

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan sektor yang sangat signifikan dalam menunjang kehidupan manusia, terutama sebagai penyedia kebutuhan dasar seperti makanan, serat, dan bahan baku lainnya[1]. Di Indonesia, pertanian juga berperan besar dalam perekonomian nasional karena mampu menciptakan lapangan pekerjaan dan menjadi sumber penghasilan bagi mayoritas penduduk[2]. Sebagai negara agraris, Indonesia memiliki jumlah rumah tangga usaha pertanian yang sangat besar, hal ini ditunjukkan mengacu pada data Badan Pusat Statistik (BPS) yaitu mencapai 25.122.642 rumah tangga, dengan jumlah rumah tangga petani mencapai 27.368.114 rumah tangga[3].

Salah satu komoditas utama di sektor pertanian Indonesia adalah padi[4]. Tanaman ini menjadi sumber makanan pokok masyarakat Indonesia [4]. Padi (*Oryza Sativa L.*) memiliki ciri morfologis khusus yang dapat dibedakan dari tanaman lainnya, terutama pada bagian daun yang memiliki sisik dan telinga daun[5]. Namun, produktivitas padi terus menghadapi berbagai tantangan, salah satunya adalah serangan penyakit daun. Mengacu pada Badan Pusat Statistik (BPS), produksi padi pada Tahun 2024 mengalami penurunan sebesar 1,55 persen dibandingkan tahun sebelumnya, dengan salah satu penyebabnya adalah faktor lingkungan dan serangan penyakit tanaman[6][7].

Penyakit pada daun padi seperti hawar daun bakteri (*bacterial leaf blight*), bercak coklat, (*browns spot*), dan bercak daun (*leaf spot*) menjadi ancaman serius bagi hasil panen[8]. Penyakit-penyakit ini berpotensi menurunkan kualitas dan kuantitas padi secara signifikan, bahkan resiko menyebabkan gagal panen dengan kerugian hingga 24 persen[9]. Identifikasi penyakit daun secara manual sebagian besar masih dilakukan oleh petani, namun metode ini sering kali kurang akurat karena kemiripan gejala antar penyakit[10].

Seiring berkembangnya era industri 5.0 yang mengedepankan kolaborasi antar manusia dan teknologi cerdas, kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) mayoritas mulai diterapkan di bidang pertanian, khususnya dalam analisis citra digital untuk mengidentifikasi penyakit tanaman secara otomatis[10][11][12]. Salah satu Teknik dalam AI yang sebagian besar digunakan adalah *Machine Learning* (ML), khususnya metode *supervised learning*, yang mampu mengenali pola data berlabel dan membuat prediksi terhadap data baru[12].

Pendekatan *Deep learning*, sebagai cabang dari *Machine learning*, telah terbukti efektif dalam pengenalan citra melalui arsitektur jaringan saraf tiruan (*Artificial Neural Networks*). Salah satu model yang paling banyak digunakan dalam klasifikasi citra adalah *Convolutional Neural Network* (CNN)[10]. Berbagai penelitian sebelumnya telah mengafirmasi implikasi CNN dan turunannya dalam mengklasifikasikan penyakit daun padi dengan akurasi tinggi[13][10][14][15].

Penelitian [16] menunjukkan bahwa CNN dapat mencapai akurasi tinggi dalam mengidentifikasi berbagai jenis penyakit padi menggunakan dataset citra berlabel. Namun, pembangunan model CNN dari awal membutuhkan dataset besar dan waktu pelatihan yang signifikan[17]. Oleh karena itu, pendekatan *transfer learning* digunakan untuk mengatasi keterbatasan data dengan memanfaatkan bobot model pra-latih (*pre-trained*) seperti *VGG16*, *ResNet50*, dan *MobileNet* yang telah dilatih pada dataset besar seperti *ImageNet*[13].

Di antara berbagai arsitektur tersebut, *MobileNetV2* terbukti memiliki kinerja optimal dalam menyeimbangkan akurasi dan efisiensi komputasi[18]. Arsitektur ini dirancang ringan dengan teknik *depthwise separable convolution*, sehingga ideal digunakan pada perangkat dengan sumber daya terbatas seperti aplikasi web atau mobile[18]. Penelitian [18] menunjukkan bahwa *MobileNetV2* mampu mencapai akurasi hingga 99,93 % dalam mendeteksi penyakit daun kopi dengan ukuran model hanya 34 MB, jauh lebih efisien dibandingkan *ResNet50* atau *InceptionV3*. Hasil ini menunjukkan potensi tinggi *MobileNetV2* untuk diadaptasi pada deteksi penyakit tanaman lainnya, termasuk daun padi[18].

Sementara itu, penelitian [19] melakukan klasifikasi tingkat keparahan penyakit *leaf blast* pada tanaman padi menggunakan arsitektur *MobileNetV2* dan memperoleh akurasi 78,33 %. Meskipun menunjukkan hasil yang cukup baik, penelitian tersebut masih terbatas pada lima kelas penyakit dengan jumlah citra yang relatif sedikit 300 citra, sehingga kemampuan generalisasi model belum optimal[19]. Kondisi ini menegaskan perlunya dataset yang lebih besar dan beragam untuk meningkatkan akurasi serta ketahanan model terhadap variasi data di lapangan[19].

Selain arsitektur model, kualitas data input juga berpengaruh signifikan terhadap performa klasifikasi[15]. Segmentasi citra yang baik dapat membantu model fokus pada area daun yang relevan dan mengurangi gangguan dari latar belakang[15]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa teknik segmentasi seperti HSV dan GrabCut efektif digunakan untuk meningkatkan kualitas citra sebelum proses klasifikasi, karena mampu menyoroti area daun yang terinfeksi dan menghilangkan latar belakang yang tidak relevan[16][20].

Di sisi lain, meskipun sejumlah penelitian telah berhasil mengembangkan model klasifikasi penyakit daun berbasis *deep learning*, sebagian besar masih berhenti pada tahap eksperimen dan belum diimplementasikan dalam bentuk aplikasi yang dapat digunakan secara langsung oleh petani. Penelitian [13] menekankan pentingnya penerapan hasil riset berbasis AI ke dalam sistem yang dapat diakses secara *real-time* untuk membantu pengambilan keputusan di lapangan[13]. Aplikasi berbasis web menjadi alternatif strategis karena tidak membutuhkan instalasi kompleks dan dapat digunakan pada berbagai perangkat, baik komputer maupun telepon pintar[13].

Selain pendekatan berbasis *deep learning*, metode klasik seperti *Support Vector Machine* (SVM) dan CNN konvensional juga telah digunakan dalam klasifikasi penyakit daun padi. Menurut penelitian [21] algoritma SVM yang dikombinasikan dengan ekstraksi fitur berbasis HSV dan GLCM mampu mencapai akurasi 83% dalam mengklasifikasikan lima jenis penyakit daun padi. Sementara itu, penelitian [17] menunjukkan bahwa pendekatan CNN mampu mengekstraksi fitur secara otomatis tanpa

tahapan ekstraksi manual, menghasilkan akurasi tinggi hingga 97% dalam klasifikasi penyakit tanaman dengan 38 kelas citra.

Namun, setiap pendekatan memiliki keterbatasan tersendiri. Model SVM membutuhkan pemilihan parameter *kernel* dan *feature extraction* yang tepat agar optimal[21], sedangkan CNN konvensional rentan terhadap *overfitting* ketika jumlah data terbatas[17]. Oleh karena itu, penelitian ini membandingkan performa kedua pendekatan tersebut dengan metode *transfer learning* menggunakan arsitektur *MobileNetV2*, yang memanfaatkan bobot pra-latih (*pre-trained*) untuk meningkatkan efisiensi pelatihan dan akurasi klasifikasi pada dataset penyakit daun padi yang lebih beragam[19].

Berdasarkan tinjauan dari penelitian-penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan terdapat beberapa celah penelitian yang masih terbuka, yang pertama masih terbatasnya jumlah kelas dan variasi dataset penyakit daun padi yang digunakan dalam pelatihan model. Selanjutnya, masih sedikit penelitian yang mengintegrasikan model *transfer learning MobileNetV2* ke dalam sistem berbasis web yang dapat digunakan secara *real-time* dan dilakukan pengujian langsung di sawah dengan mengambil gambar daun padi yang terkena penyakit. Kemudian, *pre-processing* lanjutan seperti segmentasi citra agar kualitas gambar lebih baik untuk meningkatkan akurasi model yang diusulkan. Dan yang terakhir pendekatan interpretabilitas seperti *Explainable Artificial Intelligence* (XAI) masih jarang diterapkan untuk menjelaskan area fokus model pada citra daun.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi penyakit daun padi berbasis transfer learning menggunakan arsitektur *MobileNetV2* yang diintegrasikan dengan teknik segmentasi HSV dan *GrabCut*. Penelitian ini juga mengimplementasikan metode *Grad-CAM* sebagai pendekatan XAI untuk menampilkan area fokus model, sehingga hasil prediksi dapat lebih transparan dan mudah dipahami oleh pengguna. Model yang dikembangkan kemudian akan diimplementasikan ke dalam aplikasi web interaktif yang mampu melakukan klasifikasi penyakit daun padi secara otomatis dan *real-time*. Dengan demikian,

penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi pertanian digital di Indonesia serta mendukung implementasi konsep pertanian cerdas (*smart farming*) yang berkelanjutan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini sebagai Berikut:

- a. Bagaimana menerapkan metode *transfer learning* dengan arsitektur *MobileNetV2* untuk melakukan klasifikasi penyakit daun padi?
- b. Bagaimana pengaruh peningkatan jumlah kelas penyakit daun padi dari lima menjadi delapan kelas terhadap akurasi, presisi, dan kemampuan generalisasi model *MobileNetV2*?
- c. Bagaimana pengaruh teknik segmentasi citra menggunakan metode HSV dan *GrabCut* terhadap peningkatan hasil klasifikasi penyakit daun padi dibandingkan dengan citra yang hanya melalui proses *resize* tanpa segmentasi?
- d. Bagaimana performa metode klasik SVM dan CNN konvensional dibandingkan dengan metode *transfer learning MobileNetV2* dalam hal akurasi dan efisiensi model?
- e. Bagaimana penerapan metode *Grad-CAM* sebagai pendekatan Explainable Artificial Intelligence (XAI) dalam menjelaskan area fokus model yang menjadi dasar pengambilan keputusan klasifikasi penyakit daun padi?
- f. Bagaimana mengembangkan aplikasi web yang dapat menampilkan hasil klasifikasi penyakit daun padi secara otomatis dan real-time?

## 1.3 Tujuan Penelitian

- a. Membangun model klasifikasi penyakit daun padi menggunakan metode *Transfer learning* dengan arsitektur *MobileNetV2* untuk memperoleh akurasi tinggi dan ukuran model yang efisien.
- b. Menganalisis pengaruh peningkatan jumlah kelas penyakit daun padi terhadap akurasi, presisi, dan kemampuan generalisasi model *MobileNetV2*.

- c. Menganalisis pengaruh penerapan teknik segmentasi citra HSV dan *GrabCut* terhadap peningkatan hasil klasifikasi penyakit daun padi.
- d. Melakukan eksperimen perbandingan menggunakan metode klasik SVM dan CNN konvensional untuk menilai keunggulan pendekatan *transfer learning*.
- e. Mengimplementasikan *Grad-CAM* sebagai pendekatan XAI untuk memvisualisasikan area citra daun yang menjadi fokus model dalam pengambilan keputusan klasifikasi, sehingga hasil prediksi lebih transparan dan interpretatif..
- f. Mengembangkan aplikasi web yang dapat menampilkan hasil prediksi penyakit daun padi secara otomatis dan *real-time*.

#### **1.4 Batasan Masalah**

- a. Dataset yang digunakan berasal dari dataset penelitian [13] yang terdiri dari 8 kelas penyakit daun padi.
- b. Model utama yang digunakan adalah *MobileNetV2* dengan bobot awal dari *ImageNet*.
- c. Evaluasi performa model dilakukan berdasarkan metrik akurasi, presisi, *recall*, F1-Score, dan Visualisasi *Grad-CAM*.
- d. Pengembangan aplikasi dibatasi hanya sampai pada pembuatan berbasis web dengan memanfaatkan *framework Streamlit* untuk visualisasi dan interaksi model klasifikasi.