

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Sektor hortikultura, termasuk komoditas buah-buahan seperti tomat dan jeruk, memegang peranan vital dalam perekonomian nasional dan pemenuhan kebutuhan pangan global. Untuk bersaing di pasar internasional, standarisasi kualitas dan mutu produk pascapanen, terutama berdasarkan tingkat kematangan, menjadi persyaratan mutlak yang tidak dapat ditawar. Penentuan kualitas yang seragam ini menjadi langkah awal yang penting untuk menentukan klasifikasi buah, durasi penyimpanan, hingga strategi pemasaran yang tepat. Namun, tanpa mekanisme kontrol yang efisien, potensi kerugian akibat penurunan kualitas selama distribusi menjadi sangat tinggi [1].

Secara tradisional, proses penentuan tingkat kematangan buah tomat (hijau, kuning, merah) dan jeruk (hijau, oranye) dilakukan secara manual oleh tenaga kerja manusia. Metode ini sangat bergantung pada pengalaman, pencahayaan, dan *subjektivitas visual operator*, sehingga hasil klasifikasi seringkali tidak konsisten dan rentan terhadap kesalahan. Tingkat akurasi yang rendah dan waktu pemrosesan yang lambat menjadi kendala utama ketika volume panen berskala besar, menyebabkan *bottleneck* dalam rantai pasok dan memperlambat *throughput* pabrik. Keterbatasan metode manual ini menciptakan kebutuhan mendesak akan sistem yang mampu bekerja secara objektif dan cepat untuk memvalidasi kematangan

ganda (tomat dan jeruk) dalam tiga tingkatan (mentah, setengah matang, matang) [2].

Menghadapi tantangan tersebut, dunia industri kini beralih pada sistem otomatisasi yang memanfaatkan *Computer Vision (CV)* sebagai solusi objektif untuk memilah produk pertanian. *CV* memungkinkan sistem untuk "melihat" dan menganalisis fitur visual kompleks buah seperti warna, tekstur, dan bentuk dengan tingkat konsistensi yang tidak mungkin dicapai manusia. Berbagai penelitian, termasuk oleh Siskandar dkk. (2020), telah membuktikan bahwa pendekatan berbasis citra adalah metode yang valid untuk *sortasi* tomat dan jeruk, meskipun masih menggunakan teknik *image processing* konvensional [3]. Namun, untuk mendapatkan performa yang ideal dan fleksibel pada variasi dua jenis buah, sistem ini harus menggunakan algoritma yang lebih mutakhir.

Dalam implementasi *Computer Vision* untuk *real-time sortasi* pada konveyor, kecepatan deteksi dan akurasi model menjadi faktor penentu utama keberhasilan sistem. Algoritma *You Only Look Once (YOLO)* telah diakui sebagai *state-of-the-art* dalam deteksi objek, menawarkan keseimbangan terbaik antara kecepatan inferensi dan akurasi tinggi. Secara spesifik, adopsi YOLOv8 menjadi krusial karena arsitektur terbarunya menjanjikan peningkatan performa yang signifikan, memungkinkan klasifikasi ganda (jenis dan tiga tingkat kematangan) pada dua komoditas sekaligus dalam kecepatan *real-time* [4]. Pemilihan YOLOv8 ini menjadi dasar teknis utama untuk mewujudkan alat penyortir yang cepat dan cerdas.

Meskipun model *Deep Learning* telah banyak dikembangkan, masih jarang ditemukan penelitian yang berhasil mengintegrasikan model klasifikasi ganda (Tomat dan Jeruk) dengan implementasi fisik mekanisme konveyor yang fungsional secara komprehensif. Penelitian oleh Herman dkk. (2021) berfokus pada klasifikasi model kematangan tomat menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan, namun tidak sampai pada perancangan bangun alat sortir yang terintegrasi dengan konveyor dan mekanisme fisik [5]. Oleh karena itu, urgensi penelitian ini adalah untuk menutup kesenjangan (*research gap*) tersebut dengan merancang bangun sebuah sistem *mekatronik* lengkap: dari *input* visual hingga *output* fisik penyortiran.

Keberhasilan alat penyortir ini sangat bergantung pada integrasi fungsional antara sistem perangkat lunak (YOLOv8) dan perangkat keras (konveyor dan servo). Konveyor berfungsi sebagai sarana vital untuk memastikan buah bergerak dengan kecepatan teratur, memberikan waktu yang cukup bagi YOLOv8 untuk melakukan inferensi secara *real-time* [6]. Setelah klasifikasi kematangan selesai, mikrokontroler harus secara presisi menginterpretasikan hasil dan mengaktifkan *aktuator* servo pada saat yang tepat, menjamin buah terpisah ke lokasi tujuannya (Mentah, Setengah Matang, atau Matang).

Masalah teknis terbesar dalam perancangan alat ini terletak pada pencapaian sinkronisasi spasial-temporal yang presisi antara sistem visi dan mekanisme fisik. Keterlambatan atau ketidaktepatan sedikit saja dalam penghitungan waktu tunda (*delay*) antara deteksi kamera dan eksekusi servo dapat menyebabkan kesalahan pemilahan (*mishandling*), mengurangi akurasi total sistem. Penelitian ini berupaya mengatasi tantangan tersebut dengan mengembangkan logika kontrol

mikrokontroler yang mampu *mengkompensasi* kecepatan konveyor, memastikan bahwa perintah servo dieksekusi tepat ketika buah klasifikasi tiba di titik pemisah.

Berdasarkan semua hal yang telah diuraikan, penelitian ini memiliki urgensi tinggi untuk menyediakan solusi *sortasi* yang efisien bagi industri pascapanen buah bagaimana membuat, "**RANCANG BANGUN ALAT SORTIR BUAH TOMAT DAN JERUK BERDASARKAN TINGKAT KEMATANGAN DENGAN IMAGE PROCESSING**", penulis bertujuan menghasilkan sebuah prototipe fungsional yang menggabungkan YOLOv8, konveyor, dan servo untuk meningkatkan akurasi, kecepatan, dan konsistensi kualitas buah. Kontribusi nyata dari proyek ini adalah memberikan model otomasi yang realistis, efisien, dan dapat *direplikasi* untuk mendukung standarisasi produk hortikultura lokal.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah penelitian yang telah diuraikan, maka permasalahan utama yang menjadi fokus dan tujuan penelitian ini dapat dirumuskan dalam satu pertanyaan yaitu, Bagaimana merancang, mengimplementasikan, dan mengintegrasikan sistem *Image Processing* berbasis YOLOv8 dengan mekanisme konveyor yang dikendalikan mikrokontroler ESP32 dan servo, sehingga mampu mendeteksi dan melakukan pemilahan otomatis buah tomat dan jeruk berdasarkan tiga tingkat kematangan (mentah, setengah matang, matang) secara akurat dan *real-time*?

1.3 BATASAN MASALAH

Untuk menghindari pembahasan diluar judul penelitian, maka penulis melakukan pembahasan yang lebih spesifik berdasarkan judul tersebut. Adapun batasan masalahnya mencakup :

1. Objek dan Varietas: Penelitian ini hanya membatasi deteksi dan klasifikasi pada buah Tomat (Apel) dan Jeruk (Pontianak).
2. Klasifikasi Kematangan: Tingkat kematangan buah yang diklasifikasikan hanya terbatas pada tiga kategori yang telah ditentukan: Mentah, Setengah Matang, dan Matang.
3. Algoritma Visi: Algoritma *Deep Learning* yang digunakan untuk deteksi dan klasifikasi adalah YOLOv8, beroperasi secara *real-time*.
4. Sensor dan Parameter: Kamera digunakan sebagai sensor utama. Klasifikasi sepenuhnya mengandalkan fitur visual (warna dan bentuk) yang diekstrak dari citra; faktor eksternal (berat, dimensi, suhu) diabaikan.
5. Sistem Kendali & Aplikasi: Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32, dan aplikasi yang akan digunakan untuk *mengupload* pemrograman kendali dilakukan menggunakan Arduino IDE.
6. Mekanisme *Aktuator* & Komunikasi: Mekanisme transpor menggunakan konveyor kecepatan konstan. Pemisahan fisik menggunakan Motor Servo. Komunikasi data antara Komputer (YOLOv8) dan ESP32 diimplementasikan melalui Komunikasi Serial.

7. Kondisi Evaluasi: Pengujian dilakukan dalam lingkungan dengan pencahayaan yang terkontrol; fokus pengukuran kinerja adalah akurasi klasifikasi YOLOv8 dan akurasi pemilahan fisik oleh servo.)

1.4 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menjabarkan hasil yang ingin dicapai setelah semua langkah dalam perancangan dan implementasi sistem sortir buah otomatis selesai. Tujuan ini bersifat konkret dan terukur:

1. Mengembangkan Model Klasifikasi: Mengembangkan model *Image Processing* (misalnya, berbasis YOLOv8/CNN) yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan buah tomat dan jeruk ke dalam tiga kategori kematangan (Mentah, Setengah Matang, Matang) secara *real-time*.
2. Merancang Prototipe *Sortasi* Otomatis: Merancang bangun dan mengintegrasikan sistem mekanik konveyor dengan *aktuator servo* yang dikendalikan *mikrokontroler*, sehingga menghasilkan prototipe alat penyortir buah otomatis yang fungsional.
3. Menguji Akurasi Sistem: Menganalisis dan memvalidasi kinerja sistem secara keseluruhan, berfokus pada akurasi klasifikasi buah dan ketepatan pemilahan fisik oleh mekanisme servo.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian perancangan alat sortir buah otomatis ini mencakup beberapa sisi, antara lain:

1. Mempermudah proses identifikasi tingkat kematangan buah jeruk Pontianak dan tomat apel melalui sistem image processing yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan buah secara otomatis dan real-time.
2. Membantu proses penyortiran buah menjadi lebih cepat dan efisien melalui penggunaan prototipe alat penyortir otomatis yang mengintegrasikan konveyor, aktuator servo, dan mikrokontroler.
3. Memberikan informasi mengenai tingkat akurasi sistem dalam mendeteksi dan memilah buah berdasarkan tingkat kematangannya, sehingga dapat menjadi acuan dalam pengembangan sistem sortasi buah otomatis di masa mendatang.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Dalam penulisan penelitian ini, sistematika penulisan terbagi menjadi enam bagian utama yang masing-masing dijelaskan seperti berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Merupakan bab yang bersisikan mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini merupakan bab yang berisi tentang uraian konsep-konsep teoritis yang mendasari pembahasan laporan secara khusus digunakan sebagai landasan untuk menjawab masalah penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang kerangka kerja serta metode-metode yang dilakukan selama penelitian berlangsung.

BAB IV ANALISA DAN PERANCANGAN ALAT

Bab ini berisikan tentang analisa rangkaian, perancangan rangkaian, dan perancangan program.

BAB V IMPLEMENTASI PENGUJIAN

Bab ini menguraikan hasil rancangan dan pengujian alat.

BAB VI PENUTUP

Bab ini yang berisikan tentang kesimpulan-kesimpulan yang diambil dari hasil perancangan serta saran-saran yang mencakup keseluruhan dari hasil penelitian.