

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis, perancangan, dan pengujian sistem presensi berbasis pengenalan wajah (*Face Recognition Attendance System*) yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. **Keberhasilan Implementasi Algoritma:** Kombinasi algoritma Haar Cascade Classifier (untuk pendeteksian letak wajah dan mata), Principal Component Analysis / PCA (untuk ekstraksi ciri dan reduksi dimensi), dan K-Nearest Neighbors / KNN (sebagai pengklasifikasi jarak vektor metrik Cosine) terbukti sangat kompatibel dan berhasil dibangun menjadi satu kesatuan mesin kecerdasan buatan dalam framework web Flask.
2. **Akurasi Sistem yang Andal:** Hasil pengujian menggunakan metode uji Confusion Matrix yang menggunakan 20% Data Uji (secara terpisah dari Data Latih) menunjukkan Akurasi Keseluruhan (*Overall Accuracy*) mencapai 86.76% saat mengidentifikasi 38 subjek mahasiswa yang berbeda. Nilai F1-Score rata-rata sebesar 0.85 membuktikan bahwa sistem tidak bias dan mampu mengenali sebagian besar wajah mahasiswa dengan presisi yang tinggi.
3. **Tingginya Efisiensi Komputasi AI:** Penerapan metode PCA berhasil menyusutkan matriks citra wajah dari 10.000 dimensi (piksel mentah berukuran 100x100) menjadi hanya 400 dimensi komponen utama (pemangkasan data hingga 96%). Ukuran matriks pengenalan yang sangat kecil ini membuat proses komputasi pencarian wajah berlangsung seketika tanpa jeda waktu yang berarti, yang sangat penting untuk fungsi presensi real-time.
4. **Ketahanan terhadap Faktor Lingkungan:** Sistem prapengolahan citra menggunakan Contrast Limited Adaptive Histogram

Equalization (CLAHE) berhasil mengatasi variabilitas pencahayaan ekstrem (seperti efek backlight jendela) di ruangan presensi. Ditambah dengan sistem augmentasi data (Horizontal Flip), model kecerdasan buatan memiliki toleransi dan ketahanan (robustness) yang baik terhadap pergeseran sudut hadap wajah mahasiswa.

5. **Pemenuhan Kebutuhan Fungsional Presensi:** Aplikasi ini berhasil menjalankan fungsionalitas otomasi absensi secara penuh. Validasi jam absensi (Hadir vs Terlambat), pelaporan verbal melalui asisten suara (Text-to-Speech), pemblokiran pengguna yang tidak terdaftar, pencatatan jejak log foto orang asing (unknown faces), hingga fitur rekapitulasi ke format Excel .xlsx seluruhnya berfungsi secara stabil dan akurat.

5.2. **Saran**

Meskipun sistem Kios Presensi telah bekerja dengan baik dan layak diterapkan, masih terdapat beberapa ruang untuk penyempurnaan di masa yang akan datang. Berdasarkan kendala yang ditemukan selama penelitian dan pengujian sistem, berikut adalah beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya:

1. **Pengaturan Posisi Fisik Kios:** Pada praktiknya, algoritma Haar Cascade sangat sensitif terhadap wajah yang ukurannya terlampau kecil atau terlampau miring dari titik sumbu kamera. Disarankan pada penerapannya, posisi instalasi tinggi lensa web-kamera disesuaikan agar sejajar dengan tinggi rata-rata penggunanya (sekitar 155 cm - 165 cm), serta diberikan tanda batas berdiri di lantai (footprint marker) untuk menyeragamkan skala proporsi wajah.
2. **Penambahan Pengenalan Kedalaman Tiga Dimensi (Liveness Detection):** Sistem saat ini hanya divalidasi oleh pendeteksian mata (2D) untuk mencegah penggunaan gambar foto hasil cetak. Pada pengembangan lebih lanjut, disarankan untuk mengintegrasikan sensor Depth Camera atau modul deteksi kedipan dinamis (Liveness

Detection) untuk menghindari kecurangan presensi menggunakan topeng tiga dimensi atau rekaman video smartphone.

3. **Migrasi ke Arsitektur Deep Learning:** Mengingat metode PCA+KNN masih bergantung pada pendekatan Machine Learning statistik konvensional, di masa depan sistem ini sangat potensial untuk direvitalisasi (di-upgrade) menggunakan arsitektur Jaringan Saraf Tiruan (Deep Learning), seperti algoritma Convolutional Neural Network (CNN) tipe FaceNet atau MobileNet, asalkan komputer server penggeraknya didukung dengan spesifikasi pemrosesan perangkat keras (GPU) yang lebih mumpuni.
4. **Penerapan di Sistem Terdistribusi (Cloud):** Sistem presensi saat ini bersifat sentral (Kios Kamera menyatu dengan penyimpanan MySQL localhost). Jika diterapkan dalam lingkup Fakultas atau Universitas, perangkat lunak ini dapat dipecah secara mikrolayanan (microservices). Raspberry Pi dapat digunakan hanya untuk menembak gambar, sedangkan proses komputasi beban berat dikirim ke server pusat jarak jauh (Cloud Server).