

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai penerapan model *ResNet-50* dengan *Selective Kernel* untuk klasifikasi spesies merak menggunakan citra bulu, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Model *ResNet-50* dengan *Selective Kernel* berhasil diimplementasikan untuk klasifikasi spesies merak ke dalam tiga kelas yaitu Biru, Hijau, dan Ungu. Proses implementasi dilakukan melalui pengumpulan *dataset* citra bulu merak, pembagian data menggunakan *stratified split* dengan proporsi 80% data pelatihan, 10% data validasi, dan 10% data pengujian, *preprocessing* citra ke ukuran 224×224 piksel, augmentasi data pelatihan, serta pelatihan model menggunakan skenario *freeze total*, *partial fine-tuning*, dan *full fine-tuning*.

Pada model usulan, *feature map* diambil dari tiga *stage ResNet-50*, yaitu *conv2_block3_out*, *conv3_block4_out*, dan *conv4_block6_out*. *Feature map* tersebut diproses menggunakan *Selective Kernel block*, kemudian digabungkan sebelum masuk ke *classifier head*. Pendekatan ini membuat model memanfaatkan informasi visual dari beberapa tingkat kedalaman jaringan, sehingga lebih sesuai untuk citra bulu merak yang memiliki kemiripan warna, tekstur, dan pola antar kelas.

2. Berdasarkan eksperimen utama, model *ResNet-50 + Selective Kernel* menunjukkan performa pengujian yang lebih tinggi dibandingkan *Baseline ResNet-50*. Pada kelompok *baseline*, performa terbaik diperoleh oleh *Baseline-3* dengan *test accuracy* sebesar 0,9740 dan *F1-score macro* 0,9778. Pada kelompok *ResNet-50 + Selective Kernel*, *SK-2* dan *SK-3* memperoleh *test accuracy* sebesar 0,9870 dan *F1-score macro* 0,9889. Meskipun *SK-2* dan *SK-3* memiliki performa data uji yang sama, *SK-3* dipilih sebagai model akhir karena memiliki hasil validasi yang lebih baik, yaitu *best validation accuracy* sebesar 0,9737 dan *best validation loss*

sebesar 0,0925. *SK-3* juga hanya menghasilkan satu kesalahan prediksi dari total 77 data uji, yaitu satu citra kelas Hijau yang diprediksi sebagai Biru. Dari sisi waktu inferensi, *SK-3* membutuhkan rata-rata 127,39 ms/citra dengan standar deviasi 26,24 ms, sehingga masih layak digunakan pada sistem klasifikasi berbasis *web*.

Namun, hasil uji signifikansi statistik pada 25 kali *repeated training* menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata *accuracy* antara *SK-3* dan *Baseline-3* belum signifikan secara statistik. *Welch independent samples t-test* menghasilkan *p-value* sebesar 0,303629, sedangkan *paired t-test* tambahan menghasilkan *p-value* 0,294995. Dengan demikian, *SK-3* tetap digunakan sebagai model akhir berdasarkan hasil eksperimen utama dan kelayakan implementasi, tetapi peningkatan performanya terhadap *Baseline-3* belum dapat dinyatakan signifikan secara statistik.

3. Model akhir *SK-3* berhasil diintegrasikan ke dalam aplikasi *web* bernama *PavoLens*. Sistem ini memungkinkan pengguna mengunggah citra bulu merak, menjalankan proses klasifikasi, dan memperoleh hasil prediksi berupa label spesies, nilai *confidence*, probabilitas setiap kelas, serta waktu inferensi. Aplikasi juga dilengkapi halaman Beranda, Tentang, Klasifikasi, Hasil Klasifikasi, dan Histori untuk mendukung alur penggunaan sistem. Implementasi *PavoLens* menunjukkan bahwa model *SK-3* tidak hanya berhenti pada tahap evaluasi, tetapi juga dapat digunakan dalam alur sistem yang lebih praktis. Proses prediksi pada aplikasi mencakup unggah citra, *preprocessing*, inferensi model, penampilan hasil klasifikasi, dan penyimpanan histori prediksi.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa model *ResNet-50* dengan *Selective Kernel* dapat diterapkan untuk klasifikasi spesies merak berdasarkan citra bulu dan dapat diimplementasikan ke dalam sistem *web*. Model *SK-3* menjadi model akhir karena memberikan performa tinggi pada eksperimen utama, hasil validasi yang baik, kesalahan prediksi yang rendah, serta waktu inferensi yang masih layak, dengan catatan bahwa keunggulannya terhadap *baseline* belum terbukti signifikan berdasarkan *repeated training*.

5.2. Saran Pengembangan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran pengembangan untuk penelitian selanjutnya, di antaranya:

1. Memperluas jumlah dan variasi *dataset* citra bulu merak dengan mengambil lebih banyak sampel dari masing-masing spesies. Pengambilan data dapat dilakukan dengan variasi sudut, jarak, pencahayaan latar belakang, serta kondisi bulu yang berbeda. Hal ini bertujuan untuk memperkaya representasi data, menyeimbangkan jumlah citra pada setiap kelas, dan meningkatkan kemampuan generalisasi model terhadap citra yang lebih beragam.
2. Memperkuat proses evaluasi model dengan jumlah percobaan dan variasi data yang lebih besar. Penelitian selanjutnya dapat melakukan *repeated training* dengan jumlah run yang lebih banyak, menguji model pada data eksternal, atau menggunakan skema validasi tambahan seperti *cross-validation*. Hal ini penting untuk melihat apakah perbedaan performa antara model *baseline* dan model usulan tetap konsisten serta dapat terbukti signifikan secara statistik.
3. Mengembangkan proses validasi kualitas citra sebelum prediksi dilakukan. Penelitian selanjutnya dapat menerapkan teknik peningkatan kualitas citra, seperti penyesuaian kontras, koreksi pencahayaan, atau deteksi kualitas gambar untuk mengurangi pengaruh citra buram, gelap, terlalu terang, maupun terpotong. Dengan demikian, *input* yang masuk ke model dapat lebih optimal data dan risiko kesalahan prediksi dapat diminimalkan.
4. Mengembangkan aplikasi PavoLens agar dapat digunakan secara lebih luas dan terintegrasi. Pengembangan dapat dilakukan dengan menambahkan penyimpanan berbasis *database* atau server, autentikasi pengguna, ekspor laporan hasil klasifikasi, serta *deployment* berbasis *cloud* agar sistem dapat diakses secara lebih konsisten. Selain itu, optimasi model seperti *quantization* atau model *compression* juga dapat dipertimbangkan agar waktu inferensi menjadi lebih ringan ketika sistem digunakan pada perangkat dengan sumber daya terbatas.

Halaman ini sengaja dikosongkan