

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Tanaman labu (*Cucurbita* spp.) merupakan komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi dan gizi tinggi di dunia, termasuk Indonesia [1]. Selain dikonsumsi dalam bentuk segar, labu juga dimanfaatkan dalam berbagai produk olahan pangan serta menjadi komoditas penting dalam industri makanan lokal. Popularitasnya meningkat seiring dengan kesadaran masyarakat terhadap konsumsi pangan sehat yang kaya akan serat, vitamin A, dan antioksidan [2]. Dengan luasnya potensi pemanfaatan ini, produktivitas tanaman labu menjadi aspek penting dalam menjaga keberlanjutan pasokan pangan lokal. Namun, produktivitas ini sangat bergantung pada kesehatan organ vegetatif tanaman, khususnya bagian daun, yang memainkan peran sentral dalam proses fotosintesis [3]. Oleh karena itu, menjaga kesehatan daun labu dari ancaman penyakit menjadi kebutuhan yang mendesak, sekaligus dasar pemilihan daun labu sebagai fokus dalam penelitian ini.

Salah satu ancaman terbesar terhadap kesehatan daun labu adalah penyakit *Powdery Mildew*, infeksi jamur permukaan yang ditandai dengan munculnya bercak putih keabu-abuan seperti tepung [4]. Penyakit ini disebabkan oleh beberapa spesies jamur ektoparasit, di antaranya *Podosphaera xanthii* dan *Erysiphe cichoracearum*, yang menginfeksi permukaan daun tanpa memerlukan luka jaringan [5]. *Powdery Mildew* sangat umum ditemukan pada budidaya labu di wilayah tropis seperti Indonesia karena kelembapan tinggi dan suhu hangat sangat mendukung perkembangannya [6, 7]. Penyakit ini menyebar secara agresif melalui spora di udara, dan dapat menjangkiti seluruh tanaman dalam waktu singkat [8].

Tidak seperti penyakit daun lain yang berkembang secara bertahap atau bersifat lokal, *Powdery Mildew* langsung menutupi permukaan fotosintetik daun, menghambat pertukaran gas dan penyerapan cahaya [9]. Akibatnya, laju fotosintesis menurun drastis bahkan sebelum daun menunjukkan tanda-tanda nekrosis [10]. Dalam konteks tanaman labu, hal ini sangat berisiko karena daun yang lebar dan tipis sangat rentan terhadap penurunan fungsi fisiologis. Berdasarkan karakter penyebaran, dampak, dan prevalensinya, *Powdery Mildew* memiliki tingkat urgensi yang lebih tinggi dibandingkan penyakit daun lainnya dan menjadi fokus utama dalam penelitian ini.

Dalam praktik pertanian konvensional, deteksi penyakit seperti *Powdery Mildew* masih banyak bergantung pada pengamatan visual manual. Sayangnya, pendekatan ini tidak efektif untuk mendeteksi gejala dini karena keterbatasan manusia dalam mengenali perubahan morfologis mikroskopis secara konsisten [11]. Akibatnya, tindakan penanganan sering kali terlambat dilakukan, dan infeksi sudah menyebar secara luas. Maka dari itu, dibutuhkan sistem deteksi otomatis yang dapat mengidentifikasi gejala secara cepat, akurat, dan konsisten, bahkan pada tahap awal infeksi.

Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah pemanfaatan algoritma Convolutional Neural Network (CNN), yaitu arsitektur deep learning yang dirancang untuk mengenali pola visual kompleks dalam citra digital. CNN bekerja dengan mengekstraksi fitur spasial dan tekstural secara bertingkat melalui lapisan konvolusi dan pooling, memungkinkan model untuk membedakan antara daun sehat dan daun yang terinfeksi berdasarkan karakteristik visualnya [12]. Dalam konteks penyakit tanaman, CNN telah berhasil diterapkan pada berbagai jenis tanaman seperti tomat, anggur, dan apel, dengan tingkat akurasi tinggi [13, 14]. Keunggulan CNN terletak pada kemampuannya mengotomatisasi ekstraksi fitur, menjadikannya sangat cocok untuk analisis citra daun yang kompleks [15].

Penelitian yang berfokus pada penerapan CNN untuk mendeteksi penyakit *Powdery Mildew* pada daun labu sangat relevan dalam konteks modernisasi pertanian di Indonesia. Cuaca dan iklim Indonesia yang bersifat tropis seperti Thailand sangat berpotensi untuk diserang penyakit *Powdery Mildew* [7]. Dengan penerapan deteksi menggunakan model berbasis CNN, petani dapat mengambil tindakan pengendalian yang lebih cepat dan tepat sebelum penyakit menyebar lebih luas, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan mengurangi risiko kerugian ekonomi [16].

Selain alasan-alasan tersebut, pendekatan CNN juga menjadi sangat relevan dalam konteks keterbatasan data yang digunakan dalam penelitian ini. Dataset [17] terdiri dari 2000 citra daun labu yang terbagi dalam lima kategori: *Powdery Mildew*, *Downy Mildew*, Bacterial Leaf Spot, *Mosaic Disease*, dan daun sehat. Distribusi data antar kelas menunjukkan ketidakseimbangan yang dapat memicu overfitting apabila tidak ditangani dengan benar, terutama pada model berkompleksitas tinggi. Dalam situasi seperti ini, pemilihan arsitektur CNN dengan jumlah parameter yang tidak terlalu besar menjadi penting agar model tetap dapat belajar pola dengan baik tanpa mengalami degradasi performa akibat overfitting [18].

Untuk lebih meningkatkan kinerja CNN, penelitian ini juga akan

menerapkan arsitektur VGG16—model deep CNN yang dikembangkan oleh Simonyan dan Zisserman [19]. VGG16 dikenal dengan struktur konvolusinya yang dalam namun teratur, dengan penggunaan kernel berukuran kecil (3×3) yang berulang secara bertingkat. Struktur ini memungkinkan ekstraksi fitur yang lebih dalam tanpa memperbesar kompleksitas parameter secara drastis [19]. Selain itu, VGG16 juga sangat kompatibel dengan metode transfer learning, memungkinkan penggunaan bobot terlatih dari dataset besar seperti ImageNet untuk mengatasi keterbatasan data pada domain khusus seperti penyakit daun labu [20].

VGG16 memiliki struktur jaringan yang lebih dalam dibandingkan model konvensional, tetapi tetap lebih sederhana dibandingkan model yang lebih kompleks seperti DenseNet atau EfficientNet [21]. Salah satu keunggulan utama VGG16 adalah penggunaan lapisan konvolusi dengan kernel berukuran kecil (3×3) yang berulang, memungkinkan ekstraksi fitur yang lebih kaya tanpa menambah jumlah parameter yang terlalu banyak [19].

Dibandingkan dengan model yang lebih baru, VGG16 memiliki keuntungan dalam stabilitas pelatihan dan interpretabilitas [22]. Model ini tidak menggunakan shortcut connections seperti yang ditemukan pada ResNet, yang meskipun dapat mempercepat konvergensi, juga meningkatkan kompleksitas arsitektur [23]. Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa VGG16 dapat mencapai akurasi tinggi dalam deteksi penyakit tanaman tanpa memerlukan penyesuaian hiperparameter yang kompleks, menjadikannya pilihan yang lebih mudah diimplementasikan dalam sistem pertanian berbasis CNN [24, 25].

Dibandingkan dengan VGG19, yang merupakan varian yang lebih dalam dari arsitektur VGG, VGG16 unggul dalam efisiensi komputasi. VGG19 memiliki 19 lapisan konvolusi dibandingkan dengan 16 lapisan pada VGG16, yang dapat meningkatkan kapasitas model dalam mengekstraksi fitur lebih kompleks [19]. Namun, peningkatan kedalaman ini juga menyebabkan peningkatan jumlah parameter, yang berpotensi meningkatkan kebutuhan daya komputasi dan waktu pelatihan tanpa peningkatan akurasi yang signifikan [19]. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa perbedaan performa antara VGG16 dan VGG19 dalam tugas klasifikasi citra tidak terlalu besar. Bahkan, dalam beberapa kasus, VGG16 dapat mengungguli VGG19 dalam hal kecepatan inferensi dan stabilitas pelatihan, terutama pada dataset dengan jumlah sampel terbatas atau dalam lingkungan komputasi dengan sumber daya terbatas [26].

Pemilihan VGG16 dalam penelitian ini juga didukung oleh kompatibilitasnya dengan transfer learning, di mana bobot yang telah dilatih

sebelumnya pada dataset besar seperti ImageNet dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi deteksi penyakit tanaman tanpa memerlukan dataset yang sangat besar [20]. Hal ini sangat relevan dalam penelitian ini, mengingat dataset yang digunakan memiliki cakupan yang terbatas pada penyakit *Powdery Mildew* pada daun labu. Dengan demikian, VGG16 menjadi pilihan yang ideal karena keseimbangan antara akurasi, efisiensi komputasi, dan kemudahan implementasi.

Berbagai studi menunjukkan bahwa arsitektur VGG16 yang merupakan pengembangan pada algoritma CNN tetap memberikan performa klasifikasi yang kompetitif pada dataset yang relatif kecil dan tidak seimbang apabila dikombinasikan dengan teknik augmentasi data dan transfer learning. Penelitian oleh [27] menunjukkan bahwa fine-tuning pada VGG16 yang dilatih ulang menggunakan transfer learning mampu mencapai akurasi lebih dari 90% pada klasifikasi penyakit daun tomat, meskipun jumlah sampel terbatas. Sementara itu, [28] membandingkan beberapa arsitektur CNN pada klasifikasi penyakit daun tanaman dan menemukan bahwa VGG16 memberikan hasil stabil dan akurat di dataset kecil setelah diterapkan augmentasi dan fine-tuning.

Penelitian terdahulu seperti oleh [29] membuktikan bahwa VGG16 mampu mencapai performa klasifikasi yang baik pada dataset citra penyakit tanaman pada ukuran dataset yang relatif kecil, sehingga menunjukkan potensinya untuk diterapkan pula pada tanaman hortikultura seperti labu. Di Indonesia, [30] menunjukkan bahwa penggunaan VGG16 dengan mampu meningkatkan akurasi klasifikasi penyakit daun apel hingga 92,94%, padahal dataset awal bersifat tidak seimbang. Oleh karena itu, CNN dipilih sebagai arsitektur utama dalam penelitian ini untuk merancang sistem deteksi dan menguji arsitektur VGG16 dalam meningkatkan performa klasifikasi penyakit *Powdery Mildew* pada daun labu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara membangun model Convolutional Neural Network untuk mendeteksi penyakit pada daun labu?
2. Seberapa akurat model yang dihasilkan dalam mendeteksi penyakit *Powdery Mildew* pada daun labu?

1.3 Batasan Permasalahan

Untuk menjaga fokus dan keterbatasan penelitian, batasan-batasan yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Dataset yang digunakan hanya terdiri dari gambar daun labu yang mengandung penyakit *Downy Mildew*, *Powdery Mildew*, *Mosaic Disease*, *Bacterial Leaf Spot*, serta daun sehat.
2. Proses deteksi juga dilakukan menggunakan gambar daun yang diambil langsung dari lingkungan lapangan, tanpa memperhitungkan kondisi laboratorium.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Merancang model Convolutional Neural Network yang dapat mendeteksi penyakit *Powdery Mildew* pada daun labu.
2. Mengukur penerapan dan kinerja model CNN yang dikembangkan dalam hal akurasi, presisi, dan *recall*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi petani, dapat mempermudah dalam mendeteksi penyakit pada daun labu, sehingga tindakan pengendalian dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efektif.
2. Bagi akademisi dan peneliti, penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengembangan teknologi berbasis *machine learning* untuk deteksi penyakit tanaman.
3. Bagi masyarakat, penelitian ini dapat berkontribusi pada peningkatan produksi pertanian melalui pencegahan dan pengendalian penyakit tanaman.

1.6 Sistematika Penulisan

Berisikan uraian singkat mengenai struktur isi penulisan laporan penelitian, dimulai dari Pendahuluan hingga Simpulan dan Saran.

Sistematika penulisan laporan adalah sebagai berikut:

- **Bab 1 PENDAHULUAN**
Bab ini menjelaskan latar belakang penelitian di balik perumusan masalah, tujuan dan manfaat yang diharapkan, serta strukturisasi penulisan laporan.
- **Bab 2 LANDASAN TEORI**
Bab ini membahas teori-teori yang mendukung dan menjadi dasar penelitian, termasuk konsep dasar penyakit *Powdery Mildew*, Convolutional Neural Network (CNN), dan model VGG16 yang digunakan.
- **Bab 3 METODOLOGI PENELITIAN**
Bab ini menjelaskan setiap tahapan penelitian secara sistematis yang meliputi pengumpulan data, preprocessing, pengembangan model, pelatihan, evaluasi, dan implementasi.
- **Bab 4 HASIL DAN DISKUSI**
Bab ini menyajikan hasil penelitian yang diperoleh melalui analisis performa model dalam mendeteksi *Powdery Mildew*, baik sebelum maupun setelah mengimplementasikan VGG16. Analisis performa meliputi perbandingan hasil berdasarkan metrik evaluasi, seperti akurasi, presisi, *recall*, F1-score.
- **Bab 5 KESIMPULAN DAN SARAN**
Bab ini merangkum hasil dan kesimpulan utama yang diperoleh dalam penelitian ini, serta memberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut dalam penelitian serupa.

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA