

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Penelitian ini secara umum berhasil menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan. Permasalahan umum yang diangkat adalah kebutuhan akan deteksi penyakit paru-paru secara cepat, akurat, dan efisien mengingat tingginya kasus penyakit seperti COVID-19, pneumonia, dan tuberkulosis yang memerlukan diagnosa dini. Permasalahan khusus yang diangkat adalah bagaimana pengaruh penerapan teknik peningkatan kontras citra menggunakan CLAHE terhadap akurasi model klasifikasi. Melalui penerapan metode *deep learning* yang mengkombinasikan teknik pra-pemrosesan CLAHE untuk peningkatan kontras citra dan arsitektur CNN untuk klasifikasi otomatis, penelitian ini menunjukkan bahwa sistem klasifikasi berbasis citra X-ray dapat memberikan performa yang sangat baik. Hasil pengujian memperlihatkan peningkatan akurasi pada seluruh arsitektur model setelah ditambahkan CLAHE, dengan model EfficientNetB3 (CLAHE) menjadi yang terbaik, meraih akurasi validasi hingga 98,75% dan akurasi pengujian sebesar 98,64%, serta macro *F1-score* mencapai 0,99. Temuan ini membuktikan bahwa integrasi CLAHE dengan CNN secara efektif mampu meningkatkan akurasi deteksi penyakit paru-paru berbasis citra X-ray.

Selain itu, untuk menjawab kebutuhan implementasi nyata, sistem yang dikembangkan telah berhasil *di-deploy* menggunakan *platform* Streamlit dengan dua fitur utama: prediksi citra tunggal dan prediksi batch melalui file ZIP. Aplikasi ini telah diunggah ke GitHub dan dapat diakses melalui Streamlit Cloud, memudahkan pengguna untuk mengoperasikannya di berbagai perangkat tanpa konfigurasi kompleks. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berhasil dari sisi performa teknis, tetapi juga memberikan kontribusi dalam bentuk aplikasi yang siap digunakan, serta

menjadi langkah penting dalam menghadirkan solusi berbasis teknologi untuk membantu diagnosis penyakit paru-paru secara lebih cepat, akurat, dan terjangkau.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, peneliti memberikan sejumlah saran dan rekomendasi sebagai acuan untuk pengembangan studi selanjutnya. Hal ini mempertimbangkan adanya keterbatasan pada aspek sumber daya dan waktu pelaksanaan penelitian. Adapun rekomendasi yang diajukan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada klasifikasi empat kategori utama: COVID-19, pneumonia, tuberkulosis, dan paru-paru normal. Studi selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan jenis penyakit paru-paru seperti bronkitis kronis, *pulmonary edema*, dan kanker paru. Dengan demikian, sistem klasifikasi akan menjadi lebih relevan untuk berbagai kebutuhan diagnosis yang lebih kompleks.
2. Studi selanjutnya sangat disarankan untuk menerapkan teknik *Explainable AI* (seperti *Grad-CAM*, *LIME*, atau *SHAP*) agar proses pengambilan keputusan oleh model dapat dijelaskan secara visual dan logis.
3. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari *Kaggle* dan telah melalui proses pra-pemrosesan. Studi lanjutan sebaiknya menguji model pada dataset *real-world* yang dikumpulkan langsung dari rumah sakit atau institusi kesehatan. Hal ini dapat menguji daya tahan dan generalisasi model pada situasi nyata.
4. Untuk meningkatkan penerapan di lapangan, terutama di daerah dengan akses terbatas terhadap perangkat keras canggih, pengembangan model yang ringan dan efisien secara komputasi sangat disarankan, misalnya dalam bentuk aplikasi *mobile*.