

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan mengenai sistem pengenalan wajah dengan ketahanan terhadap variasi pencahayaan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh Pencahayaan terhadap Performa Sistem

Intensitas cahaya memengaruhi reliabilitas sistem pengenalan wajah. Pada kondisi tanpa *Preprocessing* (Original) dengan pencahayaan redup (≤ 20 lux) dan jarak jauh (100 cm), akurasi sistem mengalami degradasi hingga 77,09%. Hal ini disebabkan oleh kegagalan detektor MTCNN dalam melokalisasi wajah serta rendahnya nilai probabilitas SVM (rata-rata 0,51).

2. Efektivitas Metode CLAHE

Penerapan metode CLAHE pada saluran *Value* (HSV) terbukti sangat efektif meningkatkan ketangguhan sistem. Penggunaan CLAHE berhasil meningkatkan akurasi *voting* menjadi 100% secara konsisten di seluruh skenario pengujian video dinamis (27 skenario), serta memastikan stabilitas deteksi wajah yang sempurna (30/30 *frame*) pada setiap kondisi.

3. Parameter CLAHE Optimal

Parameter CLAHE dengan *clip limit* 0,001 merupakan konfigurasi paling optimal untuk sistem ini. Metode ini memberikan keseimbangan terbaik antara akurasi maksimal dan efisiensi waktu pemrosesan (0,8289 detik/*frame*), yang hampir identik dengan waktu proses citra asli, namun dengan tingkat kepercayaan model yang jauh lebih tinggi dan stabil (di atas 0,94).

4. Implementasi Sistem Absensi

Prototipe sistem absensi berbasis PyQt5 telah berhasil mengintegrasikan seluruh *pipeline* mulai dari CLAHE, MTCNN, FaceNet, hingga SVM. Penambahan fitur *Liveness Detection* melalui deteksi kedipan mata

memberikan lapisan keamanan tambahan untuk memastikan subjek yang dideteksi adalah individu asli dan bukan representasi statis (foto/gambar).

5.2 Saran Pengembangan

Meskipun sistem telah menunjukkan performa yang sangat baik, terdapat beberapa saran yang dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya:

1. Optimasi Kecepatan

Mengingat sistem bekerja secara *real-time*, penelitian selanjutnya dapat mencoba arsitektur ekstraksi fitur yang lebih ringan guna menjaga kestabilan frame rate pada perangkat keras dengan spesifikasi lebih rendah.

2. Pengembangan Fitur Keamanan

Meningkatkan fitur keamanan dengan menambahkan metode verifikasi keaktifan (*liveness*) tambahan, seperti deteksi gerakan mulut atau arah kepala, untuk mengatasi keterbatasan fitur kedipan mata yang saat ini masih dapat dimanipulasi melalui penggunaan media video rekaman wajah. Selain itu, disarankan penggunaan perangkat keras berupa kamera 3D yang mendukung fitur *depth sensing*. Penambahan teknologi ini bertujuan agar sistem dapat melakukan analisis kedalaman objek untuk membedakan antara struktur dimensi wajah asli dengan permukaan datar pada layar ponsel secara lebih akurat.

3. Variasi Kondisi Lingkungan

Memperluas cakupan dataset dengan menyertakan variabel gangguan visual lain, seperti penggunaan masker atau kacamata, untuk menguji batas ketangguhan sistem di lingkungan yang lebih tidak menentu.