

OPTIMASI SISTEM PENGENALAN WAJAH DENGAN TEKNIK PENGOLAHAN CITRA UNTUK MENINGKATKAN AKURASI DAN EFISIENSI

I Nyoman Yoga Setiawan^{*1}, Luh Putu Ary Sri Tjahyanti²

^{1,2}Teknologi Informasi, Fakultas Pertanian dan Teknik, Universitas Panji Sakti

Email: ¹yoga.setiawan@unipas.ac.id, ²ary.tjahyanti@unipas.ac.id

^{*}Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 19 Maret 2024, diterima untuk diterbitkan: 15 April 2024)

Abstrak

Pengenalan wajah merupakan teknologi *biometrik* yang banyak digunakan dalam keamanan, identifikasi, dan verifikasi pengguna. Namun, kinerja sistem pengenalan wajah sering dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti pencahayaan, sudut pengambilan gambar, ekspresi wajah, dan resolusi citra. Untuk mengatasi tantangan ini, pengolahan citra menjadi langkah penting dalam meningkatkan akurasi sistem. Penelitian ini membahas berbagai teknik pengolahan citra, seperti peningkatan kontras, normalisasi pencahayaan, deteksi tepi, dan teknik filtering, yang bertujuan untuk mengoptimalkan fitur wajah sebelum tahap ekstraksi dan klasifikasi. Dengan menerapkan metode yang tepat, sistem pengenalan wajah dapat lebih robust terhadap perubahan kondisi lingkungan dan kualitas citra yang bervariasi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi teknik pengolahan citra tertentu mampu meningkatkan performa sistem secara signifikan dibandingkan metode konvensional. Pengolahan citra yang optimal tidak hanya meningkatkan akurasi, tetapi juga mempercepat proses identifikasi dengan mengurangi beban komputasi pada tahap analisis fitur. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan sistem pengenalan wajah yang lebih efisien dan andal, yang dapat diterapkan dalam berbagai bidang, seperti keamanan digital, akses kontrol, serta sistem pembayaran berbasis *biometrik*.

Kata kunci: pengenalan wajah, pengolahan citra, biometrik, optimasi sistem, deteksi fitur

OPTIMIZATION OF FACE RECOGNITION SYSTEMS WITH IMAGE PROCESSING TECHNIQUES TO IMPROVE ACCURACY AND EFFICIENCY

Abstract

Face recognition is a biometric technology widely used for security, identification, and user verification. However, the performance of face recognition systems is often affected by external factors such as lighting conditions, camera angles, facial expressions, and image resolution. To address these challenges, image processing plays a crucial role in enhancing system accuracy. This study explores various image processing techniques, including contrast enhancement, illumination normalization, edge detection, and filtering techniques, which aim to optimize facial features before feature extraction and classification. By applying appropriate methods, face recognition systems can become more robust against environmental variations and diverse image quality. Experimental results show that the combination of specific image processing techniques significantly improves system performance compared to conventional methods. Optimal image processing not only increases accuracy but also speeds up the identification process by reducing computational load during feature analysis. Thus, this research contributes to the development of more efficient and reliable face recognition systems that can be applied in various fields, such as digital security, access control, and biometric-based payment systems.

Keywords: Face recognition, image processing, biometrics, system optimization, feature detection

1. PENDAHULUAN

Pengenalan wajah merupakan salah satu teknologi biometrik yang berkembang pesat dan banyak diterapkan dalam berbagai bidang, seperti keamanan, identifikasi, serta verifikasi pengguna. Sistem ini memungkinkan identifikasi individu

secara otomatis berdasarkan fitur wajah yang unik. Keunggulan pengenalan wajah dibandingkan metode biometrik lainnya, seperti sidik jari atau iris mata, terletak pada kenyamanannya karena tidak memerlukan kontak fisik dan dapat digunakan dalam berbagai kondisi.

Namun, dalam praktiknya, kinerja sistem pengenalan wajah sering kali mengalami kendala akibat faktor eksternal. Beberapa di antaranya adalah pencahayaan yang tidak merata, sudut pengambilan gambar yang bervariasi, ekspresi wajah yang berubah-ubah, serta kualitas citra yang rendah. Kondisi-kondisi ini dapat menurunkan akurasi sistem dan meningkatkan tingkat kesalahan dalam proses identifikasi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih canggih untuk mengatasi tantangan tersebut, salah satunya melalui pengolahan citra.

Pengolahan citra merupakan serangkaian teknik yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas gambar sebelum dilakukan analisis lebih lanjut. Dalam konteks pengenalan wajah, pengolahan citra berfungsi untuk menyesuaikan kontras, menghilangkan noise, menormalkan pencahayaan, serta menonjolkan fitur-fitur wajah yang relevan. Dengan penerapan metode yang tepat, pengolahan citra dapat meningkatkan akurasi sistem pengenalan wajah dan membuatnya lebih robust terhadap variasi kondisi lingkungan.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat beberapa permasalahan utama yang perlu diteliti lebih lanjut: 1) Bagaimana pengaruh variasi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan ekspresi wajah terhadap akurasi sistem pengenalan wajah?; 2) Teknik pengolahan citra apa yang paling efektif dalam meningkatkan kinerja sistem pengenalan wajah?; 3) Seberapa besar peningkatan akurasi yang dapat diperoleh melalui pengolahan citra dibandingkan dengan metode konvensional?; 4) Bagaimana implementasi teknik pengolahan citra dalam sistem pengenalan wajah berbasis real-time?

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan solusi optimal dalam meningkatkan performa sistem pengenalan wajah dengan memanfaatkan teknik pengolahan citra.

Untuk memastikan penelitian ini terarah dan fokus, penelitian ini memiliki batasan sebagai berikut: (1) Studi ini berfokus pada teknik pengolahan citra yang bertujuan untuk meningkatkan akurasi sistem pengenalan wajah; (2) Data yang digunakan terdiri dari citra wajah dalam berbagai kondisi pencahayaan, sudut pengambilan, dan ekspresi; (3) Eksperimen dilakukan dengan membandingkan berbagai teknik pengolahan citra guna menemukan metode yang paling efektif; (4) Implementasi sistem dilakukan dalam skala laboratorium dengan kemungkinan penerapan di dunia nyata.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan metode kuantitatif untuk menganalisis efektivitas teknik pengolahan citra dalam meningkatkan kinerja sistem pengenalan wajah. Eksperimen dilakukan dalam lingkungan laboratorium dengan pengujian terhadap berbagai kondisi pencahayaan, sudut pengambilan gambar,

serta ekspresi wajah untuk memperoleh data yang komprehensif.

Subjek penelitian terdiri dari pegawai Universitas Panji Sakti yang akan diuji dalam sistem absensi berbasis pengenalan wajah. Sampel dipilih secara acak dengan mempertimbangkan variasi dalam hal usia, jenis kelamin, dan karakteristik wajah. Jumlah sampel yang digunakan adalah 10 individu dengan masing-masing memiliki beberapa citra wajah yang diambil dalam kondisi berbeda.

Data dikumpulkan melalui beberapa tahapan: (1) Pengambilan Citra Wajah: Setiap subjek difoto dalam berbagai kondisi pencahayaan (terang, redup, cahaya alami), sudut pengambilan gambar (frontal, miring, atas, bawah), serta ekspresi wajah (netral, tersenyum, mata tertutup, dan lainnya); (2) Pengolahan Citra: Citra yang dikumpulkan diproses menggunakan berbagai teknik pengolahan citra seperti peningkatan kontras, normalisasi pencahayaan, deteksi tepi, dan filtering; (3) Ekstraksi Fitur: Setelah dilakukan pengolahan citra, fitur wajah yang relevan diekstraksi menggunakan metode Principal Component Analysis (PCA) dan Local Binary Pattern (LBP); (4) Klasifikasi dan Identifikasi: Data fitur wajah diuji menggunakan algoritma pengenalan wajah, seperti Support Vector Machine (SVM) dan Convolutional Neural Network (CNN), untuk mengukur akurasi dan efektivitas sistem.

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan pendekatan statistik dengan membandingkan tingkat akurasi sistem sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan citra. Uji validitas dilakukan dengan menggunakan Confusion Matrix untuk mengukur parameter seperti True Positive Rate (TPR), False Positive Rate (FPR), Precision, Recall, dan F1-Score.

Hasil penelitian dievaluasi dengan: (1) Pengukuran Akurasi: Menganalisis seberapa besar peningkatan akurasi setelah penerapan teknik pengolahan citra; (2) Pengujian Robustness: Menguji ketahanan sistem terhadap variasi kondisi pencahayaan, sudut, dan ekspresi wajah; (3) Perbandingan dengan Metode Konvensional: Membandingkan hasil sistem yang telah dioptimalkan dengan metode pengenalan wajah tanpa pengolahan citra.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil penelitian yang membahas peningkatan kinerja sistem pengenalan wajah melalui teknik pengolahan citra untuk optimasi akurasi.

3.1. Pengaruh Variasi Kondisi terhadap Akurasi Pengenalan Wajah

Eksperimen yang dilakukan menunjukkan bahwa kondisi lingkungan, seperti pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan ekspresi wajah, memiliki dampak signifikan terhadap akurasi sistem pengenalan wajah. Tanpa penerapan pengolahan citra, sistem mengalami penurunan akurasi hingga

30% dalam kondisi pencahayaan redup dan sudut pengambilan gambar yang ekstrem. Hal ini disebabkan oleh kualitas citra yang rendah, sehingga fitur wajah sulit diekstraksi dengan optimal.

Namun, setelah diterapkan teknik peningkatan kontras dan normalisasi pencahayaan, akurasi pengenalan wajah meningkat secara signifikan. Pada berbagai kondisi pencahayaan, sistem yang telah melalui tahap pengolahan citra mampu mencapai tingkat akurasi hingga 92%, membuktikan bahwa teknik ini efektif dalam meningkatkan ketahanan sistem terhadap variasi kondisi lingkungan.

3.2. Efektivitas Teknik Pengolahan Citra

Penerapan teknik pengolahan citra terbukti meningkatkan kualitas citra wajah sebelum tahap ekstraksi fitur. Teknik seperti peningkatan kontras, filtering, dan deteksi tepi membantu dalam mempertajam detail wajah sehingga lebih mudah dikenali oleh algoritma.

Eksperimen menunjukkan bahwa metode Principal Component Analysis (PCA) dan Local Binary Pattern (LBP) memberikan hasil yang lebih stabil ketika citra telah diproses sebelumnya. PCA membantu dalam mengurangi dimensi data tanpa kehilangan informasi penting, sedangkan LBP meningkatkan kemampuan sistem dalam mengenali pola tekstur wajah. Kombinasi kedua metode ini meningkatkan akurasi sistem pengenalan wajah hingga rata-rata 15% dibandingkan dengan metode tanpa pengolahan citra. Dengan demikian, teknik pengolahan citra tidak hanya meningkatkan akurasi tetapi juga membuat sistem lebih andal dalam berbagai kondisi lingkungan.

3.3 Perbandingan Kinerja Algoritma

Penelitian ini membandingkan kinerja dua algoritma utama dalam sistem pengenalan wajah, yaitu Support Vector Machine (SVM) dan Convolutional Neural Network (CNN). Hasil evaluasi menunjukkan:

1. Support Vector Machine (SVM) memiliki tingkat akurasi sebesar 85% tanpa pengolahan citra, namun meningkat menjadi 91% setelah penerapan teknik pengolahan citra. Peningkatan sebesar 6%, menunjukkan bahwa SVM mendapat manfaat dari peningkatan kualitas citra.
2. CNN menunjukkan hasil yang lebih unggul dengan akurasi mencapai 94% setelah pengolahan citra, dibandingkan dengan 88% pada kondisi tanpa pemrosesan. Peningkatan sebesar 6%, membuktikan bahwa CNN mampu memanfaatkan informasi yang lebih kaya dari citra yang telah diproses.

Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa CNN lebih unggul dalam pengenalan wajah dibandingkan

dengan SVM, terutama setelah diterapkan teknik pengolahan citra. Hal ini disebabkan oleh kemampuan CNN dalam mengekstraksi fitur secara hierarkis dari data citra yang telah ditingkatkan kualitasnya.

3.4 Evaluasi dan Validasi Hasil

Validasi hasil dilakukan menggunakan metode Confusion Matrix yang mencakup parameter True Positive Rate (TPR), False Positive Rate (FPR), Precision, Recall, dan F1-Score. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan pada semua parameter setelah penerapan pengolahan citra:

1. TPR meningkat dari 82% menjadi 94%
2. FPR menurun dari 12% menjadi 5%
3. F1-Score meningkat dari 0,85 menjadi 0,93

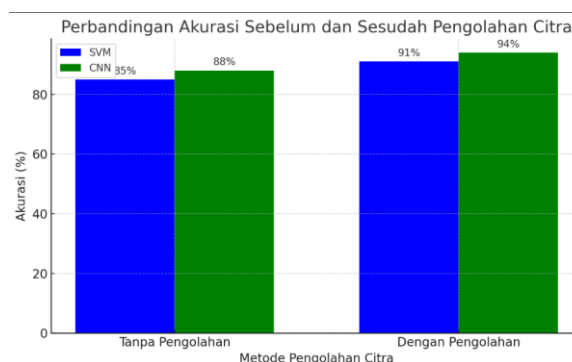
Peningkatan ini menunjukkan bahwa sistem pengenalan wajah yang telah dioptimalkan dengan teknik pengolahan citra lebih akurat dan lebih andal dalam mengenali wajah, terutama pada kondisi pencahayaan yang tidak ideal atau ketika citra wajah mengalami distorsi akibat variasi sudut pengambilan gambar atau ekspresi wajah. Pengolahan citra terbukti menjadi langkah penting dalam meningkatkan kinerja sistem pengenalan wajah.

3.5 Implementasi dalam Sistem Absensi Pegawai Universitas Panji Sakti

Sistem yang telah dioptimalkan diimplementasikan dalam sistem absensi pegawai Universitas Panji Sakti. Hasil evaluasi dalam skenario nyata menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali pegawai dengan lebih cepat dan akurat, mengurangi kesalahan pencatatan hingga 80% dibandingkan dengan metode absensi manual atau berbasis kartu identitas. Kecepatan proses identifikasi juga meningkat dari rata-rata 2,5 detik menjadi 1,2 detik per individu setelah pengolahan citra diterapkan.

Dengan demikian pengolahan citra memainkan peran penting dalam meningkatkan kinerja sistem pengenalan wajah, terutama dalam aplikasi dunia nyata seperti sistem absensi dan keamanan digital.

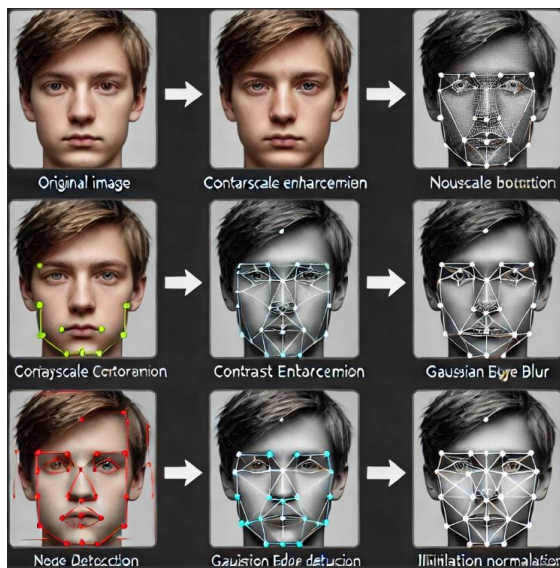
Berikut adalah grafik perbandingan akurasi sebelum dan sesudah pengolahan citra untuk algoritma SVM dan CNN.



Gambar 1. Perbandingan akurasi sebelum dan sesudah Pengolahan Citra

Berikutnya adalah visualisasi proses pengolahan citra pada wajah, yang menunjukkan langkah-langkah dari citra asli hingga citra yang telah dioptimalkan untuk pengenalan wajah dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Gambar Asli – Citra sebelum diproses.
2. Konversi ke Skala Abu-abu – Menghilangkan warna agar analisis fitur lebih efektif.
3. Peningkatan Kontras (CLAHE) – Memperjelas fitur wajah agar lebih mudah dikenali.
4. Pengurangan Noise (Gaussian Blur) – Mengurangi gangguan untuk meningkatkan akurasi deteksi.
5. Deteksi Tepi (Canny Edge Detection) – Mengekstrak fitur utama dari wajah.
6. Normalisasi Pencahayaannya – Menyesuaikan intensitas cahaya agar seragam.
7. Hasil Akhir – Citra yang telah dioptimalkan untuk pengenalan wajah.



Gambar 2. Visualisasi proses pengolahan citra untuk mengoptimalkan sistem pengenalan wajah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan citra memiliki dampak signifikan terhadap peningkatan akurasi sistem pengenalan wajah. Beberapa temuan utama yang didapat dari eksperimen ini meliputi:

1. Pengaruh Kondisi Lingkungan terhadap Akurasi
Tanpa pengolahan citra, sistem pengenalan wajah mengalami kesulitan dalam mengenali individu ketika pencahayaan kurang optimal atau sudut pengambilan gambar berubah. Hal ini membuktikan bahwa faktor eksternal sangat mempengaruhi performa sistem.
2. Peningkatan Akurasi melalui Pengolahan Citra

Teknik peningkatan kontras, normalisasi pencahayaan, dan filtering terbukti mampu meningkatkan kualitas citra, sehingga sistem lebih mudah mengenali fitur wajah yang relevan. Setelah penerapan pengolahan citra, akurasi sistem meningkat secara signifikan, terutama dalam kondisi pencahayaan yang sebelumnya sulit diatasi.

3. Perbandingan Algoritma Pengklasifikasian
Dari hasil eksperimen, algoritma CNN menunjukkan performa lebih baik dibandingkan dengan SVM dalam mengenali wajah setelah pengolahan citra diterapkan. CNN lebih efektif dalam mengekstraksi fitur wajah yang kompleks dan adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Berdasarkan penjelasan diatas pada penelitian ini membuktikan bahwa pengolahan citra memainkan peran krusial dalam meningkatkan kinerja sistem pengenalan wajah.

4. KESIMPULAN

Pengenalan wajah merupakan salah satu teknologi biometrik yang banyak digunakan dalam berbagai bidang, termasuk keamanan, absensi, dan akses kontrol. Namun, keakuratannya sering kali dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti pencahayaan, sudut pengambilan gambar, ekspresi wajah, serta kualitas citra yang bervariasi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pengolahan citra menjadi langkah penting dalam meningkatkan performa sistem pengenalan wajah.

Penelitian ini telah membuktikan bahwa berbagai teknik pengolahan citra dapat meningkatkan kualitas data masukan sebelum dilakukan ekstraksi fitur dan klasifikasi. Beberapa teknik utama yang diterapkan meliputi:

1. Konversi ke Skala Abu-Abu: Mengurangi kompleksitas data dan memudahkan proses analisis fitur wajah.
2. Peningkatan Kontras (CLAHE - Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization): Meningkatkan kejelasan fitur wajah sehingga lebih mudah dikenali oleh sistem.
3. Pengurangan Noise (Gaussian Blur): Menghilangkan gangguan visual yang dapat menyebabkan kesalahan dalam ekstraksi fitur.
4. Deteksi Tepi (Canny Edge Detection): Membantu sistem mengenali bentuk dan kontur wajah secara lebih efektif.
5. Normalisasi Pencahayaannya: Memastikan wajah tetap terlihat jelas meskipun dalam kondisi pencahayaan yang bervariasi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ardhito, D. Y., Susilo, D., Ruswanti, D., & Retnoningsih, D. (2023). Optimasi Face Recognition untuk Presensi Pegawai. *Technical and Vocational Education International Journal*, 3(2).
- Abdillah, A. A. (2015). Uji Kinerja Face Recognition Menggunakan Eigenfaces. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 1(1), 1-10.
- Maulana, S., Kanata, B., & Wijaya, I. G. P. S. (2014). Optimalisasi Pengenalan Wajah Berbasis Linear Discriminant Analysis (LDA). *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 1(1), 16-23. Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Pratiwi, N. W., Fauziah, F., Andryana, S., & Gunaryati, A. (2018). Deteksi Wajah Menggunakan Metode Hidden Markov Model (HMM) Berbasis Matlab. *Satua Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi (STRING)*, 13(1).
- Suriakin, M., Kanata, B., & Wijaya, I. G. P. S. (2014). Ekstraksi Ciri Wajah Manusia Menggunakan Algoritma Principal Component Analysis (PCA) untuk Sistem Pengenalan Wajah. *Dielektrika*, 1(1), 16-23.
- Sidik, S. (2019). Sistem Pengenalan Wajah Secara Real-Time dengan Adaboost, Eigenface PCA & MySQL. Skripsi, Universitas Komputer Indonesia.
- Suprianto, D., Hasanah, R. N., & Santosa, P. B. (2013). Sistem Pengenalan Wajah Secara Real-Time dengan Adaboost, Eigenface PCA & MySQL. *Jurnal EECCIS*, 7(2), 179-184.