

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Perbandingan performa model MobileNetV3, InceptionV3, dan arsitektur CNN *Custom* dalam mengklasifikasikan kondisi kelelahan pada wajah mahasiswa berdasarkan fitur wajah, yaitu mata dan mulut, menghasilkan MobileNetV2 unggul dalam setiap segi pengukuran. Model dalam mengklasifikasikan kondisi mata menunjukkan tingkat akurasi tinggi dengan nilai *precision* mencapai 95.34% yang mengindikasikan keakuratan dalam memprediksi kondisi dengan tepat, serta *recall* sebesar 95.51% yang menunjukkan keandalannya dalam mengenali kondisi positif. Nilai *f1-score* sebesar 95.36%, memperlihatkan keseimbangan yang baik antara *precision* dan *recall*, serta mendapatkan nilai *accuracy* tinggi sebesar 95.46%, menandakan kemampuan yang baik dalam mengklasifikasikan kondisi secara keseluruhan. Bersamaan dengan itu, hasil yang serupa didapatkan dalam mengklasifikasikan kondisi mulut, MobileNetV2 menunjukkan *precision* yang sangat tinggi sebesar 99.71% dan *recall* sebesar 99.76%, yang berarti model sangat akurat dan andal dalam memprediksi dan mengenali kondisi kelelahan. *F1-score* mencapai 99.77% dan *accuracy* yang hampir sempurna sebesar 99.71%, membuktikan keunggulan MobileNetV2 dalam mengklasifikasikan kondisi mulut dengan tepat. Bersamaan dengan itu, MobileNetV2 unggul karena waktu pelatihannya lebih singkat dengan rata-rata waktu komputasi 7m 4s, yang menunjukkan bahwa MobileNetV2 efektif dalam hal waktu komputasi, sehingga memungkinkan penggunaan yang lebih efisien untuk pengembangan deteksi kelelahan secara *real-time*. Sementara hasil yang diperoleh dari model InceptionV3 dan model CNN *Custom* menunjukkan performa yang lebih rendah dibandingkan MobileNetV2 dalam segi *precision*, *recall*, *f1-score*, *accuracy*, maupun waktu komputasi.

Pada penelitian ini, model terbaik untuk mengklasifikasikan kondisi mata dan mulut digabungkan untuk melihat performa kedua model dalam implementasi secara *real-time*. Performa keseluruhan model menunjukkan hasil yang sangat baik.

Pengujian dengan berbagai situasi kondisi menunjukkan bahwa penggunaan kaca mata yang memantulkan sinar layar dan sudut pandang yang mengubah struktur bukaan mata serta mulut mempengaruhi hasil prediksi. Selain itu, terdapat hambatan dalam pengujian yang mempengaruhi proses pengujian, yaitu keterbatasan perangkat yang mengakibatkan *lagging* ketika pengujian *real-time* berlangsung. Namun, model dapat mendeteksi dini kelelahan dengan cukup efektif.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk penelitian kedepannya agar dapat meningkatkan performa deteksi dini kelelahan berdasarkan *facial feature*, berikut saran yang dapat diterapkan, diantaranya:

- a. Mengombinasikan atau meningkatkan variasi dataset seperti variasi sudut dan perspektif wajah untuk memperkuat *robustness* model dalam menghadapi berbagai situasi nyata.
- b. Menerapkan pendekatan perhitungan yang lebih dinamis seperti *Percentage of eyelid closure* (PERCLOS) dan *Percentage of mouth* (POM) yang memungkinkan analisis lebih detail dalam hal durasi dan frekuensi penutupan mata dan bukaan mulut.
- c. Mempertimbangkan variabel lain seperti berbagai ekspresi wajah, posisi kepala, gerakan tubuh lain, serta tingkatan mahasiswa seperti mahasiswa yang sedang skripsi atau mahasiswa tingkat akhir untuk menjadi indikator kelelahan tambahan.
- d. Melakukan penambahan *layer* dengan teknik lain pada CNN *Custom layer* seperti *Dropout*, *Batch Normalization*, atau *Regularization layers* untuk mencegah terjadinya *overfitting*.
- e. Menerapkan dan membandingkan arsitektur CNN lainnya seperti VGG, ResNet, DenseNet, EfficientNet untuk melihat kemampuannya dalam klasifikasi kondisi kelelahan.