

## Uji Performa Metode Komposisi *Eigenface-CNN* Pada Model *Biometric Mobile App*

Agnes Monica Debora<sup>1\*</sup>, Agustinus Rudatyo Himamunanto<sup>2</sup>, Gogor Chrissmass Setyawan<sup>3</sup>

Informatika, Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta, Indonesia

\*Email Corresponding Author: agnes.m2042@student.ukrimuniversity.ac.id

### Abstract

*The development of information and communication technology has increased the need for more secure and efficient authentication systems on mobile devices, given the growing cases of data breaches and identity theft. This research employs the Eigenface-CNN composition method to enhance the performance of biometric authentication models. The Eigenface method uses Principal Component Analysis (PCA) to reduce data dimensions and extract key features from facial images, while CNN is used to identify more complex facial features. The results show that this method can recognize faces with high accuracy, achieving an average confidence value of 87.95% and a highest value of 97.53%. It also demonstrates robustness against variations in lighting and facial poses. These findings suggest that the Eigenface-CNN composition method is feasible for implementation in biometric authentication systems on mobile devices, thereby enhancing user security and convenience.*

**Kata kunci:** Face Recognition; Eigenface; CNN; Biometric

### Abstrak

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah meningkatkan kebutuhan akan sistem autentikasi yang lebih aman dan efisien pada perangkat mobile, mengingat kasus kebocoran data dan pencurian identitas yang semakin marak. Penelitian ini menggunakan metode komposisi *Eigenface-CNN* untuk meningkatkan performa model autentikasi biometrik. Metode *Eigenface* menggunakan analisis komponen utama (PCA) untuk mereduksi dimensi data dan mengekstraksi fitur utama dari citra wajah, sementara CNN digunakan untuk mengidentifikasi fitur wajah yang lebih kompleks. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini mampu mengenali wajah dengan akurasi tinggi, dengan nilai *confidence* rata-rata mencapai 87.95% dan nilai tertinggi 97.53%, serta menunjukkan ketahanan terhadap variasi pencahayaan dan pose wajah. Temuan ini menunjukkan bahwa metode komposisi *Eigenface-CNN* layak diimplementasikan dalam sistem autentikasi biometrik pada perangkat mobile untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna.

**Kata kunci:** Pengenalan Wajah; Eigenface; CNN; Biometrik

### 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan masyarakat. Salah satu fenomena yang mencolok adalah peningkatan kebutuhan akan keamanan dan privasi, khususnya dalam penggunaan perangkat mobile [1]. Kasus-kasus kebocoran data, pencurian identitas, dan akses tidak sah ke perangkat mobile telah menjadi masalah yang meresahkan bagi pengguna. Selain itu, penggunaan metode autentikasi tradisional seperti kata sandi dan PIN sering kali dianggap kurang efektif dan rentan terhadap berbagai jenis serangan [2].

Identifikasi pokok masalahnya terletak pada kebutuhan akan sistem autentikasi yang lebih aman dan efisien untuk perangkat mobile. Dalam konteks ini, teknologi biometrik muncul sebagai solusi yang menjanjikan. Teknologi ini memanfaatkan karakteristik unik dari individu, seperti sidik jari, wajah, atau suara, untuk mengidentifikasi dan memverifikasi identitas pengguna [3]. Meskipun demikian, tantangan dalam implementasi teknologi biometrik di perangkat mobile masih cukup besar, terutama dalam hal akurasi, kecepatan, dan ketahanan terhadap serangan.

Bidang teknologi informasi (IT) memiliki potensi besar untuk mengatasi masalah ini. Dengan kemajuan dalam pengolahan citra digital, machine learning, dan jaringan saraf tiruan, IT

dapat menawarkan solusi yang lebih canggih [4]. Salah satu pendekatan yang inovatif adalah penggunaan metode komposisi *Eigenface-CNN* (*Convolutional Neural Network*) dalam sistem autentikasi biometrik. Metode ini menggabungkan teknik pengenalan wajah berbasis *Eigenface* dengan kemampuan jaringan saraf tiruan untuk mengidentifikasi fitur-fitur wajah yang lebih kompleks dan beragam [5].

*Eigenface* adalah teknik pengenalan wajah yang diperkenalkan oleh Turk dan Pentland pada tahun 1991. Metode ini menggunakan analisis komponen utama (*Principal Component Analysis*, PCA) untuk mengurangi dimensi data citra wajah dan mengekstraksi fitur-fitur utama yang membedakan satu wajah dari wajah lainnya. Citra wajah direpresentasikan sebagai kombinasi linear dari sejumlah kecil gambar basis (*eigenfaces*), yang dihasilkan dari kumpulan wajah dalam basis data pelatihan. Proses ini melibatkan langkah-langkah diantaranya yaitu pembentukan basis data wajah, pengurangan dimensi dengan PCA, proyeksi citra wajah baru ke ruang *eigenface*, dan pengenalan wajah dengan membandingkan koefisien proyeksi [6].

CNN, atau *Convolutional Neural Network*, adalah jenis jaringan saraf tiruan yang dirancang untuk memproses data dalam bentuk grid, seperti citra [7]. CNN terdiri dari beberapa lapisan, termasuk lapisan konvolusi, lapisan *pooling*, dan lapisan *fully connected* [8]. Lapisan konvolusi berfungsi untuk mengekstraksi fitur-fitur penting dari citra dengan menggunakan filter, sementara lapisan *pooling* mengurangi dimensi data untuk mempercepat proses komputasi dan mengurangi risiko *overfitting* [9]. Lapisan *fully connected* menggabungkan fitur-fitur yang diekstraksi untuk menghasilkan output akhir, seperti kelas atau label dari citra yang dikenali [6].

Penggabungan metode *Eigenface* dengan CNN dalam sistem autentikasi biometrik dapat meningkatkan performa secara signifikan. *Eigenface* digunakan untuk mereduksi dimensi data dan mengekstraksi fitur-fitur utama dari citra wajah, yang kemudian diproses lebih lanjut oleh CNN. CNN memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi fitur-fitur wajah yang lebih kompleks dan beragam, serta meningkatkan akurasi pengenalan wajah [10]. Kombinasi ini menghasilkan sistem autentikasi yang lebih akurat, cepat, dan tahan terhadap berbagai jenis serangan, sehingga dapat meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna perangkat mobile [11].

Metode komposisi *Eigenface-CNN* diusulkan sebagai solusi untuk meningkatkan performa model autentikasi biometrik pada aplikasi mobile. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan tingkat akurasi yang lebih tinggi dan kecepatan yang lebih baik dalam proses autentikasi, sekaligus meningkatkan ketahanan terhadap berbagai jenis serangan. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menguji performa metode komposisi *Eigenface-CNN* pada model biometrik dalam aplikasi mobile, serta mengidentifikasi keunggulan dan keterbatasannya dalam konteks keamanan dan privasi pengguna. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan solusi autentikasi yang lebih efektif dan efisien untuk perangkat mobile, yang dapat diimplementasikan secara luas guna meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna.

## 2. Tinjauan Pustaka

Penelitian oleh Andriyanto berjudul "Implementasi *Deep Learning* untuk Sistem Keamanan Data Pribadi Menggunakan Pengenalan Wajah dengan Metode *Eigenface* Berbasis Android" mengkaji penggunaan *deep learning* pada perangkat Android untuk keamanan data pribadi. Hasil tes menunjukkan jarak deteksi wajah maksimal adalah 40 cm pada Android 8.1, 50 cm pada Android 9.0, dan 60 cm pada Android 10.0, dengan kemampuan deteksi yang menurun seiring jarak [5]. Penelitian oleh Dafid dan Dorie dengan judul "Metode MCDA untuk Pengukuran Tingkat Kesadaran Keamanan Informasi pada Mahasiswa" menggunakan *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA). Hasilnya menunjukkan dimensi perilaku berada pada level "buruk" dan tiga area lainnya yaitu kebijakan, peralatan mobile, dan konsekuensi juga berada di level buruk [12]. Penelitian Wirdiyani dkk. (2019) berjudul "*Real-Time Face Recognition with Eigenface Method*" meneliti penggunaan metode *Eigenface* untuk pengenalan wajah secara real-time hingga empat wajah secara bersamaan. Hasilnya menunjukkan tingkat keberhasilan identifikasi 88,8% dengan tingkat kegagalan 11,2% [13]. Penelitian Satrio dkk. (2019) berjudul "Identifikasi Citra Wajah Menggunakan Algoritma *Eigenface*" menggunakan algoritma *Viola-Jones* dan *Euclidean Distance*. Akurasi identifikasi wajah mencapai 89,2% tanpa penghapusan latar belakang dan meningkat menjadi 98,6% setelah latar belakang dihilangkan; dengan 1500 citra latih, akurasi mencapai 100% [11]. Penelitian Zhi dan Liu (2019) berjudul "Face Recognition Based on Genetic Algorithm" menggunakan PCA, algoritma genetika, dan SVM menunjukkan

tingkat akurasi pengenalan wajah tertinggi sebesar 99%, menegaskan efisiensi kombinasi metode ini [14].

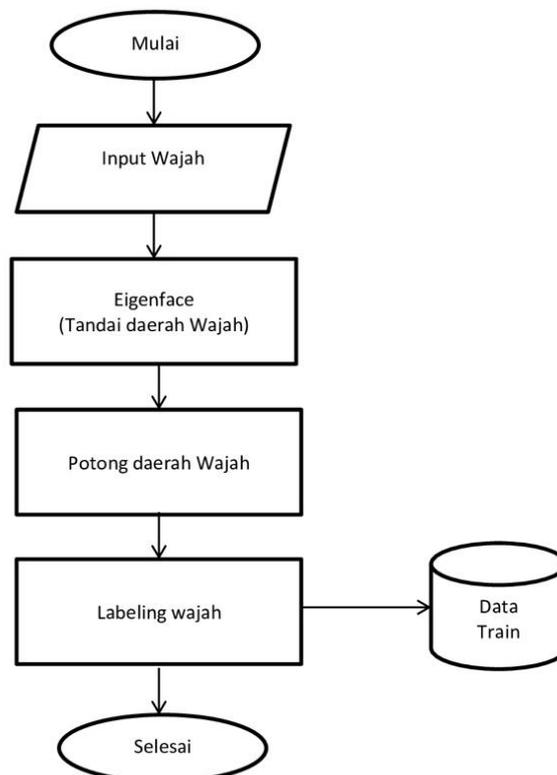
Dari penelitian terdahulu yang telah dijabarkan di atas, terlihat bahwa masing-masing penelitian memiliki fokus dan pendekatan yang berbeda dalam mengoptimalkan sistem pengenalan wajah. Misalnya, penelitian oleh Andriyanto memfokuskan pada implementasi deep learning di perangkat Android dengan metode *Eigenface*, sedangkan Dafid dan Dorie mengevaluasi kesadaran keamanan informasi menggunakan metode MCDA. Wirdiyani dkk. serta Satrio dkk. meneliti pengenalan wajah secara *real-time* dan akurasi dengan metode *Eigenface*, dengan variasi pada penghapusan latar belakang dan jumlah citra latih. Zhi dan Liu menggabungkan PCA dengan algoritma genetika dan SVM untuk meningkatkan akurasi pengenalan wajah. Klaim penelitian kami terletak pada penggabungan metode *Eigenface* dengan *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk sistem autentikasi biometrik pada aplikasi mobile. Kombinasi ini belum banyak dieksplorasi sebelumnya dan diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih akurat, cepat, dan tahan terhadap berbagai jenis serangan, dibandingkan dengan pendekatan yang hanya mengandalkan satu metode atau kombinasi yang berbeda.

### 3. Metodologi

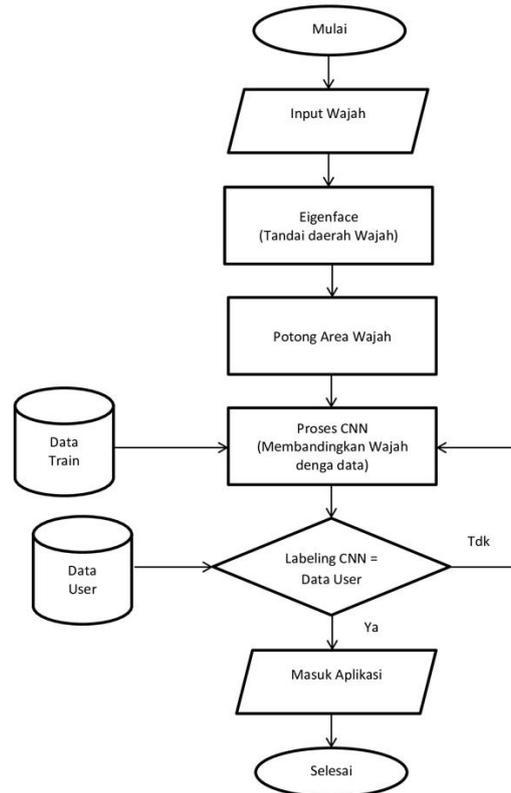
Penelitian ini bertujuan untuk menguji performa sistem autentikasi biometrik pada aplikasi mobile menggunakan metode komposisi *Eigenface-CNN*. Metode ini menggabungkan teknik *Eigenface* untuk pengenalan area wajah dengan *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk pengenalan wajah secara keseluruhan.

*Eigenface* menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) untuk mereduksi dimensi data citra wajah dan mengekstraksi fitur-fitur utama dari area wajah, seperti mata, hidung, dan mulut. Sementara itu, CNN digunakan untuk mengidentifikasi wajah secara keseluruhan dengan kemampuan jaringan saraf tiruan untuk mengenali pola-pola kompleks dalam citra.

Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi dan kecepatan pengenalan wajah serta ketahanan terhadap berbagai jenis serangan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 1 Alur Pelatihan



Gambar 2 Alur Aplikasi

Dalam penelitian ini data diambil dari <https://www.kaggle.com/datasets/vasukipatel/face-recognition-dataset> dan dokumentasi pribadi. Adapun dataset yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 10 wajah orang dengan masing – masing orang terdapat 100 citra wajah. Sehingga total dataset yang digunakan dalam penelitian ini ada 1000. Selanjutnya dilakukan *preprocessing* data yang melibatkan normalisasi dan penyataran citra wajah menjadi 160 x 160. Tujuannya untuk memastikan bahwa data yang digunakan konsisten. Berikut merupakan sampel dari dataset yang digunakan.



Gambar 3 Folder Dataset



Gambar 4 Sampel Dataset

Kemudian dilakukan pemrosesan pengenalan area wajah menggunakan eigenface dengan rumus sebagai berikut.

$$\mu_i = \sum_{k=1}^M V_{ik} \phi_k \quad (1)$$

Setelah dilakukan pengenalan area wajah, selanjutnya dilakukan pemrosesan pengenalan wajah menggunakan CNN. Berikut merupakan rumus dari operasi konvolusi pada CNN.

$$(I * K)(i, j) = \sum_m \sum_n I(i + m, j + n) K(m, n) \quad (2)$$

Dari proses tersebut selanjutnya dilakukan implementasi ke *mobile app* kemudian CNN mengklasifikasikan wajah berdasarkan pola yang telah dikenali dari pelatihan sebelumnya. Hasil klasifikasi ini kemudian dievaluasi untuk mengukur akurasi.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menguji performa metode komposisi *Eigenface-CNN* dalam model autentikasi biometrik pada aplikasi mobile. Pengujian dilakukan dengan mengumpulkan citra wajah dari pengguna yang sama dalam berbagai kondisi pencahayaan dan pose wajah. Setiap citra wajah diujikan pada model yang telah dilatih untuk mengukur akurasi dan tingkat kepercayaan pengenalan wajah. Pengujian dilakukan sebanyak 100 kali. Berikut adalah beberapa contoh hasil pengujian citra wajah:

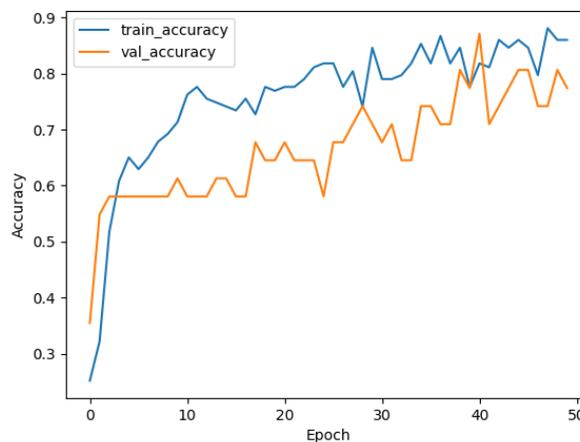
**Tabel 1 Contoh Hasil Pengujian**

No.	Pengenalan wajah	Akurasi klasifikasi CNN
1.		1/1  0s 422ms/step 94.50107216835022 User Info Predicted: agnes ID: 1 Usermae: agnes with confidence 94.50
2.		1/1  0s 325ms/step 91.38169884681702 User Info Predicted: Alexandra ID: 4 Usermae: Alexandra with confidence 91.38
3.		1/1  0s 419ms/step 77.32070684432983 User Info Predicted: Alexandra ID: 4 Usermae: Alexandra with confidence 77.32
4.		1/1  1s 577ms/step 97.52722382545471 User Info Predicted: Alia Bhatt ID: 2 Usermae: Alia Bhatt with confidence 97.53

No.	Pengenalan wajah	Akurasi klasifikasi CNN
5.		1/1 ██████████ 0s 195ms/step 84.6170723438263 User Info Predicted: Anushka ID: 3 Usermae: Anushka with confidence 84.62
6.		1/1 ██████████ 0s 192ms/step 93.5849130153656 User Info Predicted: Charlize ID: 5 Usermae: Charlize with confidence 93.58
7.		1/1 ██████████ 0s 429ms/step 88.41327428817749 User Info Predicted: agnes ID: 1 Usermae: agnes with confidence 88.41
8.		1/1 ██████████ 0s 436ms/step 88.69014382362366 User Info Predicted: Camila ID: 6 Usermae: Camila with confidence 88.69

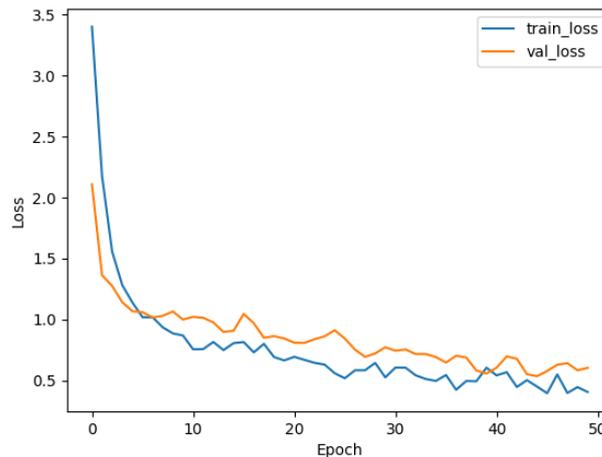
Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode komposisi *Eigenface-CNN* mampu mengenali wajah dengan tingkat akurasi yang tinggi. Nilai confidence rata-rata yang mencapai 87,95% menunjukkan bahwa model ini efektif dalam mendeteksi dan mengenali wajah dalam berbagai kondisi.

Model menunjukkan performa yang stabil dengan tingkat kepercayaan yang konsisten di atas 80%. Nilai *confidence* tertinggi yang mencapai 97.53% dan Nilai *Confidence* Terendah mencapai 77.32% ini menunjukkan kemampuan model dalam mengenali wajah dengan akurasi yang sangat tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi metode *Eigenface* dan CNN dapat memberikan hasil yang optimal dalam autentikasi biometrik.



Gambar 5 Grafik Akurasi CNN

Gambar 4 merupakan grafik akurasi selama proses pelatihan dengan CNN. Grafik ini menunjukkan perubahan akurasi untuk data pelatihan (*train\_accuracy*) dan data validasi (*val\_accuracy*) selama 50 epoch. Akurasi data pelatihan meningkat tajam pada epoch awal dan terus meningkat secara bertahap hingga mencapai nilai mendekati 0.9. Terdapat fluktuasi kecil pada akurasi data pelatihan setelah epoch ke-10, tetapi secara keseluruhan, tren peningkatannya tetap positif dan stabil. Akurasi data validasi juga menunjukkan peningkatan tajam pada epoch awal, namun fluktuasinya lebih besar dibandingkan dengan data pelatihan. Setelah mencapai nilai mendekati 0.8, akurasi validasi menunjukkan fluktuasi yang signifikan, yang menandakan adanya variasi kinerja model pada data validasi [15]. Meskipun demikian, tidak ada indikasi overfitting yang parah karena akurasi validasi tetap berada pada kisaran yang relatif tinggi.



Gambar 6 Grafik Loss CNN

Gambar 5 menunjukkan grafik loss selama proses pelatihan dengan CNN, yang menggambarkan perubahan nilai loss untuk data pelatihan (*train\_loss*) dan data validasi (*val\_loss*) selama 50 epoch. Nilai loss untuk data pelatihan menurun tajam pada epoch awal, dari sekitar 3.5 hingga mendekati 0.5, dan terus menurun secara bertahap hingga mencapai nilai rendah yang stabil setelah sekitar 20 epoch. Fluktuasi kecil tetap terlihat pada loss data pelatihan setelah epoch ke-20, tetapi tren penurunannya tetap konsisten. Nilai loss untuk data validasi juga menunjukkan penurunan yang signifikan pada epoch awal, dari sekitar 2.5 hingga mendekati 0.5, dan mencapai nilai rendah yang stabil setelah sekitar 20 epoch. Fluktuasi pada loss data validasi lebih terlihat dibandingkan dengan data pelatihan, namun tetap menunjukkan konsistensi dengan nilai yang rendah.



Gambar 7 Capture Wajah

Gambar di atas menunjukkan halaman 'Capture Wajah' pada aplikasi mobile, di mana pengguna diminta untuk mengambil gambar wajah mereka sebagai langkah awal proses pengenalan wajah. Pada halaman ini, pengguna menempatkan wajah di depan kamera dan menekan tombol 'Capture'. Gambar yang diambil kemudian diproses menggunakan metode Eigenface, di mana fitur-fitur penting dari wajah diekstraksi dan direpresentasikan dalam bentuk vektor *eigen*. Vektor ini dibandingkan dengan data wajah yang sudah ada dalam database untuk melakukan pencocokan dan verifikasi identitas, memastikan keamanan dan kemudahan dalam proses login.



Gambar 8 Menu Utama

Gambar di atas menunjukkan halaman 'Menu Utama' pada aplikasi *mobile* setelah pengguna berhasil login. Pada halaman ini, model CNN mengklasifikasikan hasil pengenalan wajah sebagai "agnes". Selanjutnya pengguna dapat melakukan aktivitas transaksi dengan terdapat beberapa menu utama, yaitu 'Cek Saldo', 'Transfer', dan 'Logout'. Pengguna dapat mengecek saldo akun mereka, melakukan transfer dana, atau keluar dari aplikasi dengan menekan tombol yang sesuai. Implementasi ini memastikan bahwa pengguna dapat menjalankan transaksi perbankan mereka dengan cepat dan efisien setelah melewati proses autentikasi yang aman menggunakan metode pengenalan wajah *Eigenface*.

Temuan selama pengujian menunjukkan bahwa variasi pencahayaan dan pose wajah tidak secara signifikan mempengaruhi hasil pengenalan wajah. Hal ini menunjukkan keandalan model dalam berbagai kondisi penggunaan nyata. Selain itu, nilai confidence yang konsisten menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan generalisasi yang baik.

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa metode komposisi Eigenface-CNN efektif dalam meningkatkan akurasi dan kecepatan pengenalan wajah pada aplikasi mobile. Model ini menunjukkan performa yang baik dengan nilai confidence yang tinggi dan stabil dalam berbagai kondisi. Oleh karena itu, metode ini layak untuk diimplementasikan dalam sistem autentikasi biometrik pada perangkat mobile untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna.

## 5. Simpulan

Berdasarkan analisa hasil pengujian, metode komposisi *Eigenface-CNN* terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi dan kecepatan pengenalan wajah pada aplikasi mobile. Dengan nilai confidence rata-rata mencapai 87.95% dan nilai tertinggi sebesar 97.53% dan nilai terendah mencapai 77.32%, model menunjukkan performa yang sangat baik dan konsisten dalam berbagai kondisi pencahayaan dan pose wajah. Variasi pencahayaan dan pose tidak signifikan mempengaruhi akurasi pengenalan, menunjukkan kemampuan generalisasi yang baik dari model ini. Oleh karena itu, metode ini layak diimplementasikan dalam sistem autentikasi biometrik pada perangkat mobile untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna.

Untuk riset selanjutnya, disarankan untuk menguji metode komposisi *Eigenface-CNN* pada dataset yang lebih besar dan lebih beragam untuk memvalidasi keandalannya dalam skenario yang lebih luas. Selain itu, penelitian lebih lanjut dapat mengeksplorasi kombinasi metode ini dengan teknik lain seperti GAN (*Generative Adversarial Networks*) untuk lebih meningkatkan akurasi dan ketahanan terhadap serangan spoofing. Penelitian ini juga dapat diperluas dengan menambahkan fitur multi-modal biometrik, seperti pengenalan suara atau sidik jari, untuk menciptakan sistem autentikasi yang lebih komprehensif dan aman.

#### Daftar Referensi

- [1] N. Nursiah, M. Ferils, and J. Kamarudin, "Analisis minat menggunakan mobile banking," *AKUNTABEL: Jurnal Akuntansi dan Keuangan*, vol. 19, no. 1, pp. 91–100, 2022, doi: 10.29264/jakt.v19i1.10711.
- [2] E. Ubam, I. Hipiny, and H. Ujir, "User Interface/User Experience (UI/UX) Analysis & Design of Mobile Banking App for Senior Citizens: A Case Study in Sarawak, Malaysia," in *2021 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI)*, 2021, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICEEI52609.2021.9611136.
- [3] L. Fitria and M. Hermansyah, "InfoTekJar: Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan Implementasi Face Recognition pada Absensi Kehadiran Mahasiswa Menggunakan Metode Haar Cascade Classifier," vol. 4, no. 2, 2020, doi: 10.30743/infotekjar.v4i2.2333.
- [4] H. Muchtar and R. Apriadi, "Implementasi Pengenalan Wajah Pada Sistem Penguncian Rumah Dengan Metode Template Matching Menggunakan Open Source Computer Vision Library (Opencv)," *RESISTOR (elektRonika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOmputeR)*, vol. 2, no. 1, 2019, doi: 10.24853/resistor.2.1.39-42.
- [5] L. B. Adrianto, M. I. Wahyuddin, and W. Winarsih, "Implementasi Deep Learning untuk Sistem Keamanan Data Pribadi Menggunakan Pengenalan Wajah dengan Metode Eigenface Berbasis Android," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 5, no. 1, p. 2021, 2021, doi: 10.35870/jti.
- [6] Y. N. Yenusi, Suryasatriya Trihandaru, and A. Setiawan, "Comparison of Convolutional Neural Network (CNN) Models in Face Classification of Papuan and Other Ethnicities," *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, vol. 12, no. 1, Mar. 2023, doi: 10.23887/jstundiksha.v12i1.46861.
- [7] M. C. Wujaya and L. W. Santoso, "Klasifikasi Pakaian Berdasarkan Gambar Menggunakan Metode YOLOv3 dan CNN," *Jurnal Infra*, vol. 9, no. 1, 2021, doi: <https://doi.org/10.21456/vol6iss1pp1-10>.
- [8] I. Perlindungan and Risnawati, "Pengenalan Tanaman Cabai Dengan Teknik Klasifikasi Menggunakan Metode CNN," *Seminar Nasional Mahasiswa ilmu Komputer dan Aplikasinya (SENAMIKA)*, vol. 1, no. 2, pp. 15–22, 2020.
- [9] L. W. K. Lim, "Implementation of Artificial Intelligence in Aquaculture and Fisheries: Deep Learning, Machine Vision, Big Data, Internet of Things, Robots and Beyond," *Journal of Computational and Cognitive Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 112–118, Apr. 2023, doi: 10.47852/bonviewJCCE3202803.
- [10] N. N. Prakash, V. Rajesh, D. L. Namakhwa, S. Dwarkanath Pande, and S. H. Ahammad, "A DenseNet CNN-based liver lesion prediction and classification for future medical diagnosis," *Sci Afr*, vol. 20, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.sciaf.2023.e01629.
- [11] A. Mochammad Satrio, M. Mujirudin, and H. Ramza, "Identifikasi Citra Wajah Menggunakan Algoritma Eigenface," *Seminar Nasional Teknoka*, vol. 4, no. 1, pp. 9–14, 2019, doi: 10.22236/teknoka.v%vi%i.4107.
- [12] Dafid and Dorie, "Metode MCDA Untuk Pengukuran Tingkat Kesadaran Keamanan Informasi Pada Mahasiswa," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 7, no. 1, pp. 11–20, 2020.
- [13] N. K. A. Wirdiani, T. Lattifia, I. K. Supadma, B. J. K. Mahar, D. A. N. Taradhita, and A. Fahmi, "Real-Time Face Recognition with Eigenface Method," *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, vol. 11, no. 11, pp. 1–9, Jan. 2019, doi: 10.5815/ijigsp.2019.11.01.
- [14] P. Sukhija, S. Behal, and P. Singh, "Face Recognition System Using Genetic Algorithm," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2016, pp. 410–417. doi: 10.1016/j.procs.2016.05.183.

- [15] J. Teye Brown and W. Zgallai, "Deep EEG: Deep learning in biomedical signal processing with EEG applications," *Biomedical Signal Processing and Artificial Intelligence in Healthcare*, vol. 1, no. 7, pp. 113–151, 2020, doi: 10.1016/b978-0-12-818946-7.00005-6.