BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cabai termasuk salah satu komoditas pertanian unggulan di Indonesia yang memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi. Tiga jenis cabai yang paling banyak beredar di pasaran adalah cabai keriting, cabai rawit, dan cabai hijau. Selain digunakan sebagai bahan dasar dalam berbagai hidangan, cabai juga memiliki peranan strategis dalam pengembangan sektor agribisnis[1].

Cabai memiliki peluang yang menjanjikan di pasar lokal. Selain memberikan nilai ekonomi yang tinggi, tingkat produksi cabai di Indonesia tergolong besar karena tingginya permintaan untuk kebutuhan konsumsi sehari-hari. Hal ini mencerminkan peranan cabai yang signifikan dalam berbagai kuliner nusantara, termasuk masakan tradisional seperti sambal yang menggunakan cabai sebagai bahan utama[2]. Usaha budidaya cabai rawit memiliki potensi besar untuk dikembangkan di wilayah luar Pulau Jawa, khususnya di Provinsi Gorontalo. Daerah ini dikenal sebagai salah satu sentra produksi cabai rawit di kawasan Indonesia Timur. Untuk mendorong produktivitas komoditas ini, Pemerintah Kabupaten Gorontalo meluncurkan program Pengembangan Kawasan Cabai Rawit bersama Gerakan Tanam Cabai (Gertam) di seluruh wilayah provinsi. Secara ekonomi, prospek usaha tani cabai rawit di Gorontalo cukup menjanjikan. Hal ini terlihat dari nilai R/C dan B/C cabai rawit yang mencapai 2,15 dan 1,87, lebih tinggi dibandingkan dengan nilai jagung (2,11; 1,83) maupun padi (2,03; 1,77), yang menunjukkan daya saing cabai rawit lebih unggul dibanding dua komoditas tersebut[3], Oleh karena itu, banyak petani memilih cabai rawit sebagai komoditas utama untuk mendukung pendapatan mereka. Namun, Proses identifikasi jenis dan penentuan kualitas cabai masih dilakukan secara manual, tanpa bantuan teknologi.

Cabai merupakan salah satu komoditas hortikultura yang sangat dikenal luas dan memiliki peran signifikan dalam pemenuhan kebutuhan pangan, khususnya sebagai bahan penyedap dalam bidang kuliner. Tanaman ini tergolong dalam genus *Capsicum* dan termasuk dalam famili *Solanaceae*, yang juga mencakup tanaman lain seperti tomat (*Solanum lycopersicum*), kentang (*Solanum tuberosum*), dan terung (*Solanum melongena*). Istilah yang

digunakan untuk menyebut cabai bervariasi secara geografis, seperti *chile* atau *chili* di kawasan Amerika, *rocoto* di Amerika Latin, dan *pepper* dalam bahasa Inggris. Awalnya dibudidayakan di wilayah tropis Benua Amerika, penyebaran cabai kini telah meluas secara global seiring dengan perkembangan teknologi pertanian dan perdagangan internasional[4]. Cabai telah mengalami Proses domestikasi dan budidaya selama ribuan tahun sebelum akhirnya tersebar ke berbagai wilayah di dunia, termasuk Indonesia. Di Indonesia sendiri, dikenal berbagai varietas cabai yang memiliki karakteristik morfologis yang beragam. Perbedaan ini mencakup variasi dalam ukuran, bentuk, serta warna buah. Salah satu metode yang dinilai *efektif* dalam membedakan jenis cabai adalah melalui analisis karakteristik visual, khususnya spektrum warna. Teknik ekstraksi warna menjadi pendekatan yang relevan, karena perbedaan mencolok antara cabai merah dan hijau dapat dikenali secara akurat melalui metode pengolahan *citra* digital[5].

Cabai terdiri atas berbagai varietas yang menunjukkan perbedaan dalam aspek morfologi seperti ukuran, bentuk, warna, serta kandungan kapsaisin yang memengaruhi tingkat kepedasannya. Beberapa varietas yang umum dijumpai meliputi cabai merah besar, cabai rawit, cabai hijau, hingga varietas ekstrem seperti *Habanero* dan *Carolina Reaper* yang memiliki konsentrasi kapsaisin sangat tinggi. Variasi ini umumnya dipengaruhi oleh faktor genetik tanaman serta kondisi lingkungan tempat tumbuhnya, seperti iklim, tanah, dan teknik budidaya. Cabai merah umumnya dimanfaatkan baik dalam bentuk segar maupun kering sebagai sumber rasa pedas dan pewarna alami dalam kuliner. Sementara itu, cabai rawit lebih banyak digunakan untuk memberikan rasa pedas yang lebih intens pada berbagai jenis masakan.

Kualitas cabai mencakup atribut fisik, kimiawi, dan organoleptik yang secara langsung memengaruhi nilai jual dan daya saingnya di pasar. *Parameter* penentu mutu tersebut antara lain meliputi dimensi buah (ukuran), intensitas dan homogenitas warna, kadar kapsaisin sebagai indikator tingkat kepedasan, tingkat kesegaran, tekstur permukaan, serta resistensi terhadap serangan organisme pengganggu tanaman (OPT). Penurunan kualitas cabai dapat berimplikasi serius, termasuk kemungkinan terkontaminasinya produk oleh residu pestisida berbahaya atau mikroorganisme patogen, yang berisiko terhadap kesehatan konsumen[6]. Oleh karena itu, kualitas cabai memiliki nilai strategis yang tinggi dalam aspek ekonomi, baik untuk sektor konsumsi

rumah tangga maupun industri pengolahan. Peningkatan permintaan pasar terhadap cabai mendorong perlunya sistem evaluasi mutu yang lebih efisien, objektif, dan terstandarisasi. Saat ini, Proses identifikasi mutu dan klasifikasi jenis cabai masih banyak dilakukan secara manual oleh petani atau tenaga ahli mutu dengan mengandalkan persepsi visual dan pengalaman subjektif. Namun, pendekatan konvensional ini memiliki sejumlah keterbatasan, seperti ketidakakuratan dalam penilaian, kurangnya *konsisten* hasil, serta ketidakefisienan dalam penanganan produksi yang besar.

Di antara berbagai pendekatan klasifikasi *citra*, *Algoritma K-Nearest Neighbor* (K-NN) menunjukkan performa yang baik dalam pengenalan *citra* daun ubi jalar untuk pengembangan ensiklopedia digital, dengan *Akurasi* mencapai 95% pada nilai *K* optimal di kisaran 23 hingga 25. Proses klasifikasi ini memanfaatkan sejumlah fitur statistik dan morfologis, antara lain luas area, keliling (*perimeter*), nilai *metric*, panjang, diameter, serta *parameter* tekstur seperti *Angular Second Moment* (ASM), *Inverse Difference Moment* (IDM), entropi, kontras, dan korelasi yang diekstraksi dari sudut orientasi 0°, 45°, 90°, dan 135°[7]. Metode K-Means Clustering yang mengintegrasikan ekstraksi fitur warna dan tekstur telah terbukti *efektif* dalam klasifikasi *citra* cabai keriting merah dan hijau, dengan tingkat *Akurasi* mencapai 93% untuk cabai merah keriting dan 91% untuk cabai hijau keriting, sehingga rata-rata *Akurasi* keseluruhan berada pada angka 92% [8]. Selain itu, *Algoritma* Gradient Boosting juga menunjukkan performa yang memadai dalam klasifikasi kualitas cabai dengan lima kelas berbeda, dengan rata-rata nilai presisi, recall, F1-score, dan *Akurasi* masing-masing sekitar 69,7%, 69,1%, 69,7%, dan sekitar 76%[6].

Kemajuan dalam bidang kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) membuka peluang signifikan untuk mengatasi berbagai kendala dalam klasifikasi *citra*. Salah satu pendekatan AI yang telah terbukti *efektif* dalam pengenalan pola visual berdasarkan fitur *citra* adalah *Convolutional Neural Network* (CNN). *CNN* memiliki kemampuan untuk mengekstraksi dan mengenali pola visual secara otomatis dengan tingkat *Akurasi* yang tinggi, sehingga sangat cocok diterapkan dalam tugas klasifikasi *citra* secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi otomatis jenis cabai dengan memanfaatkan integrasi fitur warna, bentuk, dan tekstur melalui penerapan CNN[1]. *Convolutional Neural Network* (CNN)

merupakan salah satu *arsitektur Deep Learning* yang banyak digunakan dalam analisis *citra* digital. *CNN* memanfaatkan konsep pembagian bobot (*weight sharing*) untuk mengurangi jumlah *parameter* yang perlu dilatih, sehingga membantu menghindari masalah *overfitting* . Model ini unggul dalam mengenali objek serta mendeteksi pola visual yang kompleks dengan mengekstraksi fitur-fitur penting secara otomatis sekaligus meningkatkan efisiensi komputasi. Sifat pembagian bobot tersebut menjadikan *CNN* sangat cocok diaplikasikan pada tugas pemrosesan *citra* secara *real-time*, seperti dalam sistem kendaraan otonom dan teknologi pengenalan wajah. Namun, penerapan *CNN* yang optimal memerlukan perancangan *arsitektur* yang tepat, pemilihan hiper*parameter* yang cermat, serta pengelolaan data pelatihan yang baik. Seiring dengan perkembangan riset, *CNN* telah menjadi salah satu metode utama dalam literatur ilmiah yang berfokus pada pengolahan *citra* dan analisis visual[9].

Sistem berbasis *Deep Learning* memungkinkan komputer untuk mengenali pola kompleks dalam data visual melalui pemrosesan bertingkat pada beberapa lapisan jaringan. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan *arsitektur* dalam mampu mengekstraksi fitur hierarkis dari *citra*, sehingga mencapai *Akurasi* tinggi dalam klasifikasi objek. Pendekatan ini memiliki aplikasi praktis luas, seperti pada pengenalan wajah, deteksi objek, dan teknologi kendaraan otonom. Perkembangan signifikan dalam desain JST, khususnya *Convolutional Neural Networks* (CNN), telah memberikan peningkatan performa dalam kategorisasi gambar, yang berdampak positif pada berbagai sektor industri yang bergantung pada analisis *citra* untuk pengambilan keputusan. Deep Learning, sebagai sub-bidang dari Machine Learning, memodelkan pelatihan komputer menggunakan *arsitektur* yang terinspirasi oleh struktur jaringan saraf biologis, memungkinkan pemahaman dan analisis data yang lebih mendalam serta menghasilkan output yang lebih presisi. Jaringan Syaraf Tiruan dengan struktur multilapis menjadi komponen fundamental dalam paradigma ini, dengan aplikasi yang meluas pada pengolahan *citra*, pemrosesan bahasa alami, dan prediksi pola pada *dataset* berukuran besar[9].

Penelitian klasifikasi jenis cabai menggunakan metode *CNN* dengan VGG-16 menghasilkal *Akurasi* 91,8% pada 5-fold cross-validation, dengan sensitivitas 88% dan spesifisitas 93,8%[1]. Penelitian deteksi kualitas cabai rawit menggunakan metode YOLO V5 menghasilkan mAP 99,5%, presisi 99,6%,

dan recall 99,9%, tetapi memiliki false negative 3% pada cabai mentah[10]. Penelitian pelapisan nanokitosan pada cabai rawit menggunakan metode pelapisan nanokitosan dengan rasio kitosan dan STPP, menghasilkan kadar air 68% dan penurunan tekstur 0,5% setelah 16 hari penyimpanan pada suhu 10°C, meskipun tetap terjadi perubahan kualitas seiring waktu.[11]. Penelitian klasifikasi kematangan cabai merah besar menggunakan metode pengolahan *citra* dengan aplikasi Color Grab dan titrasi vitamin C, menghasilkan peningkatan kadar vitamin C seiring kematangan, dengan kadar tertinggi 1,981 mg/g pada cabai sangat matang, serta hasil klasifikasi sebanding dengan metode manual[12]. Penelitian penyimpanan cabai merah keriting dengan metode Taguchi menghasilkan kombinasi terbaik adalah suhu 5°C, kemasan OPP, dan waktu simpan 2 hari, dengan persentase kerusakan 0%[13].

Berdasarkan kondisi tersebut, petani *cenderung* memilih cabai, khususnya cabai rawit, sebagai komoditas utama untuk sumber pendapatan. Namun, Proses penyortiran kualitas cabai yang masih dilakukan secara manual memerlukan tenaga kerja yang besar dan menghasilkan penilaian yang kurang *konsisten* . Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem otomatis untuk identifikasi kualitas dan klasifikasi jenis cabai dengan memanfaatkan *Algoritma* deep learning. Sistem ini diharapkan mampu memberikan solusi yang lebih objektif, akurat, serta efisien dalam *Proses* seleksi dan klasifikasi cabai, sehingga dapat mendorong peningkatan mutu produk pertanian sekaligus memperkuat daya saing di pasar. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan menjadi dasar pengembangan teknologi kecerdasan buatan yang lebih luas dalam sektor pertanian di masa mendatang.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat beberapa permasalahan utama yang menjadi dasar penelitian ini, yaitu:

1. *Proses* identifikasi kualitas dan klasifikasi jenis cabai masih banyak dilakukan secara manual oleh para petani dan pedagang, sehingga sering menimbulkan hasil yang kurang *konsisten* serta bersifat subjektif.
2. Meskipun teknologi kecerdasan buatan telah mengalami perkembangan yang signifikan, penerapannya dalam seleksi cabai di

sektor pertanian, khususnya dalam hal identifikasi kualitas dan jenis cabai, masih sangat terbatas dan belum dimanfaatkan secara optimal.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mengindentifikasi kualitas dan jenis buah cabai berdasarkan *Algoritma Deep Learning (CNN)* ?
2. Bagaimana meningkatkan *Akurasi* identifikasi kualitas dan jenis buah cabai berdasarkan *Algoritma Deep Learning (CNN)* ?

1.4 Batasan Masalah

1. Penenlitian ini hanya fokus pada 2 jenis cabai tertentu, sesuai dengan *dataset* yang digunakan.
2. Penelitian ini hanya menggunakan *Algoritma deep learning*, khususnya *Convolutional Neural Network*(CNN), untuk melakukan identifikasi dan kalsifikasi cabai.

1.5 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi kualitas dan jenis buah cabai secara otomatis menggunakan *Algoritma deep learning*.
2. Meningkatkan *Akurasi* sistem identifikasi kualitas dan jenis buah cabai dengan mengoptimalkan penerapan *Algoritma deep learning*.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Membantu petani dalam menyeleksi kualitas dan jenis cabai secara lebih cepat dan akurat, sehingga meningkatkan efisiensi Proses sortir pascapanen.
2. Mempermudah masyarakat, khususnya pedagang dan konsumen, dalam memperoleh cabai berkualitas tinggi dengan harga yang sesuai, serta meningkatkan transparansi dalam Proses distribusi.