

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan seluruh proses dan hasil pengujian yang telah dilakukan, ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil diantaranya :

1. Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem klasifikasi ekspresi wajah menggunakan arsitektur *Multi-Level Convolutional Neural Network* (MLCNN) dengan integrasi fitur *Local Binary Pattern* (LBP). Implementasi model diuji menggunakan dataset FER2013 dan melibatkan delapan skenario pengujian, termasuk variasi koneksi antar blok serta kombinasi input citra biasa dan citra hasil transformasi LBP.
2. Arsitektur MLCNN dan integrasi LBP berhasil menjawab sebagian besar keterbatasan model tradisional, seperti sensitivitas terhadap pencahayaan, oklusi, dan noise visual. Selain itu juga lebih baik dibanding CNN konvensional. Untuk hasil yang lebih optimal dan generalisasi lebih kuat, penelitian ke depan disarankan untuk menggunakan dataset yang lebih beragam secara demografis dan kontekstual, agar dapat mencerminkan variasi wajah yang lebih luas di dunia nyata. Analisis performa menunjukkan bahwa model mampu mengenali ekspresi Happy, Angry, Surprise, dan Neutral dengan baik. Namun, kesulitan masih ditemukan pada kelas Fear, Disgust, dan Sad, yang cenderung memiliki pola visual yang lebih halus atau mirip satu sama lain. Tantangan ini dipengaruhi juga oleh distribusi data dan faktor demografis dalam dataset, seperti variasi ras, usia, jenis kelamin, serta bentuk wajah, yang berpengaruh terhadap ekspresi visual seseorang. Misalnya, karakteristik ekspresi wajah pada kelompok etnis tertentu bisa tampak berbeda, sehingga model yang dilatih pada data dominan satu ras mungkin memiliki bias terhadap ekspresi dari ras lain.
3. Hasil terbaik diperoleh pada skenario ketiga yaitu LBP + MLCNN dengan koneksi tipe 3, dengan akurasi tertinggi sebesar 68.7% dan F1-Score sebesar 67.1%. Di antara variasi koneksi MLCNN, tipe koneksi ketiga terbukti paling

efektif dalam menggabungkan informasi dari berbagai level fitur sebelum proses pooling, sehingga memperkaya representasi spasial untuk klasifikasi akhir. Selain itu, kombinasi LBP + CNN juga menunjukkan peningkatan performa dibandingkan CNN biasa, yaitu dari F1-score 61.0% (CNN) menjadi 65.7% (LBP + CNN). Hal ini menunjukkan bahwa integrasi LBP secara konsisten memberikan kontribusi positif terhadap performa model. Namun, ketika dibandingkan antara LBP + MLCNN dan MLCNN tanpa LBP, peningkatan performa yang diperoleh tidak terlalu signifikan. Hal ini disebabkan karena MLCNN telah mampu menangkap fitur visual dari berbagai tingkat kompleksitas (low, mid, dan high-level), sedangkan LBP menambahkan fitur tekstur lokal yang mirip dengan low-mid dari MLCNN. Meski begitu, baik model LBP + MLCNN maupun MLCNN tetap memberikan hasil lebih unggul dibandingkan CNN konvensional, membuktikan bahwa arsitektur multilevel dan penambahan informasi tekstur dapat meningkatkan kemampuan klasifikasi ekspresi wajah.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa arsitektur MLCNN dan integrasi LBP berhasil menjawab sebagian besar keterbatasan model tradisional, seperti sensitivitas terhadap pencahayaan, oklusi, dan noise visual. Selain itu juga lebih baik dibanding CNN konvensional. Untuk hasil yang lebih optimal dan generalisasi lebih kuat, penelitian ke depan disarankan untuk menggunakan dataset yang lebih beragam secara demografis dan kontekstual, agar dapat mencerminkan variasi wajah yang lebih luas di dunia nyata.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya maupun penerapan model dalam praktik.

1. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan untuk mengeksplorasi teknik augmentasi data atau peningkatan jumlah data untuk memperbaiki klasifikasi pada kelas yang masih rendah akurasi, seperti "fear" dan "disgust" dan menggunakan dataset yang lebih besar dan beragam, termasuk dari berbagai ras,

usia, dan kondisi pencahayaan, dapat membantu model mengenali ekspresi dengan lebih akurat.

2. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan mengintegrasikan metode lain seperti *Attention Mechanism* atau *transformer-based* models guna menangkap fitur yang lebih kompleks dan relevan dalam klasifikasi ekspresi wajah.
3. Performa model juga dapat ditingkatkan dengan melakukan *fine-tuning hyperparameter* secara lebih mendalam, seperti penyesuaian jumlah layer, ukuran kernel, dan *learning rate*.

Halaman ini sengaja dikosongkan