

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Tanaman melon (*Cucumis melo* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang banyak dibudidayakan karena memiliki nilai ekonomi dan kandungan gizi yang tinggi. Buah ini mengandung berbagai senyawa bermanfaat, seperti vitamin C, vitamin E, serta asam lemak tak jenuh ganda yang berkontribusi terhadap pemeliharaan kesehatan tubuh [1]. Selain memiliki nilai gizi yang baik, melon juga menjadi komoditas pertanian yang penting di Indonesia. Namun, produksi melon nasional dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan kecenderungan menurun. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi melon nasional mencapai 129.147 ton pada tahun 2021, kemudian menurun menjadi 118.696 ton pada tahun 2022 dan kembali turun menjadi 117.794 ton pada tahun 2023. Pada tahun yang sama, Provinsi Jawa Timur menjadi daerah dengan produksi melon tertinggi sebesar 59.246 ton, diikuti oleh Provinsi Jawa Tengah sebesar 23.086 ton. Data tersebut menunjukkan bahwa Pulau Jawa masih menjadi sentra utama produksi melon di Indonesia [2].

Salah satu faktor yang berpotensi menyebabkan penurunan produktivitas melon adalah serangan penyakit *powdery mildew*. Penyakit ini menginfeksi permukaan daun melalui konidia yang membentuk *appressoria* dan *haustoria* untuk menembus sel epidermis tanaman. Selanjutnya, jamur membentuk hifa epifitik yang menghasilkan bercak putih menyerupai tepung pada permukaan daun. Infeksi yang terjadi dapat menghambat proses fotosintesis, mengurangi luas daun efektif, menurunkan efisiensi penggunaan air, serta berdampak negatif terhadap kualitas dan kuantitas buah melon [3]. Oleh karena itu, deteksi dan pemantauan tingkat keparahan penyakit *powdery mildew* menjadi langkah penting untuk mendukung pengelolaan budidaya melon yang lebih efektif.

Dampak serangan *powdery mildew* terhadap produksi melon juga telah dilaporkan pada berbagai sentra budidaya. Salah satu contohnya terjadi di Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta, di mana serangan *powdery mildew* menyebabkan penurunan produktivitas tanaman melon dan meningkatkan biaya pengendalian penyakit yang harus ditanggung petani. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa *powdery mildew* masih menjadi ancaman nyata bagi keberlanjutan budidaya melon, khususnya pada lingkungan dengan kelembapan yang tinggi [4]. Fenomena serupa juga ditemukan pada lokasi penelitian di *greenhouse* Sekala Farm. Berdasarkan hasil observasi lapangan, serangan *powdery mildew* ditemukan pada sejumlah tanaman melon dan cenderung menyebar dengan cepat akibat tingginya kelembapan lingkungan serta jarak tanam yang relatif berdekatan. Kondisi tersebut menyebabkan munculnya bercak putih pada permukaan daun yang berpotensi mengganggu proses fotosintesis dan menurunkan

produktivitas tanaman apabila tidak terdeteksi dan ditangani sejak dini.

Identifikasi penyakit tanaman umumnya masih dilakukan secara manual melalui pengamatan visual oleh petani atau tenaga ahli. Metode ini rentan terhadap subjektivitas, perbedaan penilaian antar pengamat, serta kurang efektif dalam mendeteksi infeksi pada tahap awal [5]. Pada penyakit *powdery mildew*, informasi tingkat keparahan (*severity*) sangat penting karena menjadi dasar dalam pengambilan keputusan pengendalian penyakit. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa estimasi *severity* berbasis citra mampu memberikan hasil yang lebih objektif dan konsisten dibandingkan pengamatan visual [6]. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi *computer vision* dan *deep learning* menjadi alternatif yang menjanjikan untuk mengotomatisasi proses estimasi tingkat keparahan penyakit berdasarkan citra digital [7].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa segmentasi semantik berbasis U-Net mampu mengukur area infeksi penyakit tanaman secara kuantitatif pada tingkat piksel. Lin et al. menerapkan U-Net untuk segmentasi *powdery mildew* pada daun mentimun dan memperoleh *pixel accuracy* sebesar 96,08%, IoU sebesar 72,11%, dan *Dice accuracy* sebesar 83,45%, membuktikan bahwa segmentasi semantik mampu merepresentasikan tingkat keparahan penyakit secara kuantitatif [8]. Annafii et al. juga menerapkan U-Net untuk segmentasi *leaf blast* pada daun padi dengan resolusi citra 512×512 piksel, dan menunjukkan bahwa mekanisme *skip connection* pada U-Net efektif dalam mempertahankan informasi spasial citra [9].

Seiring perkembangan metode segmentasi citra, U-Net banyak dikombinasikan dengan *backbone* CNN *pretrained* untuk memperoleh keseimbangan antara akurasi dan efisiensi komputasi. MobileNetV2 merupakan salah satu arsitektur yang banyak digunakan karena mampu menghasilkan ekstraksi fitur yang baik dengan jumlah parameter yang lebih sedikit melalui penggunaan *depthwise separable convolution* dan *inverted residual block* [10]. Rosário dan Saide kemudian membuktikan bahwa kombinasi U-Net dengan encoder MobileNetV2 mampu menghasilkan segmentasi penyakit daun yang akurat pada tingkat piksel dengan parameter yang relatif rendah [11], menjadikan arsitektur ini relevan untuk kondisi data dan sumber daya komputasi yang terbatas.

Sejalan dengan penelitian mengenai estimasi tingkat keparahan (*severity*) penyakit *powdery mildew* pada daun melon, Zine El Abidine et al. mengembangkan sistem berbasis *machine learning* untuk mengklasifikasikan tingkat infeksi dan memperoleh akurasi hingga 95% [12]. Hasil tersebut menunjukkan bahwa citra daun melon dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi tingkat keparahan penyakit *powdery mildew* secara otomatis. Namun, pendekatan klasifikasi hanya menghasilkan keluaran berupa kategori diskrit (misalnya ringan, sedang, atau berat) tanpa memberikan nilai kuantitatif mengenai luas area infeksi maupun lokasi persebarannya pada permukaan daun.

Keterbatasan tersebut menjadi signifikan terutama pada aspek pemantauan

berkelanjutan. Kategori diskrit bersifat statis sehingga perubahan tingkat infeksi dari waktu ke waktu sulit dievaluasi secara objektif. Dalam praktik pengelolaan *greenhouse*, informasi mengenai perubahan persentase area infeksi setelah dilakukan tindakan pengendalian, seperti aplikasi fungisida, lebih bermanfaat dibandingkan sekadar label kategori. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa nilai *severity* kontinu hasil segmentasi semantik memiliki kemampuan yang sebanding dengan penilaian ahli dalam mengevaluasi efektivitas perlakuan fungisida [13]. Selain itu, metode klasifikasi umumnya bersifat *black-box* karena tidak menampilkan dasar visual dari hasil prediksinya [14]. Sebaliknya, segmentasi semantik menghasilkan persentase infeksi secara kontinu beserta *mask* visual yang dapat diverifikasi, sehingga lebih mendukung pemantauan perkembangan penyakit dari waktu ke waktu.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengusulkan sistem estimasi tingkat keparahan *powdery mildew* pada daun melon menggunakan segmentasi semantik dua tahap. Tahap pertama menggunakan U-Net untuk segmentasi daun dan *background removal*. Tahap kedua menggunakan U-Net dengan encoder MobileNetV2 *pretrained* ImageNet untuk segmentasi area infeksi. Tingkat keparahan kemudian dihitung secara otomatis berdasarkan persentase luas area infeksi terhadap luas total daun. Pendekatan yang diusulkan diharapkan mampu menghasilkan sistem estimasi *severity* yang lebih objektif, konsisten, serta sesuai untuk diterapkan pada kondisi budidaya melon di lingkungan *greenhouse*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini difokuskan pada pengembangan metode segmentasi semantik untuk mengestimasi tingkat keparahan penyakit *powdery mildew* pada daun melon. Adapun rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana menerapkan segmentasi citra berbasis U-Net untuk memisahkan area daun melon dari latar belakang citra pada lingkungan *greenhouse*?
2. Bagaimana menghitung persentase area infeksi *powdery mildew* berdasarkan hasil segmentasi citra daun melon?
3. Bagaimana performa model segmentasi penyakit *powdery mildew* berdasarkan metrik evaluasi segmentasi seperti IoU, *Dice Score*, *Precision*, dan *Recall*?

1.3 Batasan Permasalahan

Untuk menjaga ruang lingkup penelitian agar tetap terfokus dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada penyakit *powdery mildew* pada daun melon.
2. Dataset citra diperoleh secara langsung dari *greenhouse* budidaya melon dengan variasi pencahayaan dan latar belakang lingkungan nyata.
3. Proses anotasi dilakukan secara manual pada area bercak *powdery mildew* untuk menghasilkan *ground truth mask*.
4. Evaluasi performa model segmentasi dilakukan menggunakan metrik *Dice Coefficient*, *Intersection over Union (IoU)*, *Precision*, dan *Recall* pada tingkat piksel (*pixel-wise evaluation*).
5. Estimasi tingkat keparahan penyakit dilakukan berdasarkan persentase area infeksi hasil segmentasi penyakit.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode segmentasi semantik yang mampu mengidentifikasi area infeksi *powdery mildew* serta mengestimasi tingkat keparahan penyakit pada daun melon. Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengembangkan metode segmentasi daun melon menggunakan arsitektur U-Net untuk memisahkan area daun dari latar belakang citra (*background removal*).
2. Mengembangkan metode segmentasi semantik penyakit *powdery mildew* pada daun melon menggunakan arsitektur U-Net dengan encoder *MobileNetV2 pretrained*.
3. Menghitung persentase area infeksi *powdery mildew* berdasarkan hasil segmentasi citra daun melon.
4. Mengevaluasi performa model segmentasi menggunakan metrik IoU, *Dice Score*, *Precision*, dan *Recall*.
5. Memberikan visualisasi area infeksi penyakit pada daun melon sebagai bentuk interpretasi hasil segmentasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik dari sisi akademis maupun praktis dalam pengembangan teknologi segmentasi citra untuk bidang pertanian, khususnya dalam mendukung proses identifikasi dan pemantauan penyakit pada tanaman melon. Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Membantu proses identifikasi tingkat keparahan penyakit *powdery mildew* secara lebih cepat, objektif, dan konsisten dibandingkan metode inspeksi visual manual.
2. Memberikan kontribusi dalam pengembangan metode estimasi *severity* berbasis area infeksi pada citra *greenhouse* nyata.
3. Membantu petani atau pengelola *greenhouse* dalam melakukan estimasi tingkat keparahan penyakit *powdery mildew* secara lebih objektif.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian ini disusun ke dalam lima bab yang saling berkaitan untuk memudahkan pemahaman terhadap alur penelitian. Adapun gambaran umum setiap bab dijelaskan sebagai berikut:

- Bab 1 PENDAHULUAN Bab ini memuat uraian mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan laporan penelitian.
- Bab 2 LANDASAN TEORI Bab ini berisi kajian pustaka yang mendukung penelitian, meliputi konsep penyakit *powdery mildew* pada tanaman melon, pengolahan citra digital, segmentasi semantik, arsitektur U-Net, *MobileNetV2*, dan metrik evaluasi model.
- Bab 3 METODOLOGI PENELITIAN Bab ini menjelaskan metodologi penelitian yang meliputi pengumpulan dan persiapan data, proses anotasi, pra-pemrosesan, perancangan model U-Net dan U-Net dengan encoder *MobileNetV2*, serta metode evaluasi dan perhitungan tingkat keparahan penyakit.
- Bab 4 HASIL DAN DISKUSI Bab ini menyajikan hasil dan pembahasan penelitian yang meliputi hasil pengumpulan data, hasil segmentasi daun dan *powdery mildew*, evaluasi performa model, serta implementasi perhitungan tingkat keparahan penyakit.
- Bab 5 SIMPULAN DAN SARAN Bab ini memuat kesimpulan yang dirumuskan dari hasil penelitian serta saran yang dapat dijadikan acuan bagi penelitian selanjutnya.