

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan sektor strategis yang berperan penting dalam ketahanan pangan dan perekonomian Indonesia. Salah satu komoditas perkebunan unggulan yang memiliki nilai ekonomi tinggi adalah tebu (*Saccharum officinarum* L.), yang menjadi bahan baku utama industri gula nasional. Laporan Kementerian Pertanian Indonesia menunjukkan bahwa luas areal tebu pada tahun 2023 mencapai 504.776 hektare dengan produktivitas sebesar 712 kuintal per hektare, yang menegaskan posisi tebu sebagai komoditas strategis dalam sektor perkebunan nasional. Tren ini sejalan dengan peningkatan target produksi tebu yang terus naik setiap tahun, dari 33,10 juta ton pada 2020 hingga 39,45 juta ton pada 2024. Meskipun demikian, produktivitas tebu sering kali mengalami penurunan akibat serangan berbagai penyakit. Penyakit pada tanaman tebu dapat menurunkan produktivitas dan kualitas tanaman, sehingga berdampak pada hasil panen. Kebutuhan akan deteksi penyakit yang akurat menjadi penting untuk mendukung kesehatan tanaman tebu (Daphal dan Koli, 2023). Proses identifikasi penyakit tebu saat ini masih mengandalkan pengamatan manual oleh tenaga ahli di lapangan. Pendekatan konvensional tersebut tidak hanya memakan waktu dan biaya, tetapi juga sangat bergantung pada keahlian individu, sehingga rawan terjadi subjektivitas dan kesalahan identifikasi.

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya *deep learning*, telah memberikan solusi baru dalam bidang pertanian presisi. Tamilvizhi *et al.* (2022) menyatakan bahwa model *deep transfer learning* yang memanfaatkan ekstraksi

fitur CNN dan dioptimasi menggunakan PSO mampu mencapai akurasi tinggi dalam deteksi serta klasifikasi penyakit daun tebu. Salah satu arsitektur CNN yang banyak digunakan dalam klasifikasi citra adalah *Residual Network (ResNet)*, yang diperkenalkan untuk mengatasi masalah *vanishing gradient* dan memungkinkan jaringan diperdalam tanpa kehilangan performa. Masalah *vanishing gradient* terjadi ketika nilai gradien semakin kecil saat melalui banyak lapisan selama proses *backpropagation*, sehingga pembaruan bobot menjadi sangat lambat dan jaringan sulit belajar secara efektif. Dengan memanfaatkan *residual connection*, *ResNet* mampu mempertahankan aliran gradien tetap stabil, sehingga pelatihan jaringan yang sangat dalam dapat dilakukan dengan lebih efisien (He *et al.*, 2016).

Daphal dan Koli (2023) melaporkan bahwa arsitektur *ResNet* yang memanfaatkan *residual blocks* terstruktur secara berurutan menunjukkan keandalan tinggi dalam tugas klasifikasi. Pada studi tersebut, model *ResNet* mencapai akurasi sebesar 80,64% dalam identifikasi penyakit daun tebu, sehingga menegaskan efektivitasnya sebagai model *deep learning* untuk deteksi otomatis penyakit tanaman. Dukungan temuan serupa juga dilaporkan oleh Singh *et al.* (2024), yang mengombinasikan *ResNet* dengan metode optimasi berbasis *swarm*. Model BERT-*ResNet*-PSO yang mereka kembangkan mampu mencapai akurasi hingga 98,5% pada klasifikasi penyakit daun kapas, menunjukkan bahwa integrasi antara ekstraksi fitur berbasis *ResNet* dan optimasi berbasis PSO dapat meningkatkan performa dalam tugas klasifikasi citra kompleks.

Salah satu metode optimasi *hyperparameter* yang populer adalah *Particle Swarm Optimization (PSO)*, yang terinspirasi dari perilaku sosial kawanan burung dalam mencari makanan. PSO bekerja dengan mencari solusi optimal melalui

kolaborasi partikel yang saling berbagi informasi posisi terbaik di ruang pencarian. Alauddin *et al.* (2019) melaporkan bahwa PSO terbukti efektif dalam mengoptimasi parameter *neural network* sehingga mampu meningkatkan akurasi klasifikasi citra tanaman, sekaligus menawarkan pendekatan yang lebih adaptif dibandingkan metode tradisional. Performa model *deep learning* sangat dipengaruhi oleh pemilihan *hyperparameter*, seperti *learning rate*, *weight decay*, dan *dropout rate*. Penentuan nilai-nilai tersebut dengan PSO sering kali tidak optimal dan membutuhkan banyak percobaan. Tian dan Shi (2018) menyatakan bahwa PSO konvensional kerap menghadapi masalah *premature convergence* dan terjebak pada *local optima*, terutama dalam ruang pencarian yang kompleks seperti optimasi *hyperparameter multimodal*.

Berbagai varian *Modified Particle Swarm Optimization* (MPSO) telah dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan PSO konvensional, terutama dalam meningkatkan kemampuan eksplorasi dan konvergensi algoritma. Liu *et al.* (2020) mengusulkan integrasi *inertia weight* dan *comprehensive learning* untuk memperbaiki keseimbangan antara eksplorasi dan eksploitasi sehingga algoritma dapat menghindari *local optima* dan mencapai solusi optimal lebih cepat. Modifikasi tersebut menjadikan MPSO lebih stabil dan adaptif dalam proses optimasi. Dalam konteks klasifikasi penyakit tanaman, Tamilvizhi *et al.* (2022) menunjukkan bahwa MPSO mampu mengoptimalkan bobot dan *hyperparameter* jaringan neural secara lebih efisien, serta menghasilkan akurasi yang lebih baik.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem klasifikasi penyakit tanaman tebu menggunakan arsitektur *ResNet-34* dengan pendekatan *transfer learning* yang dioptimasi melalui *Modified Particle Swarm Optimization* (MPSO).

Pemilihan *ResNet-34* didasarkan pada keseimbangan antara kompleksitas jaringan dan efisiensi komputasi, sedangkan MPSO digunakan untuk menyesuaikan *hyperparameter* agar performa model mencapai hasil optimal. Kombinasi antara *ResNet-34* dan MPSO diharapkan mampu menghasilkan sistem yang dapat melakukan klasifikasi penyakit tebu secara otomatis dengan tingkat akurasi yang tinggi dan efisiensi yang baik.

Implementasi penelitian ini memiliki nilai praktis yang signifikan, terutama dalam konteks digitalisasi sektor pertanian. Sistem berbasis *machine learning* yang mampu mendeteksi penyakit tebu secara dini memungkinkan petani dan pihak industri melakukan tindakan pencegahan lebih cepat, sehingga dapat mengurangi kerugian ekonomi dan meningkatkan produktivitas lahan. Hasil penelitian ini juga berpotensi menjadi acuan bagi pengembangan sistem serupa pada berbagai jenis tanaman. Kombinasi antara *ResNet-34*, *transfer learning*, dan *Modified Particle Swarm Optimization* berkontribusi pada kemajuan ilmu pengetahuan di bidang pengenalan citra pertanian sekaligus mendukung penerapan pertanian presisi yang berkelanjutan di masa depan. Sistem yang dihasilkan juga dapat diimplementasikan dalam aplikasi berbasis *Streamlit* untuk memudahkan penggunaan.

1.2 Rumusan Masalah

Latar belakang yang telah diuraikan memunculkan rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana penerapan arsitektur *ResNet-34* dengan *transfer learning* untuk melakukan klasifikasi penyakit pada tanaman tebu?
2. Bagaimana penerapan algoritma *Modified Particle Swarm Optimization* serta hasilnya dalam meningkatkan akurasi dari arsitektur *ResNet-34*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. *Dataset* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Sugarcane Disease Dataset* oleh Shikalgar *et al.* (2024) yang dipublikasikan di Mendeley Data. *Dataset* ini terdiri dari 3.358 citra daun tebu dalam tujuh kelas.
2. Penelitian ini memanfaatkan arsitektur *ResNet-34* sebagai *pretrained* model CNN yang diimplementasikan melalui pendekatan *transfer learning*, dengan ukuran citra masukan 224×224 piksel, *batch size* 32, serta proses normalisasi citra RGB menggunakan nilai *mean* [0,485; 0,456; 0,406] dan standar deviasi [0,229; 0,224; 0,225] dari *ImageNet*.
3. Penelitian ini menggunakan algoritma *Modified Particle Swarm Optimization* (MPSO) yang menggabungkan mekanisme *Adaptive Inertia Weight* dan *Comprehensive Learning PSO*, dengan jumlah partikel sebanyak 10, jumlah iterasi 8, serta nilai koefisien kognitif dan sosial ($c1$ dan $c2$) masing-masing sebesar 1,5.
4. Pada penelitian ini, optimasi *hyperparameter ResNet-34* difokuskan pada *learning rate* dengan rentang 10^{-5} hingga 10^{-1} , *weight decay* dengan rentang 10^{-6} hingga 10^{-2} , serta *dropout* dengan rentang 0 hingga 0,7.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dirumuskan berdasarkan rumusan masalah di atas, yaitu:

1. Menerapkan arsitektur *ResNet-34* dengan pendekatan *transfer learning* untuk melakukan klasifikasi penyakit pada daun tebu.
2. Mengaplikasikan penerapan algoritma MPSO serta hasilnya dalam meningkatkan akurasi arsitektur *Resnet-34*.