

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Salah satu komoditas pertanian yang paling banyak diperdagangkan di dunia adalah kopi [1]. Selain kelapa sawit, kakao, dan karet, kopi merupakan komoditas unggulan di sektor perkebunan Indonesia [2]. Menurut data dari Food and Agriculture Organization (FAO), Indonesia menempati urutan ketiga sebagai produsen kopi terbesar di dunia, setelah Brasil dan Vietnam [3]. Namun, biji kopi yang rusak dapat menghambat produksi kopi yang berkelanjutan dan berkualitas tinggi. Biji kopi yang rusak dapat menyebabkan kualitas kopi yang tidak memuaskan dan berdampak negatif pada reputasi produsen dan konsumen. Oleh karena itu, mendeteksi biji kopi yang rusak sangat penting untuk memastikan kopi berkualitas tinggi dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

Biji kopi Arabika dikenal memiliki nilai pasar yang lebih tinggi dan permintaan premium di pasar internasional [4]. Menjaga kualitas kopi Arabika sangat penting bagi produsen yang ingin memenuhi permintaan pasar yang ketat ini. Selain itu, kopi Arabika lebih rentan terhadap hama dan penyakit [5], yang semakin menekankan pentingnya penilaian kualitas yang akurat untuk meminimalkan kerugian ekonomi dan memastikan kepuasan konsumen.

Secara tradisional, biji kopi yang cacat dideteksi secara manual. Metode ini mengandalkan inspeksi manusia, menggunakan tangan dan mata untuk memeriksa bentuk dan kualitas biji kopi dan memilih yang terbaik secara manual. Namun, pemilihan secara manual memakan waktu dan rentan terhadap ketidakkonsistenan karena faktor-faktor seperti kesalahan manusia, pelatihan yang tidak memadai, dan kelelahan [6]. Selain itu, subjektivitas penilaian manusia memperkenalkan variabilitas dalam klasifikasi cacat, yang berpotensi membahayakan jaminan kualitas. Dengan kemajuan teknologi yang pesat, pemilihan biji kopi sekarang dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien menggunakan visi komputer dan kecerdasan buatan (AI), yang telah menunjukkan potensi yang signifikan untuk meningkatkan otomatisasi dan akurasi dalam deteksi cacat.

Penelitian sebelumnya tentang deteksi cacat pada biji kopi sebagian besar telah diterapkan pada peralatan tertentu, untuk memastikan keseragaman pada gambar yang diambil dan diproses [7][8]. Sebagai contoh, Huang dkk. [7] mencapai akurasi 94,63% dengan menggunakan jaringan saraf konvolusional untuk klasifikasi waktu nyata dan Chen dkk. [8] melaporkan akurasi 96,4% dengan menggunakan pencitraan hiperspektral snapshot NIR untuk inspeksi cacat. Selain itu, penelitian-penelitian ini sebagian besar menggunakan kelas cacat berdasarkan standar Specialty Coffee Association of America (SCAA). Selain itu, penelitian sebelumnya di bidang ini sering kali berfokus pada gambar biji kopi tunggal, yang meskipun berguna untuk analisis terkontrol, namun membatasi penerapannya pada skenario dunia nyata yang lebih luas yang melibatkan banyak biji kopi dalam satu gambar [9][10].

Topik dan Batasannya

Berdasarkan pengamatan ini, penelitian kami berfokus pada deteksi objek untuk mengidentifikasi cacat pada biji kopi Arabika hijau di dalam gambar yang mengandung banyak biji, yang mencakup tiga jenis cacat seperti yang diuraikan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) [11]. Dalam praktiknya, deteksi cacat bertujuan untuk diimplementasikan dalam sistem yang tidak memerlukan peralatan canggih. Hal ini memungkinkan fotografi resolusi tinggi dilakukan dalam kondisi umum, misalnya, pada jarak tertentu, yang mungkin tidak selalu dapat dicapai. Akibatnya, kemungkinan menangkap gambar di mana objek terlalu kecil untuk dideteksi, menjadi signifikan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kesenjangan ini dengan menggunakan pendekatan inovatif untuk mengidentifikasi biji kopi Arabika hijau yang cacat dalam gambar yang mengandung banyak biji, mengatasi keterbatasan pada penelitian sebelumnya yang terutama berfokus pada gambar biji tunggal atau pengaturan peralatan tertentu. Pendekatan ini menggunakan tulang punggung ekstraksi fitur Large Selective Kernel Network (LSKNet), yang sebelumnya telah digunakan untuk mengatasi tantangan deteksi objek kecil dalam citra penginderaan jauh [12]. Metode ini dipilih karena, menurut Wang dkk. [12], metode ini merupakan salah

satu pendekatan yang paling efektif untuk mendeteksi objek kecil dan diklaim dapat menangkap dan memahami informasi kontekstual dalam citra untuk deteksi dan klasifikasi objek yang lebih akurat [13]. Metode ini diharapkan dapat mendeteksi biji kopi yang rusak dengan lebih akurat, bahkan ketika objek dalam gambar berukuran kecil dan memiliki karakteristik yang mirip.

Organisasi Tulisan

Penelitian ini terstruktur dalam empat bagian utama setelah bagian pendahuluan. Bagian 2 membahas penelitian-penelitian terkait, memberikan gambaran umum tentang penelitian-penelitian sebelumnya dan metodologinya. Bagian 3 menguraikan sistem yang diusulkan untuk deteksi cacat pada biji kopi hijau arabika, termasuk persiapan dataset, pengembangan model, dan evaluasi. Bagian 4 menyajikan hasil dan analisis, membandingkan kinerja model yang diimplementasikan dan mendiskusikan efektivitasnya dalam deteksi cacat. Sementara pada bagian kelima, berisikan kesimpulan dari seluruh penelitian ini.