

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tomat merupakan salah satu komoditas hortikultura yang bernilai tinggi dan banyak dikonsumsi masyarakat (M. Chen dkk., 2025). Kualitas dan harga jual tomat sangat ditentukan oleh tingkat kematangannya. Penentuan tingkat kematangan yang tepat menjadi krusial, karena memengaruhi rasa, kandungan gizi, umur simpan, hingga kesesuaian distribusi pada rantai pasok. Akan tetapi, metode yang umum digunakan di lapangan masih bersifat manual, yaitu mengandalkan pengamatan visual pekerja berdasarkan perubahan warna kulit atau ukuran buah (S. Wang dkk., 2024). Cara ini tidak hanya rentan terhadap penilaian subyektif, tetapi juga kurang efisien untuk lahan dengan skala produksi besar (M. Chen dkk., 2025).

Perkembangan teknologi visi komputer dan *deep learning* memberikan solusi baru untuk mengotomatisasi proses ini. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa metode *object detection* dapat digunakan untuk mendeteksi sekaligus mengklasifikasikan tingkat kematangan tomat. Di antara beragam model, variasi dari keluarga YOLO (*You Only Look Once*) banyak dipilih karena kemampuannya mendeteksi objek dengan cepat dan akurat dalam skenario *real-time*. Misalnya, modifikasi YOLOv5 dengan *attention mechanism* CBAM berhasil meningkatkan akurasi deteksi tomat dalam kondisi objek yang ter oklusi (Appe dkk., 2023). Penelitian lain menggunakan YOLOv7 dan YOLOv8 dengan strategi peningkatan

fitur untuk mengatasi variasi pencahayaan maupun ukuran buah (M. Chen dkk., 2025).

Variasi YOLOv11 sebagai generasi YOLO yang tergolong masih baru telah diterapkan pada tugas deteksi kematangan tomat. (Wei dkk., 2024) mengembangkan GFS-YOLO11, sebuah model ringan berbasis YOLOv11 dengan integrasi modul C3k2_Ghost dan *Feature Refinement Module* (FRM), yang mampu menjaga keseimbangan antara efisiensi dan akurasi meski diuji pada multi-varietas tomat. (M. Chen dkk., 2025) memperbaiki YOLOv11n dengan menambahkan modul C3k2-Faster-EMA dan mekanisme atensi SimAM, yang meningkatkan sensitivitas terhadap ciri visual halus pada tomat serta memperbaiki presisi deteksi hingga 86%. (Hao dkk., 2025) bahkan memperkenalkan YOLOv11-SLBA, yang menggabungkan *large kernel attention* dan *bidirectional attention feature pyramid* untuk mencapai mAP50 sebesar 91,3% dengan ukuran model hanya 2,72M parameter, menunjukkan efisiensi tinggi sekaligus akurasi yang kuat pada kondisi lapangan.

Meskipun hasil-hasil tersebut menjanjikan, tantangan tetap ada. Model YOLOv11 varian yang ada cenderung menambah kompleksitas untuk mencapai akurasi tinggi, sehingga meningkatkan beban memori dan waktu inferensi. Hal ini menjadi hambatan jika model ingin diimplementasikan pada perangkat dengan sumber daya terbatas atau aplikasi *edge computing* di lahan pertanian.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan blok baru bernama C3k2_Lite. Blok ini merupakan penyederhanaan dari C3k2 yang menjadi

backbone utama YOLOv11, dipadukan dengan mekanisme *cross-gating* sederhana untuk memperkuat fitur penting sekaligus menekan *noise* dari latar belakang. Menggunakan rancangan ini, penelitian bertujuan menghasilkan model deteksi kematangan tomat yang lebih efisien secara komputasi, namun tetap kompetitif dari sisi akurasi.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan model, analisis, dan evaluasi kinerja arsitektur YOLOv11 dalam mendeteksi tingkat kematangan buah tomat melalui modifikasi blok C3k2 pada *backbone* dan *neck* arsitektur YOLOv11. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem deteksi objek yang efisien dan akurat di bidang pertanian presisi maupun sektor industri lain yang menghadapi tantangan serupa pada kondisi dunia nyata.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, didapatkan rumusan masalah utama yang akan diangkat yaitu:

- a. Bagaimana melakukan modifikasi arsitektur YOLOv11 menggunakan blok C3k2_Lite agar dapat mengurangi waktu inferensi model tanpa mengorbankan nilai akurasi dalam mendeteksi kematangan tomat?
- b. Bagaimana hasil perbandingan performa YOLOv11+C3k2_Lite dengan YOLO versi 10n, 11n, 12n, dan 13n?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang sudah dirumuskan dapat ditentukan tujuannya, yaitu sebagai berikut:

- a. Melakukan modifikasi arsitektur YOLOv11 menggunakan blok C3k2_Lite untuk mengurangi waktu inferensi dan meningkatkan nilai presisi model dalam proses deteksi kematangan tomat.
- b. Menganalisis performa model YOLOv11+C3k2_Lite dan YOLO versi 10n, 11n, 12n, dan 13n.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dihasilkan, di antaranya adalah:

- a. **Kemajuan Ilmiah:** Hasil tugas akhir ini dapat berkontribusi pada pengembangan metode deteksi objek, khususnya untuk deteksi tingkat kematangan tomat melalui pengembangan blok C3k2_Lite yang berperan meningkatkan kemampuan perhatian (*attention capability*) dalam arsitektur YOLOv11.
- b. **Aplikasi Praktis:** Sistem dapat digunakan pada pertanian cerdas untuk membantu petani dalam memantau dan mengklasifikasikan tingkat kematangan buah tomat secara otomatis dan efisien, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen.
- c. **Pengembangan Teknologi:** Memberikan referensi dan dasar bagi pengembangan sistem deteksi objek yang lebih akurat dan efisien untuk berbagai aplikasi di bidang pertanian dan industri lainnya.
- d. **Pengurangan Biaya dan Waktu:** Otomatisasi proses deteksi kematangan buah tomat dapat mengurangi biaya dan waktu yang dibutuhkan dalam proses pemantauan manual.

1.5 Batasan Masalah

Berikut merupakan batasan masalah yang diterapkan :

- a. Ruang lingkup *dataset* yang digunakan untuk melatih model diambil dari penelitian milik (Wu dkk., 2023), di mana memiliki karakteristik yang sesuai dengan kondisi dunia nyata untuk kasus deteksi kematangan tomat.
- b. Model dikembangkan dengan menggunakan arsitektur YOLOv11 sebagai model dasar (*baseline architecture*).
- c. Penelitian ini berfokus pada pengintegrasian blok C3k2_Lite sebagai pengganti blok C3k2 di dalam arsitektur YOLOv11.
- d. Fokus utama penelitian adalah menganalisis dan mengevaluasi pengaruh integrasi blok C3k2_Lite serta penerapan teknik *preprocessing* dan *augmentation* pada *pipeline* pengembangan model deteksi tingkat kematangan tomat, tanpa melibatkan implementasi dalam bentuk prototipe, aplikasi, maupun sistem produksi.
- e. Evaluasi kinerja model didasarkan pada metrik mAP50 (*Mean Average Precision*), *Recall*, *Precision*, waktu inferensi, dan penggunaan memori.
- f. Pelatihan dan pengujian model dilakukan pada lingkungan GPU di platform *Google Colaboratory* menggunakan *framework PyTorch*.

1.6 Sistematika Penulisan

Struktur penulisan dalam penelitian ini mengikuti pedoman penyusunan Tugas Akhir yang ditetapkan oleh Universitas Siliwangi dan disajikan dalam lima BAB utama sebagai berikut.

1. BAB I PENDAHULUAN

BAB I membahas mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan penelitian, serta sistematika penulisan laporan penelitian Tugas Akhir. Pembahasan dalam BAB I menjadi dasar bagi pengembangan model deteksi tingkat kematangan tomat berbasis YOLOv11 yang dimodifikasi menggunakan blok C3k2_Lite.

2. BAB II LANDASAN TEORI

BAB II membahas teori-teori yang mendukung penelitian ini. Teori pendukung serta kajian penelitian terkait bertujuan untuk memahami dasar keilmuan dalam penggabungan arsitektur YOLOV11 yang di modifikasi menggunakan C3k2_Lite. Pembahasan teori dan hasil penelitian terdahulu disajikan sebagai pijakan konseptual yang akan digunakan dalam pengembangan model pada BAB III.

3. BAB III METODOLOGI

BAB III menyajikan metodologi penelitian dengan menjelaskan alur penelitian yang dilakukan. Alur tersebut mencakup studi literatur, pengumpulan data, *pre-processing* data, *augmentation* data, pelatihan dan evaluasi model .

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV membahas hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan alur penelitian yang dijelaskan pada BAB III. Pembahasan disajikan secara rinci yang mencakup hasil dari rancangan arsitektur sistem, arsitektur algoritma dan blok usulan, hasil pengumpulan data, hasil *preprocessing* dan *augmentation*, evaluasi kinerja model dalam mendeteksi kematangan buah tomat pada *custom dataset*, perbandingan kinerja model deteksi YOLOV11 setelah di optimalisasi

menggunakan C3k2_Lite dengan kinerja model *baseline* YOLOV11 dan perbandingan dengan penelitian lainnya menggunakan *dataset benchmark*.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V berisi kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian yang telah dilakukan dengan memaparkan kontribusi penelitian, kelebihan serta kelemahan penelitian serta saran peluang dari penelitian yang sudah dilakukan.