

Implementasi Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi Penyakit Daun Jeruk Siam Madu Berbasis Citra Digital

^{1*}Jesika Zandra Prastika Wahyudi, ²Danang Wahyu Widodo, ³Patmi Kasih

^{1,2,3} Teknik Informatika, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹jesikazandra63@gmail.com, ²danangwahyuwidodo@unpkediri.ac.id,

³patmikasih@unpkdr.ac.id

Penulis Korespondens : Jesika Zandra Prastika Wahyudi

Abstrak— Penyakit daun jeruk dapat menurunkan produktivitas tanaman sehingga diperlukan metode identifikasi yang cepat dan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan penyakit daun jeruk siam madu berdasarkan citra digital menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Dataset yang digunakan terdiri dari 4177 citra yang dikelompokkan ke dalam empat kelas, yaitu *Blackspot*, *Canker*, *Greening*, dan Sehat. Tahapan penelitian meliputi *preprocessing*, augmentasi data, pembagian dataset, pelatihan model CNN, serta pengujian dan evaluasi performa model. Arsitektur CNN yang digunakan terdiri dari lima lapisan *Conv2D* yang dikombinasikan dengan *Batch Normalization*, *MaxPooling2D*, *Global Average Pooling*, *Dense Layer*, dan *Dropout*. Hasil pengujian menunjukkan model memperoleh *accuracy* sebesar 83,94%, *precision* sebesar 84,12%, *recall* sebesar 83,94%, dan *F1-score* sebesar 83,86%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa CNN mampu mengenali karakteristik visual penyakit daun jeruk siam madu dan dapat digunakan sebagai metode klasifikasi berbasis citra digital.

Kata Kunci— *Convolutional Neural Network*, Citra Digital, klasifikasi citra, penyakit daun jeruk, *deep learning*.

Abstract— *Citrus leaf diseases can reduce crop productivity, making a fast and accurate identification method necessary. This study aims to classify Siam honey citrus leaf diseases based on digital images using the Convolutional Neural Network (CNN) method. The dataset consisted of 4,177 images categorized into four classes: Blackspot, Canker, Greening, and Healthy. The research stages included image preprocessing, data augmentation, dataset splitting, CNN model training, testing, and performance evaluation. The CNN architecture consisted of five Conv2D layers combined with Batch Normalization, MaxPooling2D, Global Average Pooling, a Dense Layer, and Dropout. The testing results showed that the model achieved an accuracy of 83.94%, precision of 84.12%, recall of 83.94%, and F1-score of 83.86%. These results indicate that CNN is capable of recognizing the visual characteristics of Siam honey citrus leaf diseases and can be utilized as a digital image-based classification method.*

Keywords— *Convolutional Neural Network, Digital Image, image classification, citrus leaf disease, deep learning.*

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Jeruk siam madu merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dibudidayakan di Indonesia karena memiliki kandungan nutrisi yang bermanfaat bagi kesehatan masyarakat[1]. Produksi jeruk nasional terus dikembangkan untuk

memenuhi kebutuhan konsumsi masyarakat, namun produktivitas tanaman jeruk masih menghadapi berbagai kendala yang dapat menurunkan hasil panen[2]. Salah satu faktor yang menyebabkan menurunnya produktivitas tanaman jeruk adalah serangan penyakit pada daun. Penyakit daun jeruk seperti *Blackspot*, *Canker*, dan *Greening* dapat mengganggu proses fotosintesis, menghambat pertumbuhan tanaman, serta menurunkan kualitas dan kuantitas hasil panen[3]. Deteksi penyakit yang terlambat dapat menyebabkan penyebaran infeksi semakin luas sehingga menimbulkan kerugian bagi petani.

Pada umumnya identifikasi penyakit daun jeruk masih dilakukan secara manual melalui pengamatan visual oleh petani atau tenaga ahli. Metode tersebut bergantung pada pengalaman pengamat sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan klasifikasi. Perkembangan teknologi pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan memungkinkan proses identifikasi penyakit tanaman dilakukan secara lebih cepat dan akurat[4]. Salah satu metode yang banyak digunakan dalam klasifikasi citra adalah *Convolutional Neural Network* (CNN) karena mampu mengekstraksi fitur citra secara otomatis dan menghasilkan performa yang tinggi. CNN telah banyak diterapkan pada klasifikasi penyakit tanaman. Penelitian klasifikasi penyakit daun jagung menggunakan CNN memperoleh akurasi di atas 90%[5]. Penelitian lain menggunakan arsitektur AlexNet menghasilkan akurasi sebesar 90% pada empat kelas penyakit daun[6]. Implementasi CNN pada deteksi penyakit daun jagung berbasis citra digital juga memperoleh akurasi validasi sebesar 90,03%[7].

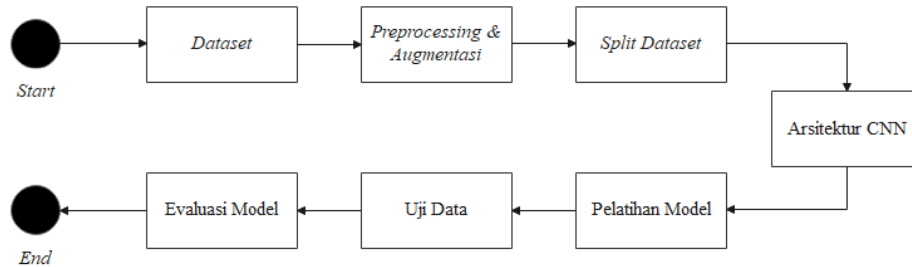
Pada tanaman jeruk, CNN berbasis EfficientNetB3 berhasil memperoleh akurasi sebesar 98% dalam identifikasi penyakit daun jeruk. Selain itu, CNN berbasis EfficientNetV2-S mampu mengklasifikasikan penyakit daun jeruk ke dalam empat kelas dengan akurasi sebesar 93,33%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa CNN memiliki kemampuan yang baik dalam klasifikasi penyakit daun jeruk berbasis citra digital. Penelitian lain menunjukkan bahwa CNN mampu mengenali kondisi daun selada sehat dan terinfeksi penyakit secara otomatis dengan tingkat keyakinan prediksi yang tinggi[8]. Pengembangan model MobileNetV2 pada klasifikasi penyakit daun bibit kakao juga mencapai akurasi sebesar 98,02%[9]. Pada tanaman jeruk, pendekatan transfer learning menggunakan MobileNetV2 berhasil diterapkan untuk mendeteksi berbagai jenis penyakit daun jeruk serta menunjukkan bahwa augmentasi data dan pengaturan hyperparameter dapat meningkatkan performa model[10]. Selain pada bidang pertanian, CNN juga berhasil digunakan untuk klasifikasi motif batik dan menunjukkan kemampuan yang baik dalam mengekstraksi fitur citra secara otomatis[11].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan klasifikasi penyakit daun jeruk siam madu berdasarkan citra digital menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) ke dalam empat kelas, yaitu *Blackspot*, *Canker*, *Greening*, dan Sehat. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi alternatif solusi dalam membantu proses identifikasi penyakit daun jeruk secara otomatis, cepat, dan akurat sehingga mendukung upaya deteksi dini penyakit tanaman oleh petani maupun pihak terkait.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen yang dilakukan dengan membangun model *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengklasifikasikan penyakit daun jeruk siam madu berdasarkan citra digital. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan dataset, *preprocessing* citra, augmentasi data, pembagian dataset, pembangunan model CNN, pelatihan model, uji data, dan evaluasi performa klasifikasi. CNN

dipilih karena memiliki kemampuan yang baik dalam mengekstraksi fitur citra secara otomatis tanpa memerlukan proses ekstraksi fitur manual sehingga banyak digunakan dalam penelitian klasifikasi citra digital. Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

A. Dataset Citra

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra daun jeruk siam madu yang diklasifikasikan ke dalam empat kelas, yaitu *Blackspot*, *Canker*, *Greening*, dan Sehat. Setiap citra diberi label sesuai dengan kondisi daun berdasarkan gejala penyakit yang tampak pada permukaan daun. Dataset disusun untuk merepresentasikan variasi karakteristik visual dari masing-masing kelas sehingga dapat digunakan dalam proses pembelajaran model CNN. Total dataset yang digunakan berjumlah 4177 citra, terdiri atas 896 citra daun yang terinfeksi *Blackspot*, 1035 citra daun yang terinfeksi *Canker*, 1372 citra daun yang terinfeksi *Greening*, dan 874 citra daun Sehat. Dataset citra daun jeruk siam madu ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Dataset Daun Jeruk Siam Madu

Kelas	Jumlah Citra
<i>Blackspot</i>	896
<i>Canker</i>	1035
<i>Greening</i>	1372
Sehat	874
Total	4177

B. *Preprocessing* dan Augmentasi

Preprocessing dilakukan untuk menyiapkan citra sebelum digunakan pada proses pelatihan model CNN. Tahapan *preprocessing* meliputi *resize*, yaitu mengubah ukuran seluruh citra menjadi 224×224 piksel agar sesuai dengan ukuran input model, serta normalisasi, yaitu mengubah nilai piksel dari rentang 0–255 menjadi 0–1 untuk meningkatkan stabilitas dan mempercepat proses pembelajaran model.

Setelah *preprocessing*, dilakukan augmentasi data menggunakan *ImageDataGenerator* untuk meningkatkan variasi data latih dan mengurangi risiko *overfitting*. Teknik augmentasi yang digunakan meliputi rotasi untuk menghasilkan variasi sudut citra, *horizontal flip* untuk membalik citra secara *horizontal*, *zoom* untuk mensimulasikan perbedaan jarak pengambilan gambar, dan *shear* untuk memberikan variasi bentuk objek. Dengan augmentasi ini, model diharapkan mampu mengenali pola penyakit daun jeruk dengan lebih baik pada berbagai kondisi citra.

C. Split Dataset

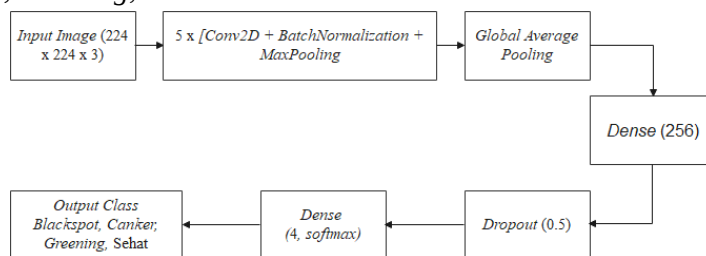
Setelah proses *preprocessing* dan augmentasi, dataset dibagi menjadi tiga bagian, yaitu data latih (*training*), data validasi (*validation*), dan data uji (*testing*) dengan rasio 70:15:15. Data latih digunakan untuk melatih model CNN dalam mempelajari pola dan karakteristik setiap kelas penyakit daun jeruk. Data validasi digunakan untuk memantau kinerja model selama proses pelatihan dan membantu mengurangi risiko *overfitting*. Sementara itu, data uji digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam melakukan klasifikasi pada data yang belum pernah digunakan selama proses pelatihan. Distribusi pembagian dataset pada setiap kelas ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Pembagian Dataset Citra Daun Jeruk Siam Madu

Kelas	Data Latih	Validasi	Data Uji
<i>Blackspot</i>	627	134	135
<i>Canker</i>	724	155	156
<i>Greening</i>	960	206	206
Sehat	611	131	132
Total	2922	626	629

C. Arsitektur Model CNN

Model CNN yang digunakan terdiri dari lima lapisan *Conv2D* dengan jumlah filter 32, 64, 128, 256, dan 512. Setiap lapisan konvolusi diikuti oleh *Batch Normalization* dan *MaxPooling2D* untuk mengekstraksi fitur citra serta mengurangi dimensi data. Setelah proses ekstraksi fitur, digunakan *Global Average Pooling* untuk merangkum informasi fitur yang dihasilkan. Selanjutnya, fitur diteruskan ke *Dense Layer* sebanyak 256 *neuron* dan *Dropout* sebesar 0,5 untuk mengurangi risiko *overfitting*. Pada lapisan keluaran digunakan fungsi aktivasi *Softmax* untuk mengklasifikasikan citra daun jeruk ke dalam empat kelas, yaitu *Blackspot*, *Canker*, *Greening*, dan Sehat.



Gambar 2 Alur Kerja Model CNN

Gambar 2 menunjukkan alur kerja model CNN dalam melakukan klasifikasi penyakit daun jeruk siam madu. Proses diawali dengan memasukkan citra daun jeruk berukuran 224×224×3 sebagai input. Selanjutnya, citra diproses pada tahap ekstraksi fitur untuk mengenali karakteristik visual penyakit daun. Fitur yang diperoleh kemudian diringkas dan diteruskan ke tahap klasifikasi untuk menentukan kelas penyakit. Hasil akhir yang dihasilkan model berupa prediksi salah satu dari empat kelas, yaitu *Blackspot*, *Canker*, *Greening*, atau Sehat.

D. Pelatihan Model

Proses pelatihan dilakukan menggunakan data latih yang telah melalui tahap *preprocessing* dan augmentasi. Model CNN dikompilasi menggunakan *optimizer Adam* dengan *learning rate* sebesar 0,0001, sedangkan fungsi *loss* yang digunakan adalah *categorical crossentropy* karena penelitian ini merupakan klasifikasi multikelas dengan empat kategori keluaran. Kinerja model selama proses pelatihan diukur menggunakan metrik *accuracy*. Pelatihan model dilakukan dengan *batch size* 32 dan maksimum 50 *epoch*. Selain data latih, digunakan pula data validasi untuk memantau performa model selama proses pelatihan. Untuk mencegah terjadinya *overfitting*, diterapkan metode *Early Stopping* yang akan menghentikan pelatihan apabila nilai *validation loss* tidak mengalami perbaikan dalam beberapa *epoch*. Selain itu, digunakan *Reduce Learning Rate on Plateau* untuk menyesuaikan nilai *learning rate* secara otomatis ketika performa model mulai *stagnan* sehingga proses pelatihan dapat berlangsung lebih optimal.

Tabel 3 Parameter Pelatihan Model CNN

Parameter	Nilai
<i>Optimizer</i>	Adam
<i>Learning Rate</i>	0,0001
<i>Loss Function</i>	<i>Categorical Crossentropy</i>
<i>Metrics</i>	<i>Accuracy</i>
<i>Epoch</i>	50
<i>Batch Size</i>	32
<i>Callback</i>	<i>EarlyStopping</i>
<i>Callback</i>	<i>ReduceLROnPlateu</i>

E. Uji Data

Setelah proses pelatihan selesai, model diuji menggunakan data uji (*testing data*) yang tidak terlibat dalam proses pelatihan maupun validasi. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan model dalam mengklasifikasikan citra daun jeruk siam madu pada data baru yang belum pernah dikenali sebelumnya. Setiap citra pada data uji diproses oleh model CNN untuk menghasilkan prediksi kelas berdasarkan karakteristik visual yang telah dipelajari selama proses pelatihan. Hasil prediksi yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan label sebenarnya pada dataset untuk mengetahui tingkat ketepatan klasifikasi model. Data hasil pengujian selanjutnya digunakan pada tahap evaluasi model untuk menghitung berbagai metrik kinerja seperti *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score*, serta *confusion matrix*.

F. Evaluasi

Performa model dievaluasi menggunakan empat metrik klasifikasi, yaitu *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Keempat metrik tersebut digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam mengklasifikasikan penyakit daun jeruk siam madu berdasarkan data uji. Rumus masing-masing metrik ditunjukkan pada Persamaan (1) – (4)

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

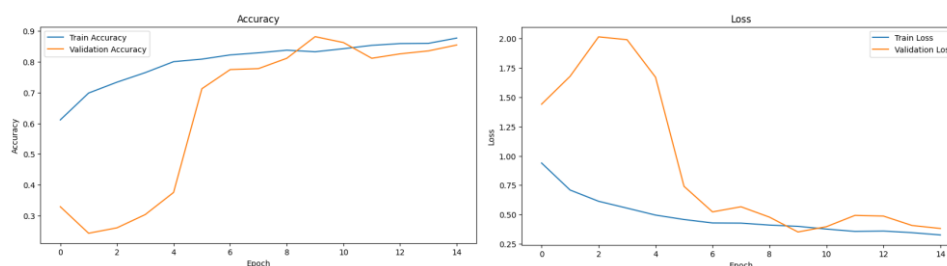
$$F1 - Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision+Recall} \quad (4)$$

Dengan TP (*True Positive*), TN (*True Negative*), FP (*False Positive*), dan FN (*False Negative*) merupakan komponen penyusun *confusion matrix*. Selain itu, *confusion matrix* dan *classification report* digunakan untuk menganalisis hasil klasifikasi pada setiap kelas penyakit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Model CNN

1. Hasil Pelatihan Model



Gambar 3 Kurva Accuracy dan Loss

Berdasarkan Gambar 3, kurva *accuracy* dan *loss* menunjukkan bahwa model CNN mampu mempelajari pola citra daun jeruk dengan baik. Pelatihan dilakukan menggunakan *optimizer Adam* dan fungsi *loss categorical crossentropy* dengan maksimum 50 *epoch*, namun dihentikan pada *epoch* ke-15 oleh mekanisme *early stopping*. Model memperoleh *validation accuracy* sebesar 85,46%, dengan kurva *training* dan *validation* yang relatif berdekatan sehingga menunjukkan proses pembelajaran yang stabil dan tidak mengalami *overfitting* yang signifikan.

2. Hasil Evaluasi Model

Setelah proses pelatihan selesai, dilakukan evaluasi terhadap model CNN untuk mengetahui tingkat keberhasilan model dalam mempelajari pola pada data latih dan mempertahankan performanya pada data validasi. Hasil evaluasi model ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Evaluasi Model

Metrik	Nilai
Training Accuracy	0.8771
Validation Accuracy	0.8546
Training Loss	0.3258
Validation Loss	0.3809

Berdasarkan Tabel 4, model memperoleh *training accuracy* sebesar 0,8771 dan *validation accuracy* sebesar 0,8546 dengan nilai *loss* masing-masing sebesar 0,3258 dan

0,3809. Selisih nilai antara data latih dan data validasi relatif kecil, sehingga menunjukkan bahwa model mampu mempertahankan performanya pada data yang tidak digunakan selama proses pelatihan.

3. Analisis Performa Model

Model CNN yang dibangun mampu mengekstraksi fitur citra daun jeruk siam madu secara bertahap melalui lapisan konvolusi yang digunakan. Proses ekstraksi fitur memungkinkan model mengenali karakteristik visual seperti perubahan warna, pola bercak, serta tekstur daun yang menjadi pembeda antar kelas penyakit. Penggunaan beberapa lapisan *Conv2D* dengan jumlah filter yang meningkat membantu model mempelajari fitur sederhana hingga fitur yang lebih kompleks. Selain itu, *Batch Normalization* dan *Dropout* berperan dalam meningkatkan stabilitas pembelajaran serta mengurangi risiko *overfitting*. Dengan demikian, model mampu membedakan citra daun *Blackspot*, *Canker*, *Greening*, dan Sehat berdasarkan karakteristik visual yang terdapat pada citra digital.

B. Uji Data

1. Hasil Uji Data

Model CNN diuji menggunakan dataset test untuk mengetahui kemampuannya dalam mengklasifikasikan citra daun jeruk siam madu pada data yang belum pernah digunakan selama proses pelatihan. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Uji Data

Metrik	Nilai
Test Accuracy	83.94%
Test Loss	0.4112

Berdasarkan Tabel 5, model memperoleh *test accuracy* sebesar 83,94% dan *test loss* sebesar 0,4112. Nilai *test accuracy* sebesar 83,94% menunjukkan bahwa sebagian besar citra pada data uji berhasil dikenali sesuai dengan kelas yang sebenarnya.

2. Evaluasi Uji Data

Performa model pada dataset test dievaluasi menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Hasil evaluasi ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Evaluasi Uji Data

Metrik	Nilai
Accuracy	83.94%
Precision	84.12%
Recall	83.94%
F1-Score	83.86%

Berdasarkan Tabel 6, model memperoleh *accuracy* sebesar 83,94%, *precision* sebesar 84,12%, *recall* sebesar 83,94%, dan *F1-score* sebesar 83,86%. . Kedekatan nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score* menunjukkan bahwa performa klasifikasi model relatif seimbang dalam mengenali seluruh kelas penyakit daun jeruk yang diuji.

3. Analisis Performa Uji Data

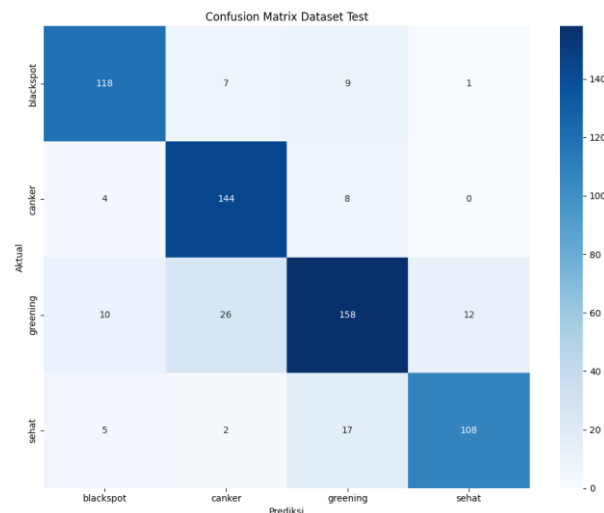
Analisis performa dilakukan untuk mengetahui kemampuan model dalam mengklasifikasikan setiap kelas penyakit daun jeruk secara lebih rinci. Hasil evaluasi per kelas berdasarkan *classification report* ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Evaluasi Per Kelas

Kelas	Presisi	Recall	F1-score	Jumlah Data Uji
<i>Blackspot</i>	0.86	0.87	0.87	135
<i>Canker</i>	0.80	0.92	0.86	156
<i>Greening</i>	0.82	0.77	0.79	206
Sehat	0.89	0.82	0.85	132
<i>Accuracy</i>	-	-	0.84	629
<i>Macro Avg</i>	0.85	0.85	0.84	629
<i>Weighted Avg</i>	0.84	0.84	0.84	629

Berdasarkan Tabel 7, kelas *Blackspot* memperoleh *F1-score* tertinggi sebesar 0,87, diikuti oleh kelas *Canker* sebesar 0,86 dan kelas Sehat sebesar 0,85. Sementara itu, kelas *Greening* memiliki *F1-score* terendah yaitu 0,79, yang menunjukkan bahwa model masih mengalami kesulitan dalam membedakan karakteristik visual kelas tersebut dengan kelas lainnya. Nilai *macro average* dan *weighted average* yang berada pada kisaran 0,84 menunjukkan bahwa performa model relatif konsisten pada seluruh kelas yang diuji.

4. Confusion Matrix



Gambar 4 *Confusion Matrix* Hasil Klasifikasi Penyakit Daun Jeruk Siam Madu

Confusion matrix pada Gambar 4 menunjukkan bahwa sebagian besar citra berhasil diklasifikasikan dengan benar pada setiap kelas. Meskipun masih terdapat beberapa kesalahan klasifikasi, terutama pada kelas *Greening*, hasil ini menunjukkan bahwa model mampu mengenali karakteristik penyakit daun jeruk siam madu dengan cukup baik.

C. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Meskipun jumlah dataset yang digunakan mencapai 4177 citra, variasi kondisi citra seperti pencahayaan, latar belakang, dan kualitas pengambilan gambar masih berpotensi memengaruhi performa model. Selain itu, penelitian ini hanya menggunakan satu arsitektur CNN sehingga belum dilakukan perbandingan performa dengan arsitektur lain seperti MobileNetV2, EfficientNet, ResNet, maupun VGG16. Berdasarkan hasil *confusion matrix*, masih ditemukan beberapa kesalahan klasifikasi terutama pada kelas *Greening* yang memiliki karakteristik visual yang mirip dengan kelas penyakit lainnya. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat menggunakan dataset yang lebih beragam serta melakukan perbandingan beberapa arsitektur CNN untuk meningkatkan akurasi dan performa klasifikasi.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengklasifikasikan penyakit daun jeruk siam madu berdasarkan citra digital ke dalam empat kelas, yaitu *Blackspot*, *Canker*, *Greening*, dan Sehat. Model CNN yang dibangun menggunakan lima lapisan *Conv2D*, *Batch Normalization*, *MaxPooling2D*, *Global Average Pooling*, *Dense Layer*, dan *Dropout* mampu mempelajari karakteristik visual daun secara otomatis melalui proses pelatihan.

Hasil pelatihan menunjukkan bahwa model memperoleh *training accuracy* sebesar 87,71% dan *validation accuracy* sebesar 85,46% dengan selisih nilai yang relatif kecil, sehingga menunjukkan kemampuan generalisasi yang cukup baik. Pada tahap pengujian menggunakan dataset *test*, model mencapai *accuracy* sebesar 83,94%, *precision* sebesar 84,12%, *recall* sebesar 83,94%, dan *F1-score* sebesar 83,86%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan sebagian besar citra daun jeruk sesuai dengan kelas yang sebenarnya.

Berdasarkan hasil evaluasi dan *confusion matrix*, model memiliki performa yang baik dalam mengenali penyakit daun jeruk siam madu, meskipun masih ditemukan beberapa kesalahan klasifikasi terutama pada kelas *Greening* yang memiliki karakteristik visual mirip dengan kelas lainnya. Dengan demikian, metode CNN dapat digunakan sebagai alternatif untuk membantu proses klasifikasi penyakit daun jeruk siam madu berbasis citra digital secara otomatis dan cukup akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. W. O. Mardiana, N. A., & Windari, “G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan,” *J. Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 1, pp. 186–195, 2024, doi: <https://doi.org/10.29240/arcitech.v6i1.17003>.
- [2]. D. Kurniawan, D. Triyanto, M. Wahyudi, and L. Pujiastuti, “KOMPARASI ALGORITMA K-NEAREST NEIGHBOR , SUPPORT VECTOR MACHINE , DAN NEURAL NETWORK UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT DAUN JERUK,” vol. 19, pp. 288–294, 2025, doi: <https://doi.org/10.33365/teknoinfo.v19i2.751>.
- [3]. R. H. Ariesdianto, Z. E. Fitri, A. Madjid, and A. M. Nanda, “Identifikasi Penyakit Daun Jeruk Siam Menggunakan K-Nearest Neighbor,” vol. 1, no. 2, pp. 133–140, 2021, doi: <https://doi.org/10.54082/jiki.14>.
- [4]. C. R. Wijaya and M. R. Pribadi, “Klasifikasi Penyakit Tanaman Jeruk Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Metode Convolutional Neural Network,” vol. 6, no. 1, pp. 103–124, 2026, doi: <https://doi.org/10.55382/jurnalpustakadata.v5i1.1046>.
- [5]. J. Informa, J. Penelitian, and P. Masyarakat, “(1) , 2) , 3),” vol. 7, pp. 3–6, 2021, doi: <https://doi.org/10.46808/informa.v7i2.199>.
- [6]. Q. N. Azizah, “Klasifikasi Penyakit Daun Jagung Menggunakan Metode Convolutional Neural Network AlexNet,” pp. 0–5, 2023, doi: <https://doi.org/10.56211/sudo.v2i1.227>.
- [7]. I. Wirabowo, I. Susilawati, T. Informasi, U. Mercu, and B. Yogyakarta, “Implementasi Convolution Neural Network (CNN) untuk Deteksi Penyakit pada Daun Jagung Berbasis Citra Digital,” vol. 5, no. 1, pp. 233–241, 2025, doi: <https://doi.org/10.55382/jurnalpustakadata.v5i1.1046>.
- [8]. P. Studi *et al.*, “Implemntasi CNN Deteksi Penyakit Daun Selada,” vol. 5, pp. 858–863, 2026, doi: <https://doi.org/10.29407/6d5sb593>.
- [9]. N. Arifin and C. N. Insani, “Implementasi Mobilenetv2 Pada Klasifikasi Penyakit Daun Bibit Kakao Berbasis Pengolahan Citra Digital,” vol. 12, no. 01, pp. 75–85, 2026, doi: <https://doi.org/10.33506/insect.v12i01.5396>.
- [10]. F. Soleha, A. Hidayat, and A. Zulus, “Hyperparameter Tuning Dalam Deteksi Penyakit Daun Jeruk Dengan Pendekatan Transfer Learning,” vol. 4, no. 3, pp. 100–107, 2025, doi: [10.47065/jieeee.v4i3.2354](https://doi.org/10.47065/jieeee.v4i3.2354).
- [11]. K. Azmi and S. Defit, “Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Klasifikasi Batik Tanah Liat Sumatera Barat,” vol. 16, no. 1, pp. 2580–2582, 2023, doi: <https://doi.org/10.52072/unitek.v16i1.504>.