

Sistem Identifikasi Jenis Tumbuhan Mangrove Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network* (CNN)

Imam Samudra^{1*}, Tedy Rismawan¹, Irma Nirmala¹

¹Program Studi S1 Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Indonesia

*Email: h1051211081@student.untan.ac.id

Info Artikel	Abstrak
<p>Kata Kunci : mangrove, <i>convolutional neural network</i>, raspberry pi, citra daun</p> <p>Keywords : mangroves, convolutional neural network, raspberry pi, leaf image</p> <p>Tanggal Artikel Dikirim : 23 September 2025 Direvisi : 29 Desember 2025 Diterima : 30 Desember 2025</p>	<p>Mangrove merupakan tumbuhan pesisir yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Penelitian ini bertujuan membangun sistem identifikasi jenis tumbuhan mangrove berbasis citra daun dengan metode <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN) untuk memudahkan dalam mengidentifikasi jenis mangrove. Dataset yang digunakan terdiri dari 810 citra daun mangrove, masing-masing 270 citra untuk tiga kelas: <i>Acanthus Ilicifolius</i>, <i>Rhizophora Apiculata</i>, dan <i>Sonneratia Alba</i>. Proses pelatihan model CNN dilakukan untuk mengenali pola dan karakteristik visual daun. Pengujian dilakukan menggunakan 81 data uji dengan dua skenario pengujian, yaitu tanpa menggunakan kamera Raspberry Pi dan dengan integrasi kamera Raspberry Pi. Hasil pengujian tanpa kamera Raspberry Pi mendapatkan akurasi 88%, sedangkan menggunakan kamera Raspberry Pi mencapai 96%. Peningkatan akurasi sebesar 8% membuktikan bahwa penerapan sistem pada perangkat keras Raspberry Pi mampu meningkatkan kinerja identifikasi. Selain itu, sistem dapat beroperasi secara portabel tanpa memerlukan koneksi internet, sehingga berpotensi untuk mengidentifikasi mangrove secara mudah di lapangan.</p> <p>Abstract</p> <p><i>Mangroves are coastal plants that play an important role in maintaining ecosystem balance. This study aims to build a mangrove plant species identification system based on leaf images using the Convolutional Neural Network (CNN) method to facilitate the identification of mangrove species. The dataset used consists of 810 mangrove leaf images, 270 images each for three classes: Acanthus Ilicifolius, Rhizophora Apiculata, and Sonneratia Alba. The CNN model training process was carried out to recognize leaf patterns and visual characteristics. Testing was carried out using 81 test data with two test scenarios, namely without using a Raspberry Pi camera and with Raspberry Pi camera integration. The test results without a Raspberry Pi camera achieved 88% accuracy, while using a Raspberry Pi camera reached 96%. The 8% increase in accuracy proves that the implementation of the system on Raspberry Pi hardware is able to improve identification performance. In addition, the system can operate portable without requiring an internet connection, thus having the potential to easily identify mangroves in the field.</i></p>

1. PENDAHULUAN

Tumbuhan mangrove merupakan tumbuhan yang terdapat di daerah pesisir yang sering tergenang air laut dan dipengaruhi oleh pasang surut air laut namun tidak dipengaruhi oleh iklim. Indonesia mempunyai tingkat keanekaragaman mangrove tertinggi di dunia, dengan jumlah spesies mangrove sebanyak 202, meliputi 89 spesies pohon, 5 spesies palma, 19 spesies pemanjat, 44 spesies herba tanah, 44 spesies epifit dan 1 spesies paku. Sejumlah 202 jenis tersebut, 43 jenis (diantaranya 33 jenis pohon dan beberapa jenis perdu) ditemukan sebagai mangrove sejati (*true mangrove*), sementara jenis lain ditemukan di sekitar mangrove yang dikenal sebagai jenis mangrove ikutan [1].

Dengan beragamnya jenis tumbuhan mangrove yang ada di Indonesia, identifikasi tumbuhan mangrove masih dilakukan secara manual oleh para ahli botani dengan mengandalkan observasi langsung di lapangan. Proses ini memerlukan waktu yang lama, biaya yang tidak sedikit, serta keterbatasan sumber daya manusia yang memiliki keahlian khusus dalam identifikasi spesies. Namun, perkembangan teknologi pengolahan citra dan kecerdasan buatan menawarkan pendekatan baru yang lebih efisien dan dapat diandalkan yaitu deep learning [2].

Deep learning merupakan bagian dari machine learning yang dirancang untuk menganalisis suatu data dengan struktur logika yang mirip dengan bagaimana manusia mengambil keputusan. Convolutional Neural Network (CNN) adalah salah satu metode deep learning yang digunakan untuk mendeteksi dan mengenali sebuah objek pada citra digital. Kemampuan CNN diklaim sebagai model terbaik untuk memecahkan permasalahan object detection dan object recognition. Pada tahun 2012, penelitian tentang CNN dapat melakukan pengenalan citra digital dengan akurasi yang menyaingi manusia pada dataset tertentu [3].

Pengenalan jenis tumbuhan melalui daun merupakan salah satu cara dari analisis gambar daun yang bertujuan untuk mengklasifikasikan jenis tumbuhan berdasarkan ciri-ciri morfologi daunnya [2]. Dengan permasalahan yang dialami, maka sistem ini bisa memudahkan dalam mengidentifikasi jenis mangrove secara akurat dan efisien. Salah satu cara yang bisa digunakan untuk mengenali jenis mangrove dengan cepat adalah dengan melakukan identifikasi berdasarkan daun tumbuhan mangrove.

Penelitian sebelumnya yang berjudul "Aplikasi Klasifikasi Jenis Tumbuhan Mangrove Berdasarkan Karakteristik Morfologi Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor (KNN) Berbasis Web" [4]. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah K-Nearest Neighbors (KNN). Dalam penelitian ini, 11 karakteristik morfologi tumbuhan mangrove digunakan sebagai fitur untuk klasifikasi. Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi klasifikasi tumbuhan mangrove menggunakan metode K-Nearest Neighbors (KNN) dengan 11 karakteristik morfologi. Hasil pengklasifikasian menunjukkan tingkat akurasi sebesar 77,77% dengan nilai K yang digunakan adalah 3.

Penelitian selanjutnya yang berjudul "Analisa Jenis Mangrove Menggunakan UAV Dengan Klasifikasi OBIA" [5] Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Support Vector Machine* (SVM) sebagai pengklasifikasi dan metode *Object-Based Image Analysis* (OBIA) untuk klasifikasi citra UAV. Hasil dari penelitian ini menghasilkan overall accuracy sebesar 92,98%.

Penelitian lain yang berkaitan dengan identifikasi mangrove berjudul "Identifikasi Spesies Mangrove Menggunakan Algoritme Random Forest" [6]. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Random Forest*. Penelitian ini menggunakan 6 spesies mangrove yaitu *Avicennia eucalyptifolia*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Unrecorded Sp.*, dan *Xylocarpus granatum*. klasifikasi dengan metode RF dilakukan dengan menggunakan package randomForest yang tersedia pada R. hasil dari penelitian ini menghasilkan akurasi sebesar 99%-100% dengan peningkatan akurasi yang diimbangi kenaikan jumlah pohon

Selanjutnya penelitian yang berkaitan dengan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) berjudul "Identifikasi Jenis Mangga Berdasarkan Ciri Daun Menggunakan Metode CNN" [7]. Pada penelitian ini, penggunaan metode CNN dalam mengklasifikasikan citra menghasilkan tingkat akurasi yang cukup baik untuk berbagai jenis daun mangga. Klasifikasi didapatkan rata-rata *confusion matrix* menunjukkan *accuracy* sebesar 82,60%, kemudian untuk rata-rata *precision* mendapat nilai 94,43%, dan untuk rata-rata *recall*-nya mendapat hasil 88,17%.

Penelitian lain yang berkaitan dengan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) berjudul "Autentikasi Daun Herbal Menggunakan *Convolutional Neural Network* dan Raspberry Pi" [8]. Penelitian ini dirancang untuk mengautentikasi jenis daun herbal dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* dan Raspberry Pi. Fungsi metode *Convolutional Neural Network* pada penelitian ini adalah untuk melakukan klasifikasi dan identifikasi gambar daun herbal. Fungsi kamera Raspberry Pi dalam penelitian ini adalah untuk mengambil gambar daun herbal yang akan diidentifikasi kemudian diproses untuk melakukan *pre-processing* sebelum dimasukkan ke dalam model *Convolutional Neural Network* untuk diklasifikasikan. Hasil akurasi dari penelitian ini yaitu 94,45% pada saat data training, sedangkan pada testing data secara offline adalah 93,62% dan untuk testing data online adalah 91,04%.

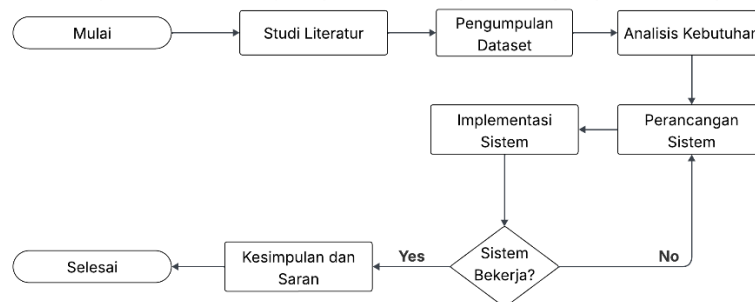
Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka pada penelitian ini membangun sebuah sistem identifikasi jenis tumbuhan mangrove menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN). Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra

daun. Data penelitian objek ini diambil di wilayah Kalimantan Barat. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan bisa menciptakan sebuah sistem yang dapat mengidentifikasi jenis tanaman mangrove berdasarkan daun dan mudah untuk digunakan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Dalam pengembangan sistem identifikasi jenis tanaman mangrove menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN), meliputi beberapa tahap-tahap utama yaitu, studi literatur, pengumpulan dataset, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian, dan kesimpulan serta saran. Setiap tahap-tahap ini memiliki peran penting dalam memastikan sistem yang dikembangkan memenuhi tujuan penelitian. Diagram tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Tahapan Penelitian

2.2 Studi Literatur

Tahap ini merupakan studi pustaka dan dokumentasi untuk memperoleh jenis tumbuhan mangrove dengan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Literatur yang digunakan dapat berupa jurnal ilmiah penelitian sebelumnya, buku-buku, maupun artikel yang berkaitan dengan penelitian ini serta data-data yang dapat digunakan untuk mendukung penelitian ini. Proses ini memiliki tujuan untuk memahami dasar teori dan untuk memastikan bahwa penelitian ini dibangun dengan pengetahuan yang ada, sehingga dapat memberikan kontribusi dan pemahaman dalam bidang ini.

2.3 Pengumpulan Data

Pada tahap ini, pengumpulan data dengan total 810 dataset yang dibagi menjadi 3 kelas, yaitu kelas *Acanthus Illicifolius* sebanyak 270 dataset, kelas *Rhizophora Apiculata* sebanyak 270 dataset, dan kelas *Sonneratia Alba* sebanyak 270 dataset yang diambil secara online dari *kaggle*, *roboflow*, dan *google image*. Kemudian dataset tersebut dibagi menjadi data training, data validasi, dan data uji. Sedangkan pengumpulan data uji pada penelitian ini dilakukan dengan mengambil daun mangrove secara *offline*.

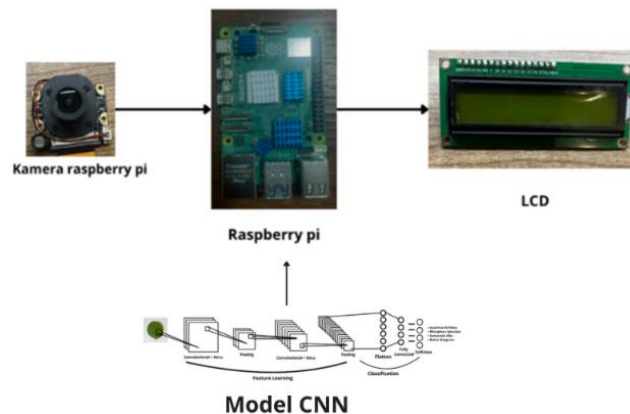
2.4 Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini dilakukan analisa kebutuhan untuk membuat sistem identifikasi jenis tumbuhan mangrove. Analisis kebutuhan perangkat keras meliputi Raspberry Pi, modul kamera Raspberry pi, dan *liquid crystal display* (LCD). Sedangkan kebutuhan perangkat lunak yang diperlukan untuk pelatihan dan validasi dataset, serta evaluasi model meliputi *Convolutional Neural Network*, augmentasi data, *Tensorflow-keras*, *MobilenetV2*, *OpenCv*, dan *Confusion Matrix*.

2.5 Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem dibagi menjadi dua bagian, yaitu perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada bagian perangkat keras, sistem menggunakan Raspberry Pi sebagai mikrokomputer yang berfungsi seperti komputer pada umumnya sebagai pusat pemrosesan data [9]. Raspberry Pi dilengkapi dengan sistem operasi Raspbian, prosesor ARM, serta penyimpanan berbasis SD card yang memungkinkan perangkat ini bekerja layaknya komputer portabel [10]. Untuk pengambilan citra, digunakan modul kamera Raspberry yang memiliki resolusi 8 megapiksel dan mendukung resolusi video seperti 720p, 1080p, dan VGA serta terhubung melalui port CSI yang berfungsi untuk menangkap gambar daun mangrove

secara real-time [11]. Hasil identifikasi kemudian ditampilkan melalui *Liquid Crystal Display* (LCD) yang memiliki fungsi untuk menampilkan data seperti karakter, huruf, angka dan grafik [12], LCD pada sistem ini digunakan sebagai perangkat keluaran sistem yang memberikan hasil identifikasi jenis tanaman mangrove atau tidak dikenali. Sementara itu, perancangan perangkat lunak berfokus pada pengembangan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN dipilih karena banyak digunakan dalam aplikasi *computer vision* seperti klasifikasi citra, deteksi objek, dan pengenalan wajah manusia [13]. Metode ini mengenali pola visual citra secara otomatis melalui tahapan *feature learning* dan *classification*. Pada tahap *feature learning*, citra yang ditangkap kamera diproses menggunakan *convolution layer*, *activation function* (ReLU), dan *pooling layer* untuk mengekstraksi fitur penting. Selanjutnya, hasil ekstraksi fitur diubah menjadi vektor satu dimensi menggunakan *flatten layer*, kemudian diproses oleh *fully connected layer*, dan akhirnya sistem akan memilih kelas dengan probabilitas tertinggi sebagai hasil prediksi pada *softmax layer* [14]. Kemudian untuk mengevaluasi sistem, digunakan *confusion matrix* untuk mengukur performa suatu model klasifikasi dengan melihat nilai akurasi dari model tersebut dengan 4 parameter yang menjadi dasar penentuan performa seperti akurasi, presisi, recall, dan f1-score [15]. Dengan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak ini, sistem mampu melakukan proses identifikasi daun mangrove secara otomatis, portabel, dan real-time tanpa membutuhkan koneksi internet. Perancangan arsitektur sistem dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perancangan Sistem

2.6 Implementasi

Tahap implementasi adalah tahap untuk merealisasikan sistem sesuai dengan perancangan agar siap untuk digunakan. Tahap ini merupakan penerapan perangkat keras dan perangkat lunak yang sudah dirancang agar sistem bisa berfungsi dengan baik dalam mengidentifikasi citra dan mengklasifikasikan jenis tumbuhan mangrove atau bukan mangrove. Kode program ditanamkan ke perangkat keras untuk memastikan setiap komponen bekerja sesuai dengan fungsinya, dimulai dari kamera hingga LCD.

2.7 Pengujian

Setelah sistem berfungsi dengan baik, dilakukan pengujian untuk mengevaluasi performa dari model *convolutional neural network* (CNN). Pengujian ini meliputi proses identifikasi citra tanpa kamera raspberry pi dan proses identifikasi citra menggunakan kamera raspberry pi. Hasil nya akan digunakan untuk menganalisis efektivitas sistem dalam mengidentifikasi berbagai citra.

2.8 Kesimpulan dan Saran

Tahap akhir adalah memberikan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil dari penelitian. Kesimpulan menggambarkan pencapaian sistem yang telah berhasil dirancang dan diuji. Saran diberikan sebagai masukan untuk pengembangan sistem ke depannya, baik dari perangkat keras maupun perangkat lunak.

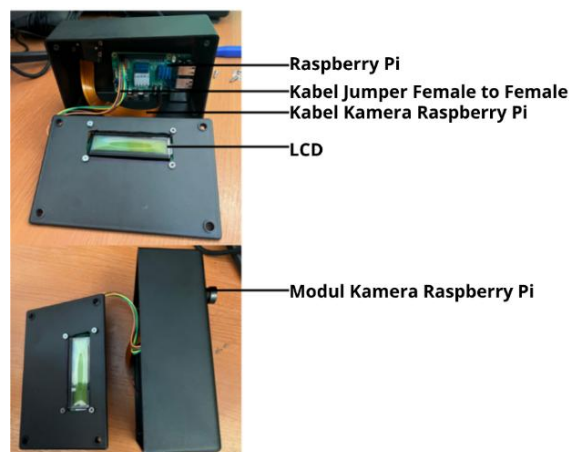
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Sistem

Implementasi sistem adalah tahap perancangan sistem direalisasikan agar dapat dioperasikan dengan baik. Tahap ini meliputi penerapan perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dirancang untuk mewujudkan sistem identifikasi tanaman mangrove yang fungsional. Tujuan dari implementasi ini adalah memastikan sistem dapat berfungsi secara baik mengklasifikasikan jenis tumbuhan mangrove atau bukan mangrove melalui pengolahan citra dengan metode CNN serta menampilkan informasi melalui LCD.

3.1.1 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras melibatkan penerapan komponen-komponen yang dibutuhkan oleh sistem yang telah dirancang. Tahap ini mencakup penerapan sistem identifikasi jenis tumbuhan mangrove. Implementasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem identifikasi jenis mangrove dapat berjalan baik. Sistem ini dirancang untuk membaca citra yang diambil dari modul kamera raspberry pi yang terhubung dengan raspberry pi dan LCD. Setelah mikrokomputer diberi *power supply* dan menyala, kamera di arahkan pada objek yaitu daun mangrove dan sistem akan mulai mengambil citra. Kamera raspberry pi diletakkan pada bagian belakang sistem dan LCD diletakkan pada bagian depan sistem. Rangkaian perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Perangkat Keras

3.1.2 Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak meliputi implementasi sistem pada raspberry pi dan implementasi sistem pada proses *convolutional neural network* (CNN). Implementasi sistem pada raspberry pi berisi kode program untuk mengendalikan perangkat keras dan koneksi pada modul kamera raspberry pi dan LCD. Pembacaan citra akan dikirim oleh modul kamera raspberry pi ke raspberry pi yang sudah ditanamkan model *convolutional neural network* (CNN) terhubung dengan LCD untuk menampilkan hasil identifikasi jenis mangrove. Rangkaian kode program dalam implementasi sistem pada raspberry pi terdiri dari kode program koneksi modul kamera raspberry pi dan LCD.

Implementasi sistem identifikasi jenis mangrove menggunakan metode *convolutional neural network* (CNN). Sistem ini berisi kode program untuk inisialisasi pustaka dan dataset, augmentasi data, pembangunan model CNN, proses pelatihan dan validasi data, evaluasi performa model, dan penyimpanan hasil model.









3.2 Pengujian Sistem











Tahap pengujian sistem dilakukan setelah implementasi sistem selesai dan ditahap ini juga memastikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik. Pengujian sistem dilakukan untuk melihat kinerja metode *convolutional neural network* (CNN) dalam mengidentifikasi jenis tanaman mangrove menggunakan citra daun. Tahap pengujian sistem ini mencakup pengujian sistem identifikasi jenis mangrove tanpa kamera raspberry pi dengan metode *convolutional neural network* (CNN) dan pengujian sistem identifikasi menggunakan kamera raspberry pi dengan metode *convolutional neural network* (CNN).

3.2.1 Pengujian Sistem Identifikasi Jenis Tanaman Mangrove Tanpa Kamera Raspberry Pi dengan Metode Convolutional Neural Network (CNN)

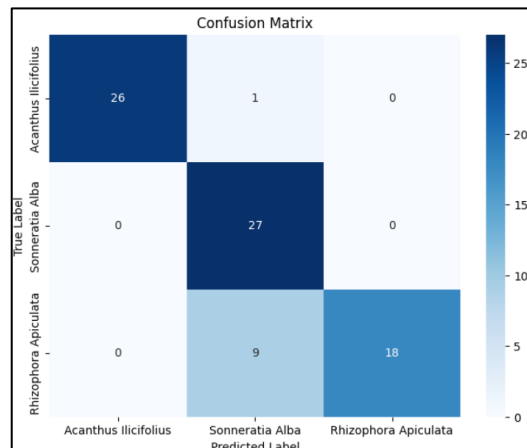
Pengujian sistem klasifikasi jenis mangrove tanpa kamera raspberry pi dilakukan untuk mengevaluasi kinerja model CNN sebelum ditanamkan ke perangkat keras. Proses pengujian dilakukan dengan mengupload data uji ke model CNN yang sudah dilatih sebanyak 81 gambar yang terdiri dari 3 kelas yaitu *Acanthus Illicifolius*, *Rhizophora Apiculata*, dan *Sonneratia Alba*. Hasil pengujian sistem identifikasi jenis mangrove tanpa kamera raspberry pi berhasil mengidentifikasi citra daun menjadi 3 kelas yaitu *Acanthus Illicifolius*, *Rhizophora Apiculata*, dan *Sonneratia Alba*. Hasil identifikasi akan dibandingkan dengan kelas sebenarnya untuk menghasilkan evaluasi berupa *confusion matrix* dan *classification report* yang mencakup nilai akurasi, presisi, recall, dan F1-score. Hasil pengujian tanpa kamera Raspberry Pi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tanpa Kamera Raspberry Pi

No	Data Uji	Kelas Sebenarnya	Pengujian	Hasil
1		Rhizophora Apiculata	1/1  0s 76ms/step rhizophora_apiculata24.jpg → Sonneratia Alba (74.50%)	Salah
2		Rhizophora Apiculata	1/1  0s 72ms/step rhizophora_apiculata26.jpg → Rhizophora Apiculata (67.35%)	Benar
3		Rhizophora Apiculata	1/1  0s 80ms/step rhizophora_apiculata11.jpg → Rhizophora Apiculata (92.92%)	Benar
4		Achantus Illicifolius	1/1  0s 83ms/step acanthus_illicifolius6.jpg → Sonneratia Alba (54.16%)	Salah

No	Data Uji	Kelas Sebenarnya	Pengujian	Hasil
5		Acanthus Ilicifolius	1/1  0s 137ms/step acanthus_ilicifolius23.jpg → Acanthus Ilicifolius (99.97%)	Benar
6		Acanthus Ilicifolius	1/1  0s 113ms/step acanthus_ilicifolius27.jpg → Acanthus Ilicifolius (90.81%)	Benar
7		Sonneratia Alba	1/1  0s 75ms/step sonneratia_alba13.jpg → Sonneratia Alba (100.00%)	Benar
8		Sonneratia Alba	1/1  0s 72ms/step sonneratia_alba9.jpg → Sonneratia Alba (100.00%)	Benar
9		Sonneratia Alba	1/1  0s 71ms/step sonneratia_alba20.jpg → Sonneratia Alba (98.78%)	Benar

Hasil keseluruhan pengujian akan dirangkum dalam *confusion matrix* dan *classification report* yang mencakup nilai akurasi, presisi, recall, serta F1-score. Hal ini bertujuan untuk menilai performa model secara menyeluruh dan objektif berdasarkan data uji. *Confusion Matrix* dan *Classification Report* pengujian tanpa kamera raspberry pi dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Confusion Matrix pengujian tanpa kamera Raspberry Pi

	precision	recall	f1-score	support
Acanthus Illicifolius	1.00	0.96	0.98	27
Sonneratia Alba	0.73	1.00	0.84	27
Rhizophora Apiculata	1.00	0.67	0.80	27
accuracy			0.88	81
macro avg	0.91	0.88	0.87	81
weighted avg	0.91	0.88	0.87	81
















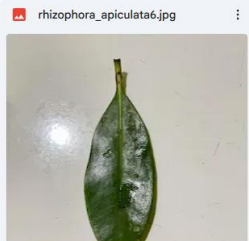


Gambar 5. Classification Report pengujian tanpa kamera Raspberry Pi

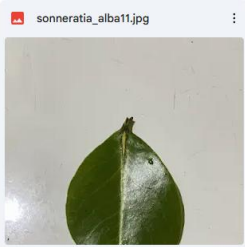

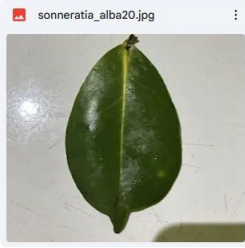

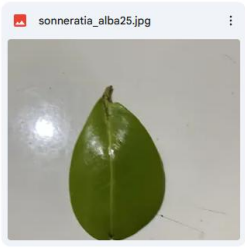
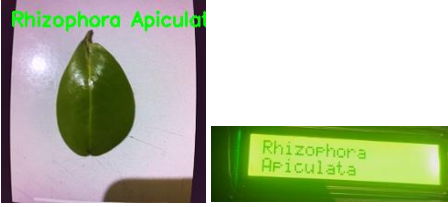
Berdasarkan *confusion matrix* dan *classification report* tersebut, dapat diketahui hasil pengujian sistem identifikasi jenis mangrove tanpa kamera Raspberry Pi berhasil mengidentifikasi citra daun menjadi 3 kelas yaitu *Acanthus Illicifolius*, *Rhizophora Apiculata*, dan *Sonneratia Alba*. Dari total 81 data uji, model berhasil mengidentifikasi dengan benar sebanyak 71 data uji, sementara 10 data uji lainnya mengalami kesalahan sehingga mendapatkan akurasi sebesar 88% untuk pengujian sistem tanpa menggunakan kamera Raspberry Pi.

3.2.2 Pengujian Sistem Identifikasi Jenis Tanaman Mangrove Menggunakan Kamera Raspberry Pi dengan Metode *Convolutional Neural Network* (CNN)

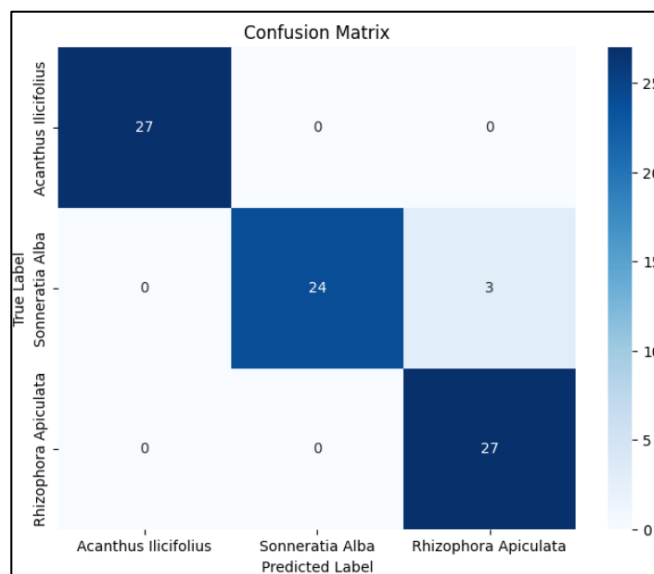
Pengujian sistem identifikasi jenis mangrove menggunakan kamera raspberry pi dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam mengidentifikasi citra daun diperangkat portabel. Sistem ini telah dibangun dengan menggunakan metode *convolutional neural network* (CNN) yang sudah diintegrasikan ke dalam perangkat keras raspberry pi beserta modul kamera raspberry pi dan LCD. Pada proses pengujian sistem ini, digunakan data uji sebanyak 81 data yang sudah terbagi menjadi 3 kelas yaitu *Acanthus Illicifolius*, *Rhizophora Apiculata*, dan *Sonneratia Alba*. Saat proses pengujian, kamera raspberry pi bisa menangkap citra secara langsung dari lingkungan sekitar, baik berupa daun mangrove maupun objek lain yang bukan daun mangrove. Citra yang ditangkap oleh kamera Raspberry Pi akan diproses oleh model CNN untuk menentukan kelasnya. Jika citra yang ditangkap termasuk kedalam salah satu kelas jenis mangrove yang sudah dilatih pada CNN, maka pada LCD akan menampilkan jenis salah satu mangrove tersebut. Sebaliknya, jika yang ditangkap oleh kamera Raspberry Pi adalah bukan dari salah satu kelas jenis mangrove, maka informasi yang di tampilkan pada LCD adalah tidak dikenali. Hasil pengujian dapat di lihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Menggunakan Kamera Raspberry Pi

No	Data Uji	Kelas Sebenarnya	Hasil Pengujian	Status
1		Acanthus Ilicifolius	 	Benar
2		Acanthus Ilicifolius	 	Benar
3		Acanthus Ilicifolius	 	Benar
4		Rhizophora Apiculata	 	Benar
5		Rhizophora Apiculata	 	Benar
6		Rhizophora Apiculata	 	Benar

No	Data Uji	Kelas Sebenarnya	Hasil Pengujian	Status
7		Sonneratia Alba		Benar
8		Sonneratia Alba		Salah
9		Sonneratia Alba		Salah

Hasil keseluruhan pengujian akan dirangkum dalam *confusion matrix* dan *classification report* yang mencakup nilai akurasi, presisi, recall, serta F1-score. Hal ini bertujuan untuk menilai performa model secara menyeluruh dan objektif berdasarkan data uji. *Confusion Matrix* dan *Classification Report* hasil pengujian menggunakan kamera Raspberry Pi dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Confusion Matrix pengujian menggunakan kamera Raspberry Pi

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
Acanthus Ilicifolius	1.00	1.00	1.00	27
Sonneratia Alba	1.00	0.89	0.94	27
Rhizophora Apiculata	0.90	1.00	0.95	27
accuracy			0.96	81
macro avg	0.97	0.96	0.96	81
weighted avg	0.97	0.96	0.96	81

Gambar 7. Classification Report pengujian menggunakan kamera Raspberry Pi

Berdasarkan confusion matrix dan classification report tersebut, Sistem identifikasi jenis mangrove menggunakan kamera Raspberry Pi dengan metode CNN berhasil mengidentifikasi citra daun menjadi 3 kelas yaitu *Acanthus Ilicifolius*, *Rhizophora Apiculata*, dan *Sonneratia Alba*. Dari total 81 data uji, sistem berhasil mengidentifikasi citra dengan benar sebanyak 78 data uji, dan 3 data uji lainnya mengalami kesalahan sehingga didapat akurasi sebesar 96% untuk pengujian sistem menggunakan kamera Raspberry Pi.

3.3 Pembahasan

Pengujian sistem identifikasi jenis mangrove dilakukan dalam dua skenario, yaitu tanpa menggunakan kamera Raspberry Pi dan dengan menggunakan kamera Raspberry Pi. Tujuan dari kedua pengujian ini adalah untuk mengevaluasi performa model CNN baik dalam lingkungan uji terkontrol maupun saat diimplementasikan pada perangkat keras portabel. Pada pengujian pertama, sistem diuji tanpa kamera Raspberry Pi dengan cara mengunggah data uji ke model CNN. Dari total 81 data uji, model berhasil mengidentifikasi dengan benar sebanyak 71 data uji dan 10 data uji lainnya mengalami kesalahan sehingga mendapatkan akurasi sebesar 88%. Sedangkan pada pengujian kedua dilakukan dengan menggunakan kamera Raspberry Pi yang terintegrasi dengan perangkat keras dan LCD. Pada skenario ini, sistem diuji menggunakan citra uji yang ditangkap langsung oleh kamera dari lingkungan sekitar. Dari total 81 data uji, sistem berhasil mengidentifikasi citra dengan benar sebanyak 78 data uji, dan 3 data uji lainnya mengalami kesalahan sehingga didapat akurasi sebesar 96%. Peningkatan akurasi sebesar 8% dibandingkan pengujian tanpa kamera menunjukkan bahwa integrasi dengan Raspberry Pi mampu meningkatkan kinerja sistem, khususnya dalam menangani citra nyata yang ditangkap secara langsung.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode *convolutional neural network* (CNN) pada sistem identifikasi jenis tumbuhan mangrove telah berhasil menunjukkan performa yang baik. Sistem ini mampu mengekstraksi fitur visual secara otomatis dari gambar daun mangrove melalui *convolutional layer*, *pooling*, dan *fully connected layer* yang mengidentifikasi karakteristik morfologi daun seperti bentuk, tekstur, dan pola. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengidentifikasi 3 kelas mangrove yaitu *Acanthus Ilicifolius*, *Rhizophora Apiculata*, dan *Sonneratia Alba* dengan peningkatan performa yang signifikan antara dua skenario pengujian yang dilakukan. Pengujian pertama tanpa menggunakan kamera Raspberry Pi mencapai akurasi sebesar 88% dengan 71 dari 81 data uji berhasil diidentifikasi secara benar, sedangkan pengujian kedua menggunakan kamera Raspberry Pi menunjukkan peningkatan akurasi yang signifikan mencapai 96% dengan 78 data uji berhasil diidentifikasi secara benar. Peningkatan akurasi sebesar 8% pada perangkat keras membuktikan bahwa optimasi sistem untuk kondisi real-time, variasi pencahayaan, dan *preprocessing* citra pada perangkat keras memberikan dampak yang signifikan. Sistem dapat beroperasi secara portabel dalam waktu real-time tanpa memerlukan koneksi internet, sehingga menjadi solusi untuk identifikasi mangrove secara mudah di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Khairunnisa, E. Thamrin, and H. Prayogo, "Keanekaragaman Jenis Vegetasi Mangrove Di Desa Dusun Besar Kecamatan Pulau Maya Kabupaten Kayong Utara (Species Diversity of Mangrove Vegetation in Dusun Besar Village Pulau Maya District, Kayong Utara Regency)," 2020.
- [2] M. Hafidz, N. Rachman, H. Sabri Ubaid, and V. Sanria, "Computer Based Information System Journal Sistem Pengenal Jenis Tumbuhan Melalui Daun Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network," *CBIS JOURNAL*, vol. 12, no. 02, 2024, [Online]. Available: <http://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/cbis>
<http://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/cbis>
- [3] J. Wijaya, S. Putra Sutra, P. Wahyu Kosasih, and P. Sirait, "Implementasi Convolutional Neural Network Untuk Identifikasi Jenis Tanaman Melalui Daun," *Julyxxxx*, vol. 21, pp. 1–5, 2020.
- [4] S. H. Wardani, T. Rismawan, and S. Bahri, "Aplikasi Klasifikasi Jenis Tumbuhan Mangrove Berdasarkan Karakteristik Morfologi Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor (KNN) Berbasis Web," 2016.
- [5] W. A. Timisela, G. Mardiatmoko, and F. Puturu, "Analisa Jenis Mangrove Menggunakan Citra UAV Dengan Klasifikasi OBIA," vol. 4, no. 2, pp. 132–149, Oct. 2020, doi: 10.30598/jhpk.2020.4.2.132.
- [6] I. Ariawan, A. A. Rosalia, L. Anzani, W. A. Arifin, L. O. A. Minsaris, and L. Lukman, "IDENTIFIKASI SPESIES MANGROVE MENGGUNAKAN ALGORITME RANDOM FOREST," *Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime*, vol. 2, no. 2, pp. 118–128, Dec. 2021, doi: 10.17509/ijom.v2i2.33920.
- [7] S. Ahmad Wisak *et al.*, "IDENTIFIKASI JENIS MANGGA BERDASARKAN CIRI DAUN MENGGUNAKAN METODE CNN," *Jurnal Sistem Informasi dan Informatika (Simika) P-ISSN*, vol. 7, no. 2, pp. 2622–6901, 2024.
- [8] K. Anam, A. Saleh, and Haryono, "Autentikasi Daun Herbal Menggunakan Convolutional Neural Network dan Raspberry Pi (Authentication of Herbal Leaves Using Convolutional Neural Network and Raspberry Pi)," 2020.
- [9] F. M. Nadiem, D. P. Ibnugraha, and P. A. Kurniawan, "Pengendali Raspberry Pi Jarak Jauh Menggunakan Protokol Mqtt Berbasis Web," 2023.
- [10] F. Pridiatama and M. Agustin, "Rancang Bangun Smart Bathroom Berbasis Raspberry Pi," 2021.
- [11] R. Ardiansyah, Ferdiansyah, and I. Susanti, "Implementasi Sensor Infrared Dan Kamera Untuk Sistem Pengaman Site BTS Via Telegram Berbasis Raspberry Pi 3," 2021.
- [12] S. Mindasari, M. As'ad, and D. Meilantika, "Sistem Keamanan Kotak Amal di Musala Sabilul Khasanah Berbasis Arduino UNO," *Jurnal Teknik Informatika Mahakarya(JTIM)*, Dec. 2022.
- [13] D. Iskandar Mulyana, M. Ainur Rofik, and M. Ohan Zoharuddin Zakaria, "Klasifikasi Kendaraan pada Jalan Raya menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN)," 2022.
- [14] R. S. Budiawan and B. Hartono, "Pengembangan Sistem Pendeteksi Jenis Sayuran dengan Metode CNN Berbasis Android," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 5, no. 1, p. 62, Mar. 2023, doi: 10.36499/jinrpl.v5i1.7833.
- [15] S. Dewi, F. Ramadhani, and S. Djasmayena, "Klasifikasi Jenis Jerawat Berdasarkan Gambar Menggunakan Algoritma CNN (Convolutional Neural Network)," *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 2, pp. 68–73, Jul. 2024, doi: 10.56211/helloworld.v3i2.518.