

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri pertanian modern, khususnya dalam penanganan pascapanen, menghadapi tantangan dalam proses penyortiran buah yang membutuhkan efisiensi dan akurasi. Penyortiran secara manual masih mengharuskan pekerja mengamati dan mengklasifikasikan buah berdasarkan karakteristik visual seperti warna, ukuran, bentuk, tekstur, dan tingkat kematangan. Proses tersebut membutuhkan waktu, tenaga, serta berpotensi menghasilkan ketidakonsistenan akibat subjektivitas pengamatan manusia [1]. Penerapan teknologi computer vision dapat menjadi salah satu solusi untuk mengotomatisasi proses penyortiran dengan memanfaatkan karakteristik visual buah secara lebih konsisten [2].

Perkembangan deep learning dalam bidang computer vision memungkinkan proses identifikasi dan klasifikasi objek dilakukan secara otomatis. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah You Only Look Once (YOLO), yang memiliki kemampuan melakukan deteksi objek secara cepat dan sesuai untuk aplikasi real-time. YOLOv8 merupakan salah satu pengembangan YOLO yang dapat digunakan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan objek berdasarkan karakteristik visualnya. Dalam penerapannya, performa model tidak hanya dipengaruhi oleh arsitektur jaringan, tetapi juga oleh pemilihan hyperparameter seperti learning rate, batch size, optimizer, weight decay, dan epoch. Pemilihan hyperparameter yang tidak tepat dapat menyebabkan performa model menjadi kurang optimal, sehingga diperlukan metode optimasi yang mampu menemukan konfigurasi yang sesuai dengan karakteristik model dan dataset [3].

Penelitian mengenai klasifikasi tingkat kematangan apel berbasis YOLOv8 telah dilakukan oleh Lintang R. Rifatatiar [4]. Penelitian tersebut mengembangkan sistem klasifikasi tiga tingkat kematangan apel, yaitu matang, setengah matang, dan belum matang, serta menerapkan sistem penyortiran otomatis. Optimasi hyperparameter pada penelitian tersebut dilakukan menggunakan metode One-Factor-at-a-Time (OFAT), yaitu dengan mengubah satu hyperparameter pada setiap

percobaan untuk memperoleh konfigurasi terbaik. Penelitian tersebut menjadi dasar dan acuan utama bagi pengembangan sistem pada penelitian ini.

Meskipun demikian, terdapat permasalahan pada dataset yang digunakan dalam penelitian sebelumnya. Dataset lama menghubungkan tingkat kematangan dengan varietas apel tertentu, yaitu Red Delicious sebagai apple-100 atau matang, Fuji sebagai apple-75 atau setengah matang, dan Granny Smith sebagai apple-20 atau belum matang. Pendekatan tersebut secara tidak langsung membuat model mempelajari hubungan antara varietas atau karakteristik warna tertentu dengan kelas kematangan. Padahal, tingkat kematangan tidak selalu dapat ditentukan hanya berdasarkan varietas karena satu varietas dapat memiliki karakteristik warna yang berbeda pada kondisi kematangan yang berbeda.

Permasalahan tersebut terlihat ketika model diuji menggunakan apel matang dengan karakteristik warna yang tidak dominan merah. Apel Malang dengan warna hijau kekuningan atau hijau kemerahan dapat mengalami kesalahan klasifikasi karena karakteristik tersebut kurang terwakili pada dataset sebelumnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa dataset perlu dibuat lebih representatif terhadap variasi visual yang dapat muncul pada setiap tingkat kematangan.

Selain permasalahan dataset, proses pencarian hiperparameter dengan metode OFAT ini memakan total waktu pelatihan (*tuning time*) sekitar 8 jam pada GPU Tesla T4. Melalui pendekatan tersebut, diperoleh konfigurasi *optimizer* SGD, *learning rate* 0,01, *batch size* 16, *weight decay* 0,0005, dan *epoch* 200, yang menghasilkan *precision* sebesar 0,982, *recall* 0,998, *F1-score* 0,990, serta *mAP@0,50* sebesar 0,991. Pemilihan metode optimasi yang lebih sistematis diperlukan agar pencarian konfigurasi hyperparameter dapat dilakukan secara lebih efisien. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah Tree-Structured Parzen Estimator (TPE), yang membangun model probabilistik berdasarkan hasil percobaan sebelumnya untuk menentukan konfigurasi berikutnya yang lebih berpotensi menghasilkan performa baik.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini merupakan pengembangan dan kelanjutan dari penelitian Lintang R. Rifatatiar [4] dengan dua pengembangan utama. Pengembangan pertama adalah menggantikan metode optimasi hyperparameter OFAT dengan metode TPE menggunakan framework Optuna untuk memperoleh konfigurasi hyperparameter secara lebih efisien. Pengembangan kedua adalah memperbarui dataset dan strategi anotasi dengan menentukan kelas berdasarkan karakteristik warna yang merepresentasikan tingkat kematangan, bukan berdasarkan varietas apel. Dengan pendekatan tersebut, satu varietas dapat memiliki kelas kematangan yang berbeda sesuai dengan kondisi visualnya. Dataset yang diperbarui juga mencakup variasi varietas, warna, pencahayaan, sudut pengambilan, orientasi, ukuran, dan latar belakang sehingga diharapkan mampu meningkatkan kemampuan generalisasi model dalam mengenali tingkat kematangan apel pada kondisi yang lebih beragam.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan pada sub bab sebelumnya, maka dapat dirumuskan permasalahan yang ingin diangkat dalam Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merancang sistem deteksi klasifikasi apel dengan optimisasi hyperparameter yang efisien dengan tetap mempertahankan akurasi yang tinggi (≈ 1)?
2. Bagaimana membangun dataset yang mewakili kategori apel yang akan dideteksi ?
3. Bagaimana pengaruh optimisasi hyperparameter terhadap kinerja deteksi dan klasifikasi apel pada model YOLO di sistem embedded dengan feeder?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan penulisan pada pembuatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang sistem deteksi klasifikasi apel dengan metode Tree Parzen Estimator untuk meningkatkan efisiensi dan mempertahankan akurasi tinggi

2. Membangun dataset dengan data gambar apel yang mewakili setiap kelasnya
3. Membandingkan efektivitas dan efisiensi tuning hyper-parameter sistem embedded klasifikasi tingkat kematangan apel.

1.4 Batasan Masalah

Batasan dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya berfokus pada klasifikasi tingkat kematangan apel dengan tiga kelas: matang, setengah matang, dan tidak matang.
2. Penelitian ini tidak membedakan jenis atau varietas Apel Malang, Red Delicious, Gala, Green Smith, dan Fuji
3. Sistem pengklasifikasian hanya diuji pada kondisi pencahayaan tertentu yang dikendalikan secara relatif stabil di lingkungan pengujian. Perubahan intensitas cahaya atau sumber pencahayaan yang tidak konsisten dapat memengaruhi hasil klasifikasi