

BAB V

PENUTUP

3.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan melalui tahapan pengumpulan data, *preprocessing*, pelatihan model, hingga evaluasi dan implementasi sistem, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Penerapan model YOLOv8 dan YOLOv12 dalam deteksi kematangan buah kelapa sawit. Kedua model menunjukkan kemampuan deteksi yang baik pada dataset penelitian, dengan nilai mAP50 mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa arsitektur YOLO secara umum efektif dalam menangani tugas deteksi objek pada citra buah kelapa sawit dengan variasi kematangan yang berbeda.
- Hasil evaluasi performa model dan penentuan model terbaik. Hasil evaluasi performa model menunjukkan bahwa YOLOv8 memiliki kinerja yang lebih unggul dibandingkan YOLOv12 berdasarkan beberapa metrik utama. YOLOv8 memperoleh nilai *precision* sebesar 0.974, *recall* 0.987, mAP50 0.994, mAP50-95 0.892, serta *average inference time* 31,28 ms, sedangkan YOLOv12 menghasilkan *precision* 0.976, *recall* 0.969, mAP50 0.990, mAP50-95 0.872, dan *average inference time* 35,69 ms. Berdasarkan hasil tersebut, YOLOv8 dipilih sebagai model terbaik karena memiliki keseimbangan yang lebih baik antara akurasi deteksi, kemampuan menangkap seluruh objek (*recall*), serta efisiensi waktu komputasi, sehingga lebih optimal untuk implementasi sistem deteksi kematangan buah kelapa sawit.
- Integrasi model ke dalam aplikasi berbasis streamlit. Model terbaik yang diperoleh, yaitu YOLOv8, berhasil diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis *Graphical User Interface* (GUI) menggunakan streamlit. Aplikasi yang dikembangkan mampu menampilkan hasil deteksi objek melalui *input* gambar, lengkap dengan visualisasi *bounding box* dan label tingkat kematangan buah kelapa sawit. Dengan adanya antarmuka yang interaktif dan mudah digunakan, sistem ini dapat membantu pengguna dalam melakukan identifikasi tingkat kematangan buah kelapa sawit secara otomatis dan efisien.

3.2. Saran Pengembangan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Pertama, penelitian ini masih menggunakan jumlah data yang terbatas, khususnya pada data primer yang diperoleh dari lapangan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah jumlah serta variasi dataset yang digunakan, baik dari segi kondisi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, maupun latar belakang objek, sehingga model dapat dilatih dengan distribusi data yang lebih beragam dan mampu meningkatkan kemampuan generalisasi model dalam mengenali tingkat kematangan buah kelapa sawit.

Kedua, sistem yang dikembangkan pada penelitian ini masih terbatas pada implementasi berbasis aplikasi web menggunakan streamlit. Pemilihan streamlit dilakukan untuk mempermudah proses pengujian model dan evaluasi performa selama penelitian, karena fleksibilitasnya mendukung pengujian secara cepat dan interaktif. Selain itu, proses *deployment* ke perangkat *mobile* memerlukan optimasi tambahan agar model dapat berjalan secara efisien pada keterbatasan sumber daya perangkat. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sistem deteksi kematangan buah kelapa sawit dalam bentuk aplikasi *mobile*, sehingga lebih praktis digunakan secara langsung di lapangan, khususnya oleh pekerja atau pihak perkebunan, dalam melakukan identifikasi tingkat kematangan buah secara *real-time*.