

BAB I PENDAHULUAN

Penelitian ini membahas pengembangan model klasifikasi dua tahap untuk memprediksi kualitas buah cabai menggunakan algoritma XGBoost. Bab ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai konteks dan arah penelitian yang dilakukan, sehingga memperjelas kontribusi penelitian ini dalam bidang pertanian presisi berbasis teknologi *machine learning*.

I.1 Latar Belakang

Cabai (*Capsicum annum L.*) merupakan salah satu komoditas hortikultura strategis di Indonesia karena peran ekonominya yang signifikan dan keterkaitannya dengan volatilitas harga pangan nasional. Bagi masyarakat Indonesia, cabai memiliki nilai konsumsi tinggi, baik sebagai bahan utama masakan maupun sebagai pelengkap rasa. Sebagian besar produksi cabai nasional dikonsumsi dalam bentuk segar setiap hari (Mariyono & Sumarno, 2015). Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian (2023), pertumbuhan produksi cabai Indonesia mengalami perlambatan. Rata-rata pertumbuhan produksi dari 1990 hingga 2022 tercatat sebesar 7,91%, namun menurun menjadi 4,49% pada periode 2018–2022.

Tabel I-1 Rata-rata Pertumbuhan Tanaman Cabai (Kementerian Pertanian, 2023)

Tahun	Luas Panen (%)			Produksi (%)		
	Jawa	Luar Jawa	Indonesia	Jawa	Luar Jawa	Indonesia
1990-2022	2,41	3,04	2,55	7,51	9,88	7,91
2013-2022	3,82	3,17	3,51	7,03	6,05	6,57
2018-2022	2,07	1,80	1,94	7,52	0,93	4,49

Tabel I-1 menunjukkan bahwa penurunan paling drastis terjadi di luar Pulau Jawa, dengan pertumbuhan hanya sebesar 0,93%. Ketimpangan ini menimbulkan tantangan dalam menjaga konsistensi pasokan cabai berkualitas di seluruh wilayah Indonesia, khususnya bagi daerah dengan produktivitas yang stagnan.

Dalam praktiknya, proses penilaian mutu buah cabai masih sangat bergantung pada penilaian visual pascapanen yang dilakukan secara manual, mencakup aspek seperti bentuk buah, ukuran, dan kondisi kulit. Pendekatan ini tidak hanya bersifat

subjektif dan memakan waktu, tetapi juga berisiko menimbulkan inkonsistensi mutu antar wilayah (Sivaranjani dkk., 2022). Di sisi lain, sistem rantai pasok cabai menghadapi tantangan seperti ketidakstabilan harga dan ketidaktepatan waktu panen, yang dapat merugikan petani. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pendukung keputusan berbasis teknologi yang mampu memprediksi mutu buah cabai sejak fase vegetatif, agar petani dapat mengambil langkah korektif sedini mungkin (Muflikh dkk., 2021).

Penelitian ini mengembangkan model klasifikasi kualitas cabai berdasarkan ciri-ciri vegetatif mingguan. Ciri-ciri vegetatif telah terbukti secara ilmiah memiliki korelasi signifikan terhadap hasil dan mutu buah cabai. Berdasarkan penelitian Karim dkk. (2022), tinggi tanaman mencerminkan respons agronomis, diameter batang menunjukkan kekuatan struktural, dan jumlah daun berperan dalam fotosintesis yang mempengaruhi kemampuan tanaman dalam menghasilkan buah yang berkualitas. Data vegetatif tersebut seringkali tercatat dalam observasi lapangan, namun belum banyak dimanfaatkan sebagai dasar prediksi mutu. Padahal, data tersebut bersifat kuantitatif, mudah diperoleh, dan berpotensi menjadi indikator awal mutu panen.

Untuk mengoptimalkan potensi tersebut, penelitian ini menggunakan algoritma *extreme gradient boosting* (XGBoost), yang dikenal karena akurasi tinggi dan kemampuannya menangani data tabular dengan distribusi tidak seimbang (Chen & Guestrin, 2016). Masa vegetatif tanaman cabai (minggu 1–6) merupakan periode kritis di mana tanaman rentan terhadap penyakit dan berpotensi mengalami pertumbuhan yang tidak normal. Gejala penyakit pada tanaman cabai biasanya mulai terlihat sejak tanaman masih berupa kecambah hingga memasuki minggu ke-4 hingga ke-6 setelah tanam (Delai dkk., 2024). Oleh karena itu, prediksi mutu sejak fase ini dapat menjadi langkah strategis untuk intervensi dini dan efisiensi distribusi hasil.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengeksplorasi pendekatan data tabular dalam agrikultur, namun fokus dan metodenya belum mengarah ke klasifikasi mutu buah cabai pra-panen. Zhang dkk. (2025) menggunakan algoritma LightGBM untuk memprediksi konduktansi stomata cabai berdasarkan data

hyperspectral dan meteorologi. Meskipun akurat, pendekatan ini tidak relevan langsung terhadap mutu buah. M'hamdi dkk. (2024) membandingkan performa XGBoost dan *neural networks* dalam memprediksi kandungan brix, likopen, dan rasio warna (a/b) pada buah tomat dari 48 kultivar di 28 lokasi selama lima musim. Meski akurasi prediksi sangat baik dan didukung analisis SHAP (*Shapley Additive eXplanations*), fokus studi ini terbatas pada tomat, parameter mutu kimia-fisik pascapanen, tanpa evaluasi fitur vegetatif pada fase pra-panen. Penelitian lain oleh Jeong dkk. (2023) mengembangkan model XGBoost untuk membedakan asal geografis cabai menggunakan data spektroskopi. Model tersebut bersifat *interpretable* melalui penggunaan SHAP, namun fokus utamanya terbatas pada identifikasi asal cabai tanpa mengevaluasi mutu buahnya.

Berdasarkan celah yang teridentifikasi dari studi sebelumnya, penelitian ini mengusulkan pendekatan klasifikasi dua tahap berbasis algoritma XGBoost. Model dikembangkan menggunakan fitur vegetatif mingguan, yaitu tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun. Pendekatan ini diharapkan tidak hanya meningkatkan akurasi klasifikasi mutu buah cabai pra-panen, tetapi juga memberikan pemahaman yang lebih mendalam terhadap kontribusi masing-masing fitur dalam hasil prediksi. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menghadirkan sistem klasifikasi mutu yang bersifat objektif dan aplikatif, sehingga dapat dimanfaatkan baik oleh petani konvensional maupun dalam penerapan pertanian presisi sebagai dasar intervensi dini terhadap mutu hasil panen.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang mendasari penelitian ini adalah:

1. Belum tersedianya sistem klasifikasi mutu buah cabai pra-panen berbasis ciri vegetatif yang mampu memprediksi mutu secara objektif dan efisien bagi petani. Proses penilaian mutu selama ini masih dilakukan secara manual dan subjektif, sehingga menimbulkan potensi bias, inkonsistensi, dan keterlambatan dalam proses seleksi maupun distribusi hasil panen.

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah sebelumnya, tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem prediksi mutu buah cabai berdasarkan fitur vegetatif dan minggu pengamatan dengan menggunakan algoritma XGBoost guna mengurangi subjektivitas dan ketergantungan pada penilaian manual.
2. Mengembangkan sistem klasifikasi mutu cabai pra-panen berbasis algoritma XGBoost yang mampu memprediksi mutu secara akurat.
3. Menganalisis pengaruh masing-masing fitur vegetatif—tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, dan minggu pengamatan—terhadap performa model klasifikasi mutu buah cabai, dengan memanfaatkan teknik pengukuran *feature importance*.

I.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk beberapa pihak, yaitu:

1. Bagi industri pertanian, penelitian ini memberikan kontribusi pada sektor agrikultur berbasis teknologi dengan fokus pada implementasi *machine learning* dalam pengelolaan pertumbuhan tanaman cabai. Hasil penelitian ini diharapkan membantu industri pertanian untuk mengembangkan sistem pemantauan dan prediksi kualitas buah cabai, khususnya terkait dengan penggunaan fitur vegetatif dan minggu pengamatan.
2. Bagi peneliti lain, penelitian ini memberikan referensi dalam penerapan XGBoost untuk memprediksi pertumbuhan tanaman berdasarkan fitur vegetatif. Penelitian ini membuka peluang untuk studi lebih lanjut dalam mengeksplorasi variabel vegetatif lain yang mungkin memengaruhi pertumbuhan tanaman pada skala yang lebih luas atau pada jenis tanaman lain. Selain itu, penelitian ini juga menawarkan dasar metodologis yang dapat dikembangkan lebih lanjut di bidang *machine learning* dalam pertanian presisi.

I.5 Batasan dan Asumsi Penelitian

Bagian ini menjelaskan batasan dan asumsi yang diterapkan dalam penelitian untuk menjaga fokus serta ruang lingkup analisis agar tetap relevan dan terukur.

Batasan penelitian mencakup fitur yang digunakan dalam pengukuran data serta klasifikasi yang dilakukan.

1. Fitur Vegetatif Mingguan Tanaman

Penelitian ini memanfaatkan tiga parameter vegetatif utama yang dapat diukur secara objektif selama fase pertumbuhan tanaman cabai, yaitu tinggi tanaman (cm), diameter batang (mm), dan jumlah daun (helai). Selain itu, minggu ke-n pengamatan juga digunakan sebagai salah satu fitur dalam model. Data minggu ke-3 hingga minggu ke-6 digunakan untuk pelatihan model. Data pada minggu-minggu awal cenderung kurang stabil dan rentan terhadap fluktuasi pertumbuhan sehingga tidak digunakan.

2. Klasifikasi Kualitas Buah Cabai

Penelitian ini difokuskan untuk memprediksi mutu akhir buah cabai yang dikategorikan ke dalam tiga *grade*: A, B, dan C, berdasarkan kondisi fisik buah dominan saat panen.

3. Jenis Tanaman Cabai

Jenis cabai yang digunakan sebagai sumber data dalam penelitian ini adalah cabai Baja, yang merupakan salah satu varietas cabai rawit merah. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dibatasi pada jenis tanaman cabai tersebut dan belum dapat digeneralisasikan ke varietas cabai lainnya tanpa validasi ulang.

4. Sumber dan Lokasi Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung oleh tim Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran pada tanaman cabai Baja yang dibudidayakan di lahan percobaan fakultas tersebut.

I.6 Sistematika Laporan

Laporan tugas akhir ini disusun secara sistematis dalam enam bab, agar pembahasan dapat tersampaikan secara terstruktur dan logis. Adapun sistematika laporan ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan dan asumsi yang digunakan, serta sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi kajian teoritis yang mendukung penelitian, mencakup konsep-konsep dasar studi dan pustaka dari penelitian terdahulu yang relevan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan pendekatan penelitian yang digunakan dengan pendekatan CRISP-DM sebagai kerangka kerja utama.

BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN

Berisi uraian mendalam mengenai analisis kebutuhan, pengolahan data, dan perancangan model klasifikasi berdasarkan tahapan CRISP-DM, termasuk *data understanding*, *data preparation*, dan pemodelan secara sistematis.

BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini membahas proses implementasi dan pengujian model, mencakup konfigurasi masing-masing algoritma (*Two-stage* XGBoost, MLP, dan XGBoost *Baseline*), evaluasi performa model, serta interpretasi hasil yang diperoleh dari pengujian.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Menyajikan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan memberikan saran untuk pengembangan atau penelitian lanjutan di masa mendatang.