

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Aplikasi mobile pendeteksi penyakit daun jeruk secara otomatis berhasil dirancang dan dikembangkan dengan algoritma CNN berarsitektur MobileNetV2 yang mengklasifikasikan lima kondisi daun jeruk. Aplikasi terhubung dengan *backend* Laravel dan basis data MySQL yang terdiri atas tujuh tabel untuk data pengguna, riwayat deteksi, dan fitur pendukung usaha tani.
2. Fitur deteksi penyakit daun jeruk telah berhasil diimplementasikan ke dalam aplikasi *mobile* melalui proses inferensi model secara on-device menggunakan TensorFlow Lite, sehingga proses identifikasi kondisi daun dapat dilakukan secara cepat tanpa bergantung pada koneksi internet. Hasil pengujian *black box* terhadap 36 skenario fungsional serta pengujian performa menggunakan *Flutter DevTools* menunjukkan bahwa seluruh fitur aplikasi berjalan sesuai kebutuhan dengan performa yang responsif.
3. Penerapan algoritma *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur MobileNetV2 terbukti mampu mengklasifikasikan kondisi dan penyakit daun jeruk dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi, mencapai 99,87% pada pengujian menggunakan data *testing*, sehingga layak diimplementasikan sebagai solusi deteksi dini penyakit daun jeruk berbasis aplikasi *mobile*.
4. Sistem dilengkapi dengan model tambahan berupa *leaf detector* yang berfungsi memverifikasi apakah citra yang diunggah pengguna merupakan citra daun sebelum diproses ke tahap klasifikasi penyakit. Penambahan model ini bertujuan untuk mencegah kesalahan klasifikasi akibat citra yang tidak relevan (bukan daun), sehingga meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan sebelum masuk ke tahap identifikasi jenis penyakit.
5. Uji robustness terhadap 1.040 citra pada lima kondisi (*original*, *blur*, *brightness*, *noisy*, dan *zoom*) menunjukkan konsistensi prediksi rata-rata 100% pada model *leaf detector* dan 90% pada model klasifikasi penyakit. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan cukup andal dalam mempertahankan performa deteksi pada variasi kondisi citra yang mendekati kondisi pengambilan gambar nyata di lapangan.
6. Penelitian ini berhasil menutup sejumlah keterbatasan pada penelitian terdahulu sebagaimana dirangkum pada Tabel 2.2, yaitu ketergantungan pada proses *cloud* (Riswandi et al. 2021), akurasi yang masih rendah dan belum berupa aplikasi *mobile* (Kurniawati, Wulanningrum, and Sahertian 2023), arsitektur model yang berat dan belum terimplementasi ke Android/iOS

(Acarya, Muhaimin, and Hindrayani 2024), dataset kecil dan tidak seimbang (Soleha, Hidayat, and Zulus 2025), serta objek deteksi pada kulit buah dengan akurasi di bawah 99% (Gilang, Khaira, and Hutabarat 2025). Penelitian ini menjawab keterbatasan tersebut melalui sistem yang berjalan *on-device* dengan 5 kelas deteksi, akurasi 99,87%, arsitektur MobileNetV2 yang ringan, dataset berskala besar (38.432 citra), serta fokus deteksi pada daun yang telah diuji ketahanannya melalui pengujian *robustness*. Dengan demikian, penelitian ini merupakan pengembangan yang lebih menyeluruh dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya.

6.2. Saran

Dari hasil penelitian ini, ada sejumlah keterbatasan yang patut dipertimbangkan bila solusi hendak diterapkan dalam skala yang lebih luas, sebagaimana diuraikan berikut.

1. Model klasifikasi pada penelitian ini dilatih menggunakan dataset sebanyak 38.432 citra yang bersumber dari platform daring, sehingga performa model pada kondisi pengambilan gambar di lapangan secara luas, dengan variasi pencahayaan, latar belakang, dan perangkat kamera yang beragam, perlu diuji lebih lanjut untuk memastikan konsistensi akurasi pada penggunaan nyata oleh petani.
2. Cakupan deteksi masih terbatas pada lima kategori kondisi daun jeruk yang tersedia dalam dataset penelitian, sehingga belum mencakup seluruh jenis penyakit daun jeruk yang dapat ditemukan di lapangan.
3. Hasil pengujian *robustness* menunjukkan tingkat konsistensi model klasifikasi penyakit masih menurun pada kondisi citra *noisy* dan *zoom* dibandingkan kondisi *blur* dan *brightness*, sehingga model masih memiliki keterbatasan dalam mempertahankan performa pada kondisi pengambilan gambar dengan derau tinggi atau perbedaan jarak pengambilan yang signifikan.

Adapun beberapa hal yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan kinerja solusi yang telah diimplementasikan adalah sebagai berikut.

1. Penambahan variasi dan jumlah kelas penyakit daun jeruk pada dataset, guna memperluas cakupan deteksi serta meningkatkan kemampuan generalisasi model.
2. Pengujian performa dan kegunaan aplikasi secara langsung bersama petani sebagai pengguna akhir, guna memperoleh umpan balik yang dapat menjadi dasar penyempurnaan aplikasi selanjutnya.
3. Integrasi dengan model deteksi objek berbasis *object detection*, seperti arsitektur YOLO, untuk mengembangkan kemampuan sistem dari sekadar klasifikasi kondisi daun secara keseluruhan

menjadi deteksi lokasi dan luas area bercak atau gejala penyakit secara spesifik pada citra daun, sehingga informasi yang dihasilkan dapat lebih rinci dan bermanfaat dalam menentukan tingkat keparahan penyakit.