

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Berdasarkan hasil pengujian, perhitungan manual, dan analisis kinerja parameter Haar Cascade Classifier pada 697 frame video pengujian, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh Parameter scaleFactor:

Parameter scaleFactor berbanding terbalik antara akurasi dan kecepatan. Nilai 1.1 memberikan ketelitian pemindaian terbaik dengan akurasi hingga 87,23%, tetapi membebankan komputasi (FPS 6,42). Nilai 1.2 memacu kecepatan hingga 12,09 FPS, tetapi menurunkan akurasi menjadi 68,01%.

2. Pengaruh Parameter minNeighbors:

Pengetatan nilai minNeighbors dari 3 ke 5 meningkatkan standar penyaringan kandidat wajah, yang sedikit menurunkan akurasi deteksi tetapi membantu menaikkan kecepatan responsif FPS sebesar 20%–26%.

3. Pengaruh Parameter minSize:

Pembatasan minSize menjadi 50×50 piksel terbukti efektif memangkas komputasi jendela pemindaian mikro. Pengaturan ini berhasil meningkatkan kecepatan sistem dari 8,14 FPS ke 9,42 FPS tanpa menurunkan tingkat akurasi (80,20%).

4. Kombinasi Parameter Optimal:

Parameter 1 merupakan konfigurasi dengan akurasi tertinggi (87,23%). Namun, Parameter 5 (scaleFactor = 1.1, minNeighbors = 5, minSize = 50×50) disimpulkan sebagai konfigurasi paling seimbang dan ideal untuk implementasi deteksi wajah secara *real-time*, karena menghasilkan akurasi tinggi (80,20%) sekaligus kecepatan pemrosesan yang memadai (9,42 FPS).

5. Kelebihan Metode *Haar Cascade* pada Sistem:

Beban komputasi sangat ringan karena mampu berjalan lancar secara *real-time* dengan *frame rate* tinggi ($\approx 28,58$ FPS) tanpa membutuhkan kartu grafis (GPU) atau spesifikasi perangkat keras yang tinggi dan memiliki presisi tinggi pada kondisi ideal berupa tingkat respon deteksi yang cepat dan akurat pada citra wajah posisi *frontal* (menghadap lurus ke kamera) dengan kondisi pencahayaan merata/terang.

6. Kelemahan Metode *Haar Cascade* pada Sistem:

Sistem sensitif terhadap oklusi atau halangan sehingga mengalami penurunan tingkat deteksi (*False Negative* tinggi) ketika area fitur utama wajah tertutup aksesoris seperti masker dan terdapat keterbatasan variasi pose serta cahaya di mana kinerja deteksi menurun saat wajah mengalami rotasi kemiringan ekstrem (*yaw* dan *pitch* $> 30^\circ$) serta pada kondisi pencahayaan redup/minim (*low-light*).

5.2 Saran

Berdasarkan proses penelitian, analisis pengujian, serta untuk menutupi kelemahan metode *Haar Cascade Classifier* yang ditemukan pada sistem ini, disarankan beberapa poin perbaikan untuk penelitian berikutnya:

1. Penerapan Technique Multithreading:

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menerapkan pemrosesan paralel (*multithreading*) pada Python antara alur pembacaan frame kamera dan alur deteksi Haar Cascade, agar kombinasi presisi tinggi (seperti Param 1) dapat berjalan pada FPS yang lebih tinggi.

2. Pengujian pada Variasi Jarak dan Pencahayaan:

Disarankan untuk melakukan pengujian lanjutan pada kondisi pencahayaan minim (*low-light*) serta jarak objek yang bervariasi untuk menguji batas kritis efektivitas `minSize 50 × 50` piksel.

3. Integrasi Metode Hybrid:

Pengembangan sistem dapat mempertimbangkan penggabungan Haar Cascade sebagai pemindaian awal dengan algoritma berbasis Deep Learning (seperti MobileNet-SSD atau MediaPipe) guna menekan angka *False Negative* pada kondisi wajah miring (*yaw/pitch*).