

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teh merupakan salah satu komoditas yang banyak dikonsumsi di dunia serta memiliki nilai penting dari aspek kesehatan dan ekonomi (X. Li & Zhu, 2016; Sanlier & Altu, 2018). Indonesia termasuk salah satu negara produsen teh dunia, namun produksi teh nasional diproyeksikan mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,10% per tahun hingga 2027, seiring dengan menyusutnya luas areal perkebunan teh sebesar 1,24% per tahun. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya menjaga produktivitas dan kualitas tanaman pada areal perkebunan yang tersedia melalui pengelolaan tanaman yang lebih efektif dan pemanfaatan teknologi (Anjarsari dkk., 2021; Pertanian, 2024). Salah satu kendala dalam budidaya teh adalah serangan hama dan penyakit yang dapat memengaruhi hasil dan kualitas tanaman. Pada tanaman teh, bagian yang dipanen terutama berupa pucuk dan daun muda, sehingga gangguan penyakit pada daun memiliki keterkaitan langsung dengan bagian tanaman yang bernilai ekonomis. Beberapa penyakit foliar, seperti *gray blight* dan *brown blight*, diketahui dapat menyerang bagian daun dan berkontribusi terhadap kehilangan hasil serta penurunan kualitas teh (Pandey dkk., 2021). Oleh karena itu, daun teh dipilih sebagai objek penelitian karena selain menjadi bagian utama yang dimanfaatkan, kondisi visual pada daun juga dapat menjadi sumber informasi penting untuk mengidentifikasi gangguan hama dan penyakit, sehingga mendukung pengembangan teknologi pemantauan kesehatan tanaman teh.

Hingga saat ini, proses monitoring terhadap kesehatan tanaman teh di perkebunan umumnya masih dilakukan secara manual, salah satunya dengan

melibatkan tenaga ahli untuk melakukan identifikasi secara langsung di lapangan. Proses ini memerlukan pengamatan terhadap tanaman sehingga membutuhkan waktu yang relatif lama, tenaga kerja yang lebih banyak, serta biaya operasional yang tinggi, terutama pada area perkebunan yang luas. Luasnya areal perkebunan menyebabkan proses inspeksi harus dilakukan secara bertahap sehingga tidak seluruh tanaman dapat dipantau dalam waktu yang bersamaan. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi serangan hama dan penyakit, sehingga penanganan menjadi kurang optimal dan dapat memengaruhi produktivitas serta efisiensi pengelolaan lahan perkebunan. Selain itu, proses identifikasi penyakit membutuhkan pengetahuan dalam mengenali karakteristik gejala hama dan penyakit pada daun teh agar dapat dibedakan secara tepat (Bao dkk., 2022; Manumono, 2022). Oleh karena itu, diperlukan otomatisasi dalam proses identifikasi hama dan penyakit pada daun teh untuk membantu proses monitoring menjadi lebih cepat, efisien, dan mampu mendukung pengelolaan perkebunan pada areal yang luas.

Berbagai penelitian terdahulu telah memanfaatkan pendekatan *deep learning* dalam mendeteksi dan melakukan segmentasi penyakit daun tanaman. Penelitian yang dilakukan oleh Dai, dkk. (2024) mengusulkan model segmentasi berbasis *Transformer*, yaitu AISOA-SSFormer, untuk penyakit daun padi dan berhasil mencapai nilai *mean Intersection over Union* (mIoU) sebesar 83,1%. Model ini menunjukkan kemampuan yang baik dalam memodelkan pola visual penyakit pada daun, namun masih menggunakan arsitektur *encoder-decoder* yang berpotensi mengurangi detail pada area penyakit berukuran kecil atau tidak beraturan.

Sementara itu, penelitian Alfred, dkk. (2025) menerapkan pendekatan *Mask R-CNN* untuk segmentasi penyakit daun padi dengan capaian *mean Average Precision* (mAP) sebesar 89,4%. Pendekatan ini mampu menghasilkan *mask* segmentasi yang cukup presisi, tetapi proses segmentasi masih bergantung pada area *bounding-box* pada tahap awal yang dapat membatasi representasi bentuk penyakit daun yang cukup kompleks.

Seiring dengan berkembangnya metode segmentasi berbasis *foundation model*, *Segment Anything Model* (SAM) mulai dimanfaatkan dalam berbagai penelitian di bidang pertanian untuk menghasilkan segmentasi objek berdasarkan *prompt*. Penelitian yang dilakukan oleh Balasundaram, dkk. (2025) memanfaatkan kemampuan *zero-shot segmentation* dari SAM untuk mengekstraksi area penyakit pada daun teh sebelum dilakukan proses klasifikasi oleh CNN dan mencapai akurasi sebesar 95,06%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa SAM mampu membantu dalam mengekstraksi bagian daun yang terinfeksi tanpa perlu pelatihan khusus pada dataset tertentu. Namun dalam penerapannya, SAM masih cukup sensitif terhadap perubahan cahaya dan latar belakang gambar, sehingga hasil segmentasi belum konsisten. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Paul, dkk. (2026) mengintegrasikan YOLOv9t dengan SAM, yang dimana *bounding-box* hasil deteksi digunakan sebagai *prompt* untuk menghasilkan *mask* segmentasi yang lebih detail. Pendekatan ini efektif untuk menghitung tingkat keparahan penyakit berdasarkan luas area yang tersegmentasi. Meskipun demikian, penggunaan SAM dalam penelitian ini masih berada pada tahap *post-processing*, dan belum

dimanfaatkan sebagai alat bantu anotasi semi-otomatis dalam proses pembentukan dataset segmentasi.

Pada kasus daun teh, Soeb, dkk. (2023) mengusulkan model YOLOv7 (YOLO-T) untuk mendeteksi penyakit daun teh pada gambar alami dan mencapai akurasi sebesar 97,3%. Namun, pendekatan tersebut masih berfokus pada deteksi berbasis *bounding-box*, sehingga belum merepresentasikan bentuk dan area lesi penyakit secara detail pada tingkat piksel. Hal ini menunjukkan adanya peluang untuk mengembangkan pendekatan *instance segmentation* pada penyakit daun teh yang tidak hanya mengidentifikasi keberadaan dan jenis objek, tetapi juga menghasilkan *mask* untuk merepresentasikan area lesi secara lebih detail.

Keberhasilan model segmentasi sangat dipengaruhi oleh kualitas anotasi *pixel-level* yang digunakan sebagai *ground truth*. Namun, proses anotasi manual berbasis *polygon* memerlukan waktu yang relatif lama dan rentan terhadap inkonsistensi, terutama pada lesi penyakit daun yang memiliki bentuk tidak beraturan (Aljabri dkk., 2022; Pande, 2022; W. Zhang dkk., 2023). Di sisi lain, penggunaan segmentasi otomatis sepenuhnya belum menjamin bahwa *mask* yang dihasilkan selalu sesuai dengan batas objek yang diinginkan, sehingga keterlibatan manusia tetap diperlukan untuk melakukan pemeriksaan dan koreksi terhadap hasil segmentasi. Oleh karena itu, pendekatan *Human-in-the-Loop* (HITL) digunakan untuk menggabungkan bantuan model dalam menghasilkan *mask* dengan keterlibatan manusia dalam memberikan interaksi, melakukan koreksi, dan memvalidasi hasil anotasi. Dalam penelitian ini, SAM diintegrasikan melalui X-AnyLabeling sebagai alat bantu anotasi untuk menghasilkan kandidat *mask* yang

kemudian diperiksa dan disesuaikan oleh anotator sebelum digunakan sebagai *ground truth* untuk pelatihan RF-DETR-Seg (CVHub520, 2023; Farook dkk., 2023; Mosqueira dkk., 2023).

Dataset hasil anotasi melalui pendekatan *Human-in-the-Loop* selanjutnya digunakan untuk melatih Roboflow Detection Transformer Segmentation (RF-DETR-Seg). Model ini mengintegrasikan deteksi objek dan segmentasi dalam arsitektur berbasis Transformer sehingga dapat menghasilkan prediksi kelas, lokasi objek, dan *mask* segmentasi (Robinson dkk., 2025). Kemampuan tersebut memungkinkan RF-DETR-Seg digunakan untuk merepresentasikan objek penyakit tidak hanya berdasarkan lokasi, tetapi juga berdasarkan area *mask* pada tingkat piksel. Oleh karena itu, penelitian ini mengevaluasi penerapan RF-DETR-Seg pada dataset penyakit daun teh yang dianotasi menggunakan pendekatan *Human-in-the-Loop* berbantuan SAM, dengan performa model dievaluasi menggunakan metrik COCO dan metrik segmentasi.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana penerapan *Human-in-the-Loop* menggunakan *Segment Anything Model* (SAM) dalam proses anotasi penyakit daun teh?
2. Bagaimana performa model RF-DETR-Seg dalam melakukan segmentasi penyakit daun teh berdasarkan metrik evaluasi COCO dan metrik segmentasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan pendekatan *Human-in-the-Loop* menggunakan *Segment Anything Model* (SAM) dalam proses anotasi penyakit daun teh untuk menghasilkan anotasi polygon yang digunakan sebagai *ground truth*.
2. Mengimplementasikan dan mengevaluasi performa model RF-DETR-Seg dalam melakukan segmentasi penyakit daun teh berdasarkan metrik evaluasi COCO dan metrik segmentasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang visi komputer melalui penerapan pendekatan *Human-in-the-Loop* menggunakan *Segment Anything Model* (SAM) untuk menghasilkan anotasi *polygon* serta pengujian performa model RF-DETR-Seg pada tugas segmentasi penyakit daun teh. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan metode anotasi dan segmentasi penyakit tanaman. Dari sisi praktis, penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan sistem identifikasi penyakit tanaman yang tidak hanya mampu mengenali jenis penyakit, tetapi juga menyajikan informasi lokasi dan area lesi secara lebih detail sehingga dapat membantu proses pemantauan dan pengambilan keputusan di sektor perkebunan.

1.5 Batasan Masalah

Agar memiliki arah penelitian yang jelas dan terarah, diperlukan batas masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dibatasi pada tugas segmentasi instans untuk penyakit daun teh menggunakan model RF-DETR-Seg.
2. Dataset yang digunakan adalah TeaLeafBD yang terdiri atas tujuh kelas, yaitu *Brown Blight*, *Gray Blight*, *Healthy*, *Tea Algal Leaf Spot*, *Green Mirid Bug*, *Red Spider*, dan *Helopeltis*.
3. Penelitian ini hanya membandingkan dua skenario pelatihan, yaitu model tanpa augmentasi (*baseline*) dan model dengan augmentasi.
4. Evaluasi performa dilakukan menggunakan metrik evaluasi COCO (*Average Precision* dan *Average Recall*) serta metrik segmentasi yang meliputi *Precision*, *Recall*, *F1-Score*, *Intersection over Union* (IoU), dan *Dice Coefficient*.