

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model klasifikasi otomatis penyakit daun padi berbasis citra digital dengan menggunakan arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) ResNet-50 dan strategi optimasi Test-Time Augmentation (TTA). Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Model CNN ResNet-50 yang dikembangkan mampu mengenali empat jenis penyakit daun padi, yaitu *Bacterial Blight*, *Leaf Blast*, *Brown Spot*, dan *Tungro*, dari citra digital dengan baik, terutama setelah melalui tahapan preprocessing dan augmentasi data.
2. Performa model tanpa optimasi TTA menunjukkan hasil klasifikasi yang masih kurang stabil, dengan akurasi sebesar 60% dan F1-score rata-rata sebesar 0.53. Kesalahan klasifikasi paling dominan terjadi pada kelas *Blast* yang sulit dikenali oleh model.
3. Penerapan Test-Time Augmentation (TTA) terbukti meningkatkan ketahanan model terhadap variasi visual pada data uji. Setelah TTA, akurasi model meningkat menjadi 95%, dengan F1-score rata-rata mencapai 0.95. Peningkatan F1-score tertinggi terjadi pada kelas *Blast* (dari 0.08 menjadi 0.90).
4. Evaluasi manual terhadap salah satu kelas (*Brown Spot*) menunjukkan bahwa metrik yang dihasilkan sistem selaras dengan perhitungan matematis secara manual, membuktikan validitas proses evaluasi model.
5. Hasil penelitian ini sejalan dengan studi sebelumnya yang menekankan pentingnya arsitektur mendalam (seperti ResNet-50) dan strategi augmentasi dalam meningkatkan performa klasifikasi citra tanaman. Namun, penelitian ini memperluas kontribusi tersebut dengan mengintegrasikan TTA sebagai strategi inferensi untuk meningkatkan generalisasi model.

Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi antara arsitektur ResNet-50 dan optimasi prediktif berbasis TTA mampu menghasilkan sistem klasifikasi penyakit daun padi yang tangguh, akurat, dan dapat diimplementasikan pada skenario nyata.

5.2. Saran

Berdasarkan pengalaman dan hasil yang diperoleh selama pelaksanaan penelitian, berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Penelitian di masa depan dapat mengeksplorasi penerapan ensemble arsitektur CNN yang berbeda, atau integrasi dengan metode interpretabilitas model seperti Grad-CAM untuk memberikan pemahaman lebih dalam terhadap proses klasifikasi.
2. Penggunaan dataset yang lebih kompleks dan beragam secara geografis dan temporal dapat meningkatkan kemampuan generalisasi model terhadap kondisi nyata di berbagai wilayah pertanian.
3. Pengembangan sistem klasifikasi dalam bentuk aplikasi mobile atau platform web interaktif dapat menjadi langkah nyata dalam mendukung praktik pertanian presisi berbasis kecerdasan buatan.
4. Selain TTA, penelitian selanjutnya dapat mengkaji penggunaan teknik Uncertainty Estimation atau Bayesian CNN untuk menangani prediksi pada citra yang memiliki ambiguitas visual tinggi.

Dengan demikian, seluruh rangkaian penelitian ini telah disusun secara sistematis dan diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata baik secara akademik maupun praktis dalam bidang klasifikasi penyakit tanaman berbasis teknologi.