

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem *eye tracking* untuk deteksi kecurangan pada simulasi ujian berbasis *computer vision* yang telah dilakukan terhadap 30 video uji (15 video curang dan 15 video normal), dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem *eye tracking* berbasis MediaPipe Face Mesh berhasil diimplementasikan untuk mendeteksi kecurangan pada simulasi ujian berbasis komputer tanpa memerlukan perangkat keras tambahan yang mahal seperti *eye tracker* khusus. Sistem mampu mengekstraksi lebih dari 468 titik *landmark* wajah secara akurat untuk menganalisis arah pandang, durasi gaze ke luar area layar, jumlah sakade, dan nilai PERCLOS (*Percentage of Eye Closure*) dari rekaman video peserta ujian.
2. Modul pelacakan arah pandang mata (*gaze tracking*) beserta pipeline pemrosesan video secara lengkap mulai dari pra-pemrosesan citra, deteksi wajah, *crop* ROI mata, estimasi gaze, hingga ekstraksi fitur perilaku visual berhasil diintegrasikan ke dalam antarmuka GUI berbasis Tkinter yang terdiri atas empat tab utama, yaitu Uji Satu Video, Uji Semua Video (*Batch*), Confusion Matrix & Evaluasi, dan Tabel Hasil. Fitur pengujian *batch* dilengkapi dengan pelabelan *ground truth* (GT) otomatis berdasarkan folder asal video serta kemampuan menambahkan dua folder video (curang dan

normal) sekaligus, sehingga mempercepat proses persiapan pengujian terhadap dataset berjumlah besar

3. Pendekatan deteksi berbasis ambang batas (*rule-based threshold*) dengan parameter PERCLOS di atas 30%, durasi gaze ke luar layar di atas 3 detik, dan frekuensi sakade di atas 15 kali terbukti mampu mengklasifikasikan video simulasi ujian ke dalam kelas normal dan curang dengan kinerja yang baik. Hasil evaluasi menggunakan *confusion matrix* terhadap 30 video menunjukkan nilai True Positive (TP) sebesar 13, True Negative (TN) sebesar 15, False Positive (FP) sebesar 0, dan False Negative (FN) sebesar 2, sehingga diperoleh akurasi sebesar 93,33%, presisi sebesar 100%, *recall* (sensitivitas) sebesar 86,67%, F1-score sebesar 92,86%, dan spesifisitas sebesar 100%.
4. Nilai presisi dan spesifisitas yang mencapai 100% menunjukkan bahwa sistem tidak menghasilkan kesalahan *false positive*, artinya seluruh video normal berhasil dikenali dengan tepat tanpa satu pun yang keliru ditandai sebagai curang. Namun demikian, nilai *recall* sebesar 86,67% menunjukkan masih terdapat 2 dari 15 video curang yang belum berhasil terdeteksi (*false negative*), yang setelah ditelusuri disebabkan oleh nilai PERCLOS pada kedua video tersebut yang berada di bawah ambang batas 30% meskipun video tersebut secara *ground truth* tergolong curang, sehingga nilai PERCLOS terbukti menjadi indikator yang paling dominan dalam proses deteksi kecurangan pada penelitian ini

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut di masa mendatang. Optimasi ambang batas (*threshold*) deteksi, khususnya pada parameter PERCLOS dan frekuensi sakade, perlu dipertimbangkan untuk mengurangi kesalahan *false negative* seperti yang ditemukan pada video 6Curang.MOV dan 7Curang.MOV pada penelitian ini. Pendekatan ambang batas adaptif atau kombinasi dengan metode *machine learning* ringan dapat dieksplorasi sebagai alternatif dari pendekatan *rule-based threshold* yang bersifat statis, agar sistem lebih peka terhadap variasi pola perilaku peserta ujian. Pengembangan sistem ke arah pemrosesan *real-time* melalui masukan kamera langsung (bukan hanya rekaman video) serta integrasi dengan platform ujian berbasis komputer (*Computer Based Test*) secara langsung dapat menjadi arah pengembangan selanjutnya, sehingga sistem dapat berfungsi sebagai alat bantu pengawasan otomatis secara aktif selama pelaksanaan ujian berlangsung, bukan hanya sebagai alat evaluasi pascaujian