

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Desa Ciptodadi, terletak di wilayah Jalan Raya Ciptodadi, Dusun V Sungai Baung/Purwodadi, merupakan salah satu desa yang sedang mengalami pergeseran pola budidaya pertanian, dari lahan kosong dan tanaman karet menuju sistem budidaya kelapa sawit yang lebih intensif. Perubahan ini mencerminkan upaya masyarakat dalam mengembangkan potensi ekonomi berbasis komoditas unggulan daerah. Namun, seiring dengan meningkatnya intensitas budidaya, muncul tantangan baru terkait proses identifikasi tingkat kematangan Tandan Buah Segar (TBS) yang hingga kini masih dilakukan secara manual.

Identifikasi kematangan TBS oleh petani umumnya dilakukan berdasarkan pengamatan visual terhadap warna dan tekstur tandan. Buah mentah biasanya berwarna hitam pekat, buah setengah matang berwarna kemerahan kehitaman, dan buah matang memiliki warna merah jingga terang. Meskipun metode ini telah digunakan secara luas, pendekatan tersebut bersifat subjektif, bergantung pada pengalaman individu, dan rentan terhadap kesalahan, terutama ketika panen dilakukan dalam kondisi pencahayaan yang tidak mendukung atau di bawah tekanan waktu. Namun, dikarenakan wilayah ini masih dalam proses transisi menuju budidaya kelapa sawit yang intensif, masih sedikit masyarakat yang benar-benar memahami karakteristik tingkat kematangan buah sawit

secara tepat. Hal ini semakin memperbesar kemungkinan terjadinya kesalahan dalam penentuan waktu panen.

Berdasarkan pengamatan pribadi peneliti selama periode penelitian, sekitar 15% dari TBS yang dipanen belum mencapai tingkat kematangan optimal meskipun secara visual tampak layak panen. Kesalahan ini berdampak langsung pada nilai ekonomi, mengingat pada saat penelitian dilakukan, TBS matang dengan berat lebih dari 6 kilogram dijual seharga sekitar Rp2.940/kg, sedangkan TBS yang belum matang dan TBS matang dengan berat antara 3 hingga 5 kilogram hanya dihargai sekitar Rp1.450/kg. Selisih harga tersebut mencerminkan potensi kerugian finansial yang signifikan, mencapai sekitar 50% dari nilai jual optimal.

Kemajuan teknologi di bidang *Artificial Intelligence* (AI) dan *Computer Vision* memberikan peluang besar untuk mengatasi permasalahan ini. Dua algoritma deteksi objek yang menonjol dalam konteks pengolahan citra digital adalah YOLO (*You Only Look Once*) dan *Faster R-CNN* (*Region-Based Convolutional Neural Network*). YOLO dikenal karena kecepatannya dalam mendeteksi objek secara *real-time* melalui pendekatan satu tahap, sedangkan *Faster R-CNN* menggunakan pendekatan dua tahap yang dikenal unggul dalam hal akurasi pada lingkungan visual kompleks. Meskipun kedua algoritma tersebut telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, kajian komparatif mengenai efektivitasnya dalam mendeteksi tingkat kematangan TBS kelapa sawit masih sangat terbatas.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis komparatif terhadap performa algoritma YOLO dan *Faster*

R-CNN dalam mendeteksi tingkat kematangan TBS berbasis citra digital. Dataset yang digunakan terdiri dari 4.578 gambar yang telah dianotasi ke dalam enam kelas, yaitu: Janjang Kosong, Kurang Masak, TBS Abnormal, TBS Masak, TBS Mentah, dan Terlalu Masak. Evaluasi kinerja dilakukan menggunakan berbagai metrik pengukuran performa, antara lain *mean Average Precision* (mAP) sebagai indikator utama efektivitas deteksi, serta *F1 Score*, *Accuracy*, dan *per-class metrics* seperti *precision* dan *recall* untuk menilai kemampuan model dalam mengklasifikasikan masing-masing kelas secara lebih mendetail dan menyeluruh.

Hasil analisis komparatif ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah dalam pemilihan algoritma yang paling sesuai untuk pengembangan sistem klasifikasi otomatis berbasis citra digital dalam mendeteksi tingkat kematangan TBS. Dengan demikian, penelitian ini dapat berkontribusi pada upaya peningkatan akurasi panen dan efisiensi pengelolaan perkebunan kelapa sawit di masa mendatang, khususnya di wilayah-wilayah yang tengah berkembang seperti Desa Ciptodadi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana performa algoritma *You Only Look Once* (YOLO) dalam mendeteksi tingkat kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit berdasarkan citra digital?

2. Bagaimana performa algoritma *Faster Region-based Convolutional Neural Network* (Faster R-CNN) dalam mendeteksi tingkat kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit berdasarkan citra digital?
3. Algoritma manakah yang menunjukkan hasil lebih optimal dalam hal akurasi, efisiensi, dan metrik evaluasi lainnya (seperti F1 Score, Accuracy, dan per-class metrics) dalam klasifikasi tingkat kematangan TBS berdasarkan citra digital?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis akurasi dan efektivitas algoritma *You Only Look Once (YOLO)* dalam mendeteksi tingkat kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit berdasarkan citra digital.
2. Menganalisis akurasi dan efektivitas algoritma *Faster Region-based Convolutional Neural Network (Faster R-CNN)* dalam mendeteksi tingkat kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit berdasarkan citra digital.
3. Melakukan analisis komparatif terhadap performa kedua algoritma berdasarkan metrik evaluasi seperti *F1 Score*, *Accuracy*, dan *per-class metrics*, guna menentukan algoritma yang paling optimal dalam mendeteksi kematangan TBS secara digital.

buah sawit

1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Penelitian ini berfokus pada pengembangan model *Artificial Intelligence* (AI) untuk mendeteksi tingkat kematangan tandan sawit dengan menggunakan

dua algoritma deteksi objek, yaitu YOLO dan Faster R-CNN. Masalah utama bagaimana yang ingin dipecahkan dalam penelitian ini adalah mengetahui algoritma deteksi objek yang paling efektif dan akurat dalam mengidentifikasi tingkat kematangan tandan sawit secara otomatis dengan memanfaatkan teknologi *Artificial Intelligence* (AI). Sehingga dapat memberikan alternatif ilmiah terhadap metode manual yang selama ini digunakan, yang dinilai lambat dan bersifat subjektif. Untuk menjawab permasalahan tersebut, ruang lingkup dan batasan yang ditetapkan serta asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini membandingkan efektivitas dua algoritma, yaitu YOLO dan Faster R-CNN, dalam mengenali tingkat kematangan TBS dari data citra digital.
2. Kategori tingkat kematangan dan kondisi tandan yang digunakan mencakup enam kelas, yaitu: Janjang Kosong, Kurang Masak, TBS Abnormal, TBS Masak, TBS Mentah, dan Terlalu Masak.
3. Penelitian ini tidak mencakup pengembangan sistem implementasi di lapangan atau penggunaan dalam sistem real-time (deployment).
4. Dataset yang digunakan bersumber dari dua platform terbuka, yaitu Kaggle dan Roboflow, dengan gambar-gambar buah sawit dalam berbagai kondisi.
5. Pelabelan citra dilakukan secara cermat dan teliti agar mendukung akurasi pelatihan model.
6. Evaluasi performa algoritma dilakukan menggunakan dua metrik utama, yaitu mean Average Precision pada ambang $\text{IoU} \geq 0.5$ (mAP 0.5) dan

rata-rata mAP dari ambang IoU 0.5 hingga 0.95 (mAP 0.5:0.95). Selain itu, digunakan pula Accuracy, F1 Score, dan per-class metrics sebagai indikator tambahan.

7. Dataset yang digunakan dianggap representatif terhadap kondisi nyata buah sawit di lapangan dan memiliki kualitas visual yang layak untuk digunakan dalam penelitian.
8. Parameter pelatihan pada kedua algoritma disesuaikan dengan konfigurasi standar dari masing-masing framework agar perbandingan dilakukan secara adil.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan pemahaman mendalam mengenai efektivitas algoritma YOLO dan Faster R-CNN dalam mendeteksi tingkat kematangan tandan sawit. Dengan membandingkan performa kedua algoritma dari segi akurasi dan efisiensi.

1.6 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis komputasional berbasis deep learning untuk membandingkan efektivitas dua algoritma deteksi objek, yaitu You Only Look Once (YOLO) dan Faster R-CNN, dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan tandan sawit. Dataset yang digunakan terdiri dari 4.578 citra buah sawit yang diperoleh dari dua platform sumber terbuka, yakni Kaggle dan Roboflow. Seluruh citra diklasifikasikan ke dalam enam kelas: Janjang Kosong, Kurang Masak, TBS Abnormal, TBS Masak, TBS Mentah, dan Terlalu Masak.

Untuk menjamin evaluasi yang adil dan obyektif, penelitian ini menggunakan metode benchmark berdasarkan sejumlah metrik evaluasi performa model, seperti mean Average Precision (mAP 0.5 dan mAP 0.5:0.95), Accuracy, F1 Score, serta per-class metrics. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1 Pengumpulan dan Pembersihan Data
- 2 Pelabelan dan Format Data
- 3 Pembagian Dataset
- 4 Pelatihan Model
- 5 Evaluasi Model
- 6 Analisis dan Interpretasi Hasil

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari lima bab, yang masing-masing berisi penjabaran sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan

Berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan, ruang lingkup dan batasan masalah, manfaat penelitian, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan.

2. Bab II Tinjauan Pustaka

Menguraikan teori-teori dasar yang menjadi landasan penelitian, termasuk konsep Artificial Intelligence, YOLO, Faster R-CNN, klasifikasi kematangan buah sawit, serta kajian penelitian terdahulu yang relevan.

3. Bab III Metodologi Penelitian

Menjelaskan secara rinci tahapan penelitian yang dilakukan, mulai dari pengumpulan data, pelabelan, pelatihan model, hingga evaluasi.

4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Menyajikan hasil dari eksperimen dan pelatihan model, disertai pembahasan terkait efektivitas masing-masing algoritma dalam mendeteksi kematangan tandan sawit.

5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran-saran yang dapat dijadikan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya.