

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai optimasi model Convolutional Neural Network (CNN) dengan *Hyperband* untuk klasifikasi tuberkulosis pada citra X-ray dada, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan Convolutional Neural Network (CNN) mampu memberikan performa yang cukup baik dalam klasifikasi citra X-ray dada ke dalam dua kelas, yaitu Normal dan Tuberculosis.
2. Proses optimasi *hyperparameter* menggunakan algoritma *Hyperband* menghasilkan kombinasi *hyperparameter* yang bervariasi pada setiap skenario pembagian dataset. Dari hasil optimasi *hyperparameter* menunjukkan bahwa jumlah data latih yang lebih besar tidak selalu menjamin mendapatkan kinerja yang lebih baik, karena adanya sifat acak dalam pemilihan kombinasi *hyperparameter* selama proses optimasi *Hyperband*.
3. Secara keseluruhan, penerapan *Hyperband* terbukti mampu meningkatkan kinerja model CNN dalam setiap skenario, baik pada pembagian data 80:10:10 maupun 70:10:20. Hal ini menegaskan bahwa optimasi *hyperparameter* memiliki peran penting dalam menghasilkan model yang lebih akurat dan stabil.
4. Model terbaik dalam penelitian ini adalah CNN yang dioptimasi dengan *Hyperband* pada skenario pembagian data 70:10:20. Model tersebut mencapai *train accuracy* sebesar 85,33%, *validation accuracy* sebesar 83,11%, dan *test accuracy* sebesar 88,43%, yang menunjukkan kemampuan generalisasi yang baik terhadap data baru.
5. Analisis lebih lanjut terhadap metrik *precision*, *recall*, dan *F1-score* mengindikasikan bahwa setiap model telah bekerja dengan baik dalam mengenali kelas Normal, tetapi performanya sedikit lebih rendah pada kelas Tuberculosis. Hal ini menunjukkan bahwa model masih menghadapi tantangan dalam membedakan karakteristik khas TB, yang kemungkinan dipengaruhi oleh variasi kualitas citra.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa saran untuk penelitian berikutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menunjukkan bahwa model sudah memiliki kinerja yang cukup baik, tetapi masih terdapat kecenderungan salah dalam mengenali kelas Tuberculosis. Oleh karena itu, sangat disarankan dilakukan peningkatan kualitas citra dengan melakukan beberapa teknik pengolahan data, seperti penerapan CLAHE untuk peningkatan kontras, Gaussian Denoising untuk mengurangi noise, dan segmentasi paru berbasis U-Net agar model lebih fokus pada area yang relevan.
2. Penelitian selanjutnya disarankan mengimplementasikan dan membandingkan arsitektur CNN modern seperti VGG, Inception, atau MobileNet. Tujuannya adalah untuk melihat bagaimana optimasi Hyperband mempengaruhi kinerja arsitektur CNN modern yang lebih dalam dan kompleks pada kasus klasifikasi tuberkulosis.
3. Disarankan penambahan interpretasi model dengan metode seperti Grad-CAM pada penelitian selanjutnya. Metode ini dapat membantu mengidentifikasi area atau pola pada citra X-ray dada yang menjadi dasar pengambilan keputusan model dalam melakukan klasifikasi, sekaligus memastikan apakah model benar-benar fokus pada fitur yang relevan
4. Penelitian ini hanya berhenti pada tahap pengujian model secara teknis. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya sebaiknya melibatkan proses validasi dengan tenaga medis untuk memastikan apakah model telah bekerja dengan benar pada kasus nyata dan layak digunakan sebagai alat bantu diagnosis awal tuberkulosis.