BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Padi (*Oryza sativa L.*) merupakan komoditas pangan strategis yang menjadi pilar utama ketahanan pangan nasional dan tumpuan hidup bagi sebagian besar penduduk Indonesia. Namun, upaya pemenuhan kebutuhan beras nasional saat ini menghadapi tantangan serius berupa fluktuasi produksi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi padi pada tahun 2024 diperkirakan turun menjadi 53,14 juta ton Gabah Kering Giling (GKG), mengalami penurunan dibandingkan tahun 2023 yang mencapai 53,98 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2025).

Penurunan produksi ini salah satunya disebabkan oleh faktor biotik, yaitu serangan Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT). Berdasarkan data Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tumbuhan (BBPOPT), total prakiraan luas serangan OPT utama pada tanaman padi di Indonesia untuk Musim Tanam (MT) 2024 diperkirakan mencapai 194.713 hektar (Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tumbuhan [BBPOPT], 2024). Angka prakiraan yang tinggi ini menjadi indikasi kuat bahwa ancaman penyakit terhadap stabilitas pangan nasional masih sangat serius dan menuntut adanya teknologi deteksi dini yang presisi.

Ancaman penyakit padi tidak hanya menjadi masalah nasional tetapi juga global. Menurut *International Rice Research Institute* (IRRI), petani di seluruh dunia kehilangan rata-rata 37% hasil panen padi mereka setiap tahun akibat hama dan penyakit (IRRI, 2023). Tiga penyakit utama yang paling sering menyerang adalah *Rice Blast*, *Brown Spot*, dan *Bacterial Leaf Blight* (Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tumbuhan [BBPOPT], 2024). Metode identifikasi konvensional yang mengandalkan pengamatan visual pakar seringkali tidak efisien, subjektif, dan terlambat dilakukan karena terbatasnya jumlah penyuluh pertanian di lapangan.

Dalam beberapa tahun terakhir, penerapan teknologi *Computer Vision* berbasis *Deep Learning*, khususnya menggunakan arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN), telah menunjukkan potensi besar sebagai solusi deteksi dini yang presisi. Penelitian (Saputra et al., 2024) menunjukkan bahwa teknik *Transfer Learning* mampu mencapai akurasi yang baik. Hal ini diperkuat oleh studi literatur

(Simhadri & Kondaveeti, 2023) yang mengevaluasi 15 model *pre-trained* dan menemukan bahwa arsitektur ResNet50 memberikan kinerja sangat stabil dengan akurasi mencapai 99,75%.

Meskipun model besar seperti ResNet50 mampu menghasilkan akurasi tinggi, terdapat kesenjangan (*gap*) teknologi yang signifikan untuk implementasi di lapangan. ResNet50 memiliki kompleksitas komputasi yang besar (~25 juta parameter), sehingga kurang sesuai untuk perangkat *mobile* petani yang memiliki sumber daya terbatas (Pai et al., 2025). Tren penelitian kini bergeser menuju efisiensi model atau *Green AI*. (Kumar et al., 2025) mengusulkan penggunaan EfficientNetV2 sebagai solusi yang lebih *scalable*. Namun, pemilihan varian model sangat krusial (Milano, 2024) menemukan bahwa varian EfficientNet-B6 justru kurang optimal pada dataset terbatas, sehingga varian yang lebih ringan seperti EfficientNetV2-S dianggap lebih potensial untuk diteliti lebih lanjut karena menawarkan efisiensi parameter dan kecepatan pelatihan yang lebih baik.

Selain masalah efisiensi, terdapat kesenjangan penelitian lain yang krusial, yaitu kurangnya integrasi antara klasifikasi jenis penyakit dan estimasi tingkat keparahannya (*severity grading*). Mayoritas studi terdahulu hanya berfokus pada identifikasi jenis penyakit. Padahal, informasi tingkat keparahan (Ringan, Sedang, Berat) sangat penting untuk menentukan dosis fungisida yang tepat guna menghindari resistensi patogen. Beberapa studi yang mencoba mengatasi ini, seperti (Patil et al., 2023) yang menggunakan algoritma berbasis *Faster R-CNN* atau (Mutiara Irmadhani et al., 2025) dengan pendekatan *Complex-Valued Neural Network,* cenderung memiliki kompleksitas komputasi yang tinggi. Belum banyak penelitian yang membandingkan secara *head-to-head* kemampuan arsitektur standar industri (ResNet50) dengan arsitektur modern yang efisien (EfficientNetV2-S) dalam menangani tugas ganda ini secara simultan.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini urgen dilakukan untuk menjembatani kebutuhan akan sistem diagnosis yang tidak hanya akurat dalam mengenali jenis dan tingkat keparahan penyakit, tetapi juga efisien secara komputasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, permasalahan utama yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbandingan kinerja arsitektur EfficientNetV2-S dan ResNet50 dalam mengklasifikasikan jenis penyakit daun padi (*Blast*, *Brown Spot*, Bacterial Blight) berdasarkan metrik *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-Score*?
2. Seberapa akurat metode Pengolahan Citra Digital (Digital *Image Processing*) berbasis segmentasi warna dan perhitungan rasio piksel dalam mengestimasi tingkat keparahan penyakit (*severity grading*)?
3. Arsitektur manakah yang lebih efisien untuk diimplementasikan pada sistem diagnosa jika ditinjau dari waktu pelatihan (*training time*) dan ukuran *file* model (model size)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan spesifik yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Mengukur dan membandingkan kemampuan arsitektur EfficientNetV2-S dan ResNet50 dalam mengenali jenis penyakit daun padi menggunakan metrik evaluasi *Confusion Matrix*.
2. Menguji keandalan algoritma kalkulasi area lesi (*lesion area calculation*) berbasis pengolahan citra dalam menentukan kategori tingkat keparahan penyakit (Ringan, Sedang, Berat) secara otomatis.
3. Merekomendasikan arsitektur terbaik berdasarkan *trade-off* antara tingginya akurasi klasifikasi dengan efisiensi komputasi (ukuran penyimpanan dan kecepatan proses) untuk implementasi sistem.

1.4 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoretis: Memberikan kontribusi ilmiah berupa bukti empiris mengenai efektivitas arsitektur EfficientNetV2-S dibandingkan ResNet50 dalam domain *plant pathology*, serta melengkapi literatur mengenai deteksi tingkat keparahan penyakit yang masih minim.

2. Manfaat Praktis: Menjadi rujukan teknis bagi pengembang teknologi pertanian (*Smart Farming*) dalam memilih model *Deep Learning* yang tepat untuk pengembangan aplikasi deteksi penyakit berbasis *mobile* yang ringan dan akurat bagi petani.