

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan utama yang memiliki peranan penting dalam perekonomian Indonesia. Indonesia dikenal sebagai produsen dan pengeksport minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil/CPO*) terbesar di dunia. Namun, produktivitas kelapa sawit sangat bergantung pada kondisi kesehatan tanaman, khususnya ketersediaan unsur hara yang memadai [1]. Defisiensi nutrisi dapat menurunkan hasil produksi kelapa sawit secara signifikan. Penelitian Sugianto dkk. menunjukkan bahwa tanaman dengan kecukupan unsur Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) menghasilkan produksi hingga 47% lebih tinggi dibandingkan tanaman yang mengalami defisiensi hara, sehingga kekurangan nutrisi menjadi salah satu faktor utama penurunan produktivitas kelapa sawit. Defisiensi nutrisi dapat diamati melalui perubahan warna, tekstur, serta pola pada daun [1]. Selama ini, identifikasi defisiensi nutrisi pada tanaman kelapa sawit umumnya masih dilakukan secara manual oleh tenaga ahli di lapangan. Pendekatan tersebut memerlukan biaya tinggi, dan sangat bergantung pada pengalaman pengamat sehingga rentan terhadap kesalahan serta subjektivitas penilaian [2][3], tetapi juga sering kali berhenti pada tahap pengenalan gejala visual tanpa diikuti oleh penentuan jenis hara yang spesifik. Padahal, efektivitas pemupukan sangat bergantung pada integrasi antara ketepatan waktu aplikasi berdasarkan iklim dan ketepatan jenis unsur hara yang dibutuhkan tanaman [4]. Selain itu, metode konvensional sulit diterapkan dalam skala luas karena membutuhkan banyak sumber daya manusia [2].

Untuk menyelesaikan masalah di atas, diperlukan sistem otomatis berbasis citra yang mampu menganalisis kondisi daun secara cepat, objektif, dan konsisten [2][3]. Perkembangan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dan *Computer Vision* telah memungkinkan penggunaan *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengenali pola visual daun dengan akurasi tinggi. Berbagai arsitektur CNN, seperti AlexNet, VGG, ResNet, dan EfficientNet, telah banyak digunakan dalam tugas klasifikasi citra karena mampu mengekstraksi fitur visual secara otomatis. Peneliti Razali dkk. [3] melakukan klasifikasi defisiensi Nitrogen (N), Kalium (K), dan Magnesium (Mg) pada sawit menggunakan CNN dengan akurasi 100%, namun terbatas pada citra berlatar belakang bersih. Selanjutnya, Efendi dkk. [5] menggunakan model YOLOv5 untuk mendeteksi

defisiensi nutrisi pada kelapa sawit yang menunjukkan tingkat presisi rata-rata sebesar 90,5% pada ambang batas *Intersection over Union* (IoU) 0.5 meskipun masih memiliki kelemahan pada deteksi kelas Potassium yang hanya mencapai 65,5% karena ukuran objek bintik oranye yang kecil dan padat. Sementara itu, Bera dkk. [6] meneliti klasifikasi nutrisi menggunakan CNN dan GCN dengan akurasi 90,54%, namun memiliki kelemahan pada deskriptor fitur global yang sering gagal menangkap detail spesifik pada wilayah daun yang terinfeksi tanpa dukungan agregasi regional yang kompleks. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk mengembangkan sistem klasifikasi defisiensi Nitrogen (N), Kalium (K), Magnesium (Mg), dan Boron (B) guna meminimalisir subjektivitas identifikasi manual serta mendukung efisiensi biaya operasional melalui penerapan pemupukan presisi yang tepat sasaran.

Penelitian ini difokuskan pada analisis citra daun secara individual, sejalan dengan metodologi ekstraksi fitur pada *dataset* yang digunakan. Pendekatan berbasis citra daun tunggal dipilih karena setiap citra pada *dataset* merepresentasikan satu objek daun sehingga proses ekstraksi fitur dan klasifikasi dapat dilakukan secara lebih terfokus terhadap karakteristik visual yang menjadi indikator defisiensi nutrisi. Dengan mendeteksi gejala pada level daun, sistem dapat memberikan hasil analisis yang lebih presisi. Selain melakukan klasifikasi, penelitian ini juga mengintegrasikan sistem rekomendasi pemupukan sebagai solusi praktis atas permasalahan defisiensi hara. Penentuan jenis pupuk disesuaikan secara otomatis berdasarkan hasil klasifikasi, misalnya pemberian pupuk Urea untuk defisiensi Nitrogen, *Rock Phosphate* (RP) untuk Fosfor, *Muriate of Potash* (MOP) untuk Kalium, *Kieserite* untuk Magnesium, dan *Borate* untuk Boron [4]. Melalui penerapan arsitektur CNN, diharapkan sistem ini mampu memberikan bantuan pengambilan keputusan yang cepat dan akurat bagi pengelola perkebunan dalam menjaga produktivitas tanaman. Selain itu, arsitektur CNN yang dipilih pada penelitian ini adalah AlexNet. Walaupun arsitektur ini bisa dianggap tertinggal dengan arsitektur baru lain (ResNet, VGG, EfficientNet, dan lain-lain), arsitektur ini memiliki kompleksitas yang cukup sederhana, jumlah parameter yang sedikit, dan tidak memerlukan banyak data jika dibandingkan dengan arsitektur CNN lainnya sehingga cocok untuk kasus pada penelitian ini [7].

Dengan begitu, tugas akhir ini bertujuan untuk mengembangkan sistem analisis defisiensi nutrisi dengan menggunakan visi komputer dengan judul “**Analisis Defisiensi Nutrisi pada Tanaman Kelapa Sawit menggunakan Algoritma CNN (*Convolutional Neural Network*) untuk Rekomendasi Pemupukan**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Proses identifikasi defisiensi nutrisi dan rekomendasi pemupukan pada tanaman kelapa sawit masih bergantung pada pengamatan visual yang rentan terhadap kesalahan karena ketergantungan terhadap pengalaman pengamat dan subjektivitas penilaian pengamat.
2. Belum diketahui kemampuan arsitektur AlexNet dalam mengklasifikasikan defisiensi nutrisi Nitrogen (N), Kalium (K), Magnesium (Mg), dan Boron (B) menggunakan *dataset* citra daun tunggal serta mengintegrasikan hasil klasifikasi tersebut ke dalam sistem rekomendasi pemupukan yang sesuai.

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan sistem rekomendasi pemupukan yang terintegrasi dengan hasil klasifikasi defisiensi nutrisi sehingga dapat memberikan rekomendasi jenis pupuk yang sesuai berdasarkan kondisi nutrisi tanaman kelapa sawit.
2. Mengembangkan dan mengevaluasi model *Convolutional Neural Network* (CNN) menggunakan arsitektur AlexNet untuk mengklasifikasikan defisiensi nutrisi Nitrogen (N), Kalium (K), Magnesium (Mg), dan Boron (B) pada tanaman kelapa sawit berdasarkan citra daun tunggal, serta mengukur performanya menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *misclassification error*.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Manfaat Praktis

Memberikan solusi yang efisien bagi petani dan pihak perkebunan kelapa sawit dalam mengidentifikasi defisiensi nutrisi serta memperoleh rekomendasi jenis pupuk yang tepat secara cepat, akurat, dan objektif tanpa harus bergantung sepenuhnya pada tenaga ahli di lapangan.

2. Manfaat Akademis

Menjadi referensi dan dasar pengembangan penelitian di bidang *Artificial Intelligence* (AI) dan *Computer Vision*, khususnya dalam penerapan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk menganalisis kondisi tanaman dan mendukung sistem rekomendasi di sektor pertanian dan perkebunan.

3. Manfaat Institusional

Memberikan alternatif teknologi bagi instansi pemerintah, dinas pertanian/perkebunan, serta perusahaan perkebunan kelapa sawit dalam mendukung kegiatan pemantauan kondisi tanaman, pengambilan keputusan pemupukan, dan penyusunan strategi pengelolaan hara yang lebih efektif. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan sistem pertanian presisi guna meningkatkan produktivitas tanaman dan efisiensi penggunaan pupuk pada sektor perkebunan kelapa sawit.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini memiliki ruang lingkup sebagai berikut.

1. Penelitian ini tidak menggunakan data primer lapangan dan merupakan penelitian nonmitra.
2. *Dataset* yang digunakan bersifat sekunder dan berasal dari sumber *dataset online* Kaggle, yaitu *dataset Oil Palm Leaves* di <https://www.kaggle.com/datasets/kvitbio06kvitbio/oil-palm-leaves> [8]. *Dataset* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki total sebanyak 1.840 data, yang merupakan akumulasi dari dua kelas yaitu defisiensi atau normal.
3. Format citra yang digunakan sebagai *dataset* yaitu PNG dan berukuran 227 x 227 piksel.
4. Sistem yang dikembangkan terbatas untuk menganalisis citra dari daun pohon kelapa sawit yang menunjukkan kelas nutrisi dalam dua kategori kondisi, yaitu defisiensi, dan normal. Jika defisiensi maka dikategorikan ke dalam Nitrogen (N), Kalium (K), Magnesium (Mg), dan Boron (B).
5. Rekomendasi pemupukan dalam sistem ini bersifat sebagai saran umum (*general recommendation*) yang diberikan berdasarkan gejala yang muncul pada daun tanaman. Rekomendasi yang dihasilkan hanya mencakup jenis unsur hara atau jenis pupuk yang dibutuhkan tanaman, seperti Nitrogen, Fosfor, atau Kalium, tanpa menentukan dosis, takaran, maupun waktu aplikasi secara spesifik.

6. Aspek selain nutrisi utama seperti Sulfur (S) dan Kalsium (Ca) tidak dimasukkan sebagai kelas defisiensi utama dalam penelitian ini karena berdasarkan literatur internasional terbaru, defisiensi S dan Ca pada kelapa sawit jarang terjadi [9].
7. Arsitektur yang digunakan dalam pengembangan model adalah AlexNet yang dipilih karena kemampuannya dalam mengekstraksi fitur tekstur dan warna pada citra kompleks secara efisien [3].
8. Kinerja model dievaluasi menggunakan metrik standar pengujian klasifikasi, yaitu akurasi, presisi, *recall*, dan *misclassification error* yang dihitung dengan *Confusion Matrix* [10].
9. Pada proses identifikasi, sistem menggunakan nilai ambang batas (*threshold*) sebesar 50%. Hasil prediksi dengan nilai $\geq 50\%$ akan ditampilkan beserta rekomendasinya, sedangkan hasil dengan nilai $< 50\%$ tidak ditampilkan karena tingkat keyakinan model belum memadai.
10. Sistem yang dibangun berbasis *website* menggunakan bahasa pemrograman Python dengan *framework* Flask.