

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu produsen utama kakao di dunia, dengan luas areal perkebunan mencapai 1.410,90 ribu hektar pada tahun 2023 (Badan Pusat Statistik, 2023). Perkebunan kakao tersebar di berbagai provinsi, dengan kontribusi terbesar berasal dari Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, dan Sulawesi Selatan, diikuti oleh daerah lain seperti Sumatera Barat dan Sumatera Utara (Badan Pusat Statistik, 2023). Di Pulau Jawa, Kabupaten Jember di Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu sentra produksi kakao, dengan luas area tanaman kakao mencapai 3.862 hektar pada tahun 2022 (BPS Jawa Timur, 2022). Keberadaan perkebunan kakao di Jember memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian lokal serta menjadi sumber mata pencaharian utama bagi masyarakat sekitar.

Keberhasilan produksi kakao sebagai komoditas perkebunan bernilai strategis sangat ditentukan oleh sinergi antara pemilihan bibit, daya dukung lingkungan, serta manajemen pascapanen. Di antara berbagai variabel tersebut, penilaian terhadap indeks kematangan fisiologis dan prevalensi kerusakan fisik pada fase pascapanen memegang peranan paling krusial karena berkorelasi langsung terhadap mutu biji yang dihasilkan (Iswari, 2023). Karakteristik morfologis buah saat pemanenan inilah yang pada akhirnya menjadi parameter penentu kualitas produk yang dipasok ke industri manufaktur cokelat global.

Dalam praktik pertanian tradisional, penentuan kelayakan buah kakao berdasarkan kondisi fisiknya masih dilakukan secara manual melalui pengamatan visual oleh petani. Metode ini cenderung bersifat subjektif karena bergantung pada pengalaman individu, sehingga berpotensi menimbulkan bias dalam penilaian. Selain itu, penerapan kriteria penilaian yang belum konsisten serta keterbatasan dalam mengukur kinerja proses seleksi menjadi kendala dalam menjaga konsistensi kualitas hasil panen (Iswari, 2023). Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu membantu proses deteksi kondisi fisik buah kakao secara lebih objektif dan konsisten.

Peningkatan produktivitas serta optimalisasi efisiensi pada sektor agrikultur modern saat ini banyak bertumpu pada implementasi sistem berbasis pemrosesan citra digital. Dalam ranah penelitian, teknologi visi komputer ini telah diimplementasikan untuk mendeteksi indeks kematangan pada tomat lewat arsitektur YOLOv3-tiny (Hernández *et al.*, 2023), serta kategorisasi fase kematangan buah melon memanfaatkan keandalan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) guna memperoleh hasil identifikasi yang presisi (Zhao *et al.*, 2021). Di samping komputasi citra, ekosistem pertanian cerdas juga ditopang oleh peranti kompak seperti Raspberry Pi yang berfungsi sebagai unit pengendali sensor untuk mengeksekusi keputusan berbasis data lapangan secara *real-time* (Joice *et al.*, 2025). Efektivitas perangkat ini sejalan dengan studi terdahulu mengenai integrasi arsitektur *Internet of Things* (IoT) bertenaga Raspberry Pi yang difokuskan untuk mengagregasi dan menganalisis parameter lingkungan pada sistem observasi iklim mikro (Bafdal *et al.*, 2022).

Keunggulan utama dalam ranah visi komputer saat ini dipegang oleh arsitektur *You Only Look Once* (YOLO), yang mengintegrasikan lokalisasi objek dan identifikasi fitur dalam satu tahapan pemrosesan tunggal yang adaptif untuk kebutuhan waktu-nyata (*real-time*). Validitas performa teknologi ini terbukti melalui studi Aswandi *et al.* (2025), di mana varian YOLOv9 mencatatkan akurasi sebesar 99,5% saat mengidentifikasi gejala kerusakan buah kakao yang dipicu oleh serangan hama. Bertumpu pada capaian empiris tersebut, kajian ini dirancang untuk menerapkan model YOLOv11n guna mengklasifikasikan kualitas fisik buah kakao ke dalam kategori layak (baik) dan cacat (buruk) berdasarkan fitur visualnya. Proses komputasi ini diintegrasikan langsung pada komputer papan tunggal (*single-board computer*) seperti Raspberry Pi sebagai basis eksekusi lapangannya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah disampaikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah deteksi kondisi fisik buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang masih dilakukan secara manual melalui pengamatan visual petani yang bersifat subjektif dan tidak konsisten.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma YOLOv11n dalam mendeteksi kondisi fisik buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) ke dalam kategori baik dan buruk berdasarkan citra digital, serta mengevaluasi performa model yang dikembangkan berdasarkan metrik *precision*, *recall*, dan *mean Average Precision* (mAP50 dan mAP50-95).

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

1. Memberikan kontribusi ilmiah mengenai penerapan algoritma YOLOv11n pada perangkat *edge* Raspberry Pi 5 sebagai pendekatan *object detection* berbasis *deep learning* dalam bidang pemrosesan citra pertanian.
2. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan metode deteksi kondisi fisik objek berbasis *deep learning*, khususnya pada komoditas buah kakao.
3. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penerapan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan *computer vision* dalam sistem deteksi otomatis pada komoditas pertanian.

1.4.2 Manfaat Praktis

1. Membantu petani dalam mendeteksi kondisi fisik buah kakao secara lebih objektif dan konsisten dibandingkan metode manual.
2. Menyediakan sistem deteksi kondisi fisik buah kakao berbasis Raspberry Pi 5 yang dapat dioperasikan secara langsung di lapangan sebagai alat bantu pengambilan keputusan panen yang lebih objektif
3. Mengurangi ketergantungan pada penilaian subjektif petani dalam menentukan kondisi fisik buah kakao melalui sistem deteksi otomatis berbasis citra digital.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus dan lingkup penelitian, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada deteksi kondisi fisik buah kakao (*Theobroma cacao* L.) berdasarkan citra digital.
2. Kategori kondisi fisik buah yang dideteksi dibatasi menjadi dua kelas, yaitu kondisi baik dan kondisi buruk.
3. Algoritma yang digunakan dalam penelitian ini adalah YOLOv11n sebagai metode deteksi objek.
4. Implementasi sistem dilakukan pada perangkat Raspberry Pi 5 sebagai media komputasi utama.
5. Data yang digunakan berupa citra buah kakao yang diperoleh dalam kondisi tertentu dan tidak mencakup seluruh variasi lingkungan secara umum.
6. Sistem difokuskan pada proses deteksi kondisi fisik buah kakao menggunakan pendekatan *object detection*, tanpa membahas mekanisme pemilahan atau sortir buah secara fisik.
7. Sistem deteksi hanya menggunakan satu sudut pandang kamera (*single-view*), sehingga tidak merepresentasikan kondisi objek secara menyeluruh dari berbagai sisi.
8. Penelitian ini tidak melakukan perhitungan manual pada proses deteksi, karena identifikasi dilakukan secara otomatis oleh model YOLOv11n.
9. Penelitian ini berfokus pada implementasi dan evaluasi model YOLOv11n untuk deteksi kondisi fisik buah kakao, tanpa membahas atau melakukan modifikasi arsitektur dari model YOLOv11n.