

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris dengan padi sebagai komoditas pangan utama. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, produksi padi nasional tercatat sebesar 53,98 juta ton Gabah Kering Giling (GKG) pada tahun 2023 [1]. Produksi tanaman padi memiliki peran penting dalam menjaga ketersediaan pangan nasional, namun rentan terhadap serangan penyakit daun. Menurut Narmadha *et al.* (2022), penyakit utama seperti *Brown Spot*, *Blast Disease*, dan *Bacterial Leaf Blight* mampu menurunkan produktivitas padi hingga 15–30% [2]. Selain kerugian ekonomi, serangan ini juga berdampak langsung pada mutu beras yang dihasilkan. Sampai saat ini, metode identifikasi penyakit masih banyak bergantung pada pengamatan visual manual yang bersifat subjektif, memakan waktu, sulit diterapkan secara efisien pada lahan pertanian yang luas, dan memiliki tingkat kesalahan diagnosis yang tinggi akibat kemiripan gejala [2], [3].

Identifikasi penyakit daun padi umumnya dilakukan berdasarkan perubahan warna daun, bentuk bercak, tekstur permukaan, dan pola lesi yang muncul akibat infeksi penyakit. Karakteristik visual tersebut sering kali memiliki kemiripan antarjenis penyakit sehingga proses identifikasi secara manual memerlukan pengalaman yang memadai dan berpotensi menghasilkan diagnosis yang tidak konsisten. Perkembangan teknologi *deep learning* telah banyak dimanfaatkan untuk membantu proses identifikasi penyakit tanaman melalui analisis citra secara otomatis. Akan tetapi, sebagian besar penelitian terdahulu masih menggunakan pendekatan *image classification* yang hanya mampu menentukan jenis penyakit tanpa memberikan informasi mengenai lokasi area daun yang terinfeksi. Padahal, informasi lokasi penyakit penting untuk membantu pengguna mengetahui bagian daun yang mengalami infeksi sehingga proses pengamatan dan penanganan dapat dilakukan dengan lebih tepat. Oleh karena itu, pendekatan *object detection* menjadi alternatif yang lebih sesuai karena mampu mengidentifikasi jenis penyakit sekaligus menentukan posisi lesi pada daun melalui *bounding box* informasi mengenai jenis penyakit tanpa menunjukkan lokasi bagian daun yang terinfeksi [4], [5]. Kondisi tersebut menyebabkan pengguna belum memperoleh informasi mengenai letak penyebaran penyakit pada daun sehingga proses pengamatan masih harus dilakukan secara manual.

Perkembangan perangkat bergerak membuka peluang untuk menerapkan sistem deteksi penyakit daun padi secara langsung di lapangan. Penggunaan aplikasi berbasis

Android memungkinkan proses identifikasi dilakukan menggunakan kamera ponsel sehingga lebih praktis dan mudah diakses oleh petani tanpa memerlukan perangkat komputasi khusus. Agar aplikasi dapat digunakan secara mandiri pada berbagai kondisi lapangan, model deteksi perlu dijalankan secara langsung pada perangkat (*on-device inference*). Oleh karena itu, model hasil pelatihan dikonversi ke format *TensorFlow Lite* sehingga dapat diimplementasikan pada perangkat Android dengan kebutuhan komputasi yang lebih ringan, waktu inferensi yang lebih cepat, serta tetap dapat digunakan tanpa bergantung pada koneksi internet. Pendekatan ini menjadi penting karena sebagian wilayah pertanian di Indonesia masih memiliki keterbatasan akses jaringan sehingga proses deteksi penyakit perlu tetap dapat dilakukan secara *offline* [6].

Beberapa penelitian telah mengembangkan sistem deteksi penyakit tanaman menggunakan metode *object detection* berbasis *deep learning*. Khan et al. (2023) menggunakan algoritma YOLOv8n untuk mendeteksi penyakit daun tanaman dan memperoleh hasil deteksi yang baik. Namun, arsitektur tersebut masih memerlukan sumber daya komputasi yang cukup tinggi ketika diterapkan pada perangkat bergerak dengan spesifikasi terbatas [7]. Penelitian lain yang dilakukan oleh Reddy et al. (2025) mengembangkan sistem deteksi penyakit tanaman menggunakan CNN berbasis *PyTorch* yang diintegrasikan dengan *backend Flask*. Meskipun sistem mampu melakukan identifikasi penyakit, proses inferensi masih bergantung pada komunikasi *client-server*, sehingga aplikasi memerlukan koneksi internet agar dapat digunakan [8]. Ketergantungan pada koneksi internet menjadi batasan utama, mengingat banyak area persawahan di pedesaan Indonesia yang belum memiliki infrastruktur jaringan digital yang stabil [5], [6]. Berdasarkan celah penelitian (*research gap*) tersebut, dibutuhkan sistem deteksi mandiri yang tidak hanya akurat dalam melokalisasi bercak penyakit, tetapi juga cukup efisien untuk dijalankan sepenuhnya di dalam perangkat (*on-device*) tanpa akses internet sama sekali.

Untuk meningkatkan kemampuan ekstraksi fitur pada proses deteksi penyakit daun padi, penelitian ini menggunakan *EfficientNet-B4* sebagai backbone pada algoritma YOLO. Penggunaan *EfficientNet-B4* diharapkan mampu menghasilkan representasi fitur yang lebih baik terhadap pola lesi penyakit daun padi sehingga mendukung proses deteksi objek menggunakan YOLOv3 dengan tetap mempertahankan efisiensi komputasi pada implementasi perangkat. *EfficientNet* merupakan keluarga *Convolutional Neural Network* (CNN) yang dikembangkan menggunakan metode *compound scaling*, yaitu teknik yang menyeimbangkan kedalaman (*depth*), lebar (*width*), dan resolusi input (*resolution*) secara bersamaan sehingga mampu meningkatkan akurasi tanpa meningkatkan kompleksitas model

secara berlebihan. Dalam penelitian ini dipilih varian *EfficientNet-B4* karena memiliki kemampuan ekstraksi fitur yang lebih baik dibandingkan varian di bawahnya, seperti *EfficientNet-B0* hingga B3, namun masih memiliki kebutuhan komputasi yang lebih rendah dibandingkan varian yang lebih tinggi, seperti *EfficientNet-B5* hingga B7. Oleh karena itu, *EfficientNet-B4* dipilih karena memberikan keseimbangan antara akurasi dan efisiensi komputasi sehingga sesuai untuk diimplementasikan pada aplikasi deteksi penyakit daun padi berbasis *mobile* [9].

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, masih terdapat kebutuhan akan sistem deteksi penyakit daun padi yang tidak hanya mampu mengenali jenis penyakit, tetapi juga menunjukkan lokasi penyakit pada daun serta dapat dijalankan secara langsung pada perangkat bergerak tanpa bergantung pada koneksi internet. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan algoritma YOLO custom yang mengadopsi konsep deteksi YOLOv3 dengan *backbone EfficientNet-B4* untuk membangun sistem deteksi penyakit daun padi berbasis Android. Model hasil pelatihan kemudian diimplementasikan menggunakan *TensorFlow Lite* sehingga proses inferensi dapat dilakukan secara *offline*. Dengan pendekatan tersebut, diharapkan sistem dapat membantu pengguna memperoleh hasil deteksi secara cepat, akurat, dan mudah digunakan pada kondisi lapangan yang memiliki keterbatasan akses jaringan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan utama dalam penelitian ini dapat dirumuskan ke dalam beberapa pertanyaan berikut:

1. Bagaimana mengatasi keterbatasan proses identifikasi penyakit daun padi yang masih dilakukan secara manual dan belum mampu menunjukkan lokasi penyakit pada daun secara akurat?
2. Bagaimana merancang model object detection berbasis YOLO dengan *backbone EfficientNet-B4* yang mampu mendeteksi sekaligus melokalisasi penyakit daun padi?
3. Bagaimana mengimplementasikan model deteksi penyakit daun padi ke dalam aplikasi Android agar proses inferensi dapat dilakukan secara *offline* menggunakan *TensorFlow Lite*?
4. Bagaimana hasil evaluasi performa model berdasarkan nilai *precision*, *recall*, *F1-score*, *confusion matrix*, dan *mean Average Precision (mAP)*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengembangkan sistem deteksi penyakit daun padi berbasis *mobile* menggunakan arsitektur YOLO dengan *backbone EfficientNet-B4*.
2. Mengimplementasikan model hasil pelatihan ke dalam aplikasi Android menggunakan *TensorFlow Lite* sehingga dapat melakukan deteksi secara *offline*.
3. Mengevaluasi performa model menggunakan metrik *precision*, *recall*, *F1-score*, *confusion matrix*, dan *mean Average Precision (mAP)*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Menjadi referensi ilmiah mengenai penerapan algoritma YOLO dengan *backbone EfficientNet-B4* dalam mendukung pengembangan teknologi *object detection* berbasis *deep learning* di bidang pertanian.
2. Memberikan kontribusi dalam pengembangan penelitian mengenai pemanfaatan *backbone EfficientNet-B4* pada sistem deteksi objek, khususnya untuk mendeteksi penyakit daun padi berbasis perangkat *mobile*.
3. Menyediakan solusi teknologi berupa prototipe aplikasi *mobile* berbasis *on-device inference* yang dapat dioperasikan secara *offline* untuk membantu petani dan penyuluh pertanian dalam mendeteksi penyakit daun padi secara cepat, akurat, dan mandiri di lapangan.
4. Membantu pengguna dalam mengidentifikasi lokasi area daun yang terinfeksi melalui informasi *bounding box* sehingga proses pengamatan penyakit dapat dilakukan dengan lebih efektif.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini difokuskan secara spesifik untuk memastikan analisis yang mendalam dan terarah.

1. Penelitian ini menggunakan algoritma YOLO *custom* yang mengadopsi konsep deteksi YOLOv3 dengan menggunakan *backbone EfficientNet-B4* sebagai model *object detection* untuk mendeteksi penyakit daun padi.
2. Penyakit yang dideteksi terdiri atas empat kelas, yaitu *Brown Spot*, *Blast Disease*, *Bacterial Leaf Blight*, dan *Healthy*.

3. Dataset yang digunakan dari sumber publik Kaggle, yaitu "*Complete Rice Disease Dataset Southern Asia*" <https://www.kaggle.com/datasets/promitsarker/complete-rice-disease-dataset-southern-asia>. Dataset awal berjumlah 1.380 citra yang terdiri dari empat kelas, yaitu *Blast Disease*, *Brown Spot*, *Bacterial Leaf Blight*, dan Daun Sehat (*Healthy*), dengan masing-masing kelas berjumlah 345 citra. Untuk meningkatkan variasi data dan mengurangi risiko overfitting, dilakukan proses augmentasi data menggunakan teknik *Horizontal Flip*, *Rotate*, *Random Brightness Contrast*. Setelah proses augmentasi, total dataset yang digunakan dalam penelitian ini menjadi 3.260 citra yang terdiri dari 2.820 citra latih, 220 citra validasi, dan 220 citra uji. Seluruh citra berformat JPG dengan resolusi minimal 512×512 piksel, kemudian diubah ukurannya (*resize*) menjadi 380×380 piksel untuk menyesuaikan spesifikasi input model.
4. Evaluasi performa model dilakukan menggunakan dataset uji terpisah dengan metrik *precision*, *recall*, *F1-score*, *confusion matrix*, serta *mean Average Precision* (mAP). Selain evaluasi kuantitatif, dilakukan pula analisis terhadap hasil prediksi model untuk mengetahui kemampuan model dalam mengenali masing-masing kelas penyakit daun padi.
5. Model hasil pelatihan dikonversi ke dalam format *TensorFlow Lite* (*LiteRT*) dan diimplementasikan pada aplikasi Android berbasis *Flutter* sehingga proses inferensi dapat dilakukan secara *offline*.
6. Penelitian ini tidak membahas metode pengendalian penyakit tanaman, pemberian rekomendasi pestisida, analisis tingkat keparahan penyakit, maupun pemetaan sebaran penyakit pada lahan pertanian. Fokus penelitian hanya pada proses deteksi dan lokalisasi penyakit daun padi berdasarkan citra.