

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Sektor pertanian dan perkebunan merupakan salah satu pilar utama perekonomian Indonesia yang berperan penting dalam menjaga ketahanan pangan, menyediakan lapangan pekerjaan, serta meningkatkan pendapatan nasional. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), sektor pertanian, kehutanan, dan perikanan memberikan kontribusi sebesar 14,35% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional pada kuartal III tahun 2025. Hal ini menunjukkan bahwa sektor pertanian masih memiliki posisi strategis dalam mendukung keberlanjutan ekonomi nasional.

Salah satu subsektor perkebunan yang memiliki nilai ekonomi tinggi adalah kopi. Indonesia saat ini menempati posisi sebagai produsen kopi terbesar keempat di dunia setelah Brasil, Vietnam, dan Kolombia. Posisi tersebut menunjukkan bahwa kopi merupakan komoditas unggulan yang berkontribusi besar terhadap ekspor nasional dan pembangunan ekonomi masyarakat pedesaan. Namun demikian, produktivitas tanaman kopi masih menghadapi berbagai tantangan, salah satunya adalah serangan penyakit tanaman seperti karat daun dan bercak daun. Penyakit tersebut dapat menyebabkan penurunan hasil panen hingga 70% apabila tidak ditangani secara tepat dan cepat.

Permasalahan utama dalam penanganan penyakit tanaman kopi terletak pada proses identifikasi penyakit yang masih dilakukan secara manual oleh petani. Metode identifikasi tradisional bergantung pada pengamatan visual dan pengalaman petani, sehingga hasil diagnosis sering bersifat subjektif dan tidak konsisten. Selain itu, gejala awal beberapa penyakit daun kopi memiliki kemiripan visual sehingga meningkatkan risiko kesalahan diagnosis. Keterbatasan tenaga ahli pertanian dan layanan penyuluhan di daerah pedesaan juga menyebabkan keterlambatan dalam proses identifikasi dan penanganan penyakit tanaman. Kondisi ini berdampak pada menurunnya produktivitas dan kualitas hasil panen kopi.

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI), khususnya pada bidang computer vision dan deep learning, memberikan peluang besar dalam pengembangan sistem deteksi penyakit tanaman secara otomatis. Salah satu metode deep learning yang banyak digunakan adalah Convolutional Neural Network (CNN). CNN memiliki kemampuan yang baik dalam mengekstraksi fitur spasial dari citra sehingga efektif digunakan untuk klasifikasi penyakit

tanaman. Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa model CNN mampu mencapai tingkat akurasi yang tinggi dalam mendeteksi penyakit daun pada berbagai jenis tanaman.

Meskipun demikian, pendekatan berbasis CNN memiliki keterbatasan dalam menangkap hubungan global dan informasi kontekstual pada citra. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, arsitektur berbasis Transformer mulai diterapkan dalam bidang computer vision. Vision Transformer (ViT) mampu memodelkan hubungan global antarbagian gambar sehingga menghasilkan performa klasifikasi yang lebih baik. Selanjutnya, Data-efficient Image Transformer (DeiT) dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi pelatihan model Transformer tanpa mengurangi tingkat akurasi secara signifikan. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa pendekatan hibrida yang menggabungkan CNN dan Transformer mampu memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan penggunaan satu arsitektur tunggal, karena dapat memanfaatkan keunggulan ekstraksi fitur lokal dari CNN dan kemampuan pemodelan konteks global dari Transformer.

Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan, masih terdapat kesenjangan penelitian dalam penerapan arsitektur hibrida CNN dan Transformer, khususnya pada deteksi penyakit tanaman kopi. Sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada penggunaan model CNN tunggal, sedangkan implementasi model hibrida berbasis CNN dan DeiT masih relatif terbatas. Selain itu, integrasi model deep learning ke dalam aplikasi berbasis mobile untuk penggunaan praktis oleh petani juga belum banyak dikembangkan. Padahal, petani membutuhkan sistem deteksi penyakit yang mudah diakses, cepat, akurat, dan dapat digunakan secara langsung di lapangan.

Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pengembangan model deep learning hibrida yang menggabungkan Convolutional Neural Network (CNN) dan Data-efficient Image Transformer (DeiT) untuk mendeteksi penyakit tanaman kopi berdasarkan citra daun. Pendekatan ini bertujuan untuk memanfaatkan kemampuan CNN dalam mengekstraksi fitur lokal dan kemampuan DeiT dalam memahami hubungan kontekstual global pada gambar. Dengan kombinasi kedua arsitektur tersebut, model diharapkan mampu menghasilkan akurasi klasifikasi yang lebih tinggi, lebih robust, dan memiliki kemampuan generalisasi yang lebih baik dibandingkan metode konvensional. Selain itu, model yang dikembangkan akan diimplementasikan ke dalam aplikasi berbasis Android sehingga dapat digunakan secara real-time oleh petani maupun pengguna lainnya. Aplikasi ini diharapkan mampu membantu proses diagnosis awal penyakit tanaman kopi serta memberikan rekomendasi penanganan secara cepat dan praktis. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya

berkontribusi pada pengembangan metode deep learning dalam bidang pertanian, tetapi juga mendukung transformasi digital sektor pertanian melalui pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan yang aplikatif dan mudah diakses.

Pada akhirnya, penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif dalam mendukung pengelolaan penyakit tanaman kopi secara lebih efektif dan efisien. Sistem yang dihasilkan berpotensi membantu meningkatkan produktivitas tanaman kopi, mendukung pengambilan keputusan berbasis data, serta berkontribusi terhadap keberlanjutan sektor perkebunan kopi di Indonesia.

1.2.Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana merancang model hybrid deep learning berbasis CNN dan Data-efficient Image Transformer (DeiT) untuk klasifikasi penyakit daun kopi?
2. Bagaimana tingkat kinerja model hybrid CNN-DeiT dalam mendeteksi penyakit daun kopi dibandingkan dengan model tunggal?
3. Bagaimana implementasi model hybrid CNN-DeiT pada aplikasi berbasis Android untuk deteksi penyakit tanaman kopi secara real-time?

1.3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun model hybrid deep learning berbasis CNN dan DeiT untuk klasifikasi penyakit daun kopi.
2. Mengevaluasi performa model hybrid CNN-DeiT menggunakan metrik evaluasi standar seperti accuracy, precision, recall, dan F1-score.
3. Mengimplementasikan model deteksi penyakit daun kopi ke dalam aplikasi Android untuk mendukung deteksi penyakit secara real-time.

1.4.Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat teoritis dan praktis. Secara teoritis, penelitian ini dapat menjadi referensi ilmiah dalam pengembangan metode deep learning, khususnya arsitektur hybrid CNN dan Transformer untuk klasifikasi citra penyakit tanaman. Sementara itu, secara praktis penelitian ini diharapkan dapat membantu petani dalam mendeteksi penyakit tanaman kopi secara cepat dan akurat, mempermudah proses diagnosis awal penyakit tanaman melalui aplikasi berbasis Android,

serta mendukung peningkatan produktivitas dan kualitas hasil panen kopi melalui penanganan penyakit yang lebih tepat.

1.5.Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada deteksi penyakit daun tanaman kopi menggunakan citra digital daun.
2. Penyakit yang dideteksi terbatas pada beberapa jenis penyakit daun kopi yang tersedia pada dataset penelitian.
3. Model yang digunakan merupakan kombinasi Convolutional Neural Network (CNN) dan Data-efficient Image Transformer (DeiT).
4. Implementasi sistem dilakukan pada aplikasi berbasis Android.
5. Evaluasi model dilakukan menggunakan dataset citra daun kopi dan metrik evaluasi klasifikasi.