BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari pengujian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan :

1. Mengintegrasikan algoritma *FaceNet* untuk pengenalan wajah dan algoritma *Dlib* untuk deteksi kedipan mata ini dapat mengatasi tantangan terkait penggunaan identitas palsu dan manipulasi gambar dalam ujian online.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa performa *Facenet* menghasilkan performa deteksi terbaik, dengan nilai rata-rata akurasi sebesar 96,67%, serta akurasi 97,33% pada pengujian *K-fold Cross Validation* dengan *5-fold* dan 98,67% pada pengujian *K-fold Cross Validation*. Sementara itu, metode pembandingnya yaitu *Deepface* hanya mencapai akurasi 70%, dengan *K-fold Cross Validation* mencapai 82% pada *5-fold* dan 84% pada *10-fold*.
3. Penggunaan durasi pada inputan video tidak mempengaruhi tingkat kepercayaan (*probability*) yang didapatkan, sebaliknya kecepatan *framerate* pada input video mempengaruhi *probability* tersebut. Pada video 30fps mencapai *probability* tertinggi 52.30% dan terendah 31.78%. Sementara itu, pada video 15fps mencapai *probability* tertinggi 52.13% dan terendah 28.93%.
4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa performa *Dlib* dapat mendeteksi upaya spoofing dengan pendekatan *Eyeblink Detection* secara akurat dengan menentukan nilai *Eye Aspect Ratio (EAR)* dengan ambang batas (*threshold*) kedipan mata 0,558.

5.2. Saran Pengembangan

Meskipun pengujian yang dilakukan sudah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam mengintegrasikan algoritma pengenalan wajah *FaceNet* dan *Dlib* untuk *Face Anti-Spoofing* melalui pendekatan deteksi kedipan mata, masih terdapat ruang untuk dikembangkan agar performa sistem lebih optimal, terutama dalam aplikasi nyata seperti ujian online dan konferensi virtual.

Pertama, *FaceNet* menunjukkan akurasi yang sangat baik, namun perlu ada peningkatan lebih lanjut dalam menangani variasi kondisi cahaya dan sudut pandang yang ekstrim. Pada kondisi cahaya yang rendah atau saat wajah tidak menghadap kamera secara langsung, sistem dapat mengalami penurunan performa. Oleh karena

itu, pengembangan dapat difokuskan pada peningkatan adaptasi model terhadap kondisi pencahayaan yang tidak ideal, seperti dengan menggunakan teknik augmentasi data seperti penambahan variasi pencahayaan atau penggunaan jaringan saraf tiruan untuk menghasilkan gambar wajah dengan kondisi pencahayaan yang berbeda.

Kedua, Algoritma Dlib sudah efektif dalam mendeteksi upaya *spoofing* melalui deteksi kedipan mata dengan ambang batas tertentu (threshold) pada Eye Aspect Ratio (EAR). Namun, untuk lebih meningkatkan ketangguhan sistem, perlu ada penelitian lebih lanjut untuk menambahkan kemampuan mendeteksi spoofing melalui teknik lain seperti manipulasi wajah (misalnya menggunakan masker 3D, atau *DeepFake*).

Ketiga, Untuk meningkatkan ketahanan sistem terhadap serangan, pengembangan dapat diarahkan untuk menggabungkan model FaceNet dengan algoritma lain yang lebih beragam. Selain itu, penerapan *multi-modal authentication* yang menggabungkan pengenalan wajah dan biometrik lain, seperti suara, iris, sidik jari, atau Geolocation dapat lebih meningkatkan tingkat keamanan dan kepercayaan pada sistem.