

Klasifikasi Penyakit Tanaman Mangga Menggunakan Algorithm CNN Pada Citra Daun

Aldi Setiawan¹⁾, Amanda Nursafitri²⁾, Ersya Vidya Afnarista³⁾, Hanifa

Mulyasari⁴⁾, Vici Husnia Zahwa⁵⁾, Zeldi Suryadi⁶⁾
Teknik Informatika, Universitas Nusa Putra

e-mail: aldi.setiawan_ti22@nusaputra.ac.id¹⁾, amanda.nursafitri_ti22@nusaputra.ac.id²⁾,
ersa.vidya_ti22@nusaputra.ac.id³⁾, hanifa.mulyasari_ti22@nusaputra.ac.id⁴⁾,
vici.husnia_ti22@nusaputra.ac.id⁵⁾, zeldi.suryadi@nusaputra.ac.id⁶⁾

ABSTRAK

Mangga (*Mangifera indica* L.) merupakan salah satu tanaman buah tropis yang berasal dari India dan dikenal kaya akan kandungan vitamin A, vitamin C, serta nutrisi penting lainnya. Namun, produktivitas tanaman mangga sering kali menurun akibat serangan berbagai jenis penyakit, baik yang disebabkan oleh parasit maupun non-parasit. Untuk mengatasi permasalahan ini, penelitian ini mengembangkan sistem cerdas berbasis Deep Learning dan Computer Vision yang mampu mendeteksi penyakit pada daun mangga secara otomatis. Proses klasifikasi dilakukan terhadap citra daun mangga yang telah melalui tahap augmentasi sebagai teknik pengolahan citra, kemudian dilatih menggunakan algoritma Convolutional Neural Network (CNN). Hasil pelatihan menunjukkan tingkat akurasi yang cukup tinggi, yakni 93% untuk data pelatihan dan 94% untuk data validasi. Dataset yang digunakan merupakan Mango Leaf Disease Dataset yang diperoleh dari Kaggle, terdiri dari 400 citra dan dibagi menjadi 3.200 data untuk pelatihan serta 800 data untuk validasi. Dataset ini mencakup delapan kategori, yaitu: Anthracnose, Bacterial Canker, Cutting Weevil, Die Back, Gall Midge, Healthy, Powdery Mildew, dan Sooty Mould. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mendukung kemajuan teknologi di bidang pertanian melalui pengembangan sistem deteksi penyakit tanaman yang lebih akurat dan efisien.

Kata Kunci: Penyakit Daun Mangga, Klasifikasi Citra, Convolution Neural Network (CNN), Deep Learning, Computer Vision, Augementasi Data.

ABSTRACT

Mango (*Mangifera indica* L.) is a tropical fruit plant originating from India, known for its high content of vitamin A, vitamin C, and other essential nutrients. However, the productivity of mango crops is often disrupted by various diseases, caused by both parasitic and non-parasitic factors. To address this issue, this study aims to develop an intelligent system based on Deep Learning and Computer Vision that can automatically detect diseases on mango leaves. The classification process was carried out on leaf images that had undergone image augmentation, and then trained using the Convolutional Neural Network (CNN) algorithm. The training results showed promising accuracy, with 93% on training data and 94% on validation data. The dataset used was the Mango Leaf Disease Dataset from Kaggle, consisting of 400 images, split into 3,200 for training and 800 for validation. The dataset includes eight categories: Anthracnose, Bacterial Canker, Cutting Weevil, Die Back, Gall Midge, Healthy, Powdery Mildew, and Sooty Mould. The main objective of this research is to support technological advancement in agriculture by developing a more accurate and efficient plant disease detection system.

Keywords: Manggo Leaft Disease, Image Classification, Convolution Neural Network (CNN), Deep Learning, Computer Vision, Data Augementation.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Mangga merupakan salah satu tanaman buah tropis yang berasal dari India, dan dikenal secara ilmiah dengan nama *Mangifera indica* L. serta termasuk dalam famili *Anacardiaceae*. Tanaman ini menunjukkan keragaman genetik yang cukup luas, yang tercermin dari variasi bentuk buah, struktur tulang daun, hingga warna buahnya[1].

Selain itu, mangga juga memiliki nilai gizi yang tinggi karena kaya akan vitamin A dan C. Kandungan nutrisi ini berperan penting dalam menjaga daya tahan tubuh, antara lain membantu menjaga kesehatan mata serta mengurangi risiko terkena flu[2].

Namun, dalam proses budidayanya, tanaman mangga tidak sepenuhnya bebas dari ancaman gangguan atau serangan. Jenis-jenis penyakit yang menyerang tanaman ini dapat dikenali melalui gejala yang disebabkan oleh faktor parasit maupun non-parasit. Penyakit yang bersifat parasit umumnya dipicu oleh patogen, hama, atau gulma, sedangkan penyakit non-parasit lebih disebabkan oleh faktor lingkungan seperti ketersediaan air, suhu, intensitas cahaya, dan keseimbangan nutrisi.[3].

Kondisi tersebut dapat mengganggu proses fotosintesis secara patologis, yang pada akhirnya memengaruhi berbagai aspek anatomi pohon, menurunkan efisiensi fisiologis, mengurangi vitalitas tanaman, serta berdampak pada penurunan hasil produksi secara signifikan[4].

Maka di perlukan tahapan pencegahan sejak awal yang mengedepankan keakuratan dan tepat waktu[4]. Namun, proses identifikasi penyakit tanaman mangga sering kali memerlukan bantuan tenaga profesional yang biayanya cukup tinggi. Meskipun para petani telah berusaha semaksimal mungkin untuk mengenali gejala penyakit dengan tepat, banyak di antaranya yang masih mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi jenis penyakit secara akurat. Akibatnya, kualitas produksi mangga pun menurun[4].

Kemajuan teknologi komputer dan informasi saat ini telah memungkinkan dilakukannya identifikasi penyakit secara lebih akurat dengan bantuan *Artificial Intelligence* (AI). Salah satu cabang dari AI, yaitu *Machine Learning*, telah berkembang dengan sangat pesat. Perkembangan ini kemudian mengarah pada munculnya pendekatan yang lebih mendalam, yaitu *Deep Learning*, yang menjadi bagian lanjutan dari *Machine Learning*[5]. Metode *Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan salah satu algoritma yang populer dalam bidang *Deep Learning*, terutama karena kemampuannya dalam pengolahan citra “*Computer Vision*” [5].

Pada sebuah penelitian yang membahas deteksi penyakit pada tanaman cabai, algoritma CNN digunakan dengan pendekatan *transfer learning*, menggunakan arsitektur *ResNet101*, dan berhasil mencapai tingkat akurasi sebesar 98,12%[6].

Pada penelitian lain, deteksi penyakit pada tanaman mangga dilakukan dengan memanfaatkan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Random Forest*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan performa yang sangat tinggi, dengan tingkat akurasi mencapai 100% [7].

Namun, dalam penelitian ini fokus diarahkan hanya pada penggunaan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) yang dikombinasikan dengan teknik *augmentasi data* guna mengoptimalkan tingkat akurasi model. Dataset yang digunakan berasal dari situs *Kaggle* merupakan tempat kumpulan dataset dan komptisi data. Untuk dataset yaitu *Mango Leaf Disease Dataset*, yang terdiri dari 8 kategori penyakit daun mangga, yakni: *Anthracnose*, *Bacterial Canker*, *Cutting Weevil*, *Die Back*, *Gall Midge*, *Healthy*, *Powdery Mildew*, dan *Sooty Mould*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem cerdas berbasis *Deep Learning* yang dapat mendeteksi penyakit tanaman mangga secara otomatis sebagai kontribusi nyata dalam mendukung kemajuan teknologi di bidang pertanian. Maka peneliti ini berjudul “Klasifikasi Penyakit Mangga Menggunakan Algorithma CNN Pada Citra Daun”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dihasilkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang proses klasifikasi tanaman mangga menggunakan algoritma CNN?
2. Berapakah nilai akurasi yang didapat dari citra daun gambar tanaman mangga menggunakan CNN?

C. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka Tujuan dari pembuatan Tugas Akhir sebagai berikut :

1. Dapat mendukung kemajuan teknologi dibidang pertanian menggunakan CNN untuk menghasilkan akurasi klasifikasi bagian tanaman mangga yang baik.
2. Mampu mendapatkan nilai akurasi klasifikasi bagian tanaman mangga dengan akurasi di atas 90%.

D. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Mempermudah proses klasifikasi citra bagian pada tanaman mangga yaitu daun serta mengurangi tingkat kesalahan dalam klasifikasi sehingga hasil yang didapatkan lebih akurat dari proses manual.

BAB II

LANDASAN TEORI

Bab tinjauan umum ini menguraikan teori-teori yang relevan dengan judul penelitian dan memberikan tinjauan literatur. Selain itu, bab ini membahas landasan teoritis yang mendukung penelitian dan memberikan penjelasan mendalam tentang konsep-konsep dasar yang membentuk analisis dan pengembangan penelitian.

A. Penyakit Pada Tanaman Mangga

Buah *Mangifera indica* L, salah satu jenis mangga dari keluarga Anacardiaceae yang berasal dari India, memiliki keragaman genetik yang luar biasa, yang dapat dilihat dari berbagai bentuk struktur tulang daun, ukuran, dan warna buahnya[1]. Namun, budidaya mangga sering menghadapi masalah karena hama dan penyakit. Baik parasit maupun nonparasit dapat menyebabkan penyakit pada tanaman mangga. Anthracnose, Powdery Mildew, dan Bakteri Hitam Hitam adalah beberapa contoh penyakit nonparasit yang dapat menyerang tanaman mangga[4].

B. Convolutional Neural Network (CNN)

Pada dasarnya, algoritma convolutional neural network (CNN) adalah jenis jaringan saraf tiruan yang dibuat untuk melakukan klasifikasi gambar dengan lebih baik. Konsep utama CNN adalah operasi konvolusi, yang melibatkan ekstraksi fitur dari gambar untuk membentuk pola yang memudahkan proses klasifikasi. CNN terdiri dari beberapa lapisan utama: lapisan konvolusi, lapisan subsampling (pooling), dan lapisan terhubung sepenuhnya. Kombinasi lapisan-lapisan ini memungkinkan pengenalan pola dan ekstraksi fitur kompleks dari gambar[1].

C. Teknik Augmentasi dan Preprocessing Data

Pengolahan gambar yang disebut augmentasi melibatkan perubahan data gambar dengan menggunakan berbagai teknik seperti rotasi, flipping, zooming, dan penggunaan filter untuk mengubah kecerahan (keterangannya). Tujuan dari augmentasi ini adalah untuk meningkatkan kemampuan model untuk mendeteksi, mengidentifikasi, dan mendiagnosis penyakit berdasarkan gambar. Pada tahap preprocessing, data gambar diubah dari format RGB menjadi grayscale untuk mempermudah analisis dan pemrosesan[4].

D. Dataset Untuk Penyakit Mangga

Sebagai contoh dari penelitian sebelumnya, penyakit pada tanaman mangga telah diidentifikasi melalui dataset PlantVillage, yang dibangun menggunakan arsitektur AlexNet dan GoogleNet. Hasil penelitian memberikan dasar yang sangat membantu. Namun, berbagai dataset daun manggis digunakan dalam penelitian ini. Anthracnose, Bacterial Canker, Cutting Fungus, Die Back, Gall Midge, Healthy, Powdery Mildew, dan Hard Cabbage adalah delapan kelas yang membagi data tersebut[5].

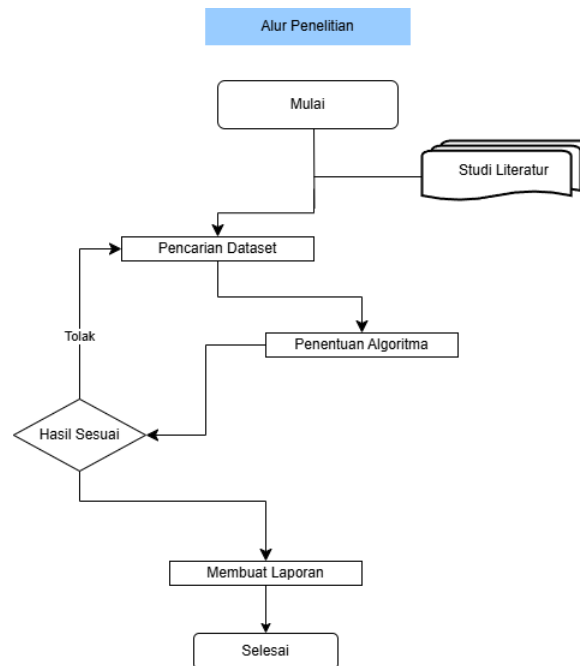
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mengukur tingkat akurasi, penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Proses penelitian terdiri dari dua alur, alur penelitian dan alur pengembangan algoritma.

A. Alur Penelitian

Serangkaian proses yang dilakukan dalam penelitian termasuk studi literatur, pencarian dataset, pemilihan algoritma, dan pembuatan laporan.



Gambar 1. Alur Penelitian

1. Studi Litratute

Pada tahapan ini, referensi dari karya ilmiah lain yang terkait dengan tema penelitian dilakukan.

2. Pencarian Dataset

Pada saat ini, pencarian dataset yang sesuai dengan tema penelitian, yaitu mengidentifikasi penyakit pada daun mangga, dilakukan dengan menggunakan Kaggle, sebuah sumber terbuka yang umum digunakan untuk mencari berbagai jenis dataset, baik teks maupun gambar.

3. Pemilihan Algorithma

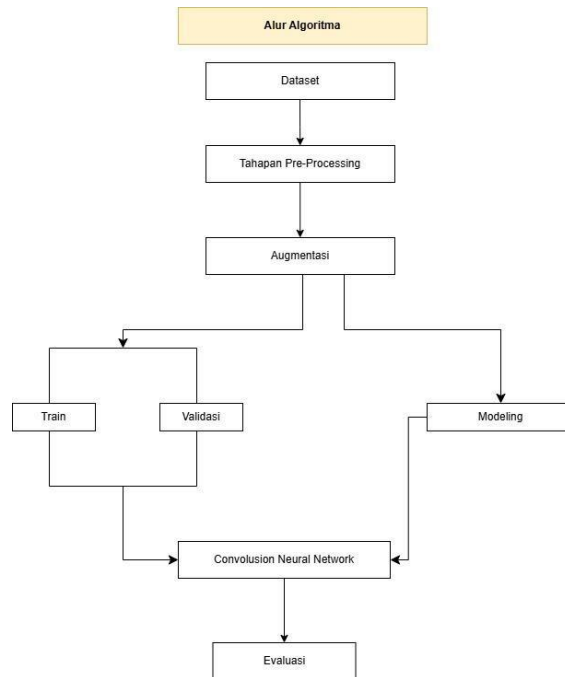
Untuk mencapai akurasi klasifikasi yang optimal, penelitian saat ini membandingkan algoritma atau model pembelajaran mesin yang paling sesuai dengan konteks masalah.

4. Pembuatan Laporan

Langkah selanjutnya adalah menyusun laporan yang membahas dan menganalisis hasil dari dataset dan algoritma.

B. Pengembangan Algorithma.

Alur perancangan algoritma adalah kumpulan langkah yang diambil selama proses penelitian.



Gambar 2. Alur Pengembang Algorithma

1. Data pre-processing

Sebelum data digunakan untuk pelatihan model, proses pengolahan data dimulai. Tujuan prosedur ini adalah untuk memastikan bahwa data berada dalam kondisi terbaik, konsisten, dan relevan untuk pelatihan model. Pada penelitian ini, dataset yang digunakan mencakup 4000 gambar dari delapan kelas penyakit: Anthracnose, Bacterial Canker, Cutting Weevil, Die Back, Gall Midge, Healthy, Power Mildew, dan Sooty Mould.



2. Augmentasi

Dengan menggunakan augmentasi data, Anda dapat memperluas atau memperkaya kumpulan data dengan membuat variasi baru dari data yang sudah ada tanpa perlu mengumpulkan data tambahan. Metode ini juga sangat penting untuk mencegah model mengalami overfitting. Dalam penelitian ini, metode augmentasi yang digunakan termasuk *rescale*, *rotation*, *range shift lebar*, *range shift tinggi*, *shear*, *range zoom*, *horizontal flip*, dan *fill mode*.

3. Training Set

Training set adalah kumpulan data yang digunakan untuk melatih model untuk mengenali pola dan hubungan dalam data. Untuk melakukan ini, model mengubah parameter seperti bobot (berat) dan bias melalui proses optimasi seperti backpropagation dan gradient descent. Tujuan dari proses ini adalah agar model dapat dengan akurat memprediksi output. Training set terdiri dari 3.200 data dalam penelitian ini, yang dibagi ke dalam delapan kategori kelas, masing-masing dengan 400 data.

4. Validation Set

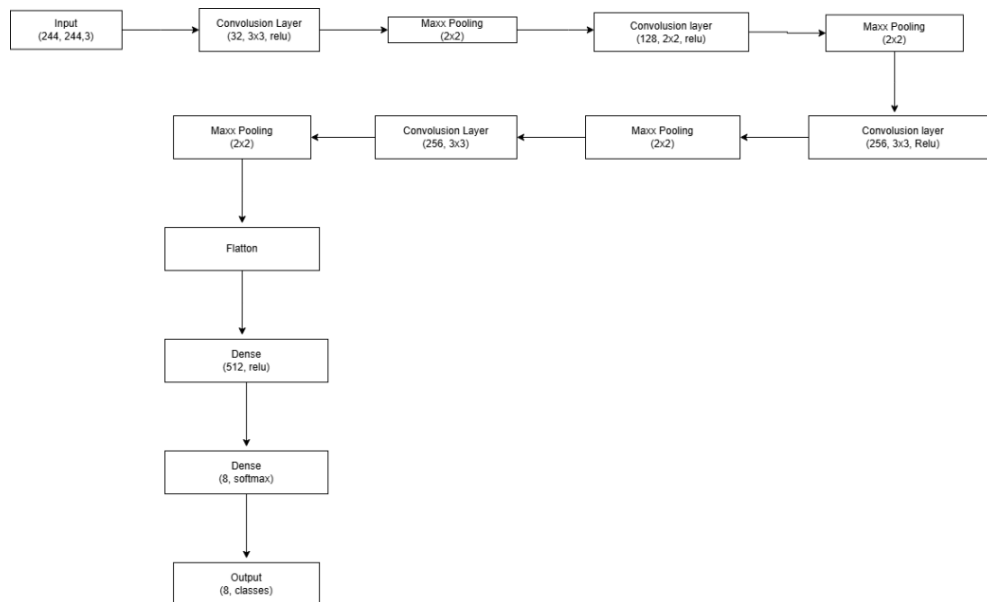
Subset data yang disebut set validasi digunakan untuk mengevaluasi kinerja model selama proses pelatihan tanpa mempengaruhi pembaruan parameter model. Tujuan dari set data ini adalah untuk mengawasi dan menemukan kemungkinan overfitting atau underfitting pada model. Set validasi penelitian ini terdiri dari 800 data, yang dibagi ke dalam delapan kategori kelas, masing-masing dengan 100 data.

5. Modeling

Modeling adalah proses pembuatan, pelatihan, dan evaluasi arsitektur neural network untuk mempelajari pola dalam data dan membuat prediksi. Model deep learning menggunakan lapisan neural network yang terdiri dari neuron yang saling terhubung, yang memungkinkan mereka untuk mengekstrak karakteristik dari input (data) dan menghasilkan output (data) yang relevan dan akurat.

6. Convolution Neural Network.

Pemrosesan data berbentuk grid, seperti gambar atau data sekuensial lainnya, dapat dilakukan dengan CNN, arsitektur deep learning. CNN sangat terkenal dalam fungsi visi komputer seperti pengenalan objek, klasifikasi gambar, segmentasi, dan deteksi objek. Cara kerja CNN adalah dengan menggunakan operasi konvolusi untuk mengekstrak karakteristik penting dari data yang dimasukkan, yang memungkinkan model untuk mengenali pola-pola penting seperti tepi, tekstur, atau bentuk dalam gambar.



Gambar 4. Arsitektur Convolution Neural Network

7. Evaluasi

Setelah melewati tahap pelatihan, evaluasi menilai kinerja model. Proses ini membantu memahami seberapa baik model bekerja dengan data yang belum pernah dilihat sebelumnya, seperti data uji dan validasi. Evaluasi juga penting untuk memastikan bahwa model memiliki kemampuan generalisasi yang baik, sehingga dapat membuat prediksi yang akurat tentang data baru yang tidak terlibat dalam pelatihan.

BAB IV**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini menggunakan sebanyak 4.000 citra daun mangga yang diklasifikasikan ke dalam delapan kategori, yaitu *Anthracnose*, *Bacterial Canker*, *Cutting Weevil*, *Die Back*, *Gall Midge*, *Healthy*, *Powdery Mildew*, dan *Sooty Mould*. Setiap kategori merepresentasikan kondisi kesehatan atau jenis penyakit tertentu pada daun mangga. Dataset ini dibagi dengan rasio 80:20, yaitu 3.200 citra digunakan untuk pelatihan dan 800 citra untuk validasi. Sebelum pelatihan, dilakukan augmentasi data melalui teknik rotasi, flipping, dan penyesuaian kecerahan untuk memperkaya variasi data dan meningkatkan kemampuan generalisasi model.

Nama kategori Dataset	Jumlah Dataset (Training Dan Validation)
Anthracnose	500 (training 400, validation 100)
Bacterial Canker	500 (training 400, validation 100)
Cutting Weevil	500 (training 400, validation 100)
Die Back	500 (training 400, validation 100)
Gall Midge	500 (training 400, validation 100)
Healthy	500 (training 400, validation 100)
Powdery Mildew	500 (training 400, validation 100)
Sooty Mould	500 (training 400, validation 100)

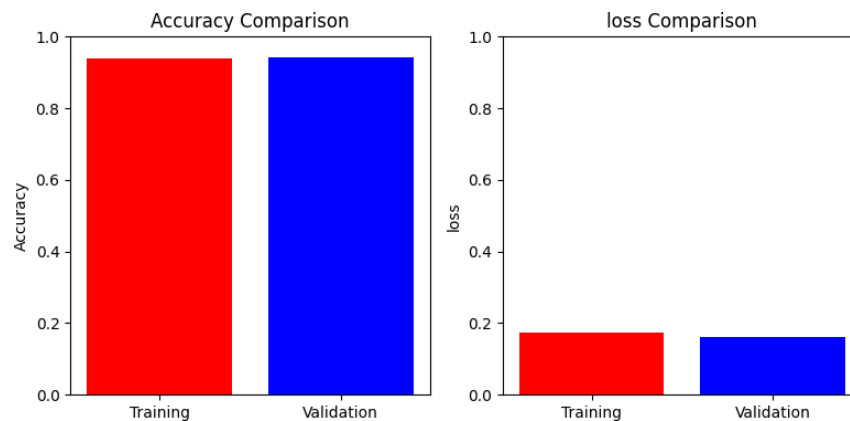
Model dikembangkan menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network (CNN)* dengan arsitektur yang terdiri atas empat lapisan konvolusi yang masing-masing diikuti oleh *max pooling*, kemudian dilanjutkan dengan lapisan *flatten*, satu lapisan *dense* berisi 512 neuron, dan diakhiri dengan lapisan output berisi 8 neuron dengan fungsi aktivasi *softmax* untuk klasifikasi multikelas. Model dikompilasi menggunakan optimizer Adam, dengan fungsi loss *categorical crossentropy*, serta dievaluasi menggunakan metrik akurasi. Proses pelatihan dilakukan selama 20 *epoch*, di mana setiap *epoch* mencakup seluruh data pelatihan, dengan fungsi. *fit()* yang mengandalkan *train_generator* dan *val_generator* untuk menyuplai data pelatihan dan validasi secara bertahap.

Epoch	Waktu Proses	Loss	Accuracy	Val Loss	Val Accuracy
1	696 s	1.8938	0.2510	1.5534	0.3688
2	0s	0.0000e+00	0.0000e+00	-	-
3	735s	1.1394	0.5613	0.7229	0.7437
4	0s	0.0000e+00	0.0000e+00	-	-
5	683s	0.5669	0.7799	0.3079	0.8975
6	0s	0.0000e+00	0.0000e+00	-	-
7	686s	0.3595	0.8698	0.3737	0.8300
8	0s	0.0000e+00	0.0000e+00	-	-
9	680s	0.3906	0.8559	0.1771	0.9388
10	0s	0.0000e+00	0.0000e+00	-	-
11	680s	0.2993	0.8872	0.1212	0.9588
12	0s	0.0000e+00	0.0000e+00	-	-
13	682s	0.2563	0.9066	0.1759	0.9250



14	0s	0.0000e+00	0.0000e+00	-	-
15	737s	0.3070	0.8898	0.1781	0.9375
16	0s	0.0000e+00	0.0000e+00	-	-
17	704s	0.2224	0.9159	0.1277	0.9513
18	0s	0.0000e+00	0.0000e+00	-	-
19	702s	0.2492	0.9079	0.1603	0.9438
20	0s	0.0000e+00	0.0000e+00	-	-

Setelah pelatihan, model dievaluasi terhadap kedua set data. Hasil evaluasi pada data pelatihan menunjukkan nilai loss sebesar 0,1728 dan akurasi sebesar 93,78%, sedangkan pada data validasi diperoleh loss sebesar 0,1603 dan akurasi 94,38%. Akurasi validasi yang sedikit lebih tinggi dari akurasi pelatihan menunjukkan bahwa model tidak mengalami *overfitting* dan mampu mengeneralisasi dengan baik terhadap data yang belum pernah dilihat. Dengan demikian, arsitektur model dan strategi pelatihan yang diterapkan terbukti efektif dalam menyelesaikan tugas klasifikasi multikelas pada citra daun mangga secara akurat dan stabil.



Gambar 5. Comparison model Convolution Neural Network(CNN)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa model yang dibangun menggunakan metode *Convolutional Neural Network (CNN)* mampu memberikan performa yang baik dalam melakukan klasifikasi citra daun mangga. Meskipun selama proses pelatihan terdapat anomali pada epoch genap, di mana tidak terjadi pembaruan bobot, evaluasi akhir menunjukkan bahwa model tetap mampu belajar secara efektif. Hal ini ditunjukkan oleh nilai akurasi pada data pelatihan sebesar 93,78% dengan nilai loss sebesar 0,1728, serta akurasi pada data validasi mencapai 94,38% dengan loss sebesar 0,1603. Hasil ini menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan generalisasi yang baik dan cukup potensial untuk dikembangkan lebih lanjut dalam penerapan sistem cerdas di bidang pertanian.

1. Arsitektur CNN mampu mengklasifikasikan penyakit pada tanaman mangga berdasarkan citra daun dengan akurasi tinggi, mengurangi risiko overfitting, dan memberikan hasil yang lebih stabil.
2. Metode ini dapat diimplementasikan sebagai alat bantu otomatis untuk petani dalam mendiagnosis penyakit pada tanaman mangga.

Saran:

1. Penelitian selanjutnya dapat memperluas dataset dengan berbagai variasi penyakit daun mangga untuk meningkatkan generalisasi model.
2. Kombinasi VGG16 dengan arsitektur lain seperti ResNet dapat diuji untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi model.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. A. Wisak, N. A. Safirah, and Y. R. Kaesmetan, "Identifikasi Jenis Mangga Berdasarkan Ciri Daun Menggunakan Metode Cnn," *Jurnal Sistem Informasi dan Informatika (Simika)*, vol. 7, no. 2, pp. 121–129, 2024, doi: 10.47080/simika.v7i2.3295.
- [2] T. Ayu, V. Dwi, and A. E. Minarno, "Pendiagnosa Daun Mangga Dengan Model Convolutional Neural Network," *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, vol. 6, no. 2, p. 230, 2021, doi: 10.24114/cess.v6i2.22857.
- [3] S. Solikin, "Deteksi Penyakit Pada Tanaman Mangga Dengan Citra Digital : Tinjauan Literatur Sistematis (SLR)," *Bina Insani Ict Journal*, vol. 7, no. 1, p. 63, 2020, doi: 10.51211/biict.v7i1.1336.
- [4] S. Khandelwal, "Mengoptimalkan Kinerja Klasifikasi Penyakit Daun Tanaman Mangga melalui Teknik Pembelajaran Mesin Tingkat Lanjut," vol. 14, no. Mi, pp. 18476–18480, 2024.
- [5] M. Rijal, A. M. Yani, and A. Rahman, "Deteksi Citra Daun untuk Klasifikasi Penyakit Padi menggunakan Pendekatan Deep Learning dengan Model CNN," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 10, no. 1, pp. 56–62, 2024, doi: 10.54914/jtt.v10i1.1224.
- [6] R. A. Setyadi, S. Rahman, D. Manurung, M. Hasanah, and A. Indrawati, "Implementasi Transfer Learning Untuk Klasifikasi Penyakit Pada Daun Cabai Menggunakan Cnn," *Djtechno: Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 2, pp. 304–315, 2024, doi: 10.46576/djtechno.v5i2.4642.
- [7] R. Adenia, A. E. Minarno, and Y. Azhar, "Implementasi Convolutional Neural Network Untuk Ekstraksi Fitur Citra Daun Dalam Kasus Deteksi Penyakit Pada Tanaman Mangga Menggunakan Random Forest," *Jurnal Repositor*, vol. 4, no. 4, pp. 473–482, 2024, doi: 10.22219/repositor.v4i4.32287.