

Identifikasi Penyakit Daun Cendana Berbasis Deep Learning Convolutional Neural Network

Identification of Sandalwood Leaf Disease Using a Deep Learning Convolutional Neural Network

Budiman Baso¹⁾, Ramaulvi Muhammad Akhyar²⁾

¹⁾Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Pertanian Sains dan Kesehatan, Universitas Timor
Jl. Km. 09, Kelurahan Sasi, Kecamatan Kota Kefamemanu, TTU, TIMOR, 85613.

²⁾Program Studi Pendidikan Komputer, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mulawarman
Gunung Kelua, Jl. Kuaro, Samarinda-Kalimantan Timur, Indonesia.

Riwayat: Copyright ©2023, JITU, Submitted: 4 Juli 2024; Revised: 14 Juli 2024;
Accepted: 4 1 September 2024; Published: 30 September 2024
DOI: 10.32938/jitu.v4i2.11319

Abstract - Leaf diseases are the primary pathological constraint reducing the productivity and economic value of sandalwood trees (*Santalum album*). Conventional symptom identification is often hampered by observer subjectivity and low time efficiency. This study implements computer vision technology using a Deep Learning algorithm based on a Convolutional Neural Network (CNN) to automate the identification of sandalwood leaf diseases. By utilising convolutional layers, the model is able to autonomously extract morphological and chromatic features to recognise complex leaf damage patterns without the need for manual feature extraction. The results of the study show that the CNN model delivers superior performance, with accuracy, precision, recall, and F1-score reaching 100%, as well as a computational time efficiency of 1 minute and 18 seconds. It is hoped that the implementation of this technology will serve as a precise early-diagnosis tool for forestry practitioners in supporting conservation efforts and safeguarding the sustainability of the sandalwood population, particularly in the Timor region.

Keywords - Sandalwood Leaves, Deep Learning, Convolutional Neural Network (CNN), Computer Vision, Plant Diseases.

Abstrak - Penyakit pada daun (foliage) merupakan kendala patologis utama yang menurunkan produktivitas dan nilai ekonomi pohon Cendana (*Santalum album*). Identifikasi gejala secara konvensional sering kali terkendala oleh subjektivitas pengamat dan efisiensi waktu yang rendah. Penelitian ini mengimplementasikan teknologi visi komputer melalui algoritma Deep Learning berbasis Convolutional Neural Network (CNN) untuk otomatisasi identifikasi penyakit daun Cendana. Melalui pemanfaatan lapisan konvolusi, model mampu mengekstraksi fitur morfologi dan kromatik secara otonom guna mengenali pola kerusakan daun yang

*) Penulis korespondensi (Budiman Baso)

Email: budimanbaso@gmail.com

kompleks tanpa memerlukan ekstraksi fitur manual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model CNN memberikan performa yang sangat unggul dengan tingkat akurasi, presisi, recall, dan F1-score mencapai 100%, serta efisiensi waktu komputasi selama 1 menit 18 detik. Implementasi teknologi ini diharapkan dapat menjadi instrumen diagnosis dini yang presisi bagi praktisi kehutanan dalam mendukung upaya konservasi dan menjaga keberlanjutan populasi Cendana, khususnya di wilayah Timor.

Kata kunci – Daun Cendana, Deep Learning, Convolutional Neural Network (CNN), Visi Komputer, Penyakit Tanaman.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Cendana (*Santalum album*) merupakan tanaman endemik Indonesia dengan nilai ekonomi dan ekologis yang sangat tinggi. Namun, keberadaan tanaman ini semakin terancam dan masuk dalam kategori berisiko punah menurut *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) akibat eksploitasi berlebihan dan gangguan kesehatan tanaman [1], [2]. Salah satu faktor utama yang menghambat keberhasilan rehabilitasi lahan dan penanaman cendana di wilayah seperti Nusa Tenggara Timur (NTT) adalah serangan hama dan penyakit yang sering kali terlambat terdeteksi. Meskipun upaya penanaman skala besar telah dilakukan oleh Dinas Kehutanan, hasilnya sering kali belum maksimal karena manajemen kesehatan benih yang masih bersifat konvensional [3].

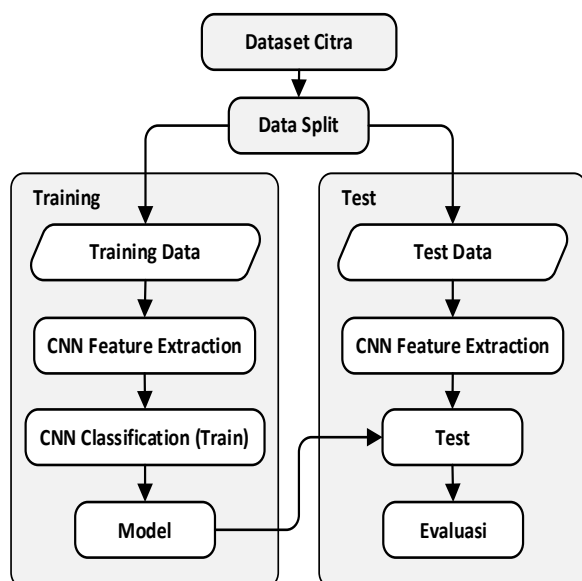
Seiring perkembangan teknologi informasi, visi komputer menawarkan solusi untuk melakukan deteksi dini penyakit melalui analisis citra daun. Beberapa penelitian sebelumnya telah mencoba menggunakan metode pengolahan citra tradisional, seperti penggunaan fitur GLCM dan algoritma *Naïve Bayes* atau *K-Nearest Neighbor* (K-NN) untuk penyakit padi dan diagnosis medis [4], [5]. Namun, metode tradisional memiliki

kelemahan dalam hal ketergantungan pada ekstraksi fitur manual (*hand-crafted features*) yang sangat dipengaruhi oleh pencahayaan dan latar belakang citra. Meskipun penggunaan fitur warna seperti *Color Histogram* dengan *Random Forest* menunjukkan akurasi tinggi pada objek tertentu [6], pendekatan tersebut sering kali kurang fleksibel jika dihadapkan pada gejala penyakit daun cendana yang memiliki gradasi warna dan bentuk yang sangat kompleks.

Untuk mengatasi batasan metode konvensional, penelitian ini mengusulkan penggunaan *Deep Learning* dengan arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN). Berbeda dengan metode *Machine Learning*, CNN memiliki kemampuan untuk melakukan ekstraksi fitur secara otomatis langsung dari piksel citra, sehingga lebih tangguh terhadap variasi kondisi di lapangan [7], [8]. Fokus utama penelitian ini adalah mengidentifikasi jenis penyakit pada foliage (daun) cendana berdasarkan karakteristik visual yang tertangkap oleh lapisan konvolusi pada model CNN. Dengan implementasi sistem identifikasi berbasis CNN ini, diharapkan para praktisi kehutanan dapat melakukan diagnosis penyakit secara lebih cepat dan akurat, yang pada akhirnya akan mendukung upaya pelestarian pohon cendana dari ancaman kepunahan.

II. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini dilakukan secara sistematis, meliputi tahapan pengumpulan dataset citra daun Cendana, pembagian data (split dataset), ekstraksi fitur citra, pembangunan model klasifikasi (training), serta pengujian (testing). Tahap akhir penelitian adalah evaluasi performa model untuk mengukur tingkat akurasi dan reliabilitas sistem. Alur metodologi penelitian ini disajikan secara visual pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur metodologi penelitian

Dalam pendekatan ini, *Convolutional Neural Network* (CNN) berperan sebagai ekstraktor fitur otomatis dari citra daun cendana. Fitur-fitur yang berhasil diekstraksi kemudian disusun menjadi vektor

fitur yang merepresentasikan karakteristik visual unik dari setiap kondisi daun [9], [10]. Proses pelatihan dilakukan untuk memetakan vektor fitur tersebut ke dalam kategori penyakit yang sesuai (Bintik, Kering, atau Sehat). Selanjutnya, model hasil pelatihan dievaluasi menggunakan data uji untuk mengukur kinerjanya. Optimasi parameter pada lapisan CNN juga dilakukan secara iteratif guna meningkatkan presisi dan performa klasifikasi secara keseluruhan.

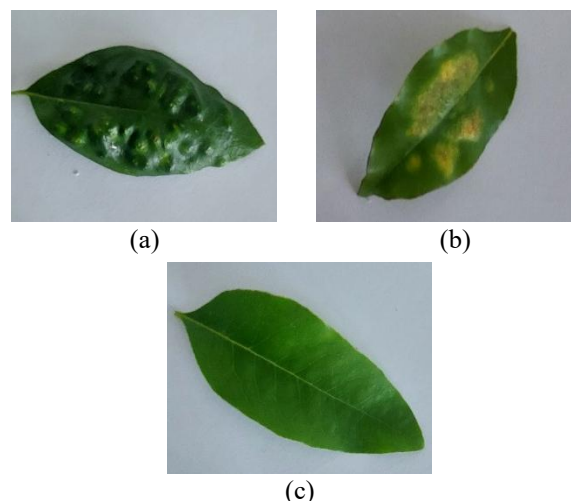
A. Arsitektur Model dan Pelatihan

Dalam pembentukan model klasifikasi, penelitian ini menerapkan arsitektur CNN yang dirancang khusus untuk identifikasi penyakit daun Cendana. Model ini terdiri dari beberapa lapisan konvolusi (*convolutional layer*) dan penyusutan (*pooling layer*). Lapisan konvolusi awal menggunakan filter berukuran 3 x 3 untuk mengekstraksi fitur spasial, diikuti oleh lapisan *max pooling* berukuran 2 x 2 untuk mereduksi dimensi data tanpa kehilangan fitur penting [11].

Struktur model diperdalam dengan lapisan konvolusi tambahan untuk menyaring fitur yang lebih kompleks. Pada bagian akhir arsitektur, lapisan *fully connected* menghubungkan representasi fitur tersebut ke unit *output* untuk menentukan kelas penyakit. Proses pelatihan menggunakan fungsi *loss categorical cross-entropy* dan algoritma optimasi *Adam* atau *SGD*. Parameter seperti *learning rate*, *batch size*, dan jumlah *epoch* diatur secara cermat untuk mencapai titik konvergensi terbaik [12]. Untuk mengantisipasi *overfitting*, data validasi digunakan sebagai monitor selama proses pelatihan. Evaluasi efektivitas model dilakukan dengan menghitung metrik performa yang meliputi akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score* [13].

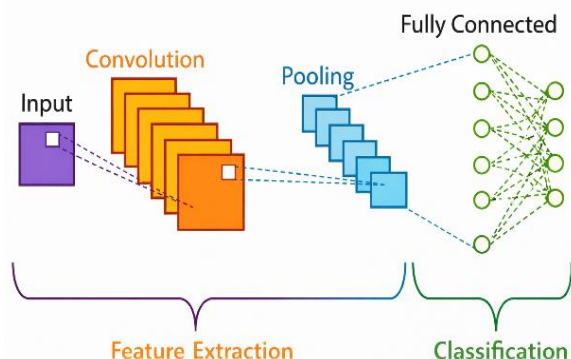
B. Dataset Penelitian

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari citra digital daun Cendana yang diklasifikasikan ke dalam tiga kategori: (a) Penyakit Bintik, (b) Penyakit Kering, dan (c) Kondisi Sehat. Representasi visual dari dataset tersebut ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Citra daun Cendana, (a) Berbintik (b) Kering, (c) Sehat.

Convolutional Neural Network (CNN) dipilih karena kemampuannya dalam mengolah data dua dimensi melalui pengembangan struktur *Multilayer Perceptron* (MLP). Secara umum, arsitektur CNN terbagi menjadi dua bagian utama: tahap ekstraksi fitur (*feature extraction*) dan tahap klasifikasi (*classification*) [14], sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Arsitektur CNN

Tahap ekstraksi fitur terdiri dari *convolutional layer*, fungsi aktivasi *ReLU*, dan *pooling layer* yang bekerja secara hierarkis untuk menangkap pola morfologi daun. Sementara itu, tahap klasifikasi berada pada bagian akhir jaringan yang terdiri dari *fully connected layers* dan lapisan *softmax* untuk memprediksi probabilitas kelas penyakit berdasarkan fitur yang telah diekstraksi sebelumnya [15].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tahapan Preprocessing dan Ekstraksi Fitur

Proses identifikasi penyakit pada daun Cendana diawali dengan tahap *preprocessing*. Tahapan ini meliputi penyesuaian dimensi citra (*resizing*) agar selaras dengan spesifikasi input yang dibutuhkan oleh arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN). Standardisasi ukuran ini krusial untuk memastikan konsistensi pemrosesan pada lapisan-lapisan berikutnya.

Setelah fase *preprocessing*, citra yang telah direduksi dimensinya diinputkan ke dalam jaringan CNN. Model secara otomatis melakukan ekstraksi fitur hierarkis melalui serangkaian lapisan konvolusi. Lapisan-lapisan ini bertugas mendeteksi pola morfologi spesifik dan anomali tekstur pada daun yang mengindikasikan gejala penyakit. Selanjutnya, fitur tersebut diproses melalui lapisan *pooling* untuk mereduksi redundansi data spasial dan menangkap representasi fitur yang paling relevan. Fitur yang telah terkompresi kemudian dilewatkan ke lapisan *fully connected* untuk diklasifikasikan ke dalam kategori patologis yang sesuai berdasarkan pola visual yang terdeteksi.

B. Analisis Performa Model

Evaluasi performa model dilakukan untuk mengukur efektivitas arsitektur CNN dalam

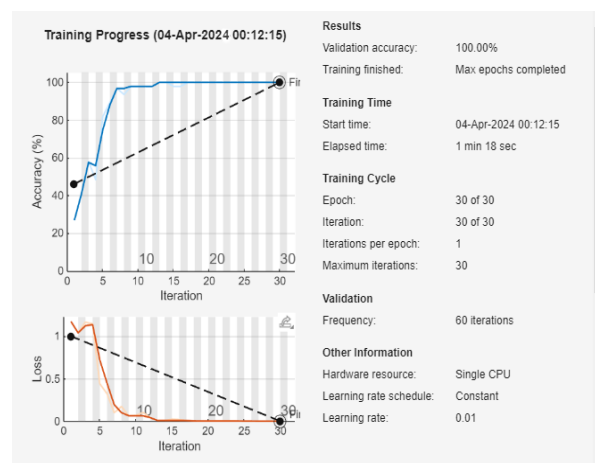
mengklasifikasikan kondisi patologis daun Cendana. Tabel 1 menyajikan hasil pengujian model berdasarkan metrik standar evaluasi.

Metrik	Hasil
<i>Accuracy</i>	100 %
<i>Precision</i>	100 %
<i>Recall</i>	100 %
<i>F1-score</i>	100 %
<i>Waktu Komputasi</i>	1 min 18 sec

Berdasarkan data pada Tabel 1, model CNN yang dikembangkan menunjukkan performa yang sangat luar biasa dengan mencapai tingkat *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-score* sebesar 100%. Hasil ini mengindikasikan bahwa model mampu mengenali seluruh fitur morfologi dan kromatik pada citra daun Cendana (Sehat, Bintik, dan Kering) secara sempurna tanpa adanya kesalahan klasifikasi (*misclassification*) pada data uji yang digunakan.

Efisiensi model juga terlihat dari waktu komputasi yang hanya memerlukan durasi 1 menit 18 detik. Hal ini menunjukkan bahwa arsitektur CNN yang dirancang cukup ringan dan optimal, sehingga proses ekstraksi fitur hingga klasifikasi akhir dapat berjalan sangat cepat. Capaian performa maksimal ini mengonfirmasi bahwa penggunaan lapisan konvolusi sangat efektif dalam menangkap perbedaan pola visual yang kompleks pada daun Cendana, yang sebelumnya sulit diidentifikasi secara akurat melalui metode konvensional.

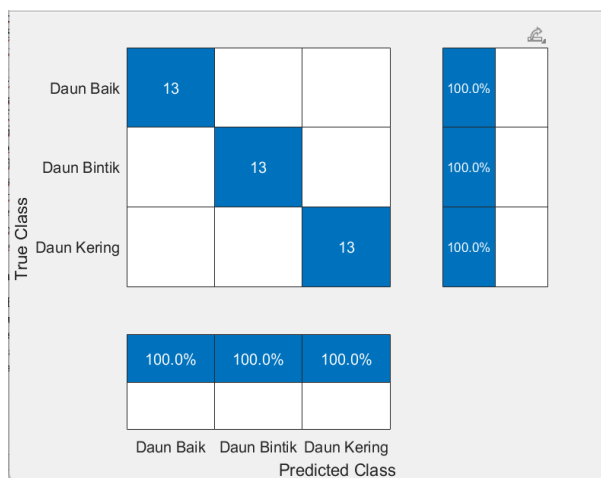
Selain itu, hasil optimal tersebut diperoleh pada penggunaan epoch sebanyak 30, di mana model telah mencapai kondisi konvergensi yang stabil. Pengujian lebih lanjut menunjukkan bahwa ketika jumlah epoch diturunkan, performa model mengalami penurunan yang cukup signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa jumlah epoch memiliki pengaruh penting terhadap kemampuan model dalam mempelajari pola data secara menyeluruh. Dengan epoch yang lebih rendah, proses pembelajaran belum optimal sehingga model belum mampu menangkap fitur secara maksimal.



Gambar 4. Grafik Training Model CNN

Visualisasi lebih lanjut mengenai distribusi prediksi model dapat dilihat pada Gambar 5 (*Confusion Matrix*).

Seluruh data pada diagonal utama menunjukkan nilai maksimal, yang membuktikan bahwa tidak ada data dari kelas tertentu yang terprediksi ke dalam kelas lainnya. Hal ini memperkuat posisi model CNN sebagai instrumen diagnosis digital yang sangat andal untuk mendukung pelestarian tanaman Cendana



Gambar 5. Confusion Matrix Hasil Klasifikasi Algoritma CNN

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis performa model *Deep Learning* yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) sangat efektif dalam mengidentifikasi penyakit daun Cendana dengan tingkat presisi yang sempurna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mampu mencapai performa maksimal dengan nilai *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-score* sebesar 100%. Capaian ini membuktikan bahwa lapisan konvolusi pada arsitektur yang dirancang mampu mengekstraksi fitur morfologi dan kromatik daun secara akurat, sehingga tidak ditemukan adanya kesalahan klasifikasi (*misclassification*) antara kategori daun sehat, bintik, maupun kering.

Selain keunggulan akurasi, model ini juga menunjukkan efisiensi sumber daya komputasi yang sangat baik dengan durasi proses hanya selama 1 menit 4 detik. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan CNN tidak hanya memberikan hasil diagnosis yang presisi, tetapi juga aplikatif untuk digunakan secara *real-time*. Dengan demikian, implementasi sistem identifikasi berbasis CNN ini berpotensi besar menjadi instrumen diagnosis digital yang andal bagi praktisi kehutanan di wilayah Timor, sekaligus menjadi langkah preventif yang krusial dalam mendukung strategi konservasi tanaman Cendana dari ancaman kepunahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Arunkumar, A.N., Dhyani, A. & Joshi, "Santalum album (Indian sandalwood)," *CABI Compend.*, vol. CABI Compe, 2022, doi: 10.1079/cabicompendium.50389.
- [2] S. K. Timba and R. Suhardjana, "Karakteristik Morfologi Bibit Cendana (*Santalum album* L.) Yang Ditanam Pada Cekaman Air Tanah Alvisol Dan Vertisol," pp. 1791–1804, 2022.
- [3] S. Edi Sumanto, E. Sutrisno, and H. Kurniawan, "Analisis Kebijakan Dan Strategi Litbang Kehutanan Dalam Pengembangan Cendana Di Nusa Tenggara Timur," *J. Anal. Kebijak. Kehutan.*, vol. 8, no. 3, pp. 189–209, 2011, doi: 10.20886/jakk.2011.8.3.189-209.
- [4] Rustanto DW, Liantoni F, Prakisyana NP. Identifikasi Penyakit Daun pada Tanaman Padi Menggunakan Ekstraksi Fitur Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) dan Metode K-Nearest Neighbour (KNN). *JUSTIN (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi)*. 2024 Jan;12(1):100-6.
- [5] Puteri QA, Sagirani T, Lemantara J. Perbandingan Algoritma Naïve Bayes dan K-Nearest Neighbor (KNN) untuk Mengetahui Keakuratan Diagnosa Penyakit Diabetes. *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*. 2023 Dec 31;9(03):248-54.
- [6] Khultsum U, Subekti A. Penerapan Algoritma Random Forest dengan Kombinasi Ekstraksi Fitur Untuk Klasifikasi Penyakit Daun Tomat. *Jurnal Media Informatika Budidarma*. 2021 Jan 22;5(1):186.
- [7] Ardianto R, Wibisono SK. Analisis deep learning metode convolutional neural network dalam klasifikasi varietas gandum. *Jurnal Kolaboratif Sains*. 2023 Dec 30;6(12):2081-92.
- [8] Maulana I, Khairunisa N, Mufidah R. Deteksi bentuk wajah menggunakan convolutional neural network (CNN). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*. 2023;7(6):3348-55.
- [9] Wibowo A, Pratama A. Analisis Kesamaan Gambar Menggunakan Metode Ekstraksi Fitur. *Jurnal Informatika dan Kesehatan*. 2024 Feb 29;1(1):43-54.
- [10] Utaminingsih E, Silviani R, Fitri Z. Pengelompokan Fitur Color Structure Descriptor (CSD) Menggunakan Support Vector Machine (SVM) Untuk Citra Busana Tradisional Aceh. *Jurnal MathEducation Nusantara*. 2020 Dec 16;4(1):139-47.
- [11] Sheila S, Sari IP, Saputra AB, Anwar MK, Pujianto FR. Deteksi Penyakit Pada Daun Padi Berbasis Pengolahan Citra Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN). *MULTINETICS*. 2023 Apr 13;9(1):27-34.
- [12] Irfan D, Rosnelly R, Wahyuni M, Samudra JT, Rangga A. Perbandingan optimasi sgd, adadelta, dan adam dalam klasifikasi hydrangea menggunakan cnn. *Journal of Science and Social Research*. 2022 Jun 27;5(2):244-53.
- [13] Prabowo AS, Kurniadi FI. Analisis Perbandingan Kinerja Algoritma Klasifikasi dalam Mendeteksi Penyakit Jantung. *Jurnal SISKOM-KB (Sistem Komputer dan Kecerdasan Buatan)*. 2023;7(1):56-61.

- [14] Azzahra AR, Darwis H, Widyawati D. Klasifikasi Daun Herbal Menggunakan Metode CNN dan Naïve Bayes dengan Fitur GLCM. The Indonesian Journal of Computer Science. 2023 Aug 30;12(4).
pada Daun Anggur menggunakan Metode Convolutional Neural Network. Jurnal Tekno Insentif. 2023 Oct 17;17(2):112-26.
- [15] Wardani KR, Leonardi L. Klasifikasi Penyakit