunakan Algoritma Eigenface dengan Deteksi Aksesoris dan Ekspresi Wajah," *JNTETI*, vol. 6, no. 2, pp. 222–229, 2017.
- [8] S. Sinurat, "Analisa Sistem Pengenalan Wajah Berbentuk Citra Digital Dengan Algoritma Principal Components Analysis," *Informasi Teknologi dan Ilmiah (INTI)*, vol. 3, no. 1, 2014, [Online]. Available: <http://www.inti-budidarma.com/>
- [9] A. D. Krismawan and E. H. Rachmawanto, "Principal Component Analysis (PCA) dan K-Nearest Neighbor (KNN) dalam Deteksi Masker pada Wajah," *Prosiding Sains Nasional dan Teknologi*, vol. 12, no. 1, p. 382, Nov. 2022, doi: 10.36499/psnst.v12i1.7066.
- [10] A. S. Budi, S. Suma'inna, and H. Maulana, "Pengenalan Citra Wajah Sebagai Identifier Menggunakan Metode Principal Component Analysis (PCA)," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 9, no. 2, 2016.
- [11] R. Arlando and S. Aragih, "Pengenalan Wajah Menggunakan Metode Fisherface," 2007. [Online]. Available: <http://www.petra.ac.id/~puslit/journals/dir.php?DepartmentID=ELK>
- [12] C. Suhery, I. Ruslianto, and J. Hadari Nawawi Pontianak, "Identifikasi Wajah Manusia untuk Sistem Monitoring Kehadiran Perkuliahan menggunakan Ekstraksi Fitur Principal Component Analysis (PCA)," *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, vol. 3, no. 1, 2017, [Online]. Available: <http://SourceForge.net/projects/opencvlibrary>.
- [13] Hasan and Mardi Hardjianto, "Pengenalan Wajah Secara Realtime Menggunakan Adaboost Viola-Jones dan 2D DWT-PCA dengan Struktur Index KNN-KD Tree," *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 1, pp. 154–166, Jan. 2024, doi: 10.51454/decode.v4i1.300.
- [14] D. Lydia and Z. Astuti, *Kajian Pengenalan Ekspresi Wajah menggunakan Metode PCA dan CNN*. 2018.

- [15] R. A. Asmara, B. S. Andjani, U. D. Rosiani, and P. Choirina, “Klasifikasi Jenis Kelamin Pada Citra Wajah Menggunakan Metode Naive Bayes,” *Jurnal Informatika Polinema*, vol. 4, no. 3, pp. 212–217, 2018.
- [16] N. Kustian, “Principal Component Analysis Untuk Sistem Pengenalan Wajah Dengan Menggunakan Metode Eigenface,” 2016.
- [17] F. Syah and H. Hasanati, “Deteksi Helm Keselamatan Kerja Berbasis Android Menggunakan Metode PCA (Component Principal Analys),” *Jurnal Dinamika Informatika*, vol. 10, no. 2, 2021.
- [18] H. Riski and D. Wahyu Utomo, “Algoritma Principal Component Analysis (PCA) dan Metode Bounding Box pada Pengenalan Citra Wajah,” *Jurnal Informatika: Jurnal pengembangan IT (JPIT)*, vol. 9, no. 1, 2024.
- [19] M. Z. Nasution, “Face Recognition based Feature Extraction using Principal Component Analysis (PCA),” *Journal of Informatics And Telecommunication Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 182–191, Jan. 2020, doi: 10.31289/jite.v3i2.3132.