

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi, pelatihan, dan evaluasi yang telah dilakukan pada dua model klasifikasi bunga berbasis MobileNetV3-Large, yaitu Model A (dengan augmentasi data dan fine-tuning dua fase) dan Model B (baseline tanpa augmentasi dan tanpa fine-tuning), dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Implementasi MobileNetV3-Large yang dioptimalkan dengan augmentasi data dan strategi fine-tuning dua fase berhasil mencapai akurasi 97,07% pada dataset Oxford Flowers 102. Model ini juga memperoleh macro average F1-score sebesar 96,4%, dengan seluruh kelas memiliki F1-score di atas 0.7. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi augmentasi data dan fine-tuning mampu secara signifikan meningkatkan kemampuan model dalam mengklasifikasikan 102 spesies bunga.
- b. Perbandingan antara Model A (dengan augmentasi dan fine-tuning) dan Model B (baseline) menunjukkan peningkatan akurasi sebesar 3,66% (dari 93,41% menjadi 97,07%) serta peningkatan macro average F1-score sebesar 4,5% (dari 91,9% menjadi 96,4%). Dari aspek efisiensi komputasi, Model A justru unggul dengan waktu inferensi yang lebih cepat (19,77 ms per sampel dibandingkan 27,29 ms) dan throughput yang lebih tinggi (50,57 sampel/detik dibandingkan 36,64 sampel/detik). Meskipun ukuran file Model A lebih besar (35,09 MB dibandingkan 13,20 MB), hasil ini membuktikan bahwa augmentasi data dan fine-tuning dapat meningkatkan performa klasifikasi secara signifikan dengan trade-off yang masih dapat diterima, terutama pada kecepatan inferensi.

Secara keseluruhan, transfer learning dengan MobileNetV3-Large yang dikombinasikan augmentasi data dan fine-tuning dua fase menghasilkan model klasifikasi bunga berakurasi tinggi, presisi, dan interpretabel, tetap mempertahankan efisiensi inferensi yang baik.

5.2 Saran

5.2.1 Saran Untuk Penelitian Selanjutnya

Pada penelitian ini masih memiliki ruang yang cukup luas untuk dikembangkan lebih jauh. Beberapa hal yang disarankan untuk penelitian selanjutnya antara lain:

- a. Melakukan ablasi study secara sistematis untuk mengukur kontribusi individu dari teknik augmentasi data dan skema fine-tuning terhadap peningkatan akurasi dan efisiensi komputasi.
- b. Mengeksplorasi variasi arsitektur MobileNetV3 (misalnya MobileNetV3-Small) serta membandingkannya dengan arsitektur ringan terkini lainnya seperti EfficientNet-Lite, ShuffleNetV2, MobileViT, atau GhostNet.
- c. Menguji performa model pada data real-world (in-the-wild) yang memiliki latar belakang kompleks, oklusi, pencahayaan buruk, dan variasi sudut pandang, misalnya dengan mengumpulkan dataset bunga Indonesia sendiri.
- d. Mengimplementasikan teknik augmentasi yang lebih advanced seperti CutMix, MixUp, RandAugment, atau AutoAugment, serta menambahkan modul attention (SE, CBAM, atau Coordinate Attention) untuk meningkatkan performa pada kelas-kelas yang sulit.
- e. Mengembangkan pendekatan few-shot learning atau domain adaptation agar model lebih tangguh ketika diterapkan pada dataset bunga lokal Indonesia yang memiliki distribusi berbeda dengan Oxford Flowers 102.
- f. Menambahkan analisis explainable AI yang lebih mendalam selain Grad-CAM, seperti Layer-wise Relevance Propagation (LRP) atau

SHAP, untuk memberikan penjelasan yang lebih dapat dipercaya kepada pengguna.

5.2.2 Saran Pengembangan Sistem

Selain pengembangan dari sisi penelitian, model yang dihasilkan juga memiliki potensi besar untuk diwujudkan dalam bentuk sistem yang lebih aplikatif. Beberapa rekomendasi pengembangan sistem yang dapat dilakukan meliputi:

- a. Model A yang dihasilkan sangat potensial untuk diimplementasikan pada aplikasi mobile menggunakan TensorFlow Lite, mengingat ukurannya yang masih ringan (35 MB) dan waktu inferensi yang cepat (± 20 ms per gambar).
- b. Penambahan fitur interpretabilitas berbasis Grad-CAM dapat dilakukan untuk memberikan penjelasan visual kepada pengguna mengenai dasar keputusan model.
- c. Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi aplikasi edukasi botani dengan menambahkan informasi tambahan (nama ilmiah, habitat, dan kegunaan) setelah proses klasifikasi.