

SISTEM CERDAS KLASIFIKASI PENYAKIT DAUN SALAK MENGGUNAKAN TRANSFER LEARNING MOBILENETV2

Syiva Cahyaningrum^{1*}, Hidayatus Sibyan², Rina Mahmudati³

^{1,2,3}Universitas Sains Al-Qur'an, Jl. K.H Hasyim Asy'ari Km. 3 Kalibeer, Mojotengah, Wonosobo;
Telp. 0286 321873/fax 0286 321873

Keywords:

citra daun; klasifikasi;
MobileNetV2; penyakit daun
salak; transfer learning.

Correspondent Email:

syivacahya10@gmail.com

Abstrak. Penyakit daun salak dapat menurunkan kualitas dan produktivitas hasil panen. Proses identifikasi penyakit yang masih dilakukan secara manual oleh petani memiliki keterbatasan dalam ketepatan dan kecepatan identifikasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem cerdas yang mampu mengklasifikasikan penyakit daun salak menggunakan metode *Transfer Learning* dengan arsitektur *MobileNetV2* berdasarkan citra daun salak. Dataset yang digunakan terdiri dari empat kelas, yaitu daun sehat, bercak coklat, bercak hijau keabuan, dan karat daun, dengan total 880 citra daun salak. Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu preprocessing data, augmentasi citra menggunakan *rotation* dan *zoom*, pembagian dataset menjadi data *training*, *validation*, dan *testing*, pelatihan model menggunakan *MobileNetV2*, serta evaluasi menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model *MobileNetV2* mampu mengklasifikasikan penyakit daun salak dengan baik, dengan nilai *training accuracy* sebesar 98,15% serta *validation accuracy* dan *test accuracy* sebesar 96,59%. Selain itu, model yang telah dilatih berhasil diimplementasikan ke dalam aplikasi *mobile* Jaga Salak menggunakan *TensorFlow Lite* (.tflite). Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, metode *Transfer Learning MobileNetV2* terbukti efektif dalam mengklasifikasikan penyakit daun salak dan dapat membantu pengguna dalam melakukan deteksi penyakit daun salak secara lebih cepat dan praktis.



Copyright © JPI (Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung).

Abstract. Salak leaf diseases can reduce crop quality and productivity. The process of identifying leaf diseases, which is still carried out manually by farmers, has limitations in terms of accuracy and speed. Therefore, this study aims to develop an intelligent system capable of classifying salak leaf diseases using the *Transfer Learning* method with the *MobileNetV2* architecture based on salak leaf images. The dataset used consisted of four classes, namely healthy leaves, brown spot, gray-green leaf spot, and leaf rust, with a total of 880 salak leaf images. The research process involved several stages, including data preprocessing, image augmentation using *rotation* and *zoom*, dataset splitting into *training*, *validation*, and *testing* sets, model training using *MobileNetV2*, and evaluation using *accuracy*, *precision*, *recall*, and *F1-score* metrics. The experimental results showed that the *MobileNetV2* model was able to classify salak leaf diseases effectively, achieving a *training accuracy* of 98.15%, as well as *validation* and *test accuracies* of 96.59%. Furthermore, the trained model was successfully implemented into the Android-based Jaga Salak application using *TensorFlow Lite* (.tflite). Based on the results obtained, the *Transfer Learning MobileNetV2* method proved to be effective for salak leaf disease classification and can assist users in detecting salak leaf diseases more quickly and practically.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia di era modern ini. Kemajuan teknologi yang pesat telah memberikan dampak signifikan dalam berbagai bidang khususnya bidang pertanian. Dalam bidang pertanian, penerapan teknologi Artificial Intelligence (AI) mulai banyak dimanfaatkan untuk membantu petani dalam meningkatkan hasil produksi dan mengatasi berbagai permasalahan, salah satu penerapan teknologi tersebut adalah deteksi penyakit tanaman. Permasalahan ini juga terjadi pada tanaman salak (*Salacca zalacca*), yang merupakan salah satu komoditas hortikultura penting di Indonesia. Salak dikonsumsi sebagai buah segar maupun diolah menjadi produk seperti selai, keripik, manisan, hingga sirup, sehingga memiliki nilai ekonomi tinggi dan menjadi sumber pendapatan utama bagi petani skala kecil dan menengah [1]. Buah salak memiliki banyak kandungan nutrisi dan juga mengandung komponen fitokimia yang dapat berperan sebagai antioksidan dalam menangkal radikal bebas, komponen fitokimia ini terdiri dari vitamin C, likopen, beta karoten, dan fenolik [2].

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi salak nasional pada tahun 2025 mencapai sekitar 12.250.884,20 kuintal, yang menunjukkan bahwa salak merupakan salah satu komoditas hortikultura penting di Indonesia dengan nilai ekonomi yang tinggi [3]. Di tingkat daerah, Kabupaten Wonosobo tercatat sebagai salah satu wilayah penghasil salak, pada tahun 2025 produksi salak mencapai 1,933,128.48 kuintal berdasarkan data Kabupaten Wonosobo Dalam Angka [4] menunjukkan bahwa salak merupakan salah satu komoditas hortikultura unggulan di Kabupaten Wonosobo dan memiliki peran penting dalam mendukung perekonomian masyarakat, khususnya petani lokal.

Budidaya salak seringkali mengalami penurunan kualitas dan hasil akibat serangan penyakit pada tanaman salak dengan persentase serangan penyakit yang berkisar 0-60% [5]. Daun merupakan organ utama tanaman yang berperan penting dalam proses fotosintesis, yaitu proses di mana tanaman menggunakan energi matahari untuk menghasilkan makanan. Daun juga berperan dalam pertukaran gas, seperti mengambil karbon dioksida dan

melepaskan oksigen [6].

Berdasarkan hasil wawancara dengan petani, pihak Balai Penyuluhan Pertanian (BPP), dan Laboratorium Perlindungan Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan (LPHP) diketahui bahwa penyakit pada daun salak merupakan permasalahan yang sering terjadi dan berpengaruh terhadap hasil panen. Petani di wilayah Sukoharjo umumnya menyebut penyakit tersebut sebagai penyakit blorok atau bercak daun, tanaman yang terserang penyakit daun mengalami gangguan pada pertumbuhan dan perkembangan, di mana bunga yang muncul sering kali tidak dapat berkembang secara optimal sehingga proses pembentukan buah menjadi terhambat, meskipun pada beberapa kondisi tanaman masih dapat menghasilkan buah, pertumbuhannya cenderung lambat, ukuran buah relatif lebih kecil, serta kualitas rasa menjadi kurang manis. Selain itu, kondisi tanaman juga terlihat kurang subur dengan pertumbuhan yang tidak optimal. Hal ini menunjukkan bahwa kesehatan daun merupakan faktor penting dalam menentukan produktivitas tanaman. Pada tanaman salak, salah satu penyakit yang umum terjadi adalah penyakit bercak daun yang disebabkan oleh patogen jamur seperti *Pestalotia sp.* Penyakit ini memiliki tingkat serangan yang cukup tinggi, yaitu mencapai 42–54% dari populasi daun [1].

Tingginya tingkat kerusakan pada daun menjadikan organ ini sebagai indikator utama dalam menilai kesehatan tanaman salak. Oleh karena itu, deteksi dini terhadap penyakit pada daun menjadi langkah penting dalam menjaga produktivitas dan kualitas hasil tanaman. Berdasarkan hasil identifikasi di laboratorium pada tanggal 24 April 2026 dan observasi lapangan, penyakit daun salak dapat diklasifikasikan menjadi empat kategori, yaitu daun sehat serta tiga jenis penyakit, yaitu penyakit bercak daun hijau keabuan, penyakit karat daun yang disebabkan oleh alga *Cephaleuros sp.*, dan penyakit bercak daun akibat jamur *Pestalotia sp.* Perubahan iklim telah memicu peningkatan suhu rata-rata global serta menyebabkan pola curah hujan menjadi semakin tidak teratur [7]. Faktor lingkungan seperti curah hujan tinggi dan kelembaban yang tinggi adalah salah satu faktor yang mendukung perkembangan penyakit ini. Apabila penyakit

pada daun ini tidak terdeteksi dan ditangani sejak dini, maka dapat berkembang menjadi kerusakan yang lebih luas dan menurunkan kesehatan tanaman secara keseluruhan.[8]

Identifikasi penyakit daun tanaman masih banyak dilakukan melalui pengamatan visual langsung oleh petani atau tenaga ahli. Metode ini memiliki beberapa kelemahan, antara lain bersifat subjektif, memerlukan waktu yang relatif lama, serta sangat bergantung pada pengalaman pengamat, sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan dalam proses diagnosis penyakit tanaman [9]. Oleh karena itu, penerapan teknologi dalam deteksi dini penyakit pada daun salak merupakan langkah yang tepat untuk membantu petani dalam mengidentifikasi dan menangani penyakit secara cepat dan tepat. Pengembangan teknolog. klasifikasi berbasis kecerdasan buatan (AI) menjadi fokus penelitian modern. Teknik transfer learning terbukti efektif dalam klasifikasi citra pertanian, khususnya untuk klasifikasi penyakit daun. Dengan menggunakan transfer learning, model dapat dioptimalkan untuk mengenali fitur-fitur yang relevan, seperti tekstur dan warna dari citra daun yang terinfeksi [10]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode Convolutional Neural Network (CNN) mampu memberikan performa yang baik dalam klasifikasi penyakit tanaman. Penelitian yang dilakukan pada klasifikasi penyakit daun cabai, model CNN berhasil memperoleh akurasi sebesar 91% pada data pelatihan dan validasi, sehingga menunjukkan kemampuan CNN dalam mendeteksi penyakit daun secara akurat [11]. Hermanto, Aziz, dan Sudianto [12] membandingkan beberapa arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) dalam klasifikasi gambar, dengan hasil nilai accuracy sebesar 85% untuk arsitektur RestNet50 dan nilai accuracy sebesar 95% untuk arsitektur MobileNetV2, menunjukkan peningkatan performa yang lebih cepat, menunjukan bahwa MobileNetV2 lebih efisien dalam memanfaatkan proses transfer learning dan mampu memberikan hasil yang lebih unggul dari RestNet50. Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode transfer learning menggunakan arsitektur MobileNetV2 dalam melakukan klasifikasi penyakit pada daun salak.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Salak

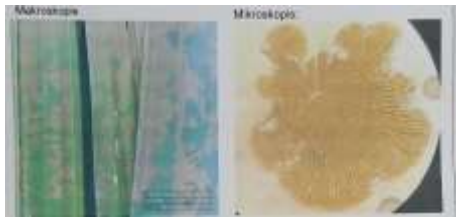
Tanaman Salak (*Salacca Edulis*) adalah jenis tanaman palmae ini mudah tumbuh di daerah tropis seperti Indonesia, sehingga mudah dibudidayakan. Tanaman salak termasuk tanaman yang tidak berbatang sejati, berumah dua, berakar serabut, berbatang keras tetapi tidak mudah rebah. Tanaman ini dapat tumbuh baik pada ketinggian 200 m-700 m di atas permukaan laut, dengan sinar matahari yang cukup 50-70% dan memerlukan adanya tanaman peneduh. Salak merupakan tanaman berumah dua, sehingga dapat diidentifikasi tanaman jantan dan tanaman betina yang ditandai dengan adanya bunga jantan memiliki serbuk sari dan bung betina tempat pembuahan. Tanaman salak dapat diperbanyak secara generative dan vegetative [13].

2.2 Penyakit Daun Salak

Penyakit daun salak merupakan gangguan pada tanaman salak yang disebabkan oleh jamur maupun faktor lingkungan yang dapat menghambat dan menurunkan produktivitas tanaman. Salah satu penyakit daun salak yaitu penyakit bercak daun yang disebabkan oleh patogen jamur seperti *Pestalotia* sp. Penyakit ini memiliki tingkat serangan yang cukup tinggi, yaitu mencapai 42-54% dari populasi daun [1]. Berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium terhadap sampel daun salak ditemukan tiga penyakit yaitu penyakit bercak daun hijau keabuan, penyakit karat daun yang disebabkan oleh alga *Cephaleuros* sp., dan penyakit bercak daun akibat jamur *Pestalotia* sp.



Gambar 1 Hasil Cek Lab penyakit bercak coklat



Gambar 2 hasil cek Lab penyakit Karat daun



Gambar 3 Hasil Lab Penyakit Bercak Hijau keabuan

2.3 Kecerdasan Buatan

Kecerdasan Buatan (AI) adalah cabang ilmu komputer yang bertujuan untuk menciptakan sistem yang dapat melakukan tugas-tugas yang memerlukan kecerdasan manusia. AI merujuk pada kemampuan mesin untuk meniru beberapa aspek dari kecerdasan manusia. Artificial Intelligence mencakup konsep-konsep seperti pembelajaran mesin, pengolahan bahasa alami, pengenalan pola, dan penalaran logis. Pembelajaran mesin, misalnya, adalah cabang utama dari AI yang berkaitan dengan kemampuan mesin untuk belajar dari data dan membuat prediksi atau keputusan berdasarkan pola yang terdeteksi dalam data tersebut [14].

2.4 Deep Learning

Deep Learning bagian dari teknologi yang didalamnya terdapat Artificial Intelligent sebagai kulit luarnya dan machine learning sebagai bagian selanjutnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa Deep learning menjadi cabang dari machine learning yang berfokus pada penggunaan jaringan syaraf tiruan, dengan lapisan yang mendalam (deep layers) untuk memproses, menganalisa dan memahami data yang kompleks. Model ini dirancang untuk meniru cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan berbagai masalah yang berdasarkan data-data yang telah tersimpan [15].

2.5 Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan salah satu arsitektur dalam deep

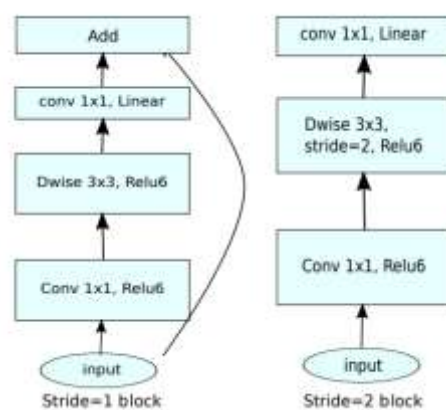
learning yang di rancang khusus untuk mengelola data visual seperti gambar dan video. Pada dasarnya CNN dapat bekerja dengan meniru cara kerja system dari penglihatan manusia yang mampu mengenali bentuk ataupun pola secara bertahap. CNN dapat mengenali dan mengestrak fitur-fitur penting secara otomatis. Proses ini memungkinkan model untuk belajar dari data mentah dan menghasilkan prediksi yang akurat. Keunggulan utama dari Convolutional Neural Network adalah kemampuannya dalam mempelajari fitur secara bertingkat, mulai dari bentuk yang paling sederhana hingga pola yang lebih kompleks [16]



Gambar 4 Tahapan Proses Pada CNN

2.6 MobileNetV2

MobileNetV2 adalah sebuah arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) yang dibuat dengan fokus pada efisiensi, sehingga cocok digunakan pada perangkat dengan sumber daya terbatas, seperti perangkat mobile atau sistem tertanam (embedded system) [17].



Gambar 5 Arsitektur MobileNetV2

2.7 Confusion Matrix

Confusion matrix adalah sebuah tabel yang memberikan informasi perbandingan hasil klasifikasi yang akan dilakukan oleh sistem dengan hasil klasifikasi yang sebenarnya [18] [19].

2.8 Google Colaboratory

Google Colaboratory merupakan platform berbasis cloud yang memungkinkan eksekusi kode Python secara langsung melalui peramban tanpa perlu konfigurasi lokal. Google Colab mendukung berbagai pustaka untuk pengembangan model kecerdasan buatan, seperti TensorFlow, Keras, NumPy, dan Pandas [20].

2.9 TensorFlow

TensorFlow merupakan pustaka open-source untuk mendukung komputasi numerik dan pengembangan model machine learning berskala besar. Pustaka ini menyediakan antarmuka pemrograman yang fleksibel, sehingga memudahkan dalam proses ekstraksi data, pelatihan model, prediksi, hingga penyempurnaan performa model[21].

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan pendekatan deep learning. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6 Tahapan Penelitian

3.1. Rancangan Penelitian

Penelitian yang digunakan adalah penelitian dengan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif digunakan karena penelitian

menggunakan data berupa citra digital yang diolah untuk menghasilkan informasi dalam bentuk angka, tabel, grafik, dan hasil evaluasi model. Penelitian ini dilakukan untuk menguji kemampuan Teknik *transfer learning* menggunakan arsitektur *MobileNetV2* dalam mengklasifikasikan penyakit daun salak berdasarkan citra daun. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pengumpulan dataset citra daun salak, *preprocessing* data, pelatihan model, pengujian model, hingga implementasi model ke dalam aplikasi *mobile*.

3.2. Teknik Pengumpulan Data

Proses pengumpulan dataset citra daun salak yang di gunakan dalam penelitian diperoleh melalui observasi dan pengambilan gambar secara langsung menggunakan *smartphone*. Pengambilan data dilakukan di Desa Sidomulyo, Kecamatan Leksono, serta Desa Mergosari dan Desa Kupangan, Kecamatan Sukoharjo, Kabupaten Wonosobo.

Dataset terdiri dari empat kelas, yaitu penyakit bercak daun hijau keabuan, penyakit karat daun yang disebabkan oleh alga *Cephaleuros* sp., dan penyakit bercak daun akibat jamur *Pestalotia* sp. Selain pengambilan citra secara langsung, penelitian ini juga menggunakan studi literatur dari jurnal, artikel ilmiah, dan data produksi salak dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Wonosobo sebagai pendukung penelitian.



Gambar 7 Dataset Primer

3.3. Data Preprocessing

Tahap Data Preprocessing dilakukan untuk mempersiapkan dataset sebelum digunakan dalam proses pelatihan model. Tahapan yang dilakukan meliputi resize citra, normalisasi data, augmentasi citra, dan pembagian dataset.

3.3.1. *Resize Citra*

Proses *resize* citra dilakukan untuk menyeragamkan ukuran seluruh gambar sebelum masuk ke tahap pelatihan model. Pada penelitian ini, seluruh citra daun salak diubah ukurannya menjadi 224×224 piksel agar sesuai dengan ukuran input yang digunakan oleh arsitektur MobileNetV2.

Proses penyeragaman ukuran citra bertujuan untuk mempermudah proses komputasi, mempercepat pelatihan model, serta menjaga konsistensi data input pada sistem klasifikasi.

3.3.2. *Normalisasi Data*

Nilai piksel citra dinormalisasi ke rentang 0–1 untuk mempermudah proses pelatihan model.

$$x' = \frac{x}{255} \quad (1)$$

Keterangan:

x = nilai piksel awal

x' = nilai piksel hasil normalisasi

3.3.3. *Augmentasi Citra*

Pada tahap augmentasi citra, untuk meningkatkan variasi dataset dan mengurangi risiko overfitting. Augmentasi diterapkan secara real-time pada data training menggunakan ImageDataGenerator, sehingga tidak menghasilkan file citra baru, melainkan membuat variasi citra secara otomatis selama proses pelatihan berlangsung.



Gambar 8 Hasil Augmentasi

3.3.4 *Pembagian Dataset*

Dataset dibagi menjadi data training, data validation, dan data testing, pembagian data dilakukan untuk melatih dan mengevaluasi performa model klasifikasi. Tahap evaluasi dilakukan untuk mengetahui sejauh mana performa model dalam mengklasifikasikan tingkat kesegaran ikan nila berdasarkan citra digital.

3.4. *Modelling*

Pada tahap modelling, peneliti menentukan arsitektur model yang digunakan untuk proses pelatihan klasifikasi penyakit daun salak dengan mempertimbangkan efisiensi dan akurasi model. Pada penelitian ini digunakan metode *Transfer Learning* dengan arsitektur *MobileNetV2* sebagai model utama. Pemilihan *MobileNetV2* didasarkan pada kemampuannya dalam menghasilkan performa klasifikasi yang baik dengan jumlah parameter yang relatif sedikit, sehingga lebih efisien dalam penggunaan memori dan waktu komputasi.

3.5. *Evaluation*

Tahap evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi model terhadap label asli pada data uji. Dalam penelitian ini, Confusion Matrix digunakan sebagai alat utama untuk menganalisis jumlah prediksi yang benar dan salah pada setiap kelas. Dari confusion matrix tersebut, berbagai metrik evaluasi umum yang sering digunakan dalam tugas klasifikasi dapat dihitung untuk menilai kinerja model secara menyeluruh, yaitu Accuracy, Precision, Recall, dan F1-Score. Berikut adalah rumus perhitungan untuk masing-masing metrik tersebut.

a. *Accuracy*

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{True Positive} + \text{True Negative}}{\text{Total Data}} \times 100\% \quad (2)$$

b. *Precision*

$$\text{Precision} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Positive}} \quad (3)$$

c. *Recall*

$$\text{Recall} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Negative}} \quad (4)$$

d. *F1-Score*

$$\text{F1-Score} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (5)$$

3.6. *Deployment*

Tahap *Deployment* dilakukan dengan mengimplementasikan model klasifikasi ke dalam aplikasi berbasis Android. Aplikasi yang dikembangkan memungkinkan pengguna untuk mengambil atau mengunggah citra daun salak, kemudian sistem akan melakukan klasifikasi penyakit daun secara otomatis ke dalam kategori daun sehat, penyakit bercak daun hijau keabuan, penyakit karat daun yang disebabkan oleh alga *Cephaleuros* sp, dan penyakit bercak daun akibat jamur *Pestalotia* sp.

Model hasil pelatihan kemudian dikonversi ke format TensorFlow Lite (.tflite) agar dapat dijalankan pada perangkat Android dengan performa yang lebih ringan dan efisien. Implementasi aplikasi berbasis Android diharapkan dapat membantu petani maupun pengguna umum dalam melakukan deteksi dini penyakit daun salak secara lebih cepat, praktis, dan efisien. Selain itu, penggunaan aplikasi mobile memudahkan proses klasifikasi karena dapat digunakan secara langsung melalui smartphone.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Metode Pengujian

Pengujian dalam penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem klasifikasi penyakit daun salak menggunakan *transfer learning* dengan arsitektur *MobileNetV2*. Pengujian dilakukan dalam mengklasifikasikan penyakit daun salak ke dalam empat kelas, sehat dan tiga penyakit daun. Proses pengujian dilakukan secara eksperimental menggunakan dataset citra daun salak yang diperoleh melalui dokumentasi pribadi peneliti di wilayah Wonosobo. Pada tahap ini, seluruh citra daun salak dilakukan proses *resize* menjadi ukuran 224×224 piksel dan normalisasi nilai piksel sebelum diproses oleh model *MobileNetV2*.

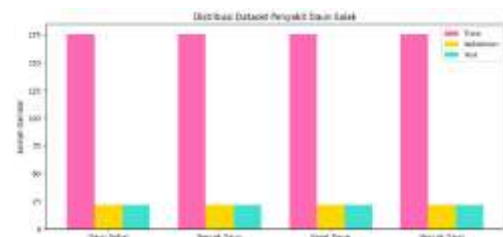
Selain itu, dilakukan proses augmentasi citra menggunakan beberapa teknik, seperti rotasi (*rotation*), pembalikan gambar (*flipping*), penyesuaian *brightness*, dan penambahan *noise* untuk meningkatkan variasi dataset dan mengurangi risiko *overfitting*. Dataset kemudian dibagi menjadi data *training*, *validation*, dan *testing* dengan perbandingan 80:10:10.

Model *MobileNetV2* dilatih menggunakan dataset yang telah diproses, kemudian dilakukan evaluasi performa model menggunakan metrik *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-Score*. Selain itu, digunakan *Confusion Matrix* untuk melihat distribusi hasil prediksi model pada masing-masing kelas penyakit daun salak.

4.1.1 Pembagian Dataset

Dalam penelitian ini, dataset dibagi menjadi tiga yaitu data train, validation, dan test untuk memastikan pelatihan dan pengujian model berjalan objektif dan sistematis. Data training digunakan untuk melatih model dalam

mengenali pola penyakit daun salak, sedangkan data validation memantau performa model selama proses pelatihan serta mengurangi *overfitting*. Setelah proses pelatihan selesai, data testing digunakan untuk mengevaluasi performa akhir model menggunakan data yang belum pernah dikenali sebelumnya sehingga dapat memberikan gambaran kemampuan model terhadap data baru. Pembagian dataset dilakukan menggunakan skema 80:10:10, yaitu 80% data training, 10% data validation, dan 10% data testing. Dataset yang digunakan merupakan dataset citra daun salak hasil dokumentasi pribadi peneliti yang terdiri dari empat kelas penyakit daun, yaitu daun sehat, penyakit bercak daun hijau keabuan, penyakit karat daun yang disebabkan oleh alga *Cephaleuros sp*, dan penyakit bercak daun akibat jamur *Pestalotia sp*. Pembagian dataset ini bertujuan untuk memberikan evaluasi yang lebih optimal terhadap performa model *MobileNetV2* dalam melakukan klasifikasi penyakit daun salak berdasarkan citra daun.



Gambar 9 Grafik Jumlah per kategori

Gambar 9, memperlihatkan grafik distribusi jumlah citra pada masing-masing kategori penyakit daun salak dalam pembagian data 80:10:10. Grafik tersebut menunjukkan bahwa keempat kelas, yaitu daun sehat, bercak daun hijau keabuan, karat daun (*Cephaleuros sp*), dan bercak daun (*Pestalotia sp*) terdistribusi secara proporsional pada subset training, validation, dan testing. Keseimbangan data pada setiap kelas sangat penting untuk mengurangi risiko bias model.

4.1.2 Pengujian dan Evaluasi Model

Pengujian dilakukan pada data testing yang terpisah dari data training dan validation untuk mengukur kemampuan model dalam mengklasifikasi citra daun salak yang belum dikenali sebelumnya, proses pengujian bertujuan untuk mengetahui performa model dalam membedakan penyakit daun salak.

4.2. Hasil Pengujian

Pada bagian ini disajikan hasil pengujian dari penerapan metode *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur *MobileNetV2* dan teknik *Transfer Learning* pada dataset citra daun salak. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-Score* untuk mengetahui performa model dalam mengklasifikasikan penyakit daun salak ke dalam empat kelas, yaitu daun sehat, bercak daun hijau keabuan, karat daun (*Cephaleuros sp*), dan bercak daun (*Pestalotia sp*).

4.2.1 Akurasi, Precision, Recall, F1-Score

Pengujian model dilakukan untuk mengevaluasi seberapa baik model *Transfer Learning* dengan arsitektur *MobileNetV2* mampu mengklasifikasikan citra daun salak kedalam empat kategori penyakit daun, yaitu daun sehat, bercak daun hijau keabuan, karat daun (*Cephaleuros sp*), dan bercak daun (*Pestalotia sp*). Evaluasi dilakukan menggunakan beberapa metrik utama, yaitu *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-Score*. Masing-masing metrik dihitung berdasarkan prediksi model terhadap data training, validation, dan testing yang telah di bagi dengan perbandingan 80:10:10.

	precision	recall	f1-score	support
bercak_coklat	0.95	0.95	0.95	22
bercak_hijau_keabuan	1.00	0.91	0.95	22
karat_daun	0.96	1.00	0.98	22
sehat	0.96	1.00	0.98	22
accuracy			0.97	88
macro avg	0.97	0.97	0.97	88
weighted avg	0.97	0.97	0.97	88

Gambar 10 Hasil Classification Report

Berdasarkan hasil *classification report*, model *Transfer Learning* dengan arsitektur *MobileNetV2* menunjukkan performa klasifikasi yang sangat baik pada seluruh kelas penyakit daun salak. Model berhasil memperoleh nilai *accuracy* sebesar 97%, yang menunjukkan bahwa sebagian besar citra daun salak berhasil diklasifikasikan dengan benar. Pada kelas daun sehat diperoleh *f1-score* sebesar 0,98, bercak hijau keabuan sebesar 0,95, karat daun sebesar 0,98 dan bercak coklat sebesar 0,95. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model mampu mengenali karakteristik visual masing-masing penyakit daun dengan baik. Selain itu, nilai *precision*, *recall*, dan *f1-*

score yang relatif seimbang menunjukkan bahwa model memiliki performa yang stabil dan tidak mengalami bias terhadap salah satu kelas tertentu.

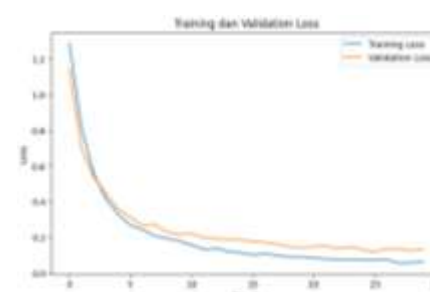
4.2.2 Analisis Berdasarkan Kelas

Analisis berdasarkan kelas penyakit bertujuan untuk mengevaluasi kinerja model masing-masing kelas yaitu daun sehat, bercak daun hijau keabuan, karat daun (*Cephaleuros sp*), dan bercak daun (*Pestalotia sp*).



Gambar 11 Training dan validation accuracy

Berdasarkan Gambar 11, nilai training accuracy dan validation accuracy mengalami peningkatan yang signifikan pada epoch awal, kemudian cenderung stabil hingga akhir proses pelatihan. Nilai training accuracy mencapai sekitar 98,15%, sedangkan validation accuracy mencapai 96,59% pada epoch ke-30. Selisih antara kedua kurva relatif kecil sehingga menunjukkan bahwa model mampu melakukan generalisasi dengan baik terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Hasil ini mengindikasikan bahwa model *MobileNetV2* yang digunakan memiliki kemampuan klasifikasi yang baik tanpa mengalami overfitting yang signifikan.



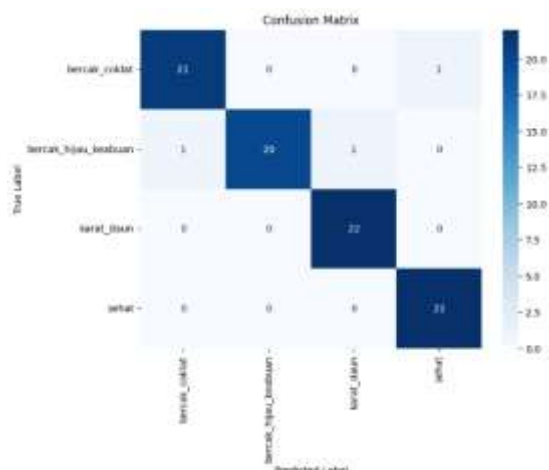
Gambar 12 Training dan Validation Loss

Berdasarkan Gambar 12, nilai training loss dan validation loss mengalami penurunan secara konsisten selama proses pelatihan. Nilai training loss menurun hingga mencapai sekitar

0,06, sedangkan validation loss mencapai sekitar 0,15 pada akhir pelatihan. Kurva validation loss tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan sehingga mengindikasikan bahwa model mampu mempelajari pola data dengan baik. Penurunan nilai loss yang stabil menunjukkan bahwa proses pelatihan berjalan efektif dan model memiliki performa yang baik dalam mengklasifikasikan penyakit daun salak.

4.2.3 Confusion Matrix

Confusion Matrix digunakan untuk mengevaluasi performa model dalam mengklasifikasikan penyakit daun salak berdasarkan hasil prediksi terhadap data uji. Melalui *Confusion Matrix*, dapat diketahui jumlah prediksi yang benar maupun kesalahan klasifikasi pada masing-masing kelas penyakit daun salak. Hasil *Confusion Matrix* menunjukkan bahwa sebagian besar citra berhasil diklasifikasikan dengan benar pada kelas daun sehat, bercak daun hijau keabuan, karat daun (*Cephaleuros sp*), dan bercak coklat (*Pestalotia sp*). Nilai prediksi yang berada pada diagonal utama matriks menunjukkan jumlah klasifikasi yang sesuai dengan label sebenarnya



Gambar 13 Confusion Matrix

Berdasarkan hasil confusion matrix pada Gambar 13, model mampu mengklasifikasikan sebagian besar data uji dengan benar. Pada kelas bercak coklat, sebanyak 21 dari 22 citra berhasil diklasifikasikan dengan benar, sedangkan 1 citra salah diklasifikasikan sebagai daun sehat. Pada kelas bercak hijau keabuan, sebanyak 20 dari 22 citra berhasil dikenali dengan benar, sementara masing-masing 1 citra salah diklasifikasikan sebagai bercak coklat dan

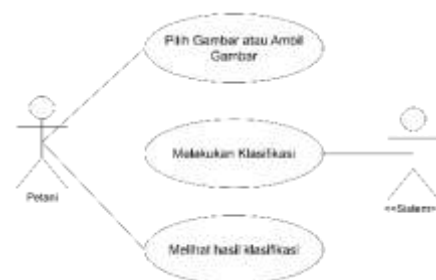
karat daun. Kelas karat daun dan daun sehat menunjukkan performa terbaik, dimana seluruh data uji sebanyak 22 citra pada masing-masing kelas berhasil diklasifikasikan dengan benar tanpa kesalahan.

Secara keseluruhan, nilai yang berada pada diagonal utama confusion matrix lebih dominan dibandingkan nilai di luar diagonal, yang menunjukkan bahwa model MobileNetV2 memiliki kemampuan klasifikasi yang baik dalam membedakan empat kelas penyakit daun salak. Hasil ini juga didukung oleh nilai akurasi pengujian sebesar 96,59%, sehingga model dinilai mampu melakukan klasifikasi penyakit daun salak dengan tingkat ketepatan yang tinggi.

4.2.4 Tampilan Sistem Aplikasi

Tahap implementasi sistem dilakukan dengan mengintegrasikan model *Transfer Learning* menggunakan arsitektur MobileNetV2 ke dalam aplikasi berbasis Android. Aplikasi dirancang untuk mempermudah pengguna dalam melakukan klasifikasi penyakit daun salak secara otomatis melalui smartphone.

Use case yang telah dirancang kemudian diimplementasikan ke dalam aplikasi Jaga Salak. Implementasi tersebut meliputi proses memilih gambar, mengambil gambar, melakukan klasifikasi, dan menampilkan hasil klasifikasi penyakit daun salak. Tampilan implementasi use case dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 14 Tampilan Use Case

Berikut adalah tampilan sistem aplikasinya:



Gambar 15 Tampilan halaman Splash Screen.

Pada Gambar 15, saat aplikasi dijalankan system menampilkan halaman Splash Screen. Tampilan ini berfungsi sebagai halaman pembuka aplikasi yang menampilkan logo atau identitas aplikasi klasifikasi penyakit daun salak sebelum pengguna masuk ke halaman utama.



Gambar 16 halaman utama aplikasi atau dashboard

Pada Gambar 16, ini adalah halaman utama aplikasi atau dashboard, di halaman ini pengguna dapat memilih gambar daun salak dari galeri atau mengambil gambar secara langsung menggunakan kamera smartphone.



Gambar 17 tampilan ketika pengguna sudah mengirim atau memilih gambar daun salak

Gambar 17. Ini adalah tampilan ketika pengguna sudah mengirim atau memilih gambar daun salak, setelah itu pengguna dapat melakukan klasifikasi penyakit daun salak dengan menekan tombol cek daun.



Gambar 18 Halaman Hasil Penyakit Daun

Pada Gambar 18, Hasil klasifikasi penyakit daun salak berhasil, nanti pengguna dapat melihat nama penyakit, penyebab, gejala, pencegahan, penanganan, pembasmian, dan hasil mikroskopis.

5. KESIMPULAN

1. Metode Transfer Learning menggunakan arsitektur MobileNetV2 berhasil diterapkan untuk mengklasifikasikan penyakit daun salak ke dalam empat kelas, yaitu bercak coklat, bercak hijau keabuan, karat daun, dan daun sehat.
2. Model yang dikembangkan menggunakan dataset sebanyak 880 citra daun salak yang telah melalui proses preprocessing, normalisasi, dan augmentasi citra berupa rotation dan zoom. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa model memperoleh training accuracy sebesar 98,15%, sedangkan hasil validasi dan pengujian memperoleh accuracy sebesar 96,59%.
3. Berdasarkan hasil confusion matrix dan classification report, model mampu mengklasifikasikan sebagian besar data uji dengan benar pada setiap kelas sehingga menunjukkan kemampuan yang baik dalam membedakan penyakit daun salak dengan tingkat kesalahan yang rendah.
4. Model yang telah dilatih berhasil diimplementasikan ke dalam aplikasi Android Jaga Salak menggunakan TensorFlow Lite (.tflite), sehingga proses klasifikasi dapat dilakukan secara langsung melalui smartphone tanpa memerlukan koneksi internet.
5. Aplikasi yang dikembangkan mampu menampilkan hasil klasifikasi beserta informasi penyebab dan cara penanganan penyakit daun salak. Dengan demikian, sistem yang dibangun dapat membantu pengguna dalam melakukan identifikasi penyakit daun salak secara lebih cepat, mudah, dan praktis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan dukungan selama proses penelitian. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada keluarga, teman, serta semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan penelitian mengenai klasifikasi penyakit daun salak menggunakan metode *Transfer Learning* dengan arsitektur *MobileNetV2*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ameliya & Azwana, "Jurnal Ilmiah Pertanian," *Paspalum J. Ilm. Pertan.*, vol. 6, no. 2, pp. 134–141, 2024, doi: 10.31289/jiperta.v6i2.5218.
- [2] W. Yoga and I. G. Rabani, "Analysis of Phenol Total, Flavonoid Total, and Tanin Total in Probiotic Beverage Products of Salak Fruit (Salacca Zalaca Var. Ambonensis)," *Pro Food J. Ilmu dan Teknol. Pangan*, vol. 8, no. 1, pp. 69–76, 2022.
- [3] B. P. Statistik, "Produksi tanaman buah–buahan dan sayuran tahunan menurut jenis tanaman, 2025." [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/WXpSVU5uUTBOSEl5WVhGQmVESTVSVnBSVlhWeVVUMDkjMw%3D%3D/produksi-tanaman-buah---buahan-dan-sayuran-tahunan-menurut-jenis-tanaman--2024.html?year=2025>
- [4] B. P. S. K. W. (2025), "Produksi buah-buahan dan sayuran menurut jenis tanaman menurut kecamatan di Kabupaten Wonosobo, 2025. Badan Pusat Statistik Kabupaten Wonosobo." [Online]. Available: <https://wonosobokab.bps.go.id/en/statistics-table/3/U0dKc1owczVSalJ5VFdOMWVETnlVRVJ6YIRJMFp6MDkjMw%3D%3D/produksi-buah-buahan-dan-sayuran-menurut-jenis-tanaman-menurut-kecamatan-di-kabupaten-wonosobo--2023.html?year=2025%0A>
- [5] Ameliya, "INVENTARISASI PENYAKIT DI PERKEBUNAN SALAK PONDOK (Salacca edulis Reinw cv pondok) DI DESA RUMAH LENGKO KECAMATAN STM HULU KABUPATEN DELI PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN INVENTARISASI PENYAKIT DI PERKEBUNAN SAL," 2024.
- [6] M. . Aisar Novita S.P and M. . Arie Hapsani Hasan Basri, S.P., *BOTANI: Pengenalan Morfologi dan Anatomi Tumbuhan*, vol. 2. 2020.
- [7] D. E. Ziddana, M. M. Kurniawan, and U. S. Karawang, "SISTEM IOT PENYIRAMAN OTOMATIS TANAMAN SALAK DENGAN MONITORING REAL-TIME MENGGUNAKAN PLATFORM BLYNK," *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.*, vol. 14, no. 1.
- [8] D. Putri, "Interaksi Faktor Lingkungan dan Sistem Budidaya terhadap Serangan Penyakit Karat Daun pada Tanaman Jagung," *J. Kridatama Sains dan Teknol.*, vol. 7, no. 01, pp. 383–392, 2025, doi: 10.53863/kst.v7i01.1636.

- [9] I. M. N. Annisa Mustika Anggraeni, Teguh Iman Hermanto, "Jurnal Teknologi Terpadu VGG16 BERBASIS ANDROID," vol. 11, no. 1, pp. 53–59, 2025.
- [10] S. Firmansyah, E. Yulia Puspaningrum, and E. Prakarsa Mandyartha, "Implementasi Transfer Learning Dengan Perbandingan Nilai Learning Rate Pada Klasifikasi Citra Penyakit Daun Tebu Berbasis Web," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 9, no. 5, pp. 7357–7364, 2025, doi: 10.36040/jati.v9i5.14609.
- [11] A. Putra, "Klasifikasi Penyakit Daun Cabai Dengan Metode CNN Untuk Deteksi Awal," *J. Profesi Ins. Univ. Lampung*, vol. 6, no. 1, pp. 2–7, 2025, doi: 10.23960/jpi.v6n1.147.
- [12] A. R. Hermanto, A. Aziz, and S. Sudiarto, "Perbandingan Arsitektur MobileNetV2 dan ResNet50 untuk Klasifikasi Jenis Buah Kurma Comparison of MobileNetV2 and ResNet50 Architectures for Date Fruit Classification by Type," *J. Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 12, no. 4, pp. 630–637, 2024, doi: 10.26418/justin.v12i4.80358.
- [13] B. Seed, "Teknologi perbanyak benih salak," 2020.
- [14] M. P. Sehan Rifky, S.Pd., M. C. Lalu Puji Indra Kharisma, S.Kom., M.Cs Dr. H. Achmad Ruslan Afendi, M.Ag Ira zulfa, S.T., M. K. Segar Napitupulu, S.Kom., M.Kom Mustika Ulina, S.Kom., M.Kom Wulan Sri Lestari, S.Kom., M. E. I Made Dendi Maysanjaya, S.Pd., and M. . Kelvin, S.Kom., M.Kom - Frans Mikael Sinaga, S.Kom., M.Kom Mutmainnah Muchtar, S.T., M.Kom Loso Judijanto, S.Si., *ARTIFICIAL INTELLIGENCE (Teori dan Penerapan AI di Berbagai Bidang) Penulis*, vol. 2, 2024.
- [15] Rahmat and S. Aripin, "Deep learning: Arah baru kurikulum pendidikan di era globalisasi," *Pendas J. Ilm. Pendidik. Dasar*, vol. 10, no. 02, pp. 2477–2143, 2025.
- [16] A. C. Jiantono, "Convolutional Neural Network (CNN) dalam Pengenalan Gambar dan Video serta Penerapannya," Binus University. [Online]. Available: <https://sis.binus.ac.id/2026/01/27/convolutional-neural-network-cnn-dalam-pengenalan-gambar-dan-video-serta-penerapannya/>
- [17] R. Bagaskara et al., "Pendeteksian Jumlah Bangunan Berbasis Citra Menggunakan Metode Deep Learning," *J. Sains Komput. Inform. (J-SAKTI)*, vol. 6, no. 1, pp. 94–100, 2022.
- [18] dan R. H. I. Guntoro, D. M. Midyanti, "Penerapan Dropout Pada Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Dalam Mengklasifikasi Tingkat Fine Fuel Moisture Code (Ffmc) Untuk Kebakaran Hutan Dan Lahan," 2022.
- [19] S. S. Rambe, A. Asriyanik, and P. Prajoko, "Penerapan Model Convolutional Neural Network (Cnn) Berbasis Mobilenetv2 Untuk," *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.)*, vol. 13, no. 3, 2025.
- [20] D. Adi Saputra, I. Istiadi, and A. Yuniar Rahman, "Deteksi Kesegeran Ikan Layur Berdasarkan Citra Mata Menggunakan Yolov8," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 5, pp. 10263–10270, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i5.11020.
- [21] P. A. Nugroho, I. Fenriana, and R. Arijanto, "Implementasi Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Pada Ekspresi Manusia," *Algor*, vol. 2, no. 1, pp. 12–21, 2020.