

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu produsen kakao (*Theobroma cacao L.*) utama di dunia yang memiliki kontribusi signifikan terhadap sektor perkebunan dan perekonomian nasional. Kakao menjadi komoditas strategis karena tingginya permintaan global terhadap produk turunannya, seperti coklat dan bahan baku industri pangan. Namun demikian, sebagian besar produksi kakao nasional masih berasal dari perkebunan rakyat yang umumnya menggunakan metode konvensional, khususnya pada tahap pascapanen seperti proses sortasi buah. Kondisi ini berimplikasi pada rendahnya konsistensi kualitas hasil panen serta efisiensi proses produksi (BPS, 2024; Hassan *et al.*, 2023).

Sortasi buah kakao merupakan tahapan krusial yang berperan dalam menentukan mutu biji kakao yang dihasilkan. Karakteristik fisik buah, seperti warna, tekstur permukaan, dan tingkat kematangan, menjadi indikator utama dalam penentuan kualitas buah sebelum diproses lebih lanjut. Proses sortasi yang masih dilakukan secara manual dengan mengandalkan pengamatan visual manusia cenderung bersifat subjektif, tidak konsisten, serta memiliki keterbatasan dalam menangani volume produksi yang besar. Hal ini berpotensi menurunkan kualitas produk akhir serta meningkatkan risiko kesalahan dalam proses pemilahan (Hassan *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2022).

Seiring dengan perkembangan teknologi, penerapan *computer vision* dalam bidang pertanian menjadi salah satu solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi proses sortasi. *Computer vision* memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi dan menganalisis karakteristik visual objek secara otomatis berdasarkan data citra digital, sehingga mampu menggantikan peran pengamatan manual yang bersifat subjektif. Teknologi ini telah banyak digunakan dalam deteksi kualitas buah, klasifikasi kematangan, serta identifikasi kerusakan produk pertanian secara cepat dan konsisten (Zhang *et al.*, 2022; Aryeni *et al.*, 2023).

Dalam implementasinya, sistem berbasis *computer vision* umumnya dikombinasikan dengan algoritma *machine learning* atau *deep learning* untuk

meningkatkan kemampuan klasifikasi objek. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi dalam pengujian berbasis dataset citra. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada performa model deteksi, seperti akurasi dan presisi, serta belum banyak yang mengkaji performa sistem secara menyeluruh dalam kondisi operasional nyata (*real-time system*) (Padilla *et al.*, 2023).

Selain itu, integrasi antara sistem deteksi berbasis *computer vision* dengan perangkat mekanik, seperti konveyor dan aktuator pemilah, masih relatif terbatas. Padahal, dalam implementasi nyata, kinerja sistem tidak hanya ditentukan oleh kemampuan deteksi, tetapi juga oleh performa keseluruhan alat yang meliputi kecepatan respon, ketepatan pemilahan, stabilitas kerja, serta kemampuan sistem dalam beroperasi secara kontinu. Beberapa studi menunjukkan bahwa faktor operasional seperti kecepatan konveyor dan kondisi pencahayaan dapat mempengaruhi performa sistem deteksi secara signifikan (Lestari *et al.*, 2024; Zhang *et al.*, 2022).

Selain sinkronisasi antara sistem deteksi dan mekanisme pemilah, aspek kelistrikan juga menjadi faktor penting dalam menentukan keandalan sistem sortasi otomatis berbasis *computer vision*. Sistem yang terdiri atas Raspberry Pi, ESP32, kamera, motor DC, dan aktuator servo memerlukan suplai daya yang stabil agar setiap komponen dapat bekerja sesuai spesifikasinya. Ketidakstabilan tegangan berpotensi menyebabkan penurunan performa pemrosesan citra, gangguan komunikasi antarmodul, hingga keterlambatan respons aktuator yang pada akhirnya dapat memengaruhi keberhasilan proses sortasi. Oleh karena itu, kestabilan distribusi daya merupakan salah satu aspek yang perlu dievaluasi dalam analisis kinerja sistem secara menyeluruh.

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa kualitas sistem catu daya berpengaruh terhadap keandalan sistem kendali berbasis mikrokontroler maupun *embedded system*. Menurut Horowitz dan Hill (2015), distribusi daya yang tidak stabil dapat menyebabkan terjadinya *voltage drop* yang berdampak pada penurunan performa perangkat elektronik. Bolton (2015) juga menjelaskan bahwa kestabilan tegangan merupakan faktor penting untuk menjaga konsistensi kerja sistem kontrol,

khususnya pada sistem yang melibatkan aktuator dan komunikasi antarkomponen secara *real-time*. Meskipun demikian, penelitian-penelitian mengenai sistem sortasi otomatis berbasis *computer vision* umumnya masih berfokus pada aspek akurasi deteksi, kecepatan pemrosesan, serta tingkat keberhasilan klasifikasi, sedangkan analisis terhadap kestabilan tegangan sebagai bagian dari evaluasi performa sistem masih jarang dilakukan.

Berdasarkan kajian literatur tersebut, dapat diidentifikasi beberapa kesenjangan penelitian (*research gap*), yaitu: (1) penelitian sebelumnya lebih banyak menitikberatkan pada performa model deteksi dibandingkan evaluasi kinerja alat secara keseluruhan; (2) masih terbatas penelitian yang mengkaji integrasi sistem deteksi berbasis *computer vision* dengan sistem mekanik pada kondisi operasional nyata; (3) evaluasi parameter kinerja sistem umumnya hanya mencakup akurasi deteksi atau waktu pemrosesan, sedangkan analisis terhadap waktu sortir, tingkat keberhasilan sortasi, kestabilan sistem, dan pengaruh variasi kecepatan konveyor masih relatif terbatas; serta (4) belum banyak penelitian yang mengevaluasi kestabilan distribusi tegangan sebagai salah satu indikator keandalan sistem sortasi otomatis berbasis *computer vision*, padahal kestabilan suplai daya berpengaruh terhadap konsistensi kerja perangkat keras dan performa sistem secara keseluruhan.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini memiliki urgensi untuk dilakukan, yaitu memberikan evaluasi menyeluruh terhadap kinerja alat sortasi otomatis berbasis *computer vision* pada kondisi operasional nyata. Penelitian ini tidak berfokus pada pengembangan model deteksi, melainkan pada analisis performa sistem secara terintegrasi yang meliputi waktu sortir, tingkat keberhasilan sortasi, kestabilan sistem, pengaruh variasi kecepatan konveyor, serta kestabilan distribusi tegangan sebagai indikator keandalan sistem catu daya. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai implementasi teknologi sortasi otomatis di lapangan.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui analisis kinerja alat deteksi kondisi fisik buah kakao berbasis *computer vision*. Analisis difokuskan pada waktu sortir sistem, tingkat keberhasilan sortasi,

konsistensi kerja alat, pengaruh variasi kecepatan konveyor, serta kestabilan distribusi tegangan selama sistem beroperasi. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem sortasi otomatis yang tidak hanya memiliki kemampuan deteksi yang baik, tetapi juga mampu bekerja secara optimal, stabil, dan andal dalam mendukung peningkatan kualitas produksi kakao di Indonesia.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah belum diketahuinya kinerja alat deteksi kondisi fisik buah kakao, tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan pemilahan buah kakao, pengaruh variasi kecepatan konveyor terhadap performa sistem, tingkat konsistensi kerja alat, serta kestabilan distribusi tegangan pada sistem catu daya selama alat beroperasi.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja alat deteksi kondisi fisik buah kakao, menentukan tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan pemilahan buah kakao, menganalisis pengaruh variasi kecepatan konveyor terhadap performa sistem, mengevaluasi tingkat konsistensi kerja alat, serta menganalisis kestabilan distribusi tegangan pada sistem catu daya selama alat beroperasi.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

### **1.4.1 Manfaat Teoritis**

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan kajian ilmiah di bidang sistem otomatisasi, khususnya pada integrasi sistem deteksi berbasis citra dengan sistem mekanik dalam proses sortasi.
2. Memberikan kajian mengenai analisis kinerja sistem terintegrasi yang melibatkan perangkat keras dan perangkat lunak dalam kondisi operasional *real-time*.

3. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berfokus pada evaluasi performa sistem sortasi otomatis di bidang pertanian.

#### **1.4.2 Manfaat Praktis**

1. Memberikan informasi mengenai kinerja alat dalam melakukan proses sortasi buah kakao secara otomatis.
2. Menyediakan gambaran mengenai tingkat keandalan sistem dalam melakukan pemilahan buah kakao pada kondisi operasional yang telah ditentukan.
3. Menjadi dasar dalam pengembangan dan penyempurnaan alat sortasi buah kakao berbasis sistem terintegrasi.
4. Mendukung upaya peningkatan efisiensi, keandalan, dan kestabilan sistem sortasi otomatis untuk aplikasi di bidang pertanian.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini tetap terfokus dan sistematis, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada analisis kinerja alat deteksi kondisi fisik buah kakao yang telah dirakit secara terintegrasi oleh tim. Penelitian ini tidak mencakup perancangan mekanik konveyor, implementasi algoritma YOLOv11, maupun perancangan sistem kendali motor DC.
2. Klasifikasi buah kakao dibatasi menjadi dua kategori, yaitu buah dengan kondisi baik dan buah dengan kondisi buruk.
3. Penentuan kondisi fisik buah kakao didasarkan pada karakteristik visual, yaitu warna dan tekstur permukaan buah, sebagaimana yang dikenali oleh model YOLOv11 yang telah tersedia.
4. Penelitian ini tidak mencakup proses pengembangan, pelatihan (*training*), maupun modifikasi model deteksi YOLOv11. Model yang digunakan merupakan model yang telah diimplementasikan oleh anggota tim.

5. Sistem diuji menggunakan konveyor bermotor DC yang dikendalikan oleh ESP32 sebagai *slave controller* dengan satu aktuator servo dan dua jalur keluaran (baik dan buruk).
6. Analisis penelitian difokuskan pada parameter kinerja alat, meliputi waktu sortir, tingkat keberhasilan sortasi, konsistensi, serta kestabilan sistem dalam kondisi *real-time*.
7. Pengujian dilakukan dalam kondisi lingkungan yang relatif terkendali, meliputi posisi kamera, jarak pengambilan citra, dan latar belakang objek yang tetap.
8. Variasi pengujian dibatasi pada parameter kecepatan konveyor (PWM 25%–45%) sebagai variabel utama yang memengaruhi kinerja sistem.
9. Pengujian sistem dilakukan pada kondisi pencahayaan alami dalam ruangan tanpa penambahan sumber cahaya khusus, sehingga tidak dilakukan variasi maupun pengukuran intensitas cahaya secara khusus.