

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cabai (*Capsicum sp.*) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang memiliki peranan penting dalam sektor pertanian Indonesia. Tingginya tingkat konsumsi masyarakat serta kebutuhan industri menjadikan cabai sebagai komoditas dengan nilai ekonomi yang tinggi. Selain memenuhi kebutuhan pasar domestik, cabai juga memiliki potensi ekspor ke berbagai negara. Tanaman ini dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik pada berbagai kondisi agroklimat, mulai dari dataran rendah hingga dataran tinggi pada ketinggian 0–1.300 meter di atas permukaan laut, serta dapat dibudidayakan di lahan sawah maupun lahan kering (tegalan) (Inaya et al., 2022).

Cabai merupakan komoditas penting di Indonesia untuk konsumsi domestik maupun ekspor. Namun, produktivitasnya sering menurun akibat serangan hama dan penyakit, terutama yang menyerang bagian daun seperti penyakit keriting.

Selain berfungsi sebagai penyedap rasa dalam berbagai jenis masakan, cabai juga memiliki kandungan nutrisi yang bermanfaat bagi kesehatan. Kandungan vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif di dalamnya berperan dalam mendukung kesehatan jantung, menjaga kesehatan mata, serta berpotensi menurunkan risiko penyakit tertentu. Cabai mengandung karotenoid, protein, lemak, vitamin A, vitamin C, fosfor, serta berbagai senyawa alkaloid seperti capsaicin, flavonoid, dan minyak atsiri yang memberikan nilai gizi dan manfaat fungsional bagi tubuh (Wali et al., 2025).

Cabai merupakan komoditas yang banyak dibutuhkan oleh berbagai kalangan, mulai dari rumah tangga, restoran, hingga industri pengolahan makanan. Tingginya permintaan pasar terhadap cabai mendorong banyak petani untuk mengembangkan usaha budidaya tanaman ini. Namun, ketersediaan cabai sering mengalami fluktuasi akibat berbagai faktor, seperti perubahan kondisi iklim, serangan hama dan penyakit tanaman, serta penerapan teknik budidaya yang kurang optimal. Selain itu, keterbatasan pengetahuan petani skala kecil

mengenai teknik budidaya cabai yang baik juga dapat menyebabkan rendahnya produktivitas tanaman. Salah satu faktor utama yang berkontribusi terhadap penurunan hasil produksi cabai adalah serangan penyakit keriting daun yang dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan kualitas maupun kuantitas hasil panen (Suyanto et al., 2023).

Penyakit daun keriting pada cabai ditandai dengan daun muda yang menggulung, tampak tebal, mengkerut, dan pertumbuhan tanaman menjadi tidak normal. Penyebab utama penyakit ini adalah serangan hama thrips atau kutu daun, yang merusak jaringan daun muda. Virus, seperti virus *mosaic* atau virus keriting daun, yang ditularkan oleh vektor serangga (Informasi) & 2024, 2024). *Yellow Leaf Curl Virus* (YLCV), *Yellow Leaf Curl Virus* (YLCV) merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman cabai yang banyak ditemukan di daerah tropis dan subtropis. Penyakit ini menyebabkan daun mengalami penggulangan, menguning, serta menghambat pertumbuhan tanaman. Dampak yang ditimbulkan dapat berupa penurunan hasil panen hingga kegagalan produksi pada tingkat serangan yang tinggi. Virus ini ditularkan oleh kutu kebul (*Bemisia tabaci*), yang berperan sebagai vektor utama dalam penyebaran penyakit dan memungkinkan infeksi menyebar dengan cepat antar tanaman. Insiden YLCV dilaporkan meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Faktor pemicunya diduga meliputi perubahan iklim dan penerapan teknik budidaya yang kurang tepat. Oleh karena itu, dibutuhkan pemahaman lebih dalam mengenai karakteristik virus ini dan metode pengendaliannya. (Gita Fakhira et al., n.d.).

Penyakit daun keriting berdampak langsung pada penurunan hasil dan kualitas panen cabai. Buah yang dihasilkan cenderung cacat dan tidak layak jual, sehingga berdampak pada menurunnya pendapatan petani. Di sisi lain, penyakit daun keriting juga menyebabkan Akibatnya, petani harus menanggung biaya produksi yang lebih tinggi untuk melakukan pengendalian penyakit dan menjaga produktivitas tanaman tetap optimal membeli pestisida atau fungisida dalam rangka mengendalikan penyebaran penyakit.

Penyakit virus kuning merupakan salah satu organisme pengganggu tumbuhan (OPT) yang sering menyerang tanaman cabai dan berpotensi

menyebabkan penurunan kualitas serta kuantitas hasil panen. Infeksi virus ini ditandai dengan munculnya gejala *vein clearing*, yaitu perubahan warna menjadi kuning pada jaringan daun yang berada di sekitar tulang daun. Gejala tersebut umumnya berkembang secara bertahap dan dapat mengganggu proses pertumbuhan serta perkembangan tanaman apabila tidak ditangani dengan baik (Asie & M. Hidayat, 2023, p. 155). Gejala lanjutan infeksi virus kuning ditandai dengan perubahan warna tulang daun menjadi kuning cerah yang umumnya diawali pada daun-daun muda di bagian pucuk tanaman. Seiring perkembangan penyakit, warna kuning semakin jelas terlihat dan disertai dengan penebalan tulang daun serta daun yang melengkung atau menggulung ke arah atas (*cupping*). Selain itu, ukuran daun menjadi lebih kecil dibandingkan kondisi normal dan warna daun berubah menjadi kuning terang. Infeksi yang semakin parah juga menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat sehingga tanaman tampak kerdil. Dampak dari kondisi tersebut adalah penurunan produktivitas tanaman secara signifikan, bahkan pada tingkat serangan yang berat tanaman dapat gagal berbuah sama sekali (Rizki Ridhwan & Hudori, 2026).

Penyakit bercak daun cabai merupakan salah satu penyakit utama yang sering ditemukan pada tanaman cabai di Indonesia. Kondisi iklim tropis yang panas dan lembap mendukung perkembangan penyakit ini. Penyakit bercak daun disebabkan oleh jamur *Cercospora capsici* dan dikenal pula dengan beberapa istilah, seperti penyakit mata katak (*frog eye spot*), bercak serkospora, atau bercak daun serkospora. Tingkat keparahan serangan dapat meningkat akibat penerapan teknik budidaya yang kurang tepat, seperti jarak tanam yang terlalu rapat, tinggi bedengan yang rendah, serta sistem drainase yang tidak baik. Upaya pengendalian dapat dilakukan melalui penerapan pengendalian hama terpadu (PHT), antara lain dengan menjaga kesehatan tanaman, memanfaatkan agen hayati, menggunakan varietas tahan penyakit, melakukan pengendalian fisik, serta memanfaatkan senyawa semiokimia sebagai bagian dari strategi pengendalian.

Penyebaran penyakit ini dapat terjadi melalui bantuan angin maupun aktivitas manusia. Gejala serangan umumnya muncul pada daun tua dan kemudian dapat menyebar ke daun yang lebih muda. Tanda awal infeksi ditunjukkan oleh

munculnya bercak-bercak kecil berbentuk bulat dengan bagian tengah yang kering pada permukaan daun. Seiring perkembangan penyakit, bercak dapat membesar hingga mencapai diameter sekitar 0,5 cm. Pada stadium lanjut, bagian tengah bercak berwarna putih hingga pucat, sedangkan bagian tepinya tampak lebih gelap. Bercak yang semakin berkembang dapat menyebabkan jaringan daun mati dan berlubang sehingga mengurangi luas area fotosintesis tanaman (Homepage et al., 2023).

Apabila serangan penyakit sudah dalam tahap parah, maka biaya perawatan dan pengendalian bisa meningkat secara drastis. Penurunan hasil panen dan kualitas buah ini pada akhirnya menyebabkan kerugian ekonomi langsung yang cukup besar. Kerugian ini akan semakin signifikan jika serangan penyakit terjadi secara luas dan merata di lahan pertanian. Tidak hanya itu, penyakit daun pada cabai juga berdampak pada rantai pasokan cabai di pasar. Penurunan produksi menyebabkan kelangkaan pasokan, yang dapat memicu kenaikan harga jual di tingkat konsumen. Hal ini menciptakan kerugian baik di tingkat petani maupun pedagang karena distribusi produk terganggu dan kestabilan harga menjadi tidak terjaga (Gita Fakhira et al., n.d.).

Sistem deteksi pada penelitian ini dikembangkan menggunakan teknologi *Machine Learning* dengan pendekatan *supervised learning*. *Machine Learning* merupakan salah satu cabang dari kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang memungkinkan komputer mempelajari pola dari data sehingga dapat melakukan tugas tertentu secara otomatis tanpa harus diprogram secara eksplisit untuk setiap kondisi. Sementara itu, *supervised learning* adalah metode pembelajaran yang menggunakan data berlabel untuk membangun suatu model yang mampu memprediksi atau mengklasifikasikan data baru berdasarkan pola yang telah dipelajari sebelumnya.

Perkembangan teknologi *Machine Learning* saat ini semakin pesat dan didukung oleh berbagai pustaka (*library*) serta *Application Programming Interface* (API) yang memudahkan proses pengembangan model. Sebagian besar pustaka *Machine Learning* dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python karena memiliki sintaks yang sederhana dan dukungan komunitas yang

luas. Salah satu pustaka yang banyak digunakan adalah TensorFlow, yang menyediakan berbagai fungsi dan alat untuk membangun, melatih, serta mengimplementasikan model *Deep Learning* dalam menyelesaikan berbagai permasalahan komputasi dan pengolahan data (Arsal et al., 2020).

Deep Learning merupakan salah satu cabang dari *Machine Learning* yang menggunakan jaringan saraf tiruan (*artificial neural networks*) dengan banyak lapisan pemrosesan untuk mempelajari serta merepresentasikan data pada berbagai tingkat abstraksi. Pendekatan ini dirancang untuk meniru cara kerja otak manusia dalam memahami dan mengolah informasi yang kompleks, sehingga mampu menangkap pola serta hubungan yang rumit dari data berukuran besar. Berkat kemampuannya tersebut, *Deep Learning* telah menjadi teknologi yang banyak digunakan dalam berbagai bidang, seperti pengolahan citra digital, pengenalan suara, deteksi objek, dan berbagai aplikasi kecerdasan buatan lainnya. Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi ini juga mulai diterapkan pada bidang pertanian dan ilmu pangan untuk membantu proses analisis dan pengambilan keputusan secara otomatis.

Penerapan *Deep Learning* telah meningkatkan kemampuan sistem dalam melakukan klasifikasi, pengenalan pola, deteksi objek, serta interpretasi data dengan tingkat akurasi yang tinggi. Namun, proses pelatihan model *Deep Learning* memerlukan sumber daya komputasi yang besar karena algoritmanya bersifat iteratif, memiliki struktur jaringan yang kompleks dengan banyak lapisan, serta membutuhkan data dalam jumlah besar untuk menghasilkan model yang optimal. Selain itu, kemampuan *Deep Learning* untuk terus belajar dan beradaptasi terhadap perubahan pola data menjadikannya sebagai metode yang fleksibel dan efektif dalam menghadapi berbagai permasalahan analisis data yang dinamis (Ridhovan & Suharso, 2022).

Salah satu arsitektur yang banyak digunakan dalam pengolahan citra pada bidang *Deep Learning* adalah Convolutional Neural Network (CNN). CNN merupakan pengembangan dari *Multilayer Perceptron* (MLP) yang dirancang khusus untuk mengolah data berbentuk grid, seperti citra digital dan sinyal suara. Arsitektur ini mampu mengekstraksi fitur secara otomatis dari data masukan

melalui proses konvolusi, sehingga dapat mengenali pola dan karakteristik objek dengan tingkat akurasi yang tinggi. Kemampuan tersebut menjadikan CNN banyak diterapkan pada berbagai tugas *Computer Vision*, seperti klasifikasi citra, deteksi objek, segmentasi gambar, dan pengenalan pola. CNN bekerja dengan meniru mekanisme sistem visual manusia dalam mengidentifikasi serta menginterpretasikan informasi visual yang diterima (Rahmadhani & Marpaung, 2023). Selain digunakan sebagai metode klasifikasi citra, CNN juga menjadi dasar bagi berbagai model deteksi objek modern, salah satunya adalah *You Only Look Once* (YOLO), yang memanfaatkan jaringan konvolusi untuk mendeteksi dan mengidentifikasi objek dalam citra secara cepat dan akurat.

Konsep utama pada Convolutional Neural Network (CNN) terletak pada proses konvolusi, yaitu mekanisme yang digunakan untuk mengekstraksi fitur-fitur penting dari suatu citra. Melalui proses ini, sistem dapat mengenali pola, bentuk, tekstur, maupun karakteristik visual lainnya yang terdapat pada gambar. Fitur-fitur yang berhasil diekstraksi kemudian digunakan sebagai dasar dalam proses klasifikasi atau pengenalan objek. Pendekatan konvolusi memungkinkan model untuk mempelajari representasi data secara otomatis dan lebih efisien dibandingkan metode konvensional, sehingga meningkatkan kinerja sistem dalam tugas pengolahan citra dan pengenalan pola (Arsal et al., 2020).

Berdasarkan uraian tersebut, dibutuhkan suatu sistem berbasis citra yang mampu mendeteksi gejala keriting daun pada tanaman cabai secara otomatis, akurat, dan efisien. Oleh karena itu, penelitian ini berjudul “*Deteksi Dini Daun Cabai Keriting Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Berbasis Citra Daun*”, yang bertujuan untuk menerapkan teknologi *Deep Learning* dalam mendukung pengambilan keputusan di bidang pertanian, khususnya dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit tanaman cabai.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi dini

penyakit pada daun cabai berbasis citra digital menggunakan model YOLO yang berbasis Convolutional Neural Network (CNN)?

2. Bagaimana tingkat akurasi dan kinerja model YOLO berbasis CNN dalam mendeteksi penyakit pada daun cabai berdasarkan data citra yang digunakan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengembangkan sistem deteksi dini penyakit pada daun cabai berbasis citra digital menggunakan model YOLO yang berbasis Convolutional Neural Network (CNN).
2. Mengukur dan menganalisis tingkat akurasi serta kinerja model YOLO berbasis CNN dalam mendeteksi penyakit pada daun cabai berdasarkan data citra yang diperoleh dari petani lokal.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada perancangan, implementasi, dan pengujian sistem deteksi dini penyakit pada daun cabai menggunakan metode *You Only Look Once* (YOLO) berbasis citra daun.
2. *Dataset* yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari petani lokal dan jumlah data yang digunakan terbatas pada data yang berhasil dikumpulkan selama penelitian.
3. Objek penelitian dibatasi pada daun tanaman cabai (*Capsicum annuum*) dengan empat kategori, yaitu daun sehat, daun yang terinfeksi penyakit keriting daun (Yellow Leaf Curl Virus), daun kuning, dan bercak daun (*Cercospora Leaf Spot*).
4. Tahap prapemrosesan citra meliputi penyesuaian ukuran gambar (*resize*), normalisasi, serta augmentasi data sederhana seperti rotasi dan *flipping*.
5. Model deteksi yang digunakan adalah YOLO (*You Only Look Once*) yang dikembangkan dan dilatih menggunakan *framework* berbasis Python.

6. Sistem hanya mendeteksi kategori penyakit yang telah ditentukan dalam *dataset* dan tidak mencakup seluruh jenis penyakit yang dapat menyerang tanaman cabai.
7. Pengujian sistem dilakukan menggunakan citra daun cabai yang diambil dalam kondisi pencahayaan dan kualitas gambar yang bervariasi sesuai dengan data yang tersedia.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menjadi referensi dan sumber informasi bagi peneliti selanjutnya dalam pengembangan sistem deteksi penyakit tanaman berbasis citra digital dan teknologi *Deep Learning*.
2. Menghasilkan sistem deteksi dini penyakit pada daun cabai yang dapat membantu petani dalam mengidentifikasi kondisi tanaman secara lebih cepat dan akurat sehingga tindakan penanganan dapat dilakukan lebih dini.
3. Memberikan kontribusi dalam penerapan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) di bidang pertanian, khususnya untuk mendukung proses pemantauan kesehatan tanaman cabai dan mengurangi risiko kerugian akibat serangan penyakit.
4. Menjadi sarana bagi peneliti untuk menerapkan serta mengembangkan pengetahuan yang telah diperoleh selama menempuh pendidikan Strata-1, khususnya dalam bidang kecerdasan buatan, pengolahan citra digital, dan *Deep Learning*.