

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan tanaman tropis dari keluarga Arecaceae yang dikenal sebagai “pohon kehidupan” karena hampir seluruh baginya dapat dimanfaatkan, mulai dari buah, batang, daun, hingga akarnya (Ignacio & Miguel, 2021). Indonesia menempati peringkat pertama sebagai produsen kelapa terbesar di dunia dengan produksi mencapai 17,19 juta ton (FAO, 2022), sementara data Badan Pusat Statistik (BPS, 2023) mencatat produksi kelapa nasional sebesar 2.890,90 ribu ton. Di Bali sendiri, total produksi mencapai 69.143 ton dengan daerah penyumbang terbesar di antaranya Kabupaten Jembrana, Tabanan, dan Karangasem. Selain aspek ekonomi, kelapa juga memiliki peran penting dalam budaya masyarakat Bali, terutama pada upacara keagamaan Hindu melalui sarana banten. Sejalan dengan itu, masyarakat Bali mengembangkan sistem perdagangan tradisional bernama majeg, yaitu jual beli hak panen kelapa. Sistem ini memberi kepastian pendapatan bagi petani serta peluang usaha bagi pemajeg, sehingga menjadi bagian penting dari identitas ekonomi dan budaya lokal.

Meskipun sistem majeg telah berlangsung turun-temurun, praktik estimasi jumlah buah kelapa masih menghadapi kendala signifikan. Proses perhitungan dilakukan secara manual melalui pengamatan visual di lapangan, yang sangat bergantung pada pengalaman pemajeg. Berdasarkan wawancara dengan pemajeg di Desa Tusan, Kecamatan Banjarangkan, Kabupaten Klungkung, estimasi manual sering kali tidak efisien: sekali tenaga panjang dipanggil biayanya mencapai Rp 5000/pohon, padahal satu pohon kadang hanya berisi dua butir kelapa yang layak panen. Selain itu, posisi buah yang tinggi, pencahayaan yang kurang, dan tertutupnya buah oleh daun membuat pengamatan semakin sulit. Kesalahan perhitungan jumlah maupun jenis kelapa (muda atau tua) berpotensi menimbulkan kerugian ekonomi, menurunkan kepercayaan antar pihak, dan bahkan mengancam keberlanjutan praktik majeg sebagai tradisi perdagangan berbasis budaya lokal.

Untuk mengatasi masalah estimasi manual, berbagai metode computer vision telah digunakan dalam bidang deteksi objek. Faster R-CNN (Zheng et al., 2020) dikenal memiliki akurasi tinggi, namun membutuhkan waktu komputasi yang relatif lama sehingga kurang cocok untuk aplikasi real-time. Single Shot Multibox Detector (SSD) (Liu et al., 2016) lebih efisien dalam kecepatan, tetapi performanya menurun ketika mendekripsi objek kecil atau dengan latar belakang yang kompleks. Unet (Ronneberger et al., 2015) efektif untuk segmentasi citra, namun tidak dirancang untuk menghitung banyak objek sekaligus. Dari perbandingan tersebut terlihat adanya trade-off antara akurasi dan kecepatan. Algoritma You Only Look Once (YOLO) yang pertama kali diperkenalkan oleh Redmon et al. (2016) menjadi solusi alternatif dengan kemampuan deteksi real-time, akurat, dan efisien. Perkembangan YOLO hingga versi lanjutannya (YOLOv3 dan YOLOv4) telah terbukti memberikan peningkatan akurasi deteksi dengan tetap mempertahankan kecepatan yang tinggi ((Redmon et al., 2016) Bochkovskiy et al., 2020).

Berdasarkan perbandingan metode yang ada, penelitian ini memilih untuk mengimplementasikan YOLOv11, yaitu generasi terbaru dari YOLO yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi parameter sekaligus akurasi deteksi. YOLOv11 menghadirkan arsitektur modern seperti C3K2 untuk ekstraksi fitur, SPPF untuk pengolahan objek multi-skala, serta C2PSA yang memperkuat perhatian spasial sehingga lebih stabil pada kondisi citra kompleks (Wang et al., 2024). Hasil benchmark multi-domain pada *ODVerse33 dataset* juga menunjukkan bahwa YOLOv11 melampaui performa YOLOv8, YOLOv7, dan YOLOv5 dalam hal kecepatan inferensi serta nilai mean Average Precision (mAP) (Zheng et al., 2020). Dengan keunggulan tersebut, sistem prototipe berbasis web yang dikembangkan di penelitian ini diharapkan mampu membantu pemajeg dan petani dalam menghitung jumlah kelapa sekaligus membedakan kelapa muda dan tua secara otomatis. Penerapan ini akan mengurangi biaya panjat pohon, mempercepat proses estimasi, serta meningkatkan transparansi dan keadilan dalam praktik majeg di Bali.

1.2.Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berfokus pada beberapa pertanyaan utama berikut:

1. Bagaimana rancangan prototipe berbasis web menggunakan YOLO untuk deteksi dan estimasi buah kelapa dalam praktik *majeg* di Bali
2. Bagaimana implementasikan prototipe berbasis web menggunakan YOLO untuk deteksi dan estimasi buah kelapa dalam praktik *majeg* di Bali
3. Bagaimana hasil evaluasi prototipe berbasis web menggunakan YOLO untuk deteksi dan estimasi buah kelapa dalam praktik *majeg* di Bali

1.3.Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian pada ini sebagai berikut

1. Merancang prototipe berbasis web menggunakan YOLO untuk deteksi dan estimasi buah kelapa dalam praktik *majeg* di Bali
2. Mengimplementasikan prototipe berbasis web menggunakan YOLO untuk deteksi dan estimasi buah kelapa dalam praktik *majeg* di Bali
3. Mengevaluasi prototipe berbasis web menggunakan YOLO untuk deteksi dan estimasi buah kelapa dalam praktik *majeg* di Bali

1.4.Ruang Lingkup Peneliti

Agar penelitian ini lebih terfokus pada tujuan yang telah dijelaskan sebelumnya, ruang lingkup penelitian ini ditetapkan sebagai berikut :

1. Lingkup Deteksi: Sistem melakukan deteksi objek pada citra 2D (gambar). Hasil estimasi adalah jumlah kelapa yang tampak oleh kamera, dan bukan jumlah total kelapa yang sesungguhnya ada di pohon (yang mungkin terhalang daun atau buah lain).
2. Lingkup Estimasi: Estimasi terbatas pada jumlah dan klasifikasi (kelapa muda/kelapa tua). Penelitian ini tidak mencakup estimasi atribut fisik (seperti berat, ukuran) atau nilai moneter (harga) dari komoditas.

1.5.Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya, manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

- a. Memperluas wawasan di bidang *computer vision*, khususnya dalam penerapan teknologi YOLO untuk deteksi dan klasifikasi objek pada sektor pertanian.
- b. Berkontribusi secara akademik dalam pengembangan sistem berbasis kecerdasan buatan (AI) yang mendukung peningkatan akurasi dan efisiensi dalam estimasi hasil pertanian.
- c. Menjadi landasan bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan teknologi serupa untuk optimalisasi pengelolaan komoditas pertanian.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi Pemajeg dan Petani Kelapa: Mempermudah estimasi jumlah dan jenis kelapa secara akurat, sehingga mendukung penentuan harga yang lebih adil serta meningkatkan efisiensi dalam transaksi majeg.
- b. Bagi Pemerintah: Meningkatkan transparansi dan akurasi dalam pengelolaan komoditas kelapa, sekaligus berkontribusi pada peningkatan nilai ekonomi sektor pertanian.

