

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan mengenai pengaruh teknik *Data Augmentation* terhadap akurasi model CNN MobileNetV2 dalam mengklasifikasikan citra X-ray paru (Normal, Pneumonia, dan Tuberculosis), dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan teknik *Data Augmentation* dinamis yang meliputi rotasi, *zoom*, *shear*, dan *horizontal flip* berhasil diimplementasikan pada data latih. Penerapan teknik ini terbukti efektif bertindak sebagai mekanisme regularisasi, yang ditandai dengan akurasi validasi (95,93%) yang secara konsisten lebih tinggi dibandingkan akurasi pelatihan (94,58%) pada model, sehingga mampu mencegah *overfitting*.
2. Pengembangan model CNN berbasis *Transfer Learning* menggunakan arsitektur dasar MobileNetV2 berhasil dilakukan untuk mengekstraksi fitur citra medis secara efisien. Modifikasi pada bagian *custom head* dengan lapisan *Global Average Pooling 2D*, *Dense*, dan *Dropout* memungkinkan model untuk mengklasifikasikan tiga kelas (Normal, Pneumonia, dan Tuberculosis) dengan stabil.
3. Performa klasifikasi dari model yang dikembangkan menunjukkan hasil yang sangat baik, di mana model dengan *Data Augmentation* mencapai akurasi validasi sebesar 95,93%. Model yang dikembangkan terbukti sangat tangguh dalam mengenali fitur patologis spesifik, mempertahankan *recall* sempurna (1.00) untuk kelas Tuberculosis, meskipun terdapat sedikit penurunan sensitivitas pada kelas Pneumonia (0.88) akibat transformasi citra.

5.2 Saran

Berdasarkan keterbatasan yang ditemukan selama proses penelitian, penulis mengajukan beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya agar hasil yang diperoleh dapat lebih optimal:

1. Eksplorasi Jenis Augmentasi Lain. Penelitian ini hanya berfokus pada augmentasi geometri (posisi). Penelitian selanjutnya disarankan untuk menerapkan augmentasi fotometrik, seperti pengaturan kecerahan (*brightness*), kontras, atau penambahan *noise*, guna menguji ketahanan model terhadap variasi kualitas pencahayaan citra X-ray yang sering terjadi di lapangan.
2. Penggunaan Dataset Eksternal. Untuk menguji keandalan model secara lebih objektif, disarankan untuk melakukan pengujian menggunakan dataset eksternal (dari rumah sakit atau sumber berbeda selain Kaggle). Hal ini penting untuk memastikan model benar-benar *robust* dan tidak bias terhadap karakteristik satu sumber data saja.

